รายงานโครงการวิจัย

การลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้สด

Reducing quality loss of fruits and vegetables

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวคมจันทร์ สรงจันทร์

Ms. Komchan Songchan

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

รายงานโครงการวิจัย

การลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้สด

Reducing quality loss of fruits and vegetables

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวคมจันทร์ สรงจันทร์

Ms. Komchan Songchan

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ

การรักษาคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพใกล้เคียงกับวันเก็บเกี่ยว โดยการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของผลิตผลให้ได้มากที่สุด เพื่อให้ผลิตผลมีคุณภาพดีและลดการสูญเสียภายหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งต้องมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวให้ได้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเก็บรักษาและขนส่งไปยังผู้บริโภค

ดังนั้น จึงได้ดำเนินโครงการวิจัย “การลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักละผลไม้สด” โดยทำการศึกษาผลของสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษากล้วยหอม ทั้งกล้วยหอมผลเดี่ยวและผลกลุ่ม ทดสอบการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งโดยการใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (MAP) และการใช้สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งจากพื้นที่ปลูกจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดชุมพร ศึกษาการใช้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว เป็นการทดสอบเทคโนโลยีการใช้แคลเซียมกับมะม่วงก่อนการเก็บเกี่ยวในแปลงเกษตรกร ศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผักและผลไม้เพื่อการส่งออก และศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพผลไม้ที่ผ่านการเคลือบผิว เพื่อรักษาคุณภาพและลดความเสียหายของผลิตผลให้สามารถเก็บรักษาได้นาน มีคุณภาพดี

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยหวังว่าผลการศึกษาในโครงการวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกภาคส่วนตั้งแต่ภาคเอกชน เกษตรกร นักศึกษา และประชาชนผู้สนใจทั่วไป

กรมวิชาการเกษตร

นางสาวคมจันทร์ สรงจันทร์
หัวหน้าโครงการวิจัย
14 กุมภาพันธ์ 2565

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ..... 5

ผู้วิจัย 6

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ 7

บทนำ..... 8

บทคัดย่อ..... 10

1. ผลของสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษากล้วยหอม..... 12
2. การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่ง..... 46
3. การใช้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว 85
4. ศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผักเพื่อการส่งออก..... 107
5. ศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผลไม้เพื่อการส่งออก..... 119
6. การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพผลไม้ที่ผ่านการเคลือบผิว..... 133

บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 153

บรรณานุกรม..... 154

ภาคผนวก 155

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการลดความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้สดสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เกิดจากความร่วมมือของนักวิจัยผู้ร่วมดำเนินงานทุกท่าน และเจ้าหน้าที่ของกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของกรมวิชาการเกษตร และขอขอบคุณคณะกรรมการที่ปรึกษาด้านวิชาการกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ที่ให้คำแนะนำในการเขียนรายงานผลการวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

คมจันทร์ สรงจันทร์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	หัวหน้าโครงการ หัวหน้าการทดลอง
ภาณุมาศ โคตรพงษ์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	หัวหน้าการทดลอง
ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	หัวหน้าการทดลอง
ปรางค์ทอง กวานห้อง	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
งามพิศ สุดเสน่ห์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
ทิวาพร ผดุง	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	ผู้ร่วมงาน
เสาวลักษณ์ กิตติธนวัตร	สถาบันวิจัยพืชสวน	ผู้ร่วมงาน

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

	ภาษาอังกฤษ	คำย่อ
การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง	modified atmosphere packaging	MAP
การอบไอน้ำร้อน	vapor heat treatment	VHT
พอลิโพรพิลีนที่มีการจัดเรียงตัว	oriented polypropylene	OPP
พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ	low density polyethylene	LDPE
ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน	micro-perforated film	MPF
อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนผ่านฟิล์ม	oxygen transmission rate	OTR

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้มีการสูญเสียค่อนข้างสูงเนื่องจากผักและผลไม้มีน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 70-95 เปอร์เซ็นต์ ผลิตผลสดยังคงมีชีวิต มีอัตราการหายใจและการคายความร้อนสูง การรักษาคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพใกล้เคียงกับวันเก็บเกี่ยว โดยการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของผลิตผลให้ได้มากที่สุด เพื่อให้ผลิตผลมีคุณภาพดีและลดการสูญเสียภายหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งต้องมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวให้ได้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเก็บรักษาและขนส่งไปยังผู้บริโภค

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีบทบาทมากในการกระตุ้นให้ผลไม้สุกและเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น ในผลไม้กลุ่มไคลแมกเทริก เอทิลีนในผลไม้จะเป็นตัวกระตุ้นให้กระบวนการสุกเกิดเร็วขึ้นโดยจะมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นพร้อมกับการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการสุก (นพดล, 2537) ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์เอทิลีนขึ้นกับชนิดและพันธุ์พืช ความแก่ทางสรีรวิทยาในช่วงเก็บเกี่ยว อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ เอทิลีนจากภายนอก เป็นต้น อุณหภูมิเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญที่สุดเนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะไปกระตุ้นให้มีการหายใจเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ก็เช่นเดียวกัน ในการสังเคราะห์เอทิลีนของพืชต้องใช้ออกซิเจนในขั้นตอนการเปลี่ยน ACC เป็นเอทิลีน หากมีการลดปริมาณออกซิเจนก็จะสามารถยับยั้งหรือลดการผลิตเอทิลีนได้ ในขณะที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะไปช่วยชะลอกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีนในการแย่งที่กับเอทิลีนในการเข้าจับในตำแหน่งที่เกาะของตัวรับเอทิลีน ส่งผลให้เมื่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นก็จะส่งผลให้อัตราการผลิตเอทิลีนลดลง (Beaudry, 1999) การใช้สารดูดซับเอทิลีน เช่น โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ถ่านกัมมันต์ ซีโอไลต์ เพื่อใช้ดูดซับเอทิลีนที่เกิดจากการหายใจ ซึ่งในปัจจุบันมีการนำไบโอชาร์ซึ่งเป็นวัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอนที่ผลิตมาจากการให้ความร้อนมวลชีวภาพโดยไม่ใช้ออกซิเจนมาเป็นตัวดูดซับเอทิลีน และยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ในกลุ่มไคลแมกเทริกได้อีกด้วย

ปัจจุบันมีการใช้แคลเซียมซึ่งเป็นธาตุอาหารรองมาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพผลิตผลทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวโดยมีบทบาทในการส่งเสริมการแบ่งเซลล์ที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ การดูดดึงอาหาร การเพิ่มความแน่นเนื้อผล ลดการเข้าทำลายของโรคและแมลง ตลอดจนการยืดอายุการเก็บรักษา การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวช่วยเพิ่มปริมาณแคลเซียมในเปลือกผลไม้ โดยแคลเซียมจะแทรกซึมผ่านชั้นอิพิเดอร์มิสของผิวผลไม้เข้าไปอยู่ในส่วนประกอบของผนังเซลล์ ดังนั้นการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่เหมาะสมจึงช่วยเพิ่มปริมาณแคลเซียมในผลได้ ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การให้แคลเซียมสามารถเพิ่มปริมาณแคลเซียมในผลแก้วมังกรและพีชได้ (Ghani *et al*., 2011; Elmer *et al*., 2007) การฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ให้กับองุ่นและสตรอเบอรี่ในระยะก่อนเก็บเกี่ยวสามารถลดการเน่าของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวได้ (Nigro *et al*., 2006; Wojcik and Lewandowski, 2003)

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere packaging: MAP) ซึ่งเป็นการเก็บรักษาผลิตผลสดในบรรจุภัณฑ์ที่ภายในมีสัดส่วนของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพบรรยากาศปกติ ทำให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจลดลง จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ การเก็บรักษามะม่วงในสภาพ

บรรยากาศดัดแปลงที่มีความเข้มข้นของออกซิเจน 4 กิโลปาสคาล และคาร์บอนไดออกไซด์ 10 กิโลปาสคาล สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ (Watada *et al*., 1996; Rattanapanone *et al*., 2001) นอกจากนี้การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีความเข้มข้นของออกซิเจน 5 เปอร์เซ็นต์ และคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน รักษาความแน่นเนื้อ ชะลอการลดลงของปริมาณน้ำตาลและกรดภายในผล และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมะเขือเทศเชอร์รี่ได้ (Fagundes *et al*., 2015) มีรายงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง โดยทั่วไปจะมีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในถุงบรรจุภัณฑ์ที่ประกอบด้วยก๊าซออกซิเจนในช่วง 5-10 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 2-15 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นกับชนิดของผลิตผล สภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ควรช่วยลดอัตราการหายใจให้ต่ำสุด โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายเนื่องจากสภาพขาดออกซิเจน หรือเสียหายเนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Zagory and Kader, 1988) อย่างไรก็ดีหากใช้ฟิล์มที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้สภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในบรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะสมต่อการยืดอายุ และอาจทำให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง ซึ่งฟิล์มที่มีจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่มักมีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ เทคโนโลยีการเจาะรูฟิล์มด้วยเลเซอร์ เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้ในการพัฒนาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน โดยฟิล์มที่ได้มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซสูงกว่าฟิล์มทั่วไป และสามารถควบคุมการผ่านของก๊าซได้

โดยทั่วไปแล้วผักและผลไม้มีสารประเภทไขมันเคลือบอยู่ที่ผิว ซึ่งไขมันดังกล่าวจะช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของผลิตผล ทำให้ผลิตผลยังคงความสด แต่ในระหว่างกระบวนการจัดการหลังเก็บเกี่ยว เช่น ระหว่างการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการล้าง การทำความสะอาด ไขมันที่เคลือบอยู่บางส่วนอาจจะหายไป ส่งผลให้ผลิตผลมีการสูญเสียน้ำได้ง่ายและมีการแลกเปลี่ยนแก๊สได้มากขึ้น การใช้สารเคลือบผิวผักและผลไม้จึงเป็นการใช้เพื่อทดแทนสารเคลือบผิวตามธรรมชาติที่หายไประหว่างกระบวนการผลิต การเคลือบผิวผักและผลไม้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยลดการสูญเสียน้ำ ลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซชะลอการหายใจ ชะลอการสูญเสียไขมันและน้ำมัน ช่วยรักษาสารให้กลิ่น ลดการเข้าทำลายของโรคยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดได้นานขึ้น รวมถึงช่วยให้ผลไม้มีลักษณะปรากฏที่ดี ผิวสด และมีความมันวาว ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค (นิธิยา, 2547) ซึ่งสามารถนำมาใช้ร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงได้ โครงการวิจัยนี้ จึงได้ทำการศึกษาผลของสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษากล้วยหอม ทั้งกล้วยหอมผลเดี่ยวและผลกลุ่ม ทดสอบการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งโดยการใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (MAP) และการใช้สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งจากพื้นที่ปลูกจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดชุมพร ศึกษาการใช้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวในแปลงเกษตรกร ศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผักและผลไม้เพื่อการส่งออก รวมถึงศึกษาการใช้สารเคลือบผิวร่วมกับบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ เพื่อลดความเสียหายของผลิตผลให้สามารถเก็บรักษาได้นาน มีคุณภาพดี และเพื่อขยายตลาดการส่งออก

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

ผักและผลไม้มีการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวค่อนข้างสูง เนื่องจากยังคงมีชีวิต และมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูง การรักษาคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพใกล้เคียงกับวันเก็บเกี่ยว โครงการวิจัยการลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักละผลไม้สด มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุในการเก็บรักษาผลิตผล โดยใช้สารดูดซับเอทิลีน สภาพบรรยากาศดัดแปลง แคลเซียม และบรรจุภัณฑ์ โดยศึกษาผลของสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษากล้วยหอม ทั้งแบบผลเดี่ยวและผลกลุ่ม พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด 1 หรือ 2 ซอง สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวและแบบผลกลุ่มได้ดีที่สุด การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งจากพื้นที่ปลูกจังหวัดจันทบุรีและชุมพร พบว่า มังคุดของทั้งสองพื้นที่ปลูกในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ + สารดูดซับเอทิลีน มีความยอมรับของผู้บริโภคสูงสุดและสามารถเก็บรักษาได้นาน 28 วัน การใช้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว โดยฉีดพ่นปุ๋ยแคลเซียมโบรอนทางใบแก่มะม่วง พบว่า มะม่วงได้รับแคลเซียมโบรอนสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของค่าความแน่นเนื้อผล และการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว ได้ดีกว่ามะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน ศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผักสลัด mix (ผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอส) และข้าวโพดฝักอ่อน พบว่า การเก็บรักษาผักสลัด mix ทั้งแบบบรรจุในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน หรือใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วัน และการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนโดยใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 20 วัน โดยช่วยรักษาความสด และชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการการบรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเพียงอย่างเดียว การศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพเงาะ และมังคุด พบว่า เงาะบรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน หรือบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 14 วัน และมังคุดบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC หรือบรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000 – 20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วั) สามารถเก็บรักษานาน 15 วัน การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพส้มโอและมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิว พบว่า ควรเคลือบผิวส้มโอด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เพื่อรักษาคุณภาพและความสด การบรรจุส้มโอที่เคลือบผิวในกล่องกระดาษลูกฟูกหรือกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถยืดอายุส้มโอได้นานกว่า 9 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และยังสามารถวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้ไม่น้อยกว่า 7 วัน และมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม พบว่า การบรรจุในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน กล่องกระดาษลูกฟูก และกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ลดอาการเปลือกแข็งของมังคุด สามารถเก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ได้นาน 14 วัน และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้นาน 3 วัน ภายหลังนำออกจากห้องเย็น

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Abstract

Fruits and vegetables have a high postharvest loss because they still alive and have high water content. Therefore, it is important to maintain the quality of produce after harvesting. In order to have high quality as same as harvest date. The objective of this project is to preserve the quality and extend the shelf life of fresh produce by using ethylene absorbent, modified atmosphere, calcium and packaging. The effect of ethylene absorbent in packaging on the shelf life of banana was studied both single fruit and banana bunches. It was found that 1 packet of commercial ethylene absorbent and 1 or 2 packet of corncob biochar ethylene absorbent stored at 25°C can extend the shelf life of single and banana bunches best. The study on extent the shelf life of mangosteen during transportation from Chanthaburi and Chumphon provinces. It was found that mangosteen of both areas in modified atmosphere packaging + ethylene absorbent has the highest consumer acceptance and can store for 28 days. Use of calcium to maintain mango quality after harvest by foliar spraying calcium boron fertilizer. It was found that mangos obtained with Calcium boron had higher fruit weight than control. After 28 days of storage, Calcium boron treatment can be delay weight loss, fruit firmness postharvest disease. The study of using micro perforated film to maintain quality of mixed salad (butterhead and cos) and baby corn. It was found that mix salad packed in micro perforated film (OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$) bags with or without plastic trays can be stored for 18 days. Baby corn packed in plastic tray and wrapped with micro perforated film OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$ bag can be stored for 20 days and maintain freshness and delay browning better than packed in micro perforated film bags without plastic tray. The study of using micro perforated film to maintain quality of rambutan and mangosteen. It was found that rambutan packed in LDPE micro perforated film or packed in plastic trays and covered with LDPE micro perforated film OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$ can be stored for 14 days. While mangosteen packed in paper trays and wrapped with PVC film or packed in OPP or LDPE micro performed film OTR 15,000-20,000 $cm^3/m^2/d$ can be stored for 15 days. The study on suitable pomelo and mangosteen packaging for export. The results showed that coating with 20% carnauba to maintain quality and freshness. In addition, pumelo packed in MAP bag before place in corrugated paper boxes can extend the shelf life more than 9 weeks at 13°C and can be stored at room temperature for distribution at least 7 days. Coated mangosteen 8 kg packed in MAP bag before place in plastic basket, corrugated paper box and MAP bag before place in corrugated paper box delayed weight loss, texture and hard peel and could prolong shelf life for 14 days.

ผลของสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษากล้วยหอม

The effect of ethylene absorbents in packaging on shelf life of bananas

ผู้วิจัย

ภาณุมาศ โคตรพงศ์

Panumas Kotepong

งามพิศ สุดเสน่ห์

Ngampis Sudsane

ทิวาพร ผดุง

Thiwaporn Phadung

คำสำคัญ

ถ่านซังข้าวโพด คุณภาพ สารดูดซับเอทิลีน บรรจุภัณฑ์ กล้วยหอม

Key words

corncob biochar, quality, ethylene absorbents, packaging, banana

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

กล้วยหอมเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั่วโลก เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการ และทานสะดวก ทำให้ปัจจุบันร้านสะดวกซื้อได้มีการจำหน่ายกล้วยหอมพร้อมบริโภคแบบผลเดี่ยวและผลกลุ่ม แต่เนื่องจากกล้วยหอมมีอายุการวางจำหน่ายสั้น ในการทดลองนี้จึงศึกษาผลของสารดูดซับเอทิลีนมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมในระหว่างการวางจำหน่าย โดยนำกล้วยหอมที่ผ่านการล้างทำความสะอาดและบ่ม ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนแล้วนำไปเก็บรักษาเพื่อจำลองสภาพการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย ได้แก่ การทดลองย่อยที่ 1 การเก็บรักษากล้วยหอมแบบผลเดี่ยว (1 ผล ต่อถุงบรรจุภัณฑ์) และการทดลองย่อยที่ 2 การเก็บรักษากล้วยหอมแบบผลกลุ่ม (3 ผล ต่อถุงบรรจุภัณฑ์) โดยในแต่ละการทดลองย่อย มี 4 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่สารดูดซับ เอทิลีน (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ใส่สารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตเป็นการค้า กรรมวิธีที่ 3 ใส่สารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตจากถ่านไบโอชาร์ซังข้าวโพด จำนวน 1 ซอง และกรรมวิธีที่ 4 ใส่สารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตจากถ่านไบโอชาร์ซังข้าวโพด จำนวน 2 ซอง พบว่า สารดูดซับเอทิลีนทั้งสามกรรมวิธีสามารถลดอัตราการผลิตเอทิลีนที่สะสมในบรรจุภัณฑ์ทั้งผลเดี่ยวและผลกลุ่มได้ดีกว่ากล้วยที่บรรจุภัณฑ์ในกรรมวิธีควบคุม สำหรับคุณภาพกล้วยหอม พบว่า กล้วยหอมที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ที่สารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตจากถ่านไบโอชาร์ซังข้าวโพด จำนวน 1 ซอง สำหรับกล้วยผลเดี่ยวและกล้วยผลกลุ่ม โดยให้ความ

แน่นเนื้อผล ค่าสีเหลืองของเปลือก การยอมรับของผู้บริโภคสูงสุดและสามารถวางจำหน่ายได้นาน 6 วัน ในขณะที่กล้วยหอมที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ในกรรมวิธีควบคุมที่วางจำหน่ายได้เพียง 4 วัน เมื่อคำนวณต้นทุนการใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตจากถ่านไบโอชาร์ซังข้าวโพด ซองละ 0.1 บาท ในขณะที่สารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตเป็นการค้า ซองละ 2 บาท ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตจากถ่านไบโอชาร์ซังข้าวโพด จำนวน 1 ซอง กล้วยผลเดี่ยวและผลกลุ่ม ในระหว่างการวางจำหน่ายเพื่อให้ผู้บริโภคได้กล้วยหอมที่มีคุณภาพดี

Abstracts

Bananas are famous for consumption all over the world because of their nutritive value and easy to eat. Therefore, convenient stores sell ready-to-eat bananas, both as single and a bunch. However, due to their short shelf life, this experiment aimed to study the effects of ethylene absorbents to extend shelf life of bananas while selling. To clarify, the bananas cleaned with water and incubated were used with ethylene absorbents. Then, they were stored to simulate selling conditions under 25^{O}C for 6 days. The experiment was divided into 2 sub-experiments, i.e., Sub-experiment 1 : Single banana storage (1 banana/ 1 bag), and Sub-experiment 2: Banana bunch storage (3 bananas/ 1 bag). Each sub-experiment included 4 processes, i.e., Process 1: no ethylene absorbent (control), Process 2: added commercial ethylene absorbent, Process 3: added 1 packet of corncob biochar ethylene absorbent, and Process 4: added 2 packets of corncob biochar ethylene absorbent. It was found that ethylene absorbents from the three processes could reduce the rate of ethylene accumulated in the bags of single and bunches of bananas better than the control process. For the quality of bananas, it was found that 1 banana in 1 bag and 1 bags of banana bunches packed with 1 packet of corncob biochar ethylene absorbent generated the fruit firmness of banana pulp, yellow of peels (*b value), highest consumer acceptance, and can last on shelf up to 6 days. In contrast, bananas in the control process could last on shelf for only 4 days. When calculating the cost of using the absorbents, it was found that corncob biochar ethylene absorbent costed 0.1 baht/packet whereas commercial ethylene absorbent costed 2 baht/packet. Therefore, the researcher suggested 1 packet of biochar ethylene absorbent for single bananas, and banana bunches while selling so that consumers will get good-quality bananas.

ศรีปทุมเกษตร

บทนำ (Introduction)

กล้วยหอมจัดอยู่ในวงศ์ MUSACEAE เป็นสายพันธุ์ที่เป็น Polyploidy ของกล้วยป่า *Musa acuminata* จัดอยู่ในกลุ่ม AAA คือ เป็นกล้วยที่มีกำเนิด คล้ายกับกลุ่ม AA แต่ได้มีการเพิ่มจำนวน chromosome ขึ้นเป็น 3 เท่า ผลมีขนาดใหญ่ และไม่มีเมล็ด ผลกล้วยหอมมีลักษณะขนาดผลกลางถึงใหญ่ เปลือกหนา สีเหลือง เนื้อละเอียด หวาน มีสีครีม และมีกลิ่นหอม (พีรศักดิ์ และคณะ, 2544) ซึ่งประเทศไทยมีพื้นที่ปลูก 79,147 ไร่ (14,916 ครัวเรือน) จำนวน 3,703.47 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากในจังหวัดปทุมธานี 20,345 ไร่ เพชรบุรี 15,069 ไร่ ชุมพร 7,971 ไร่ สุราษฎร์ธานี 5,947 ไร่ สระบุรี 5,006 ไร่ พระนครศรีอยุธยา 2,446 ไร่ ประจวบคีรีขันธ์ 2,121 ไร่ นครพนม 1,812 ไร่ และเชียงใหม่ 1,237 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563)

ปัจจุบันอาหารเพื่อสุขภาพ ได้รับความนิยม และมีความต้องการบริโภคเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากผู้บริโภคมีความสนใจในการดูแลสุขภาพมากขึ้น โดยต้องการสร้างสมดุลให้ร่างกาย และลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคต่าง ๆ ทำให้กล้วยหอมเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นพืชอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เหมาะที่จะบริโภคเป็นประจำทุกวัน (สุนทรีย์, 2543) จึงมีกล้วยหอมวางจำหน่ายในร้านสะดวกซื้อต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งศักยภาพในการเก็บรักษากล้วยหอมเพื่อวางจำหน่ายในร้านสะดวกยังไม่เพียงพอในการรักษาคุณภาพของกล้วยหอมได้ ทำให้สินค้ามีอายุวางจำหน่ายสั้น ประกอบกับกล้วยเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit ซึ่งหลังการเก็บเกี่ยวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกที่มีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส น้ำตาลกับปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสารระเหยและกลิ่นที่เพิ่มขึ้น (จริงแท้, 2553) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว มีผลมาจากความเข้มข้นของเอทิลีน การผลิตเอทิลีน และอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นกระบวนการเริ่มต้นของกระบวนการสุก ดังนั้น การรักษาคุณภาพ และยืดอายุการเก็บรักษาหรืออายุการวางจำหน่าย สามารถทำได้ด้วยการยับยั้งการผลิตก๊าซเอมิลีน หรือยับยั้งการทำงานของก๊าซเอทิลีน

ก๊าซเอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่ง ที่มีสถานะเป็นก๊าซ ไม่มีสี มีกลิ่นเล็กน้อย เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) โดยพืช และจุลินทรีย์หลายชนิดสามารถผลิตก๊าซเอทิลีนได้ ซึ่งก๊าซเอทิลีนมีผลโดยตรงกับพืช กล่าวคือ เอทิลีนมีผลในการเร่งอัตราการเสื่อมสภาพของพืช หรือส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น การร่วงของใบไม้ รวมไปถึงกระตุ้นการสุก และการหายใจของผลไม้ ซึ่งหากผลไม้มีก๊าซเอทิลีน และมีการหายใจมาก จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ขององค์ประกอบภายใน ที่นำไปซึ่งการเสื่อมสภาพ ทำให้ผลไม้มีอายุการวางสั้น ดังนั้น ในด้านการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ก๊าซเอทิลีน จึงถือเป็นตัวการสำคัญที่ต้องควบคุม เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ ให้มีอายุการวางจำหน่ายให้นานยิ่งขึ้น โดยยังคงคุณภาพหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้ ปริมาณก๊าซเอทิลีนในผลไม้แต่ละชนิดนั้นจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประเภทของผลไม้

อัตราการผลิตก๊าซเอทิลีนในมะม่วง กล้วย และมังคุดนั้น มีอัตราการผลิตอยู่ในระดับปานกลาง 1.0-10.0 เอทิลีน/กิโลกรัม.ชั่วโมง (จริงแท้, 2538) โดยมีรายงานอัตราการผลิตก๊าซเอทิลีนในมะม่วงน้ำดอกไม้หลังเก็บเกี่ยว พบว่า เมื่อนำมะม่วงน้ำดอกไม้มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มะม่วงมีอัตราการผลิตก๊าซเอทิลีนสูงที่สุดในวันที่ 4 ซึ่งเป็นวันที่ผลเริ่มสุก (Ketsa *et al.*, 1999) ซึ่งสอดคล้องกับ อภิญญา และอนวัช (2553) ที่นำ

ศรีปทุมกรุงเทพ

มะม่วงน้ำดอกไม้ความสุกแก่ 90% มาเก็บรักษา 12 องศาเซลเซียส 3 วัน และย้ายมาเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส พบว่า ในช่วง 3 วันแรกของการเก็บรักษามีอัตราการผลิตก๊าซเอทิลีนต่ำ โดยมีอัตราการผลิตไม่เกิน 200 นาโนลิตรเอทิลีน/กิโลกรัม/ชั่วโมง แต่เมื่อผ่านไป 5 วัน กลับมีอัตราการผลิตก๊าซเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในวันที่ 5–11 มีอัตราการผลิตก๊าซเอทิลีนเท่ากับ 400-1,000 นาโนลิตรเอทิลีน/กิโลกรัม/ชั่วโมง ส่วนในกล้วยหอมนั้น พบว่า เมื่อนำกล้วยหอม ความแก่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส กล้วยหอมมีอัตราการผลิตก๊าซเอทิลีนเพิ่มขึ้น โดยในช่วง 2 วันแรก มีอัตราการผลิตก๊าซเอทิลีนไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมเอทิลีน/กิโลกรัม/ชั่วโมง และเมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน กลับมีอัตราการผลิตก๊าซเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นเป็น 0.8 มิลลิกรัมเอทิลีน/กิโลกรัม/ชั่วโมง (ณัฐชัย และคณะ, 2555) เช่นเดียวกับการทดลองของชัยรัตน์ (2561) ที่นำกล้วยหอมระยะสุกแก่ 70-80 เปอร์เซ็นต์ มาเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส มีการหายใจเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มเก็บรักษาจบถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยมีอัตราการผลิตเอทิลีนอยู่ที่ 1-4 ไมโครลิตร/กิโลกรัม/ชั่วโมง และอัตราการผลิตก๊าซเอทิลีนในมังคุด โดยนำผลระยะที่ 1 หรือระยะสายเลือดมาเก็บรักษาอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส พบว่า ในช่วงวันแรกของการเก็บรักษามีอัตราการผลิตก๊าซเอทิลีนเพิ่มสูง มีค่าประมาณ 50 นาโนกรัม/กรัม/ชั่วโมง จากนั้นค่อย ๆ ลดน้อยลงจนกระทั่งคงที่ และมีการเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงก่อนที่สีเปลือกของมังคุดจะมีค่าความสว่างคงที่ คือ ในช่วง 4-6 วันของการเก็บรักษา โดยมีอัตราการผลิตก๊าซเอทิลีนประมาณ 40 นาโนกรัม/กรัม/ชั่วโมง (สายชล และพัชร, 2552)

จากข้างต้น ก๊าซเอทิลีนถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องได้รับการควบคุม เพื่อยืดอายุการวางจำหน่ายผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งปัจจุบัน มีวิธีการต่าง ๆ ที่ช่วยในการยับยั้งหรือชะลอการสังเคราะห์ก๊าซเอทิลีนและการทำงานของก๊าซเอทิลีน เช่น การดัดแปลงพันธุกรรม การเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ การควบคุมหรือดัดแปลงสภาพบรรยากาศ และการใช้สาร 1-MCP รวมถึงการใช้สารดูดซับเอทิลีน

สารดูดซับเอทิลีน เป็นสารที่นิยมใช้ในการกำจัดก๊าซเอทิลีนออกจากบรรจุภัณฑ์ ซึ่งโดยทั่วไปนั้น สารดูดซับเอทิลีนจะมีโครงสร้างที่มีรูพรุน และมีพื้นที่ผิวสูง สารดูดซับเอทิลีนที่นิยมใช้ทั่วไป เช่น ด่างทับทิม สารดูดซับเอทิลีนพร้อมใช้ Ethyl-Gone® ถ่านกัมมันต์ เป็นต้น

1. ด่างทับทิม (potassium permanganate, $KMnO_4$) เป็นสารดูดซับเอทิลีนที่นิยมใช้ในการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยว โดยทำหน้าที่ในการออกซิไดซ์เอทิลีน ให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูป อะซีเตท (acetate) และเอทานอล (ethanol) ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ เช่น การเก็บรักษาสตรอเบอร์รี่ในถุง PE ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีน ($KMnO_4$) 10 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดี และมีอายุการเก็บรักษานานถึง 10 วัน (รอสมี และคณะ, 2559) แต่เนื่องจาก ด่างทับทิบเป็นพิษ จึงเป็นข้อจำกัดโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ต้องสัมผัสกับอาหารโดยตรง (Rooney, 1995)

2. Ethyl-Gone® เป็นสารดูดซับในรูปแบบซองพร้อมใช้ ประกอบไปด้วย ซีโอไลต์ (zeolite) และด่างทับทิม ($KMnO_4$) (ศักยะ, 2555) โดยซีโอไลต์เป็นสารประกอบจำพวกอลูมิโนซิลิเกต (Aluminosilicate) โดย ซีโอไลต์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เป็นซีโอไลต์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี มีลักษณะเป็นรูพรุน และมีความสามารถในการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้ดี เมื่อนำมาใช้ควบคู่กับด่างทับทิม จึงสามารถช่วยยืดอายุการวางจำหน่ายแก่ผลไม้ได้ โดย

ศูนย์วิทยทรัพยากร

มีการทดลองการใช้สาร Ethyl-Gone® ในการเก็บรักษากล้วยไข่ (ปวีณพล และวาสนา, 2560) และมะม่วงน้ำดอกไม้ (ศักยะ, 2555) เป็นต้น

3. ถ่านกัมมันต์ (activated carbon หรือ activated charcoal) เป็นสารดูดซับก๊าซเอทิลีนในรูปของถ่านที่ได้จากการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น เปลือกทุเรียน ขี้เลื่อย แกลบ เป็นต้น (รุ่งทิพย์ และคณะ, 2541) มาผ่านวิธีการแยกสลายด้วยความร้อนในสภาวะไร้ก๊าซออกซิเจน หรือไพโรไรซิส (pyrolysis) แบบเร็ว ซึ่งจะใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า ไพโรไรซิส (pyrolysis) แบบช้า โดยถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติในการดูดซับมลสารจากของเหลวหรือก๊าซ เนื่องจากมีพื้นที่ผิวมาก ความจุในการดูดซับสูง ผิวโครงสร้างเป็นแบบรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก (microporous structure) โดยมีขนาดรูพรุนตั้งแต่ 20-20,000 angstrom และมีความวองไวในการดูดซับสูง ทำให้สามารถดูดซับได้ดี โดยมีพื้นที่ผิวจำเพาะมากถึง 600-1,000 ตารางเมตร/กรัม (ปรินทร ,2551) รายงานการใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับเอทิลีน เช่น การเก็บรักษาแตงหอม โดยใช้กระดาษที่ผสมถ่านกัมมันต์ในการเก็บรักษา พบว่า มีศักยภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาแตงหอม (พีชยา, 2549) และให้ผลเช่นเดียวกันกับการเก็บรักษาผลมะม่วงน้ำดอกไม้ (แพรวดาว และคณะ, 2560)

จากข้อมูลสารดูดซับเอทิลีนที่ได้กล่าวไปนั้น จะพบว่าทุกสารมีความสามารถในการดูดซับเอทิลีน แต่ยังเกิดข้อจำกัดในการใช้ เนื่องจาก Ethyl-Gone® มีการปนเปื้อนสารเคมี และถ่านกัมมันต์นั้น ต้องนำเข้าจากประเทศ โดยในปี 2562 ที่ผ่านมานี้ ประเทศไทยมีการนำเข้าถ่านกัมมันต์จากทั่วโลกคิดเป็นมูลค่ามากถึง 2,478 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2562) ทำให้มีเป็นต้นทุนที่สูง ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีแนวคิดที่จะลดการปนเปื้อนและนำเข้าสารจากต่างประเทศ โดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในรูปของถ่านชีวภาพ (biochar)

ถ่านชีวภาพ (Biochar) เป็นถ่านที่ผลิตจากชีวมวลหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการทำเกษตรกรรมมาก และมีรายได้หลักมาจากภาคเกษตรกรรม ทำให้ต่อปีนั้นประเทศไทยมีวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวหรือจากการแปรรูปสินค้าทางการเกษตร เช่น ซังข้าวโพด กิ่งลำไย เปลือกไม้ไผ่ กะลามะพร้าว กิ่งยางพารา เป็นต้น ในปริมาณมากถึง 134,134,102.21 ตัน โดยซังข้าวโพดและเปลือกมีปริมาณมากถึง 7.96 ตันต่อปี กิ่งลำไยที่ได้จากการตัดแต่งต้นมีการนำมาใช้เป็นฟืน 39 เปอร์เซ็นต์ ใช้เผาถ่าน 11 เปอร์เซ็นต์ และคงเหลืออีกมากถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2560) นอกจากนี้ กาบไผ่ก็เป็นพืชที่มีปริมาณวัสดุเหลือทิ้งถึงมากถึง 1000-15,000 กิโลกรัมต่อปี (สำนักงานเกษตรจังหวัดชัยนาท, 2560) ซึ่งวัสดุเหลือใช้เหล่านี้ เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ ในการผลิตไฟฟ้า ผลิตความร้อน และภาคส่วนอื่น ๆ ได้มากถึง 71,289,681.68 ตัน อย่างไรก็ตามยังคงมีวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรมากถึง 62,844,420.53 ตัน (กระทรวงพลังงาน, 2556) ปัจจุบัน จึงได้มีการศึกษาการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อลดปริมาณวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร และยังเป็นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกด้วย ซึ่งการทำถ่านชีวภาพ หรือ Biochar เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และถ่านชีวภาพยังเป็นประโยชน์ต่อพืชอีกด้วย

ถ่านชีวภาพ (Biochar) เป็นวัสดุที่มีความพรุน พื้นที่ผิวภายในมาก โดยมีค่าประมาณ 2-377 ตารางเมตรต่อกรัม (Pituya *et al.*, 2017) อุดมไปด้วยคาร์บอนสูงถึงร้อยละ 50 ของวัตถุดิบในการผลิต ประกอบไปด้วย C, H, O, N, S และขี้เถ้า โดยโครงสร้างของถ่านชีวภาพจะแตกต่างกันตามประเภทของชีวมวลที่นำมาใช้

กรมวิชาการเกษตร

(Suksawang, 2010; Winsley, 2007; Zafar, 2009) ถ่านชีวภาพผลิตจาก ชีวมวลหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ เซลลูโลส ที่เป็นเส้นใย เฮมิเซลลูโลส ที่เป็นตัวยึดเซลลูโลสไว้ด้วยกัน และลิกนิน ที่ทำหน้าที่ให้เส้นใยสามารถยึดเหนี่ยวกันได้อย่างแข็งแรง รวมเรียกว่า ชีวมวลลิกโนเซลลูโลส ซึ่งการผลิตถ่านชีวภาพนั้น ทำได้ด้วยวิธีการแยกสลายด้วยความร้อนในสภาวะไร้ก๊าซออกซิเจนหรือไพโรไรซิส (pyrolysis) แบบช้า โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 350-600 องศาเซลเซียส จากการแยกสลายด้วยความร้อนนี้ จะได้น้ำมันชีวภาพ (bio-oil) 60 เปอร์เซ็นต์ ก๊าซสังเคราะห์ (syngas) 20 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ H_2 CO และ CH_4 และถ่านชีวภาพ (biochar) 20 เปอร์เซ็นต์ (อรสา, 2552) ประโยชน์ของถ่านชีวภาพ ได้แก่

1) ช่วยปรับปรุงดิน ด้วยคุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่มีรูพรุน และมีพื้นที่ผิวภายในมาก จึงช่วยกักเก็บน้ำ อาหาร และจุลินทรีย์ในดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ และด้วยการที่ถ่านชีวภาพยังมีค่าความเป็นด่างค่อนข้างสูง จึงเหมาะกับการปรับค่าความเป็นกรดด่างในดินที่มีความเป็นกรดมาก นอกจากนี้ ยังสามารถช่วยเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในดิน ช่วยให้พืชมีประสิทธิภาพในการสังเคาะห์แสงเพิ่มขึ้น (จิระพงษ์, 2552)

2) ลดก๊าซเรือนกระจก โดยถ่านชีวภาพมีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนสูง เป็นแหล่งสะสมคาร์บอนในดิน โดยจะเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของพืชมาอยู่ในรูปคาร์บอนเสถียรสะสมในถ่านชีวภาพ ทำให้ลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ นอกจากนี้ ยังมีความสามารถในการดูดซับก๊าซในกลุ่มมีเทน และไนตรัสออกไซด์อีกด้วย (Yanai *et al*., 2007)

3) ผลิตพลังงานทดแทน ในกระบวนการผลิตถ่านชีวภาพด้วยการแยกสลายด้วยความร้อน หรือไพโรไรซิส (pyrolysis) นั้น จะได้พลังงานชีวภาพที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนเพื่อการขนส่งหรือระบบอุตสาหกรรมได้ และยังเป็นเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนกลุ่มเชื้อเพลิงแข็งในเชื้อเพลิงฟอสซิลอีกด้วย

นอกจากประโยชน์ของถ่านชีวภาพ และลักษณะของถ่านชีวภาพที่กล่าวในข้างต้น นักวิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการนำถ่านชีวภาพมาใช้ในการดูดซับก๊าซเอทิลีนเพื่อยืดอายุการวางจำหน่ายของผัก และผลไม้ เนื่องจากถ่านชีวภาพมีคุณสมบัติในการดูดซับก๊าซเอทิลีน และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ (Abe and Watada, 1991) ทั้งยังเป็นวัสดุที่มีพื้นที่ผิวภายใน และมีรูพรุนมาก ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของสารดูดซับเอทิลีน ถ่านชีวภาพยังสามารถผลิตได้ภายในประเทศ เนื่องจากใช้อุณหภูมิในการผลิตที่ต่ำกว่าการผลิตถ่านกัมมันต์ และยังเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด แต่เนื่องจากการศึกษาเรื่องถ่านชีวภาพ (biochar) ในการนำไปเป็นตัวดูดซับก๊าซเอทิลีนในผลไม้ ยังมีอย่างจำกัด จึงนำมาซึ่งวัตถุประสงค์ในการทดลองนี้เพื่อนำสารดูดซับเอทิลีนมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมในระหว่างการวางจำหน่าย

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

1. การเตรียมตัวอย่างกล้วยหอม

นำกล้วยหอมจาก หจก.บานาน่า อินเตอร์ ฟรุ๊ต แบบผลเดี่ยวและผลกลุ่ม ในระยะผิวสีเหลืองปนสีเขียว (สีเหลืองมากกว่าสีเขียว) ที่ผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาด และบ่มด้วยก๊าซเอทิลีน บรรจุลงถุงที่มีรูระบาย

อากาศ โดยแบ่งจำนวนผลที่บรรจุลงถุงตามการทดลอง ได้แก่ การทดลองย่อยที่ 1 บรรจุกล้วยหอมจำนวน 1 ผลต่อถุง และการทดลองย่อยที่ 2 บรรจุกล้วยหอม จำนวน 3 ผลต่อถุง แต่ละการทดลองแบ่งออกเป็น 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่สารดูดซับเอทิลีน (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 สารดูดซับเอทิลีนการค้า (ethylgone)

กรรมวิธีที่ 3 สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด จำนวน 1 ซอง

กรรมวิธีที่ 4 สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด จำนวน 2 ซอง

2. การทดสอบการวางจำหน่าย

จำลองการวางจำหน่ายกล้วยหอมโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 6 วัน

3. บันทึกผล

วิเคราะห์คุณภาพผลผลิตทุก 2 วัน โดยบันทึกข้อมูล อัตราการผลิตก๊าซเอทิลีน เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีผล ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณกรดแอสคอร์บิค และการยอมรับของผู้บริโภค

3.1 อัตราการผลิตเอทิลีน

นำกล้วยหอมใส่ในกล่องพลาสติดที่มีฝาปิดสนิท เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเก็บตัวอย่างก๊าซ โดยใช้เข็มดูดอากาศภายในกล่อง ตรวจวัดปริมาณของก๊าซด้วยเครื่อง Gas Chromatograph นำค่าพื้นที่ใต้กราฟที่ได้มาคำนวณตามสูตร

$$\text{อัตราการผลิตเอทิลีน (ไมโครลิตร/กิโลกรัม.ชั่วโมง)} = \frac{\text{(areaที่ฉีดได้/area standard (ppm)) x 3 ลิตร (พื้นที่กล่อง)}}{\text{(น้ำหนักผลทั้งกล่อง (kg) x เวลาปิด(hr))}}$$

3.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

นำกล้วยหอมชั่งน้ำหนักก่อนการเก็บรักษา และชั่งน้ำหนักหลังจากการเก็บรักษา นำค่าที่ได้คำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น – น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

3.3 การเปลี่ยนแปลงสีผล

นำกล้วยหอมมาวัดค่า L* a* b* ด้วยเครื่อง Color reader (KONICA MINOLTA., CR-10, Japan) โดยวัดบริเวณกึ่งกลางผล ทั้ง 2 ด้าน (ด้านตามยาวผล)

3.4 ความแน่นเนื้อผล

นำกล้วยหอมมาวัดความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง Texture Analyzer (LLOYD instruments., รุ่น LX plus, United Kingdom) ตัววัดแรง (load cell) 1 กิโลกรัม ความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะทางในการวัด 5 มิลลิเมตร โดยทำการวัดบริเวณกึ่งกลางผลทั้ง 2 ด้าน มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

กรมวิชาการเกษตร

3.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

นำเนื้อกล้วยหอม และน้ำกลั่น ไปปั่นให้ละเอียด ในอัตราส่วน 1: 3 จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที นำส่วนใสที่ได้ วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ด้วยเครื่อง Digital Refractometer (ATAGO., รุ่น PR-101, Japan)

3.6 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

นำส่วนใสที่ได้จากการปั่นเนื้อกล้วยหอม ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติม Phenolphthalein ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็น indicator จำนวน 2 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ หรือ สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน นำค่าปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการ ไทเทรตไปคำนวณหาปริมาณกรดในรูปของเปอร์เซ็นต์กรดมาลิกจากสูตร (AOAC., 1990)

$$\text{ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้} = \frac{\text{(N NaOH) (ml NaOH) (meq. wt of malic acid) x100}}{\text{ml of sample}}$$

N NaOH คือ Normality ของสารละลายด่างมาตรฐาน (0.1 นอร์มอล)

ml NaOH คือ ปริมาตร (มิลลิลิตร) ของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

meq.wt of malic acid คือ 0.067

3.7 ปริมาณกรดแอสคอร์บิค

การเตรียมสารละลายกรดแอสคอร์บิคมาตรฐาน (SIGMA-Aldrich, Chemie, Steinheim, Germany) ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อ100 มิลลิลิตร) นำกรดแอสคอร์บิคปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดออกซาลิกปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย สารละลาย 2,6-dichlorophenolinophenol จนกระทั่งถึงจุดยุติ คือ จุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที

การหาปริมาณกรดแอสคอร์บิคจากกล้วยหอม นำส่วนใสที่ได้จากการปั่นเนื้อกล้วยหอม และน้ำกลั่น ในอัตรา 1: 3 (A.O.A.C, 1980) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดออกซาลิกปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปไทเทรตด้วย สารละลาย 2,6 dichlorophenolinophenol จนกระทั่งถึง จุดยุตติ หรือจุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที นำค่าของปริมาตรสารละลาย 2, 6 dichloroindophenols ที่ใช้ไป มาคำนวณหาความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิค โดยมีหน่วยเป็น มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค/100 มิลลิลิตร (mg ascorbic acid/100ml)

$$\text{ปริมาณกรดแอสคอร์บิค} = \frac{\text{ปริมาณ 2,6-dichloroindophenol ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง}}{\text{ปริมาณน้ำคั้นที่ใช้ (มิลลิลิตร)}} \times 100$$

3.8 การประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค

จิตตา และคณะ (2563) ให้เกณฑ์คุณภาพการยอมรับประเมินจากลักษณะภายนอกจากการสังเกตสี ลักษณะผิวผล รอยตำหนิ และบาดแผล โดยมีมาตรฐานการให้คะแนน ดังนี้ 5=กล้วยหอมมีผิวสีเหลือง ไม่มีรอย

ลิขสิทธิ์การเกษตร

ตำหนิและบาดแผล 4=กล้วยหอมมีผิวสีเหลืองมีรอยตำหนิและบาดแผลไม่เกินร้อยละ 10 3=กล้วยหอมมีผิวสีเหลืองเริ่มคล้ำมีรอยตำหนิ และบาดแผลไม่เกิน ร้อยละ 25 2=กล้วยหอมมีผิวคล้ำ มีรอยตำหนิ และบาดแผลไม่เกินร้อยละ 50 1=กล้วยหอมมีผิวที่ไม่ยอมรับ มีรอยตำหนิและบาดแผลมากกว่าร้อยละ 50

ผลการทดลองและอภิปราย (Results and Discussion)

