รายงานโครงการวิจัย

การพัฒนาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด

Development on packaging technology to maintain quality and extend the shelf life of fresh produce

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย
นางสาวคมจันทร์ สรงจันทร์
Ms. Komchan Songchan

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2563

รายงานโครงการวิจัย

การพัฒนาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด

Development on packaging technology to maintain quality and extend the shelf life of fresh produce

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย
นางสาวคมจันทร์ สรงจันทร์
Ms. Komchan Songchan

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2563

คำปรารภ

การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดจำเป็นต้องมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีก่อนการเก็บรักษา ตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การจัดการหลังเก็บเกี่ยว การทำความสะอาด pre-treatment การบรรจุ การขนส่ง โดยในทุกขั้นตอนจะส่งผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด วิธีการในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด เช่น การใช้สารเคลือบผิวผักและผลไม้ เพื่อทดแทนสารเคลือบผิวตามธรรมชาติที่หายไประหว่างกระบวนการผลิต ช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำ ชะลอการเหี่ยวและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ทำให้ผลไม้มีลักษณะปรากฏที่ดี ผิวสด และทำให้ผลิตผลมีความมันวาวดึงดูดใจผู้บริโภค นอกจากนี้สารเคลือบผิวยังช่วยลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซส่งผลให้ชะลอการหายใจช้าลง และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ได้ และอีกวิธีหนึ่ง คือ การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere packaging: MAP) ซึ่งเป็นการเก็บรักษาผลิตผลสดในฟิล์มบรรจุภัณฑ์ ที่ภายในมีสัดส่วนของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพบรรยากาศปกติ ทำให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจลดลง จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ และสามารถนำมาใช้ร่วมกับผลิตผลที่ผ่านการเคลือบผิวแล้ว อย่างไรก็ดีหากใช้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้สภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในบรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะสมต่อการยืดอายุ

ดังนั้น จึงได้ดำเนินโครงการวิจัย “การพัฒนาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด” โดยทำการทดสอบการเจาะรูฟิล์มโดยใช้เลเซอร์มาร์กเกอร์ เพื่อให้ได้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซที่สูงขึ้น แล้วนำฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่ได้มาทดสอบการเก็บรักษาผลิตผลสด รวมถึงศึกษาสารเคลือบผิวต่อคุณภาพการเก็บรักษาผักและผลไม้สด และการใช้สารเคลือบผิวร่วมกับบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ เพื่อรักษาคุณภาพ และลดความเสียหายของผลิตผลให้สามารถเก็บรักษาได้นาน มีคุณภาพดี

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยหวังว่าผลการศึกษาในโครงการวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกภาคส่วนตั้งแต่ภาคเอกชน เกษตรกร นักศึกษา และประชาชนผู้สนใจทั่วไป

นางสาวคมจันทร์ สรงจันทร์

หัวหน้าโครงการวิจัย

มีนาคม 2564

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	5
ผู้วิจัย	6
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	7
บทนำ	8
บทคัดย่อ	10
กิจกรรมงานวิจัยที่ 1	12
กิจกรรมงานวิจัยที่ 2	48
กิจกรรมงานวิจัยที่ 3	85
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	134
บรรณานุกรม	136

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการพัฒนาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เกิดจากความร่วมมือของนักวิจัยทุกท่านและเจ้าหน้าที่ของกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร และสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ ผชช.จารุวรรณ บางแวก ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว และคณะกรรมการที่ปรึกษาด้านวิชาการกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ที่ให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการทำวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

1.	นางสาวคมจันทร์ สรงจันทร์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กวป. กรมวิชาการเกษตร	หัวหน้าโครงการ หัวหน้าการทดลอง
2.	นางศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กวป. กรมวิชาการเกษตร	หัวหน้าการทดลอง
3.	นางสาวปรางค์ทอง กวานห้อง	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กวป. กรมวิชาการเกษตร	ผู้ร่วมงาน
4.	นางสาวงามพิศ สุดเสน่ห์	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ กวป. กรมวิชาการเกษตร	ผู้ร่วมงาน

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

	ภาษาอังกฤษ	คำย่อ
การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง	modified atmosphere packaging	MAP
พอลิโพรพิลีนที่มีการจัดเรียงตัว	oriented polypropylene	OPP
พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ	low density polyethylene	LDPE
ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน	Micro-perforated film	MPF
อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนผ่านฟิล์ม	oxygen transmission rate	OTR
อัตราการซึมผ่านของไอน้ำผ่านฟิล์ม	water vapor transmission rate	WVTR
คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	carboxymethyl cellulose	CMC
ออกซิไดซ์พอลิเอทิลีน	oxidized polyethylene	OPE

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ผลิตผลสดมีอายุการเก็บรักษาสั้นและเสื่อมสภาพได้ง่าย เนื่องจากยังคงมีชีวิต มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การหายใจ การคายน้ำ การผลิตเอทิลีน เกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวเหล่านี้ ทำให้ผลิตผลจำนวนมากสูญเสียคุณภาพในระหว่างการขนส่งและวางจำหน่าย เช่น เกิดการสูญเสียน้ำหนัก สูญเสียคุณค่าทางอาหาร อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรคหลังการเก็บเกี่ยว และเกิดการเน่าเสีย หากขาดการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังเป็นข้อจำกัดในการส่งออกผักและผลไม้ไปจำหน่ายยังต่างประเทศ การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดจำเป็นต้องมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีก่อนการเก็บรักษา ตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การจัดการหลังเก็บเกี่ยว การทำความสะอาด pre-treatment การบรรจุ การขนส่ง โดยในทุกขั้นตอนจะส่งผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด โดยทั่วไปแล้วผักและผลไม้มีสารประเภทไขมันเคลือบอยู่ที่ผิว ซึ่งไขมันดังกล่าวจะช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของผลิตผล ทำให้ผลิตผลยังคงความสด แต่ในระหว่างกระบวนการจัดการหลังเก็บเกี่ยว ไขมันที่เคลือบอยู่บางส่วนอาจจะหายไปส่งผลให้ผลิตผลมีการสูญเสียน้ำได้ง่ายและมีการแลกเปลี่ยนแก๊สได้มากขึ้น ดังนั้นการใช้สารเคลือบผิวผักและผลไม้ จึงเป็นการใช้เพื่อทดแทนสารเคลือบผิวตามธรรมชาติที่หายไประหว่างกระบวนการผลิต มีบทบาทสำคัญในการช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำ ชะลอการเหี่ยวและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ทำให้ผลไม้มีลักษณะปรากฏที่ดี ผิวสด และทำให้ผลิตผลมีความมันวาวดึงดูดใจผู้บริโภค นอกจากนี้สารเคลือบผิวยังช่วยลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซส่งผลให้ชะลอการหายใจช้าลง และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ได้ จากการศึกษาของศิรกานต์ และคณะ (2558ก) พบว่า สารเคลือบผิวสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และช่วยชะลอการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ได้ โดยมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 20 เปอร์เซ็นต์ oxidized polyethylene (OPE) 20 เปอร์เซ็นต์ คาร์นูบาผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1 และ OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1 สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 25 วัน มะม่วงที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบาผสมเชลแลค อัตราส่วน 8:2 และ OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 8:2 สามารถเก็บได้นาน 20 วัน ขณะที่การใช้สารเคลือบผิว carboxymethyl cellulose (CMC) 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาได้นาน 20 วัน (ศิรกานต์ และคณะ 2558ข) และอีกวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว คือ การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere packaging: MAP) ซึ่งเป็นการเก็บรักษาผลิตผลสดในฟิล์มบรรจุภัณฑ์ ที่ภายในมีสัดส่วนของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพบรรยากาศปกติ ทำให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจลดลง ซึ่งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ และสามารถนำมาใช้ร่วมกับผลิตผลที่ผ่านการเคลือบผิวแล้ว ศิรกานต์ และเบญจมาศ (2553) ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน

กรมวิชาการเกษตร

พบว่า การเก็บรักษาเงาะในถุงพลาสติกชนิด low density polyethylene (LDPE), linear low density polyethylene (LLDPE) และถุง active packaging ชนิด M4 ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเงาะได้ อย่างไรก็ดีหากใช้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้สภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในบรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะสมต่อการยืดอายุ และอาจทำให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง คมจันทร์ และคณะ (2550) ศึกษาการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง พบว่า การเก็บรักษามะม่วงในถุงฟิล์ม polypropylene (PP), polyethylene (PE) และ LLDPE ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิว การสูญเสียน้ำหนัก การเกิดโรคแอนแทรคโนส และยืดระยะเวลาการสุกของมะม่วงได้ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการเก็บรักษามะม่วงในถุงฟิล์มดังกล่าว อาจพบอาการผิดปกติเนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ที่สูงเกินไป ทำให้ผิวผลมีรอยสีน้ำตาลปนม่วงแดง และเกิดกลิ่นผิดปกติที่เนื้อผล โดยเฉพาะการเก็บรักษาโดยใช้ฟิล์ม PP และ PE ซึ่งฟิล์มพลาสติกที่มีจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่มักมีค่าอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ เทคโนโลยีการเจาะรูฟิล์มด้วยเลเซอร์ เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้ในการพัฒนาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน (micro-perforated film) โดยฟิล์มที่ได้มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซสูงกว่าฟิล์มทั่วไป และสามารถควบคุมการผ่านของก๊าซได้

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ คือ

1. เพื่อพัฒนาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนโดยใช้เลเซอร์มาร์กเกอร์สำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด และทดสอบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผัก ได้แก่ ผักสลัดบัตเตอร์เฮด ถั่วฝักยาว ผักชี ผักสลัดคอส และผลไม้ ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เงาะพันธุ์โรงเรียน และกล้วยไข่

2. ศึกษาความเข้มข้นของ carboxymethyl cellulose ที่มีผลต่อการรักษาคุณภาพของพริกหวาน สีเขียว สีเหลือง และสีแดง และผลของสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาที่มีผลต่อการรักษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลไม้ 2 ชนิด คือ มังคุด และส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

3. ศึกษาสารเคลือบผิว และบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับพริกหวาน มังคุด และส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิว เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาสั้น โดยใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง และการใช้สารเคลือบผิว โดยโครงการการพัฒนาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนโดยใช้เลเซอร์มาร์กเกอร์สำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด และทดสอบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผัก ได้แก่ ผักสลัดบัตเตอร์เฮด ถั่วฝักยาว ผักชี ผักสลัดคอส และผลไม้ ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เงาะพันธุ์โรงเรียน และกล้วยไข่ และศึกษาสารเคลือบผิว และบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับพริกหวาน มังคุด และส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวเพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม 2558 ถึงกันยายน 2563 ผลการวิจัย ได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสม และจำนวนรู สำหรับการเจาะรูฟิล์ม OPP และ LDPE ให้ได้อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนผ่านฟิล์ม (oxygen transmission rate: OTR) ตามที่ต้องการ และเมื่อนำฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนมาทดสอบการเก็บรักษาผัก พบว่า OTR ของฟิล์มที่เหมาะสมสำหรับผักสลัดบัตเตอร์เฮด ผักชี ผักสลัดคอส คือ 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และถั่วฝักยาว คือ 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สำหรับผลไม้ พบว่า OTR ที่เหมาะสมสำหรับเงาะโรงเรียน และกล้วยไข่ คือ 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง คือ 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สำหรับสารเคลือบผิวและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับยืดอายุผลิตผลสด คือ พริกหวาน เคลือบผิวด้วย carboxymethyl cellulose (CMC) ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ บรรจุถุงดัดแปลงสภาพบรรยากาศ OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน หรือถุงเจาะรูขนาดไมครอน OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน หรือถุงดัดแปลงสภาพบรรยากาศ OTR สูง มังคุด เคลือบผิวด้วยคาร์นูบาความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับเชลแลค ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 8:2 บรรจุในตะกร้าพลาสติกที่มีช่องระบายอากาศรอบตะกร้า และส้มโอ เคลือบผิวด้วยคาร์นูบาความเข้มข้น 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์

Abstract

Extending storage life of fresh produce which has a short shelf life by using postharvest technology such as modified atmosphere packaging and waxing. This project, development on packaging technology to maintain quality and extend the shelf life of fresh produce, has objective to develop micro-perforated film by using laser marker for extending shelf life of fresh produce and tested using micro-perforated film with vegetables such as butterhead, yard long bean, coriander, cos lettuce and fruits such as mango, rambutan, banana. And study the coating and packaging which suitable for bell pepper, mangosteen, pomelo. The experiment was conducted between October 2015 – September 2020. The result got a suitable parameter and number of holes for perforated OPP and LDPE films to achieve the require oxygen transmission rate (OTR). When micro-perforated film was tested with some vegetables, it was found that suitable OTR for butterhead, coriander, cos lettuce was 5,000-10,000 $cm^3/cm^2/day$ and for yard long bean was 15,000-20,000 $cm^3/cm^2/day$. Suitable coating and packaging for bell pepper were coated with CMC 1.0% then packed in MAP bag with OTR 12,000 $cm^3/cm^2/day$ or micro-perforated film OTR 12,000 $cm^3/cm^2/day$ or high OTR film. Mangosteen coated with carnuba 15% + Shallac 10% ratio 8:2 packed in plastic basket with ventilated hole around the basket. Pomelo coating with carnuba 20 or 25%.

กรมวิทยาศาสตร์

กิจกรรมงานวิจัยที่ 1 การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน (micro-perforated) โดยใช้เลเซอร์มาร์กเกอร์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผัก

ผู้วิจัย

1.	นางสาวคมจันทร์ สรงจันทร์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กวป. กรมวิชาการเกษตร	หัวหน้ากิจกรรม หัวหน้าการทดลอง
2.	นางศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กวป. กรมวิชาการเกษตร	ผู้ร่วมงาน
3.	นางสาวปรางค์ทอง กวานห้อง	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กวป. กรมวิชาการเกษตร	ผู้ร่วมงาน
4.	นางสาวงามพิศ สุดเสน่ห์	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ กวป. กรมวิชาการเกษตร	ผู้ร่วมงาน

คำสำคัญ

ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน สภาพบรรยากาศดัดแปลง การเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์

Keyword

Micro-perforated film, modified atmosphere packaging, storage, packaging

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน (micro-perforated film) โดยใช้เลเซอร์มาร์กเกอร์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผัก มี 2 การทดลอง คือ 1) การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่เหมาะสมสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาผัก จากการทดสอบการเจาะรูฟิล์มพลาสติกด้วยเครื่องเลเซอร์มาร์กเกอร์ พบว่า พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับเจาะรูฟิล์ม OPP และ LDPE ความหนา 30 ไมครอน คือ ความเร็วสแกน 1,000 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 20 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วสแกน 500 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการทดสอบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน พบว่า ผักสลัดบัตเตอร์เฮดบรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุด 21 วัน ถั่วฝักยาวบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุด 15 วัน ขณะที่ถั่วฝักยาวบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 10,000-15,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 12 วัน สำหรับผักชี พบว่า ผักชีบรรจุถุงฟิล์ม OPP ไม่เจาะรู สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุด 21 วัน ส่วนผักชีบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร.วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 15 วัน 2) การเก็บรักษาผักในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน โดยศึกษาผลของน้ำหนักบรรจุต่อพื้นที่ผิวบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษา พบว่า การเก็บรักษาผักสลัดบัตเตอร์เฮดในถุง LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 100 หรือ 200 กรัม สามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน ไม่แตกต่างกัน ถั่วฝักยาวบรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 150 หรือ 300 กรัม สามารถเก็บรักษาได้นาน 15 วัน ผักชีบรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 16x35 หรือ 28x39 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 50 หรือ 80 กรัม สามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วัน และผักสลัดคอสสามารถเก็บรักษาในถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ได้นาน 21 วัน

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

The purpose of this experiment was to develop a micro-perforated film for fresh produce by using laser marker and testing the use of micro-perforated film to maintain quality and extend shelf life of vegetables. It was found that optimum parameter for drilling OPP and LDPE (with 30 micrometer thickness) with laser marker are 1,000 mm/sec. scan speed, 20% laser power and 500 mm/sec. scan speed, 30% laser power, respectively. For the evaluation of micro-perforated film used, it was found that butterhead packed in LDPE micro-perforated film OTR 5,000-10,000 cm^3/m^2/day can be maintained for 21 days. Yard long bean packed in OPP and LDPE film with hole diameter 0.5 centimeter 8 holes can be stored longest for 15 days. While those packed in OPP and LDPE micro-perforated film OTR 10,000-15,000 cm^3/m^2/day can be stored for 12 days. Coriander packed in OPP film can be stored longest for 21 days. While coriander packed in OPP and LDPE micro-perforated film OTR 15,000-20,000 cm^3/m^2/day can be maintained for 15 days. Butterhead packed in LDPE micro-perforated film OTR 5,000-10,000 cm^3/m^2/day size 20x28 cm weight 100 or 200 g can be stored for 21 days. Yard long bean packed in OPP or LDPE micro-perforated film OTR 15,000-20,000 cm^3/m^2/day size 20x28 cm weight 150 or 300 g can be stored for 15 days. Coriander packed in OPP micro-perforated film size 16x35 or 28x39 cm weight 50 or 80 g can be stored for 18 days. Cos packed in OPP or LDPE micro-perforated film OTR 5,000-10,000 cm^3/m^2/day can be stored for 21 days.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผล การสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในบรรจุภัณฑ์นั้น ผลิตผลแต่ละชนิดมีความต้องการฟิล์มพลาสติกที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจของผลิตผล โดยผลิตผลที่มีอัตราการหายใจสูงมักต้องการฟิล์มที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนสูง เพื่อทำให้เกิดสภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุลภายในบรรจุภัณฑ์ 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) การพัฒนาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเพื่อให้ได้อัตราการซึมผ่านของก๊าซตามที่ต้องการต้องศึกษาขนาดและจำนวนรูเจาะที่เหมาะสม รวมถึงต้องทดสอบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนกับผลิตผลเพื่อให้ได้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลแต่ละชนิด วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ คือ เพื่อพัฒนาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนโดยใช้เลเซอร์มาร์กเกอร์สำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด และทดสอบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผัก ได้แก่ ผักสลัดบัตเตอร์เฮด ถั่วฝักยาว ผักชี ผักสลัดคอส

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ระเบียบวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1.1 การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่เหมาะสมสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาผัก มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนโดยใช้เลเซอร์มาร์กเกอร์

1.1 นำฟิล์ม OPP และ LDPE ความหนา 30 ไมครอน มาตรวจสอบสมบัติของฟิล์ม ได้แก่

1) ความหนา (thickness)

2) อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate: OTR)

3) อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate: WVTR)

1.2 นำตัวอย่างฟิล์มมาทดสอบการเจาะรูด้วยเครื่องเลเซอร์มาร์กเกอร์ ชนิดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์

1.3 ตรวจสอบรูปร่างและวัดขนาดของรูเจาะขนาดไมครอนโดยใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป และกล้องดิจิทัลไมโครสโคป

1.4 วัด OTR ของฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

1.5 นำฟิล์มมาเจาะรูขนาดไมครอนด้วยเครื่องเลเซอร์มาร์กเกอร์ให้มี OTR ต่าง ๆ ได้แก่ ฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000, 10,001-15,000 และ 15,001-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สำหรับผลิตผลที่มีอัตราการหายใจระดับสูง สูงมาก และสูงมากพิเศษ ตามลำดับ

2. การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่เหมาะสมสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผักสลัดบัตเตอร์เฮด ถั่วฝักยาว และผักชี

2.1 วัดอัตราการหายใจของผักสลัดบัตเตอร์เฮด ถั่วฝักยาว และผักชี ที่อุณหภูมิ 10 15 และ 20 องศาเซลเซียส โดยใช้ระบบปิด คำนวณอัตราการหายใจจากสมการ

$$\text{อัตราการหายใจ (mg } CO_2\text{/kg/hr.)} = \frac{\text{AV. } CO_2 \text{ difference/100 x head space volume (ml) x 2 x 1,000}}{\text{weight (g)}}$$

เมื่อ AV. CO_2 difference = ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ละครั้งที่วัด

head space volume = ปริมาตรช่องว่างภายในบรรจุภัณฑ์

weight = น้ำหนักของผลิตผล

กรมวิชาการเกษตร

2.2 นำค่าอัตราการหายใจของผักสลัดบัตเตอร์เฮด ถั่วฝักยาว และผักชี ขนาดถุงฟิล์มบรรจุภัณฑ์และน้ำหนักบรรจุต่อถุง มาคำนวณ OTR ของฟิล์มที่ผลิตผลต้องการเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ (Ishitani, 2011) โดยใช้สมการ

$$\text{Required OTR } (cm^3/m^2.day) = \frac{CO_2 \text{ produce per day} \times \frac{1}{2}}{\text{pouch area } (cm^2) / \text{different partial pressure}}$$

เมื่อ CO_2 production per day = respiration rate x 0.5 x weight (kg) x 24 hr.

½ =modified atmosphere effect of respiration by O_2 decrease

pouch area = พื้นที่ผิวของบรรจุภัณฑ์

different partial pressure = (O_2 in air (%) – O_2 partial pressure inside pouch)/100

2.3 ทดสอบการเก็บรักษาผักสลัดบัตเตอร์เฮด ถั่วฝักยาว และผักชี โดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน โดยนำค่าอัตราการหายใจของผักแต่ละชนิด มาใช้ในการพิจารณาคัดเลือกอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน วางแผนการทดลองแบบ split plot โดยมี main plot คือ ชนิดของฟิล์ม และ sub plot คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา 0 3 6 9 12 15 18 และ 21 วัน

ผักสลัดบัตเตอร์เฮด

นำผักสลัดบัตเตอร์เฮดมาตัดราก และเด็ดใบล่างทิ้ง จากนั้นคัดเลือกต้นที่สมบูรณ์ ไม่มีรอยช้ำ ใบไม่ฉีกขาด และมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน แล้วบรรจุผักสลัดบัตเตอร์เฮดน้ำหนักประมาณ 100 กรัม ในถุงขนาด 20x28 เซนติเมตร

กรรมวิธีที่ 1 ถุงฟิล์มแอคทีฟ OTR 8,690.89 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 2 ถุงฟิล์ม OPP ไม่เจาะรู OTR 1,564.29 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 3 ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู

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

กรรมวิธีที่ 5 ถุงฟิล์ม LDPE ไม่เจาะรู OTR 5,704.08 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตรวัน

กรรมวิธีที่ 6 ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู

กรรมวิธีที่ 7 ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรมวิชาการเกษตร

ถั่วฝักยาว

นำถั่วฝักยาวมาคัดเลือกฝักที่สมบูรณ์ ไม่มีรอยช้ำ หรือร่องรอยของโรคและแมลง มีขนาดและความความของฝักใกล้เคียงกัน บรรจุถั่วฝักยาวน้ำหนักประมาณ 150 กรัม ในถุงขนาด 20x28 เซนติเมตร

กรรมวิธีที่ 1 ถุงฟิล์มแอคทีฟ OTR 8,690.89 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 2 ถุงฟิล์ม OPP ไม่เจาะรู OTR 1,564.29 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 3 ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู

กรรมวิธีที่ 4 ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 10,000-15,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 5 ถุงฟิล์ม LDPE ไม่เจาะรู OTR 5,704.08 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 6 ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู

กรรมวิธีที่ 7 ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 10,000-15,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร.วัน

ผักชี

เก็บเกี่ยวผักชีจากแปลงเกษตรกร แล้วขนส่งโดยรถห้องเย็นมายังห้องปฏิบัติการ นำผักชีมาล้างทำความสะอาด แล้วผึ่งให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นเด็ดใบที่เหี่ยว หรือเป็นสีเหลืองทิ้ง คัดเลือกผักชีต้นที่มีความสมบูรณ์ แล้วบรรจุผักชีน้ำหนักประมาณ 50 กรัม ในถุงขนาด 16x35 เซนติเมตร

กรรมวิธีที่ 1 ถุงฟิล์มแอคทีฟ OTR 8,690.89 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 2 ถุงฟิล์ม OPP ไม่เจาะรู OTR 1,564.29 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 3 ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู

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

กรรมวิธีที่ 5 ถุงฟิล์ม LDPE ไม่เจาะรู OTR 5,704.08 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 6 ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู

กรรมวิธีที่ 7 ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แล้วสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทุก 3 วัน

การตรวจสอบคุณภาพ

- การสูญเสียน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักสดเริ่มต้น น้ำหนักสดเมื่อตรวจสอบคุณภาพ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ตามสมการ

กรมวิชาการเกษตร

การสูญเสียน้ำหนัก (%) = $\frac{\text{น้ำหนักสดเริ่มต้น – น้ำหนักสดเมื่อตรวจสอบคุณภาพ}}{\text{น้ำหนักสดเริ่มต้น}}$ x 100

- การเปลี่ยนแปลงสี (เฉพาะผักสลัดบัตเตอร์เฮด และผักชี) 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

- แรงที่ใช้ในการตัดให้ขาด (เฉพาะถั่วฝักยาว) วัดด้วยเครื่อง texture analyzer โดยใช้หัวตัดแบบตรง ขนาดแรงกด 0.5 นิวตัน ความเร็ว 50 มิลลิเมตร/นาที ระยะทางในการตัด 20 มิลลิเมตร

- คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส ทดสอบโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน โดยการให้คะแนน

การทดลองที่ 1.2 การเก็บรักษาผักในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. ศึกษาน้ำหนักบรรจุที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาผักโดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

1.1 เตรียมผลิตผลที่นำมาใช้ทำการทดลอง โดยคัดเลือกผลิตผลที่มีความสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิและความเสียหายจากโรคและแมลง นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ

1.2 นำผลิตผลมาบรรจุในถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ขนาดถุง 20x28 หรือ 16x35 เซนติเมตร (S) หรือ 28x39 เซนติเมตร (L)

1.3 วางแผนการทดลองแบบ split plot main plot คือ วิธีการบรรจุ sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา ได้แก่ 0 3 6 9 12 15 18 และ 21 วัน

ผักสลัดบัตเตอร์เฮด

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร (S) น้ำหนัก 100 กรัม (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร (S) น้ำหนัก 100 กรัม

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร (S) น้ำหนัก 200 กรัม

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 28x39 เซนติเมตร (L) น้ำหนัก 100 กรัม

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 10,000-15,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 28x39 เซนติเมตร (L) น้ำหนัก 200 กรัม

ถั่วฝักยาว

กรรมวิธีที่ 1 ไม่บรรจุถุง (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 150 กรัม

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 300 กรัม

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถุง LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 150 กรัม

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 300 กรัม

ผักชี

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู ขนาดถุง 16x35 เซนติเมตร (S) น้ำหนัก 50 กรัม (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 16x35 เซนติเมตร (S) น้ำหนัก 50 กรัม

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 16x35 เซนติเมตร (S) น้ำหนัก 80 กรัม

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 28x39 เซนติเมตร (L) น้ำหนัก 50 กรัม

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 28x39 เซนติเมตร (L) น้ำหนัก 80 กรัม