การทดลองย่อยที่ 1 ผลของสารดูดซับเอทิลีนต่อคุณภาพของกล้วยหอมแบบผลเดี่ยว

การผลิตเอทิลีน สารดูดซับเอทิลีนทั้งสามกรรมวิธีสามารถลดอัตราการผลิตเอทิลีนที่สะสมในบรรจุภัณฑ์กล้วยหอมแบบผลเดี่ยวเมื่อเปรียบเทียบกล้วยหอมในกรรมวิธีควบคุม ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่า กล้วยหอมกรรมวิธีไม่ใส่สารดูดซับเอทิลีนมีปริมาณเอทิลีนมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.62 ไมโครลิตร/กิโลกรัม.ชั่วโมง กรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และกรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพดจำนวน 1 ซอง และ 2 ซอง มีปริมาณก๊าซเอทิลีนไม่แตกต่างกันมีค่าระหว่าง 5.13-5.32 ไมโครลิตร/กิโลกรัม.ชั่วโมง (Table 1.1)

การสูญเสียน้ำหนัก การใช้สารดูดซับเอทิลีนที่แตกต่างกัน และระยะเวลาในการเก็บรักษา มีอิทธิพลร่วมกัน ในขณะที่วันที่ 6 ของการเก็บรักษาของกล้วยหอมแบบผลเดี่ยว พบว่า กรรมวิธีไม่ใช้สารดูดซับเอทิลีน สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และการใช้ถ่านซังข้าวโพด 1 ซอง และ 2 ซอง มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 3.40-3.68 เปอร์เซ็นต์ (Table 1.2)

การเปลี่ยนแปลงสี การเปลี่ยนแปลงค่า L* (ความสว่าง) ของกล้วยหอมแบบผลเดี่ยว พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกล้วยหอมที่เก็บรักษา 6 วัน มีค่าความสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 59.52-62.30 (Table 1.3)

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเขียว a* ของกล้วยหอมของกล้วยหอมแบบผลเดี่ยว พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกล้วยหอมที่เก็บรักษา 6 วัน มีค่า a* มากที่สุดเท่ากับ 6.12-7.80 (Table 1.4)

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง b* ของกล้วยหอม พบว่า เมื่อเก็บรักษากล้วยหอมแบบผลเดี่ยวนาน 6 วัน กรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด จำนวน 2 ซอง มีค่า b* มากที่สุดเท่ากับ 44.04 รองลงมา คือ กรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด จำนวน 1 ซอง ที่มีค่า b* เท่ากับ 40.34 (Table 1.5)

ความแน่นเนื้อผล กล้วยหอมแบบผลเดี่ยวที่ใส่สารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์มีความแน่นเนื้อผลสูงกว่ากล้วยหอมแบบผลเดี่ยวที่ไม่ใส่สารดูดซับเอทิลีนในกรรมวิธีควบคุมเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน โดยมีค่าความแน่นเนื้อผล ระหว่าง 1.61-1.67 นิวตัน (Table 1.6)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวในทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 4.70-5.00 องศาบริกซ์ (Table 1.7)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวในทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 0.04 เปอร์เซ็นต์ (Table 1.8)

ศรีปทุมเกษตร

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค ปริมาณกรดแอสคอร์บิคของกล้วยหอมแบบผลเดี่ยว พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยหลังเก็บรักษานาน 6 วัน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิค 0.58-0.69 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค/100 มิลลิลิตร (Table 1.9)

คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคกล้วยหอมแบบผลเดี่ยว พบว่า กล้วยหอมแบบผลเดี่ยว ที่มีสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์มีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่าคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคที่ไม่มีสารดูดซับเอทิลีนในกรรมวิธีควบคุม โดยเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน กล้วยหอมแบบผลเดี่ยวที่มีสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านไบโอชาร์ซังข้าวโพดในบรรจุภัณฑ์ จำนวน 1 ซอง มีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคเท่ากับกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวที่มีสารดูดซับเอทิลีนเป็นการค้า (Table 1.10)

การทดลองย่อยที่ 2 ผลของสารดูดซับเอทิลีนต่อคุณภาพของกล้วยหอมแบบผลกลุ่ม (3 ผล)

การผลิตเอทิลีน สารดูดซับเอทิลีนทั้งสามกรรมวิธีสามารถลดอัตราการผลิตเอทิลีนที่สะสมในบรรจุภัณฑ์กล้วยหอมแบบผลกลุ่มเมื่อเปรียบเทียบกล้วยหอมในกรรมวิธีควบคุมเช่นเดียวกับการทดลองในกล้วยหอมผลเดี่ยว ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่า กล้วยหอมกรรมวิธีไม่ใส่สารดูดซับเอทิลีนมีปริมาณเอทิลีนมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.49 ไมโครลิตร/กิโลกรัม.ชั่วโมง กรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และกรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพดจำนวน 1 ซอง และ 2 ซอง มีปริมาณก๊าซเอทิลีนไม่แตกต่างกันมีค่าระหว่าง 5.17-5.ไมโครลิตร/กิโลกรัม.ชั่วโมง (Table 1.11)

การสูญเสียน้ำหนัก การใช้สารดูดซับเอทิลีนที่แตกต่างกัน และระยะเวลาในการเก็บรักษา มีอิทธิพลร่วมกัน ในขณะที่วันที่ 6 ของการเก็บรักษาของกล้วยหอมแบบผลกลุ่ม พบว่า กรรมวิธีไม่ใช้สารดูดซับเอทิลีน สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และการใช้ถ่านซังข้าวโพด 1 ซอง และ 2 ซอง มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 4.27-5.19 เปอร์เซ็นต์ (Table 1.12)

การเปลี่ยนแปลงสี การเปลี่ยนแปลงค่า L* (ความสว่าง) ของกล้วยหอมแบบผลกลุ่ม พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกล้วยหอมที่เก็บรักษา 6 วัน มีค่าความสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 64.87-66.37 (Table 1.13)

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเขียว a* ของกล้วยหอมของกล้วยหอมแบบผลกลุ่ม พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกล้วยหอมที่เก็บรักษา 6 วัน มีค่า a* มากที่สุดเท่ากับ 6.07-7.13 (Table 1.14)

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง b* ของกล้วยหอม พบว่า เมื่อเก็บรักษากล้วยหอมแบบผลกลุ่มนาน 6 วัน กรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตเป็นการค้า มีค่า b* มากที่สุดเท่ากับ 47.45 รองลงมา คือ กรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด จำนวน 1 ซอง ที่มีค่า b* เท่ากับ 44.17 (Table 1.15)

ความแน่นเนื้อผล กล้วยหอมแบบผลกลุ่มที่ใส่สารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์มีความแน่นเนื้อผลสูงกว่ากล้วยหอมแบบผลกลุ่มที่ไม่ใส่สารดูดซับเอทิลีนในกรรมวิธีควบคุมเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน โดยมีค่าความแน่นเนื้อผล ระหว่าง 2.09-3.65 นิวตัน (Table 1.16)

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของกล้วยหอมแบบผลกลุ่มในทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 5.68-6.06 องศาบริกซ์ (Table 1.17)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของกล้วยหอมแบบผลกลุ่มในทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 0.03-0.04 เปอร์เซ็นต์ (Table 1.18)

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค ปริมาณกรดแอสคอร์บิคของกล้วยหอมแบบผลกลุ่ม พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยหลังเก็บรักษานาน 6 วัน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิค 0.58-0.92 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค/100 มิลลิลิตร (Table 1.19)

คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคกล้วยหอมแบบผลกลุ่ม พบว่า กล้วยหอมแบบกลุ่มที่มีสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์มีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่าคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคที่ไม่มีสารดูดซับเอทิลีนในกรรมวิธีควบคุม โดยเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน กล้วยหอมแบบผลกลุ่มที่มีสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านไบโอชาร์ซังข้าวโพดในบรรจุภัณฑ์ จำนวน 1 ซอง มีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค เท่ากับกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวที่มีสารดูดซับเอทิลีนเป็นการค้า (Table 1.20)

จากผลการทดลองย่อยที่ 1 และ 2 มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันจะเห็นได้ว่า อัตราการหายใจของกล้วยหอมมีความสัมพันธ์แปรผันตามอัตราการผลิตเอทิลีน การผลิตเอทิลีนที่สูงขึ้นนั้นส่งผลให้เร่ง กระบวนการสุกของกล้วยหอมได้แก่การ เปลี่ยนสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เบญจมาศ, 2545) และสอดคล้องกับ Bower et al. (2002) พบว่าผลเมลอน หลังจากการเก็บเกี่ยว อัตราการหายใจจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการผลิตเอทิลีนในปริมาณที่สูงขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส สีและกลิ่น จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่า เมื่อกล้วยหอมสุกมากขึ้น ความแน่นเนื้อจะลดลง ดังนั้น การเก็บรักษาผลิตผล ที่เกิดกระบวนการสุก หลังการเก็บเกี่ยวจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเพคติน โดยองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ปฐมภูมิ และผนังเชื่อมระหว่างเซลล์ ที่จากเดิมที่มีสมบัติไม่ค่อยละลายน้ำ กลายเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น และในขณะเดียวกันแกนของโมเลกุลเพคตินจะถูกย่อยสลายให้เล็กลง และน้ำตาลกาแลคโตส ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเพคตินก็ลดลงด้วยเช่นกัน โดยสารประกอบเพคตินที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่อยู่ในรูปโพรโตเพกติน ซึ่งไม่ละลายน้ำ เปลี่ยนรูปไปเป็นเพกติน ซึ่งมีโมเลกุลขนาดเล็กลง และละลายน้ำได้นี้มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) จึงเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากผลไม้ที่สะสมอาหารไว้ในรูปแป้งหรือมีแป้งเป็นองค์ประกอบ เช่น มะม่วง ทุเรียน กล้วย ภายหลังการเก็บเกี่ยว จะเปลี่ยนอาหารสะสมในรูปของแป้งไปเป็นน้ำตาล โดยเฉพาะในกล้วยหอม และเมื่อผลสุกแล้วแป้งจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลแถบทั้งหมดจึงทำให้กล้วยมีรสชาติหวานขึ้น (จริงแท้, 2553) อีกทั้งผลไม้ส่วนใหญ่มีปริมาณกรดอินทรีย์ค่อนข้างสูง ซึ่งปริมาณกรดในผลกล้วยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของกรดมาลิก โดยผลกล้วยมีการสะสมปริมาณกรดเพิ่มขึ้นตามอายุผลและเพิ่มจนถึงระดับสูงสุดขณะผลสุกจากนั้นจะลดลงระหว่างเวลาของการสุกโดยการลดลงของกรด เกิดขึ้นพร้อมกับการลดลงของแป้ง และการเพิ่มขึ้นของน้ำตาล จึงทำให้ผลมีรสชาติหวานขึ้น (Wyman and Palmer, 1963; Simmonds, 1966)

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Table 1.1 Ethylene production (µl/kg.hr) of banana (single fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	2.17b	2.81bc	3.28b	7.62a	3.97a
Ethyl-Gone®	0.07d	0.20d	1.99bc	5.13ab	1.85b
corncob biochar 1 packet	1.61bc	0.25d	1.27c	5.19ab	2.08b
corncob biochar 2 packets	1.06c	0.31d	1.28c	5.32ab	1.99b
Average	1.23b	0.89b	1.95b	5.81a	
		F-test			CV (%)
treatments (A)		**			15.17
Day after storage (B)		**			20.60

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.2 Weight loss (%) of banana (single fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	0.00d	1.06c	2.95c	3.94b	1.99b
Ethyl-Gone®	0.00d	0.88c	7.24a	3.55b	2.92a
corncob biochar 1 packet	0.00d	0.70c	5.55b	3.68b	2.48a
corncob biochar 2 packets	0.00d	0.80a	7.22a	3.40b	2.85a
Average	0.00b	0.86b	5.74a	3.64a	
		F-test			CV (%)
treatments (A)		**			13.42
Day after storage (B)		**			16.36

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.3 Fruit color development L* of banana (single fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	67.84	70.22	66.44	61.66	66.54
Ethyl-Gone®	67.84	69.48	68.08	59.52	66.23
corncob biochar 1 packet	67.84	69.50	67.18	62.30	66.71
corncob biochar 2 packets	67.84	69.72	66.32	62.10	66.50
Average	67.84ab	69.73a	67.00b	61.39c	
		F-test			CV (%)
treatments (A)		ns			4.25
Day after storage (B)		**			5.55

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.4 Fruit color development a* of the banana (sing fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	-0.26	3.52	4.94	6.26	3.74
Ethyl-Gone®	-0.26	2.80	4.44	7.80	3.82
corncob biochar 1 packet	-0.26	4.74	5.50	6.12	4.15
corncob biochar 2 packets	-0.26	3.88	5.12	7.38	4.16
Average	-0.26d	3.73c	5.00b	6.89a	
		F-test		CV (%)	
treatments (A)		ns		34.9	
Day after storage (B)		**		39.81	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.5 Fruit color development b* of banana (single fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	40.16	44.94	40.08	38.6	40.88b
Ethyl-Gone®	40.16	42.9	41.82	37.62	40.62b
corncob biochar 1 packet	40.16	44.38	43.72	40.34	42.15a
corncob biochar 2 packets	40.16	45.98	43.96	44.04	43.53a
Average	40.16b	44.55a	42.40a	40.15b	
		F-test		CV (%)	
treatments (A)		*		17.53	
Day after storage (B)		**		18.44	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.6 Fruit firmness (N) of banana (single fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 ℃ for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	10.42	5.70	2.16	1.47	4.90b
Ethyl-Gone®	10.42	6.47	2.79	1.61	5.32a
corncob biochar 1 packet	10.42	5.97	2.82	1.67	5.22a
corncob biochar 2 packets	10.42	5.26	2.94	1.65	5.07a
Average	10.43a	5.85b	2.68c	1.60d	
		F-test		CV (%)	
treatments (A)		*		14.35	
Day after storage (B)		**		21.14	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.7 Total soluble solids (°Brix) of banana (single fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	3.76	5.44	4.80	4.80	4.70
Ethyl-Gone®	3.76	5.56	4.70	4.70	4.68
corncob biochar 1 packet	3.76	5.72	5.00	5.00	4.87
corncob biochar 2 packets	3.76	5.56	4.90	4.90	4.78
Average	3.76c	5.57a	4.85b	4.85b	
		F-test		CV (%)	
treatments (A)		ns		6.11	
Day after storage (B)		**		8.99	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.8 Titratable acidity (%) of banana (single fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	0.11	0.13	0.03	0.04	0.07
Ethyl-Gone®	0.11	0.11	0.03	0.04	0.07
corncob biochar 1 packet	0.11	0.08	0.05	0.04	0.07
corncob biochar 2 packets	0.11	0.08	0.05	0.04	0.07
Average	0.11a	0.10a	0.04b	0.04b	
	F-test			CV (%)	
treatments (A)	ns			23.27	
Day after storage (B)	**			38.61	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.9 Ascorbic acid (mg ascorbic acid/100ml) of banana (single fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	1.61	2.06	1.28	0.69	1.41
Ethyl-Gone®	1.61	3.20	1.05	0.58	1.61
corncob biochar 1 packet	1.61	1.69	0.70	0.69	1.17
corncob biochar 2 packets	1.61	1.94	0.93	0.58	1.26
Average	1.61b	2.22a	0.99c	0.64c	
		F-test		CV (%)	
treatments (A)		ns		55.88	
Day after storage (B)		**		60.97	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.10 Consumer acceptance of banana (single fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	5.00	3.00	2.20	1.20	2.85b
Ethyl-Gone®	5.00	3.80	3.20	2.80	3.70a
corncob biochar 1 packet	5.00	3.60	3.20	2.80	3.65a
corncob biochar 2 packets	5.00	4.00	3.10	2.60	3.68a
Average	5.00a	3.60b	2.95c	2.40c	
		F-test			CV (%)
treatments (A)		*			9.43
Day after storage (B)		**			13.33

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.11 Ethylene production (µl/kg.hr) of banana (bunch fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	2.46c	3.52bc	4.93b	7.49a	4.60a
Ethyl-Gone®	0.01d	1.05d	1.57bc	5.98ab	2.15b
corncob biochar 1 packet	1.02d	0.65bc	1.08b	5.70a	2.11b
corncob biochar 2 packets	1.00d	0.67bc	1.77bc	5.17ab	2.15b
Average	0.12b	0.47b	0.84b	2.33a	
		F-test		CV (%)	
treatments (A)		**		11.41	
Day after storage (B)		**		19.24	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.12 Weight loss (%) of banana (bunch fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	0.00	0.91	2.51	5.00	2.10b
Ethyl-Gone®	0.00	0.80	5.09	4.73	2.65b
corncob biochar 1 packet	0.00	0.82	10.47	4.27	3.89a
corncob biochar 2 packets	0.00	0.83	6.21	5.19	3.06a
Average	0.00b	0.84b	6.07a	4.80a	
		F-test			CV (%)
treatments (A)		**			47.42
Day after storage (B)		*			32.23

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.13 Fruit color development L* of banana (bunch fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	63.17	69.32	66.39	64.83	65.93
Ethyl-Gone®	63.17	70.16	66.33	65.81	66.37
corncob biochar 1 packet	63.17	69.31	64.83	62.84	65.04
corncob biochar 2 packets	63.17	69.59	64.83	61.89	64.87
Average	63.17c	69.59a	65.60b	63.84bc	
		F-test		CV (%)	
treatments (A)		ns		3.02	
Day after storage (B)		**		1.71	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.14 Fruit color development a* of banana (bunch fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	6.62	4.14	5.66	6.96	4.54
Ethyl-Gone®	6.62	4.04	5.80	7.13	4.59
corncob biochar 1 packet	6.62	3.73	5.23	6.07	4.62
corncob biochar 2 packets	6.62	4.08	6.00	7.07	5.44
Average	6.62a	4.00c	5.67b	6.85a	
		F-test		CV (%)	
treatments (A)		ns		13.3	
Day after storage (B)		**		17.7	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.15 Fruit color development b* of banana (bunch fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	45.44	47.41	50.39	53.87	49.28a
Ethyl-Gone®	45.44	45.76	44.21	47.45	44.39b
corncob biochar 1 packet	45.44	44.78	42.81	44.17	42.98b
corncob biochar 2 packets	45.44	44.16	43.35	43.98	42.91b
Average	45.44b	45.53b	45.19b	47.36a	
		F-test			CV (%)
treatments (A)		*			31.95
Day after storage (B)		*			32.79

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.16 Fruit firmness (N) of banana (bunch fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	14.44	5.20	2.62	2.09	6.09b
Ethyl-Gone®	14.44	6.18	4.29	3.34	7.06a
corncob biochar 1 packet	14.44	5.61	4.49	3.46	7.00a
corncob biochar 2 packets	14.44	6.22	4.95	3.65	7.32a
Average	14.44a	6.04b	2.34c	1.89c	
		F-test		CV (%)	
treatments (A)		*		8.25	
Day after storage (B)		**		14.4	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.17 Total soluble solids (°Brix) of banana (bunch fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	3.06	6.68	5.04	5.68	5.11
Ethyl-Gone®	3.06	5.35	5.2	5.88	4.87
corncob biochar 1 packet	3.06	5.01	5.12	5.88	4.77
corncob biochar 2 packets	3.06	5.83	5.34	6.06	5.07
Average	3.06c	5.72ab	5.17b	5.88a	
		F-test		CV (%)	
treatments (A)		ns		14.15	
Day after storage (B)		**		20.2	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.18 Titratable acidity (%) of banana (bunch fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	0.13a	0.09b	0.07b	0.03c	0.08
Ethyl-Gone®	0.13a	0.12a	0.06b	0.04c	0.08
corncob biochar 1 packet	0.13a	0.06b	0.07b	0.04c	0.07
corncob biochar 2 packets	0.13a	0.08b	0.04c	0.04c	0.07
Average	0.13a	0.08b	0.06b	0.04b	
	F-test			CV (%)	
treatments (A)	ns			26.36	
Day after storage (B)	*			24.85	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.19 Ascorbic acid (mg ascorbic acid/100ml) of banana (bunch fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 ℃ for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	2.18	1.14	1.39	0.58	1.32
Ethyl-Gone®	2.18	0.91	1.16	0.69	1.23
corncob biochar 1 packet	2.18	1.14	1.39	0.92	1.41
corncob biochar 2 packets	2.18	1.25	1.05	0.81	1.32
Average	2.18a	1.11b	1.25b	0.75b	
		F-test		CV (%)	
treatments (A)		ns		16.87	
Day after storage (B)		**		23.68	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.20 Consumer acceptance of banana (bunch fruit) with ethylene adsorbent storage at 25 °C for 6 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	0	2	4	6	
Control	5.00	3.00	2.60	1.60	3.05b
Ethyl-Gone®	5.00	3.80	2.80	2.60	3.55a
corncob biochar 1 packet	5.00	3.60	2.80	2.60	3.50a
corncob biochar 2 packets	5.00	3.80	2.90	2.60	3.58a
Average	5.00a	3.55ab	2.78b	2.35b	
		F-test		CV (%)	
treatments (A)		ns		12.89	
Day after storage (B)		**		14.46	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

จากการทดลองยืดอายุกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวต่อถุง และแบบผลกลุ่ม (3 ผล) ต่อถุง โดยการใช้สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด 1 ซอง และสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด 2 ซอง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวและแบบผลกลุ่ม (3 ผล) ต่อถุงได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง (Reference)

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2563. ข้อมูลการผลิตทางการเกษตร. สืบค้นจาก:
https://production.doae.go.th/service/report-product-statistic/index [11 พ.ค. 2564].

กระทรวงพลังงาน. 2556. ชีวมวล (Biomass). สืบค้นจาก:
http://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html# [1 ก.ย. 2563].

กรมศุลกากร. 2562. สถิติการนำเข้าถ่านกัมมันต์ปี 2562. สืบค้นจาก:
http://www.customs.go.th/statistic_report.php?tab=by_tariff_classification [16 ก.ย. 2563].

จิระพงษ์ คูหากาญจน์. 2552. การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ (Charcoal & Wood Vinegar). บริษัท ออฟเซ็ท ครีเอชั่นจำกัด, กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีระเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2553. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยว และการวายของพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.

ชัยรัตน์ บูรณะ. 2561. ผลของฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโคร ต่อคุณภาพของกล้วยหอม. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 23 (3): 1597-1603.

ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ, พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และ วาริช ศรีละออง. 2555. การใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโครและนาโน: เทคนิคใหม่ในการชะลอการสุกของกล้วยหอม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43 (3) (พิเศษ): 284-287.

ปรินทร เต็มญารศิลป์ . 2551. การเตรียมและการวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์จากไผ่ตงและไผ่หมาจู่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เคมี), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปวีณพล คุณารูป และ วาสนา พิทักษ์พล. 2560. ผลของสารดูดซับเอทิลีนต่อการชะลอการสุกและคุณภาพการแปรรูป เป็นกล้วยกรอบของกล้วยไข่พันธุ์พระตะบอง. วารสารแก่นเกษตร 45 (1) (พิเศษ) : 374-380.

พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ และคณะ. 2544. ทรัพยากรพืชในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 2: ไม้ผลและไม้ผลเคี้ยวมัน. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

พีชยา ตันติเตมิท. 2549. การผลิตกระดาษจากใบสับปะรดที่มีถ่านกัมมันต์เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บแตงหอม Cucumis melo L. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แพรวดาว โสภา, มลทนี กันทาเดช, กนกกาญจน์ พรรณนาไทร, วรรณิกา คำวังสวัสดิ์ และ สุฐพัศ คำไทย. 2560. ประสิทธิภาพของกระดาษเคลือบสารดูดซับเอทลีนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของมะม่วงน้ำดอกไม้. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 48 (3) (พิเศษ) : 339-342.

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2560. บทสรุปผู้บริหารโครงการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานทดแทนในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และอุตสาหกรรมขนาดเล็กของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม.

รุ่งทิพย์ ชัยวัฒนานนท์, ผาสุก คงชาตรี, กรรณิกา สถาปิตานนท์และ นัยนา นิยมขัน. 2541. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม. โครงการวิจัยที่ ภ 37-14. สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, หน้า 3-4.

รอสมี ยะสะแต, สมชาย กล้าหาญ และ ขวัญชนก เรือนงาม. 2559. ผลของสารดูดซับเอทิลีนต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพของสตรอเบอรรี่. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3 (1) (พิเศษ) : 26-32.

ศักยะ สมบัติไพรวัน. 2555. การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยถ่านกัมมันต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

กรมวิทยาศาสตร์

สายชล เกตุษา และ พัชร ปิริยะวินิตร. 2552. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยรหัส ก-ษ (ด) 10.52 เรื่องการควบคุมการสุกของผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว. สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 104.

สุนทรีย์ แสงสีโสต. 2543. กล้วยผลไม้สารพัดประโยชน์. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 48 (153), 3-5.

สำนักงานเกษตรจังหวัดชัยนาท. 2560. ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตรจังหวัดชัยนาท ปี 2560. 16-19.

อรสา สุกสวาง. 2552. เทคโนโลยีถานชีวภาพ: วิธีแกปญหาโลกรอน ดิน และความยากจนในภาคเกษตรกรรม. *ใน* การประชุมวิชาการเรื่อง สภาวะโลกรอน: ความหลากหลายทางชีวภาพและการใชประโยชนอยางยั่งยืน. 5-6 พฤศจิกายน 2552. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตรวิทยาเขตกำแพงแสน, 172-184.

อภิญญา วิสุทธิอมรกุล และ อนวชั สุวรรณกุล. 2553. ผลของรังสีแกมมาที่มีตอคณภาพของผลมะมวงพันธุน้ำดอกไมสีทอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41 (1) (พิเศษ): 99-102.

Abe, K and Watada, AE (1991). Ethylene Absorbent to Maintain Quality of Lightly Processed Fruits and Vegetables. Journal of Food Science, 56: 1589–1592.

Siti Amirah, M. Z., Nor Afifah, A. R. Husni Hayati, M.R., and Wan Zaliha, W.S. 2018. The Effects of charcoal from different agricultural wastes in reducing ethylene production of berangan banana (Musa sp. AAA Berangan). UNEJ e-Proceeding, 201-210.

Bower, J., P. Holford, A. Latche and J.-C. Pech. 2002. Culture conditions and detachment of the fruit influence the effect of ethylene on the climacteric respiration of melon. Postharvest Biology and Technology. 26: 135-146.

Ketsa, S., W. Phakawatmongkol and S. Subhadrabhandhu. 1999. Peel enzymatic activity and colour change in ripening mango fruit. Journal Plant Physiol. 154: 363-366.

Pituya, P., Sriburi, T. and Wijitkosum, S. 2017. Optimization of Biochar Preparation from Acacia Wood for Soil Amendment. Engineering Journal 21 (2): 99-105.

Rooney, M.L. 1995. Ethylene-removing packaging. p.38-54. *In*: active food packaging. 1st edition. Blackie Academic & Professional, an imprint of Chapman & Hall. UK. 293p.

Suksawang, O. 2010. Biochar: Carbon Negative Technology, A Solution for Solving Global Warming, Soil and Poverty. Fostering Economic Growth through Low Carbon Initiatives in Thailand 25-26 Feb. 2010.

Simmonds,N.W.,1966,Banana, Longman Group, London.

Winsley, P. 2007. Biochar and bioenergy production for climate change mitigation. New Zealand Science Review, (64) (1): 5-10.

กรมวิชาการเกษตร

Wyman,H., and Palmer,J.K.,1963, The organic acid of the ripening banana fruit, Plant Physiol. 391: 630-633.

Yanai, Y., Toyota, K. and Okazaki, M. 2007. Effects of charcoal addition on N2O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments. Soil Sci Plant Nutr 53: 181–188.

Zafar, S. 2008. Biochar and its Role in Mitigating Climate Change (Online). Available: http://news.mongabay.com/2008/1217-zafar_biochar.html., 8 Sep 2020.

กรมวิชาการเกษตร

การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่ง

Shelf life Extension for mangosteens during transportation

ผู้วิจัย

ภาณุมาศ โคตรพงศ์

Panumas Kotepong

งามพิศ สุดเสน่ห์

Ngampis Sudsane

ทิวาพร ผดุง

Thiwaporn Phadung

คำสำคัญ

มังคุด การดัดแปลงสภาพบรรยากาศ สารดูดซับเอทิลีน ถุงบรรจุภัณฑ์

Key words

mangosteen, modified atmosphere package (MAP), ethylene absorbent, active Packaging

ศูนย์วิทยทรัพยากร

บทคัดย่อ

มังคุดเป็นผลไม้เศรษฐกิจของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี และภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดชุมพร มีการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศโดยการขนส่งทางอากาศ รถยนต์ และทางเรือ ตลาดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ จีน ไต้หวัน ญี่ปุ่น ผู้ประกอบการส่วนใหญ่จะส่งออกมังคุดด้วยวิธีการขนส่งทางรถยนต์และทางเรือเนื่องจากมีต้นทุนต่ำแต่ต้องใช้ระยะเวลานานจึงทำให้เกิดปัญหาการสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมังคุดในระหว่างการขนส่ง เช่น สีเปลือกม่วงดำ เปลือกแข็ง เชื้อราบริเวณขั้วผล ทำให้มีอายุการวางจำหน่ายสั้นเมื่อถึงปลายทาง ในการทดลองนี้จึงศึกษาการใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (MAP) และการใช้สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งโดยเก็บเกี่ยวมังคุดจากพื้นที่ปลูกจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดชุมพร มี 4 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีปัจจุบันที่ผู้ประกอบการใช้ (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีปัจจุบัน + สารดูดซับเอทิลีน กรรมวิธีที่ 3 บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ และกรรมวิธีที่ 4 บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ + สารดูดซับเอทิลีน นำไปจำลองสภาพการขนส่งโดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน พบว่า มังคุดจากพื้นที่ปลูกทั้งสองในกรรมวิธีที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดและมีค่าสีแดงของเปลือกสูงสุด ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่สารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์สามารถลดอัตราการผลิตเอทิลีนในระหว่างการขนส่ง

ได้ โดยมังคุดในกรรมวิธีกรรมวิธีปัจจุบันที่ผู้ประกอบการใช้มีคุณภาพผลในด้านความแน่นเนื้อเปลือกและปริมาณกรดแอสคอร์บิคต่ำสุด ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในแต่ละกรรมวิธีไม่มีมีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับการยอมรับของผู้บริโภคที่สังเกตจากลักษณะภายนอกของผลทั้งในด้านความสดสีของกลีบและขั้วผล ความแข็งของเปลือก พบว่า มังคุดของทั้งสองพื้นที่ปลูกในกรรมวิธีที่บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ + สารดูดซับ เอทิลีน มีความยอมรับของผู้บริโภคสูงสุดและสามารถเก็บรักษามังคุดได้นาน 28 วัน จึงแนะนำกรรมวิธีในการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งโดยใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนให้ผู้ประกอบการไปประยุกต์ใช้ต่อไป

Abstracts

Mangosteens are one of Thailand's economic fruits. Most cultivated areas are in the eastern part, i.e., Chanthaburi Province, and the southern part, i.e., Chumphon Province. They are also exported overseas by air freights, car, and shipping. The key export markets include China, Taiwan, and Japan. Most entrepreneurs export mangosteens by cars and shipping because of low cost. However, these means of transportation take a long time, causing the loss of quality during transportation after harvest. For example, peels turn black purple or hard, fungi appear on calyx, causing shorter shelf life when arriving at terminals. Therefore, this experiment focused on the use of modified atmosphere packaging (MAP) and biochar ethylene absorbent to extend shelf life of mangosteens during transportation. The subject mangosteens were harvested from cultivated areas in Chanthaburi Province and Chumphon Province. The experiments included 4 processes, i.e., Process 1: The current process of entrepreneurs (control), Process 2: The current process + ethylene absorbent, Process 3: MAP, and Process 4: MAP + ethylene absorbent. Then, they were brought for the simulated transportation by storage under 13°C for 28 days. The findings revealed that the mangosteens from both cultivated areas in the two processes with MAP had the lowest percentage of weight loss, with the highest redness (*a value) of peels. The processes with added ethylene absorbent in packaging could reduce the rate of ethylene production during transportation. The current process used by entrepreneurs showed the lowest quality in term of fruit firmness and ascorbic acid. No significant difference was found between total soluble soild (TSS) and tritratable acidity (TA) from each particular process. For consumer acceptance, observed by outer features, i.e., freshness, colors of pulps and calyx, and peel hardness, it was found that mangosteens from both cultivated areas in the process with MAP + ethylene absorbent were accepted most, and could be stored up to 28 days. Therefore, the author suggested enterpreneurs to apply the

ศรีปทุมการเกษตร

process for extending shelf life of mangosteens during transportation by applying MAP and ethylene absorbent.

บทนำ (Introduction)

มังคุดเป็นผลผลิตทางพืชสวนที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบภายในมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหลังจากการเก็บเกี่ยว มังคุดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทำให้สูญเสียคุณภาพ เช่น เกิดการสูญเสียน้ำ กลีบเลี้ยง และขั้วผลเกิดการเหี่ยวแห้ง และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว เปลือกผลเกิดการแข็งตัว ระดับความหวานเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดลดน้อยลง เป็นต้น (สุรพงษ์, 2529; Palapol *et al*., 2009) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ส่งผลให้มังคุดมีอายุการวางจำหน่าย หรืออายุการเก็บรักษาสั้น ส่งผลกระทบต่อการส่งออกมังคุดเพื่อไปจำหน่ายยังต่างประเทศที่ต้องใช้ระยะเวลาในการเดินทางหลายวัน การศึกษาแนวทางในการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ และต้องศึกษา โดยการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่ทำให้มีการสูญเสียคุณภาพนั้น มีผลมาจากก๊าซเอทิลีนที่ผลิตผลมีการผลิตขึ้น

ก๊าซเอทิลีน

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืช ที่มีสถานะเป็นก๊าซ ไม่มีสี มีกลิ่นน้อย จัดเป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) มีคุณสมบัติในการติดไฟ และสามารถเกิดการระเบิดได้เมื่อมีความเข้มข้นของเอทิลีน 3.2-32 เปอร์เซ็นต์ พืชและจุนทรีย์หลายชนิดสามารถผลิตก๊าซเอทิลีนได้ โดยเอทิลีนมีอิทธิพลกว้างขวางต่อการพัฒนาของพืช หรือส่วนของพืช เช่น ในใบ เอทิลีนจะกระตุ้นให้เกิดการหลุดร่วงของใบ ในดอก เอทิลีนมีผลชักนำให้ดอกไม้เกิดการเหี่ยวเร็วขึ้น หรืออาจจะทำให้ดอกไม่บาน ส่วนในผล เอทิลีนมีผลกระตุ้นให้เกิดการสุกได้เร็วขึ้น โดยเอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชสำคัญที่มีผลต่อการสุกของผลไม้ตลอดช่วงเวลาของกระบวนการสุก เป็นต้น ทั้งนี้เพราะเอทิลีนมีความสามารถในการกระตุ้นเนื้อเยื่อพืชทุกชนิดให้มีอัตราการหายใจสูงขึ้นได้ ซึ่งการที่พืชมีอัตราการหายใจที่สูงขึ้นมีผลต่ออายุเก็บรักษา และคุณภาพของผลิตผล เนื่องจากการหายใจ คือ การที่พืชได้นำอาหารสะสมที่มีอย่างจำกัดมาใช้ในกระบวนการหายใจ หากผลไม้มีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นจนอาหารสะสมในผลิตผลถูกใช้จนหมดไป จะส่งผลต่อความมีชีวิตของผลไม้นั้น ด้วยเหตุนี้ การควบคุมเอทิลีนจึงเป็นแนวทางในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลได้ (จริงแท้, 2553)

การควบคุมเอทิลีนสามารถทำได้หลายวิธี โดยสามารถแบ่งออกเป็น การควบคุมการสังเคราะห์เอทิลีน เช่น การดัดแปลงพันธุกรรม การลดอุณหภูมิ การลดปริมาณออกซิเจน การใช้สารสังเคราะห์ เป็นต้น และการควบคุมการทำงานของเอทิลีน เช่น การใช้สารชีวเคมีสังเคราะห์ 1-methyleyclopropene (1-MCP) การใช้สารดูดซับเอทิลีน เป็นต้น ซึ่งในการทดลองนี้ ขอกล่าวถึงเพียง การลดปริมาณออกซิเจนด้วยการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified atmosphere, MA) และการใช้สารดูดซับเอทิลีน

สภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified atmosphere, MA)

การเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลงเป็นการลดปริมาณออกซิเจน ซึ่งเป็นตัวการหลักในการสังเคราะห์ก๊าซเอทิลีน โดยในขั้นตอนสุดท้ายของการสังเคราะห์เอทิลีนที่ 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) เปลี่ยนไปเป็น เอทิลีน โดยมีเอนไซม์ ACC oxidase เป็นเอนไซม์เร่งปฏิกิริยา ในขั้นตอนนี้ จำเป็นต้อง

มีก๊าซออกซิเจน ACC จึงจะสามารถเปลี่ยนไปเป็นเอทิลีนได้ การเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลงจึงเป็นการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำ และมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติ ซึ่งวิธีการนี้ ไม่สามารถควบคุมปริมาณก๊าซให้คงที่ได้ การดัดแปลงสภาพบรรยากาศสามารถทำได้โดยนำผลิตผลใส่ในบรรจุภัณฑ์ที่มีหรือไม่มีรูเพื่อระบายอากาศ และเป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถปิดได้ ซึ่งเป็นการลดการแลกเปลี่ยนก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ และภายนอกบรรจุภัณฑ์ให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซน้อยลง ทำให้บรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์มีก๊าซออกซิเจนน้อยกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากผลิตผลใช้ก๊าซออกซิเจนไปในการหายใจ ทำให้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหายใจเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการชะลอการสังเคราะห์เอทีลีน และทำให้ผลิตผลมีอายุการวางจำหน่ายนานขึ้น เช่น การเก็บรักษาส้มโอที่มีการบรรจุแบบ liner (‘bag-in-box’ type) ในถุงแอคทีฟที่มีอัตราการซึมผานกาซออกซิเจน (Oxygen Transmission Rate) 17,000 cc./m^2.day พบว่า มีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยกว่าชุดควบคุม และมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าผลส้มโอในสภาพบรรยากาศปกติตลอดการเก็บรักษา (เสาวภา และธีรพงษ์, 2551) เช่นเดียวกันกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงของผลแพร (Siddiq *et al*., 2020) และผักกาดหอมในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Koukounaras *et al*., 2019) พบว่า ผลิตผลที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศมีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยกว่า ผลิตผลที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ และมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์มาก เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ ทั้งนี้ ปริมาณก๊าซเอทิลีนภายในบรรจุภัณฑ์ขึ้นอยู่กับขนาด และจำนวนรู หรือช่องเปิดของบรรจุภัณฑ์ที่จะสามารถระบายก๊าซเอทิลีนออกสู่ภายนอกบรรจุภัณฑ์ได้ แต่ต้องไม่มีขนาดใหญ่จนทำให้ก๊าซออกซิเจนจากภายนอกเข้ามาในบรรจุภัณฑ์มากเกินไป ดังเช่นการทดลองของ Koukounaras *et al*. (2019) ที่พบว่า การเก็บรักษาผักกาดหอมที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศนั้น มีปริมาณเอทิลีนไม่แตกต่างจากการเก็บรักษาในสภาพปกติ แต่การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงมีความเข้มข้นของก๊าซเอทิลีนมากกว่าผักกาดหอมในสภาพปกติ เนื่องจาก การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกตินั้น มีอิสระในการผ่านเข้า – ออกของก๊าซ ทำให้ก๊าซเอทิลีนภายในสามารถระบายออกสู่บรรยากาศภายนอกได้ ในขณะที่ ในบรรจุภัณฑ์ที่ใช้นั้นมีข้อจำกัดในเรื่องการผ่านเข้า – ออกของของก๊าซ จึงทำให้มีความเข้มข้นของก๊าซเอทิลีนมากกว่าการเก็บรักษาในสภาพปกติ

การเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลงส่งผลให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษา โดยมีรายงานว่า การเก็บรักษาบล็อกโคลี่ในบรรจุภัณฑ์ microperforated polypropylene plastic ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการสูญเสียคุณภาพของบล็อคโคลี่ได้ (Fernández-León, *et al.,* 2013) ในขณะที่การดัดแปลงสภาพบรรยากาศเริ่มต้นในบรรจุภัณฑ์ที่มีมะเขือเทศให้มี 5%O_2, 5%CO_2, 90%N_2 และนำไปเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นได้ถึง 2 สัปดาห์ เมื่อเทียบกับผลมะเขือเทศที่ไม่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (กิติพงศ์, 2549) เช่นเดียวกับการเก็บรักษาเห็ดในสภาพเริ่มต้นที่มีก๊าซออกซิเจนปานกลาง คือ 50%O_2, 0%CO_2, 50%N_2 ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 11 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมสามารถเก็บรักษาได้เพียง 3 วัน (Han Lyna, *et al*., 2020)

ความแน่นเนื้อ เป็นค่าที่สามารถบ่งบอกเนื้อสัมผัสของผัก และผลไม้ได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้ออาจเกิดจากการสูญเสียน้ำ แรงดันเต่งในเซลล์ หรือช่องว่างระหว่างเซลล์ โดยการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพ

บรรยากาศดัดแปลง มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อ ดังนี้ การดัดแปลงสภาพบรรยากาศในแตงกวาสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ (Manjunatha and Anurag, 2014) ในขณะที่การเก็บรักษามะเขือเทศในสภาพดัดแปลงบรรยากาศเริ่มต้นในบรรจุภัณฑ์ให้มี 5%O_2, 5%CO_2, 90%N_2 และนำไปเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (กิติพงศ์, 2549) และการเก็บรักษาเห็ดที่มี 100%O_2, 0%CO_2, 0%N_2 ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Han Lyna, *et al*., 2020) สามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ

ในผัก และผลไม้ล้วนประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นสำคัญ ซึ่งอยู่ในรูปของอาหารสะสม ได้แก่ แป้งและน้ำตาล ส่วนอีกรูปนั้น อยู่ในรูปการเสริมความแข็งแรง ได้แก่ เพกติน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส โดยในผลไม้ปริมาณน้ำตาล เพกติน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ถือเป็นลักษณะสำคัญ เพราะมีผลต่อรสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ กล่าวคือ การเก็บรักษามะเขือเทศในสภาพดัดแปลงบรรยากาศเริ่มต้นในบรรจุภัณฑ์ให้มี 5%O_2, 5%CO_2, 90%N_2 และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มากกว่ามะเขือเทศในสภาพปกติ (กิติพงศ์, 2549) ในขณะที่การเก็บรักษาผลแพร ใน polyethylene terephthalate (PET) ที่อุณหภูมิ 4 องศา

กรดอินทรีย์ เป็นโมเลกุลสำคัญที่มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนหายใจ และอื่น ๆ นอกจากนี้ยัง เป็นส่วนที่ให้รสชาติแก่ผลไม้ โดยในผลไม้ที่ยังอ่อน จะมีปริมาณกรดอินทรีย์มากกว่า ผลไม้ที่สุก ซึ่งในผลไม้จะมีกรด citric และกรด malic โดยสามารถทราบปริมาณกรดอินทรีย์ได้ จากการไทรเทรตน้ำคั้นของผลไม้ ซึ่งการเก็บรักษาผักและผลไม้ ด้วยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ พบว่า การเก็บรักษามังคุดบนถาดโฟมโพลีสไตรีน ที่มี 15%O_2, 10%CO_2, 75%N_2 และ 15%O_2,15%CO_2, 70%N_2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดที่ไทรเทรตได้ มากกว่ามังคุดที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ (หลิน และคณะ, 2551) เช่นเดียวกันกับการเก็บรักษาใบมะกรูดในถุงโพลิเอทธิลีน และถุงโพลิโพรพิลีน มีปริมาณกรดที่ไทรเทรตได้มากกว่าการเก็บรักษาใบมะกรูดในสภาพปกติ (ทิตา, 2553) ในขณะที่การดัดแปลงสภาพบรรยากาศ ด้วยการเก็บรักษาส้มโอที่มีการบรรจุแบบ liner (‘bag-in-box’ type) ในถุงแอคทีฟ ไม่มีผลต่อปริมาณกรดที่ไทรเทรตได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาในสภาพปกติ (เสาวภา และธีรพงษ์, 2551) และให้ผลเช่นเดียวกันกับการเก็บรักษาผลแพร ใน polyethylene terephthalate (PET) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดที่ไทรเทรตได้ไม่แตกต่างกับผลแพรในสภาพปกติ (Siddiq *et al*, 2020)

วิตามินเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่อร่างกายของมนุษย์ พบได้ในผัก และผลไม้ ซึ่งจะมีวิตามิน เอ และซีมาก (จริงแท้, 2538) โดยมีรายงานการเก็บรักษามังคุดในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ทำการบรรจุมังคุดบนถาดโฟมโพลีสไตรีน ที่มี 15%O_2, 10%CO_2, 75%N_2 และ 15%O_2, 15%CO_2, 70%N_2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคมากกว่ามังคุดที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ (หลิน และคณะ, 2551) การเก็บรักษาใบมะกรูดในถุงโพลิโพรพิลีน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคมากกว่าการเก็บรักษาใบมะกรูดในสภาพปกติ ในขณะที่การเก็บรักษาใบมะกรูดในถุงโพลิเอทธิลีน ไม่มีผลต่อปริมาณกรดแอสคอร์บิค (ทิตา, 2553) นอกจากนี้การเก็บรักษาบล็อคโคลี่ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ทำให้มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคมากกว่าการเก็บรักษาในสภาพปกติ (Fernández-León *et al*., 2013)

จากรายงานในข้างต้น แสดงให้เห็นว่า การเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลงสามารถควบคุมเอทิลีน ด้วยการลดปริมาณก๊าซออกซิเจน และเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งยังสามารถยืดอายุการเก็บรักษา และชะลอการลดลงของคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้อีกด้วย

การใช้สารดูดซับเอทิลีน

การใช้สารดูดซับเอทิลีนเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการควบคุมการทำงานของเอทิลีน ด้วยการดูดซับเอทิลีนที่ผลิตผลปล่อยออกมาภายในบรรจุภัณฑ์ โดยทั่วไปนั้น สารดูดซับเอทิลีนจะมีโครงสร้างที่มีรูพรุน และมีพื้นที่ผิวสูง สามารถชะลออัตราการหายใจ การสูญเสียน้ำหนัก ค่าความแน่นเนื้อ ยืดอายุการเก็บรักษา และอายุการวางจำหน่าย โดยสารดูดซับเอทิลีนที่นิยมใช้ทั่วไป เช่น ด่างทับทิม สารดูดซับเอทิลีนพร้อมใช้ Ethyl-Gone® ถ่านกัมมันต์ เป็นต้น