1.4 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพทุก 3 วัน

2. ทดสอบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในการยืดอายุเก็บรักษาผักสลัดคอส ซึ่งมีอัตราการหายใจอัตราการหายใจระดับ high

2.1 เตรียมผลิตผลที่นำมาใช้ทำการทดลอง โดยคัดเลือกผลิตผลที่มีความสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิและความเสียหายจากโรคและแมลง นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ

กรมวิชาการเกษตร

2.2 นำผลิตผลมาบรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร

2.3 วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 2 ถุง main plot คือ วิธีการบรรจุ sub plot คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา ได้แก่ 0 3 6 9 12 15 18 และ 21 วัน

ผักสลัดคอส

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร 8 รู (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร 8 รู (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์มชนิดแอคทีฟ (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

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

2.4 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพทุก 3 วัน

การตรวจสอบคุณภาพ

เช่นเดียวกับการทดลอง 1.1

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลองที่ 1.1 การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่เหมาะสมสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาผัก

1 การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนโดยใช้เลเซอร์มาร์กเกอร์

สมบัติของฟิล์ม

สมบัติของฟิล์มพอลิโพรพิลีนที่มีการจัดเรียงตัว (oriented polypropylene: OPP) และฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene: LDPE) แสดงดัง Table 1 โดยตัวอย่างฟิล์มที่นำมาทดลองมีความหนา 30 ไมครอน มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนผ่านฟิล์ม (oxygen transmission rate: OTR) 327.26 และ 1,193.32 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ตามลำดับ และมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำผ่านฟิล์มอยู่ระหว่าง (water vapor transmission rate: WVTR) เท่ากับ 4.20 และ 10.90 กรัม/ตารางเมตร/วัน ตามลำดับ

การเจาะรูฟิล์ม OPP และ LDPE ความหนา 30 ไมครอน

การใช้ความเร็วสแกนในช่วง 300-1,500 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 20 เปอร์เซ็นต์ สามารถเจาะรูฟิล์ม OPP ความหนา 30 ไมครอน ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 50-115 ไมครอน โดยการใช้ความเร็วสแกน 900-1,500 มิลลิเมตร/วินาที สามารถเจาะรูแต่ละครั้งได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใกล้เคียงกัน ขณะที่การใช้ความเร็วสแกน 300-800 มิลลิเมตร/วินาที เจาะรูได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูแต่ละครั้งยังไม่คงที่ ดังนั้นจึงเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการเจาะรู คือ ความเร็วสแกน 1,000 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถเจาะรูได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 115 ไมครอน และการใช้ความเร็วสแกนในช่วง 300-1,500 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 30 เปอร์เซ็นต์ สามารถเจาะรูฟิล์ม LDPE ความหนา 30 ไมครอน ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 60-90 ไมครอน และเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการเจาะรูคือ ความเร็วสแกน 500 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถเจาะรูได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 70 ไมครอน ลักษณะของรูเจาะแสดงดัง Figure 1 และ 2

คุณภาพของการเจาะรูด้วยเลเซอร์ขึ้นอยู่กับการตั้งค่าพารามิเตอร์ในการเจาะรู เช่น กำลังของเลเซอร์ ความยาวคลื่น พลังงาน จังหวะ (pulse duration) อัตราการซ้ำ (pulse repetition rate) และลักษณะของวัสดุ เช่น ชนิด ความหนา ชนิดของสารเติมแต่ง การนำความร้อน ความจุความร้อน (Winotapun *et al*., 2014; Caiazzo *et al*., 2005; Olsen, 1995) ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า ชนิดของฟิล์มมีผลต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูเจาะ เมื่อทดลองเจาะรูฟิล์ม OPP และ LDPE ที่มีความหนา 30 ไมครอนเท่ากัน โดยใช้ความเร็วและกำลังเลเซอร์ระดับเดียวกัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูเจาะของฟิล์ม OPP จะใหญ่กว่าเส้นผ่าศูนย์กลางรูเจาะของฟิล์ม LDPE ทั้งนี้เนื่องจากฟิล์ม LDPE มีค่า thermal

กรมวิชาการเกษตร

diffusivity ต่ำกว่าฟิล์ม OPP โดยค่า thermal diffusivity เป็นความสามารถของวัสดุต่อการนำความร้อน สำหรับวัสดุที่มี thermal diffusivity สูง ความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านได้เร็ว เนื่องจากวัสดุนำความร้อนได้ไว เมื่อเทียบกับปริมาตรความจุความร้อน หรือ thermal bulk ดังนั้น รูเจาะขนาดไมครอนบนวัสดุที่มี thermal diffusivity สูงกว่าจึงมีขนาดใหญ่กว่า (Winotapun *et al*., 2014)

อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนผ่านฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

เมื่อเจาะรูฟิล์ม OPP ความหนา 30 ไมครอน ด้วยความเร็วสแกน 1,000 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 20 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 7 12 และ 16 รู และเจาะรูฟิล์ม LDPE ความหนา 30 ไมครอน ด้วยความเร็วสแกน 500 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 30 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 4 15 และ 22 รู ต่อถุงขนาด 20x28 เซนติเมตร จะได้ OTR ตามที่ต้องการคือ 5,000-10,000 10,001-15,000 และ 15,001-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ตามลำดับ ซึ่งอัตราการเคลื่อนที่ของก๊าซผ่านฟิล์มเจาะรู เป็นผลรวมของการซึมผ่านของก๊าซผ่านรูเจาะ และการซึมผ่านของก๊าซผ่านฟิล์มพลาสติก โดยทั่วไปแล้วการไหลผ่านของก๊าซทั้งหมดผ่านรูเจาะจะสูงกว่าการเคลื่อนที่ของก๊าซผ่านฟิล์มพลาสติก (Fishman *et al.,* 1996) การไหลของก๊าซผ่านรูเจาะขนาด 1 มิลลิเมตรบนฟิล์ม LDPE ความหนา 25 ไมครอน เกือบเท่ากับการไหลผ่านของก๊าซผ่านฟิล์มขนาดพื้นที่ 0.5 ตารางเมตร (Mir and Beaudry, 2016)

Table 1 Property of OPP and LDPE film

film	thickness (μm)	oxygen transmission rate ($cm^3/m^2/day$)	water vapor transmission rate ($g/m^2/day$)
OPP	30	327.26	4.20
LDPE	30	1,193.32	10.90

กรมวิชาการเกษตร

Figure 1 Characteristic and diameter of hole of OPP film (thickness 30 µm) when drill with scan speed 1,000 mm/sec., laser power 20%

Figure 2 Characteristic and diameter of hole of LDPE film (thickness 30 µm) when drill with scan speed 500 mm/sec., laser power 30%

กรมวิชาการเกษตร

2. การเก็บรักษาผักสลัดบัตเตอร์เฮด ถั่วฝักยาว และผักชีโดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

อัตราการหายใจของผักสลัดบัตเตอร์เฮด ถั่วฝักยาว และผักชี

ที่อุณหภูมิ 10 15 และ 20 องศาเซลเซียส ผักสลัดบัตเตอร์เฮดมีอัตราการหายใจเท่ากับ 51.56 65.03 และ 93.01 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนถั่วฝักยาวมีอัตราการหายใจเท่ากับ 62.01 121.69 และ 187.62 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ ขณะที่ผักชีมีอัตราการหายใจเท่ากับ 112.65 155.68 และ 220.66 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ อัตราการหายใจของผักทั้ง 3 ชนิดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งอัตราการหายใจของผลิตผลขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล และอุณหภูมิ (Fonseca *et al*., 2002)

เมื่อนำค่าอัตราการหายใจของผักสลัดบัตเตอร์เฮด ถั่วฝักยาว และผักชี และน้ำหนักบรรจุต่อถุงมาคำนวณเพื่อคาดคะเนอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (OTR) ของฟิล์มที่ผลิตผลต้องการเมื่อเก็บรักษาในถุงขนาด 20x28 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 10 15 และ 20 องศาเซลเซียส ผลการคำนวณแสดงดัง Table 2 โดย OTR ของฟิล์มที่ผลิตผลต้องการสำหรับการเก็บรักษาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อัตราการหายใจของผลิตผล ขนาดบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิในการเก็บรักษา ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการ (Cameron *et al*.,1995; Christie *et al*., 1995; Ishikawa and Hasegawa, 1998; Jacxsens *et al*., 2000) และเมื่อพิจารณาอัตราการหายใจที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ร่วมกับผลการคาดคะเน OTR ของฟิล์มที่ต้องการ พบว่า OTR ของฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่สอดคล้องกับอัตราการหายใจของผักสลัดบัตเตอร์เฮด ถั่วฝักยาว และผักชี คือฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000, 10,000-15,000 และ 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

Table 2 Require OTR for butterhead, yard long bean and coriander when storage at 10 15 and 20°C (from calculation)

Vegetables	Weight	Require OTR ($cm^3/m^2/day$)		
	(g.)	10°C	15°C	20°C
Butterhead	100	2,511.04	3,167.05	4,529.71
Yard long bean	150	4,529.95	8,889.69	13,706.01
Coriander	80	4,388.96	4,507.01	8,597.14

กรมวิชาการเกษตร

ผักสลัดบัตเตอร์เฮด

การสูญเสียน้ำหนัก

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 21 วัน ผักสลัดบัตเตอร์เฮดบรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับผักสลัดบัตเตอร์เฮดบรรจุถุงฟิล์มแอคทีฟ ถุงฟิล์ม OPP และ LDPE ไม่เจาะรู และถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขณะที่ผักสลัดบัตเตอร์เฮดบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) เนื้อเยื่อพืชมีแนวโน้มเกิดการสูญเสียน้ำ เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 99 ถึง 99.5 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปเมื่อมีการสูญเสียน้ำมากกว่า 4 ถึง 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด ผลิตผลส่วนใหญ่มักแสดงอาการเหี่ยว หรือผิวมีลักษณะย่น ซึ่งฟิล์มพลาสติกส่วนใหญ่มักไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ โดยความชื้นสัมพัทธ์ภายในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มเจาะรูและไม่เจาะรูส่วนใหญ่มักใกล้เคียงกับจุดอิ่มตัวด้วยไอน้ำ (Mir and Beaudry, 2016) ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตผลในถุงฟิล์มพลาสติกทั้งเจาะรูและไม่เจาะรูจึงสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้

การเปลี่ยนแปลงสี

เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน ผักสลัดบัตเตอร์เฮดบรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน มีสีเขียวมากที่สุด คือ มีค่า a* เฉลี่ย -16.45 และผักสลัดบัตเตอร์เฮดบรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน มีสีเหลืองน้อยที่สุด คือมีค่า b* เฉลี่ย 31.56 (Table 4 และ 5)

คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส

คะแนนความชอบรวมของผักสลัดบัตเตอร์เฮดทุกกรรมวิธีมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผักสลัดบัตเตอร์เฮดบรรจุถุงฟิล์มแอคทีฟ และถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู สามารถเก็บรักษาได้นาน 15 วัน ส่วนผักสลัดบัตเตอร์เฮดบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE ไม่เจาะรู ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู สามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วัน โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ย 6 คะแนน คือ ชอบเล็กน้อย ซึ่งถือว่ายังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เมื่อเก็บรักษานานขึ้น คะแนนความชอบรวมจะลดลง และไม่เป็นที่ยอมรับ ขณะที่ผักสลัดบัตเตอร์เฮดบรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุด 21 วัน โดยยังมีคะแนนความชอบรวมเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

กรมวิชาการเกษตร

Table 3 Water loss (%) of butterhead packed in different packaging during stored at 5°C

Film	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Active film	0.00 A	1.20 ab C	0.54 a AB	0.33 a AB	0.67 a BC	0.49 a AB	0.60 a AB	0.78 a BC
OPP film	0.00 A	0.94 a B	0.54 a AB	0.38 a AB	0.62 a B	0.76 a B	0.77 a B	0.98 a B
OPP with hole diameter 0.5 cm	0.00 A	1.63 b BC	1.44 b B	1.48 b B	2.15 b C	3.61 b D	4.25 b E	6.00 c F
OPP micro-perforated film	0.00 A	1.12 ab CD	0.57 a BC	0.40 a AB	0.68 a BCD	0.84 a BCD	0.91 a BCD	1.20 a D
LDPE film	0.00 A	1.31 ab C	0.38 a AB	0.28 a AB	0.40 a AB	0.41 a AB	0.51 a AB	0.77 a B
LDPE with hole diameter 0.5 cm	0.00 A	1.62 b B	2.23 c C	2.35 c C	2.22 b C	3.22 b D	4.39 b E	4.71 b E
LDPE micro-perforated film	0.00 A	0.91 a B	0.39 a AB	0.35 a AB	0.62 a B	0.40 a AB	0.68 a B	0.75 a B
CV treatment 44.5% CV storage time 40.8%								

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 by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 4 a* value of butterhead packed in different packaging during stored at 5°C

Film	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Active film	-15.65 c A	-16.12 A	-16.27 A	-16.04 a A	-16.10 ab A	-15.76 c A	-15.95 A	-16.02 A
OPP film	-16.27 bc AB	-15.88 AB	-16.53 A	-15.49 ab B	-16.43 a A	-15.93 bc AB	-15.49 B	-16.31 A
OPP with hole diameter 0.5 cm	-15.95 bc A	-16.18 A	-15.73 A	-16.16 a A	-15.52 b A	-15.83 bc A	-16.18 A	-15.82 A
OPP micro- perforated film	-16.45 ab AB	-16.17 AB	-15.90 B	-15.70 a B	-16.34 a AB	-16.89 a A	-16.01 B	-16.45 AB
LDPE film	-16.74 ab A	-15.66 C	-16.90 ABC	-15.91 a BC	-15.79 ab BC	-16.59 ab AB	-16.26 ABC	-16.04 ABC
LDPE with hole diameter 0.5 cm	-16.56 ab A	-15.74 AB	-16.31 AB	-15.64 a B	-16.06 ab AB	-15.97 bc AB	-15.75 AB	-16.04 AB
LDPE micro- perforated film	-17.10 a A	-16.12 B	-16.50 AB	-14.88 b C	-16.39 a AB	-15.86 bc B	-16.17 B	-15.97 B
CV treatment 4.0% 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

กรมวิทยาศาสตร์

Figure 5 b* value of butterhead packed in different packaging during stored at 5°C

Film	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Active film	34.25 a AB	33.62 ab A	36.72 c B	34.65 AB	33.78 ab A	33.67 ab A	32.71 A	32.13 A
OPP film	36.34 ab C	32.30 ab A	35.42 bc BC	33.18 AB	35.43 bc AB	36.66 c C	31.36 A	32.18 A
OPP with hole diameter 0.5 cm	36.12 ab B	33.13 ab A	33.53 ab AB	33.09 A	31.82 a A	33.03 a A	33.35 AB	32.11 A
OPP micro- perforated film	37.41 b C	35.08 b ABC	35.87 bc BC	34.46 ABC	34.78 bc ABC	34.82 abc ABC	33.01 AB	32.72 A
LDPE film	37.03 ab BC	32.72 ab A	31.95 a A	34.45 AB	37.75 c C	36.06 bc BC	33.09 A	33.07 A
LDPE with hole diameter 0.5 cm	37.49 b B	31.93 a A	33.67 ab A	33.40 A	35.01 bc AB	32.81 a A	33.38 A	34.52 A
LDPE micro- perforated film	37.42 b D	34.99 ab BCD	37.06 c D	32.17 AB	35.93 bc CD	31.84 a A	33.53 ABC	31.56 A
CV treatment 7.4% CV storage time 7.0%								

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

ถั่วฝักยาว

การสูญเสียน้ำหนัก

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 21 วัน ถั่วฝักยาวบรรจุถุงฟิล์มแอคทีฟ ถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 10,001-15,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และถุงฟิล์ม LDPE ไม่เจาะรู มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 6) การเก็บรักษาผลิตผลสดในบรรจุภัณฑ์พลาสติกจะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ โดยในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ผลิตผลจะมีอัตราการหายใจต่ำลง ส่งผลให้อัตราการการคายน้ำลดลง นอกจากนี้ฟิล์มพลาสติกยังช่วยป้องกันการระเหยของน้ำจากผลิตผลได้อีกด้วย (Zagory and Kader, 1988)

แรงที่ใช้ในการตัดให้ขาด

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 21 วัน ถั่วฝักยาวบรรจุในถุงฟิล์ม OPP ไม่เจาะรู มีค่าแรงที่ใช้ในการตัดให้ขาดเท่ากับ 46.04 นิวตัน แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 7) การที่ถั่วฝักยาวบรรจุในถุงฟิล์ม OPP ไม่เจาะรู มีค่าแรงที่ใช้ในการตัดให้ขาดมากกว่ากรรมวิธีอื่น อาจจะเป็นไปได้ว่าถั่วฝักยาวอยู่ในสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ทำให้เกิดความเครียด (stress) จึงทำให้มีการสร้างลิกนิน (lignification) เพิ่มมากขึ้น (Vanholm *et al*., 2010)

คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส

ถั่วฝักยาวบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE ไม่เจาะรู ถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 10,001-15,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน พบว่ามีกลิ่นผิดปกติ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 6 วัน ขณะที่ถั่วฝักยาวบรรจุถุงฟิล์มแอคทีฟ มีกลิ่นผิดปกติเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 9 วัน และกลิ่นผิดปกติเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ถั่วฝักยาวทุกกรรมวิธีมีคะแนนความชอบรวมลดลง ถั่วฝักยาวบรรจุถุงฟิล์ม OPP ไม่เจาะรู สามารถเก็บรักษาได้นาน 6 วัน ขณะที่ถั่วผักยาวบรรจุถุงฟิล์มแอคทีฟ ถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 10,001-15,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 12 วัน ส่วนถั่วฝักยาวบรรจุถุงฟิล์ม LDPE ไม่เจาะรู ถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู สามารถเก็บรักษาได้นาน 15 วัน โดยมีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 6 คะแนน คือ ชอบเล็กน้อย ซึ่งยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

กรมวิชาการเกษตร

Table 6 Weight loss (%) of yard long bean packed in different packaging during stored at 5°C

Film	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Active film	0.00 A	0.19 AB	0.41 ab BC	0.43 a BC	0.66 ab CD	0.79 a D	0.90 ab D	0.87 a D
OPP film	0.00 A	0.24 A	0.62 ab B	0.71 ab B	0.92 bc BC	1.11 bc C	1.79 c D	1.91 c D
OPP with hole diameter 0.5 cm	0.00 A	0.38 B	0.65 ab BC	0.89 b CD	0.98 c C	1.27 c E	2.03 c F	2.04 c F
OPP micro-perforated film	0.00 A	0.26 BC	0.46 ab CD	0.58 ab D	0.70 ab DE	0.90 ab EF	1.01 ab F	0.99 a EF
LDPE film	0.00 A	0.25 AB	0.42 ab BC	0.46 a BCD	0.58 ab CDE	0.74 a DEF	0.90 ab F	0.81 a EF
LDPE with hole diameter 0.5 cm	0.00 A	0.34 B	0.68 b C	0.64 ab C	1.06 c D	0.96 ab D	1.16 b DE	1.39 b E
LDPE micro-perforated film	0.00 A	0.17 AB	0.34 a BC	0.49 a CD	0.59 a CD	0.65 a D	0.79 a D	0.79 a D
CV treatment 42.6% CV storage time 35.4%								

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

กรมวิทยาศาสตร์

Table 7 Cutting force (N) of yard long bean packed in different packaging during stored at 5°C

Film	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Active film	21.25 a A	21.63 AB	23.81 AB	23.81 AB	25.12 a B	25.27 a B	24.20 a AB	24.65 b AB
OPP film	23.93 ab A	23.35 A	23.06 A	24.91 A	28.80 b B	33.07 b C	40.86 b D	46.04 c E
OPP with hole diameter 0.5 cm	24.20 ab BC	22.79 AB	23.29 AB	25.25 BC	24.97 a BC	27.22 a C	25.15 a BC	19.93 a A
OPP micro-perforated film	25.60 b BC	23.38 B	23.41 B	24.18 BC	24.06 a BC	27.29 a C	22.93 a B	24.08 b BC
LDPE film	24.75 ab BC	22.36 B	22.84 BC	23.87 BC	25.96 ab BC	26.28 a C	26.56 a C	25.60 b BC
LDPE with hole diameter 0.5 cm	24.71 ab C	23.40 BC	23.62 BC	24.47 C	24.54 a C	25.19 a C	23.30 a BC	20.27 a B
LDPE micro-perforated film	26.03 b C	23.97 C	23.81 C	24.81 C	24.21 a C	26.51 a C	23.58 a C	23.80 b C
CV treatment 11.7% CV storage time 11.9%								

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

กรมวิทยาศาสตร์

ผักชี

การสูญเสียน้ำหนัก

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 21 วัน ผักชีบรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE ไม่เจาะรู ถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 15,001-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 8) การเก็บรักษาผลิตผลในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ นอกจากจะช่วยดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์แล้ว ยังช่วยรักษาความชื้นได้ดี ซึ่งมีผลต่อการรักษาคุณภาพผลิตผลอย่างมาก โดยช่วยลดการสูญเสียน้ำ และลดความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำ (Mir and Beaudry, 2016; Kader, 1986) ฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิดยอมให้ไอน้ำซ้ำผ่านได้ในอัตราที่แตกต่างกัน ซึ่งการเจาะรูฟิล์มเพื่อเพิ่มอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ยังไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ เนื่องจากพื้นที่ของรูมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ผิวทั้งหมดของฟิล์ม (Kader, 1986) โดยพบว่า ถุงฟิล์มพลาสติกไม่เจาะรู และถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าถุงฟิล์มพลาสติกที่มีการเจาะรูขนาดใหญ่

การเปลี่ยนแปลงสี

ค่า a* ของผักชีลดลงเล็กน้อย เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 21 วัน ผักชีบรรจุถุงฟิล์มทุกกรรมวิธีมีค่า a* เฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 9) เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 21 วัน ผักชีบรรจุถุงฟิล์ม OPP ไม่เจาะรู มีค่า b* น้อยที่สุด เท่ากับ 25.11 ไม่แตกต่างทางสถิติกับผักชีบรรจุถุงฟิล์ม LDPE ไม่เจาะรู และถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,001-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขณะที่ผักชีบรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟ ถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู และถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,001-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน มีค่า b* มากที่สุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 10) การเปลี่ยนเป็นสีเหลืองของผักชี เป็นผลมาจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นลักษณะที่บ่งบอกถึงความชราภาพ มักเกิดขึ้นพร้อมกับการปรากฏขึ้นของสีเหลือง ซึ่งเป็นสารสีประเภทคาโรทีนอยด์ โดยปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ มีผลต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (จริงแท้, 2546)

คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส

ผักชีบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู ถุงฟิล์ม LDPE ไม่เจาะรู และถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 15,001-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 15 วัน โดยมีคะแนนความชอบรวมเฉลี่ย 6 คะแนน คือ ชอบเล็กน้อย ขณะที่ผักชีบรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 15,001-20,000 ลูกบาศก์

กรมวิชาการเกษตร

เซนติเมตร/ตารางเมตร.วัน มีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 7 คะแนน คือ ชอบปานกลาง ซึ่งถือว่ายังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 18 วัน มีคะแนนความชอบรวมลดลงและไม่เป็นที่ยอมรับ ผักชีบรรจุถุงฟิล์ม OPP ไม่เจาะรู สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุด 21 วัน โดยมีคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 7 คะแนน

กรมวิชาการเกษตร

Table 8 Weight loss (%) of coriander packed in different packaging during stored at 5°C

Film	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Active film	0.00 A	0.79 a B	0.85 ab B	0.99 a B	1.06 a B	1.01 a B	1.49 a BC	2.12 b C
OPP film	0.00 A	0.94 a B	1.02 ab B	0.80 a B	0.81 a B	1.03 a B	0.90 a B	0.87 a B
OPP with hole diameter 0.5 cm	0.00 A	2.19 b BC	1.88 c B	3.41 c D	1.95 c B	2.45 b BC	2.74 b CD	3.42 b D
OPP micro-perforated film	0.00 A	1.37 a C	0.85 ab BC	0.99 a BC	0.47 a AB	1.03 a BC	0.91 a BC	1.32 a C
LDPE film	0.00 A	0.71 a AB	0.65 a AB	0.80 a AB	0.66 a AB	0.68 a AB	0.80 a AB	1.12 a B
LDPE with hole diameter 0.5 cm	0.00 A	1.22 a B	1.47 bc BC	2.45 b D	2.03 b CD	2.28 b D	3.63 c E	4.76 d F
LDPE micro-perforated film	0.00 A	0.66 a AB	0.69 ab AB	0.85 a A	0.55 a AB	1.03 a A	1.11 a A	1.08 a A
CV treatment 39.0% CV storage time 51.9%								

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

กรมวิทยาศาสตร์

Table 9 a* value of coriander packed in different packaging during stored at 5°C

Film	Storage time (days)								treatment
	0	3	6	9	12	15	18	21	mean
Active film	-11.86	-12.10	-12.44	-11.85	-12.09	-11.78	-11.24	-10.86	-11.78 a
OPP film	-11.39	-12.03	-11.15	-11.94	-11.71	-11.26	-11.69	-11.73	-11.61 a
OPP with hole diameter 0.5 cm	-11.78	-11.60	-11.53	-12.02	-12.56	-11.89	-11.53	-11.85	-11.85 a
OPP micro-perforated film	-11.80	-11.61	-11.71	-12.06	-12.28	-12.08	-12.33	-11.83	-11.96 a
LDPE film	-11.76	-12.54	-11.71	-11.87	-12.01	-12.25	-12.01	-11.34	-11.94 a
LDPE with hole diameter 0.5 cm	-11.78	-12.18	-11.92	-11.98	-12.26	-11.65	-11.64	-11.04	-11.81 a
LDPE micro-perforated film	-11.91	-11.54	-12.22	-12.06	-12.43	-12.30	-11.54	-10.89	-11.87 a
Storage time mean	-11.76 B	-11.94 AB	-11.81 AB	-11.97 AB	-12.19 A	-11.89 AB	-11.72 BC	-11.36 C	
CV treatment 6.9% CV storage time 7.1%									

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

กรมวิทยาศาสตร์

Table 10 b* value of coriander packed in different packaging during stored at 5°C

Film	Storage time (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Active film	22.76 A	23.61 AB	24.12 AB	24.78 AB	26.19 B	26.44 b B	29.37 cd C	30.99 b C
OPP film	22.37 A	22.72 AB	22.44 A	25.11 ABC	25.62 BC	23.28 a ABC	25.93 b C	25.11 a ABC
OPP with hole diameter 0.5 cm	23.01 A	24.07 A	24.66 A	24.20 A	27.79 B	25.96 ab AB	28.08 bc B	31.24 b C
OPP micro-perforated film	23.37 A	23.46 A	24.35 AB	25.44 ABC	27.88 CD	27.00 b BCD	29.24 bc ED	31.76 b E
LDPE film	22.65 A	25.04 AB	24.35 AB	23.15 A	26.38 B	26.60 b B	26.64 ab B	27.18 a B
LDPE with hole diameter 0.5 cm	21.49 A	24.86 BC	24.27 ABC	23.58 AB	26.97 C	25.12 ab BC	31.14 c D	32.59 b D
LDPE micro-perforated film	22.22 A	23.28 A	24.17 AB	24.99 ABC	26.56 BCD	28.18 b D	27.55 ab CD	27.71 a CD
CV treatment 8.1% CV storage time 9.4%								