1. ด่างทับทิม (potassium permanganate, $KMnO_4$) เป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรง นิยมใช้ในการดูดซับเอทิลีน เนื่องจาก ด่างทับทิมมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาทางเคมีกับเอทิลีนที่พืชสังเคราะห์ขึ้น หลังเกิดปฏิกิริยาได้สารใหม่ 2 ชนิด คือ แมงกานีสไดออกไซด์ (Manganese dioxide) และเอทิลีนไกลคอล (Ethylene glycol) ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นเอทิลีนได้ ทำให้สามารถลดปริมาณเอทิลีนที่พืชสังเคราะห์ขึ้น และส่งผลให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษา และอายุการวางจำหน่ายได้ การใช้งานนั้น นิยมใช้ด่างทับทิมร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ (Frederick *et al*., 1992) เช่น การเก็บรักษาผักชีในถุง PE พร้อมกับใส่ด่างทับทิมความเข้มข้น 1.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีปริมาณเอทิลีนน้อยกว่าผักชีที่ไม่ได้รับด่างทับทิม ชะลอการลดลงของการสูญเสียน้ำหนัก การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (สุทธาสินี และมุทิตา, 2558) และการเก็บรักษาสตรอเบอร์รี่ในถุงพอลิเอทิลีน PE ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีน ($KMnO_4$) 10 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดี และมีอายุการเก็บรักษานานถึง 10 วัน (รอสมี และคณะ, 2559) แต่เนื่องจาก ด่างทับทิบเป็นพิษ และออกซิไดส์ได้ง่าย จึงเป็นข้อจำกัดในการใช้โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ต้องสัมผัสกับอาหารโดยตรง (Rooney, 1995)

2. Ethyl-Gone® เป็นสารดูดซับในรูปแบบซองพร้อมใช้ ประกอบไปด้วย ซีโอไลต์ (zeolite) และด่างทับทิม ($KMnO_4$) (ศักยะ, 2555) โดยซีโอไลต์เป็นสารประกอบจำพวกอลูมิโนซิลิเกต (Aluminosilicate) ซีโอไลต์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เป็นซีโอไลต์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี มีลักษณะเป็นรูพรุน และมีความสามารถในการดูดซับก๊าซเอทิลีนได้ดี เมื่อนำมาใช้ควบคู่กับด่างทับทิม จึงสามารถช่วยยืดอายุการวางจำหน่ายแก่ผลไม้ได้ โดยมีการทดลองการใช้สาร Ethyl-Gone® ในการเก็บรักษากล้วยไข่ (ปวีณพล และวาสนา, 2560) และมะม่วงน้ำดอกไม้ (ศักยะ, 2555) เป็นต้น

3. ถ่านกัมมันต์ (activated carbon หรือ activated charcoal) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวัตถุดิบธรรมชาติ โดยมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก มีคุณสมบัติในการดูดซับก๊าซเอทิลีน โดยอยู่ในรูปของถ่านที่ได้จากการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น เปลือกทุเรียน ขี้เลื่อย แกลบ กิ่งลำไย ซังข้าวโพด เป็นต้น (รุ่งทิพย์ และคณะ, 2541) มาผ่านวิธีการแยกสลายด้วยความร้อนในสภาวะไร้ก๊าซออกซิเจน หรือไพโรไรซิส (pyrolysis) แบบเร็ว ซึ่งจะใช้อุณหภูมิมากกว่า 600 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่า ไพโรไรซิส (pyrolysis) แบบช้า ที่ใช้ในการทำถ่านชีวภาพ หรือไบโอชาร์ ที่ใช้อุณหภูมิ 350-600 องศาเซลเซียส โดยถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติในการดูดซับมลสารจากของเหลว

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

หรือก๊าซ เนื่องจากมีพื้นที่ผิว และมีรูพรุนมาก ทำให้สามารถดูดซับได้ดี ทั้งนี้ จำนวน และขนาดรูพรุนขึ้นอยู่กับกรรมวิธีที่ใช้ในการผลิต ปัจจุบันมีการศึกษาการใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับเอทิลีนมากมาย เช่น การเก็บรักษาผลมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยใช้กระดาษผสมถ่านกัมมันต์ พบว่า มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีน สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 27 วัน ในขณะที่ กรรมวิธีควบคุมสามารถเก็บรักษาได้เพียง 18 วัน (แพรวดาว และคณะ, 2560) และในการใช้ถ่านกัมมันต์ โดยใช้กระดาษผสมถ่านถัมมันต์จากไม้ไผ่ 30 เปอร์เซ็นต์ ในการเก็บรักษากล้วยหอมทอง ยังสามารถ ชะลอการลดลงของการสูญเสียน้ำหนัก และยืดอายุการวางจำหน่ายได้นานถึง 12 วัน ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้ใช้ถ่านกัมมันต์ถึง 6 วัน (ปริญญา และคณะ, 2563) และยังมีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสี อีกด้วย (กิตติ, 2561) นอกจากนี้ การใช้ถ่านกัมมันต์ยังสามารถควบคุมก๊าซเอทิลีน และยืดอายุการเก็บรักษาในผักได้เช่นกัน ตัวอย่างงานวิจัยเช่น การเก็บรักษามะเขือเทศโดยใช้ถ่านกัมมันต์แบบเม็ด ซึ่งมีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีนมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ มีการสะสมก๊าซเอทิลีนน้อยกว่ามะเขือเทศที่เก็บรักษาด้วยวิธีปกติ ซึ่งการเก็บรักษาโดยการใช้ถ่านกัมมันต์ นอกจากจะสามารถกำจัดก๊าซเอทิลีนแล้ว ยังสามารถคงคุณภาพของผลิตผล (Bailén *et al*., 2007) และมีศักยภาพในการยืดอายุการเก็บรักษา ในแตงหอม โดยใช้กระดาษที่ผสมถ่านกัมมันต์ในการเก็บรักษาอีกด้วย (พืชยา, 2549) ทั้งนี้ การใช้ถ่านกัมมันต์มีข้อจำกัดในเรื่องของการมีต้นทุนที่สูงเนื่องจากต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จึงอาจเหมาะสมที่จะใช้กับการเก็บรักษาผลิตผลที่ส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศมากกว่าผลิตผลที่จำหน่ายภายในประเทศ

จากข้อมูลสารดูดซับเอทิลีนที่ได้กล่าวไปนั้น จะพบว่าทุกสารมีความสามารถในการดูดซับเอทิลีน แต่ยังเกิดข้อจำกัดในการใช้ เนื่องจาก Ethyl-Gone® มีการปนเปื้อนสารเคมี และถ่านกัมมันต์นั้น ต้องนำเข้าจากประเทศ โดยในปี 2562 ที่ผ่านมานี้ ประเทศไทยมีการนำเข้าถ่านกัมมันต์จากทั่วโลกคิดเป็นมูลค่ามากถึง 2,478 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2562) ทำให้มีเป็นต้นทุนที่สูง ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีแนวคิดที่จะลดการปนเปื้อนและนำเข้าสารจากต่างประเทศ โดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในรูปของถ่านชีวภาพ (biochar)

ถ่านชีวภาพ (Biochar) เป็นถ่านที่ผลิตจากชีวมวลหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการทำเกษตรกรรมมาก และมีรายได้หลักมาจากภาคเกษตรกรรม ทำให้ต่อปีนั้นประเทศไทยมีวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวหรือจากการแปรรูปสินค้าทางการเกษตร เช่น ซังข้าวโพด กิ่งลำไย เปลือกไม้ไผ่ กะลามะพร้าว กิ่งยางพารา เป็นต้น ในปริมาณมากถึง 134,134,102.21 ตัน โดยซังข้าวโพดและเปลือกมีปริมาณมากถึง 7.96 ตันต่อปี กิ่งลำไยที่ได้จากการตัดแต่งต้นมีการนำมาใช้เป็นฟืน 39 เปอร์เซ็นต์ ใช้เผาถ่าน 11 เปอร์เซ็นต์ และคงเหลืออีกมากถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2560) นอกจากนี้ กาบไผ่ก็เป็นพืชที่มีปริมาณวัสดุเหลือทิ้งถึงมากถึง 1000-15,000 กิโลกรัมต่อปี (สำนักงานเกษตรจังหวัดชัยนาท, 2560) ซึ่งวัสดุเหลือใช้เหล่านี้ เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ ในการผลิตไฟฟ้า ผลิตความร้อน และภาคส่วนอื่น ๆ ได้มากถึง 71,289,681.68 ตัน อย่างไรก็ตามยังคงมีวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรมากถึง 62,844,420.53 ตัน (กระทรวงพลังงาน, 2556) ปัจจุบัน จึงได้มีการศึกษาการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อลดปริมาณวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร และยังเป็นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกด้วย ซึ่งการทำถ่านชีวภาพ หรือ Biochar เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และถ่านชีวภาพยังเป็นประโยชน์ต่อพืชอีกด้วย

ศรีปทุมเกษตร

ดังนั้นจึงนำถ่านชีวภาพมาใช้ในการดูดซับก๊าซเอทิลีนเพื่อยืดอายุการวางจำหน่ายของผัก และผลไม้ เนื่องจากถ่านชีวภาพมีคุณสมบัติในการดูดซับก๊าซเอทิลีน และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ (Abe and Watada, 1991) ทั้งยังเป็นวัสดุที่มีพื้นที่ผิวภายใน และมีรูพรุนมาก ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของสารดูดซับเอทิลีน ถ่านชีวภาพยังสามารถผลิตได้ภายในประเทศ เนื่องจากใช้อุณหภูมิในการผลิตที่ต่ำกว่าการผลิตถ่านกัมมันต์ และยังเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด แต่เนื่องจากการศึกษาเรื่องถ่านชีวภาพ (biochar) ในการนำไปเป็นตัวดูดซับก๊าซเอทิลีนในผลไม้มีจำกัดจึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม ประกอบกับการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลงสามารถควบคุมเอทิลีน ด้วยการลดปริมาณก๊าซออกซิเจน และเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งยังสามารถยืดอายุการเก็บรักษา และชะลอการลดลงของคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ ในการทดลองนี้ จึงทดลองเก็บรักษามังคุดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาด้วยวิธีสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified atmosphere, MA) ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านชีวภาพ (biochar)

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

1. การเตรียมตัวอย่าง

เก็บเกี่ยวมังคุดจากสวนในพื้นที่ปลูกจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดชุมพร ในระยะสีเลือดมาบรรจุลงตะกร้าที่รองด้วยกระดาษบรู๊ฟ ตะกร้าละ 6 กิโลกรัม โดยแบ่งออกเป็น 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีปัจจุบันที่ผู้ประกอบการใช้ (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีปัจจุบัน + สารดูดซับเอทิลีน

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (MAP)

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (MAP) + สารดูดซับเอทิลีน

บรรจุมังคุด และจัดการทดลองตามแต่ละกรรมวิธี โดยกรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดจะใช้ถ่านซังข้าวโพด 5 ถุง/ มังคุด 1 กิโลกรัม และกรรมวิธีที่ใช้ถุงบรรจุภัณฑ์ MAP กระทำโดยนำผลมังคุดบรรจุลงในถุงบรรจุภัณฑ์ Active Packaging จากนั้น นำถุงมังคุดบรรจุลงในตะกร้าที่เตรียมไว้

2. จำลองการเก็บรักษาในระหว่างการขนส่ง

ทำการเก็บรักษามังคุดที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน เพื่อจำลองการเก็บรักษาในระหว่างการขนส่ง

3. การบันทึกข้อมูล

วิเคราะห์คุณภาพผลิตผลทุก 7 วัน โดยบันทึกข้อมูล อัตราการผลิตก๊าซเอทิลีน เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีผล ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณกรดแอสคอร์บิค และการยอมรับของผู้บริโภค

อัตราการผลิตเอทิลีน

1.1 นำมังคุดใส่ในกล่องพลาสติดที่มีฝาปิดสนิท เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเก็บตัวอย่างก๊าซ โดยใช้เข็มดูดอากาศภายในกล่อง ตรวจวัดปริมาณของก๊าซด้วยเครื่อง Gas Chromatograph นำค่าพื้นที่ใต้กราฟที่ได้มาคำนวณตามสูตร

อัตราการผลิตเอทิลีน (ไมโครลิตร/กิโลกรัม.ชั่วโมง) = (areaที่ฉีดได้/area standard (ppm)) x 3 ลิตร (พื้นที่กล่อง)
(น้ำหนักผลทั้งกล่อง (กก.) x เวลาปิด (ชม.))

1.2 เก็บตัวอย่างก๊าซ โดยใช้เข็มดูดอากาศภายในตะกร้า ตรวจวัดปริมาณของก๊าซด้วยเครื่อง Gas Chromatograph นำค่าพื้นที่ใต้กราฟที่ได้มาคำนวณตามสูตร

อัตราการผลิตเอทิลีน (ไมโครลิตร/กิโลกรัม.ชั่วโมง) = (areaที่ฉีดได้/area standard (ppm)) x 3 ลิตร (พื้นที่กล่อง)
(น้ำหนักผลทั้งกล่อง (กก.) x เวลาปิด (ชม.))

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

นำมังคุดชั่งน้ำหนักก่อนการเก็บรักษา และชั่งน้ำหนักหลังจากการเก็บรักษา นำค่าที่ได้คำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

การเปลี่ยนแปลงสีผล

นำมังคุดมาวัดค่า L* a* b* ด้วยเครื่อง Color reader (KONICA MINOLTA., CR-10, Japan) โดยวัดบริเวณกึ่งกลางผล ทั้ง 2 ด้าน (กึ่งกลางผล)

ความแน่นเนื้อเปลือก

นำมังคุดมาวัดความแน่นเนื้อเปลือกด้วยเครื่อง Texture Analyzer (LLOYD instruments., รุ่น LX plus, United Kingdom) ตัววัดแรง (load cell) 1 กิโลกรัม ความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะทางในการวัด 5 มิลลิเมตร โดยทำการวัดบริเวณกึ่งกลางผลทั้ง 2 ด้าน มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

นำน้ำคั้นมังคุด วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ด้วยเครื่อง Digital Refractometer (ATAGO., รุ่น PR-101, Japan)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

นำน้ำมังคุด ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติม Phenolphthalein ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็น indicator จำนวน 2 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ หรือ สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน นำค่าปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการ ไทเทรตไปคำนวณหาปริมาณกรดในรูปของเปอร์เซ็นต์กรดมาลิกจากสูตร (AOAC., 1990)

$$\text{ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้} = \frac{\text{(N NaOH) (ml NaOH) (meq. wt of malic acid)}}{\text{ml of sample}} \times 100$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค

การเตรียมสารละลายกรดแอสคอร์บิคมาตรฐาน (SIGMA-Aldrich, Chemie, Steinheim, Germany) ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อ100 มิลลิลิตร) นำกรดแอสคอร์บิคปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดออกซาลิกปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย สารละลาย 2,6-dichlorophenolinophenol จนกระทั่งถึงจุดยุติ คือ จุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที

การหาปริมาณกรดแอสคอร์บิคจากมังคุด นำน้ำมังคุด ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดออกซาลิกปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปไทเทรตด้วย สารละลาย 2,6 dichlorophenolinophenol จนกระทั่งถึงจุดยุติ หรือจุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที นำค่าของปริมาตรสารละลาย 2, 6 dichloroindophenols ที่ใช้ไป มาคำนวณหาความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิค โดยมีหน่วยเป็น มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค/100 มิลลิลิตร (mg ascorbic acid/100 ml)

$$\text{ปริมาณกรดแอสคอร์บิค} = \frac{\text{ปริมาณ 2,6-dichloroindophenol ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง}}{\text{ปริมาณน้ำคั้นที่ใช้ (มล.)}} \times 100$$

การประเมินคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค

- สีเปลือก 1-5 คะแนน คือ 5=สีเขียว 4=สีเขียวปนแดง 3=สีแดงปนม่วง 2=สีม่วง 1=สีดำ
- สีกลีบเลี้ยง 1-5 คะแนน คือ 5=สีแดง 4=สีเขียว 3=สีเขียวปนน้ำตาล 2=สีน้ำตาลปนเขียว 1=สีน้ำตาล
- ความหวาน 1-5 คะแนน คือ 5=หวานมาก 4=หวานค่อนข้างมาก 3=หวานปานกลาง 2=หวานน้อย 1=ไม่หวาน
- ความเปรี้ยว 1-5 คะแนน คือ 5=ไม่เปรี้ยว 4=เปรี้ยวน้อย 3=เปรี้ยวปานกลาง 2=เปรี้ยวค่อนข้างมาก 1=เปรี้ยวมาก
- เนื้อสัมผัส 1-5 คะแนน คือ 5=กรอบ 4=นิ่มน้อย 3=นิ่มปานกลาง 2=นิ่มมาก 1=เละ
- กลิ่นผิดปกติ 1-5 คะแนน คือ 5=ไม่มีกลิ่นผิดปกติ 4=มีกลิ่นผิดปกติน้อยมาก 3=มีกลิ่นผิดปกติน้อย 2=มีกลิ่นผิดปกติปานกลาง 1=มีกลิ่นผิดปกติมาก
- ความชอบ 1-5 คะแนน คือ 5=ชอบมาก 4=ชอบปานกลาง 3=ชอบน้อย 2=ชอบน้อยมาก 1=ไม่ชอบ

ผลการทดลองและอภิปราย (Results and Discussion)

1. การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี

อัตราการผลิตเอทิลีน อัตราการผลิตเอทิลีนของมังคุด พบว่า ก่อนเก็บรักษาทุกกรรมวิธีมีการผลิตเอทิลีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 0.13 ไมโครลิตร/กิโลกรัม.ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ประกอบการมีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงสุด คือ 0.40 ไมโครลิตร/กิโลกรัม.ชั่วโมง โดยมีแนวโน้มว่าสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดสามารถชะลอการผลิตก๊าซเอทิลีนได้ (Table 2.1)

การสูญเสียน้ำหนัก เมื่อเก็บรักษานานขึ้นทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น หลังเก็บรักษา 7 วัน พบว่า กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ประกอบการมีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 2.98 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

กรรมวิธีปัจจุบันที่ผู้ประกอบการใช้+ สารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีการสูญเสียน้ำหนัก 1.07 เปอร์เซ็นต์ กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP + สารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพด 0.46 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP 0.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน พบว่า กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของบริษัททั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 4.52-4.71 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP ทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 0.66-0.87 เปอร์เซ็นต์ (Table 2.2)

การเปลี่ยนแปลงสี การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง หรือ L* พบว่า ก่อนเก็บรักษาทุกกรรมวิธีมีค่าเท่ากับ 43.21 เมื่อเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP ทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีค่า L* ไม่แตกต่างกันทางสถิติมีค่าเท่ากับ 34.58-37.87 เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน พบว่า กรรมวิธีปัจจุบันที่ผู้ประกอบการใช้+ สารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีค่า L* มากถึง 27.62 กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP ทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 24.21-25.02 ส่วนกรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ประกอบการมีค่าเท่ากับ 22.60 (Table 2.3)

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง หรือ a* พบว่า เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP + สารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีค่า a* มากถึง 23.31 รองลงมาคือ กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP มีค่าเท่ากับ 20.54 กรรมวิธีปัจจุบันที่ผู้ประกอบการใช้+ สารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 17.47 และกรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของบริษัทมีค่าเพียง 16.61 ตามลำดับ (Table 2.4)

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง หรือ b* พบว่า ก่อนเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 24.66 เมื่อเก็บรักษา 7 วัน พบว่า กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP ทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 18.06-18.33 รองลงมาคือ กรรมวิธีปัจจุบันที่ผู้ประกอบการใช้+ สารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 16.18 และกรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของบริษัทมีค่าเท่ากับ 14.62 ตามลำดับเมื่อเก็บรักษาจนครบ 28 วัน พบว่า กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของบริษัทมีค่า b* เท่ากับ 6.96 ซึ่งมีค่าน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นที่มีค่าเท่ากับ 7.86-8.33 (Table 2.5)

ความแน่นเนื้อเปลือก จากการเก็บรักษามังคุด พบว่า ก่อนเก็บรักษาทุกมังคุดมีค่าความแน่นเนื้อเปลือก 16.06 นิวตัน จากนั้นมีค่าลดน้อยลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน มังคุดในกรรมวิธีที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP มีค่าความแน่นเนื้อเปลือกสูงกว่ามังคุดในกรรมวิธีที่ไม่ได้บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP โดยมังคุดในกรรมวิธีที่ผู้ประกอบการใช้ในปัจจุบัน มีความแน่นเนื้อเปลือกต่ำสุด คือ 5.55 นิวตัน (Table 2.6)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ จากการเก็บรักษามังคุด พบว่า มังคุดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 13.61-14.69 องศาบริกซ์ (Table 2.7)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ทุกกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 0.59-0.62 เปอร์เซ็นต์ (Table 2.8)

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค มังคุดก่อนการเก็บรักษามีปริมาณกรดแอสคอร์บิค 1.74 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค/100 มิลลิลิตร และมีปริมาณลดลงตามอายุการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า มังคุดในกรรมวิธีที่

กรมวิชาการเกษตร

ผู้ประกอบการใช้ในปัจจุบัน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคต่ำสุด คือ 1.35 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค/100 มิลลิลิตร (Table 2.9)

คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคประเมินจากสีเปลือก สีกลีบเลี้ยงด้วยสายตา และความหวาน ความเปรี้ยว เนื้อสัมผัส กลิ่นผิดปกติของผู้บริโภคด้วยการชิม พบว่า มังคุดในทุกกรรมวิธีมีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน มังคุดในกรรมวิธีที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ ดัดแปลงสภาพบรรยากาศมีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่ามังคุดในกรรมวิธีที่ไม่ได้บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ อีกทั้งมังคุดในกรรมวิธีบรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนมีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น (Table 2.10)

2. การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดชุมพร

อัตราการผลิตเอทิลีน อัตราการผลิตเอทิลีนของมังคุด พบว่า ก่อนเก็บรักษาทุกกรรมวิธีมีการผลิตเอทิลีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 0.11-0.13 ไมโครลิตร/กิโลกรัม.ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ประกอบการ มีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงสุด คือ 0.48 ไมโครกรัม/กิโลกรัม.ชั่วโมง โดยมีแนวโน้มว่าสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดสามารถชะลอการผลิตก๊าซเอทิลีนได้ (Table 2.11)

การสูญเสียน้ำหนัก เมื่อเก็บรักษานานขึ้นทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น หลังเก็บรักษา 7 วัน พบว่า กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ประกอบการมีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 1.90 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กรรมวิธีปัจจุบันที่ผู้ประกอบการใช้+ สารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีการสูญเสียน้ำหนัก 1.70 เปอร์เซ็นต์ กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP + สารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพด 0.52 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP 0.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน พบว่า กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ประกอบการทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 3.30-4.67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP ทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 0.84-1.18 เปอร์เซ็นต์ (Table 2.12)

การเปลี่ยนแปลงสี การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง หรือ L* พบว่า ก่อนเก็บรักษาทุกกรรมวิธีมีค่าเท่ากับ 34.62 เมื่อเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP ทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีค่า L* ไม่แตกต่างกันทางสถิติมีค่าเท่ากับ 32.56-36.28 เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน พบว่า กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP ทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 23.50-24.23 ส่วนกรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ประกอบการมีค่าเท่ากับ 27.36 (Table 2.13)

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง หรือ a* พบว่า เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP มีค่า a* มากถึง 23.77 รองลงมาคือ กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP + สารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพด มีค่าเท่ากับ 21.06 กรรมวิธีปัจจุบันที่ผู้ประกอบการใช้+ สารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 17.27 และกรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของบริษัทมีค่าเพียง 19.30 ตามลำดับ (Table 2.14)

ศูนย์วิทยทรัพยากร

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง หรือ b* พบว่า ก่อนเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 14.04 เมื่อเก็บรักษา 7 วัน พบว่า กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP ทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 14.51-17.77 เมื่อเก็บรักษาจนครบ 28 วัน พบว่า กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP มีค่า b* เท่ากับ 4.40 (Table 2.15)

ความแน่นเนื้อเปลือก จากการเก็บรักษามังคุด พบว่า ก่อนเก็บรักษาทุกมังคุดมีค่าความแน่นเนื้อเปลือก 11.31 นิวตัน จากนั้นมีค่าลดน้อยลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน มังคุดในกรรมวิธีที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP มีค่าความแน่นเนื้อเปลือกสูงกว่ามังคุดในกรรมวิธีที่ไม่ได้บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP โดยมังคุดในกรรมวิธีที่ผู้ประกอบการใช้ในปัจจุบัน มีความแน่นเนื้อเปลือกต่ำสุด คือ 5.55 นิวตัน (Table 1.16)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ จากการเก็บรักษามังคุด พบว่า มังคุดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 14.53-15.12 องศาบริกซ์ (Table 2.17)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ทุกกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 0.46-0.51 เปอร์เซ็นต์ (Table 1.18)

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค มังคุดก่อนการเก็บรักษามีปริมาณกรดแอสคอร์บิค 1.45 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค/100 มิลลิลิตร และมีปริมาณลดลงตามอายุการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า มังคุดในกรรมวิธีที่ผู้ประกอบการใช้ในปัจจุบัน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคต่ำสุด คือ 0.81 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค/100 มิลลิลิตร (Table 2.19)

คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคประเมินจากสีเปลือก สีกลีบเลี้ยงด้วยสายตา และความหวาน ความเปรี้ยว เนื้อสัมผัส กลิ่นผิดปกติของผู้บริโภคด้วยการชิม พบว่า มังคุดในทุกกรรมวิธีมีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน มังคุดในกรรมวิธีที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ ดัดแปลงสภาพบรรยากาศมีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่ามังคุดในกรรมวิธีที่ไม่ได้บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ อีกทั้งมังคุดในกรรมวิธีบรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนมีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น (Table 2.20)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การผลิตเอทิลีนที่สูงขึ้นส่งผลให้เร่งกระบวนการเปลี่ยนสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เนื่องจากผลมังคุดมีรูปแบบการหายใจแบบ climacteric เมื่อสุกจะมีการหายใจเพิ่มสูงขึ้น และค่อยๆ ลดลง พร้อมกับเกิดการเปลี่ยนสีผิวจากสีเขียวเป็นสีม่วงดำ โดยในช่วงผลสีเขียว มีอัตราการผลิตเอทิลีน 1.00 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วินาที และจะมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต และมีค่าสูงที่สุดเมื่อผลเริ่มสุกหรือหลังเก็บเกี่ยว 6 วัน มีอัตราการผลิตเอทิลีน 8.00 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วินาที จากนั้น อัตราการผลิตเอทิลีนมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง จนต่ำสุดเมื่อผลสีดำหรือหลังเก็บเกี่ยว 9 วัน มีอัตราการผลิตเอทิลีนเท่ากับ 7.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วินาที โดยในขณะที่มีการสังเคราะห์เอทิลีนที่เพิ่มขึ้น อัตราการหายใจจะมีค่าสูงสุดอย่างรวดเร็ว โดยไม่พบช่วง pre-climacteric (Palapol *et al.*, 2009)

ลิขสิทธิ์การเกษตร

การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดด้วยวิธีการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ (MAP) เป็นวิธีที่ทำให้อากาศในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณออกซิเจนลดลง ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถช่วยการลดกิจกรรมทางชีวเคมี การสังเคราะห์เอทิลีน อัตราการหายใจ และการสูญเสียน้ำ โดยมีผลทำให้กระบวนการสุกต่าง ๆ เกิดขึ้น ในอัตราที่ช้าลง (จริงแท้, 2553) ซึ่งการเก็บรักษามังคุดในสภาพบรรยากาศดัดแปลงสามารถชะลอกระบวนการสุกของผลิตผลได้เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์มีความสามารถในการจับกับตัวรับเอทิลีนได้เป็นอย่างดี และการใช้ถุงแอคทีฟที่ควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซในอากาศยังส่งผลมนการช่วยชะลอกระบวนการสุกอีกด้วย สอดคล้องกับ Tilahun *et al* (2018) ที่พบว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ MAP ร่วมกับเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส มีผลให้อัตราการผลิตเอทิลีนของมะเขือเทศระหว่างการเก็บรักษาลดลง สอดคล้องกับ Lonardo *et al.* (2013) ได้รายงานว่า การใช้ไบโอชาร์ผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อ มีผลต่อความเข้มข้นของเอทิลีนที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใช้ไบโอชาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ในขณะที่กรรมวิธีที่ผสมไบโอชาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ และกรรมวิธีที่ไม่ใช้ไบโอชาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ มีความเข้มข้นของเอทิลีนใกล้เคียงกันหลังจากผ่านไป 28 วัน ซึ่งขัดแย้งกับ Spokas *et al*. (2010) ที่รายงานว่า ในไบโอชาร์บางชนิดจะมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น โดยวัตถุดิบที่นำมาผลิตไบโอชาร์ต้องมีลักษณะที่ไม่ใช่เนื้อไม้ และมีอุณหภูมิในกระบวนการไพโรไลซีสน้อยกว่า 400 องศาเซลเซียส ซึ่งไบโอชาร์จะแปรผันตามหน้าที่ของวัตถุดิบ และสภาวะของไพโรไลซีส (SensÖz, 2003; Guerro *et al*., 2005) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่า ในดินที่ผสมไบโอชาร์มีคุณสมบัติในการยั้บยั้ง nitrification ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ (Banerjee *et al*., 1989; Kashif *et al*., 2007; Yaseen *et al*., 2006) ชี้ให้เห็นถึงการเกิดขึ้นร่วมกันของความสามารถ ในการปลดปล่อยหรือดูดซับเอทิลีนในไบโอชาร์ โดยไบโอชาร์ยังมีแนวโน้มว่า สามารถลดความเข้มข้นของ CO_2 ในบรรยากาศได้อีกด้วย (Smith *et al*., 2010)

การเก็บรักษามังคุดไว้นาน อาจเกิดอาการแข็งตัวของเปลือกผล ซึ่งอาจเกิดจากการกระทบกระเทือนขณะหรือหลังการเก็บเกี่ยว จากปริมาณลิกนินที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของรสชาติ เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี เปลี่ยนแปลงน้ำตาล และกรดอินทรีย์ ในระหว่างการสุก ปริมาณกรดที่ถูกสะสมไว้ลดลง จากการใช้ในกระบวนการหายใจเปลี่ยนเป็นคาร์โบไฮเดรต และสะสมในรูปน้ำตาล โดยวัดได้จากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ผลมังคุดภายหลังการเก็บเกี่ยวมีระดับความหวานเพิ่มขึ้น แต่ไม่เด่นชัดเหมือนผลไม้ climacteric อื่น ๆ เนื่องจากผลมังคุดสะสมอาหารไว้ในรูปของกรด ดังนั้น การสลายตัวของอาหารสะสมเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาลจึงเกิดขึ้นน้อย ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ค่อนข้างคงตัว (ดนัย, 2529; จริงแท้, 2538)

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Table 2.1 Ethylene production (µl/kg.hr) of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chanthaburi.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	0.13b	0.47a	0.42a	0.47a	0.40a	0.38a
Control + corncob biochar	0.13b	0.27b	0.20b	0.18b	0.19b	0.24b
MAP packaging	0.13b	0.40b	0.34b	0.32b	0.22b	0.28b
MAP packaging + corncob biochar	0.13b	0.27b	0.26b	0.14b	0.17b	0.19c
Average	0.13b	0.35a	0.31a	0.28a	0.25a	
			F-test		CV (%)	
Treatments (A)			**		27.30	
Day after storage (B)			**		29.72	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.2 Weight loss (%) of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chanthaburi.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	7	14	21	28	
Control	2.98	2.42	3.52	4.71	2.84a
Control + corncob biochar	1.07	3.80	3.17	4.52	1.96a
MAP packaging	0.27	2.52	1.51	0.66	0.54b
MAP packaging + corncob biochar	0.46	0.36	1.45	0.87	0.65b
Average	1.19b	1.19b	2.41a	2.69a	
	F-test			CV (%)	
Treatments (A)	**			60.78	
Day after storage (B)	**			56.38	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.3 Fruit color development L* of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chanthaburi.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	43.21	34.58	25.56	24.88	22.60	30.70b
Control + corncob biochar	43.21	35.39	26.14	25.53	27.62	31.58a
MAP packaging	43.21	37.42	30.49	26.42	24.21	32.35a
MAP packaging + corncob biochar	43.21	37.87	28.59	23.09	25.02	31.55a
Average	43.21a	36.32a	27.69b	24.98b	25.53b	
			F-test			CV (%)
Treatments (A)			*			6.92
Day after storage (B)			**			5.74

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.4 Fruit color development a* of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chanthaburi.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	12.29	20.39	21.58	15.85	16.61	17.34b
Control + corncob biochar	12.29	20.54	20.58	17.89	17.47	17.76b
MAP packaging	12.29	23.03	26.43	23.79	20.54	21.22a
MAP packaging + corncob biochar	12.29	24.15	24.54	26.10	23.31	22.08a
Average	12.29b	22.03a	23.28a	20.91b	19.48b	
			F-test		CV (%)	
Treatments (A)			**		8.81	
Day after storage (B)			**		9.06	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.5 Fruit color development b* of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chanthaburi.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	24.66	14.62	7.03	5.28	6.96	11.71
Control + corncob biochar	24.66	16.18	7.15	6.44	7.97	12.48
MAP packaging	24.66	18.33	13.00	9.01	8.33	14.67
MAP packaging + corncob biochar	24.66	18.06	11.21	4.89	7.86	13.34
Average	24.66a	16.80a	9.60b	6.41b	7.78b	
			F-test			CV (%)
Treatments (A)			ns			13.07
Day after storage (B)			**			11.91

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.6 Fruit firmness (N) of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chanthaburi.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	16.06	9.32	7.21	6.79	5.55	8.99b
Control + corncob biochar	16.06	10.09	6.82	6.69	5.74	10.08a
MAP packaging	16.06	9.39	8.08	7.99	8.96	10.10a
MAP packaging + corncob biochar	16.06	8.66	7.90	7.37	8.55	9.71a
Average	16.06a	9.37b	7.50c	7.21c	7.20b	
			F-test		CV (%)	
Treatments (A)			*		20.21	
Day after storage (B)			**		18.14	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.7 Total soluble solid (°Brix) of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chanthaburi.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	17.23	17.08	16.14	15.69	14.32	16.09
Control + corncob biochar	17.23	16.53	15.76	16.03	13.61	15.83
MAP packaging	17.23	16.62	15.39	15.80	14.28	15.86
MAP packaging + corncob biochar	17.23	16.58	15.77	15.14	14.69	15.88
Average	17.23a	16.70a	15.76b	15.67b	14.23c	
			F-test		CV (%)	
Treatments (A)			ns		4.49	
Day after storage (B)			**		4.79	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.8 Titratable acidity (%) of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chanthaburi.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	0.87	0.64	0.61	0.63	0.62	0.67
Control + corncob biochar	0.87	0.70	0.61	0.59	0.62	0.68
MAP packaging	0.87	0.66	0.58	0.58	0.59	0.66
MAP packaging + corncob biochar	0.87	0.67	0.63	0.61	0.65	0.68
Average	0.87a	0.67b	0.60c	0.61c	0.62c	
			F-test			CV (%)
Treatments (A)			ns			6.19
Day after storage (B)			**			8.67

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.9 Ascorbic acid (mg ascorbic acid /100ml) of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chanthaburi.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	1.74	1.31	1.02	1.32	1.34	1.35b
Control + corncob biochar	1.74	1.64	1.28	1.26	1.46	1.48a
MAP packaging	1.74	1.88	1.53	1.37	1.41	1.59a
MAP packaging + corncob biochar	1.74	2.18	1.28	1.32	1.09	1.52a
Average	1.74a	1.75a	1.38b	1.32b	1.33b	
			F-test		CV (%)	
Treatments (A)			*		28.61	
Day after storage (B)			*		38.98	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.10 Consumer acceptance of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chanthaburi.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	5.00	4.11	3.78	2.67	2.39	3.59b
Control + corncob biochar	5.00	4.20	3.78	3.44	2.78	3.84b
MAP packaging	5.00	4.56	4.11	4.00	3.16	4.17a
MAP packaging + corncob biochar	5.00	4.33	4.22	4.00	3.61	4.23a
Average	5.00a	4.30a	3.97b	3.53b	2.99b	
			F-test			CV (%)
Treatments (A)			*			11.82
Day after storage (B)			*			12.00

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.11 Ethylene production (µl/kg.hr) of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chumphon.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	0.11	0.24	0.33	0.43	0.48	0.32a
Control + corncob biochar	0.13	0.10	0.18	0.20	0.26	0.17b
MAP packaging	0.11	0.21	0.29	0.26	0.23	0.22ab
MAP packaging + corncob biochar	0.11	0.16	0.19	0.18	0.12	0.15b
Average	0.12b	0.18b	0.25a	0.27a	0.27a	
			F-test		CV (%)	
Treatments (A)			*		23.37	
Day after storage (B)			*		23.89	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.12 Weight loss (%) of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chumphon.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	7	14	21	28	
Control	1.90	2.00	3.49	4.67	3.02a
Control + corncob biochar	1.70	2.43	3.50	3.30	2.73a
MAP packaging	0.13	0.17	0.15	1.18	0.41b
MAP packaging + corncob biochar	0.52	0.65	0.32	0.84	0.58b
Average	1.06b	1.31b	1.87b	2.50a	
	F-test			CV (%)	
Treatments (A)	**			21.77	
Day after storage (B)	**			18.50	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.13 Fruit color development L* of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chumphon.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	34.62	32.30	30.78	28.19	27.36	30.65
Control + corncob biochar	34.62	26.32	29.09	27.96	23.67	28.36
MAP packaging	34.62	32.56	30.86	25.28	24.23	29.51
MAP packaging + corncob biochar	34.62	36.28	25.12	25.61	23.50	29.19
Average	34.62a	31.89a	28.96ab	26.76b	24.69b	29.19
			F-test			CV (%)
Treatments (A)			*			5.11
Day after storage (B)			**			5.15

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.14 Fruit color development a* of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chumphon.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	13.65	23.58	24.66	21.98	19.30	20.63b
Control + corncob biochar	13.65	24.08	25.37	21.48	17.27	20.37b
MAP packaging	13.65	30.74	31.71	25.53	22.77	24.88a
MAP packaging + corncob biochar	13.65	28.99	27.81	25.93	21.06	23.49a
Average	13.65b	26.85a	27.39a	23.73a	20.10a	
			F-test			CV (%)
Treatments (A)			**			11.41
Day after storage (B)			**			11.86

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.15 Fruit color development b* of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chumphon.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	14.04	11.20	8.62	8.08	7.69	9.93b
Control + corncob biochar	14.04	10.56	9.63	7.66	6.17	9.61b
MAP packaging	14.04	14.51	14.04	11.21	7.56	12.27a
MAP packaging + corncob biochar	14.04	17.77	8.02	6.63	4.40	10.17a
Average	14.04a	13.51a	10.08a	8.40b	6.46b	
			F-test		CV (%)	
Treatments (A)			*		12.91	
Day after storage (B)			**		16.43	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.16 Fruit firmness (N) of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chumphon.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	11.31	8.17	8.03	6.68	5.50	7.94b
Control + corncob biochar	11.31	8.36	7.68	7.62	6.30	8.25a
MAP packaging	11.31	8.78	8.29	8.22	6.68	8.65a
MAP packaging + corncob biochar	11.31	9.07	7.73	7.14	6.94	8.44a
Average	11.31a	8.60b	7.93b	7.42b	6.36b	8.42
			F-test		CV (%)	
Treatments (A)			*		10.86	
Day after storage (B)			**		9.76	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.17 Total soluble solid (°Brix) of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chumphon.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	16.63	16.65	15.83	14.85	14.85	15.76
Control + corncob biochar	16.63	16.79	16.15	15.83	14.95	16.07
MAP packaging	16.63	16.62	16.58	15.48	14.53	15.97
MAP packaging + corncob biochar	16.63	16.58	16.22	15.48	15.12	16.01
Average	16.63a	16.66a	16.19a	15.41b	14.86c	15.95
			F-test		CV (%)	
Treatments (A)			ns		2.83	
Day after storage (B)			**		5.31	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.18 Titratable acidity (%) of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chumphon.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	0.62	0.67	0.63	0.47	0.47	0.57
Control + corncob biochar	0.62	0.66	0.64	0.58	0.46	0.59
MAP packaging	0.62	0.66	0.64	0.48	0.51	0.58
MAP packaging + corncob biochar	0.62	0.67	0.60	0.51	0.48	0.58
Average	0.62b	0.66a	0.63b	0.52c	0.48d	
			F-test		CV (%)	
Treatments (A)			ns		8.68	
Day after storage (B)			**		8.92	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.19 Ascorbic acid (mg ascorbic acid /100ml) of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chumphon.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	1.45	1.67	1.48	1.26	0.81	1.33b
Control + corncob biochar	1.45	1.74	1.58	1.37	0.99	1.43a
MAP packaging	1.45	1.88	1.63	1.32	0.89	1.43a
MAP packaging + corncob biochar	1.45	2.18	1.44	1.32	0.97	1.47a
Average	1.45a	1.87b	1.53b	1.32b	0.92b	
			F-test			CV (%)
Treatments (A)			*			23.47
Day after storage (B)			**			28.37

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.20 Consumer acceptance of mangosteen with ethylene adsorbent in combination with MAP packaging storage at 13 °C for 28 days from Chumphon.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	5.00	4.08	3.50	2.80	2.11	3.50b
Control + corncob biochar	5.00	4.25	3.62	3.33	2.50	3.74b
MAP packaging	5.00	4.67	3.90	3.63	3.11	4.06a
MAP packaging + corncob biochar	5.00	4.88	4.42	3.92	3.32	4.31a
Average	5.00a	4.47a	3.86b	3.42b	2.76c	
			F-test		CV (%)	
Treatments (A)			*		17.49	
Day after storage (B)			*		19.68	

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งจากพื้นที่ปลูกทั้งสองโดยใช้การบรรจุภัณฑ์แบบดัดแปลงสภาพบรรยากาศร่วมการใช้สารดูดซับเอทิลีน พบว่า กรรมวิธีที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดและมีค่าสีแดงของเปลือกสูงสุด ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่สารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์สามารถลดอัตราการผลิตเอทิลีนในระหว่างการขนส่งได้ โดยมังคุดในกรรมวิธีกรรมวิธีปัจจุบันที่ผู้ประกอบการใช้มีคุณภาพผลในด้านความแน่นเนื้อเปลือกและปริมาณกรดแอสคอร์บิคต่ำสุด ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในแต่ละกรรมวิธีไม่มีมีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับการยอมรับของผู้บริโภคที่สังเกตจากลักษณะภายนอกของผลทั้งในด้านความสด สีของกลีบและขั้วผล ความแข็งของเปลือก พบว่า มังคุดของทั้งสองพื้นที่ปลูกในกรรมวิธีที่บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ + สารดูดซับเอทิลีน มีความยอมรับของผู้บริโภคสูงสุดและสามารถเก็บรักษามังคุดได้นาน 28 วัน จึงแนะนำกรรมวิธีในการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งโดยใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนให้ผู้ประกอบการไปประยุกต์ใช้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง (Reference)

กรมศุลกากร. 2562. สถิติการนำเข้าถ่านกัมมันต์ปี 2562. สืบค้นจาก:
http://www.customs.go.th/statistic_report.php?tab=by_tariff_classification [16 ก.ย2563].

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2564. ข้อมูลการผลิตทางการเกษตร. สืบค้นจาก:
https://production.doae.go.th/service/report-product-statistic/index [5 ม.ค. 2565].

กระทรวงพลังงาน. 2556. ชีวมวล (Biomass). สืบค้นจาก:
http://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html# [1 ก.ย. 2563].

กิตติ เมืองตุ้ม. 2561. ประสิทธิภาพของขี้เถ้าแกลบเสริมประสิทธิภาพในการชะลอการสุกและยืดอายุกล้วยหอมทอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 49 (2) (พิเศษ): 259-532.

กิตติพงศ์ อัศตรกุล. 2549. บรรจุภัณฑ์แบบดัดแปลงบรรยากาศ และเมทิลจัสโมเนต เพื่อลดอาการสะท้านหนาวและยืดหนาว การเก็บมะเขือเทศ Lycopersicon esculentum Mill. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีระเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.

_____. 2553. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยว และการวายของพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.

จิระพงษ์ คูหากาญจน์. 2552. การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ (Charcoal & Wood Vinegar). บริษัท ออฟเซ็ท ครีเอชั่นจำกัด, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร

ดนัย บุณยเกียรติ. 2529. สรีรวิทยาหลังเก็บเกี่ยวพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ทิตา สุนทรวิภาต. 2553. ผลของภาชนะบรรจุดัดแปลงบรรยากาศและอุณหภูมิต่อคุณภาพของใบมะกรูด. สืบค้นจาก: http://cmruir.cmru.ac.th/handle/123456789/771 [28 ม.ค. 2563].

ปณธร จันทนพ, วรรณี ฉินศิริกุล, ชาริณี วิโนทพรรษ์, วิชัย ดำรงโภคภัณฑ์ และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. 2557. คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลลำไยสดบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลง. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 24 (3) : 614-623.

ปริญญา ไกรวุฒินันท์, ศุภกิจ ยินดี และอชิรญา ศิริภาพ. 2563. การพัฒนากระดาษดูดซับเอทิลีนจากถ่าน กัมมันต์(ไม้ไผ่และซังข้าวโพด) สำหรับการชะลอการสุกของกล้วยหอมทอง (Musax paradisiacal). วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ 1: 41-48.

ปวีณพล คุณารูป และ วาสนา พิทักษ์พล. 2560. ผลของสารดูดซับเอทิลีนต่อการชะลอการสุกและคุณภาพการแปรรูป เป็นกล้วยกรอบของกล้วยไข่พันธุ์พระตะบอง. วารสารแก่นเกษตร 45 (1) (พิเศษ): 374-380.

พีชยา ตันติเตมิท. 2549. การผลิตกระดาษจากใบสับปะรดที่มีถ่านกัมมันต์เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บแตงหอม Cucumis melo L. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แพรวดาว โสภา, มลทนี กันทาเดช, กนกกาญจน์ พรรณนาไทร, วรรณิกา คำวังสวัสดิ์ และ สุฐพัศ คำไทย. 2560. ประสิทธิภาพของกระดาษเคลือบสารดูดซับเอทลีนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของมะม่วงน้ำดอกไม้. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 48 (3) (พิเศษ): 339-342.