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

กรมวิทยาศาสตร์

การทดลองที่ 1.2 การเก็บรักษาผักในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

ผักสลัดบัตเตอร์เฮด

การสูญเสียน้ำหนัก

ผักสลัดบัตเตอร์เฮดบรรจุในถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 21 วัน อยู่ระหว่าง 0.28-0.84 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดถึง 6.61 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 18 ของการเก็บรักษา (Figure 3) ฟิล์มพลาสติกส่วนใหญ่มักไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ โดยความชื้นสัมพัทธ์ภายในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มเจาะรูและไม่เจาะรูส่วนใหญ่มักใกล้เคียงกับจุดอิ่มตัวด้วยไอน้ำ ซึ่งการเจาะรูขนาดเล็กมีผลต่อระดับความชื้นสัมพัทธ์ไม่มาก (Mir and Beaudry, 2016) ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตผลในถุงฟิล์มพลาสติกเจาะรูขนาดไมครอนจึงสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้

การเปลี่ยนแปลงสี

ผักสลัดบัตเตอร์เฮดทุกกรรมวิธีมีค่า a* (ค่าสีแดง-เขียว) ไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลา โดยมีค่า a* เป็นลบ แสดงถึงสีเขียว พบว่าค่า a* เป็นลบน้อยลงในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา แสดงว่าเริ่มมีความเป็นสีเขียวลดลง (Figure 4A) ส่วนค่า b* (ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน) พบว่า มีค่าเป็นบวก แสดงถึงสีเหลือง โดยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 21 วัน ผักสลัดบัตเตอร์เฮดทุกกรรมวิธียังมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองไม่มาก (Figure 4B) การเปลี่ยนแปลงสีของผักสลัดบัตเตอร์เฮดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเก็บรักษา (Nunes, 2008) ดังนั้น ในแต่ละกรรมวิธีจึงยังไม่พบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงสี

คุณภาพทางกายภาพ

จากการประเมินคุณภาพทางกายภาพโดยการให้คะแนน พบว่า คะแนนความสดและลักษณะปรากฏของผักสลัดบัตเตอร์เฮดทุกกรรมวิธีเริ่มลดลงในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน มีคะแนนความสดเท่ากับ 3 คือ มีความสดปานกลาง ผักเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเล็กน้อย และมีคะแนนลักษณะปรากฏมากกว่า 3 โดยผักยังมีลักษณะสดหรือเหี่ยวเล็กน้อย อาจเริ่มมีรอยช้ำหรือลักษณะผิดปกติเล็กน้อย ผักสลัดบัตเตอร์เฮดทุกกรรมวิธีสามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน โดยยังมีคะแนนความชอบรวมเป็นที่ยอมรับ โดยผักสลัดบัตเตอร์เฮดบรรจุในถุง LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร น้ำหนัก 100 กรัม มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุด

กรมวิชาการเกษตร

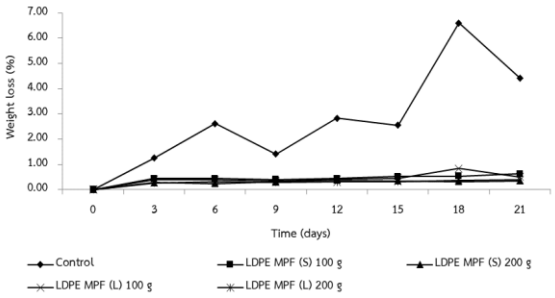

Figure 3 Weight loss (%) of butterhead packed in LDPE micro perforated film (OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/day$) during store at 5°C

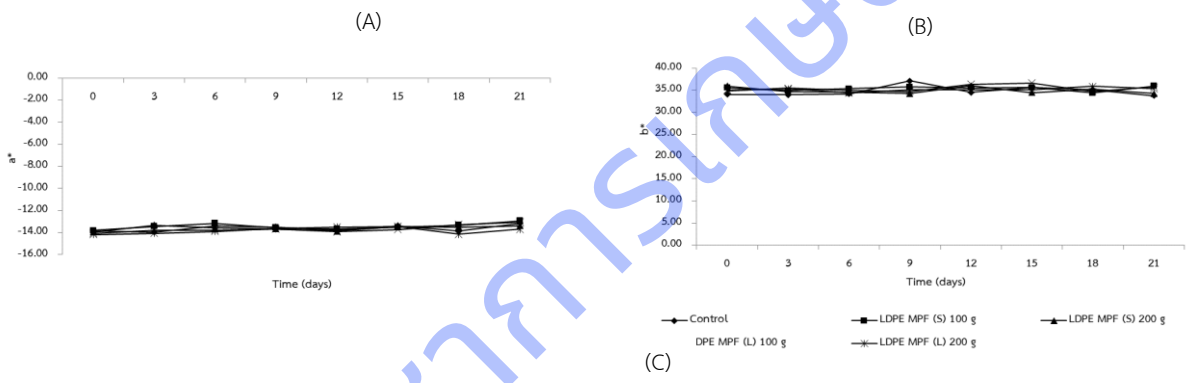

Figure 4 a* value (A) and b* value (B) of butterhead packed in LDPE micro perforated film (OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/day$) during store at 5°C

กรมวิชาการเกษตร

ถั่วฝักยาว

การสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อ

ถั่วฝักยาวไม่บรรจุถุง (ชุดควบคุม) มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 31.87 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 18 ของการเก็บรักษา ขณะที่ถั่วฝักยาวบรรจุในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 5A) การเก็บรักษาผลิตผลสดในบรรจุภัณฑ์พลาสติกช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ โดยในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ผลิตผลจะมีอัตราการหายใจต่ำลง ส่งผลให้อัตราการการคายน้ำลดลง นอกจากนี้ฟิล์มพลาสติกยังช่วยป้องกันการระเหยของน้ำจากผลิตผลได้อีกด้วย (Zagory and Kader, 1988) สำหรับความแน่นเนื้อ พบว่าตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 18 วัน มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ถั่วฝักยาวทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ อยู่ที่ประมาณ 22.26-26.19 นิวตัน (Figure 5B)

คุณภาพทางกายภาพ

การประเมินคุณภาพโดยการให้คะแนน พบว่า ถั่วฝักยาวไม่บรรจุถุง (ชุดควบคุม) และถั่วฝักยาวบรรจุในถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน น้ำหนักบรรจุ 150 และ 300 กรัม เริ่มมีความสดลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ถั่วฝักยาวบรรจุในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนมีคะแนนความสดเป็นที่ยอมรับถึงวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ขณะที่ถั่วฝักยาวไม่บรรจุถุงมีความสดไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ถั่วฝักยาวไม่บรรจุถุงมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองมากกว่ากรรมวิธีอื่นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษานาน 18 วัน ถั่วฝักยาวที่ไม่บรรจุถุงมีคะแนนสีเขียวน้อยที่สุดเท่ากับ 1.5 คะแนน ถั่วฝักยาวบรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนทุกกรรมวิธีสามารถเก็บรักษาได้นาน 15 วัน โดยมีคะแนนความชอบรวมเป็นที่ยอมรับ ส่วนถั่วฝักยาวไม่บรรจุถุงสามารถเก็บรักษาได้นาน 9 วัน

กรมวิชาการเกษตร

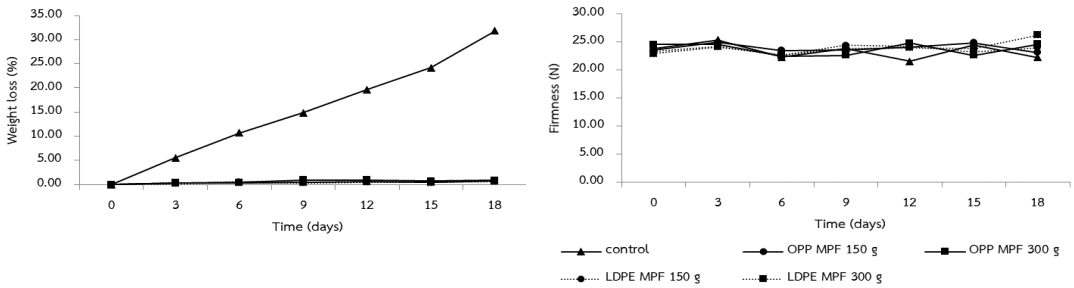

Figure 5 Weight loss (A) and firmness (B) of yard long bean packed in OPP or LDPE micro perforated film (OTR 15,000-20,000 cm^3/m^2/day) during store at 5°C

กรมวิชาการเกษตร

ผักชี

การสูญเสียน้ำหนัก

ผักชีทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยผักชีบรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร (ชุดควบคุม) มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 18 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 2.56 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผักชีบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน โดยมีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ (Figure 6)

การเปลี่ยนแปลงสี

พบว่า a* (ค่าสีแดง-เขียว) และ b* (ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน) ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกรรมวิธีกับระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผักชีมีค่า b* เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนค่า a* ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ผักชีทุกกรรมวิธีมีค่า a* และ b* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 7)

คุณภาพทางกายภาพ

จากการประเมินคุณภาพทางกายภาพโดยการใช้คะแนน พบว่า ผักชีทุกกรรมวิธีมีคะแนนความสดและลักษณะปรากฏลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยชุดควบคุมมีค่าคะแนนน้อยที่สุด ผักชีทุกกรรมวิธีสามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วัน โดยยังมีคะแนนความชอบรวมเป็นที่ยอมรับ โดยผักชีบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน ขนาดถุง 16x35 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 80 กรัม มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุด เท่ากับ 7.50 คะแนน

กรมวิชาการเกษตร

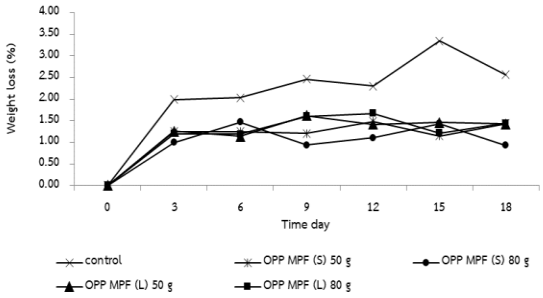

Figure 6 Weight loss (%) of coriander packed in OPP micro perforated film (OTR 5,000-10,000 cm^3/m^2/day) during store at 5°C

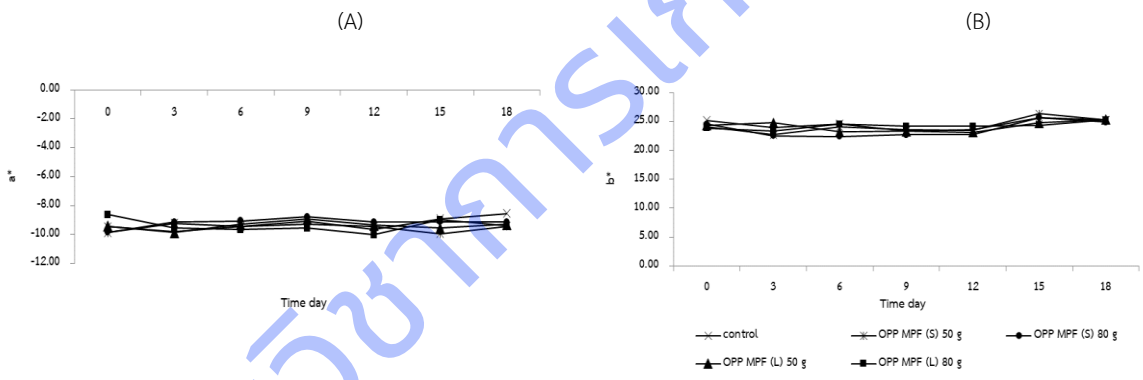

Figure 7 a* value (A) and b* value (B) of coriander packed in OPP micro perforated film (OTR 5,000-10,000 cm^3/m^2/day) during store at 5°C

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ผักสลัดคอส

การสูญเสียน้ำหนัก

ผักสลัดคอสบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่มีรูเจาะขนาดใหญ่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำจากผลิตผลออกสู่บรรยากาศได้มาก ขณะที่ผักสลัดคอสบรรจุถุงฟิล์ม active ฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน มีการสูญเสียน้ำหนักตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 21 วัน ผักสลัดคอสบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 4.28 และ 4.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างทางสถิติกับผักสลัดคอสบรรจุในถุงฟิล์ม active ฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 8) ผักสลัดคอสบรรจุในถุงฟิล์ม active ฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี

การเปลี่ยนแปลงสี

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผักสลัดคอสค่า L (ค่าความสว่าง) และ b* (ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนค่า a* (ค่าสีแดง-เขียว) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ค่า L a* และ b* ของผักสลัดคอสไม่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี (Figure 9)

คุณภาพทางกายภาพ

การประเมินคุณภาพทางกายภายโดยการให้คะแนน พบว่า ผักสลัดคอสมีคะแนนความสดลักษณะปรากฏ และความชอบรวม เริ่มลดลงในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 21 วัน ผักสลัดคอสบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน มีคะแนนความสดมากที่สุด ส่วนผักสลัดคอสบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร มีคะแนนลักษณะปรากฏมากที่สุด เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 21 วัน ผักสลัดคอสทุกกรรมวิธียังมีคะแนนความชอบเป็นที่ยอมรับได้ คือมีคะแนนมากกว่า 6 โดยผักสลัดคอสเก็บรักษาในถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุด