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2560. บทสรุปผู้บริหารโครงการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานทดแทนในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และอุตสาหกรรมขนาดเล็กของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม.

รอสมี ยะสะแต, สมชาย กล้าหาญ และ ขวัญชนก เรือนงาม. 2559. ผลของสารดูดซับเอทิลีนต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพของสตรอเบอรรี่. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3 (1) (พิเศษ): 26-32.

รุ่งทิพย์ ชัยวัฒนานนท์, ผาสุก คงชาตรี, กรรณิกา สถาปิตานนท์และ นัยนา นิยมขัน. 2541. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม. โครงการวิจัยที่ ภ 37-14. สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

ศักยะ สมบัติไพรวัน. 2555. การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยถ่านกัมมันต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ศูนย์พัฒนาการค้าและธุรกิจไทย. 2564. รายงานมังคุดของไทยในตลาดจีน. สืบค้นจาก: https://www.ditp.go.th/contents_attach/669759/669759.pdf [10 ส.ค. 2564].

สำนักงานเกษตรจังหวัดชัยนาท. 2560. ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตรจังหวัดชัยนาท ปี 2560. 16-19.

สุทธาสินี บุญคง และ มุทิตา มีนุ่น. 2558. ผลของสารดูดซับเอทิลีนต่อคุณภาพและการประเมินอายุการวางจำหน่ายผักชี. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46 (3/1) (พิเศษ): 295-298.

กรมวิชาการเกษตร

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2529. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มังคุด ทุเรียน เงาะ (ตอนที่ 1). เคหะการเกษตร. 10(114): 42-45.

เสาวภา ไชยวงศ และ ธีรพงษ เทพกรณ์. 2551. ผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงตอคุณภาพของสมโอพันธุทองดีในระหวางการเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39 (3) (พิเศษ) : 289-290.

หลิน กิจพิพิธ, ไพรัตน โสภโณดร, ศุภชัย ภิสัชเพ็ญ และ อัญชลี ศิริโชติ. 2551. ผลของบรรยากาศดัดแปลงและบรรจุภัณฑตอการยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุดสดตัดแต่งพรอมบริโภค (มังคุดคัด). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39 (3) (พิเศษ) : 269-274.

อรสา สุกสวาง. 2552. เทคโนโลยีถานชีวภาพ: วิธีแกปญหาโลกรอน ดิน และความยากจนในภาคเกษตรกรรม. *ใน* การประชุมวิชาการเรื่อง สภาวะโลกรอน: ความหลากหลายทางชีวภาพและการใชประโยชนอยางยั่งยืน. 5-6 พฤศจิกายน 2552. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตรวิทยาเขตกำแพงแสน, 172-184.

Abe, K and Watada, AE. 1991. Ethylene Absorbent to Maintain Quality of Lightly Processed Fruits and Vegetables. Journal of Food Science, 56: 1589–1592.

Bailén, G., Arco, A. F. G., García, S. C., Coll, P. J. Z. and Mula, M. S. 2007. Use of a palladium catalyst to improve the capacity of activated carbon to absorb ethylene, and its effect on tomato ripening. Spanish journal of agricultural research 4: 579-586.

Banerjee, N.K. and Mosier, A.R. 1989. Coated calcium carbide as a nitrification inhibitor in upland and flooded soils. Indian Soc Soil Sci. 37: 306–313.

Fernández-León, M.F., Fernández-León, A.M., Lozano M., Ayuso M.C, Amodio M.L., Colelli G. and González-Gómez D. 2013. Retention of quality and functional values of broccoli ‘Parthenon’ stored in modified atmosphere packaging. Food Control 31: 302-313.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2020. Top 10 Country, Export quantity of Mangoes, mangosteens, guavas. Retrieved Jan, 6 2022 from: https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity_exports,

Frederick, B.A., Morgan, P.W. and Saltveit, M.E. 1992. Ethlene in Plant Biology. Academic Press. England.

Fu C., Loo A. E. K., Chia, F. P. P., Huang, D. 2007. Oligomeric proanthocyanidins from mangosteen pericarps. Agricultural and Food Chemistry. 55(19): 7689–7694.

Guerro. M., Ruzi, M.P., Alzuet, M.U., Bilbao, R. and Miller, A. 2005. Pyrolysis of eucalyptus at different heating rates: studies of char characterization and oxidative reactivity. Anal Appl Pyrolysis**.** 74: 307–314.

กรมวิชาการเกษตร

Han Lyna, F., Maryam Adilaha, Z.A., Nor-Khaizurab, M.A.R., Jamilaha, B. and Nur Hanania, Z.A. 2020. Application of modified atmosphere and active packaging for oyster mushroom (Pleurotus ostreatus). Food Packaging and Shelf Life 23.

Kashif, S.R., Yaseen, M., Arshad, M. and Abbas, M. 2007. Evaluation of calcium carbide as a soil amendment to improve nitrogen economy of soil and yield of okra. Soil Environ. 26: 69–74.

Koukounaras, A, Siomos, A.S., Gerasopoulos, D. and Papachristodoulou, M. 2019. Active modified atmosphere package induced a new physiological disorder of minimally processed romaine lettuce leaves. Food Packaging and Shelf Life 22.

Lonardo, S.D., Vaccari, F.P., Baronti, S., Capuana, M., Bacci, L., Sabatini, F., Lambardi, M. and Miglietta, F. 2013. Biochar successfully replaces activated charcoal for in vitro culture of two white poplar clones reducing ethylene concentration. Plant Growth Regul. 69: 43–50.

Manjunatha, M. and Anurag, R.K. 2014. Effect of modified atmosphere packaging and storage conditions on quality characteristics of cucumber. Food Sci Technol 51 (11): 3470-3475.

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 Biology and Technology. 51: 349-353.

Pituya, P., Sriburi, T. and Wijitkosum, S. 2017. Optimization of Biochar Preparation from Acacia Wood for Soil Amendment. Engineering Journal 21 (2): 99-105.

Rooney, M.L. 1995. Ethylene-removing packaging. p.38-54. *In*: active food packaging. 1st edition. Blackie Academic & Professional, an imprint of Chapman and Hall. UK.

Ros, S., Siti, S., Liliek, N. and Fatimah. 2014. Antioxidant activity of Mangosteen (Garcinia *mangostana* L.) Fruit Rind Extract in Oral Solution Dosage Form. Presented in International Symposium on Medicinal Plants & Traditional Medicine, Tawangmangu. Central Java Indonesia: June 4th-6th 2014. Retrieved Jan, 6 2022 from: http://ejournal.litbang.depkes.go.id/index.php/toi/article/view/8831.

Sensöz, S. 2003. Slow pyrolysis of wood barks from Pinus brutia Ten. and product compositions. Biores Technol. 89 :307–311.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Siddiq, R., Auras, R., Siddiq, M., Dolan, K. D. and Harte, B. 2020. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) and NatureSeal® treatment on the physico-chemical, microbiological, and sensory quality of fresh-cut d'Anjou pears. Food Packaging and Shelf Life 23: 100454.

Smith, J.L., Collins, H.P. and Bailey, V.L. 2010. The effect of young biochar on soil respiration. Soil Biol Biochem. 42(12): 2345–2347.

Spokas, K.A., Baker, J.M. and Reicosky, D.C. 2010. Ethylene: potential key for biochar amendment impacts. Plant Soil. 333: 443–452.

Suksawang, O. 2010. Biochar: Carbon Negative Technology, A Solution for Solving Global Warming, Soil and Poverty. Fostering Economic Growth through Low Carbon Initiatives in Thailand 25-26 Feb. 2010.

Tilahun, S., Park, D.S., Seo, M.H., Hwang, I.G., Kim, S.H., Choi, H.R. and Jeong, C.S. 2018. Prediction of lycopene and β-carotene in tomatoes by portable chroma-meter and VIS/NIR spectra. Postharvest Biol. Technol. 136: 50-56.

Winsley, P. 2007. Biochar and bioenergy production for climate change mitigation. New Zealand Science Review, (64) (1): 5-10.

Yaseen, M., Arshad, M. and Khalid, A. 2006. Effect of acetylene and ethylene gases released from encapsulated calcium carbide on growth and yield of wheat and cotton. Pedobiologia. 50: 405–411.

Yanai, Y., Toyota, K. and Okazaki, M. 2007. Effects of charcoal addition on N2O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments. Soil Sci Plant Nutr 53: 181–188.

Zafar, S. 2008. Biochar and its Role in Mitigating Climate Change (Online). Available: http://news.mongabay.com/2008/1217-zafar_biochar.html., 8 Sep 2020.

กรมวิชาการเกษตร

การใช้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว
Calcium Application for Maintaining Mango Quality after Harvest

ผู้วิจัย

ภาณุมาศ โคตรพงศ์

Panumas Kotepong

งามพิศ สุดเสน่ห์

Ngampis Sudsane

ทิวาพร ผดุง

Thiwaporn Phadung

เสาวลักษณ์ กิตติธนวัตร

Saovalak Kittithanawat

คำสำคัญ

แคลเซียม คุณภาพ มะม่วง การอบไอน้ำ

Key words

Calcium, Quality, Mango, vapor heat treatment (VHT)

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีศักยภาพในการส่งออกมะม่วงไปจำหน่ายยังประเทศต่าง ๆ โดยประเทศไทยส่งออกมะม่วงไปยังเกาหลีใต้ ญี่ปุ่น และจีน เป็นหลัก ซึ่งการส่งออกมะม่วงไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น และเกาหลี มะม่วงจะต้องผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ที่อาจจะวางไข่ หรือมีตัวหนอนซ่อนอยู่ภายในผล ในการทดลองนี้จึงทดลองให้ปุ๋ยทางใบด้วยแคลเซียมโบรอนมาฉีดพ่นแก่มะม่วงเพื่อสร้างความแข็งแรงของเซลล์ โดยฉีดพ่นที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ระยะผล 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน จากนั้นนำไปอบไอน้ำและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน พบว่า มะม่วงในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนให้น้ำหนักผลสูงกว่ามะม่วงในกรรมวิธีที่ไม่ได้แคลเซียมโบรอน เมื่อนำไปเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน มะม่วงได้รับแคลเซียมโบรอนสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของค่าความแน่นเนื้อผล และการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว ได้ดีกว่ามะม่วงในกรรมวิธีที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน

Abstracts

Thailand has the potential to export mangoes to various countries. The market is mainly exported mangoes including South Korea, Japan, and China. Mangoes exported to Japan and Korea must undergo vapor heat treatment to eliminate any fruit fly that may lay eggs or have caterpillars inside. In this experiment, the method was applied to spray calcium boron on mangoes to strengthen the cells. Calcium boron was sprayed at a concentration of 0.5% at the fruit stage 30, 45, and 60 days after flowering. The mango was then subjected to vapor heat treatment (VHT) and stored at 13°C for 28 days. It was found that mangos obtained with Calciumboron had higher fruit weight than control. After 28 days of storage, Calciumboron treatment can be delay weight loss, fruit firmness postharvest disease.

บทนำ (Introduction)

การส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น และเกาหลีจะต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขกฎหมายกักกันพืชระหว่างประเทศ โดยมะม่วงที่นำเข้ามาในประเทศญี่ปุ่น และเกาหลีจะต้องผ่านการอบไอน้ำเพื่อกำจัดโรค และแมลงศัตรูพืชตามที่ได้กำหนด โดยประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดให้อบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ชนิดซับซ้อน (*Bactrocera dorsalis species complex*) และแมลงวันทองแตง (*Bactrocera cucurbitae*) ส่วนประเทศเกาหลีใต้ได้กำหนดให้อบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ ได้แก่ *Bactrocera correcta, B. cucurbitae, B. dorsalis, B. latifrons, B. tau, B. tuberculata, B. umbrosa,* และ *B. zonata*. เพื่อป้องกันไม่ให้แมลงวันผลไม้ดังกล่าวไปแพร่พันธุ์ และสร้างความเสียหายแก่ผลิตผลภายในประเทศ

การอบไอน้ำเป็นวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งเป็นข้อกำหนดในการนำเข้ามะม่วงจากประเทศไทย ด้วยการให้ความร้อน และความชื้นสัมพัทธ์มากำจัดไข่ และหนอนของแมลงวันผลไม้ ซึ่งปัจจุบัน การส่งออกมะม่วงไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น และเกาหลีใต้สามารถส่งออกได้เพียง 7 พันธุ์เท่านั้น ได้แก่ พันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์หนังกลางวัน พันธุ์พิมเสนแดง พันธุ์แรด พันธุ์มหาชนก พันธุ์โชคอนันต์ และพันธุ์เขียวเสวย โดยต้องทำการอบไอน้ำกับผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ในการอบไอน้ำจะต้องมีเจ้าหน้าที่ผู้ประเมินทั้งจากประเทศไทย และประเทศปลายทางมาทำการประเมินร่วมกัน ทั้งนี้ สวนมะม่วง โรงอบไอน้ำ โรงคัดบรรจุ โรงเก็บสินค้า และโรงเก็บสินค้าเพื่อรอส่งออกจะต้องผ่านการประเมินเช่นกัน เพื่อให้ได้ใบรับรองปลอดศัตรูพืช จึงจะสามารถส่งออกมะม่วงไปยังประเทศปลายทางได้ (ศูนย์วิทยบริการเพื่อส่งเสริมการเกษตร, 2561; สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2563ก; สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2563ข) จากรายงานศึกษาผลของการอบไอน้ำในมะม่วงต่อการกำจัดแมลงวันผลไม้ และคุณภาพของผลิตผล พบว่า การอบไอน้ำแบบ VHT แก่มะม่วง พันธุ์โชคอนันต์ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที หนอนของแมลงวันผลไม้ยังคงมีการรอดชีวิต เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการอบไอน้ำเป็น 20 นาที พบว่า สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะหนอนวัยที่ 1 ได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (รัชฎา และคณะ, 2552) เช่นเดียวกับการทดลองของรัมม์พัน และคณะ (2554) ที่พบว่า การอบไอน้ำในมะม่วงน้ำดอกไม้สามารถกำจัดหนอนแมลงวันผลไม้ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ หรือ

ศูนย์วิทยบริการ

แมลงวันทองในมะม่วง เป็นการให้ความร้อนแก่ผลิตผล ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในของผลิตผล คุณภาพ และอายุการเก็บรักษา โดยการอบไอน้ำในมะม่วงเกรดเอ พันธุ์มหาชนก ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวช้า และมีอายุการเก็บรักษานานถึง 16.69 วัน ในขณะที่มะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำ และไม่ผ่านการอบไอน้ำ เก็บรักษาที่ 20 องศาเซลเซียส มีอายุเก็บรักษาเพียง 7.06 และ 8.75 วันตามลำดับ เมื่อผลสุก มะม่วงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม แต่มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม (อุบล และคณะ, 2561) และยังพบว่า เมื่อนำมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ผ่านการอบไอน้ำ มาเก็บรักษานาน 14 วัน มะม่วงมีการสูญเสียน้ำหนักมาก และมีค่าความแน่นเนื้อน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (รัมม์พัน และคณะ, 2554) จากข้างต้น จะพบว่าการอบไอน้ำให้ผลที่ดีในการกำจัดแมลงวันผลไม้ แต่เนื่องจากผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมานั้น ยังคงมีชีวิต มีการหายใจ และมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในต่าง ๆ ซึ่งนำไปสู่การสูญเสียคุณภาพ และมีอายุการวางจำหน่ายสั้น รวมไปถึงการสูญเสียคุณภาพจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น การขนส่ง เป็นต้น ล้วนแต่ส่งผลให้เกิดการสูญเสียคุณภาพ และมีอายุการวางจำหน่ายสั้นเช่นกัน การส่งผลิตผลไปจำหน่ายยังต่างประเทศต้องใช้ระยะเวลาหลายวัน การยืดอายุการเก็บรักษาเพื่อคงคุณภาพของผลิตผลจึงเป็นเรื่องสำคัญ

แคลเซียม (Ca) เป็นธาตุอาหารรองที่พืชต้องการในปริมาณน้อย โดยแคลเซียม (Ca) เป็นองค์ประกอบหลักในการแบ่งเซลล์ และใช้ในกระบวนการภายในเซลล์ระหว่างที่พืชเจริญเติบโต ทั้งยังมีบทบาทสำคัญในการรักษาความแข็งแรงของเซลล์ การส่งผ่านของเซลล์เมมเบรน ช่วยให้ผนังเซลล์แข็งแรง และลดอาการผิดปกติต่าง ๆ ของผล เช่น อาการก้นผลเน่า ผลแตก อาการไส้กลวง เป็นต้น นอกจากนี้ แคลเซียมยังมีส่วนช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุอื่น ๆ โดยเฉพาะไนโตรเจน และยังชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้ออีกด้วย โดยการให้แคลเซียมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

อายุเก็บรักษาของผลิตผล เป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลมาจากคุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมี หากมีวิธีการจัดการผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว หรือวิธีเก็บรักษาที่เหมาะสม ผลิตผลจะมีอายุเก็บรักษา และอายุการวางจำหน่ายที่ยาวนาน โดยการให้ธาตุอาหารเสริม ได้แก่ แคลเซียม สามารถยืดอายุการเก็บรักษาในผลิตผลต่าง ๆ รวมไปถึงมะม่วงได้นานมากกว่าผลิตผลที่ไม่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียม มีการรายงานการพ่น $CaCl_2$ และ Ca^{2+}chelated ร่วมกับ NAA แก่สตรอว์เบอร์รี พันธุ์พระราชทาน 80 พบว่า สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 26 วัน ในขณะที่สตรอว์เบอร์รีที่ได้รับแคลเซียมมีอายุเก็บรักษาเพียง 13 วัน (ชิตาพรและดรุณี, 2562) เช่นเดียวกับการจุ่มผลมะเขือเทศในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 เปอรเซ็นต์ นาน 20 นาที สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศได้นานกว่ากรรมวิธีควบคุมถึง 25 วัน (ปริญญา และคณะ, 2555) เช่นเดียวกับการจุ่มผลมะเดื่อในแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท ที่พบว่า ผลที่ได้รับแคลเซียมมีอายุการเก็บรักษานานถึง 14 วัน ในขณะที่ผลมะเดื่อที่ไม่ผ่านการจุ่มแคลเซียมมีอายุเก็บรักษาเพียง 7 วัน (Irfan *et al*., 2013) การเก็บรักษามะเขือเทศด้วยการจุ่มผลด้วยแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 4 และ6 เปอร์เซ็นต์ ภายได้การแทรกซึมของสุญญากาศ (Vacuum infiltration) ที่ – 20 และ – 30 กิโลปาสคาล สามารถเก็บรักษาได้นาน 7 – 14 วัน ในขณะที่กรรมวิธีควบคุม (ไม่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์) ผลได้รับความเสียหาย (Senevirathna and Daundasekera, 2010) ส่วนในมะม่วงมีการศึกษาผลของการให้แคลเซียมต่ออายุเก็บรักษา ดังนี้ การให้แคลเซียม

คลอไรด์ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 30 วันก่อนการเก็บเกี่ยว แก่มะม่วงพันธุ์ Alphonso พบว่า การให้แคลเซียมคลอไรด์ทั้ง 2 ความเข้มข้น สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายได้นาน 22-24 วัน ในขณะที่การวางจำหน่ายในสภาพปกติ หรือไม่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์จะสามารถเก็บรักษาได้เพียง 19 วัน (Karemera and Habimana, 2014) เช่นเดียวกับมะม่วงพันธุ์ Mallika ที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ 1 เปอร์เซ็นต์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในระยะ 30 วันก่อนเก็บเกี่ยว สามารถเก็บรักษา หรือวางจำหน่ายได้ 16-21 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมมะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์สามารถเก็บรักษาได้เพียง 14 วัน (Karemera *et al*., 2013) และมีรายงานการให้แคลเซียมคลอไรด์แก่มะม่วงพันธุ์ Kesar ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ ในระยะช่อดอก และระยะ pea stage หลังเก็บเกี่ยว นำมะม่วงไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส พบว่า มะม่วงที่ได้รับแคลเซียม 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการวางจำหน่ายนาน 32 วัน ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมที่สามารถวางจำหน่ายได้เพียง 29 วัน (Patel *et al*., 2018)

จากรายงานการให้แคลเซียมแก่มะม่วงเพื่อยืดอายุการวางจำหน่าย สามารถทำได้โดยการให้แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1-2 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้ ระยะเวลาในการเก็บรักษาหรือการวางจำหน่ายนั้นขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่แตกต่างกันของมะม่วง ซึ่งหากสามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้นาน ก็จะเป็นการลดต้นทุนในการขนส่ง กล่าวคือ ในการขนส่งมะม่วงไปจำหน่ายยังประเทศทางแถบสหภาพยุโรปสามารถทำได้โดยการขนส่งทางเครื่องบิน ซึ่งจะใช้ระยะเวลาในการขนส่งประมาณ 1 วัน ค่าขนส่งประมาณกิโลกรัมละ 120 บาท ในขณะที่การขนส่งทางเรือมีค่าขนส่งเพียงกิโลกรัมละ 20 บาท แต่ใช้ระยะเวลาในการขนส่งนาน 20-25 วัน (วิลาวัลย์, 2558)

จากข้อมูลคุณภาพของผลิตผลที่ได้รับแคลเซียมในรูปแบบต่าง ๆ จะพบว่า การให้แคลเซียมมีผลในการช่วยคงคุณภาพ หรือลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตผล อันได้แก่ มีส่วนช่วยในการชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อ ทั้งยังส่งผลให้ผลิตผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และอายุการเก็บรักษามากขึ้น ในขณะเดียวกัน การให้แคลเซียมยังส่งเสริมความแข็งแรงของเซลล์ ทำให้ยากต่อการเข้าทำลายของโรค ทั้งนี้ ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของชนิดผลิตผล และความเข้มข้นของแคลเซียมที่ใช้ เพื่อให้ผลไม้ยังคงคุณภาพและมีอายุการวางจำหน่ายที่นานขึ้น

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

1. การเตรียมตัวอย่างมะม่วง

เก็บเกี่ยวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง จากแปลงเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงเพื่อการส่งออกที่ผ่านการรับรอง GAP ในพื้นที่ตำบลโป่งตาลอง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ที่ระยะสุกแก่ 85 เปอร์เซ็นต์ โดยทำการเก็บเกี่ยวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน และได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยฉีดพ่นในอัตรา 5 ลิตรต่อต้น จำนวน 3 ครั้ง ที่อายุผล 30 45 และ 60 วัน หลังดอกบาน มาทำการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 กรรมวิธี ๆ 4 ซ้ำ ๆ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน (กรรมวิธีควบคุม)

ศูนย์วิทยทรัพยากร

กรรมวิธีที่ 2 มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยฉีดพ่นในอัตรา 5 ลิตรต่อต้น จำนวน 3 ครั้ง ที่อายุผล 30 45 และ60 วันหลังดอกบาน

2. การทดลองจำลองการเก็บรักษาในระหว่างการขนส่งมะม่วง

นำผลมะม่วงมาล้างทำความสะอาด คัดเลือกผลที่ไม่มีตำหนิ โดยมีขนาด และสีผิวใกล้เคียงกัน จากนั้นนำไปผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยการอบไอน้ำ แล้วนำผลมะม่วงไปบรรจุลงในกล่องกระดาษลังลูกฟูก จำนวน 6 ผลต่อกล่อง และจำลองการขนส่ง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

3. การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลคุณภาพผล ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี และประเมินการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว ทุก 7 วัน

3.1 น้ำหนักผล

นำมะม่วงมาชั่งน้ำหนักในวันเก็บเกี่ยว

3.2 การสูญเสียน้ำหนัก

นำมะม่วงมาชั่งน้ำหนักผลก่อนเก็บรักษา และในวันที่บันทึกข้อมูล จากนั้นนำน้ำหนักก่อนการเก็บรักษา และน้ำหนักในวันที่บันทึกผลมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักด้วยสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนักวันที่บันทึก}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

3.3 การเปลี่ยนแปลงสีผล

นำมะม่วงมาวัดค่า L* a* b* ด้วยเครื่อง Color reader (KONICA MINOLTA., CR-10, Japan) โดยวัดบริเวณกลางผล ทั้ง 2 ด้านที่ตรงข้ามกัน

3.4 ความแน่นเนื้อผล

นำมะม่วงมาวัดความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง Texture Analyzer (LLOYD instruments., รุ่น LX plus, United Kingdom) ตัววัดแรง (load cell) 0.1 กิโลกรัม ความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะทางในการวัด 5 มิลลิเมตร โดยทำการวัดบริเวณกลางผลทั้ง 2 ด้าน มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

3.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

นำน้ำคั้นจากผลมะม่วงมาวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ด้วยเครื่อง Digital Refractometer (ATAGO., รุ่น PR-101, Japan)

3.6 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

นำน้ำคั้นจากผลมะม่วง ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติม Phenolphthalein ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็น indicator จำนวน 2 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มเข้น 0.1 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ หรือ สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน นำค่าปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตไปคำนวณหาปริมาณกรดในรูปของเปอร์เซ็นต์กรดมาลิกจากสูตร (AOAC., 1990)

$$\text{ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้} = \frac{\text{(N NaOH) (ml NaOH) (meq. wt of malic acid}}{\text{ml of sample}} \times 100$$

ศรีวิชาการเกษตร

N NaOH คือ Normality ของสารละลายด่างมาตรฐาน (0.1 นอร์มอล)

ml NaOH คือ ปริมาตร (มล.) ของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

meq.wt of malic acid คือ 0.067

3.7 ปริมาณกรดแอสคอร์บิค

เตรียมสารละลายกรดแอสคอร์บิคมาตรฐาน (SIGMA-Aldrich, Chemie, Steinheim, Germany) ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม /100 มิลลิลิตร จากนั้น นำกรดแอสคอร์บิคปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดออกซาลิกปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย สารละลาย 2,6-dichlorophenolinophenol จนกระทั่งถึงจุดยุติหรือจุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที

การหาปริมาณวิตามินซีจากมะม่วง นำน้ำคั้นมะม่วง ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดออกซาลิกปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปไทเทรตด้วย สารละลาย 2,6 dichlorophenolinophenol จนกระทั่งถึง จุดยุตติหรือจุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที นำค่าของปริมาณสารละลาย 2, 6 dichloroindophenols ที่ใช้ไป มาคำนวณหาปริมาณวิตามินซี โดยมีหน่วยเป็น มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค/100 มิลลิลิตร (mg ascorbic acid/100ml)

$$\text{ปริมาณกรดแอสคอร์บิค} = \frac{\text{ปริมาณ 2,6-dichloroindophenol ที่ใช้ไทเทรตตัว}}{\text{ปริมาณน้ำคั้นที่ใช้ (มล.)}} \times 100$$

3.8 การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว

ประเมินการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวที่บริเวณผิวผลด้วยสายตา และให้คะแนนการเกิดโรคตามอาการที่ปรากฏ ดังนี้ 1=มีการปรากฏของโรค 0 – 20 เปอร์เซ็นต์ 2=มีการปรากฏของโรค 21 – 40 เปอร์เซ็นต์ 3=มีการปรากฏของโรค 41 – 60 เปอร์เซ็นต์ 4=มีการปรากฏของโรค 61 – 80 เปอร์เซ็นต์ 5=มีการปรากฏของโรค 81 – 100 เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย (Results and Discussion)

น้ำหนักผล มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีน้ำหนักผลมากกว่ามะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน หรือกรรมวิธีควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 365.87 กรัม ในขณะที่ผลมะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีน้ำหนักผลเพียง 329.34 กรัม (Table 3.1)

การสูญสียน้ำหนัก มะม่วงที่ผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการอบไอน้ำหลังเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้นาน 28 วัน พบว่า กรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีการสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งตลอดการเก็บรักษามีแนวโน้มว่ากรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 5.23 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักถึง 6.41 เปอร์เซ็นต์ (Table 3.2) ทั้งนี้เป็นผลมาจากแคลเซียมโบรอนที่ฉีดพ่นทางใบ สอดคล้องกับการทดลองให้แคลเซียมแก่ผลพีช (Gayed *et al*., 2017) และแอปเปิ้ล (Ranjbar *et al*., 2018) โดยมะม่วงเป็นผลิตผลทางพืชสวน ที่มีน้ำเป็น

องค์ประกอบมากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ทั้งยังมีปากใบ และช่องเปิดทางธรรมชาติต่าง ๆ จึงทำให้ผลิตผลมีการสูญเสียน้ำหลังการเก็บเกี่ยวตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น (จริงแท้, 2538)

การเปลี่ยนแปลงสีผิว การเปลี่ยนแปลงค่า L* บริเวณเปลือกมะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา พบว่า มะม่วงในกรรมวิธีควบคุมก่อนเก็บรักษา มีค่า L* เท่ากับ 73.37 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน มีค่าเท่ากับ 72.40 เมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีค่ามากถึง 78.23 ในขณะที่กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน มีค่าเท่ากับ 71.77 และเมื่อเก็บรักษามะม่วงจนครบ 28 วัน พบว่า มะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีค่า L* สูงกว่ากรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน (Table 3.3)

การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของมะม่วงหลังเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า กรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3.4)

การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของมะม่วง เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า พบว่า กรรมวิธีควบคุมมีค่า b* เท่ากับ 47.24 ในขณะที่กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน ค่า b* เท่ากับ 41.29 (Table 3.5)

ความแน่นเนื้อผล ภายหลังการเก็บเกี่ยว มะม่วงในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีความแน่นเนื้อผลเท่ากับ 28.23 นิวตัน ซึ่งสูงกว่ามะม่วงในกรรมวิธีควบคุมที่มีความแน่นเนื้อผล เท่ากับ 25.70 นิวตัน โดยมะม่วงทั้งสองกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อผลลดลงตามอายุการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน มะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีความแน่นเนื้อผลเพียง 3.45 นิวตัน ในขณะที่มะม่วงในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีความแน่นเนื้อผลสูงถึง 10.49 นิวตัน (Table 3.6) ทั้งนี้ เป็นผลมาจากแคลเซียมโบรอน สอดคล้องกับการทดลองในมะม่วงพันธุ์มหาชนก (Muengkaew and Chaiprasart, 2012; Muengkaew *et al*., 2018) และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง (Intha *et al*., 2020) ที่พบว่า แคลเซียมโบรอนสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อบริเวณเปลือกและเนื้อได้ โดยการให้แคลเซียมโบรอนส่งผลให้เซลล์มีขนาดใหญ่มากกว่าผลปกติ และมีความหนาของผนังเซลล์มาก ทั้งยังลดกิจกรรมของเอนไซม์ PME และ PG อีกด้วย (Muengkaew *et al*., 2018)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ภายหลังการเก็บเกี่ยว มะม่วงทั้งสองกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 8.34-8.63 องศาบริกซ์ โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า มะม่วงในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่ามะม่วงในกรรมวิธีควบคุม (Table 3.7)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ภายหลังการเก็บเกี่ยว มะม่วงทั้งสองกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เท่ากับ 1.46-1.53 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงตามอายุการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า มะม่วงทั้งสองกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เท่ากับ 0.21-0.34 เปอร์เซ็นต์ (Table 3.8) ทั้งนี้ปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้แปรผกผันกับระยะเวลาในการเก็บรักษา เนื่องจาก ผัก และผลไม้ใช้กรดอินทรีย์ในกระบวนการหายใจ เนื่องจากกรดอินทรีย์เป็นสารตัวกลางที่สำคัญในวัฏจักร Krebs (จริงแท้, 2549) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จึงมีค่าลดน้อยลง

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค ภายหลังการเก็บเกี่ยว มะม่วงในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีปริมาณกรดแอสคอร์บิคสูงกว่ามะม่วงในกรรมวิธีควบคุม เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า มะม่วงในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียม

โบรอนมีปริมาณกรดแอสคอร์บิค เท่ากับ 22.33 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค/100 มิลลิลิตร ซึ่งสูงกว่ามะม่วงในกรรมวิธีควบคุมที่มีปริมาณกรดแอสคอร์บิค เท่ากับ 18.79 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค/100 มิลลิลิตร (Table 3.9)

การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองนาน 28 วัน พบว่า มะม่วงในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนสามารถชะลอการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีกว่ามะม่วงในกรรมวิธีควบคุม (Table 3.10)

Table 3.1 Fruit weight (g) of the mango cv. Nam Dok Mai Sri Thong according to calcium application after harvest.

Treatments	Fruit weight
Control	329.34
Ca-B	365.87
T-Test	*

Table 3.2 Weight loss (%) of the mango cv. Nam Dok Mai Sri Thong according to calcium application and storage at 13 °C for 28 days.

Treatments	Day after storage (Day)				Average
	7	14	21	28	
Control	2.73	5.56	7.56	9.78	6.41a
Ca-B	2.40	4.30	6.67	7.53	5.23b
Average	2.57d	4.93c	7.12b	9.16a	
			F-test		
treatments (A)			*		
Day after storage (B)			**		
AxB			ns		

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 3.3 Fruit color development L* of of the mango cv. Nam Dok Mai Sri Thong according to calcium application and storage at 13 °C for 28 days.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	73.37	78.23	80.30	88.29	87.10	81.46a
Ca-B	72.40	71.77	74.57	79.82	77.75	75.26b
Average	72.89b	75.00b	77.44b	84.06a	82.43a	
	F-test					
treatments (A)	*					
Day after storage (B)	**					
AxB	ns					

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 3.4 Fruit color development a* of the mango cv. Nam Dok Mai Sri Thong according to calcium application and storage at 13 °C for 28 days.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	6.98	7.91	8.55	8.73	9.32	8.30
Ca-B	7.99	8.00	8.31	8.73	8.61	8.33
Average	7.49c	7.96bc	8.43ab	8.73ab	8.97a	
	F-test					
treatments (A)	ns					
Day after storage (B)	**					
AxB	ns					

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 3.5 Fruit color development b* of the mango cv. Nam Dok Mai Sri Thong according to calcium application and storage at 13 °C for 28 days.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	39.97	40.88	44.42	45.12	47.24	43.53a
Ca-B	37.20	38.65	42.45	41.71	41.29	40.26b
Average	38.59b	39.77b	43.44a	43.42a	44.27a	
	F-test					
treatments (A)	*					
Day after storage (B)	**					
AxB	ns					

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 3.6 Fruit firmness (N) of the mango cv. Nam Dok Mai Sri Thong according to calcium application and storage at 13 °C for 28 days.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	25.70	20.58	8.59	5.39	3.45	12.74b
Ca-B	28.23	25.54	18.87	12.26	10.49	19.08a
Average	26.97a	23.06b	13.73c	8.83d	6.97e	
	F-test					
treatments (A)	*					
Day after storage (B)	**					
AxB	ns					

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 3.7 Total soluble solid (°Brix) of the mango cv. Nam Dok Mai Sri Thong according to calcium application and storage at 13 °C for 28 days.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	8.34	12.38	15.00	15.23	14.12	13.01b
Ca-B	8.63	13.03	16.44	17.71	18.14	14.79a
Average	8.49d	12.71c	15.72a	16.47a	16.13b	
	F-test					
treatments (A)	*					
Day after storage (B)	**					
AxB	ns					

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 3.8 Titratable acidity (%) of the mango cv. Nam Dok Mai Sri Thong according to calcium application and storage at 13 ℃ for 28 days.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	1.53	1.10	0.61	0.33	0.34	0.78
Ca-B	1.46	1.05	0.52	0.40	0.21	0.77
Average	1.50a	1.08b	0.67c	0.37d	0.28d	
	F-test					
treatments (A)	ns					
Day after storage (B)	**					
AxB	ns					

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 3.9 Ascorbic acid (mg ascorbic/100 ml) content of the mango cv. Nam Dok Mai Sri Thong according to calcium application and storage at 13 °C for 28 days.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	21.22	23.88	27.96	20.16	18.79	22.40b
Ca-B	25.11	27.80	32.91	25.54	22.33	26.74a
Average	23.17bc	25.84b	30.44a	22.85d	20.56c	
	F-test					
treatments (A)	**					
Day after storage (B)	**					
AxB	ns					

Different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

Table 3.10 Postharvest disease of the mango cv. Nam Dok Mai Sri Thong according to calcium application and storage at 13 °C for 28 days.

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	1.00	1.58	2.40	3.45	4.25	2.54a
Ca-B	1.00	1.13	1.67	2.14	2.45	1.68b
Average	1.00b	1.36b	2.04b	2.80a	3.36a	
	F-test					
treatments (A)	*					
Day after storage (B)	**					
AxB	ns					

Different letters indicate significant (P < 0.05) differences according to the Duncan's new multiple range test.

ns = not significantly different

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

การรักษาคุณภาพมะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนด้วยการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมโบรอนทางใบ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงพัฒนาของผลที่ระยะผล 30 45 และ60 วันหลังดอกบาน และนำไปอบไอน้ำ ส่งผลให้คุณภาพของมะม่วงดีกว่ามะม่วงในกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน โดยสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และการเกิดโรคหลังเก็บเกี่ยวที่มีการเกิดโรคน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง (Reference)

กรมวิชาการเกษตร. 2557. โรคผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว. บริษัท จามจุรีโปรดักส์ จำากัด บางขุนเทียน, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2563. รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืช พืชอายุยาว(รต.02) จำแนกตามพืช/แมลงกลุ่ม ไม้ผล ชนิดมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ระดับประเทศ. สืบค้นจาก: https://production.doae.go.th/service/report-product-statistic/index [30 พ.ค. 2564].

กรมส่งเสริมการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. การควบคุมแมลงวันผลไม้โดยวิธีผสมผสาน [แผ่นพับที่ 4]. สืบค้นจาก: https://esc.doae.go.th/การควบคุมแมลงวันผลไม้/ [10 ก.ย. 2564].

การค้าไทย. 2564. ตลาดส่งออก 15 อันดับแรกของไทยรายสินค้า มะม่วงสด. สืบค้นจาก: http://tradereport.moc.go.th/Report/Default.aspx?Report=MenucomTopNRecode&Option=3&Lang=Th&ImExType=1 [14 ก.ย. 2564].

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีระเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยว และการวายของพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.

ชิตาพร ผิวแดง และดรุณี นาพรหม. 2562. ผลของสารประกอบแคลเซียมและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อคุณภาพผลสตรอว์เบอร์รีพันธุ์พระราชทาน 80. วารสารเกษตร 35(2) : 183–192.

ปริญญา เทพณรงค์, เรณู ขำเลิศ และอัศจรรย์ สุขธำรง. 2555. อิทธิพลของอุณหภูมิและ $CaCl_2$ ต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวในมะเขือเทศพันธุ์ CH154. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(3)(พิเศษ) : 580–583.

มนตรี จิรสุรัตน์. 2529. การศึกษาความผันแปรของระชากรแมลงวันในประเทศไทย. หน้า 10. *ใน* การประชุมวิชาการหลังการเก็บเกี่ยว. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

มนตรี จิรสุรัตน์. 2544. แมลงวันผลไม้ที่สำคัญของประเทศไทยและการแพร่กระจาย. หน้า 13-18. *ใน* แมลงวันผลไม้ในประเทศไทย. เอกสารวิชาการกองกีฏและสัตววิทยา. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

รัชฎา อินทรกำแหง, อุดร อุณหวุฒิ, สลักจิต พานคำ, ชัยณรัตน์ สนศิริ, มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์, ชุติมา อ้อมกิ่ง และจารุวรรณ จันทรา. 2552. วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในมะม่วงพันธุ์มหาชนก โชคอนันต์ และเขียวเสวยเพื่อการส่งออก. สืบค้นจาก: https://www.doa.go.th/research/showthread.php?tid=1654 [11 ก.ย. 2564].

รัมมพัน โกศลานันท, กรรณิการ์ เพ็งคุม และวีรภรณ เดชนำบัญชาชัย. 2554. การขัดลางดวยน้ำรอน: ทางเลือกสำหรับการอบไอน้ำเพื่อลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสของผลมะม่วง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(1)(พิเศษ): 15-18.

วิลาวัลย์ คำปวน. 2558. การใช้การบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศและการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้. สืบค้นจาก: https://stri.cmu.ac.th/article_detail.php?id=9 [6 ต.ค. 2563].

ศูนย์วิทยบริการเพื่อส่งเสริมการเกษตร. กรมส่งเสริมการเกษตร. 2661. การจัดการศัตรูมะม่วงด้วยวิธีอบไอน้ำ. [แผ่นพับที่ 9]. สืบค้นจาก: https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2018/09/การจัดการสัตรูมะม่วงด้วยวิธีอบไอน้ำ.pdf [11 ก.ย. 2564].

สายพิณ จันทรเทพ. 2532. โรคขั้วผลเน่าของผลมะม่วงภายหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดจากเชื้อรา Botryodiplodia theobromae Pat. และการควบคุม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สถิติการส่งออก (Export). สืบค้นจาก: http://impexp.oae.go.th/service/export.php?S_YEAR=2563&E_YEAR=2563&PRODUCT_GROUP=5252&PRODUCT_ID=4987&wf_search=&WF_SEARCH=Y [30 พ.ค 2564].

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 2563ก. แผนปฏิบัติการสำหรับผลไม้สดจากไทยที่ส่งออกไปญี่ปุ่น. แหล่งที่มา: https://www.doa.go.th/plprotect/wp-content/uploads/2020/07/แผนปฏิบัติการสำหรับผลไม้สดจากไทยที่ส่งออกไปญี่ปุ่น.pdf [11 ก.ย. 2564].

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 2563ข. เงื่อนไขการนำเข้ามะม่วงสดจากราชอาณาจักรไทยไปสาธารณรัฐเกาหลี. สืบค้นจาก: https://www.doa.go.th/plprotect/wp-content/uploads/2020/07/เงื่อนไขการนำเข้ามะม่วงสดจากราชอาณาจักรไทยไปสาธารณรัฐเกาหลี2.pdf [11 ก.ย. 2564].

อุบล ชินวัง, ทินน์ พรหมโชติ, สาธิต พสุวิทยกุล และ จุฑาทิพย์ เปลี่ยมสติ. 2561. อิทธิพลของความร้อนและอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อคุณภาพและระยะเวลาการสุกของมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 36(2): 85-97.

Abbott, J. A., W. S. Conway, and C. E. Sams. 1989. Postharvest calcium chloride infiltration affects textural attributes of apples. Journal of the American Society for Horticultural Science (USA).

Amaral, D. D., A. L. R. Monteiro, E. I. D. SILVA, S. R. D. O. LINS, and S. OLIVEIRA. 2017. Frequency of quiescent fungi and post-harvest alternative management of stem end rot in papaya. Revista Caatinga 30(3): 786-793.

Angeletti, P., H. Castagnasso, E. Miceli, L. Terminiello, A. Concellón, A. Chaves, and A. R. Vicente, 2010. Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberry (Vaccinium corymbosum) varieties. Postharvest Biology and Technology 58(2): 98–103.

Ayón-Reyna, L. E., J. Á. López-Valenzuela, F. Delgado-Vargas, M. E. López-López, F. J. Molina-Corral, A. Carrillo-López, and M. O. Vega-García. 2017ก. Effect of the Combination Hot Water-Calcium Chloride on the In Vitro Growth of *Colletotrichum gloeosporioides* and the Postharvest Quality of Infected Papaya. The Plant Pathology Journal 33(6): 572.

Baltazari, A., H. Mtui, L. Chove, T. Msogoya, A. Kudra, G. Tryphone, J. Samwel, G. Paliyath, A. Sullivan, J. Subramanian and M. Mwatawala. 2020. Evaluation of Post-harvest Losses and Shelf Life of Fresh Mango (Mangifera indica L.) in Eastern Zone of Tanzania. International Journal of Fruit Science 20(4): 855–870.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Chillet, M., L. D. L. de Bellaire, M. Dorel, J. C. JoasDubois, J. Marchal, and X. Perrier. 2000. Evidence for the variation in susceptibility of bananas to wound anthracnose due to Colletotrichum musae and the influence of edaphic conditions. Scientia horticulturae 86(1): 33–47.

Dong, T., R. Xia, Z. Xiao, P. Wang, and W. Song. 2009. Effect of pre-harvest application of calcium and boron on dietary fibre, hydrolases and ultrastructure in 'Cara Cara'navel orange (Citrus sinensis L. Osbeck) fruit. Scientia horticulturae 121(3): 272-277.

Drew, R. A. I., D. L. Hancock, and I. M. White. 1998. Revision of the tropical fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacinae) of south-east Asia. II. Dacus Fabricius. Invertebrate Systematics 12(4): 567-654.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2019. Top 20 Country, Export quantity of Mangoes, mangosteens, guavas. Retrieved May 30, 2021. from: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity_exports.

Gayed, A. A. N. A., S. A. M. A. Shaarawi, M. A. Elkhishen, and N. R. M. Elsherbini. 2017. Pre-harvest application of calcium chloride and chitosan on fruit quality and storability of 'Early Swelling'peach during cold storage. Ciência e Agrotecnologia 41(2): 220–231.

Ghani, M. A. A., Y. Awang, and K. Sijam. 2011. Disease occurrence and fruit quality of pre-harvest calcium treated red flesh dragon fruit (Hylocereus polyrhizus). African Journal of Biotechnology 10(9): 1550–1558.

Harris, E. J., and R. C. Bautista. 1994. Fruit trap: a detection and collection tool for opiine parasitoids (Hym.: Braconidae) of the oriental fruit fly, Bactrocera dorsalis (Dipt.: Tephritidae). Entomophaga 39(3): 341-349.

Haq, I., A. Rab, and M. Sajid. 2013. Foliar application of calcium chloride and borax enhance the fruit quality of litchi cultivars. J Anim Plant Sci 23(5): 1385-1390.

Intha, N., N. Phukdee and P. Chaiprasart. 2020. Effects of using Ca-B and Zn solution with different temperature storage on the quality of mango cv. Nam Dok mai Sri Thong. Agricultural Sci. J. 51(1) (Suppl.): 203-208. (in Thai)

Irfan, P. K., V. Vanjakshi, M. K. Prakash, R. Ravi, and V. B. Kudachikar. 2013. Calcium chloride extends the keeping quality of fig fruit (Ficus carica L.) during storage and shelf-life. Postharvest biology and technology 82: 70-75.

Kaiser, S. A. K. M., R. S. Dhua, and A. K. Banik, 2001. Effect of pre-and postharvest treatments with calcium compounds on the incidence of postharvest fruit rots of mango. Journal of Mycopathological Research 39(2): 91-94.

Karemera, N. J. U., G. K. Mukunda, H. Ansar, and A. Taj. 2013. Effect of pre-harvest sprays of calcium chloride on post-harvest behavior in mango fruits (Mangifera indica L.) cv. Mallika. Plant Arch 13(2): 925-928.

Karemera, N. U. and S. Habimana. 2014. Effect of pre-harvest calcium chloride on post-harvest behavior of Mango fruits (Mangifera indica L.) cv. Alphonso. Universal Journal of Agricultural Research 2(3): 119-125.

Lo'ay, A. A. and N. M. Ameer. 2019. Performance of calcium nanoparticles blending with ascorbic acid and alleviation internal browning of 'Hindi Be-Sennara'mango fruit at a low temperature. Scientia Horticulturae 254: 199-207.

Luna-Guzmán, I., and D. M. Barrett. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. Postharvest Biology and Technology 19(1): 61-72.

Madani, B., M. T. M. Mohamed, C. B. Watkins, J. Kadir, Y. Awang, and T. R. Shojaei. 2014ก. Preharvest calcium chloride sprays affect ripening of Eksotika II'papaya fruits during cold storage. Scientia Horticulturae 171: 6-13.

Madani, B., M. T. M. Mohamed, A. R. Biggs, J. Kadir, Y. Awang, A. Tayebimeigooni, and T. R. Shojaei. 2014ข. Effect of pre-harvest calcium chloride applications on fruit calcium level and post-harvest anthracnose disease of papaya. Crop Protection 55: 55–60.

Manganaris, G. A., M. Vasilakakis, G. Diamantidis, and I. J. F. C. Mignani. 2007. The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. Food chemistry 100(4): 1385-1392.

Mao, Y. M., L. Y. Shen, W. Wei, X. L. Wang, Y. L. Hu, S. S. Xu, and L. L. Mao. 2016. Effects of foliar applications of boron and calcium on the fruit quality of "Dongzao" (Zizyphus jujubaMill.). Acta Horticulturae 1116: 105–108.

Mo, J., G. Zao, Q. Li, G. S. Solangi, L. Tang, T. Guo, S. Huang and T. Hsiang 2018ก. Identification and characterization of Colletotrichum species associated with mango anthracnose in Guangxi, China. Plant Disease 102: 1283-1289.

Mo, O. 2018ข. Infection by Botryodiplodia theobromae pat. in relation to phenol and calcium content in tubers of market samples (two) of Ipomea batatas L. Advances in Plants & Agriculture Research 8(6): 479-481.

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Muengkaew R. and P. Chaiprasar. 2012. Effect of Ca-B on extending the shelf life and postharvest qualities of mango fruits cv. mahajanok. Agricultural Sci. J. 43(3) (Suppl.): 444-447. (in Thai)

Muengkaew, R., K. Whangchai, and P. Chaiprasart. 2018. Application of calcium–boron improve fruit quality, cell characteristics, and effective softening enzyme activity after harvest in mango fruit (*Mangifera indica* L.). Horticulture, Environment, and Biotechnology 59(4): 537-546.

Ortiza, A., J. Graellb, and I. Laraa. 2011. Pre harvest calcium applications inhibit some cell wall -modifying enzyme activities and delay cell wall disassembly at commercial harvest of 'Fuji Kiku-8' apples. Postharvest Biology and Technology 62(2): 161–167.

Patel, A. H., V. Singh, D. R. Bhanderi, and A. D. Rathwa. 2018. Response of pre harvest chemicals spray and storage on shelf life of mango cv. Kesar. International Journal of Science, Environment and Technology 7(4): 1286–1290.

Ranjbar, S., M. Rahemi, and A. Ramezanian. 2018. Comparison of nano-calcium and calcium chloride spray on postharvest quality and cell wall enzymes activity in apple cv. Red Delicious. Scientia Horticulturae 240: 57–64.

Saba, M. K. and O. B. Sogvar. 2016. Combination of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples. LWT-Food Science and Technology 66: 165-171.

Senevirathna, P. A. W. A. N. K., and W. A. M. Daundasekera. 2010. Effect of postharvest calcium chloride vacuum infiltration on the shelf life and quality of tomato (cv.'Thilina'). Ceylon Journal of Science (Biological Sciences) 39(1): 35–44.

Shao, Y. Z., J. K. Zeng, T. Hong, Z. Yi, and L. Wen. 2019. The chemical treatments combined with antagonistic yeast control anthracnose and maintain the quality of postharvest mango fruit. Journal of Integrative Agriculture 18(5): 1159–1169.

Sharma, R. N., R. P. Maharshi, and R. B. Gaur, 2011. Prevalance of newly recorded pre-harvest stem-end rot of kinnow (Citrus reticulata) fruits from Rajasthan and its management. Indian Phytopathology 64(3): 296-299.

Singh, V., G. Pandey, D. K. Sarolia, R. A. Kaushik, and J. S. Gora. 2017. Influence of Pre-Harvest Application of Calcium on Shelf Life and Fruit Quality of Mango (Mangifera indica L.) Cultivars. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 6(4): 1366-1372.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Stonehouse, J., J. Mumford, A. Poswal, R. Mahmood, A. H. Makhdum, Z. M. Chaudhary, K. N. Baloch, G. Mustafa, and M. McAllister. 2004. The accuracy and bias of visual assessments of fruit infestation by fruit flies (Diptera: tephritidae). Crop Protection 23(4): 293-296.

Tsantili, E., K. Konstantinidis, P. E. Athanasopoulos, and C. Pontikis. 2002. Effects of postharvest calcium treatments on respiration and quality attributes in lemon fruit during storage. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 77(4): 479–484.

Wang, Y., X. Xie, and L. E. Long. 2014. The effect of postharvest calcium application in hydro-cooling water on tissue calcium content, biochemical changes, and quality attributes of sweet cherry fruit**.** Food chemistry 160: 22–30.

Wang, Y. and L. E. Long, 2015. Physiological and biochemical changes relating to postharvest splitting of sweet cherries affected by calcium application in hydrocooling water. Food chemistry 181: 241–247.

Zhang, L., J. W. Wang, B. Zhou, G. D. Li, Y. F. Liu, X. L. Xia, Z. G. Xiao, F. Lu, and S. J. Ji. 2019. Calcium inhibited peel browning by regulating enzymes in membrane metabolism of ‘Nanguo’pears during post-ripeness after refrigerated storage. Scientia Horticulturae 244: 15-21.

กรมวิชาการเกษตร

ศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผักเพื่อการส่งออก

Study on packaging for exporting vegetables

ผู้วิจัย

คมจันทร์ สรงจันทร์

Komchan Songchan

ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์

Siragan Srithanyarat

ปรางค์ทอง กวานห้อง

Prangthong Kwanhong

คำสำคัญ

ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

Key words

micro perforated film, modified atmosphere packaging

ศูนย์วิทยทรัพยากร

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผัก ได้แก่ ผักสลัด mix (ผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอส) และข้าวโพดฝักอ่อน โดยเปรียบเทียบการบรรจุแบบต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ split plot design โดยผักสลัด mix main plot คือ 1) ถุงฟิล์ม OPP ไม่เจาะรู (ชุดควบคุม) 2) ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000 – 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน 3) ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000 – 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน 4) บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000 – 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และ 5) บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000 – 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน sub plot คือ ระยะเวลาเก็บรักษา พบว่า ผักสลัด mix ที่บรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนทั้งแบบไม่ใส่และใส่ถาดพลาสติก มีการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และคุณภาพทางกายภาพไม่แตกต่างกัน โดยทุกกรรมวิธีสามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วัน สำหรับข้าวโพดฝักอ่อน main plot คือ 1) ถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ชุดควบคุม) 2) ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000 – 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน 3) ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000 – 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน 4) บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR

5,000 – 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และ 5) บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000 – 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน sub plot คือ ระยะเวลาเก็บรักษา พบว่าการบรรจุโดยใช้ถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการหุ้มด้วยฟิล์ม PVC ทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน การบรรจุข้าวโพดฝักอ่อนโดยใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน สามารถเก็บรักษาได้นาน 20 วัน โดยช่วยรักษาความสดและชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการบรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเพียงอย่างเดียว

Abstracts

The objective of this experiment was to study of using micro perforated film to maintain quality and extend shelf life of vegetables including mixed salad (butterhead and cos) and baby corn. By comparing the different packaging style. Mixed salad were packed in different packaging 1) OPP film (control) 2) OPP micro perforated film with OTR 5,000-10,000 $cm^3/cm^2/day$ 3) LDPE micro perforated film with OTR 5,000-10,000 $cm^3/cm^2/day$ 4) packed in plastic trays and wrapped with OPP micro perforated film with OTR 5,000-10,000 $cm^3/cm^2/day$ 5) packed in plastic trays and wrapped with LDPE micro perforated film with OTR 5,000-10,000 $cm^3/cm^2/day$. It was found that mix salad packed in micro perforated film bags with or without plastic trays have no difference in weight loss, color change, total soluble solids and physical quality. All treatment can be storage for 18 days. Baby corn were packed in 1) polystyrene foam tray wrapped with PVC (control) 2) OPP micro perforated film with OTR 5,000-10,000 $cm^3/cm^2/day$ 3) LDPE micro perforated film with OTR 5,000-10,000 $cm^3/cm^2/day$ 4) packed in plastic trays and wrapped with OPP micro perforated film with OTR 5,000-10,000 $cm^3/cm^2/day$ 5) packed in plastic trays and wrapped with LDPE micro perforated film with OTR 5,000-10,000 $cm^3/cm^2/day$. It was found that using micro performed film reduced weight loss and browning better than PVC film wrapping. All treatments have no difference in total soluble solids. Baby corn packed in plastic tray and wrapped with micro perforated film bag can be stored for 20 days and maintain freshness and delay browning better than packed in micro perforated film bags without plastic tray.

บทนำ (Introduction)

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผล การสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในบรรจุภัณฑ์นั้น ผลิตผลแต่ละชนิดมีความต้องการฟิล์มพลาสติกที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจของผลิตผล โดยผลิตผลที่มีอัตราการหายใจสูงมักต้องการฟิล์มที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนสูง เพื่อทำให้เกิดสภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล

ภายในบรรจุภัณฑ์ หากใช้ฟิล์มที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนไม่เหมาะสม จะทำให้สภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในบรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะสมต่อการยืดอายุ อาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน ส่งผลให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง (Zagory and Kader, 1988; Mir and Beaudry, 2016) ฟิล์มพลาสติกที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป เช่น พอลิเอทิลีน (PE) พอลิโพรพิลีน (PP) มักมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำ โดยมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนอยู่ระหว่าง 1,541-8,750 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร.วัน (Mangaraj *et al*., 2009) เพื่อเพิ่มอัตราการซึมผ่านก๊าซของฟิล์ม การเจาะรูขนาดไมครอนเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์ม โดยฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน (micro-perforated film) เป็นฟิล์มที่มีสมบัติยอมให้ก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านได้สูงกว่าฟิล์มปกติทั่วไป สามารถแก้ไขข้อจำกัดบางประการของฟิล์มชนิดที่มีสมบัติสกัดกั้นการแพร่ของก๊าซ ขนาดรูของฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียง 40-100 ไมครอน (Winotapun *et al*., 2015) การเจาะรูฟิล์มด้วยเลเซอร์ เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่นำมาใช้ในการเจาะรูขนาดไมครอน การเจาะรูฟิล์มด้วยเลเซอร์ เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ สามารถเจาะรูได้อย่างแม่นยำ เลเซอร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม เช่น คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ มีหลักการทำงานคือ ความเข้มของแสงจะถูกดูดซับโดยฟิล์ม ซึ่งจะทำให้ฟิล์มเกิดความร้อนจนละลาย แล้วระเหยกลายเป็นไอในทันที ทำให้เกิดรูขนาดเล็กขึ้นบนฟิล์ม โดยอัตราการซึมผ่านของก๊าซผ่านฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนรูเจาะ (Chow, 2012) การพัฒนาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเพื่อให้ได้อัตราการซึมผ่านของก๊าซตามที่ต้องการ ต้องศึกษาขนาดและจำนวนรูเจาะที่เหมาะสม รวมถึงต้องทดสอบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนกับผลิตผล เพื่อให้ได้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลแต่ละชนิด วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ คือ เพื่อศึกษาการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผัก ได้แก่ ผักสลัด mix (ผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอส) ข้าวโพดฝักอ่อน

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

เปรียบเทียบการเก็บรักษาผักสลัด mix (บัตเตอร์เฮดและคอส) และข้าวโพดฝักอ่อนในบรรจุภัณฑ์แบบต่าง ๆ ดำเนินการ ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2563 ถึง กันยายน 2564 มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. คัดเลือกผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอส และข้าวโพดฝักอ่อนที่มีความสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิและความเสียหายจากโรคและแมลง

2. นำผลิตผลมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์สำหรับขายปลีกแบบต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 2 ถุง โดย main plot คือวิธีการบรรจุ และ sub plot คือระยะเวลาในการเก็บรักษา ดังนี้

ผักสลัด mix (ผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอส)

นำผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอสมาตัดราก และเด็ดใบล่างทิ้ง จากนั้นคัดเลือกต้นที่สมบูรณ์ ไม่มีรอยช้ำ ใบไม่ฉีกขาด และมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน แล้วบรรจุผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอสน้ำหนักประมาณ 200 กรัม ในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี

Main plot คือ วิธีการบรรจุ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถุงฟิล์ม OPP ไม่เจาะรู (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

Sub plot คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา ได้แก่ 0 3 6 9 12 15 18 และ 21 วัน

ข้าวโพดฝักอ่อน

นำข้าวโพดฝักอ่อนมาปอกเปลือก รูดเส้นไหมออกให้หมด จากนั้นคัดเลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่มีขนาดใกล้เคียงกัน บรรจุตามกรรมวิธี น้ำหนักบรรจุประมาณ 100 กรัม

Main plot คือ วิธีการบรรจุ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

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

3. นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพทุก 3 วัน สำหรับผักสลัด mix และ 5 วัน สำหรับข้าวโพดฝักอ่อน

4. การบันทึกข้อมูล

- ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ วัดด้วยเครื่องวัดออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ยี่ห้อ Dansensor รุ่น check mate 3

- การสูญเสียน้ำหนัก

บันทึกน้ำหนักสดเริ่มต้น น้ำหนักสดเมื่อตรวจสอบคุณภาพ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักตามสมการ

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักสดเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสดเมื่อตรวจสอบคุณภาพ}}{\text{น้ำหนักสดเริ่มต้น}} \times 100$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร

- การเปลี่ยนแปลงสี

วัดด้วยเครื่องวัดสี (color meter) ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-10 ในหน่วย hunter scale (L*, a*, b*)

ค่า L* คือ ค่าความสว่าง (brightness) มีค่าตั้งแต่ 0 (dark) ถึง 100 (white)

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

ค่า b* คือ ค่าแสดงระดับสีเหลือง-น้ำเงิน เมื่อค่า b* มีค่าเป็นบวกจะแสดงลักษณะสีเหลืองและเมื่อค่าเป็นลบจะแสดงลักษณะสีน้ำเงิน โดยที่เมื่อค่าห่าง 0 มากแสดงถึงค่าสีเหลืองหรือสีน้ำเงินมากขึ้น

- คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) นำน้ำคั้นมาวัดด้วยเครื่อง digital refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น PR-101

- คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส ทดสอบโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน โดยการให้คะแนน ได้แก่

1) ความสด คะแนน 1-5 คือ 1=ไม่สด 2=สดเล็กน้อย 3=สดปานกลาง 4=สด 5=สดมาก

2) ลักษณะปรากฏ คะแนน 1-5 คือ 1=ผักเหี่ยว เน่า ช้ำ และมีความผิดปกติทางสรีรวิทยามากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ 2=ผักเหี่ยว มีรอยเน่า มีรอยช้ำ และมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา ประมาณ 26-50 เปอร์เซ็นต์ 3=ผักมีลักษณะเหี่ยวเล็กน้อย เริ่มเน่า เริ่มมีรอยช้ำ และเริ่มมีความผิดปกติทางสรีรวิทยาเล็กน้อย ประมาณ 1-25 เปอร์เซ็นต์ 4=ผักมีลักษณะสด ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ช้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา 5=ผักมีลักษณะสดมาก ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ช้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา

3) การเกิดสีน้ำตาล (เฉพาะข้าวโพดฝักอ่อน) คะแนน 1-5 คือ 1=พบการเกิดสีน้ำตาล >75 เปอร์เซ็นต์ 2=พบการเกิดสีน้ำตาล 51-75 เปอร์เซ็นต์ 3=พบการเกิดสีน้ำตาล 26-50 เปอร์เซ็นต์ 4=พบการเกิดสีน้ำตาล 1-25 เปอร์เซ็นต์ 5=ไม่เกิดสีน้ำตาล

4) ความชอบรวม คะแนน 1-9 คือ 1=ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3=ไม่ชอบปานกลาง 4=ไม่ชอบเล็กน้อย 5=เฉย ๆ 6=ชอบเล็กน้อย 7=ชอบปานกลาง 8=ชอบมาก 9=ชอบมากที่สุด

ผลการทดลองและอภิปราย (Results and Discussion)

ผักสลัด mix (ผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอส)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ ปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ผักสลัด mix ทุกกรรมวิธีลดลงจากวันแรกของการเก็บรักษาเล็กน้อย และเข้าสู่สภาวะสมดุลในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณก๊าซออกซิเจนอยู่ระหว่าง 17.10-20.40 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและเข้าสู่สมดุลในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา เช่นเดียวกับก๊าซออกซิเจน โดยมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ระหว่าง 1.43-4.38 เปอร์เซ็นต์ (Figure 4.1)

การสูญเสียน้ำหนัก ผักสลัด mix ทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 21 วัน ผักสลัด mix บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด

กรมวิชาการเกษตร

คือ 0.64 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น (Figure 4.2) ฟิล์มพลาสติกส่วนใหญ่มักไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ โดยความชื้นสัมพัทธ์ภายในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มเจาะรูและไม่เจาะรูส่วนใหญ่มักใกล้เคียงกับจุดอิ่มตัวด้วยไอน้ำ ซึ่งการเจาะรูขนาดเล็กมีผลต่อระดับความชื้นสัมพัทธ์ไม่มาก (Mir and Beaudry, 2016) ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตผลในถุงฟิล์มพลาสติกเจาะรูขนาดไมครอนสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี

การเปลี่ยนแปลงสี ผักสลัด mix ทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงสีไม่มาก โดยแต่ละกรรมวิธีมีค่าความสว่าง (L) ไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในช่วงแรกของการเก็บรักษาผักสลัด mix ทุกกรรมวิธีมีค่าสีเขียว (a*) และสีเหลือง (b*) ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน ผักสลัด mix บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนมีค่าสีเขียวมากที่สุด ส่วนค่าสีเหลืองไม่แตกต่างกัน (Figure 4.3) ซึ่งในแต่ละกรรมวิธีไม่พบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงสี ทั้งนั้นการเปลี่ยนแปลงสีของผักสลัด เช่น บัตเตอร์เฮด ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเก็บรักษา (Nunes, 2008)

คุณภาพทางเคมี เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผักสลัด mix ทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ลดลงเล็กน้อยจากวันแรกที่เริ่มทำการทดลอง ผักสลัด mix ทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน โดยอยู่ระหว่าง 3.78-5.10 องศาบริกซ์ (Figure 4.4) ทั้งนี้เนื่องจากภายหลังการเก็บเกี่ยวปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลง โดยผลิตผลที่มีการหายใจอยู่ตลอดเวลาจะมีการใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารหรือพลังงาน ทำให้ปริมาณที่มีสะสมอยู่ลดน้อยลง ส่งผลให้มีรสชาติจืดชืด (จริงแท้, 2546)

คุณภาพทางกายภาพ จากการประเมินคุณภาพทางกายภาพโดยการให้คะแนน พบว่า คะแนนความสดและลักษณะปรากฏของผักสลัดบัตเตอร์เฮดทุกกรรมวิธีเริ่มลดลงในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน มีคะแนนความสดเท่ากับ 3 คือ มีความสดปานกลาง และมีคะแนนลักษณะปรากฏมากกว่าหรือเท่ากับ 3 โดยผักยังมีลักษณะสดหรือเหี่ยวเล็กน้อย อาจเริ่มมีรอยช้ำหรือลักษณะผิดปกติเล็กน้อย ผักทุกกรรมวิธีสามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วัน โดยยังมีคะแนนความชอบรวมเป็นที่ยอมรับ (Figure 4.5)

กรมวิชาการเกษตร

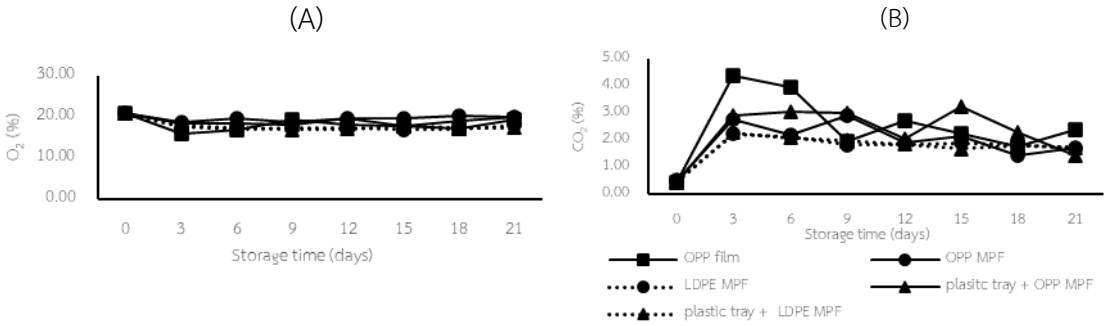


Figure 4.1 Oxygen (A) and carbon dioxide (B) concentration inside salad mix packaging

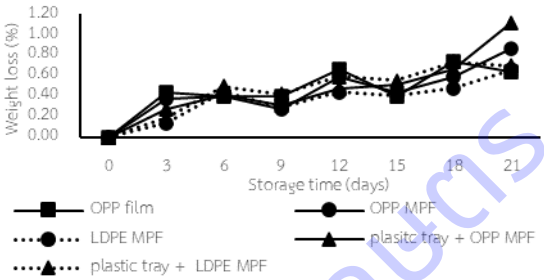


Figure 4.2 Weight loss of salad mix packed in different packaging

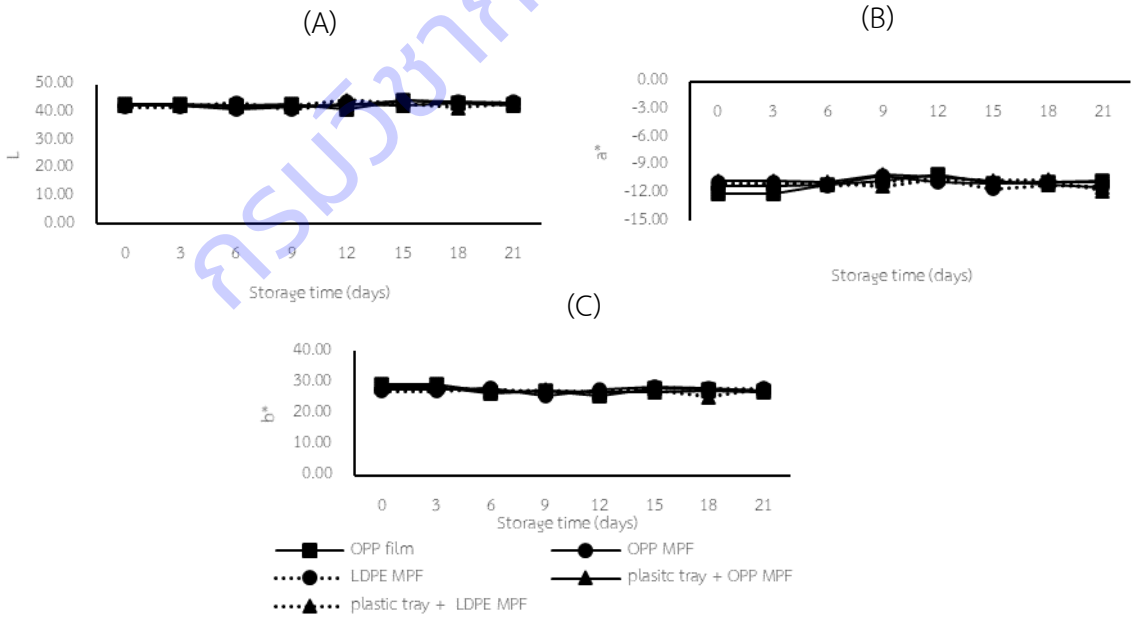


Figure 4.3 L (A) a* (B) and b* (C) value of salad mix packed in different packaging

ศูนย์วิทยทรัพยากร

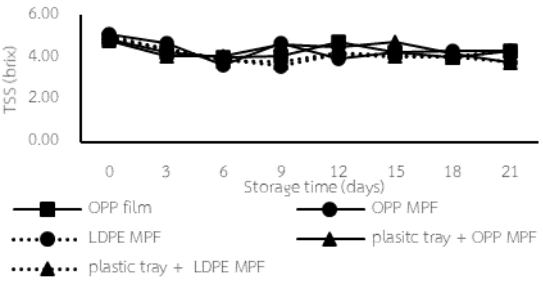


Figure 4.4 TSS of salad mix packed in different packaging

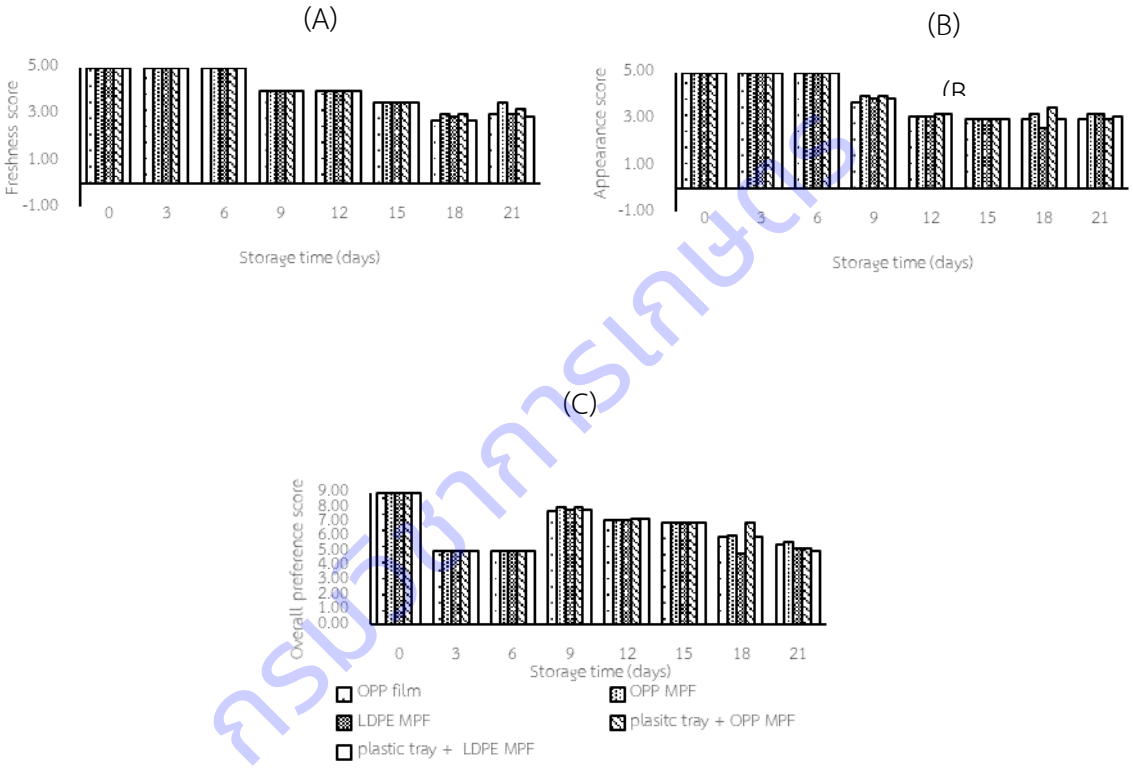


Figure 4.5 Freshness score (A) appearance score (B) and overall preference (C) of salad mix packed in different packaging

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

ข้าวโพดฝักอ่อน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ ปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ข้าวโพดฝักอ่อนทุกกรรมวิธีมีปริมาณลดลงจากเริ่มต้นแล้วเข้าสู่สภาวะสมดุลในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา โดยภายในบรรจุภัณฑ์ถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยที่สุด ขณะที่บรรจุภัณฑ์ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีปริมาณก๊าซออกซิเจนมากที่สุด สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยภายในบรรจุภัณฑ์ถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด ส่วนบรรจุภัณฑ์ถาดพลาสติกหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด (Figure 4.6)

การสูญเสียน้ำหนัก ข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด โดยเมื่อเก็บรักษานาน 30 วัน มีการสูญเสียน้ำหนัก 2.10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีอื่นมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ (Figure 4.7) การเก็บรักษาผลิตผลในถุงฟิล์มพลาสติกเจาะรูขนาดไมครอนสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี เนื่องจากฟิล์มเจาะรูยังมีคุณสมบัติยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้ต่ำ (Mir and Beaudry, 20016) ขณะที่ฟิล์ม PVC มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำสูงกว่า

การเปลี่ยนแปลงสี เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ข้าวโพดฝักอ่อนทุกกรรมวิธีมีค่า L (ความสว่าง) ลดลง โดยข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุในถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีค่าความสว่างน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น สำหรับค่า a* (ค่าสีแดง-เขียว) มีค่าเป็นบวกเพิ่มขึ้น เนื่องจากข้าวโพดฝักอ่อนมีการเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น ขณะที่ค่า b* (ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน) มีค่าเป็นบวกลดลงเล็กน้อย แสดงว่าข้าวโพดฝักอ่อนมีสีเหลืองลดลงเพียงเล็กน้อย (Figure 4.8)

คุณภาพทางเคมี ข้าวโพดฝักอ่อนทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน โดยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงระยะแรกของการเก็บรักษา และลดลงเพียงเล็กน้อย โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 8.03-9.82 องศาบริกซ์ (Figure 4.9)

คุณภาพทางกายภาพ ข้าวโพดฝักอ่อนทุกกรรมวิธีเริ่มมีค่าคะแนนความสดลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 15 วัน โดยเมื่อเก็บรักษานาน 30 วัน ข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุในถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน มีค่าคะแนนความสดมากกว่าข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน มีค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าข้าวโพดฝักอ่อนที่บรรจุในถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ข้าวโพดฝักอ่อนทุกกรรมวิธีเก็บรักษาได้นาน 20 วัน โดยยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ (Figure 4.10)

ศรีปทุมวิทยาลัย

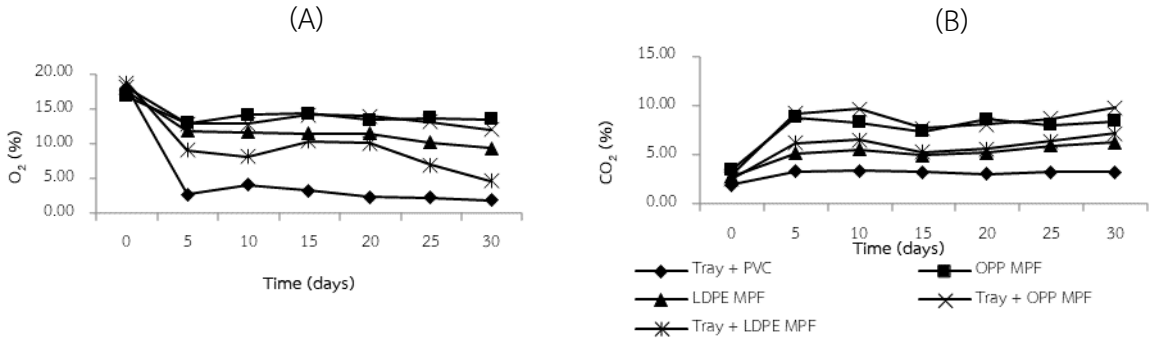


Figure 4.6 Oxygen (A) and carbon dioxide (B) concentration inside baby corn packaging

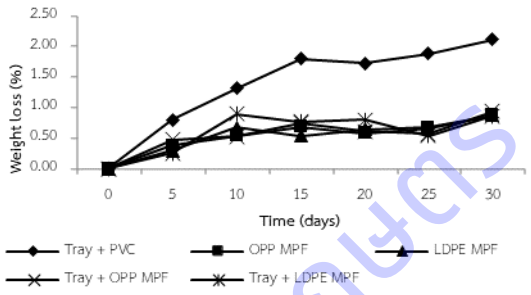


Figure 4.7 Weight loss of baby corn packed in different packaging

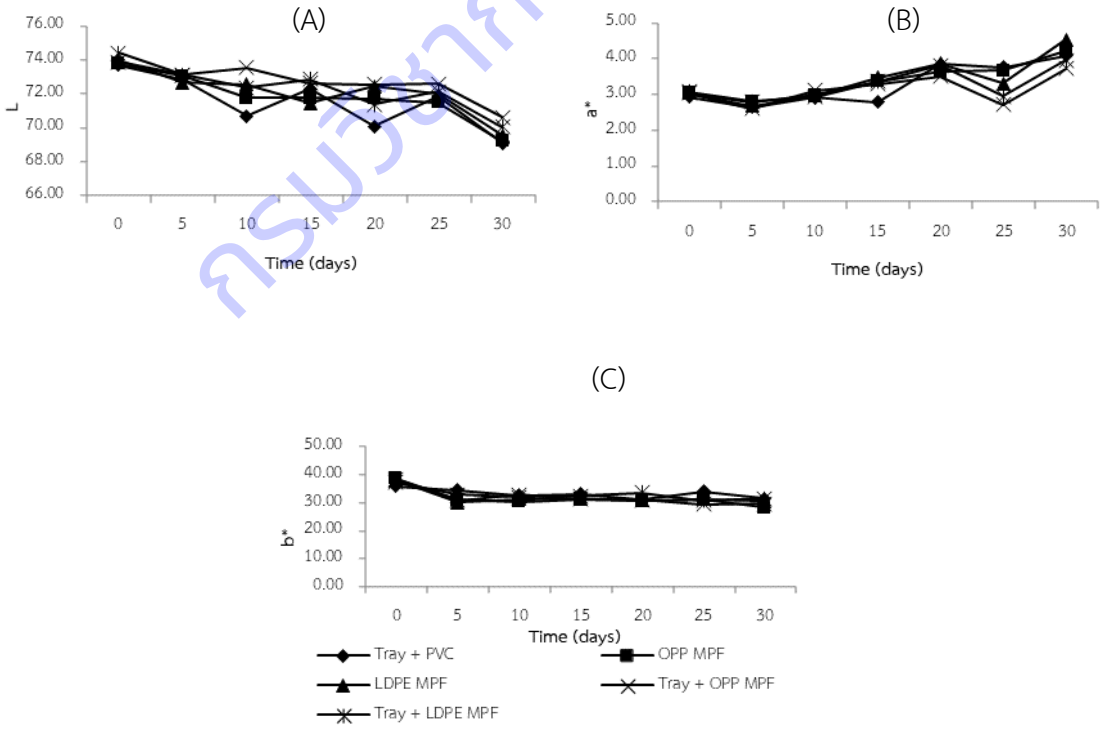


Figure 4.8 L (A) a* (B) and b* (C) value of baby corn packed in different packaging

ศูนย์วิทยทรัพยากร

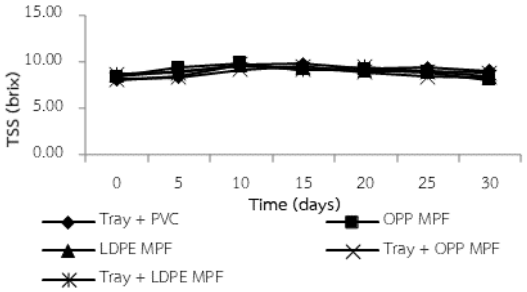


Figure 4.9 TSS of baby corn packed in different packaging

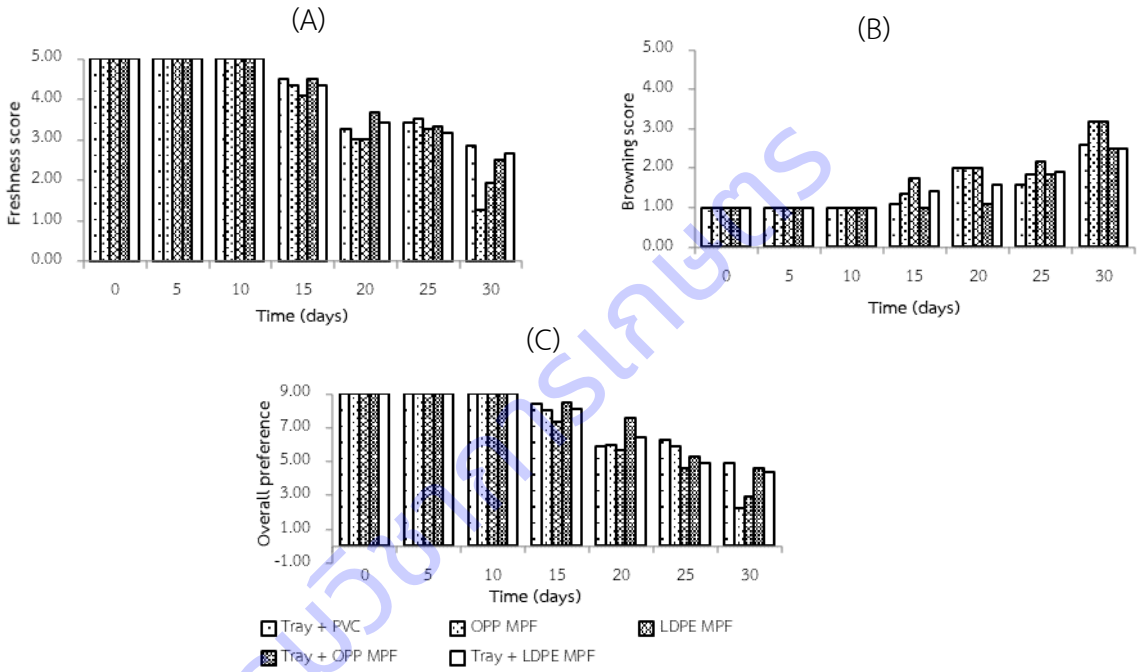


Figure 4.10 Freshness score (A) browning score (B) and overall preference (C) of baby corn packed in different packaging

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1. การเก็บรักษาผักสลัด mix (บัตเตอร์เฮดและคอส) สามารถบรรจุได้ทั้งแบบบรรจุในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน หรือใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน โดยการบรรจุทั้ง 2 แบบ สามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วัน

2. การเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนโดยใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 20 วัน โดยช่วยรักษาความสด และชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการการบรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเพียงอย่างเดียว

เอกสารอ้างอิง (Reference)

จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

Chow, C. 2012. Microperforations for fresh cut produce packaging. Retrieved June 3, 2014, from: http://www.precoinc.com/PDF/microperforating_Chow.pdf.

Mangaraj S., T.K. Goswami and P.V. Mahajan. 2009. Application of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: A review. *Food Eng Rev*. 1: 133-158.

Mir, N. and R. M. Beaudry. 2016. Modified atmosphere packaging, In: The commercial storage of fruits vegetables and florist and nursery stocks. Agricultural handbook No. 66. USDA.ARS.

Nunes, M.C.N. 2008. Color atlas of postharvest quality of fruits and vegetables. Blackwell Publishing. 463 p.

Winotapun, C., N. Kerddonfag, P. Kumsang, B. Hararak, V. Chonhenchob, T. Yamwong and W. Chinsirikul. 2015. Microperforation of three common plastic films by laser and their enhanced oxygen transmission for fresh produce packaging. *Packg Technol Sci.* 28: 367-383.

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

กรมวิชาการเกษตร

ศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผลไม้เพื่อการส่งออก

Study of fruits packaging for export

ผู้วิจัย

คมจันทร์ สรงจันทร์

Komchan Songchan

ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์

Siragan Srithanyarat

ปรางค์ทอง กวานห้อง

Prangthong Kwanhong

คำสำคัญ

ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

Key words

micro perforated film, modified atmosphere packaging

ศรีนวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ ได้แก่ เงาะ และมังคุด โดยเปรียบเทียบการบรรจุแบบต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ split plot design โดยเงาะ main plot คือ 1) บรรจุถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ชุดควบคุม) 2) ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000 – 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน 3) ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000 – 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน 4) บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000 – 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และ 5) บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000 – 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน sub plot คือ ระยะเวลาเก็บรักษา พบว่า เงาะที่บรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าบรรจุถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC เงาะทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงสี และคุณภาพทางเคมีไม่แตกต่างกัน เงาะทุกกรรมวิธีสามารถเก็บได้นาน 14 วัน โดยเงาะที่บรรจุในถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนมีการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน สำหรับมังคุด main plot คือ บรรจุถาดกระดาษหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ชุดควบคุม) 2) ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000 – 20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน 3) ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000 – 20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน 4) บรรจุถาดกระดาษแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม

OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000 – 20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และ 5) บรรจุถาดกระดาษแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000 – 20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน sub plot คือ ระยะเวลาเก็บรักษา พบว่า มังคุดเก็บรักษาในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการบรรจุในถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มังคุดทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อ การเปลี่ยนแปลงสี คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ วิตามินซี ไม่แตกต่างกัน มังคุดบรรจุถาดกระดาษหุ้มด้วยฟิล์ม PVC หรือบรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนสามารถเก็บรักษา นาน 15 วัน โดยมีคุณภาพภายนอกดีกว่ากรรมวิธีอื่น

Abstracts

The objective of this experiment was to study of using micro perforated film to maintain quality and extend shelf life of fruits including rambutan and mangosteen. By comparing the different packaging style. Rambutan were packed in different packaging 1) plastic tray wrapped with PVC (control) 2) OPP micro perforated film with OTR 5,000-10,000 $cm^3/cm^2/day$ 3) LDPE micro perforated film with OTR 5,000-10,000 $cm^3/cm^2/day$ 4) packed in plastic trays and wrapped with OPP micro perforated film with OTR 5,000-10,000 $cm^3/cm^2/day$ 5) packed in plastic trays and wrapped with LDPE micro perforated film with OTR 5,000-10,000 $cm^3/cm^2/day$. It was found that rambutan packed in micro perforated film has weight loss less than packed in plastic trays wrapped with PVC. Rambutan in all treatment has no difference in color change and chemical quality and can be storage for 14 days. Rambutans packed in LDPE micro perforated film have browning less than those packed in OPP micro perforated film. Mangosteen were packed in 1) paper tray wrapped with PVC (control) 2) OPP micro perforated film with OTR 15,000-20,000 $cm^3/cm^2/day$ 3) LDPE micro perforated film with OTR 15,000-20,000 $cm^3/cm^2/day$ 4) packed in paper trays and wrapped with OPP micro perforated film with OTR 15,000-20,000 $cm^3/cm^2/day$ 5) packed in paper trays and wrapped with LDPE micro perforated film with OTR 15,000-20,000 $cm^3/cm^2/day$. It was found that mangosteen packed in micro perforated film has weight loss less than packed in paper trays wrapped with PVC. Mangosteen in all treatment has no different in firmness, color change, total soluble solids, titratable acid and vitamin C. Mangosteen packed in paper trays wrapped with PVC or packed in OPP or LDPE micro perforated film can be stored for 15 days with better quality than other treatment.