กรมวิชาการเกษตร

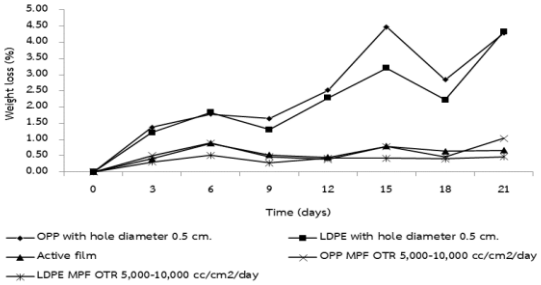

Figure 8 Weight loss (%) of cos packed in different packaging during store at 5°C

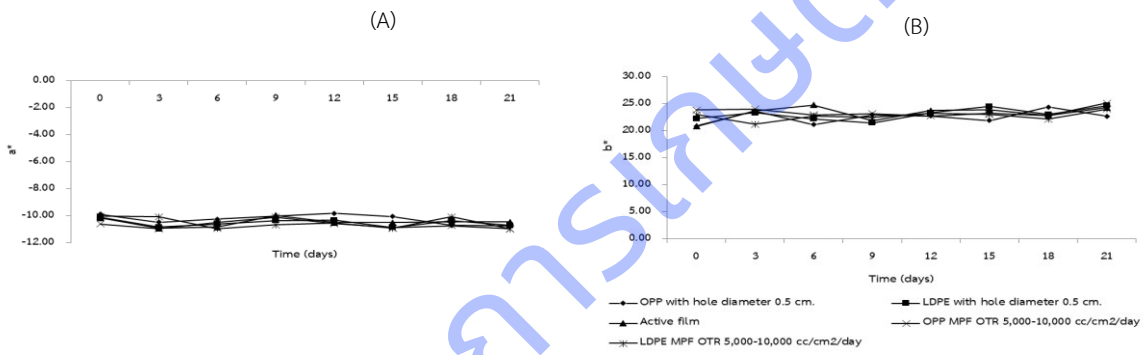

Figure 9 a* value (A) and b* value (B) of cos packed in different packaging during store at 5°C

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

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

Caiazzo F., F. Curcio, G. Daurelio and F.M.C. Minutolo. 2005. Laser cutting of different polymeric plastics (PE, PP and PC) by a CO_2 laser beam. *J Mat Proce Technol*. 159: 279-285.

Cameron, A.C., P.C. Talasila and D.W. Joles. 1995. Predicting film permeability needs for modified atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. *Hort Sci*. 30 (1): 25-34.

Christie, G.B.Y., J.I. Macdiarmid, K. Schliephake and R.B. Tomkins. 1995. Determination of film requriements and respiratory behavior of fresh produce in modified atmosphere packaging. *Post Biol Technol. 6: 41-54.*

Chow, C. 2012. Microperforations for fresh cut produce packaging Available source: http://www.precoinc.com/PDF/microperforating_Chow.pdf. (3 June 2014).

Fonseca S.C., F.A.R., Oliveira and J.K.. Brecht. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *J of Food Eng*. 52: 99-119.

Fishman, S., V. Rodov and S. Ben-Yehoshua. 1996. Mathematical model for perforation effect on oxygen and water vapor dynamics in modified atmosphere packages. *J Food Sci.* 61: 956-961.

Ishitani, T, 2011, Packaging design for fresh produces, (Unpublished Manuscript)

Ishikawa, Y. and Y. Hasegawa. 1998. Determiantion of packaging conditions for selected fresh vegetables. *Food Sci Technol Int Tokyo*. 4 (4): 274-277.

Jacxsens, L., F. Devlieghere and L. Debevere. 2000. Validation of a systematic approach to design equilibrium modifies atmosphere packages for fresh-cut produce. *LWT-Food Sci Technol.* 32(7): 425-432.

Kader, A.A. 1986. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Outlook second quarter*. 3(20: 9-10.

กรมวิชาการเกษตร

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.

Olsen, F.O. 1995. Pulsed laser materials processing, ND-YAG versus CO_2 lasers. Annals of the CIRP. 44(1): 141-145.

Vanholme, R., B. Demedts, K. Morreel, J. Ralph and W. Boerjan. 2010. Lignin biosynthesis and structure. Plant physiol 153: 895-905.

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.

กรมวิทยาศาสตร์

กิจกรรมที่ 2 การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน (micro-perforated film) โดยใช้เลเซอร์มาร์กเกอร์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้

ผู้วิจัย

1.	นางสาวคมจันทร์ สรงจันทร์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กวป. กรมวิชาการเกษตร	หัวหน้ากิจกรรม หัวหน้าการทดลอง
2.	นางศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กวป. กรมวิชาการเกษตร	ผู้ร่วมงาน
3.	นางสาวปรางค์ทอง กวานห้อง	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กวป. กรมวิชาการเกษตร	ผู้ร่วมงาน
4.	นางสาวงามพิศ สุดเสน่ห์	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ กวป. กรมวิชาการเกษตร	ผู้ร่วมงาน

คำสำคัญ

ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน สภาพบรรยากาศดัดแปลง การเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์

Keyword

Micro-perforated film, modified atmosphere packaging, storage, packaging

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน (micro-perforated film) โดยใช้เลเซอร์มาร์กเกอร์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ มี 2 การทดลอง คือ 1) การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่เหมาะสมสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ พบว่า ผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 15,001-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสได้นาน 30 วัน และเมื่อนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้องจะสุกในเวลา 3 วัน โดยไม่พบการเกิดกลิ่นผิดปกติเมื่อผลสุก ผลเงาะบรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟ และฟิล์ม LDPE ไม่เจาะรู สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ได้นาน 14 วัน ส่วนผลเงาะบรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน เก็บรักษาได้นาน 12 และ 10 วัน ตามลำดับ โดยยังมีคุณภาพภายนอกเป็นที่ยอมรับ 2) การเก็บรักษาผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน พบว่า มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร ควรบรรจุผลมะม่วงจำนวน 1 ผล/ถุง สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสได้นาน 20 วัน และเมื่อนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้องจะสุกในเวลา 3 วัน โดยไม่พบกลิ่นผิดปกติเมื่อผลสุก เงาะพันธุ์โรงเรียนบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาด 20x28 เซนติเมตร สามารถบรรจุเงาะจำนวน 6-12 ผล เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสได้นาน 10 วัน และฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยไข่ได้นาน 21 วัน

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

This experiment aimed to testing the use of micro-perforated film to maintain quality and extend shelf life of fruits. It was found that mango packed in OPP and LDPE micro-perforated film with OTR 15,001-20,000 cubic centimeter per square meter per day can be stored for 30 days and 3 days ripening at room temperature without off-odor occur. Rambutan packed in active film and LDPE film can be stored at 13°C for 14 days. While rambutan packed in OPP and LDPE micro-perforated film with OTR 5,000-10,000 cm^3/m^2/day can be stored for 12 and 10 days, respectively with acceptable external quality. Mango packed in OPP or LDPE micro-perforated film OTR 15,000-20,000 cm^3/m^2/day size 20x28 cm 1 fruit/bag can be stored at 13°C for 20 days and 3 days ripening at room temperature without off-odor occur. Rambutan packed in OPP or LDPE micro-perforated film OTR 5,000-10,000 cm^3/m^2/day size 20x28 cm contained 6-12 fruit stored at 13°C for 10 days. Banana (Kai) packed in OPP or LDPE micro-perforated film OTR 5,000-10,000 cm^3/m^2/day can be stored for 21 days.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere packaging: MAP) เป็นการเก็บรักษาผลิตผลสดในบรรจุภัณฑ์ที่ภายในมีสัดส่วนของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพบรรยากาศปกติ ทำให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจลดลง ซึ่งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ (Mir and Beaudry, 2016) เนื่องจากช่วยลดการสูญเสียพลังงานสะสม ช่วยลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล รวมถึงลดการสูญเสียน้ำ ชะลอการสุกและการเน่าเสีย (Ding *et al*., 2002; Zagory, 1997) สภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ควรช่วยลดอัตราการหายใจให้ต่ำสุด โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายเนื่องจากสภาพขาดออกซิเจน หรือเสียหายเนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Zagory and Kader, 1988) โดยสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีก๊าซออกซิเจน 1-5 เปอร์เซ็นต์ และคาร์บอนไดออกไซด์ 2-10 เปอร์เซ็นต์ เป็นบรรยากาศที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาผักและผลไม้สด (Mir and Beaudry, 2016) สภาพบรรยากาศที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ เป็นผลลัพธ์ร่วมกันของปัจจัยหลักที่สำคัญ คือ การหายใจของผลิตผล สภาพแวดล้อม (อุณหภูมิ ความชื้น) และบรรจุภัณฑ์ (Sandhya, 2010) ซึ่งผลิตผลหลังจากเก็บเกี่ยวมาแล้ว ยังคงหายใจโดยมีการใช้ออกซิเจนและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณออกซิเจนลดต่ำลงและมีคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น การสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่ต้องการ ต้องอาศัยการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมดุลระหว่างกระบวนการหายใจและการซึมผ่านก๊าซ ได้แก่ อัตราการหายใจของผลิตผล น้ำหนักบรรจุ ค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซ พื้นที่ผิวบรรจุภัณฑ์ head space รวมถึงอัตราส่วนของก๊าซต่าง ๆ ภายในบรรจุภัณฑ์ (อศิรา และคณะ, 2549) การเลือกใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่พัฒนาขึ้นให้เหมาะสมกับผลิตผล จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ด้วย การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อทดสอบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เงาะพันธุ์โรงเรียน และกล้วยไข่

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่เหมาะสมสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้

1. วัดอัตราการหายใจของมะม่วงน้ำดอกไม้ระยะ mature green, firm ripe และ ripe เจาะโรงเรียนระยะสามสี ที่อุณหภูมิ 10 15 และ 20 องศาเซลเซียส โดยใช้ระบบปิด คำนวณอัตราการหายใจจากสมการ

อัตราการหายใจ (mg CO_2/kg/hr.) = $\frac{\text{AV. } CO_2 \text{ difference/100 x head space volume (ml) x 2 x 1,000}}{\text{weight (g)}}$

เมื่อ AV. CO_2 difference = ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ละครั้งที่วัด

head space volume = ปริมาตรช่องว่างภายในบรรจุภัณฑ์

weight = น้ำหนักของผลิตผล

2. นำค่าอัตราการหายใจของมะม่วงน้ำดอกไม้ และเงาะโรงเรียน ขนาดถุงฟิล์มบรรจุภัณฑ์ และน้ำหนักบรรจุต่อถุง มาคำนวณอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (OTR) ของฟิล์มที่ผลิตผลต้องการเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ (Ishitani, 2011) โดยใช้สมการ

Required OTR ($cm^3/m^2.day$) = $\frac{CO_2 \text{ produce per day x } ½}{\text{pouch area } (cm^2) \text{ /different partial pressure}}$

เมื่อ CO_2 production per day = respiration rate x 0.5 x weight (kg) x 24 hr.

½ = modified atmosphere effect of respiration by O_2 decrease

pouch area = พื้นที่ผิวของบรรจุภัณฑ์

different partial pressure = (O_2 in air (%) – O_2 partial pressure inside pouch)/100

O_2 partial pressure inside pouch = ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์

3. ทดสอบการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ และเงาะโรงเรียน โดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน โดยนำค่าอัตราการหายใจของผลไม้แต่ละชนิด มาใช้ในการพิจารณาคัดเลือกอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

นำมะม่วงมาคัดเลือกผลที่มีผิวสวย ปราศจากตำหนิ มีน้ำหนักและความแก่ใกล้เคียงกัน นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง ตัดขั้วผลให้เหลือประมาณ 2 มิลลิเมตร แล้ววางคว่ำผลในตะกร้าที่มีกระดาษ

กรมวิชาการเกษตร

สะอาดรองจนน้ำยางแห้ง จากนั้นบรรจุผลมะม่วงจำนวน 1 ผล ในถุงขนาด 20x28 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ split plot design จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 2 ถุง main plot คือ ชนิดของบรรจุภัณฑ์

กรรมวิธีที่ 1 กล่องกระดาษลูกฟูก

กรรมวิธีที่ 2 ถุงฟิล์มแอคทีฟ

กรรมวิธีที่ 3 ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู

กรรมวิธีที่ 4 ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,001-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 5 ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู

กรรมวิธีที่ 6 ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,001-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

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

นำไปเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส แล้วสุ่มมาตรวจสอบคุณภาพทุก 5 วัน

เจาะพันธุ์โรงเรียน

นำเจาะโรงเรียนมาล้างทำความสะอาด จากนั้นผึ่งให้สะเด็ดน้ำ แล้วคัดเลือกผลเจาะที่ปราศจากโรคและแมลง มีระยะความสุกแก่ใกล้เคียงกัน มาบรรจุในถุงขนาด 20x28 เซนติเมตร จำนวนถุงละ 6 ผล ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ถุงฟิล์มแอคทีฟ

กรรมวิธีที่ 2 ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู

กรรมวิธีที่ 3 ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000- 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

กรรมวิธีที่ 4 ถุงฟิล์ม LDPE ไม่เจาะรู

กรรมวิธีที่ 5 ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู

กรรมวิธีที่ 6 ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000- 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

sub plot คือ ระยะเวลาเก็บรักษานาน 2 4 6 8 10 12 14 16 และ 18 วัน

การตรวจสอบคุณภาพ

- การสูญเสียน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักสดเริ่มต้น น้ำหนักสดเมื่อตรวจสอบคุณภาพ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ตามสมการ

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

กรมวิชาการเกษตร

- 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

- ความแน่นเนื้อเปลือก และเนื้อผล วัดด้วยเครื่อง texture analyzer โดยความแน่นเนื้อเปลือกใช้หัววัดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร ขนาดแรงกด 0.5 นิวตัน ความเร็ว 50 มิลลิเมตร/นาที กดลึก 5 มิลลิเมตร ความแน่นเนื้อเนื้อ ใช้หัววัดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ขนาดแรงกด 0.5 นิวตัน ความเร็ว 50 มิลลิเมตร/นาที กดลึก 5 มิลลิเมตร

- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) นำน้ำคั้นมาวัดด้วยเครื่อง digital refractometer

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

- คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส ทดสอบโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน โดยการให้คะแนน

การทดลองที่ 2.2 การเก็บรักษาผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. ศึกษาน้ำหนักบรรจุที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้โดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

1.1 เตรียมผลิตผลที่นำมาใช้ทำการทดลอง โดยคัดเลือกผลิตผลที่มีระยะความแก่ใกล้เคียงกัน มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิหรือความเสียหายจากโรคและแมลง นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ

1.2 นำผลิตผลมาบรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร หรือ 28x39 เซนติเมตร

1.3 วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 2 ถุง ดังนี้

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

Main plot คือ วิธีการบรรจุ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่บรรจุถุง (ชุดควบคุม)

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร ถุงละ 1 ผล

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร ถุงละ 2 ผล

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถุง LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร ถุงละ 1 ผล

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร ถุงละ 2 ผล

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

เจาะพันธุ์โรงเรียน

Main plot คือ วิธีการบรรจุ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่บรรจุถุง (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร ถุงละ 6 ผล

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร ถุงละ 12 ผล

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร ถุงละ 6 ผล

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร ถุงละ 12 ผล

Sub plot คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา ได้แก่ 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 วัน

1.4 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพตามระยะเวลาที่กำหนด

2. ทดสอบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในการยืดอายุเก็บรักษาผลไม้ชนิดอื่น ได้แก่ กล้วยไข่ (อัตราการหายใจระดับ high)

2.1 วัดอัตราการหายใจของกล้วยไข่ โดยใช้ระบบปิด ที่อุณหภูมิ 10 15 และ 20 องศาเซลเซียส

2.2 เตรียมผลิตผลที่นำมาใช้ทำการทดลอง โดยคัดเลือกผลิตผลที่มีระยะความแก่ใกล้เคียงกัน มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิหรือความเสียหายจากโรคและแมลง นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ

2.3 นำผลิตผลมาบรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร หรือ 28x39 เซนติเมตร

กรมวิชาการเกษตร

2.4 วางแผนการทดลองแบบ split plot ดังนี้

กล้วยไข่

Main plot คือ วิธีการบรรจุ จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 2 ถุง ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู ถุงละ 6 ผล (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู ถุงละ 6 ผล (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์มชนิดแอคทีฟ ถุงละ 6 ผล (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร.วัน ถุงละ 6 ผล

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร.วัน ถุงละ 6 ผล

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

2.5 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพทุก 5 วัน

การตรวจสอบคุณภาพ

เช่นเดียวกับการทดลอง 1.2

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่เหมาะสมสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้

อัตราการหายใจของมะม่วงน้ำดอกไม้และเงาะโรงเรียน

ที่อุณหภูมิ 10 15 และ 20 องศาเซลเซียส มะม่วงน้ำดอกไม้ระยะ full mature มีอัตราการหายใจเท่ากับ 20.51 38.86 และ 66.35 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ ขณะที่ระยะ half ripe มีอัตราการหายใจสูงขึ้นเป็น 126.88 207.18 และ 343.82 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนมะม่วงน้ำดอกไม้สุก (ripe) มีอัตราการหายใจ 54.51 156.80 และ 174.41 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ และเงาะโรงเรียนมีอัตราการหายใจเท่ากับ 28.38 38.93 และ 63.50 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ

เมื่อนำค่าอัตราการหายใจของมะม่วงน้ำดอกไม้และเงาะโรงเรียน และน้ำหนักบรรจุต่อถุง มาคำนวนอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (OTR) ของฟิล์มที่ผลิตผลต้องการเมื่อเก็บรักษาในถุงขนาด 20x28 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 10 15 และ 20 องศาเซลเซียส ผลการคำนวณแสดงดัง Table 1 เมื่อพิจารณาอัตราการหายใจของมะม่วงน้ำดอกไม้ระยะต่างๆ และเงาะโรงเรียนที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ร่วมกับการคาดคะเน OTR ของฟิล์มที่ผลิตผลต้องการ พบว่า OTR ของฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่สอดคล้องกับอัตราการหายใจของมะม่วงน้ำดอกไม้และเงาะโรงเรียน คือ ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,000-20,000 และ 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ตามลำดับ

LDPE MPF

Table 11 Require OTR of mango and rambutan when storage at 10 15 and 20°C (from calculation)

Fruits	Weight (g)	OTR (cm^3/m^2.day) need		
		10° C	15 ° C	20 ° C
mango (full mature)	300	915.63	1,734.82	2,962.05
mango (half ripe)	300	5,664.29	9,249.11	15,349.11
mango (ripe)	300	3,215.18	11,785.27	19,038.84
rambutan	200	844.64	1,158.63	1,889.88

ศูนย์วิทยทรัพยากร

มะม่วงน้ำดอกไม้

การสูญเสียน้ำหนัก

เมื่อเก็บรักษานาน 30 วัน ผลมะม่วงบรรจุกล่องกระดาษลูกฟูกมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 9.20 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ผลมะม่วงบรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด เท่ากับ 1.28 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลมะม่วงบรรจุถุงฟิล์มกรรมวิธีอื่น ๆ มีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ (Table 12) การเก็บรักษาในถุงฟิล์มพลาสติกช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงได้ เนื่องจากทำให้เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งมีก๊าซออกซิเจนต่ำและคาร์บอนไดออกไซด์สูง จึงชะลออัตราการหายใจ ทำให้ผลิตผลมีอัตราการคายน้ำลดลง นอกจากนี้ฟิล์มพลาสติกยังช่วยป้องกันการระเหยของน้ำจากผลิตผลได้อีกด้วย (Zagory and Kader, 1988)

การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือก

ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของฟิล์มและระยะเวลาการเก็บรักษา ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า L* ลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน นานขึ้น โดยผลมะม่วงบรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟมีค่า L* เฉลี่ยมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ยกเว้นผลมะม่วงบรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ซึ่งมีค่า L* น้อยที่สุด (Table 13) สำหรับค่า b* เมื่อเก็บรักษานาน 20-30 วัน ผลมะม่วงบรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟมีค่า b* น้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเก็บรักษานาน 20 และ 30 วัน (Table 14) เมื่อผลมะม่วงสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ได้แก่ สีเนื้อเปลี่ยนจากสีเขียวเหลืองเป็นสีเหลืองหรือส้ม สีผิวเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง คลอโรฟิลล์ลดลง ขณะที่แคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น (Brecht and Yahia, 2009) เมื่อผลมะม่วงมีค่า b* เพิ่มขึ้นแสดงว่าผลมีการสุกเพิ่มขึ้น ซึ่งผลมะม่วงบรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟ มีแนวโน้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วงได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น

ความแน่นเนื้อ

ผลมะม่วงเก็บรักษาในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน มีความแน่นเนื้อเปลือกน้อยที่สุด เมื่อเก็บรักษานาน 20-25 วัน ผลมะม่วงบรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเปลือกได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น แต่เมื่อเก็บรักษานาน 30 วัน ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อของเปลือกไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 15) ผลมะม่วงเมื่อเริ่มสุกจะมีความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์และสารประกอบเพคตินภายในมิดเดิลลาเมลล่า โดยเพคตินมีการละลายน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มขึ้นของพอลิแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ (Brecht and Yahia, 2009; Prasanna *et al*., 2007) จากการทดลองพบว่า ผลมะม่วงเมื่อเก็บรักษาในห้องเย็นเป็นระยะเวลานาน มีความแน่นเนื้อของเปลือกและความแน่นเนื้อ

กรมวิชาการเกษตร

ของเนื้อลดลง เนื่องจากเริ่มมีการสุก แม้ว่าจะมีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและบรรจุในถุงฟิล์ม แต่ผลมะม่วงยังคงมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ทำให้ผลมะม่วงเกิดการสุก

คุณภาพทางเคมี

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณกรดที่ไทไทรตได้ลดลง โดยผลมะม่วงบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากที่สุด ส่วนผลมะม่วงบรรจุถุงฟิล์มแอคทีฟ มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุด (Table 16 และ 17) ผลมะม่วงเมื่อมีการสุกจะมีการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล โดยเกิดการย่อยสลายแป้งโดยเอนไซม์อไมเลส และมีการสังเคราะห์ซูโครส และกลูโคสเพิ่มขึ้น โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จะเพิ่มขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์ โดยเกิดการย่อยสลายของกรดอินทรีย์ด้วยเอนไซม์ต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จึงลดลง ทำให้ผลไม้มีรสชาติหวานขึ้น (Brecht and Yahia, 2009) การเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูงและออกซิเจนต่ำ ทำให้อัตราการหายใจของผลิตผลลดลง มีผลทำให้กระบวนการเมตาโบลิซึมต่าง ๆ ของผลิตผลเกิดขึ้นช้าลง (Kader, 1986) ซึ่งจากการทดลองพบว่า การบรรจุผลมะม่วงในถุงฟิล์มพลาสติก สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผลมะม่วงได้ เนื่องจากสภาพบรรยากาศภายในถุงมีปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงและมีคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น

การเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 25-30 วัน พบว่า ผลมะม่วงบรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟมีกลิ่นผิดปกติปานกลาง ขณะที่ผลมะม่วงบรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 15,001-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน มีกลิ่นผิดปกติเล็กน้อย เมื่อนำผลมะม่วงมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ผลมะม่วงบรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟ เก็บรักษาในห้องเย็นเป็นระยะเวลานานตั้งแต่ 20 วันเป็นต้นไป พบการเกิดกลิ่นผิดปกติที่เนื้อผล ขณะที่ผลมะม่วงกรรมวิธีอื่นไม่พบการเกิดกลิ่นผิดปกติ ทั้งนี้เนื่องจาก ภายในถุงฟิล์มแอคทีฟบรรจุผลมะม่วง มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ และเกิดสภาพสูญญากาศ ซึ่งสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำ ทำให้เกิดกระบวนการหมักและทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติขึ้นได้ (Mir and Beaudry, 2016)

ระยะเวลาสุกที่อุณหภูมิห้อง

ผลมะม่วงเมื่อเก็บรักษาในห้องเย็นเป็นระยะเวลานานขึ้น ใช้ระยะเวลาในการวางที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งผลสุกสั้นลง ผลมะม่วงเก็บรักษาในถุงฟิล์มทุกกรรมวิธีใช้ระยะเวลาในการสุกที่อุณหภูมิห้องไม่แตกต่างกัน โดยผลมะม่วงบรรจุในกล่องกระดาษใช้ระยะเวลาในการสุกน้อยกว่าผลมะม่วงบรรจุในถุงฟิล์ม 1 วัน

กรมวิชาการเกษตร

Table 12 Weight loss (%) of mango packed in different packaging during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	5	10	15	20	25	30
Paper box	0.00 a A	2.38 b B	3.58 c C	4.90 b D	5.71 c E	8.38 d F	9.20 c G
Active film	0.00 a A	0.37 a AB	0.37 a AB	0.98 a CD	0.64 a BC	0.99 a CD	1.28 a D
OPP with hole diameter 0.5 cm	0.00 a A	0.72 a A	1.01 b BC	1.18 a BC	1.44 b D	2.14 c E	2.51 c E
OPP micro-perforated film	0.00 a A	0.50 a BC	0.42 a B	0.87 a C	1.32 b D	1.68 b DE	2.04 a E
LDPE with hole diameter 0.5 cm	0.00 a A	0.59 a B	0.63 ab B	0.90 a B	1.49 b C	2.17 c D	2.52 c D
LDPE micro-perforated film	0.00 a A	0.49 a B	0.57 a B	0.83 a BC	1.21 b C	1.76 bc D	2.08 b D
CV treatment 17.4% 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 by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 13 L* value of mango packed in different packaging during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)							Treatment mean
	0	5	10	15	20	25	30	
Paper box	78.70	78.15	77.98	76.68	75.78	72.77	72.53	76.08 ab
Active film	78.83	78.51	77.02	76.98	76.89	76.34	75.03	77.09 a
OPP with hole diameter 0.5 cm	78.95	78.62	78.56	77.17	75.66	74.88	73.84	76.81 ab
OPP micro-perforated film	77.04	79.05	78.26	71.10	74.89	74.33	74.38	75.58 b
LDPE with hole diameter 0.5 cm	78.68	74.55	76.70	77.09	75.66	73.89	72.88	75.64 ab
LDPE micro-perforated film	78.85	78.01	77.81	76.19	75.01	74.53	73.68	76.30 ab
Storage time mean	78.51 A	77.81 A	77.72 A	75.87 B	75.65 B	74.46 BC	73.72 C	
CV treatment 3.8% 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 14 b* value of mango packed in different packaging during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	5	10	15	20	25	30
Paper box	37.02 ab AB	37.37 ab AB	35.48 a A	35.46 ab A	39.73 ab AB	42.38 b C	42.08 ab C
Active film	35.94 a A	37.36 ab A	37.48 a A	36.53 ab A	37.13 a A	38.92 a A	39.24 a A
OPP with hole diameter 0.5 cm	34.82 a AB	35.58 ab AB	34.47 a A	36.70 ab AB	38.10 ab B	44.36 b C	42.21 ab C
OPP micro-perforated film	39.86 b B	33.95 a A	36.02 a A	36.59 ab A	40.42 ab B	44.43 b C	44.06 a C
LDPE with hole diameter 0.5 cm	36.01 a AB	35.65 ab AB	36.85 a AB	33.53 a A	38.48 ab BC	42.41 b D	41.57 ab CD
LDPE micro-perforated film	34.73 a A	37.87 b AB	36.59 a AB	38.19 b BC	41.21 b CD	45.13 b D	43.86 a DE
CV treatment 6.6% CV storage time 7.2%							