บทนำ (Introduction)

การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดจำเป็นต้องมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีก่อนการเก็บรักษา ตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การจัดการหลังเก็บเกี่ยว การทำความสะอาด pre-treatment การบรรจุ การขนส่ง โดยใน

ทุกขั้นตอนจะส่งผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด ซึ่งผลิตผลสดเมื่อผ่านขั้นตอนการจัดการหลังเก็บเกี่ยวต่าง ๆ มาแล้ว จะต้องมีการนำมาเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายต่อไป การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงเป็นการเก็บรักษาผลิตผลสดในบรรจุภัณฑ์ เช่น ฟิล์มพลาสติก ทำให้สัดส่วนของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยมีก๊าซออกซิเจนต่ำลงและมีคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นเนื่องจากการหายใจของผลิตผล การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ เนื่องจากทำให้อัตราการหายใจลดลง ซึ่งช่วยลดการสูญเสียพลังงานสะสม รวมถึงลดการสูญเสียน้ำ และชะลอการสุก (Mir and Beaudry, 2016) สภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ควรช่วยลดอัตราการหายใจให้ต่ำสุด โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายเนื่องจากสภาพขาดออกซิเจน หรือเสียหายเนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Zagory and Kader, 1988) การสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในบรรจุภัณฑ์แบบพาสซีฟ (passive modified atmosphere) อาศัยสมบัติของฟิล์มที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์เป็นตัวกำหนดสัดส่วนของก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ (Zagory and Kader, 1988) ซึ่งผลิตผลแต่ละชนิดมีความต้องการฟิล์มที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจของผลิตผล โดยผลิตผลที่มีอัตราการหายใจสูงมักต้องการฟิล์มที่มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนสูง เพื่อทำให้เกิดสภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุลภายในบรรจุภัณฑ์ การเจาะรูฟิล์มด้วยเลเซอร์ เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่นำมาใช้ในการเจาะรูที่มีขนาดเล็กระดับไมครอน เพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซสูงขึ้น โดยอัตราการซึมผ่านของก๊าซของฟิล์มขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนรูเจาะ (Chow, 2012) การนำฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนมาใช้ในการเก็บรักษาผลิตผล ต้องมีการทดสอบเพื่อให้เหมาะสมสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลแต่ละชนิด การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อทดสอบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ ได้แก่ เงาะพันธุ์โรงเรียน มังคุด

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

เปรียบเทียบการเก็บรักษาเงาะ และมังคุดในบรรจุภัณฑ์แบบต่าง ๆ ดำเนินการ ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2563 ถึง กันยายน 2564 มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. คัดเลือกผลเงาะและมังคุดที่มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิและความเสียหาย นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ

2. นำมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์สำหรับขายปลีกแบบต่าง ๆ โดยบรรจุถุง/ถาดละ 6 ผล วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 2 ถุงดังนี้

เงาะ

Main plot คือ วิธีการบรรจุ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

Sub plot คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา ได้แก่ 0 2 4 6 8 10 12 14 และ 16 วัน

มังคุด

Main plot คือ วิธีการบรรจุ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถาดกระดาษแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถาดกระดาษแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถาดกระดาษแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

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

3. นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพทุก 3 หรือ 5 วัน

4. การบันทึกข้อมูล

- ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ วัดด้วยเครื่องวัดออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ยี่ห้อ Dansensor รุ่น check mate 3

- การสูญเสียน้ำหนัก

บันทึกน้ำหนักสดเริ่มต้น น้ำหนักสดเมื่อตรวจสอบคุณภาพ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักตามสมการ

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักสดเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสดเมื่อตรวจสอบคุณภาพ}}{\text{น้ำหนักสดเริ่มต้น}} \times 100$$

- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

วัดด้วยเครื่องวัดสี (color meter) ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-10 ในหน่วย hunter scale (L*, a*, b*)

ค่า L* คือ ค่าความสว่าง (brightness) มีค่าตั้งแต่ 0 (dark) ถึง 100 (white)

ศูนย์วิทยทรัพยากร

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

ค่า b* คือ ค่าแสดงระดับสีเหลือง-น้ำเงิน เมื่อค่า b* มีค่าเป็นบวกจะแสดงลักษณะสีเหลืองและเมื่อค่าเป็นลบจะแสดงลักษณะสีน้ำเงิน โดยที่เมื่อค่าห่าง 0 มากแสดงถึงค่าสีเหลืองหรือสีน้ำเงินมากขึ้น

- ความแน่นเนื้อเปลือก (เฉพาะมังคุด) วัดด้วยเครื่อง texture analyzer ยี่ห้อ LLOYD รุ่น LF plus โดยใช้หัววัดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร ขนาดแรงกด 0.5 นิวตัน ความเร็ว 50 มิลลิเมตร/นาที กดลึก 5 มิลลิเมตร

- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) นำน้ำคั้นมาวัดด้วยเครื่อง digital refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น PR-101

- ปริมาณวิตามินซี นำน้ำคั้นผลไม้ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติมกรดออกซาลิคปริมาตร 5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 40 มิลลิลิตร นำมาวัดด้วยเครื่องไทเทรตอัตโนมัติ

- คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส ทดสอบโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน โดยการให้คะแนน ได้แก่

1) ความสด 1-5 คะแนน คือ 1=ไม่สด 2=สดเล็กน้อย 3=สดปานกลาง 4=สด 5=สดมาก

2) การเกิดสีน้ำตาล 1-5 คะแนน คือ 1=พบการเกิดสีน้ำตาล >75 เปอร์เซ็นต์ 2=พบการเกิดสีน้ำตาล 51-75 เปอร์เซ็นต์ 3=พบการเกิดสีน้ำตาล 26-50 เปอร์เซ็นต์ 4=พบการเกิดสีน้ำตาล 1-25 เปอร์เซ็นต์ 5=ไม่เกิดสีน้ำตาล

3) การเน่าเสีย 1-5 คะแนน คือ 1=เน่าเสีย >75 เปอร์เซ็นต์ 2=เน่าเสีย 51-75 เปอร์เซ็นต์ 3=เน่าเสีย 26-50 เปอร์เซ็นต์ 4=เน่าเสีย 1-25 เปอร์เซ็นต์ 5=ไม่พบการเน่าเสีย

4) กลิ่นและรสชาติผิดปกติ 1-5 คะแนน คือ 1=รุนแรงมาก 2=รุนแรง 3=ปานกลาง 4=เล็กน้อย 5=ไม่พบ

5) การเกิดเชื้อราที่ขั้วผล/ผล 1-5 คะแนน คือ 1=รุนแรงมาก 2=รุนแรง 3=ปานกลาง 4=เล็กน้อย 5=ไม่พบ

6) ความชอบรวม คะแนน 1-9 คือ 1=ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3=ไม่ชอบปานกลาง 4=ไม่ชอบเล็กน้อย 5=เฉย ๆ 6=ชอบเล็กน้อย 7=ชอบปานกลาง 8=ชอบมาก 9=ชอบมากที่สุด

ผลการทดลองและอภิปราย (Results and Discussion)

เงาะโรงเรียน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ภายในถุงบรรจุเงาะทุกกรรมวิธีมีปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงและคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน ปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนบรรจุเงาะ มีปริมาณก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 5.58 และ 5.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ภายในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนบรรจุเงาะพร้อมถาดพลาสติก มีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยกว่า โดยมีออกซิเจนเท่ากับ 3.61 และ 3.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 5.1A) ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า ภายในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาด

กรมวิชาการเกษตร

ไมครอน บรรจุเงาะทั้งแบบบรรจุถาดและไม่บรรจุถาด มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 18.38 และ 17.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ภายในถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน บรรจุเงาะทั้งแบบบรรจุถาดและไม่บรรจุถาด มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 8.03 และ 7.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับกรรมวิธีบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีสภาพเป็นสูญญากาศ เมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน (Figure 5.1B) สภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงและมีคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น เกิดขึ้นเนื่องจากการหายใจของผลิตผล ทำให้เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลง โดยสมบัติการยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ของฟิล์ม มีผลต่อปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์

การสูญเสียน้ำหนัก ผลเงาะบรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ทั้งแบบบรรจุถาดและไม่บรรจุถาด มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ผลเงาะบรรจุถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด โดยเมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน มีการสูญเสียน้ำหนัก 1.67 เปอร์เซ็นต์ (Figure 5.2) การเก็บรักษาผลิตผลในถุงฟิล์มพลาสติก ช่วยป้องกันการระเหยของน้ำจากผลิตผลได้ ผลิตผลจึงมีการสูญเสียน้ำหนักเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้สภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์มีผลทำให้อัตราการหายใจของผลิตผลลดลง ส่งผลให้อัตราการคายน้ำลดลง (Zagory and Kader, 1988)

การเปลี่ยนแปลงสี เงาะทุกกรรมวิธีมีค่าความสว่าง (L) ลดลง เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน ผลเงาะบรรจุในถุง OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีค่าความสว่างน้อยที่สุด แตกต่างจากกรรมวิธีอื่น (Figure 5.3A) ตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 16 วัน ผลเงาะมีค่าสีแดง (a*) ไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน ผลเงาะบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีสีแดงน้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับผลเงาะบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน (Figure 5.3B) ผลเงาะที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงมีการสูญเสียน้ำหนักเพียงเล็กน้อย จึงมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกไม่มาก ซึ่งการเก็บรักษาในถุงฟิล์มนอกจากจะลดการสูญเสียน้ำหนักแล้วยังช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกเงาะได้ สอดคล้องกับรายงานของ O'Hare, 1995 ว่าสามารถรักษาลักษณะปรากฏภายนอกของเงาะไว้ได้ หากให้มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด

คุณภาพทางเคมี เงาะทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ใกล้เคียงกัน และเปลี่ยนแปลงไม่มากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และวิตามินซีลดลงเล็กน้อย โดยผลเงาะบรรจุในถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากกรรมวิธีอื่น (Figure 5.4)

คุณภาพทางกายภาพ เงาะทุกกรรมวิธีมีอาการเปลือกสีน้ำตาล และขนสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยเงาะบรรจุในถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC บรรจุในถุง OPP เจาะรูขนาดไมครอน และบรรจุถาดพลาสติกหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน เริ่มพบอาการเปลือกสีน้ำตาลเล็กน้อย เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน เงาะบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน พบอาการเปลือกสีน้ำตาลมากที่สุด โดยมีคะแนนเปลือกสีน้ำตาลเท่ากับ 3.58 คะแนน ส่วนอาการขนสีน้ำตาลเริ่มพบในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยพบในกรรมวิธีบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน และบรรจุถาดหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน เงาะบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีอาการชนสีน้ำตาลมากที่สุด โดยมีคะแนนการเกิดขนสีน้ำตาลเท่ากับ 3.83 คะแนน พบการเน่าเสียเล็กน้อยในเงาะที่บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน โดยเริ่มพบในวันที่ 8 และ 10 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ เงาะทุกกรรมวิธีมี

คะแนนความชอบลักษณะภายนอกเป็นที่ยอมรับได้นานถึงวันที่ 14 ของการเก็บรักษา โดยเงาะบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีคะแนนความชอบลักษณะภายนอกต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น (Figure 5.5)

พบการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติเล็กน้อยในเงาะบรรจุถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC และเงาะบรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา และเมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน พบการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติในเงาะทุกกรรมวิธี และเงาะทุกกรรมวิธีมีคะแนนความชอบรสชาติโดยรวมเป็นที่ยอมรับได้นานถึงวันที่ 14 ของการเก็บรักษา โดยเงาะบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีคะแนนความชอบรสชาติโดยรวมต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น (Figure 5.6)

กรมวิชาการเกษตร

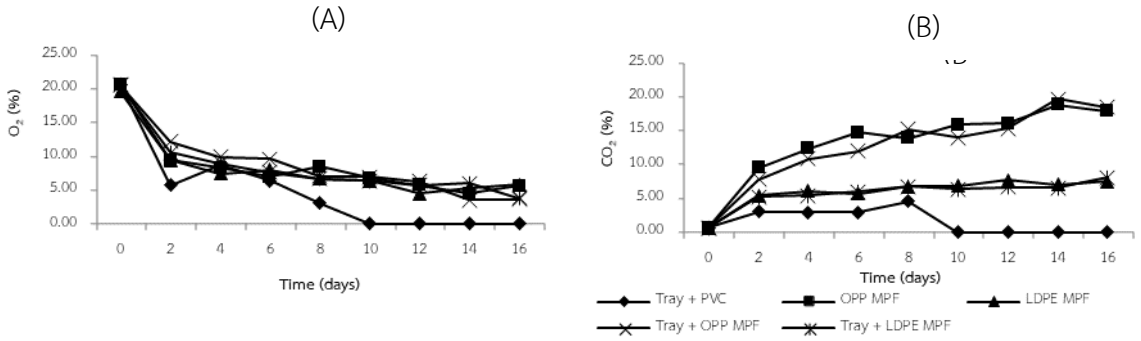


Figure 5.1 Oxygen (A) and carbon dioxide (B) inside rambutan packaging

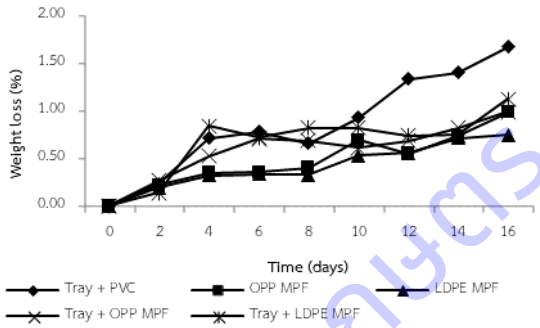


Figure 5.2 Weight loss of rambutan packed in micro perforated film

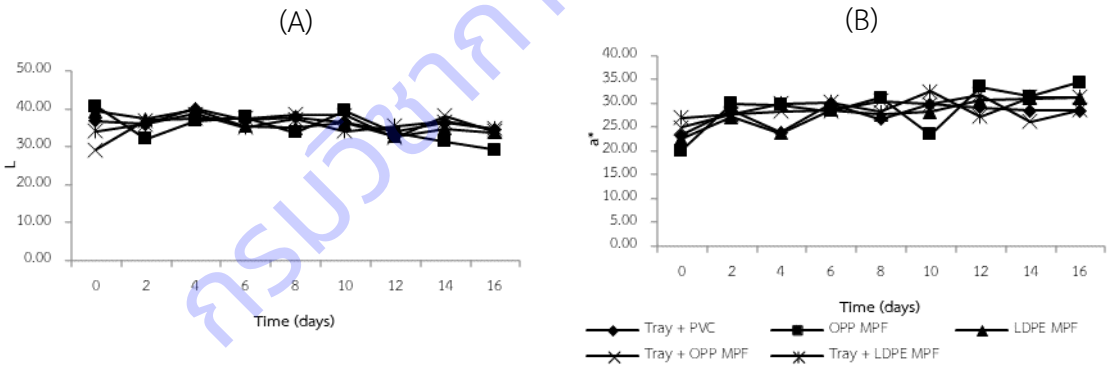


Figure 5.3 L value (A) and a* value (B) of rambutan packed in micro perforated film

กรมวิชาการเกษตร

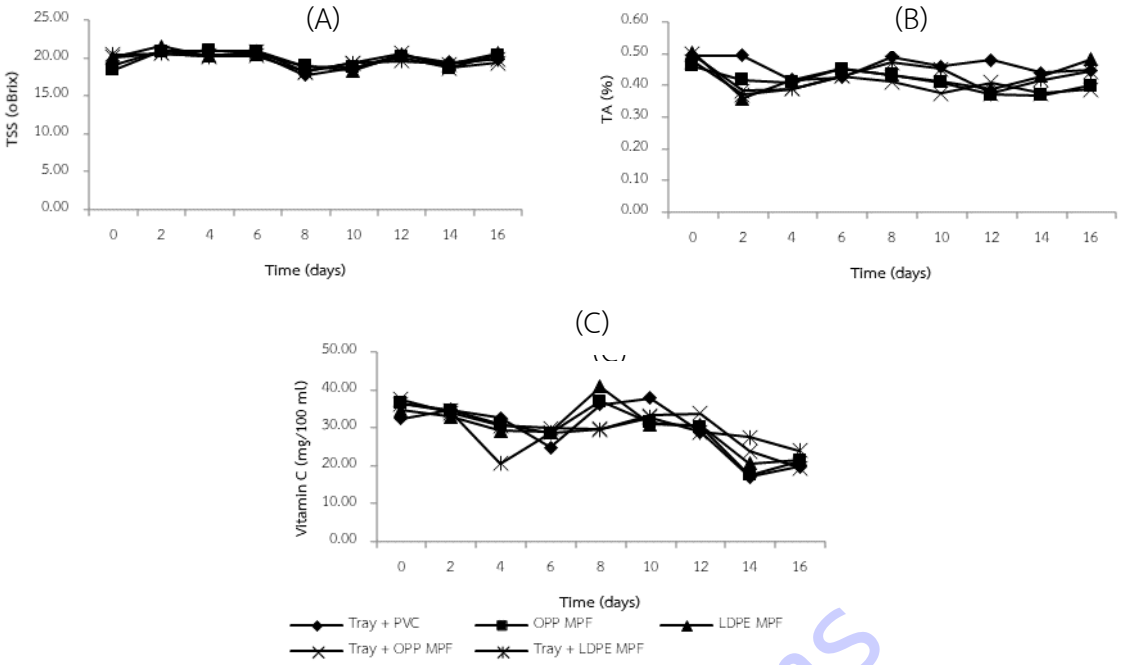


Figure 5.4 Total soluble solids (A) titratable acidity (B) and vitamin C (C) of rambutan packed in micro perforated film

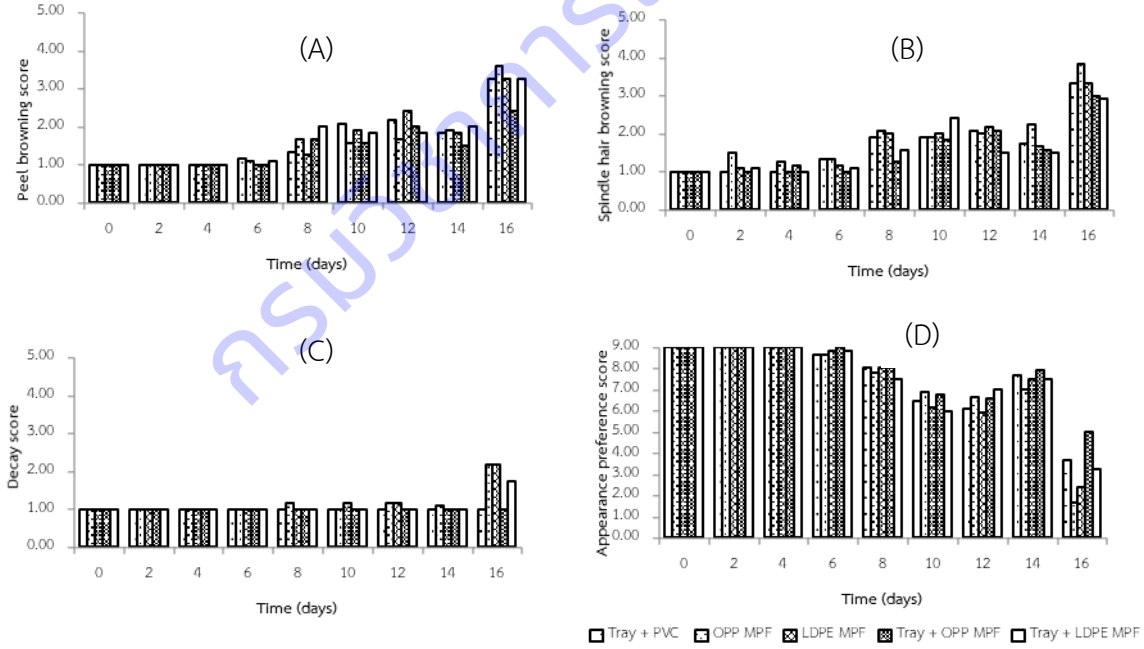


Figure 5.5 Peel browning score (A) spindle hair browning score (B) decay score (C) and appearance preference score (D) of rambutan packed in micro perforated film

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

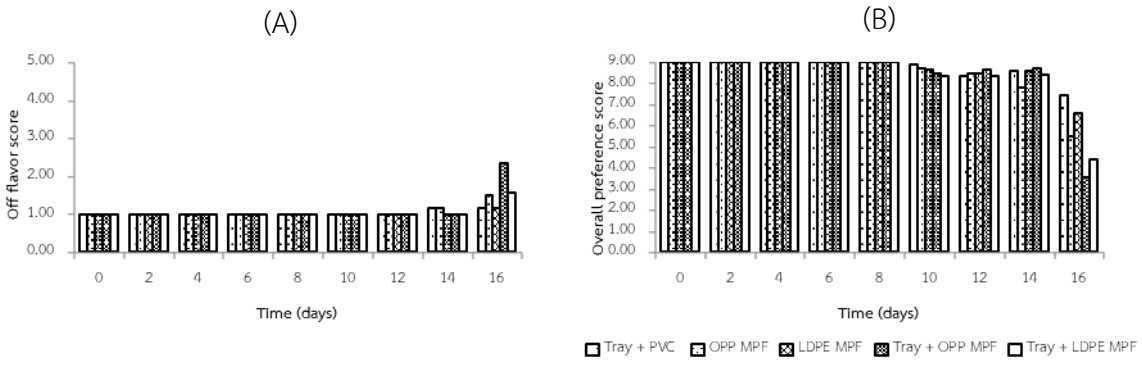


Figure 5.6 Off flavor score (A) and overall preference score (B) of rambutan packed in micro perforated film

กรมวิชาการเกษตร

มังคุด

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ภายในบรรจุภัณฑ์มังคุดทุกกรรมวิธีมีปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลง และมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน ภายในถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน มีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยที่สุด คือ 4.05 เปอร์เซ็นต์ และภายในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มากที่สุด คือ 9.73 เปอร์เซ็นต์ (Figure 5.7) การหายใจของผลิตผล ทำให้เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลง โดยสมบัติการยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ของฟิล์มบรรจุภัณฑ์ มีผลต่อปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์

การสูญเสียน้ำหนัก ผลมังคุดทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตามมังคุดทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน มังคุดบรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 0.29 และ 0.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ผลมังคุดบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ 0.87 เปอร์เซ็นต์ (Figure 5.8A)

ความแน่นเนื้อ มังคุดทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อของเปลือกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความแน่นเนื้อเปลือกเฉลี่ย 6.31-8.25 นิวตัน (Figure 5.8B)

การเปลี่ยนแปลงสี ผลมังคุดทุกกรรมวิธีมีค่า L (ค่าความสว่าง) ไม่เปลี่ยนแปลง โดยเมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน ผลมังคุดบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน มีค่าความสว่างน้อยที่สุด คือ 20.22 ไม่แตกต่างกับผลมังคุดบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC ขณะที่มังคุดบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน และบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีค่าความสว่างไม่แตกต่างกัน มังคุดทุกกรรมวิธีมีค่า a* ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า a* เป็นบวก คือมีสีแดง (Figure 5.9)

คุณภาพทางเคมี มังคุดทุกกรรมวิธีมีคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 15.82-17.93 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ย 0.74-0.92 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณวิตามินซีเฉลี่ย 0.56-0.88 มิลิกรัม/100 มิลลิลิตร (Figure 5.10)

คุณภาพทางกายภาพ ผลมังคุดมีคะแนนความสดของกลีบเลี้ยงลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากขึ้น เมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน ผลมังคุดบรรจุในถุง OPP เจาะรูขนาดไมครอน และบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน มีคะแนนความสดของกลีบเลี้ยงมากที่สุด เท่ากับ 3.00 คะแนน ผลมังคุดบรรจุในถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนเริ่มพบเชื้อราที่ขั้วผลเมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน และพบเชื้อราที่ขั้วผลในทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน นอกจากนี้ยังพบเชื้อราที่ผลมังคุดที่บรรจุในถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC และบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ผลมังคุดบรรจุถาดหุ้มฟิล์ม PVC บรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน และบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน มีคะแนนความชอบรสชาติโดยรวมเป็นที่ยอมรับนาน 15 วัน (Figure 5.11)

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

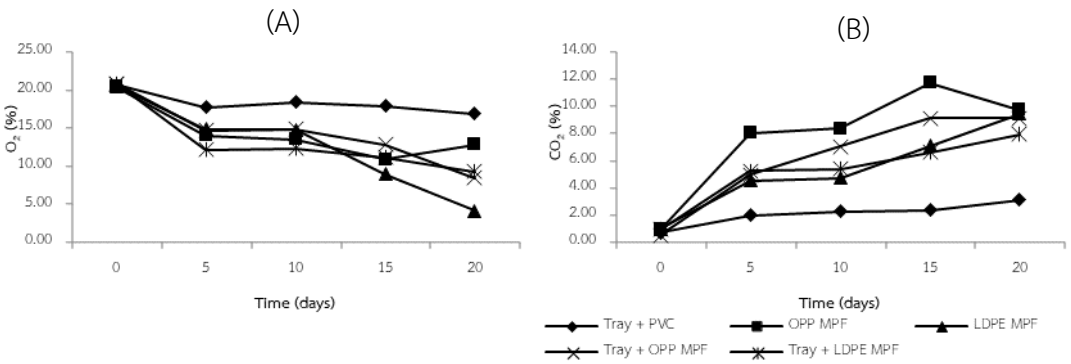


Figure 5.7 Oxygen (A) and carbon dioxide (B) inside mangosteen packaging

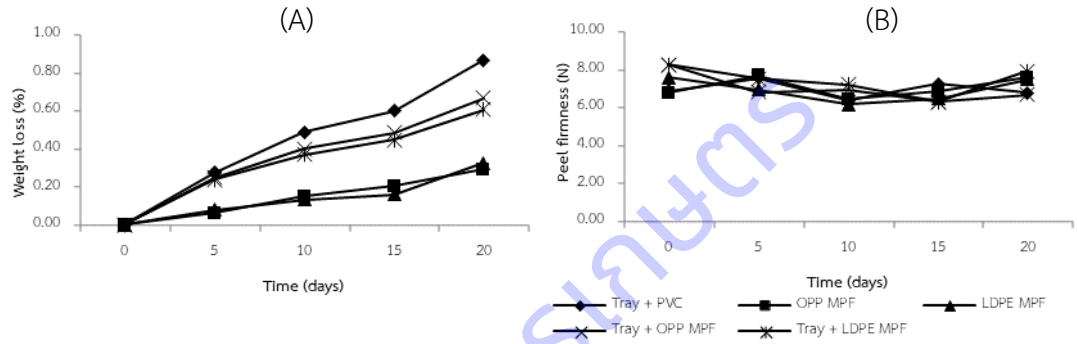


Figure 5.8 Weight loss (A) and peel firmness (B) of mangosteen packed in micro perforated film

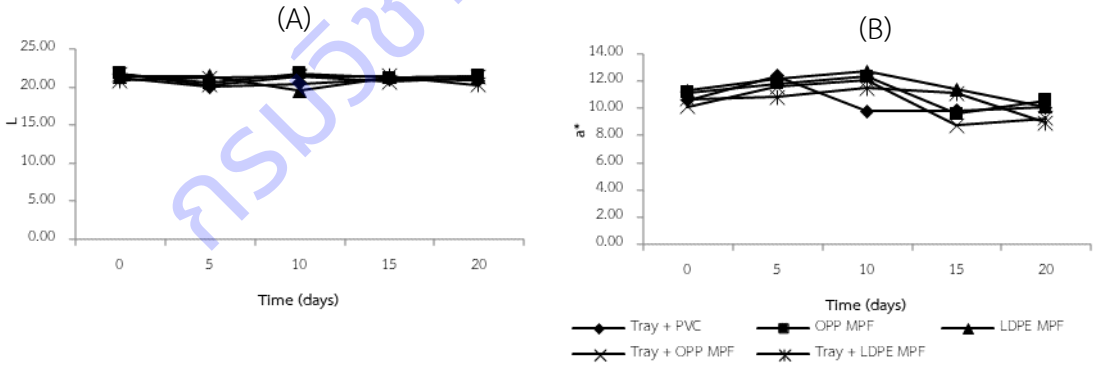


Figure 5.9 L value (A) and a* value (B) of mangosteen packed in micro perforated film

กรมวิชาการเกษตร

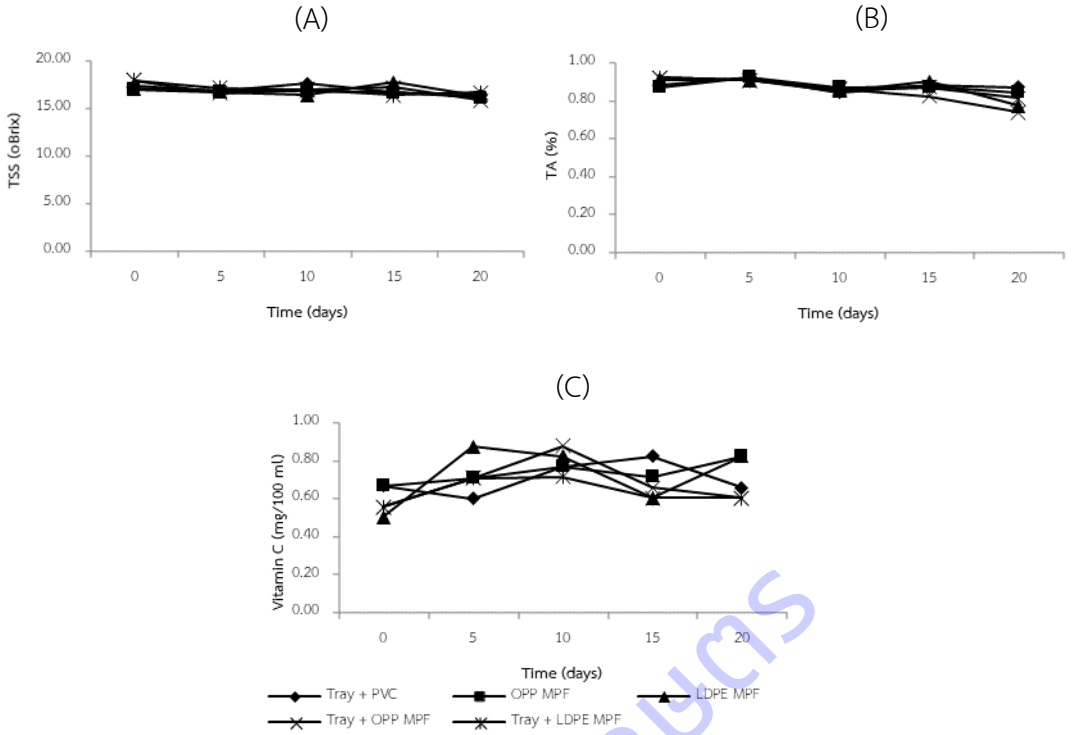


Figure 5.10 Total soluble solids (A) titratable acidity (B) and vitamin C (C) of mangosteen packed in micro perforated film

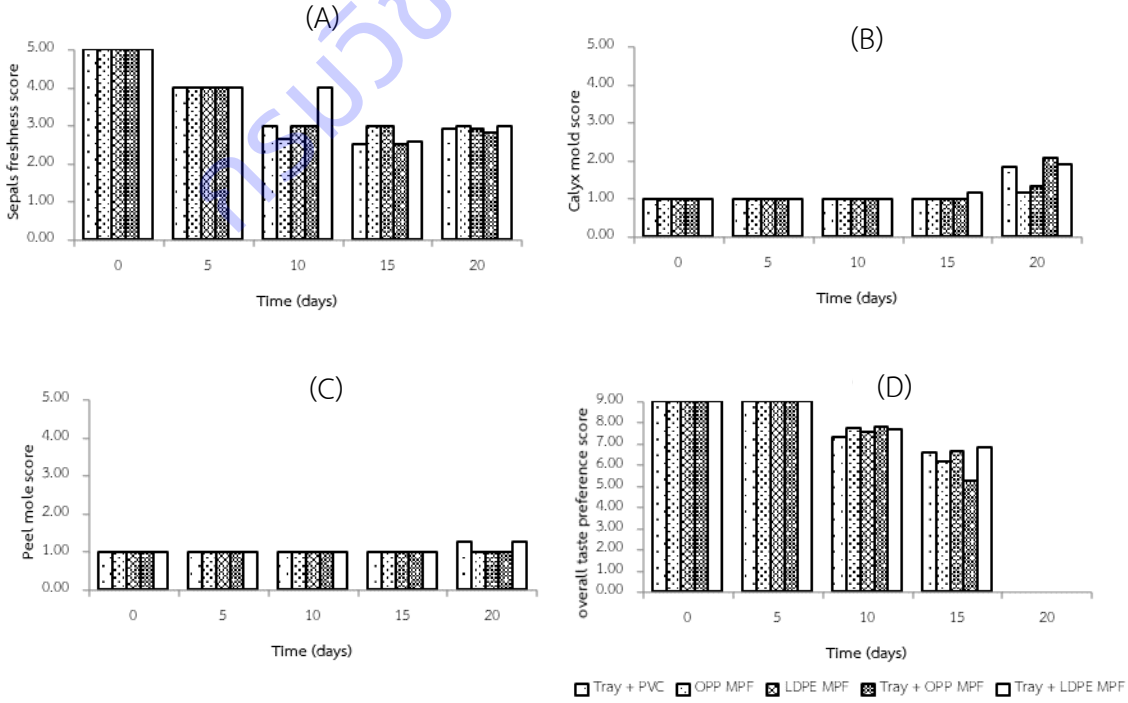


Figure 5.11 Sepal freshness score (A) Calyx mole score (B) peel mole score (C) and overall taste

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1. บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับเงาะคือ ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน หรือบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 14 วัน โดยยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ

2. มังคุดบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC หรือบรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 15,000 – 20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษา นาน 15 วัน โดยมีคุณภาพภายนอกดีกว่าการบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

เอกสารอ้างอิง (Reference)

Chow, C. 2012. Micro perforations for fresh cut produce packaging. Retrieved June 3, 2014, From: http://www.precoinc.com/PDF/microperforating_Chow.pdf.

Mir, N. and R. M. Beaudry. 2016. Modified atmosphere packaging, In: The commercial storage of fruits vegetables and florist and nursery stocks. Agricultural handbook No. 66. USDA.ARS.

O'Hare, T.J. 1995. Postharvest physiology and storage of rambutan. *Post. Bio. Technol*. (6): 189-199.

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

กรมวิชาการเกษตร

การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพผลไม้ที่ผ่านการเคลือบผิว
The Study on Packaging to Keeping Quality of Coated Fresh Produce

ผู้วิจัย
ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์
Siragan Srithanyarat

คมจันทร์ สรงจันทร์
Komchan Songchan

ปรางค์ทอง กวานห้อง
Prangthong Kwanhong

คำสำคัญ

บรรจุภัณฑ์ สารเคลือบผิว มังคุด ส้มโอ

Key words

packaging, coating, mangosteen, pomelo

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพผลไม้ที่ผ่านการเคลือบผิว ทำการทดลองในผลไม้ 2 ชนิด คือ ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและมังคุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและมังคุด ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม 2563 ถึงเดือนกันยายน 2564 ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก ขนาดบรรจุ 4 ผลต่อกล่อง วางแผนการทดลองแบบ split plot มี main plot คือ รูปแบบการบรรจุส้มโอ 4 กรรมวิธี คือ ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก (control) ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุงดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere packaging : MAP) ที่มีค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ส้มโอเคลือบผิวด้วยคาร์นูบาความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก และส้มโอเคลือบผิวด้วยคาร์นูบาความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุงดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่มีค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่า การเคลือบผิวสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ นอกจากนี้การบรรจุส้มโอที่เคลือบผิวในกล่องกระดาษลูกฟูกและกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP สามารถยืดอายุส้มโอได้นานกว่า 9 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ และยังสามารถนำ

ออกมาวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้ไม่น้อยกว่า 7 วัน สำหรับการศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวเพื่อการส่งออก โดยนำมังคุดมาเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาผสมเชลแลค ผึ่งให้แห้งแล้วบรรจุมังคุดในถุงตาข่ายขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัม แล้วนำไปบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ 4 รูปแบบ คือ บรรจุในตะกร้าพลาสติก บรรจุในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก และบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP ขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม เก็บรักษามังคุดที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ สุ่มมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 7 10 และ 14 วัน พบว่า การบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก กล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP และตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ลดอาการเปลือกแข็งของมังคุด และสามารถเก็บรักษามังคุดได้นาน 14 วัน นอกจากนี้ยังสามารถวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้นาน 3 วัน ภายหลังจากนำออกจากห้องเย็น

Abstracts

The study on suitable pomelo packaging for export. There are 4 treatments of packing: uncoated pomelo packed in corrugated paper boxes, uncoated pomelo packed in modified atmosphere packaging (MAP) bag before place in corrugated paper boxes, coated pomelo packed in corrugated paper boxes and coated pomelo packed in MAP bag before place in corrugated paper boxes. Packed the pomelo 4 fruits/box and stored at 13 °C with 90-95% relative humidity (RH). The results showed that the coating can help to delayed weight loss, peel color change, and extend shelf life. In addition, they are packed in MAP bag before place in corrugated paper boxes that can extend the shelf life more than 9 weeks at 13°C and can be stored at room temperature for distribution at least 7 days. Afterward, the experiment was to determine the effect of packaging on postharvest quality of coating mangosteen fruits. The fruits 8 Kg were packed in plastic baskets, MAP bag before place in plastic baskets, corrugated paper boxes and MAP bag before place in corrugated paper boxes. Treated mangosteen were stored at 13°C with 90-95% RH. The results showed that the fruit packed in MAP bag before place in plastic basket, corrugated paper box and MAP bag before place in corrugated paper box delayed weight loss, texture and hard peel and could prolong shelf life for 14 days.

บทนำ (Introduction)

การส่งออกและวางจำหน่ายผลิตผลสดในปัจจุบันต้องอาศัยบรรจุภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดให้นานขึ้น ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาฟิล์มพลาสติกชนิดแอคทีฟ (active film) หรือฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ ที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนในระดับต่าง ๆ ที่เหมาะสมในแต่ละผลิตผล แผ่นฟิล์มมีลักษณะใส เกิดฝ้าน้อย และมีความหนาน้อยกว่าฟิล์มพลาสติกทั่วไปประมาณร้อยละ 25 แต่คงความแข็งแรงเท่าฟิล์มพลาสติกที่จำหน่ายในท้องตลาด (บุญรักษ์,

ศรีวิชัยการเกษตร

2559) มีคุณสมบัติเด่นคือ สามารถให้ก๊าซที่ใช้ในกระบวนการหายใจซึมผ่านเข้าออกได้ดีและสอดคล้องกับอัตราการใช้และการสร้างก๊าซในกระบวนการหายใจทำให้เกิดบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (equilibrium modified atmosphere: EMA) ภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งโดยทั่วไปจะประกอบด้วยก๊าซออกซิเจนในช่วง 5-10 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 2-15 เปอร์เซ็นต์ ที่จะส่งผลให้เกิดการชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ได้นานขึ้น และยังสามารถรักษาความชื้นสัมพัทธ์ภายในถุงบรรจุภัณฑ์ให้อยู่ระหว่าง 95-99 เปอร์เซ็นต์ (ศรัณยา, 2552)

ส้มโอ (Pomelo) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus maxima* (Burm.) Merr. เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย เป็นที่นิยมบริโภคทั้งภายในประเทศและส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ในปี 2564 (มกราคม-พฤศจิกายน 2564) มีปริมาณการส่งออกส้มโอสด 29,487 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,021 ล้านบาท (สำนักงานเศรฐกิจการเกษตร, 2564ข) ตลาดส่งออกที่สำคัญของส้มโอคือ ฮ่องกง สิงคโปร์ และแคนาดา พันธุ์ส้มโอที่นิยมส่งออกคือ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ทองดี และขาวแตงกวา ภายหลังการเก็บเกี่ยว ส้มโอมีการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการคายน้ำสูง ทำให้ผลส้มโอเหี่ยวได้ง่าย ซึ่งก่อนการส่งออกจึงต้องมีกรรมวิธีในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การเก็บในสภาพที่ควบคุมอุณหูมิ การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม รวมถึงการใช้สารเคลือบผิวเพื่อลดการสูญเสียน้ำหนักของส้มโอ ซึ่งสารเคลือบผิวที่นำมาใช้ต้องไม่ก่อให้เกิดกลิ่นผิดปกติระหว่างการเก็บรักษา ศิรกานต์และคณะ (2561) พบว่า การเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20-25 เปอร์เซ็นต์ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพของส้มโอภายหลังการเก็บเกี่ยวได้

มังคุด (Mangosteen) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Garcinia mangostana* L. มังคุดจัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย โดยไทยเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ของโลก ที่มีส่วนแบ่งการตลาดถึงร้อยละ 80 ของตลาดโลก ในปี 2564 (มกราคม-พฤศจิกายน 2564) ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกมังคุดสด 255,942 ตัน คิดเป็นมูลค่า 17,068 ล้านบาท (สำนักงานเศรฐกิจการเกษตร, 2564ก) ประเทศคู่ค้าที่สำคัญ ได้แก่ สาธารณรัฐประชาชนจีน เวียดนาม ฮ่องกง ญี่ปุ่น กัมพูชา และสาธารณรัฐเกาหลีใต้ ส่วนประเทศคู่แข่งที่สำคัญ ได้แก่ มาเลเซีย อินโดนีเซีย และเวียดนาม สำหรับลักษณะของมังคุดที่เป็นที่ต้องการของตลาดส่งออกคือ มังคุดที่มีลักษณะผิวมัน ผลมังคุดมีผิวเปลือกสะอาด อาจมีร่องรอยหรือตำหนิได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวเปลือก เนื้อในคุณภาพดี สีขาวสะอาด ไม่มียางไหล ไม่เป็นเนื้อแก้ว และเนื้อไม่ติดเปลือก ผู้นำเข้าหรือผู้ซื้อจะดูจากลักษณะภายนอกที่ดูดีไว้ก่อน ซึ่งลักษณะภายนอกของมังคุดถือเป็นเครื่องบ่งชี้คุณภาพภายในได้อีกทางหนึ่ง (สมชาย, 2559) ในการส่งออกจึงนิยมส่งออกมังคุดที่มีผิวมันเงาหรือมีการเคลือบผิวมังคุดด้วยสารเคลือบผิวให้มีความมันเงาเพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค โดยพบว่า สารเคลือบผิวคาร์นูบาหรือคาร์นูบาผสมเชลแลคสามารถเพิ่มความมันเงาและยืดอายุการเก็บรักษามังคุดได้ (ศิรกานต์และคณะ, 2561) ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้ จึงได้ศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการส่งออกส้มโอและมังคุดเพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาสำหรับการส่งออกและวางจำหน่ายให้นานขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

ดำเนินการศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ และมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิว ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2563 ถึง กันยายน 2564 มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก

1.1 เตรียมส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง โดยใช้ส้มโอจากจังหวัดนครปฐม นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ แล้วผึ่งให้แห้ง

1.2 บรรจุส้มโอลงในบรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งออกขนาดบรรจุ 4 ผลต่อกล่อง โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot มี 5 ซ้ำ โดย

Main plot คือ รูปแบบการบรรจุส้มโอ 4 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ส้มโอที่ไม่เคลือบผิว บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก (control)

กรรมวิธีที่ 2 ส้มโอที่ไม่เคลือบผิว บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 3 ส้มโอเคลือบผิวด้วยคาร์นูบา ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

กรรมวิธีที่ 4 ส้มโอเคลือบผิวด้วยคาร์นูบา ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

Sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 5 6 7 8 และ 9 สัปดาห์

1.3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ นำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 7 วัน แล้วสุ่มมาวางต่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาระยะเวลาการวางจำหน่าย

1.4 การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่

- การสูญเสียน้ำหนัก
- ความมันเงาของผล ด้วยเครื่อง gloss meter ยี่ห้อ Minolta รุ่น Uni gloss UG-60 plus
- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-400 ในหน่วย hunter scale (L*, a*, b*)
- ความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่อง texture analyzer ยี่ห้อ LLOYD Instrument รุ่น LF plus ใช้ load cell ขนาด 20 นิวตัน หัววัดทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร กดด้วยความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที กดลึก 10 มิลลิเมตร ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น นิวตัน
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids: TSS) โดยนำน้ำคั้นมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วย digital refractometer Atago รุ่น PR-101
- ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA) โดยไทเทรตน้ำคั้นกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 N ด้วยเครื่อง auto titrator ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น DL53 ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์

- ปริมาณวิตามินซี โดยนำน้ำคั้นผลไม้ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติมกรดออกซาลิคปริมาตร 5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 40 มิลลิลิตร นำมาวัดด้วยเครื่อง auto titrator

- การให้ค่าคะแนน ได้แก่

1) ความสด 1-5 คะแนน คือ 1= เหี่ยวมาก 2= เหี่ยว 3= เหี่ยวเล็กน้อย 4= สด 5= สดมาก

2) ความนิ่มของเนื้อส้มโอ 1-5 คะแนน คือ 1= เนื้อนิ่ม/แฉะมาก 2= เนื้อนิ่ม/แฉะ 3= เนื้อนิ่ม 4= เนื้อแน่น/กรอบ 5= เนื้อแน่น/กรอบมาก

3) กลิ่นผิดปกติ 1-2 คะแนน คือ 1=ปกติ 2= ผิดปกติ

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

2. การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวเพื่อการส่งออก

2.1 การเตรียมมังคุด ใช้มังคุดจากสวน GAP จังหวัดจันทบุรี คัดเลือกระยะที่ผลมีสีม่วงอมแดง กลีบเลี้ยงสีเขียว ไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นผึ่งให้แห้ง

2.2 เตรียมสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับเชลแลค ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 8:2 จากนั้นนำมาเคลือบผิวมังคุดแล้วผึ่งให้แห้ง แล้วบรรจุมังคุดในถุงตาข่ายขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัม

2.3 นำมังคุดบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ เพื่อการขนส่ง ขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบ split plot มี 5 ซ้ำ โดย

main plot คือ รูปแบบบรรจุภัณฑ์ 4 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุในตะกร้าพลาสติก

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

subplot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 7 10 และ 14 วัน

2.4 ภายหลังการบรรจุ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ นำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 7 10 และ 14 วัน แล้วสุ่มมาวางต่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาระยะเวลาการวางจำหน่าย

2.5 การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่

ศูนย์วิทยทรัพยากร

- ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เครื่องวัดปริมาณก๊าซรุ่น CheckPoint ของบริษัท PBI Dansensor

- การสูญเสียน้ำหนัก

- ความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ LLOYD Instrument รุ่น LF plus ใช้ load cell ขนาด 20 นิวตัน หัววัดทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร กดด้วยความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที กดลึก 10 มิลลิเมตร ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น นิวตัน

- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด โดยนำน้ำคั้นมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วย digital refractometer Atago รุ่น PR-101

- ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยไทเทรตน้ำคั้นกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ด้วยเครื่อง auto titrator ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น DL53 ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

- เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดคุณภาพดีที่สามารถรับประทานได้

- เปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อแก้วและยางไหล

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

ผลการทดลองและอภิปราย (Results and Discussion)

1. การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก

การสูญเสียน้ำหนัก การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น จากการทดลองพบว่า การเคลือบผิวส้มโอและการบรรจุส้มโอในถุง MAP สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ โดยเมื่อเก็บรักษาส้มโอที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 9 สัปดาห์ ส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวบรรจุในถุง MAP มีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 0.28 เปอร์เซ็นต์ ส่วนส้มโอที่เคลือบผิวและบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกมีการสูญเสียน้ำหนัก 2.55 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการเคลือบผิวผลไม้สามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ เนื่องจากสารเคลือบผิวจะไปปกคลุมหรือทดแทนไขที่มีอยู่จึงสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ (จริงแท้, 2541) สำหรับส้มโอที่ไม่เคลือบผิวนั้นพบว่า การเก็บรักษาในถุง MAP สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ โดยมีการสูญเสียน้ำหนัก 0.77 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกมีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด 4.40 เปอร์เซ็นต์ (Figure 6.1)

ความเงาและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก พบว่า ส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวมีค่าความเงาสูงกว่าส้มโอที่ไม่เคลือบผิว โดยเมื่อเก็บรักษานาน 9 สัปดาห์ ส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวบรรจุในถุง MAP มีค่าความเงาสูงที่สุดเฉลี่ย 5.01 กลอสยูนิต รองลงมาคือ ส้มโอที่เคลือบผิวบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกเท่ากับ 4.92 กลอสยูนิต ส่วนส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีค่าความเงาเท่ากับ 2.80 กลอสยูนิต และเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นค่าความเงาเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (Figure 6.2) สำหรับการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก พบว่า ค่า L value หรือค่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ความสว่างของสีทุกกรรมวิธีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะในส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้น (Figure 6.3A) ทั้งนี้เนื่องจากผลส้มโอมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเข้มเป็นสีเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา สำหรับค่า a* หรือค่าความเป็นสีเขียว-สีแดง พบว่า ส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวมีค่าความเป็นสีเขียวมากกว่าส้มโอที่ไม่เคลือบผิว (Figure 6.3B) ส่วนค่า b* หรือค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง พบว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นส้มโอที่ไม่เคลือบผิวทั้งสองกรรมวิธีมีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น (Figure 6.3C) ในขณะที่ส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวค่า b* ไม่แตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษานาน 9 สัปดาห์ ซึ่งหมายความว่า เปลือกของส้มโอยังเป็นสีเขียวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการให้ค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (1-5 คะแนน) ที่พบว่า ส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวทั้งสองกรรมวิธีมีค่าคะแนนเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากับ 2 คะแนน ซึ่งหมายถึงเปลือกส้มโอมีสีเขียว ในขณะที่ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 คะแนน ซึ่งหมายถึงเปลือกมีสีเขียวอมเหลือง (Figure 6.4)

ความสดของผล การให้ค่าคะแนนความสดของผล (1-5 คะแนน) พบว่า ส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวทั้งสองกรรมวิธีมีความสดไม่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.7 คะแนน ซึ่งหมายถึง มีความสด ในขณะที่ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีค่าคะแนน 2.5 คะแนน หมายถึง เหี่ยวเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นส้มโอทุกกรรมวิธีมีความสดลดลง (Figure 6.5)

ความแน่นเนื้อ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่า ความแน่นเนื้อของส้มโอมีค่าลดลง ส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวและบรรจุในถุง MAP มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด 72.12 นิวตัน รองลงมาคือ ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวบรรจุในถุง MAP มีค่าเท่ากับ 69.76 นิวตัน และส้มโอที่เคลือบผิวบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก 67.72 นิวตัน ส่วนส้มโอที่ไม่เคลือบผิวบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก มีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุด 64.49 นิวตัน (Figure 6.6) ซึ่งสอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักของส้มโอ ที่พบว่าส้มโอที่มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยจะมีค่าความแน่นเนื้อสูง ซึ่งการเคลือบผิวผลไม้หรือการเก็บรักษาผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและรักษาความแน่นเนื้อของผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษา เช่นเดียวกับการทดลองเคลือบผิว sweet orange พันธุ์ Blood Red (Shahid and Abbasi, 2011) การเคลือบผิวส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง (Boonyakiat *et al*., 2012) และการเคลือบผิวส้มพันธุ์ Siam Banjar (Hassan *et al*., 2014)

ความนิ่มของเนื้อส้มโอ การให้คะแนนความนิ่มของส้มโอ (1-5 คะแนน) พบว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเนื้อส้มโอจะมีความนิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเคลือบผิวส้มโอนอกจากจะช่วยชะลอความนิ่มของเปลือกแล้ว ยังช่วยชะลอความนิ่มของเนื้อส้มโอได้ดีอีกด้วย โดยพบว่าเมื่อเก็บรักษานาน 9 สัปดาห์ เนื้อของส้มโอที่ผ่านการเคลือบเคลือบผิว มีค่าคะแนนความนิ่ม 3.5 คะแนน ซึ่งหมายถึงนิ่มเล็กน้อย ในขณะที่ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวบรรจุในถุง MAP มีค่าคะแนนความนิ่มของเนื้อต่ำที่สุด 2.0 คะแนน (Figure 6.7) อย่างไรก็ตามเมื่อชิมเนื้อ ส้มโอทุกกรรมวิธีไม่พบว่ามีกลิ่นหรือรสชาติผิดปกติ

คุณภาพทางเคมี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 9 สัปดาห์ แต่จะพบว่า ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดเฉลี่ย 10.37 เปอร์เซ็นต์ (Figure 6.8) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้พบว่า มีค่าลดลงระหว่างการเก็บรักษาและพบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เช่นเดียวกันว่าส้มโอที่ไม่เคลือบผิวทั้งสองกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงกว่าส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิว (Figure 6.9) สำหรับปริมาณวิตามินซีมีปริมาณเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา (Figure 6.10)

ค่าคะแนนความชอบโดยรวม พบว่า ส้มโอทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษานานขึ้นมีค่าคะแนนความชอบลดลง ทั้งนี้เนื่องจากระหว่างการเก็บรักษาส้มโอมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ความแน่นเนื้อของส้มโอลดลง เปลือกมีความนิ่มหรือเหี่ยวมากขึ้น และเนื้อของส้มโอมีความนิ่มเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่า ส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวทั้งสองกรรมวิธีมีค่าคะแนนความชอบสูงกว่าส้มโอที่ไม่เคลือบผิว โดยเมื่อเก็บรักษานาน 9 สัปดาห์ มีค่าคะแนนความชอบโดยรวม 7.0 คะแนน หมายถึง ชอบปานกลาง (Figure 6.11) เนื่องจากส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวสีเปลือกจะยังคงเป็นสีเขียว ไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวสีเปลือกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 ของการเก็บรักษาและจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั้งผลในสัปดาห์ที่ 8

การทดสอบการวางจำหน่ายส้มโอ ภายหลังจากนำออกมาจากห้องเย็น 13 องศาเซลเซียส แล้วนำมาวางต่อที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) นาน 7 วัน พบว่า เมื่อเก็บที่ 13 องศาเซลเซียส นาน 4 สัปดาห์ ส้มโอทุกกรรมวิธีสามารถวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้ไม่น้อยกว่า 7 วัน โดยที่ผลของส้มโอยังเป็นสีเขียว (Figure 6.12) แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาในห้องเย็นนานขึ้น ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวเมื่อทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน สีเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั้งผล (Figure 6.13) ส่วนส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวสามารถเก็บรักษาได้นาน 9 สัปดาห์ โดยเมื่อทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องก็ยังพบว่า สามารถวางจำหน่ายได้ไม่น้อยกว่า 7 วัน โดยที่สีเปลือกไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง (Figure 6.14)

กรมวิชาการเกษตร

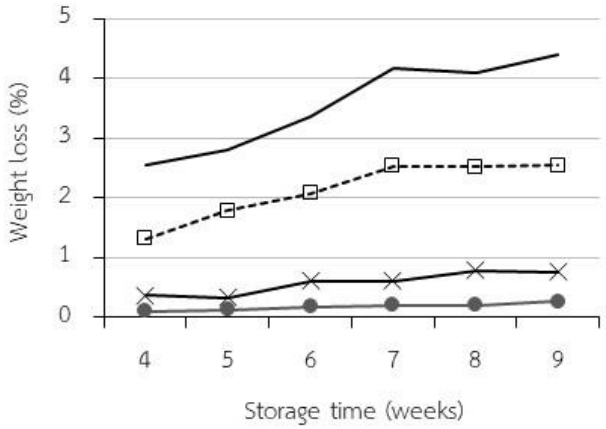


Figure 6.1 Weight loss (%) of pomelo fruit during stored at 13°C

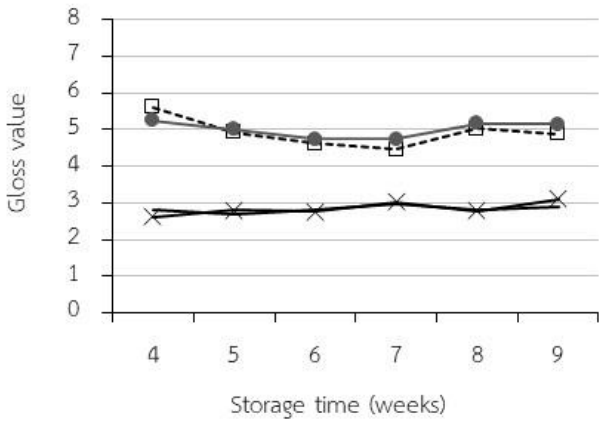
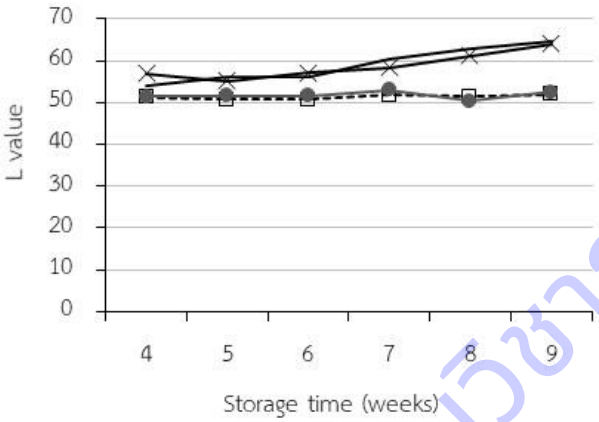
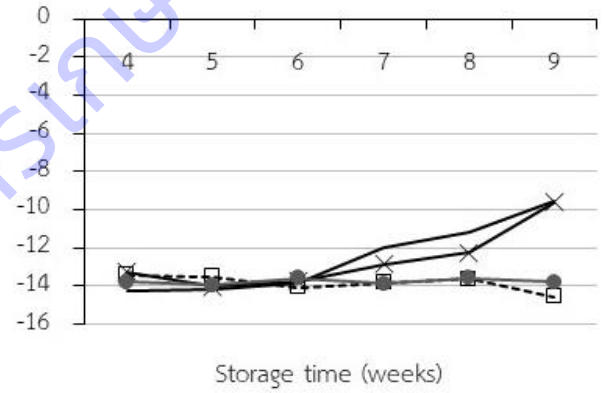


Figure 6.2 Gloss value (GU) of pomelo fruit during stored at 13°C

(A)



(B)



(C)

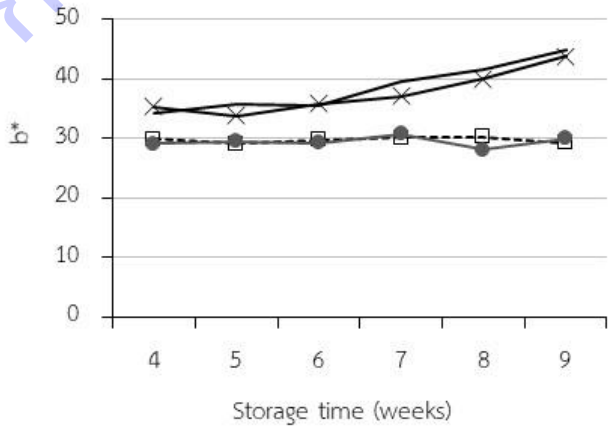


Figure 6.3 L value (A), a* (B) and b* (C) of pomelo fruit during stored at 13°C

กรมวิชาการเกษตร

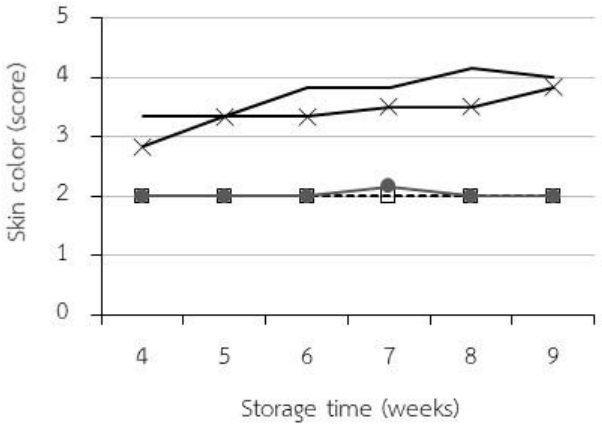


Figure 6.4 Skin color (score) of pomelo fruit during stored at 13°C

Skin color score (1-5) as 1= dark green 2= green 3= green/yellow 4= yellow/green 5= yellow

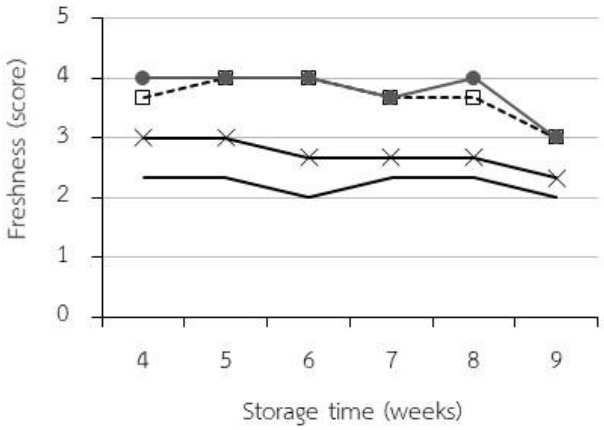


Figure 6.5 Freshness (score) of pomelo fruit during stored at 13°C

Freshness score (1-5) as 1= wilting very much 2= wilting slightly 3= freshness 4= freshness moderate 5= freshness very much

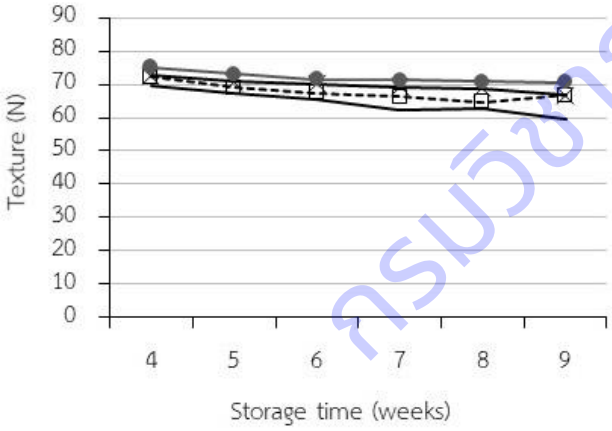


Figure 6.6 Texture (N) of pomelo fruit during stored at 13°C

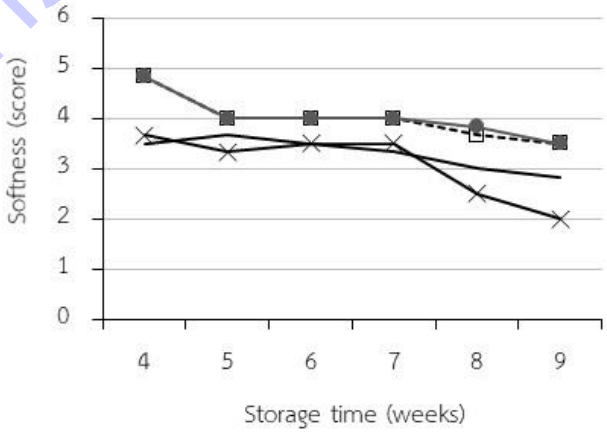


Figure 6.7 Softness scores (score 1-5) of pomelo pulp during stored at 13°C

Softness scores score (1-5) as 1= softness very much 2= softness moderately 3= softness slightly 4= firmness 5= firmness very much

Non-coated
Non-coated + MAP
Coated
Coated + MAP

กรมวิทยาศาสตร์

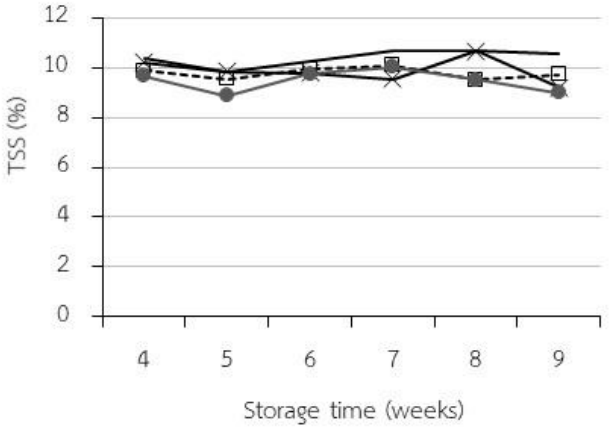


Figure 6.8 Total soluble solids (%) of pomelo fruit during stored at 13°C

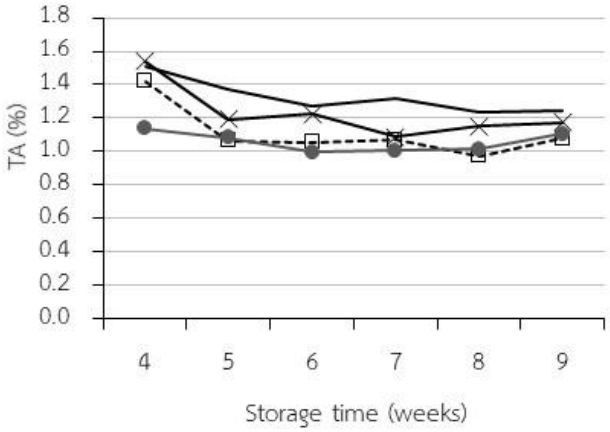


Figure 6.9 Titratable acidity (%) of pomelo fruit during stored at 13°C

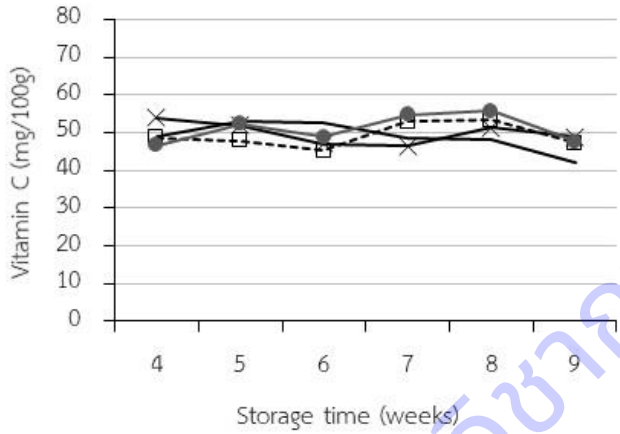


Figure 6.10 Vitamin C (mg/100g) of pomelo fruit during stored at 13°C

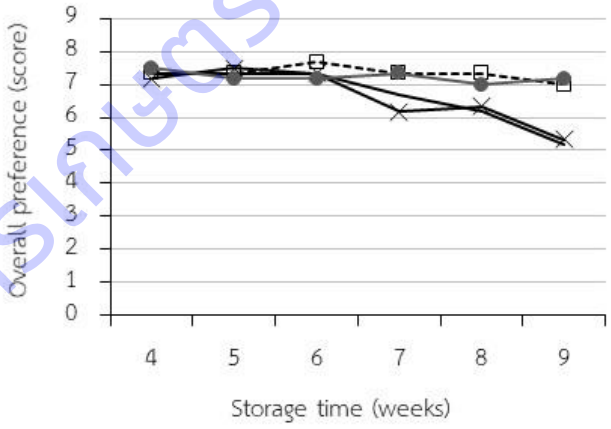
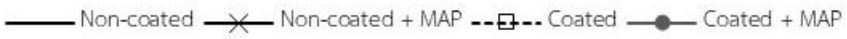


Figure 6.11 Overall preference scores (score 1-9) of pomelo fruit during stored at 13°C

The 9-point hedonic scale: 1= dislike extremely 5= neither like nor dislike 9= like extremely



กรมวิชาการเกษตร

Figure 6.12 The pomelo stored at 13°C for 4 weeks (A) and transferred to 25°C for 1 week (B)

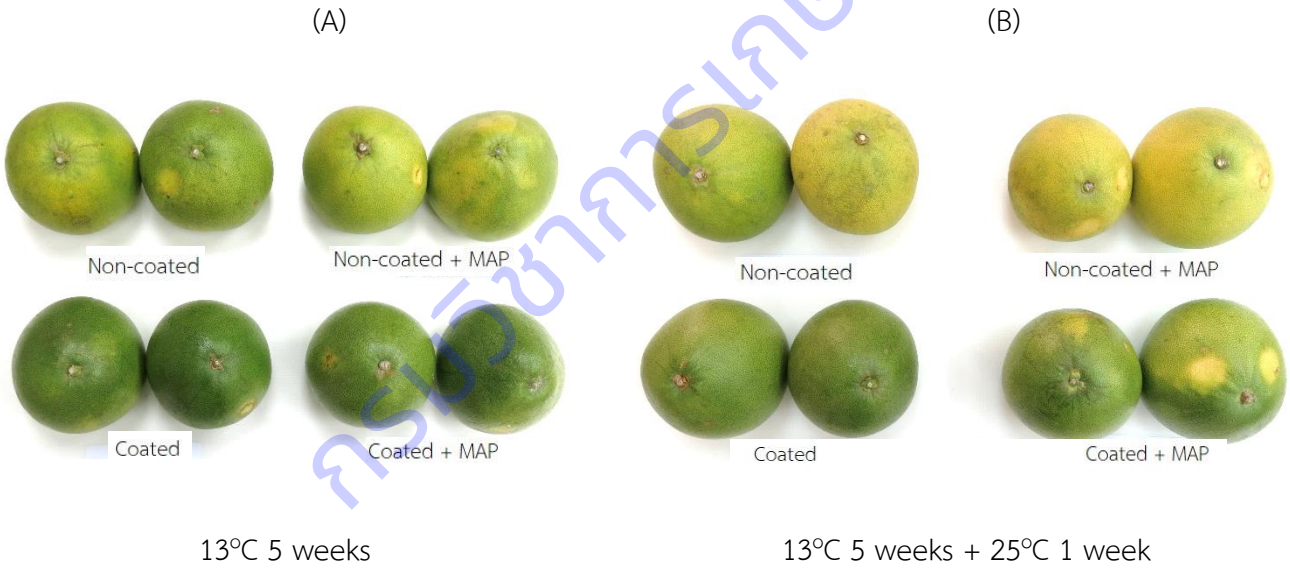
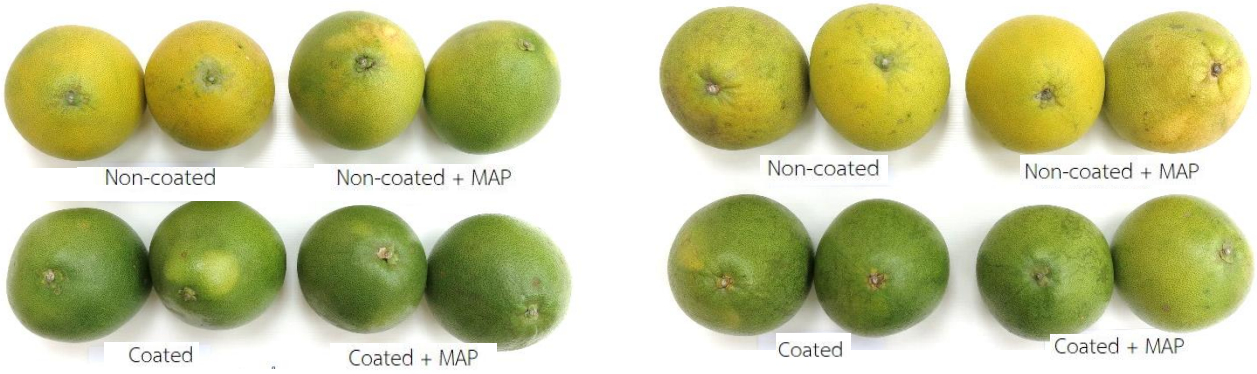


Figure 6.13 The pomelo stored at 13°C for 5 weeks (A) and transferred to 25°C for 1 week (B)

กรมวิชาการเกษตร

(A) (B)



13°C 9 weeks 13°C 9 weeks + 25°C 1 week

Figure 6.14 The pomelo stored at 13°C for 9 weeks (A) and transferred to 25°C for 1 week (B)

กรมวิชาการเกษตร

2. การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวเพื่อการส่งออก

ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ เมื่อเก็บรักษามังคุดที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน บรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP และตะกร้าพลาสติกบุด้วยถุง MAP มีปริมาณก๊าซออกซิเจน 7.73 และ 12.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในตะกร้าพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกมีปริมาณเท่ากับปริมาณออกซิเจนในอากาศ เนื่องจากอากาศจากภายนอกสามารถผ่านเข้าออกภายในบรรจุภัณฑ์ได้ (Figure 6.15A) ในขณะเดียวกันปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ตะกร้าบุด้วยถุง MAP และกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10.80 และ 8.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ตะกร้าและกล่องกระดาษลูกฟูก (Figure 15B) ทั้งนี้เนื่องจาก การบรรจุในตะกร้าพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกมีช่องเปิดที่สามารถให้อากาศถ่ายเทได้ ปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์จึงไม่ต่างกับสภาพอากาศภายนอก

การสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อ มังคุดที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด 2.12 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ มังคุดที่บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก 1.67 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมังคุดที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกบุด้วยถุง MAP และกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก 0.41 และ 0.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 6.16) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแน่นเนื้อของมังคุดที่พบว่า มังคุดที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด 11.95 นิวตัน จากเปลือกที่แข็งขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนมังคุดที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกบุด้วยถุง MAP กล่องกระดาษลูกฟูกและกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP มีค่าความแน่นเนื้อ 8.32 7.48 และ 7.24 นิว ตามลำดับ (Figure 6.17) มังคุดจะมีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งเป็นผลจากอาการเปลือกแข็ง ความแข็งของเปลือกมังคุดลดลงเมื่อผลเริ่มสุกซึ่งมักเกี่ยวข้องกับ pectin enzyme (Dostal, 1970) และความแน่นเนื้อหรือความแข็งของเปลือกจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเป็นพวก phenolic compounds มักเกิดการแข็งตัวได้ง่ายเมื่อมีการสูญเสียน้ำภายในผลมากขึ้น (Augustin and Azudin, 1986; Raynal *et al*., 1989) รวมทั้งอาการช้ำหรือบาดแผลที่ได้รับก่อนการเก็บรักษาก็เป็นตัวเร่งให้เปลือกแข็งตัวได้เร็วขึ้น (Tongdee and Suwanagul, 1989) ซึ่ง กวิศร์ (2522) ได้รายงานว่า มังคุดที่เก็บรักษาไว้จะเกิดอาการแข็งของเปลือกซึ่งเป็นดัชนีบอกได้ว่าเนื้อภายในของมังคุดเกิดการเน่าเสีย

คุณภาพทางเคมี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมังคุดทุกกรรมวิธี มีค่าลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษาแต่ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าระหว่าง 14.47-15.90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน (Figure 6.18) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าระหว่าง 0.76-0.83 เปอร์เซ็นต์ (Figure 6.19) ซึ่งมังคุดภายหลังการเก็บเกี่ยวมีระดับความหวานเปลี่ยนแปลงไม่เด่นชัดเหมือนผลไม้กลุ่ม climacteric fruit ทั่วไป เนื่องจากมังคุดสะสมอาหารไว้ในรูปกรดแทนที่จะเป็นแป้ง ดังนั้น การสลายตัวของอาหารสะสมเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาลจึงเกิดขึ้นน้อย ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ค่อนข้างคงที่ ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในน้ำคั้นจะลดลงน้อยมากเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากกรดที่มีอยู่ถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจ (Candlish *et al*., 1987)

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

คุณภาพของมังคุดและการยอมรับของผู้บริโภค มังคุดเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะมีคุณภาพลดลงซึ่งสามารถดูได้จากลักษณะปรากฏภายนอกเช่น การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและกลีบเลี้ยง หรืออาการแข็งของเปลือกมังคุด และคุณภาพของเนื้อมังคุด จากการทดลองพบว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นมังคุดมีเปอร์เซ็นต์ผลที่มีคุณภาพดีที่สามารถรับประทานได้ลดลง โดยเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มังคุดที่บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP มีมังคุดที่มีคุณภาพดีสูงที่สุด 95.0 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่มังคุดบรรจุกล่องกระดาษลูกฟูก ตะกร้าพลาสติกบุด้วยถุง MAP และตะกร้าพลาสติก มีผลมังคุดที่มีคุณภาพดี 93.3 91.7 และ 85.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 6.20) สาเหตุที่ทำให้มังคุดมีคุณภาพลดลงเนื่องจาก พบอาการเนื้อแก้วและยางไหล โดยเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน พบอาการเนื้อแก้วและยางไหลเฉลี่ย 18.7 และ 21.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 6.21 และ 6.22) นอกจากนี้ การบรรจุมังคุดในตะกร้าพลาสติกยังเป็นสาเหตุให้มังคุดเปลือกแข็งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ซึ่งเกิดจากการสูญเสียน้ำหนักที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น สำหรับค่าคะแนนความชอบโดยรวมพบว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นมังคุดทุกกรรมวิธีมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมลดลง โดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน มังคุดที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมน้อยที่สุด 6.67 คะแนน ทั้งนี้เนื่องจากมังคุดมีอาการเปลือกแข็งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ในขณะที่กรรมวิธีอื่นมีค่าคะแนน 7.33 คะแนน (Figure 6.23) แต่อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

กรมวิชาการเกษตร

(A) (B)

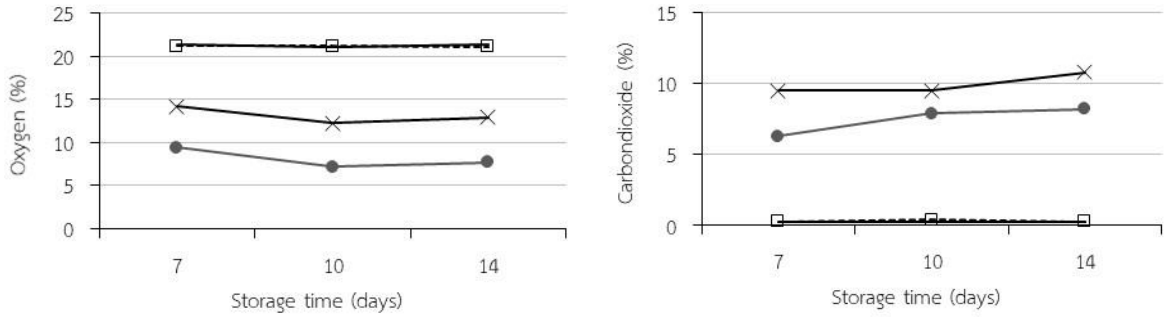


Figure 6.15 Oxygen (%) (A) and carbon dioxide (%) (B) in mangosteen packaging during stored at 13°C

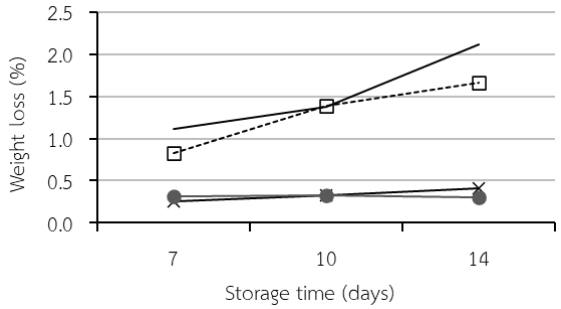


Figure 6.16 Weight loss (%) of mangosteen during stored at 13°C

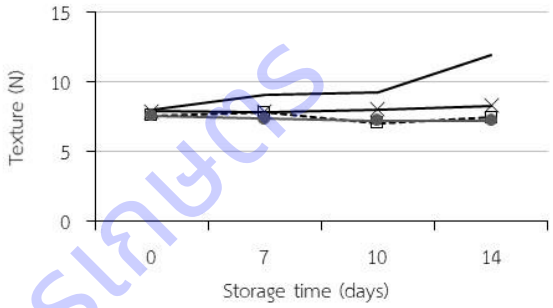


Figure 6.17 Texture (N) of mangosteen during stored at 13°C

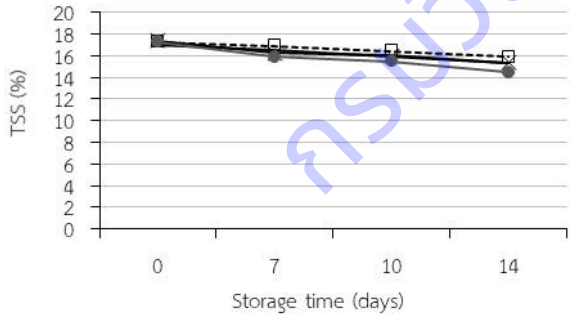


Figure 6.18 Total soluble solids (%) of mangosteen fruits during stored at 13°C

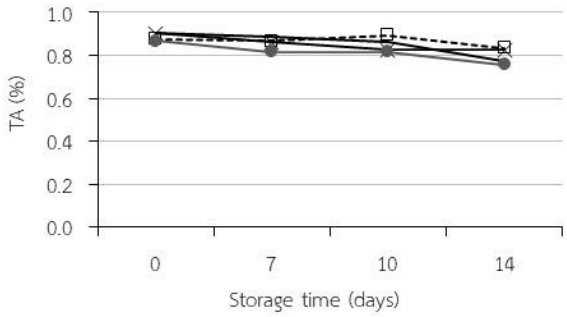


Figure 6.19 Titratable acidity (%) of mangosteen fruits during stored at 13°C

กรมวิชาการเกษตร

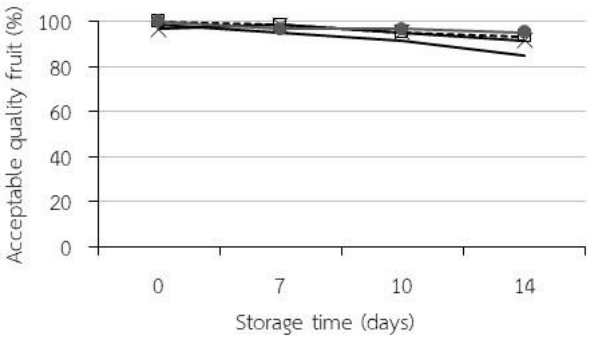


Figure 6.20 Acceptable quality fruit (%) of mangosteen fruits during stored at 13°C

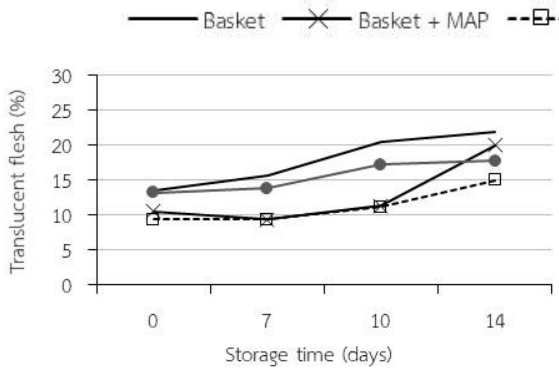


Figure 6.21 Translucent flesh (%) of mangosteen fruits during stored at 13°C

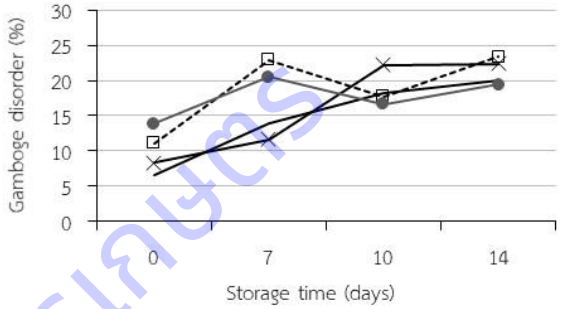


Figure 6.22 Gamboge disorder (%) of mangosteen fruits during stored at 13°C

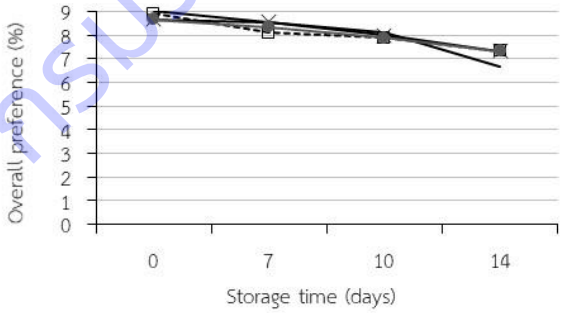
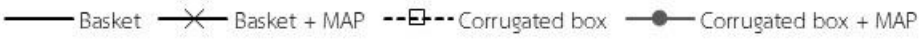


Figure 6.23 Overall preference scores (1-9) of mangosteen fruits during stored at 13°C (1= dislike extremely, 5= neither like nor dislike, 9= like extremely)



กรมวิชาการเกษตร

13°C 7 days

13°C 7 days

Figure 6.24 Mangosteen stored at 13°C for 7 days

13°C 10 days

13°C 10 days

Figure 6.25 Mangosteen stored at 13°C for 10 days

13°C 14 days

13°C 14 days

Figure 6.26 Mangosteen stored at 13°C for 14 days

ศูนย์วิทยทรัพยากร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1. การส่งออกส้มโอไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ควรเคลือบผิวส้มโอด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เพื่อรักษาคุณภาพและความสดของส้มโอ และการบรรจุส้มโอที่เคลือบผิวในกล่องกระดาษลูกฟูกหรือกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถยืดอายุส้มโอได้นานกว่า 9 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และยังสามารถวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้ไม่น้อยกว่า 7 วัน

2. บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการบรรจุมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม พบว่า การบรรจุมังคุดในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน กล่องกระดาษลูกฟูก และกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ลดอาการเปลือกแข็งของมังคุด และสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ได้นาน 14 วัน อีกทั้งยังสามารถวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้นาน 3 วัน ภายหลังนำออกจากห้องเย็น

เอกสารอ้างอิง (Reference)

กวิศร์ วานิชกุล. 2522. ดัชนีการเก็บเกี่ยวและการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวมังคุด. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

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

ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ ปรางค์ทอง กวานห้อง คมจันทร์ สรงจันทร์ และงามพิศ สุดเสน่ห์. 2561. การพัฒนาสารเคลือบผิวที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผลิตผลสด. 415-439 น. *ใน* รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2561 กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์. 2559. สืบค้นจาก: สาระน่ารู้ : ยืดอายุผักผลไม้สดด้วยบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ. https://www.mtec.or.th/academic-services/mtec-knowledge/1389-. [15 ต.ค. 2560].

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

สมชาย บุญก่อเกื้อ. 2559. มังคุดผิวมัน มังคุดคุณภาพ อำเภอแกลง จังหวัดระยอง. สืบค้นจาก: https://www.khaosod.co.th/view_newsonline.php?newsid=1469602054. [1 ก.พ. 2562].

Augustin, M.A. and M.N. Azudin. 1986. Storage of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). *ASEAN Food J.* 2: 78-80.

Boonyakiat, D., P. Seehanam and N. Rattanapanone. 2012. Effect of fruit size and coating material on quality of tangerine fruit cv. Sai Nam Phueng. *CMU. J. Nat. Sci.* 11: 213-230.

Candlish, J.K., L. Gourley and H.P. Lee. 1987. Dietary fiber and starch in some southeast Asian fruit. *J. Food Composition Anal*. 1: 81-84.

Dostal, H.C. 1970. The biochemistry and physiology of ripening. *HortSci*. 5: 36-37.

สำนักวิชาการเกษตร

Hassan, Z.H., Lesmayati, S. Qomariah, R., and Hasbianto, A. (2014). Effects of wax coating applications and storage temperatures on the quality of tangerine citrus (*Citrus reticulata*) var. Siam Banjar. *International Food Research Journal.* 21: 641-648.

Raynal, J., M. Moutounet and J. Souquet. 1989. Intervention of phenolic compounds in plum technology. 1. Changes during drying. *J. Agric. Food Chem*. 37: 1046-1050.

Shahid, M.N., and N.A. Abbasi. 2011. Effect of bee wax coatings on physiological changes in fruits of sweet orange cv. "Blood Red". *Sarhad Journal of Agriculture*. 27: 385-394.

Tongdee, S.C. and A. Suwanagul. 1989. Postharvest mechanical damage in mangosteen. *ASEAN Food J*. 4(4): 151-155.

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

วิธีการยืดอายุกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวต่อถุง และแบบผลกลุ่ม (3 ผล) ต่อถุง โดยใช้สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด 1 ซอง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส กรรมวิธีในการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งจากพื้นที่ปลูกจังหวัดจันทบุรีและชุมพร คือ ใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน สามารถเก็บรักษามังคุดได้นาน 28 วัน การฉีดพ่นปุ๋ยแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.5% แก่มะม่วง ระยะ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของค่าความแน่นเนื้อผล และการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการการเก็บรักษาผักสลัด mix (บัตเตอร์เฮดและคอส) คือ บรรจุในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน หรือใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วัน ข้าวโพดฝักอ่อน คือ บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 20 วัน บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษาเงาะ คือ บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน หรือบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 14 วัน มังคุด คือ บรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC หรือบรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 15,000 – 20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษา นาน 15 วัน สำหรับการรักษาคุณภาพส้มโอ ควรเคลือบด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ แล้วบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกหรือกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถยืดอายุส้มโอได้นานกว่า 9 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และยังสามารถวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้ไม่น้อยกว่า 7 วัน และบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการบรรจุมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม คือ บรรจุมังคุดในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน กล่องกระดาษลูกฟูก และกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ได้นาน 14 วัน อีกทั้งยังสามารถวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้นาน 3 วัน ภายหลังนำออกจากห้องเย็น ซึ่งผลการวิจัยที่ได้นี้จะนำไปตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร และนำเสนอในงานประชุมวิชาการระดับชาติต่อไป

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

นพดล จรัสสัมฤทธิ์. 2537. ฮอร์โมนและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1.กองพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ. 235 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2547. บทที่ 10 สารเคลือบผิวที่บริโภคได้. ใน *เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร. (นิธิยา รัตนาปนนท์ และไพโรจน์ วิริยจารี บรรณาธิการ).* คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 179-198.

Beaudry R. 1999. Effect of O2 and CO2 partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. Postharvest Biology and Technology. 15: 293-303.

Elmer, P.A.G., T.M. Spiers and P.N. Wood. 2007. OlEffects of pre-harvest foliar calcium on fruit calcium levels and brown rot of peaches. Crop Protection. 26: 11-18.

Fagundesa C, K. Moraesa, M.B. Pérez-Gagob, L. Paloub, M. Maraschinc and A.R. Monteiroa. 2015. Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes. Postharvest Biology and Technology. 109: 73-81.

Ghani, M.A.A., Y. Awang and K. Sijam. 2011. Disease occurrence and fruit quality of pre-harvest calcium treated red flesh dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). African Journal of Biotechnology. 10: 1550-1558.

Nigro, F., L. Schena, A. Ligorio, I. Pentimone, A. Ippolito and M.G. Salerno. 2006. Control of table grape storage rots by pre-harvest applications of salts. Postharvest Biolology and technology. 42: 142-149.

Watada, A.E., N.P. Ko and D.A. Minott. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. Postharvest Biology and Technology. 9: 115-125.

Wojcik, P. and M. Lewandowski. 2003. Effect of calcium and boron sprays on yield and quality of “Elsanta” strawberry. Journal of Plant Nutrition. 26: 671-682.

Rattanapanone, N., Y. Lee, T. Wu and A.E. Watada. 2001. Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere. HortScience 36(6): 1091-1095.

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

ลิขสิทธิ์การเกษตร

ภาคผนวก ก

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.1 Oxygen (%) in salad mix packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
OPP film (control)	20.83 a A	15.85 c E	16.88 c D	19.45 a B	18.05 b C	17.92 b C	17.33 c B	19.28 a B
OPP MPF	20.93 a A	18.85 a C	19.60 a BC	18.80 ab C	19.73 a C	19.58 a C	20.40 a B	19.88 a B
LDPE MPF	20.85 a A	17.55 ab B	17.10 c B	17.43 bc B	17.30 b B	16.98 b B	17.18 c B	17.98 b B
Plastic tray + OPP MPF	20.90 a A	18.30 a C	18.35 b C	18.28 b C	19.55 a B	17.83 b C	19.05 b BC	19.93 a AB
Plastic tray + LDPE MPF	20.83 a A	17.88 a B	17.35 bc B	17.03 c B	17.13 b B	17.90 b B	17.33 c B	17.45 b B
CV treatment 4.3% CV storage time 3.9%								

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.2 Carbon dioxide (%) in salad mix packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
OPP film (control)	0.43 a C	4.38 a A	3.98 a A	1.95 b B	2.70 a B	2.25 b B	1.78 ab B	2.38 a B
OPP MPF	0.48 a C	2.78 b A	2.18 c AB	2.93 a A	1.93 b B	2.15 b AB	1.45 b B	1.70 ab B
LDPE MPF	0.50 a B	2.23 b A	2.13 c A	1.83 b A	1.85 b A	1.90 b A	1.85 ab A	1.68 ab A
Plastic tray + OPP MPF	0.40 a E	2.90 b AB	3.08 b AB	3.03 a AB	2.05 a CD	3.23 a A	2.30 a BC	1.43 b D
Plastic tray + LDPE MPF	0.45 a B	2.28 b A	2.08 c A	2.00 b A	1.85 b A	1.68 b A	1.78 ab A	1.73 ab A
CV treatment 19.7% CV storage time 25.1%								

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.3 Weight loss (%) of salad mix packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)								Treatment
	0	3	6	9	12	15	18	21	mean
OPP film (control)	0.00	0.44	0.40	0.40	0.66	0.40	0.73	0.64	0.44 ab
OPP MPF	0.00	0.37	0.40	0.27	0.58	0.44	0.59	0.87	0.44 ab
LDPE MPF	0.00	0.14	0.44	0.29	0.44	0.41	0.48	0.66	0.40 a
Plastic tray + OPP MPF	0.00	0.27	0.41	0.31	0.48	0.52	0.66	1.12	0.50 ab
Plastic tray + LDPE MPF	0.00	0.19	0.50	0.42	0.59	0.55	0.73	0.70	0.51 b
Storage time mean	0.00 A	0.47 CD	0.43 BC	0.34 D	0.55 DE	0.56 CD	0.60 E	0.80 F	
CV treatment 38.7% CV storage time 37.9%									

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.4 L value of salad mix packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)								Treatment
	0	3	6	9	12	15	18	21	mean
OPP film (control)	42.47	44.07	41.44	42.39	42.50	44.31	44.09	43.59	43.11 a
OPP MPF	42.13	43.43	43.75	41.16	43.93	42.80	43.48	43.96	43.08 a
LDPE MPF	42.58	43.59	42.36	42.38	42.86	42.48	43.43	42.78	42.81 a
Plastic tray + OPP MPF	42.64	44.06	42.52	42.27	44.62	43.46	41.81	43.49	43.11 a
Plastic tray + LDPE MPF	43.09	42.65	42.65	43.03	41.23	44.33	43.69	43.18	42.98 a
Storage time mean	42.58 AB	43.56 A	42.54 AB	42.25 B	43.03 AB	43.48 A	43.30 AB	43.40 AB	
CV treatment 4.4% CV storage time 4.0%									

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.5 a* value of salad mix packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
OPP film (control)	-11.24 a B	-10.96 a AB	-11.01 a AB	-10.15 a A	-10.73 b AB	-10.99 ab AB	-10.83 a AB	-10.79 a AB
OPP MPF	-10.76 a AB	-11.24 a AB	-11.26 a AB	-10.74 ab AB	-10.45 ab A	-11.54 b B	-11.06 a AB	-11.30 ab AB
LDPE MPF	-10.69 a ABC	-11.06 a BC	-10.83 a ABC	-9.99 a A	-10.22 ab AB	-10.60 a ABC	-11.10 a BC	-11.31 ab C
Plastic tray + OPP MPF	-10.96 a AB	-10.86 a AB	-10.81 a A	-11.21 b AB	-10.43 ab A	-10.59 a A	-10.51 a A	-11.74 b B
Plastic tray + LDPE MPF	-12.09 b C	-10.97 a B	-11.13 a B	-10.65 ab AB	-9.89 a A	-10.88 ab B	-10.83 a B	-10.59 a AB
CV treatment 5.7% CV storage time 5.4%								

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.6 b* value of salad mix packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
OPP film (control)	27.76 ab ABC	26.60 a AB	28.05 a BC	25.83 a A	27.93 b BC	28.68 b C	28.39 b BC	27.44 a ABC
OPP MPF	27.26 a A	27.82 a A	28.18 a A	26.75 ab A	27.34 ab A	28.56 ab A	27.85 b A	28.13 a A
LDPE MPF	28.81 ab B	27.09 a AB	26.44 a A	27.34 ab AB	26.86 ab AB	26.79 a AB	27.56 b AB	27.06 a AB
Plastic tray + OPP MPF	28.85 ab B	27.06 a AB	27.23 a AB	27.72 b B	26.87 ab AB	27.73 ab B	25.49 a A	28.08 a B
Plastic tray + LDPE MPF	29.38 b C	27.24 a AB	26.79 a AB	27.56 ab ABC	25.64 a A	27.99 ab BC	27.65 b ABC	27.28 a AB
CV treatment 5.8% CV storage time 4.6%								

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.7 Total soluble solid (°brix) of salad mix packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
OPP film (control)	4.90 a A	4.28 a A	4.00 a A	4.10 ab A	4.73 a A	4.25 a A	4.03 a A	4.30 a A
OPP MPF	5.10 a A	4.70 a AB	3.68 a C	4.68 a AB	3.98 a BC	4.25 a ABC	4.30 a ABC	4.35 a ABC
LDPE MPF	4.90 a A	4.40 a AB	3.93 a B	3.60 b B	4.18 a AB	4.08 a AB	4.03 a AB	3.78 a B
Plastic tray + OPP MPF	4.80 a A	4.05 a AB	4.05 a AB	4.63 a AB	4.48 a AB	4.73 a AB	4.23 a AB	3.80 a B
Plastic tray + LDPE MPF	5.00 a A	4.43 a AB	3.85 a B	3.78 ab B	4.25 a AB	4.10 a AB	4.03 a B	4.35 a AB
CV treatment 15.7% CV storage time 13.6%								

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.8 Freshness (score) of salad mix packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
OPP film (control)	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	3.50	2.75	3.00
OPP MPF	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	3.50	3.00	3.50
LDPE MPF	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	3.50	2.88	3.00
Plastic tray + OPP MPF	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	3.50	3.00	3.25
Plastic tray + LDPE MPF	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	3.50	2.75	2.88

Score 5= very fresh 4=fresh 3=moderate fresh 2=little fresh 1=not fresh

Table 4.9 Appearance (score) of salad mix packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
OPP film (control)	5.00	5.00	5.00	3.75	3.13	3.00	3.00	3.00
OPP MPF	5.00	5.00	5.00	4.00	3.13	3.00	3.25	3.25
LDPE MPF	5.00	5.00	5.00	3.88	3.13	3.00	2.63	3.25
Plastic tray + OPP MPF	5.00	5.00	5.00	4.00	3.25	3.00	3.50	3.00
Plastic tray + LDPE MPF	5.00	5.00	5.00	3.88	3.25	3.00	3.00	3.13

กรมวิทยาศาสตร์

Table 4.10 Overall preference score of salad mix packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Control	9.00	5.00	5.00	7.75	7.13	7.00	6.00	5.50
LDPE MPF (S) 100 g	9.00	5.00	5.00	8.00	7.13	7.00	6.13	5.63
LDPE MPF (S) 200 g	9.00	5.00	5.00	7.88	7.13	7.00	4.88	5.25
LDPE MPF (L) 100 g	9.00	5.00	5.00	8.00	7.25	7.00	7.00	5.25
LDPE MPF (L) 200 g	9.00	5.00	5.00	7.88	7.25	7.00	6.00	5.00

Overall preference score according to 9-pointhedonic 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

Score less than 6 = not accept

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.11 Oxygen (%) in baby corn packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	5	10	15	20	25	30
Tray + PVC	17.92 ab A	2.70 c BC	4.04 d B	3.17 c BC	2.29 c BC	2.20 d BC	1.86 d C
OPP MPF	16.72 b A	12.90 a B	14.07 a B	14.28 a B	13.31 a B	13.58 a B	13.47 a B
LDPE MPF	17.43 ab A	11.79 a B	11.55 b B	11.44 b B	11.42 b B	10.11 b BC	9.30 b C
Tray + OPP MPF	18.05 ab A	12.75 a BC	12.77 a BC	14.08 a B	13.88 a B	13.03 a BC	11.92 a C
Tray + LDPE MPF	18.68 a A	8.98 b BC	8.11 c CD	10.29 bc B	10.05 b B	6.90 c D	4.55 c E
CV treatment 15.4% CV storage time 13.6%							

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.12 Carbon dioxide (%) in baby corn packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	5	10	15	20	25	30
Tray + PVC	1.95 b B	3.27 d A	3.35 e A	3.23 c A	3.07 c A	3.22 c A	3.20 d A
OPP MPF	3.45 a C	8.75 a A	8.27 b A	7.34 a B	8.60 a A	8.00 a AB	8.38 b A
LDPE MPF	2.78 ab D	5.13 c BC	5.52 d ABC	4.92 b C	5.20 b BC	5.93 b AB	6.22 c A
Tray + OPP MPF	2.82 ab E	9.15 a AB	9.60 a A	7.67 a D	8.03 a CD	8.67 a BC	9.78 a A
Tray + LDPE MPF	2.48 b D	6.20 b AB	6.48 c AB	5.28 b C	5.58 b BC	6.38 b AB	7.13 c A
CV treatment 18.1% CV storage time 13.0%							

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.13 Weight loss (%) of baby corn packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	5	10	15	20	25	30
Tray + PVC	0.00 a A	1.80 c C	1.31 c B	1.79 b C	1.72 b E	1.88 b C	2.10 b D
OPP MPF	0.00 a A	0.38 a B	0.53 a BC	0.68 a CD	0.58 a BC	0.66 a CD	0.87 a D
LDPE MPF	0.00 a A	0.29 a B	0.67 b CD	0.53 a BC	0.64 a CD	0.67 a CD	0.86 a D
Tray + OPP MPF	0.00 a A	0.47 a B	1.23 c E	0.75 a CD	0.60 a BC	0.57 a BC	0.93 a D
Tray + LDPE MPF	0.00 a A	1.15 b D	0.89 b C	0.76 a BC	0.80 a BC	0.53 a B	0.86 a C
CV treatment 35.0% CV storage time 27.7%							

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.14 L value of baby corn packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	5	10	15	20	25	30
Tray + PVC	73.67 a A	72.83 a AB	70.66 c C	72.61 a B	70.06 c CD	71.83 ab B	69.08 b D
OPP MPF	73.74 a A	73.04 a A	71.73 b B	71.73 b B	71.68 a B	71.46 b B	69.18 b C
LDPE MPF	73.96 a A	72.64 a B	72.53 a B	71.43 b C	72.43 a BC	71.94 ab BC	69.54 b D
Tray + OPP MPF	73.85 a A	73.11 a AB	73.52 a AB	72.60 a B	72.55 a B	72.58 a B	70.60 a C
Tray + LDPE MPF	74.37 a A	73.11 a B	72.34 b BC	72.83 a B	71.34 b C	72.11 ab BC	70.03 a D
CV treatment 1.0% CV storage time 1.2%							

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.15 a* value of baby corn packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	5	10	15	20	25	30
Tray + PVC	2.92 a A	2.64 a A	2.90 a A	2.78 a A	3.84 b B	3.75 c B	4.07 b B
OPP MPF	3.02 a AB	2.77 a A	2.98 a A	3.35 b BC	3.62 ab C	3.67 c C	4.22 ab D
LDPE MPF	3.03 a BC	2.66 a A	2.95 a AB	3.46 b D	3.87 b E	3.31 b CD	4.53 c A
Tray + OPP MPF	3.02 a BC	2.59 a A	3.10 a C	3.28 ab CD	3.50 a DE	2.71 a AB	3.71 a E
Tray + LDPE MPF	3.06 a AB	2.79 a A	2.92 a A	3.36 b B	3.81 ab C	2.94 a A	3.96 ab C
CV treatment 6.6% CV storage time 8.9%							

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.16 b* value of baby corn packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	5	10	15	20	25	30
Tray + PVC	35.95 b A	34.38 a B	32.60 a CDE	33.13 a BCD	31.22 b E	34.04 a BC	31.53 a DE
OPP MPF	38.65 a A	31.05 b B	30.36 b B	31.24 b B	30.57 b B	31.03 a B	28.34 b C
LDPE MPF	37.82 a A	30.07 b B	31.27 ab B	31.56 ab B	30.88 b B	31.36 a B	30.44 a B
Tray + OPP MPF	38.41 a A	30.87 b CD	32.76 ab B	31.35 b BC	30.92 b CD	29.36 b D	29.63 b D
Tray + LDPE MPF	37.26 ab A	32.96 a BC	31.92 ab BCD	32.45 ab BCD	33.56 a B	30.86 ab D	31.43 a CD
CV treatment CV 4.4% storage time 4.2%							

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.17 Total soluble solid (brix) of baby corn packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	5	10	15	20	25	30
Tray + PVC	8.03 b C	8.33 c C	9.58 a AB	9.72 a A	9.20 a AB	9.32 a AB	9.00 a B
OPP MPF	8.32 a CD	9.32 a AB	9.82 a A	9.12 b B	9.10 a B	8.80 ab BC	8.02 c D
LDPE MPF	8.38 a C	8.96 ab ABC	9.52 a A	9.22 ab AB	8.95 a ABC	8.88 ab BC	8.37 bc C
Tray + OPP MPF	8.10 a D	8.30 c CD	9.12 a AB	9.48 ab A	8.85 a BC	8.35 b CD	8.25 bc CD
Tray + LDPE MPF	8.65 a C	8.74 bc C	9.65 a A	9.08 b ABC	9.40 a AB	8.92 a BC	8.73 ab C
CV treatment 5.1% CV storage time 5.6%							

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.18 Freshness (score) of baby corn packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	5	10	15	20	25	30
Tray + PVC	5.00	5.00	5.00	4.50	3.25	3.42	2.83
OPP MPF	5.00	5.00	5.00	4.33	3.00	3.50	1.25
LDPE MPF	5.00	5.00	5.00	4.08	3.00	3.25	1.92
Tray + OPP MPF	5.00	5.00	5.00	4.50	3.67	3.33	2.50
Tray + LDPE MPF	5.00	5.00	5.00	4.33	3.42	3.17	2.67

Score 5= very fresh 4=fresh 3=moderate fresh 2= slightly fresh 1=not fresh

กรมวิชาการเกษตร

Table 4.19 Browning (score) of baby corn packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	5	10	15	20	25	30
Tray + PVC	1.00	1.00	1.00	1.08	2.00	1.58	2.58
OPP MPF	1.00	1.00	1.00	1.33	2.00	1.83	3.17
LDPE MPF	1.00	1.00	1.00	1.75	2.00	2.17	3.17
Tray + OPP MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.08	1.83	2.50
Tray + LDPE MPF	1.00	1.00	1.00	1.42	1.58	1.92	2.50

Score 5=no browning 4=browning 1-25% 3=browning 26-50% 2=browning 51-75% 1=browning>75%

Table 4.20 Overall preference score of baby corn packed in different packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	5	10	15	20	25	30
Tray + PVC	9.00	9.00	9.00	8.42	5.92	6.25	4.92
OPP MPF	9.00	9.00	9.00	8.00	6.00	5.92	2.25
LDPE MPF	9.00	9.00	9.00	7.33	5.67	4.58	2.92
Tray + OPP MPF	9.00	9.00	9.00	8.50	7.58	5.25	4.58
Tray + LDPE MPF	9.00	9.00	9.00	8.08	6.42	4.92	4.33

Overall preference score according to 9-pointhedonic 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

Score less than 6 = not accept

กรมวิทยาศาสตร์

ภาคผนวก ข

กรมวิชาการเกษตร

Table 5.1 Oxygen (%) in rambutan packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Tray + PVC	20.63 a A	5.69 c C	8.68 a B	6.32 b C	3.07 c D	0.00 b E	0.00 c E	0.00 c E	0.00 c E
OPP MPF	20.58 a A	9.39 b B	8.24 a BC	6.94 b CD	8.41 a BC	6.71 a CD	5.67 a DE	4.49 a E	5.58 a DE
LDPE MPF	19.55 a A	9.45 b B	7.40 b CD	8.01 a BC	6.63 b CDE	6.35 a CDE	4.50 b F	5.36 a EF	5.81 a DEF
Tray + OPP MPF	20.55 a A	12.18 a B	9.84 a C	9.57 a C	7.05 a D	6.91 a D	6.26 a D	3.53 b E	3.61 b E
Tray + LDPE MPF	20.50 a A	10.53 a B	8.94 a BC	7.59 b CD	6.65 b DE	6.40 a DE	5.66 a E	5.95 a DE	3.81 b F
CV treatment 16.8% CV storage time 18.7%									

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 5.2 Carbon dioxide (%) in rambutan packaging during store at 5°C

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Tray + PVC	0.63 a C	3.05 c B	2.95 c B	2.97 d B	4.56 d A	0.00 d C	0.00 c C	0.00 b C	0.00 c C
OPP MPF	0.60 a F	9.45 a E	12.35 a D	14.68 a BC	13.85 b C	15.83 a B	16.00 a B	18.80 a A	17.88 a A
LDPE MPF	0.68 a E	5.38 b D	6.02 b BCD	5.70 c CD	6.73 c A-D	6.83 c ABC	7.65 b A	7.03 b ABC	7.43 b AB
Tray + OPP MPF	0.67 a E	7.79 b D	10.77 b C	11.98 b C	15.20 a B	13.98 b B	15.30 a B	19.60 a A	18.38 a A
Tray + LDPE MPF	0.68 a D	5.20 b C	5.42 b BC	5.98 c BC	6.75 c AB	6.35 c BC	6.65 b BC	6.50 b BC	8.03 b A
CV treatment 13.7% CV storage time 14.5%									

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 5.3 Weight loss (%) of rambutan packed in different packaging

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Tray + PVC	0.00 a A	0.24 a B	0.72 c C	0.78 b CD	0.66 b C	0.93 c D	1.34 c E	1.40 b E	1.67 c F
OPP MPF	0.00 a A	0.22 a B	0.34 a BC	0.36 a BC	0.40 a C	0.69 b DE	0.55 a D	0.73 a E	0.98 b F
LDPE MPF	0.00 a A	0.19 a B	0.32 a B	0.33 a B	0.32 a C	0.53 a C	0.56 a C	0.71 a D	0.75 a D
Tray + OPP MPF	0.00 a A	0.27 a B	0.52 b C	0.71 a DE	0.69 c DE	0.61 a CD	0.69 b DE	0.82 a E	0.99 b F
Tray + LDPE MPF	0.00 a A	0.14 a A	0.84 c B	0.72 a B	0.82 c B	0.82 c B	0.74 b B	0.74 a B	1.12 b C
CV treatment 23.8% CV storage time 22.2%									

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 5.4 L value of rambutan packed in different packaging

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Tray + PVC	36.71 a AB	35.83 ab AB	40.01 a A	36.93 a AB	37.70 a AB	36.36 ab AB	33.87 a B	36.19 a AB	34.57 a B
OPP MPF	40.57 a A	31.96 b CD	36.73 a AB	37.77 a AB	33.68 b BC	39.40 a A	33.58 a BC	31.30 b CD	29.19 b D
LDPE MPF	39.17 a A	37.16 a AB	39.75 a A	35.41 a ABC	34.80 ab BC	36.28 ab ABC	32.60 a C	34.69 ab BC	33.71 a BC
Tray + OPP MPF	29.12 a C	36.93 a A	37.45 a A	37.33 a A	38.45 a A	38.26 a A	32.30 a BC	38.03 a A	34.07 a AB
Tray + LDPE MPF	33.96 a B	35.91 ab AB	38.66 a A	35.03 a AB	37.20 a AB	34.02 b B	35.29 a AB	36.56 a AB	34.62 a AB
CV treatment 10.5% CV storage time 9.7%									

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 5.5 a* value of rambutan packed in different packaging

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Tray + PVC	23.24 a C	28.47 a ABC	23.77 b BC	29.98 a A	26.65 a ABC	29.78 a AB	29.08 ab ABC	28.44 a ABC	28.49 b ABC
OPP MPF	19.99 b C	29.88 a A	29.69 a A	28.25 a AB	31.16 a A	23.40 b BC	33.39 a A	31.37 a A	34.37 a A
LDPE MPF	22.48 ab C	27.02 a ABC	23.77 b BC	28.52 a AB	27.65 a ABC	28.13 ab ABC	30.62 ab A	31.04 a A	31.11 a A
Tray + OPP MPF	24.87 a B	27.75 a AB	28.24 ab AB	28.46 a AB	30.42 a AB	29.83 a AB	31.87 ab A	26.08 a AB	28.57 ab AB
Tray + LDPE MPF	27.01 a A	27.61 a A	29.90 a A	30.17 a A	28.12 a A	32.46 a A	27.26 b A	31.28 a A	31.29 a A
CV treatment 16.1% CV storage time 16.5%									

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 5.6 Total soluble solids (°brix) of rambutan packed in different packaging

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Tray + PVC	19.05 b DE	20.88 a A	20.27 a ABC	20.55 a AB	17.70 b F	18.68 a E	20.33 a ABC	19.40 a CDE	19.78 ab BCD
OPP MPF	18.35 b B	20.82 a A	20.90 a A	20.82 a A	18.85 a B	18.73 a B	20.08 a A	18.58 a B	20.28 a A
LDPE MPF	20.05 a BC	21.47 a A	20.18 a BC	20.48 a AB	18.80 a D	18.32 a D	20.38 a B	19.22 a CD	20.53 a AB
Tray + OPP MPF	20.05 a AB	20.55 a A	20.23 a AB	20.20 a AB	18.10 a D	19.27 a BC	20.52 a A	18.63 a CD	19.27 b BC
Tray + LDPE MPF	20.35 a ABC	20.57 a AB	20.13 a A-D	20.83 a A	18.10 a E	19.28 a CD	19.55 a BCD	19.12 a D	19.83 ab A-D
CV treatment 4.2% CV storage time 4.3%									

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 5.7 Titratable acidity (%) of rambutan packed in different packaging

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Tray + PVC	0.49 ab A	0.49 a A	0.42 a C	0.42 a C	0.49 a A	0.46 a ABC	0.48 a AB	0.44 a BC	0.45 a BC
OPP MPF	0.46 b A	0.42 b BC	0.41 a BCD	0.45 a AB	0.43 b ABC	0.41 b BCD	0.37 c D	0.37 b D	0.40 c CD
LDPE MPF	0.50 a A	0.36 c E	0.41 a CD	0.45 a BC	0.43 b C	0.41 b CD	0.39 b DE	0.43 a CD	0.48 a AB
Tray + OPP MPF	0.50 a A	0.38 c C	0.39 a BC	0.43 a B	0.41 b BC	0.37 c C	0.41 b BC	0.37 b C	0.39 c BC
Tray + LDPE MPF	0.47 ab A	0.37 c E	0.39 a DE	0.43 a BCD	0.47 a AB	0.45 a ABC	0.37 c E	0.42 b CD	0.44 b ABC
CV treatment 6.3% CV storage time 8.4%									

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 5.8 Vitamin C (mg/100 ml) of rambutan packed in different packaging

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Tray + PVC	32.35 b BC	34.64 a AB	32.55 a BC	24.65 b D	35.98 a AB	37.80 a A	28.85 b C	16.99 c E	19.70 b E
OPP MPF	36.40 a A	34.53 a AB	30.78 a BC	28.44 a C	36.86 a A	31.25 b BC	30.13 ab C	17.43 c D	21.10 a D
LDPE MPF	34.54 ab B	32.90 a BC	29.12 a C	28.84 a C	40.78 a A	30.85 b BC	30.59 a BC	20.59 bc D	21.54 a D
Tray + OPP MPF	37.39 a A	33.77 a AB	30.39 a B	29.74 a B	29.71 b B	33.23 b B	33.70 a AB	23.75 b C	19.37 b D
Tray + LDPE MPF	36.18 a A	34.31 a A	20.49 b E	28.64 a BC	29.51 b BC	32.64 b AB	28.85 b BC	27.45 a CD	23.81 a DE
CV treatment 9.6% CV storage time 11.2%									

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 5.9 Peel browning (score) of rambutan packed in different packaging

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Tray + PVC	1.00	1.00	1.00	1.17	1.33	2.08	2.17	1.83	3.25
OPP MPF	1.00	1.00	1.00	1.08	1.67	1.58	1.67	1.92	3.58
LDPE MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.92	2.42	1.83	3.25
Tray + OPP MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.67	1.58	2.00	1.50	2.42
Tray + LDPE MPF	1.00	1.00	1.00	1.08	2.00	1.83	1.83	2.00	3.25

Score 5=no browning 4=browning 1-25% 3=browning 26-50% 2=browning 51-75% 1=browning>75%

Table 5.10 Spindle hair browning (score) of rambutan packed in different packaging

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Tray + PVC	1.00	1.00	1.00	1.33	1.92	1.92	2.08	1.75	3.33
OPP MPF	1.00	1.50	1.25	1.33	2.08	1.92	2.00	2.25	3.83
LDPE MPF	1.00	1.08	1.00	1.17	2.00	2.00	2.17	1.67	3.33
Tray + OPP MPF	1.00	1.00	1.17	1.00	1.25	1.83	2.08	1.58	3.00
Tray + LDPE MPF	1.00	1.08	1.00	1.08	1.58	2.42	1.50	1.50	2.92

Score 5=no browning 4=browning 1-25% 3=browning 26-50% 2=browning 51-75% 1=browning>75%

กรมวิชาการเกษตร

Table 5.11 Decay (score) of rambutan packed in different packaging

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Tray + PVC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
OPP MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.17	1.00	1.17	1.08	2.17
LDPE MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.17	1.17	1.00	2.17
Tray + OPP MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tray + LDPE MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.75

Score 5=no decay 4=decay 1-25% 3=decay 26-50% 2=decay 51-75% 1=decay>75%

Table 5.12 Appearance preference (score) of rambutan packed in different packaging

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Tray + PVC	9.00	9.00	9.00	8.67	8.08	6.50	6.08	7.67	3.67
OPP MPF	9.00	9.00	9.00	8.67	7.83	6.92	6.67	7.00	1.67
LDPE MPF	9.00	9.00	9.00	8.83	8.08	6.17	5.92	7.50	2.42
Tray + OPP MPF	9.00	9.00	9.00	9.00	8.08	6.75	6.58	7.92	5.00
Tray + LDPE MPF	9.00	9.00	9.00	8.83	7.50	6.00	7.00	7.50	3.25

Appearance preference score according to 9-pointhedonic 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

Score less than 6 = not accept

กรมวิชาการเกษตร

Table 5.13 Off flavor (score) of rambutan packed in different packaging

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Tray + PVC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.17	1.17
OPP MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.17	1.50
LDPE MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.17
Tray + OPP MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.33
Tray + LDPE MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.58

Score 5=no off flavor 4= off flavor slightly 3= off flavor moderately 2= off flavor very much 1= off flavor extremely

Table 5.14 Overall preference (score) of rambutan packed in different packaging

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Tray + PVC	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	8.92	8.33	8.58	7.42
OPP MPF	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	8.75	8.50	7.83	5.50
LDPE MPF	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	8.67	8.50	8.58	6.58
Tray + OPP MPF	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	8.50	8.67	8.75	3.58
Tray + LDPE MPF	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	8.33	8.33	8.42	4.42

Overall preference score according to 9-pointhedonic 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

Score less than 6=not accept

กรมวิชาการเกษตร

Table 5.15 Oxygen (%) in mangosteen packaging during store at 13°C

Treatment	Storage time (days)				
	0	5	10	15	20
Tray + PVC	20.62 a A	17.72 a B	18.40 a B	17.87 a B	16.83 a B
OPP MPF	20.37 a A	14.00 bc B	13.50 bc B	10.84 c C	12.80 b B
LDPE MPF	20.48 a A	14.82 b B	14.72 b B	8.88 d C	4.05 e D
Tray + OPP MPF	20.80 a A	14.63 b BC	14.83 b B	12.79 b C	8.39 d D
Tray + LDPE MPF	20.80 a A	12.12 c B	12.28 c B	11.06 b BC	9.27 c C
CV treatment 9.9% CV storage time 11.6%					

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

Table 5.16 Carbon dioxide (%) in mangosteen packaging during store at 13°C

Treatment	Storage time (days)				
	0	5	10	15	20
Tray + PVC	0.67 a B	1.98 c A	2.25 d A	2.35 d A	3.12 c A
OPP MPF	0.93 a D	8.02 a C	8.33 a C	11.68 a A	9.73 a B
LDPE MPF	0.95 a D	4.50 b C	4.72 c C	7.08 c B	9.45 a A
Tray + OPP MPF	0.50 a D	4.92 b C	7.04 b B	9.10 b A	9.08 ab A
Tray + LDPE MPF	0.90 a D	5.20 b C	5.35 c C	6.62 c B	7.93 b A
CV treatment 19.2% CV storage time 19.2%					

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Table 5.17 Weight loss (%) of mangosteen packed in micro perforated film during store at 13°C

Treatment	Storage time (days)				
	0	5	10	15	20
Tray + PVC	0.00 a A	0.28 c B	0.49 d C	0.60 e D	0.87 e E
OPP MPF	0.00 a A	0.06 a B	0.15 a C	0.20 b D	0.29 a E
LDPE MPF	0.00 a A	0.08 a B	0.13 a C	0.16 a C	0.33 b D
Tray + OPP MPF	0.00 a A	0.25 c B	0.40 c C	0.48 d D	0.67 d E
Tray + LDPE MPF	0.00 a A	0.24 b B	0.37 b C	0.45 c D	0.61 c E
CV treatment 8.5% CV storage time 10.5%					

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence by DMRT

Table 5.18 L value of mangosteen packed in micro perforated film during store at 13°C

Treatment	Storage time (days)				
	0	5	10	15	20
Tray + PVC	21.11 ab A	19.94 b B	20.40 b AB	20.96 a AB	20.84 ab AB
OPP MPF	21.76 a A	20.49 ab B	21.76 a A	21.13 a AB	21.39 a AB
LDPE MPF	21.32 ab A	21.37 a A	19.49 b B	21.20 a A	21.36 a A
Tray + OPP MPF	21.66 ab A	20.19 b B	21.40 a A	20.63 a AB	21.23 a A
Tray + LDPE MPF	20.77 b AB	21.15 a AB	21.29 ab A	21.39 a A	20.22 b B
CV treatment 4.9% CV storage time 4.0%					

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence

ศรีปทุมธานี

Table 5.19 a* value of mangosteen packed in micro perforated film during store at 13°C

Treatment	Storage time (days)					T-mean
	0	5	10	15	20	
Tray + PVC	10.57	12.35	9.77	9.81	10.03	10.50 a
OPP MPF	11.13	11.78	12.32	9.59	10.58	11.08 a
LDPE MPF	11.29	12.14	12.69	11.39	10.08	11.52 a
Tray + OPP MPF	10.09	11.58	12.04	8.70	9.24	10.33 a
Tray + LDPE MPF	10.67	10.78	11.44	11.08	8.89	10.57 a
S-mean	10.75 AB	11.73 A	11.65 A	10.11 B	9.76 B	
CV treatment 19.6% CV storage time 21.8%						

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence

Table 5.20 b* value of mangosteen packed in micro perforated film during store at 13°C

Treatment	Storage time (days)					T-mean
	0	5	10	15	20	
Tray + PVC	2.73	2.83	2.47	2.23	2.56	2.55 a
OPP MPF	2.39	2.67	2.46	2.78	2.33	2.33 a
LDPE MPF	2.32	2.81	3.32	2.59	2.42	2.42 a
Tray + OPP MPF	2.21	2.79	2.68	1.84	2.05	2.05 a
Tray + LDPE MPF	2.23	2.99	2.94	2.36	2.06	2.06 a
S-mean	2.38 B	2.82 A	2.77 A	2.36 B	2.28 B	
CV treatment 24.2% CV storage time 29.9%						

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence

กรมวิชาการเกษตร

Table 5.21 Peel firmness (N) of mangosteen packed in micro perforated film during store at 13°C

Treatment	Storage time (days)					T-mean
	0	5	10	15	20	
Tray + PVC	6.86	7.53	6.36	7.24	6.77	6.95 a
OPP MPF	6.78	7.67	6.44	6.84	7.59	7.06 a
LDPE MPF	7.59	6.93	6.18	6.45	7.47	6.92 a
Tray + OPP MPF	8.25	6.79	6.93	6.30	6.68	6.99 a
Tray + LDPE MPF	8.25	7.50	7.19	6.31	7.90	7.37 a
S-mean	7.48 A	7.28 AB	6.62 B	6.63 B	7.28 AB	
CV treatment 18.9% CV storage time 21.4%						

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence

Table 5.22 Total soluble solids (°Brix) of mangosteen packed in micro perforated film during store at 13°C

Treatment	Storage time (days)					T-mean
	0	5	10	15	20	
Tray + PVC	17.30	16.85	17.58	16.63	16.30	16.93 a
OPP MPF	17.08	16.77	16.75	16.67	16.08	16.67 a
LDPE MPF	16.98	16.72	16.38	17.72	16.30	16.82 a
Tray + OPP MPF	17.93	16.58	16.95	17.20	15.82	16.90 a
Tray + LDPE MPF	17.93	17.13	16.97	16.38	16.63	16.94 a
S-mean	17.38 A	16.81 B	16.93 A	16.92 A	16.23 C	
CV treatment 5.4% CV storage time 6.3%						

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Table 5.23 Titratable acidity of mangosteen (%) packed in micro perforated film during store at 13°C

Treatment						T-mean
	0	5	10	15	20	
Tray + PVC	0.88	0.92	0.84	0.88	0.87	0.88 a
OPP MPF	0.87	0.92	0.87	0.87	0.84	0.88 a
LDPE MPF	0.91	0.91	0.85	0.90	0.77	0.87 a
Tray + OPP MPF	0.92	0.91	0.86	0.82	0.74	0.85 a
Tray + LDPE MPF	0.92	0.91	0.86	0.87	0.81	0.87 a
S-mean	0.90 A	0.91 A	0.86 B	0.87 B	0.81 C	
CV treatment 6.0% CV storage time 6.6%						

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence

Table 5.24 Vitamin C (mg/100 ml) of mangosteen packed in micro perforated film during store at 13°C

Treatment	Storage time (days)					T-mean
	0	5	10	15	20	
Tray + PVC	0.67	0.60	0.77	0.82	0.66	0.70 a
OPP MPF	0.67	0.71	0.77	0.71	0.82	0.74 a
LDPE MPF	0.50	0.87	0.82	0.60	0.82	0.73 a
Tray + OPP MPF	0.56	0.71	0.88	0.66	0.60	0.68 a
Tray + LDPE MPF	0.56	0.71	0.71	0.60	0.60	0.67 a
S-mean	0.62 B	0.72 A	0.79 A	0.68 B	0.70 AB	
CV treatment 23.6% CV storage time 27.7%						

Mean followed by the same letter in the same column has no difference at 95% confidence by DMRT

Mean followed by the same letter in the same low has no difference at 95% confidence

กรมวิทยาศาสตร์

Table 5.25 Sepal freshness of mangosteen packed in micro perforated film during store at 13°C

Treatment	Storage time (days)				
	0	5	10	15	20
Tray + PVC	5.00	4.00	3.00	2.50	2.92
OPP MPF	5.00	4.00	2.67	3.00	3.00
LDPE MPF	5.00	4.00	3.00	3.00	2.92
Tray + OPP MPF	5.00	4.00	3.00	2.50	2.83
Tray + LDPE MPF	5.00	4.00	4.00	2.58	3.00

Score 5= very fresh 4=fresh 3=moderate fresh 2= slightly fresh 1=not fresh

Table 5.26 Calyx mold of mangosteen packed in micro perforated film during store at 13°C

Treatment	Storage time (days)				
	0	5	10	15	20
Tray + PVC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.83
OPP MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.17
LDPE MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.33
Tray + OPP MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	2.08
Tray + LDPE MPF	1.00	1.00	1.00	1.17	1.92

Score 5=not found 4=slightly 3=moderately 2=severe 1=extremely

กรมวิชาการเกษตร

Table 5.27 Peel mold of mangosteen packed in micro perforated film during store at 13°C

Treatment	Storage time (days)				
	0	5	10	15	20
Tray + PVC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25
OPP MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LDPE MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tray + OPP MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tray + LDPE MPF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25

Score 5=not found 4=slightly 3=moderately 2=severe 1=extremely

Table 5.28 Overall preference of mangosteen packed in micro perforated film during store at 13°C

Treatment	Storage time (days)				
	0	5	10	15	20
Tray + PVC	9.00	9.00	7.33	6.58	0.00
OPP MPF	9.00	9.00	7.75	6.17	0.00
LDPE MPF	9.00	9.00	7.58	6.67	0.00
Tray + OPP MPF	9.00	9.00	7.83	5.25	0.00
Tray + LDPE MPF	9.00	9.00	7.67	6.83	0.00

Overall preference score according to 9-pointhedonic 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

Score less than 6=not accept

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ภาคผนวก ค

กรมวิชาการเกษตร

Table 6.1 Weight loss (%) of pomelo fruit during stored at 13°C

Treatment	Storage time (weeks)					
	4	5	6	7	8	9
Non-coated	2.55 c A	2.80 c A	3.37 d B	4.18 d C	4.09 d C	4.40 d C
Non-coated + MAP	0.38 a AB	0.34 a A	0.61 b ABC	0.61 b ABC	0.79 c C	0.77 b BC
Coated	1.33 b A	1.78 b B	2.08 c B	2.53 c C	2.52 b C	2.55 c C
Coated + MAP	0.10 a A	0.13 a A	0.18 a A	0.21 a A	0.21 a A	0.28 a A
CV (treatment) = 15.1% CV (storage time) = 13.7%						

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

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

Table 6.2 Gloss value (GU) of pomelo fruit during stored at 13°C

Treatment	Storage time (weeks)						Average of Treatment
	4	5	6	7	8	9	
Non-coated	2.79	2.71	2.83	2.96	2.80	2.88	2.83 B
Non-coated + MAP	2.61	2.81	2.76	3.02	2.78	3.09	2.85 B
Coated	5.62	4.92	4.62	4.47	5.03	4.89	4.92 A
Coated + MAP	5.26	5.00	4.74	4.75	5.16	5.16	5.01 A
Average of storage time	4.07 A	3.86 AB	3.73 B	3.80 B	3.94 AB	4.01 AB	
CV (treatment) = 11.1% CV (storage time) = 8.1%							

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

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Table 6.3 L value of pomelo fruit during stored at 13°C

Treatment	Storage time (weeks)					
	4	5	6	7	8	9
Non-coated	54.16 a C	56.27 a C	56.19 a C	60.40 a B	62.89 a AB	64.75 a A
Non-coated + MAP	56.90 a C	55.09 a C	57.16 a C	58.29 a BC	61.14 a AB	64.01 a A
Coated	51.22 b A	50.80 b A	50.81 b A	51.80 b A	51.46 b A	51.91 b A
Coated + MAP	51.40 b A	51.68 b A	51.69 b A	53.07 b A	50.44 b A	52.44 b A
CV (treatment) = 3.0% CV (storage time) = 3.5%						

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

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

Table 6.4 a* of pomelo fruit during stored at 13°C

Treatment	Storage time (weeks)					
	4	5	6	7	8	9
Non-coated	-14.22	-14.15	-13.81	-12.00	-11.19	-9.52
Non-coated + MAP	-13.25	-14.02	-13.73	-12.86	-12.25	-9.63
Coated	-13.40	-13.49	-14.07	-13.81	-13.63	-14.54
Coated + MAP	-13.80	-13.95	-13.59	-13.85	-13.58	-13.79

กรมวิชาการเกษตร

Table 6.5 b* of pomelo fruit during stored at 13°C

Treatment	Storage time (weeks)					
	4	5	6	7	8	9
Non-coated	34.33 b A	35.78 b A	35.59 b A	39.53 b B	41.55 b B	44.91 b C
Non-coated + MAP	35.42 b AB	33.79 b A	35.86 b AB	37.15 b BC	40.11 b C	43.80 b D
Coated	29.91 a A	29.17 a A	29.85 a A	30.23 a A	30.28 a A	29.30 a A
Coated + MAP	29.22 a A	29.50 a A	29.34 a A	30.78 a A	28.18 a A	30.07 a A
CV (treatment) = 5.5% CV (storage time) = 5.4%						

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

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

Table 6.6 Skin color (score) of pomelo fruit during stored at 13°C

Treatment	Storage time (weeks)						Average of Treatment
	4	5	6	7	8	9	
Non-coated	3.33	3.33	3.83	3.83	4.17	4.00	3.75 b
Non-coated + MAP	2.83	3.33	3.33	3.50	3.50	3.83	3.39 b
Coated	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00 a
Coated + MAP	2.00	2.00	2.00	2.17	2.00	2.00	2.03 a
Average of storage time	2.54 A	2.67 AB	2.79 AB	2.88 B	2.92 B	2.96 B	
CV (treatment) = 12.6% CV (storage time) = 11.4%							

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

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

Skin color score (1-5) as 1= dark green 2= green 3= green/yellow 4= yellow/green 5= yellow

กรมวิชาการเกษตร

Table 6.7 Freshness (score) of pomelo fruit during stored at 13°C

Treatment	Storage time (weeks)						Average of Treatment
	4	5	6	7	8	9	
Non-coated	2.33	2.33	2.00	2.33	2.33	2.00	2.22 b
Non-coated + MAP	3.00	3.00	2.67	2.67	2.67	2.33	2.72 b
Coated	3.67	4.00	4.00	3.67	3.67	3.00	3.67 a
Coated + MAP	4.00	4.00	4.00	3.67	4.00	3.00	3.78 a
Average of storage time	3.25 A	3.33 A	3.17 A	3.08 A	3.17 A	2.58 B	
CV (treatment) = 20.0% CV (storage time) = 13.5%							

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, $p \leq 0.05$

Freshness score (1-5) as 1= wilting very much 2= wilting slightly 3= freshness 4= freshness moderate 5= freshness very much

กรมวิชาการเกษตร

Table 6.8 Texture (N) of pomelo fruit during stored at 13°C

Treatment	Storage time (weeks)						Average of Treatment
	4	5	6	7	8	9	
Non-coated	69.43	67.22	65.49	62.48	62.61	59.72	64.49 c
Non-coated + MAP	72.62	70.89	70.19	69.31	68.79	66.78	69.76 b
Coated	72.20	69.00	67.52	66.36	64.60	66.62	67.72 b
Coated + MAP	75.10	73.10	71.59	71.29	70.91	70.72	72.12 a
Average of storage time	72.34 A	70.05 AB	68.70 ABC	67.36 BC	66.73 BC	65.96 C	
CV (treatment) = 5.2% CV (storage time) = 5.6%							

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, $p \leq 0.05$

กรมวิชาการเกษตร

Table 6.9 Softness scores (score 1-5) of pomelo pulp during stored at 13°C

Treatment	Storage time (weeks)					
	4	5	6	7	8	9
Non-coated	3.50 b A	3.67 b A	3.50 b A	3.33 b AB	3.00 b BC	2.83 b C
Non-coated + MAP	3.67 b A	3.33 b A	3.50 b A	3.50 b A	2.50 c BC	2.00 c BC
Coated	4.83 a A	4.00 a B	4.00 a B	4.00 a B	3.67 a BC	3.50 a C
Coated + MAP	4.83 a A	4.00 a B	4.00 a B	4.00 a B	3.83 a BC	3.50 a C
CV (treatment) = 4.2% CV (storage time) = 5.8%						

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

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

Softness scores score (1-5) as 1= softness very much 2= softness moderately 3= softness slightly 4= firmness 5= firmness very much

Table 6.10 Total soluble solids (%) of pomelo fruit during stored at 13°C

Treatment	Storage time (weeks)						Average of Treatment
	4	5	6	7	8	9	
Non-coated	10.38	9.83	10.25	10.67	10.68	10.53	10.39 a
Non-coated + MAP	10.20	9.83	9.80	9.53	10.67	9.22	9.88 b
Coated	9.88	9.55	9.95	10.10	9.52	9.72	9.79 b
Coated + MAP	9.67	8.88	9.75	10.03	9.50	9.00	9.47 b
Average of storage time	10.03 A	9.53 A	9.94 A	10.08 A	10.09 A	9.62 A	
CV (treatment) = 6.3% CV (storage time) = 6.4%							

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

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Table 6.11 Titratable acidity (%) of pomelo fruit during stored at 13°C

Treatment	Storage time (weeks)						Average of Treatment
	4	5	6	7	8	9	
Non-coated	1.51	1.38	1.28	1.32	1.23	1.24	1.33 a
Non-coated + MAP	1.54	1.19	1.22	1.09	1.15	1.17	1.23 b
Coated	1.42	1.07	1.06	1.07	0.97	1.08	1.11 c
Coated + MAP	1.14	1.08	1.00	1.01	1.01	1.11	1.06 c
Average of storage time	1.40 A	1.18 B	1.14 B	1.12 B	1.09 B	1.15 B	
CV (treatment) = 7.7% CV (storage time) = 8.4%							

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

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

Table 6.12 Vitamin C (mg/100g) of pomelo fruit during stored at 13°C

Treatment	Storage time (weeks)					
	4	5	6	7	8	9
Non-coated	48.90 a AB	53.06 a A	52.52 a A	48.72 b AB	48.26 b AB	42.23 b B
Non-coated + MAP	54.03 a A	51.85 a AB	47.08 ab AB	46.47 ab B	51.40 a AB	48.86 a AB
Coated	48.73 b AB	47.92 a AB	45.32 b B	53.01 a A	53.39 a A	47.36 ab AB
Coated + MAP	46.62 b C	52.38 a ABC	48.81 ab BC	54.81 a AB	55.71 a A	47.77 ab C
CV (treatment) = 4.8% CV (storage time) = 4.5%						

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

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Table 6.13 Overall preference scores (score 1-9) of pomelo fruit during stored at 13°C

Treatment	Storage time (weeks)					
	4	5	6	7	8	9
Non-coated	7.33 a A	7.33 a A	7.33 a A	6.67 b B	6.17 b B	5.17 b C
Non-coated + MAP	7.17 a A	7.50 a A	7.33 a A	6.17 b B	6.33 b B	5.33 b C
Coated	7.33 a AB	7.33 a AB	7.67 a A	7.33 a AB	7.33 a AB	7.00 a B
Coated + MAP	7.50 a A	7.17 a A	7.17 a A	7.33 a A	7.00 a A	7.17 a A
CV (treatment) = 4.8% CV (storage time) = 4.5%						

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

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

The 9-point hedonic scale: 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 6.14 Weight loss (%) of mangosteen during stored at 13°C

treatment	Storage time (days)		
	7	10	14
Basket	1.11 c A	1.37 b A	2.12 c B
Basket + MAP	0.25 a A	0.33 a A	0.41 a A
Corrugated box	0.83 b A	1.39 b B	1.66 b B
Corrugated box + MAP	0.31 a A	0.33 ba A	0.30 a A
CV (treatment) = 20.2% CV (storage time) = 22.3%			

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

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

กรมวิชาการเกษตร

Table 6.15 Texture (N) of mangosteen during stored at 13°C

treatment	Storage time (days)			
	0	7	10	14
Basket	8.05 a A	9.12 b A	9.26 b A	11.95 b B
Basket + MAP	7.91 a A	7.85 ab A	8.03 ab A	8.32 a A
Corrugated box	7.59 a A	7.80 ab A	7.07 b A	7.47 a A
Corrugated box + MAP	7.58 a A	7.37 a A	7.24 a A	7.24 a A
CV (treatment) = 7.5% CV (storage time) = 10.4%				

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

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

Table 6.16 Total soluble solids (%) of mangosteen fruits during stored at 13°C

treatment	Storage time (days)				Average of Treatment
	0	7	10	14	
Basket	16.97	16.47	15.93	15.37	16.18 ab
Basket + MAP	17.37	16.27	16.03	15.33	16.25 ab
Corrugated box	17.27	16.90	16.40	15.90	16.62 a
Corrugated box + MAP	17.27	15.90	15.50	14.47	15.78 b
Average of storage time	17.22 A	16.38 B	15.97 B	15.27 C	
CV (treatment) = 4.8% CV (storage time) = 4.2%					

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

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

กรมวิทยาศาสตร์

Table 6.17 Titratable acidity (%) of mangosteen fruits during stored at 13°C

treatment	Storage time (days)				Average of Treatment
	0	7	10	14	
Basket	0.90	0.89	0.86	0.77	0.86 ab
Basket + MAP	0.90	0.86	0.83	0.83	0.85 ab
Corrugated box	0.88	0.87	0.89	0.83	0.87 a
Corrugated box + MAP	0.87	0.82	0.82	0.76	0.82 b
Average of storage time	0.89 A	0.86 B	0.85 B	0.80 C	
CV (treatment) = 5.0% CV (storage time) = 4.9%					

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

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

Table 6.18 Translucent flesh (%) of mangosteen fruits during stored at 13°C

treatment	Storage time (days)				Average of Treatment
	0	7	10	14	
Basket	13.5	15.7	20.4	21.9	17.9 b
Basket + MAP	10.5	9.4	11.3	20.0	12.8 ab
Corrugated box	9.4	9.4	11.2	15.0	11.3 a
Corrugated box + MAP	13.2	13.9	17.2	17.8	15.5 ab
Average of storage time	11.7 A	12.1 A	15.0 AB	18.7 B	
CV (treatment) = 37.6% CV (storage time) = 43.9%					

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

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

กรมวิทยาศาสตร์

Table 6.19 Gamboge disorder (%) of mangosteen fruits during stored at 13°C

treatment	Storage time (days)				Average of Treatment
	0	7	10	14	
Basket	6.7	13.9	18.2	20.0	14.7 a
Basket + MAP	8.3	11.6	22.2	22.3	16.1 a
Corrugated box	11.1	22.9	17.8	23.3	18.8 a
Corrugated box + MAP	13.9	20.5	16.6	19.4	17.6 a
Average of storage time	10.0 A	17.2 B	18.7 B	21.3 B	
CV (treatment) = 40.3% CV (storage time) = 54.8%					

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

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

Table 6.20 Overall preference scores (1-9) of mangosteen fruits during stored at 13°C

treatment	Storage time (days)				Average of Treatment
	0	7	10	14	
Basket	9.00	8.56	8.11	6.67	8.08 a
Basket + MAP	8.67	8.56	8.00	7.33	8.14 a
Corrugated box	8.89	8.11	7.89	7.33	8.06 a
Corrugated box + MAP	8.67	8.33	7.89	7.33	8.06 a
Average of storage time	8.81 A	8.39 B	7.97 C	7.17 D	
CV (treatment) = 5.0% CV (storage time) = 4.9%					

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

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

The 9-point hedonic scale: 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

กรมวิชาการเกษตร