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 15 Texture (N) of mango packed in different packaging during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	5	10	15	20	25	30
Paper box	27.01 a A	25.73 a A	28.45 a A	26.56 a A	19.11 b B	8.54 bc C	7.77 a C
Active film	26.63 a A	25.64 a AB	25.36 a AB	22.71 bc B	22.88 a B	14.62 a C	8.11 a D
OPP with hole diameter 0.5 cm	26.20 a A	27.82 a A	26.00 a A	20.79 bc B	17.20 b C	8.02 bc D	8.12 a D
OPP micro-perforated film	25.56 a A	26.67 a A	26.81 a A	19.47 c B	10.07 c C	6.40 c D	5.85 a D
LDPE with hole diameter 0.5 cm	25.18 a A	26.80 a A	24.73 a A	24.28 ab A	17.41 b B	10.32 b C	7.67 a C
LDPE micro-perforated film	25.10 a A	25.88 a A	25.92 a A	19.99 c B	11.59 c C	6.21 c D	5.58 a D
CV treatment 14.1% CV storage time 15.6%							

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 16 Total soluble solids (brix) of mango packed in different packaging during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)							Treatment mean
	0	5	10	15	20	25	30	
Paper box	8.09	8.92	10.93	13.18	13.32	13.19	13.03	11.52 b
Active film	7.90	9.33	9.77	11.19	11.58	12.88	12.59	10.75 a
OPP with hole diameter 0.5 cm	7.58	9.56	9.70	11.76	12.51	12.44	11.62	10.74 a
OPP micro-perforated film	7.53	9.38	10.28	12.35	12.57	12.00	11.72	10.83 a
LDPE with hole diameter 0.5 cm	7.64	9.51	10.28	10.83	12.60	13.33	11.72	10.84 a
LDPE micro-perforated film	7.86	9.33	10.71	11.22	12.63	11.72	11.87	10.76 a
Storge time mean	7.77 A	9.34 B	10.28 C	11.76 D	12.53 EF	12.59 F	12.09 DE	
CV treatment 18.1% CV storage time 18.1%								

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 17 Tritratable acidity (%) of mango packed in different packaging during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	5	10	15	20	25	30
Paper box	2.77 a A	2.94 a A	2.74 a A	1.93 a B	1.75 b B	0.79 b C	0.59 b C
Active film	2.57 a A	2.60 a A	2.62 a A	2.26 a AB	2.35 a AB	1.59 a C	1.87 a BC
OPP with hole diameter 0.5 cm	2.63 a A	2.72 a A	2.80 a A	1.98 a B	1.43 b BC	0.70 b C	0.67 b C
OPP micro-perforated film	2.83 a A	2.85 a A	2.55 a A	1.81 a B	1.45 b BC	1.07 ab C	1.08 b C
LDPE with hole diameter 0.5 cm	2.83 a A	2.50 a A	2.43 a A	2.27 a A	1.69 b B	0.86 b C	0.79 b C
LDPE micro-perforated film	2.54 a A	2.60 a A	2.63 a A	1.95 a B	1.63 b B	1.08 ab C	0.85 b C
CV treatment 21.0% CV storage time 23.1%							

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

เงาะโรงเรียน

การสูญเสียน้ำหนัก

ผลเงาะที่บรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 18 วัน ผลเงาะทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ (Tale 18) การเก็บรักษาผลิตผลในถุงฟิล์มพลาสติก ช่วยป้องกันการระเหยของน้ำจากผลิตผลได้ ผลิตผลจึงมีการสูญเสียน้ำหนักเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้สภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์มีผลทำให้อัตราการหายใจของผลิตผลลดลง ส่งผลให้อัตราการคายน้ำลดลง (Zagory and Kader, 1988)

การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือก

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผลเงาะบรรจุถุงฟิล์มทุกกรรมวิธีมีค่า L* (ค่าความสว่าง) และค่า a* (ค่าสีแดง-เขียว) ลดลงเล็กน้อย ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ผลเงาะทุกกรรมวิธีมีค่า L* และ a* ใกล้เคียงกัน (Table 19 และ 20) ผลเงาะเมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วจะมีการสูญเสียน้ำหนักอย่างรวดเร็ว เนื่องจากบริเวณขนเงาะมีรูปากใบจำนวนมาก และที่ปลายขนยังมีขนเล็ก ๆ (trichome) จำนวนมาก ทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวในการคายน้ำ ส่งผลให้ผลเงาะเหี่ยวและเกิดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว (เฉลิมชัย และศิริชัย, 2555) ผลเงาะที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพลาสติกมีการสูญเสียน้ำหนักเพียงเล็กน้อย จึงมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกไม่มาก ซึ่งการเก็บรักษาในถุงฟิล์มนอกจากจะลดการสูญเสียน้ำหนักแล้วยังช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกเงาะได้ สอดคล้องกับรายงานของ O'Hare (1995) ว่าสามารถรักษาลักษณะปรากฏภายนอกของเงาะไว้ได้ หากให้มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด

คุณภาพทางเคมี

สำหรับคุณภาพทางเคมีของผลเงาะ พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผลเงาะทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณวิตามินซีลดลง โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 16 วัน ผลเงาะบรรจุในถุงฟิล์ม LDPE ไม่เจาะรู มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด เท่ากับ 19.00 บริกซ์ ขณะที่ผลเงาะบรรจุในถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู มีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุด เท่ากับ 28.48 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร (Table 21 และ 22)

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลเงาะบรรจุงฟิล์มแอคทีฟ และถุงฟิล์ม LDPE ไม่เจาะรู มีลักษณะภายนอกเป็นที่ยอมรับได้นานที่สุดคือ 14 วัน รองลงมาคือผลเงาะบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน มีลักษณะภายนอกเป็นที่ยอมรับได้นาน 12 วัน ขณะที่ผลเงาะบรรจุในถุงฟิล์มกรรมวิธีอื่นมีคุณภาพภายนอกเป็นที่ยอมรับได้นาน 10 วัน สำหรับความชอบรสชาติ พบว่า เงาะ

กรมวิชาการเกษตร

บรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟ ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู และถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน มีคะแนนความชอบรสชาติเป็นที่ยอมรับได้นาน 16 วัน ส่วนเจาะบรรจุในถุงฟิล์ม LDPE ไม่เจาะรู และถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู มีคะแนนความชอบรสชาติเป็นที่ยอมรับได้นาน 14 วัน

กรมวิชาการเกษตร

Table 18 Weight loss (%) of rambutan packed in different packaging during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)									Treatment mean
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	
Active film	0.00	0.04	0.12	0.20	0.36	0.32	0.38	0.46	0.51	0.26 bc
OPP with hole diameter 0.5 cm	0.00	0.28	0.19	0.24	0.26	0.32	0.42	0.59	0.62	0.32 de
OPP micro-perforated film	0.00	0.04	0.07	0.12	0.19	0.20	0.33	0.33	0.36	0.18 a
LDPE film	0.00	0.07	0.13	0.19	0.33	0.34	0.45	0.45	0.67	0.29 bc
LDPE with hole diameter 0.5 cm	0.00	0.15	0.21	0.24	0.27	0.45	0.54	0.64	0.65	0.35 e
LDPE micro-perforated film	0.00	0.05	0.12	0.16	0.19	0.30	0.37	0.41	0.51	0.24 b
Storage time mean	0.00 A	0.11 B	0.14 AB	0.19 B	0.26 D	0.32 E	0.42 F	0.48 G	0.55 H	
CV treatment 8.6% CV storage time 10.4%										

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

กรมวิชาการเกษตร

Table 19 L value of rambutan packed in different packaging during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Active film	25.40 a D	32.49 ab A	28.19 ab BCD	26.44 a CD	29.90 ab AB	28.91 a BC	28.79 a BC	27.21 a BCD	26.41 ab CD
OPP with hole diameter 0.5 cm	26.34 a CD	30.72 abc AB	28.68 ab BCD	26.50 a CD	32.11 a A	28.78 a BC	25.74 a CD	25.61 a D	25.81 ab CD
OPP micro-perforated film	26.37 a CD	33.09 a A	31.08 a AB	25.60 a D	28.83 b BC	27.97 a CD	28.46 a BCD	25.49 a D	28.42 a BCD
LDPE film	28.08 a AB	28.94 c AB	30.42 ab AB	28.12 a AB	31.15 ab A	29.25 a AB	27.88 a B	28.52 a AB	24.51 b C
LDPE with hole diameter 0.5 cm	26.48 a CD	29.85 bc AB	27.78 b BC	27.35 a BC	30.93 ab A	28.60 a ABC	26.37 a CD	25.84 a CD	23.89 b D
LDPE micro-perforated film	25.55 a C	30.33 abc A	27.78 b ABC	25.27 a C	29.61 ab AB	30.58 a A	26.58 a C	27.18 a BC	25.70 ab C
CV treatment 10.9% CV storage time 8.7%									

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

กรมวิทยาศาสตร์

Table 20 a* value of rambutan packed in different packaging during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Active film	36.65 a A	28.34 a B	33.04 b AB	32.57 a AB	31.96 a AB	32.47 a AB	30.18 a B	36.16 a A	29.81 a B
OPP with hole diameter 0.5 cm	30.13 b B	30.73 a B	38.90 a A	30.23 a B	33.13 a B	32.15 a B	30.84 a B	28.03 b B	30.50 a B
OPP micro-perforated film	31.11 b A	28.34 a A	32.59 b A	30.55 a A	31.67 a A	32.50 a A	30.49 a A	29.74 b A	28.06 a A
LDPE film	30.48 b A	32.22 a A	31.14 b A	32.20 a A	29.84 a A	33.63 a A	28.37 a A	30.85 b A	28.98 a A
LDPE with hole diameter 0.5 cm	31.14 b AB	32.19 a A	31.92 b A	30.84 a ABC	30.92 a ABC	31.61 a AB	26.44 a BC	25.77 b C	32.58 a A
LDPE micro-perforated film	33.34 ab A	32.47 a A	31.11 b A	33.39 a A	28.27 a A	31.79 a A	29.87 a A	30.64 b A	29.65 a A
CV treatment 16.3% 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

กรมวิทยาศาสตร์

Table 21 Total soluble solid (brix) of rambutan packed in different packaging during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Active film	21.02 a A	20.62 a AB	20.55 ab ABC	20.43 a ABC	20.07 a BCD	19.47 a D	19.77 ab BCD	19.30 ab D	19.67 ab CD
OPP with hole diameter 0.5 cm	20.33 a ABC	20.92 a A	20.72 ab AB	19.87 a BC	20.15 a ABC	19.95 a BC	20.57 a ABC	19.70 ab C	20.03 a ABC
OPP micro-perforated film	20.55 a ABC	20.62 a AB	20.87 ab A	20.10 a A-D	20.07 a A-D	19.95 a BCD	19.68 ab CDE	18.93 b E	19.48 ab DE
LDPE film	20.75 a AB	21.38 a A	20.47 ab BC	20.10 a BCD	19.65 a CDE	19.50 a DE	19.38 b DE	19.27 ab DE	19.00 b E
LDPE with hole diameter 0.5 cm	20.75 a AB	20.62 a ABC	21.15 a A	20.72 a AB	20.27 a ABC	20.15 a BC	19.87 ab BC	20.00 a BC	19.77 a C
LDPE micro-perforated film	20.48 a AB	21.00 a A	20.07 b BC	20.22 a ABC	19.82 a BC	18.60 b D	19.93 ab BC	19.53 ab C	19.42 ab C
CV treatment 4.1% CV storage time 3.5%									

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 22 Vitamin C (mg/100 ml) of rambutan packed in different packaging during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Active film	54.95 a A	41.19 a B	42.23 ab B	41.48 b B	37.59 bc BC	35.51 b C	33.90 ab CD	40.10 a B	30.19 ab D
OPP with hole diameter 0.5 cm	40.29 b AB	37.36 ab BC	42.52 ab A	39.96 b AB	40.34 ab AB	40.15 a AB	32.48 ab D	34.48 b CD	33.81 a CD
OPP micro-perforated film	40.95 b A	34.48 b AB	38.26 b AB	34.75 c B	42.80 a A	40.44 a A	33.62 ab BC	34.00 b B	29.52 ab C
LDPE film	44.38 b A	41.38 a AB	44.41 a A	37.88 bc BC	39.02 abc BC	41.19 a AB	35.90 a C	39.24 a BC	29.33 ab D
LDPE with hole diameter 0.5 cm	40.38 b A	33.81 b CD	39.77 ab AB	41.29 b A	35.61 c BC	38.35 ab ABC	30.57 b DE	37.81 ab ABC	28.48 b E
LDPE micro-perforated film	41.05 b BCD	38.03 ab CDE	42.23 ab ABC	46.50 a A	43.18 a AB	40.34 a BCD	37.14 a DE	37.24 ab DE	33.62 a E
CV treatment 9.0% CV storage time 9.8%									

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 by DMRT

กรมวิทยาศาสตร์

การทดลองที่ 2.2 การเก็บรักษาผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

การสูญเสียน้ำหนัก

ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยผลมะม่วงไม่บรรจุถุงมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ากรรมวิธีอื่น เมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน ผลมะม่วงไม่บรรจุถุงมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ 5.37 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ผลมะม่วงที่บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนบรรจุมะม่วง 2 ผล มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด เท่ากับ 0.89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีอื่นมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน (Figure 10) การเก็บรักษาผลมะม่วงในถุงฟิล์มพลาสติกทำให้ผลมะม่วงมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำ เนื่องจากสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ช่วยชะลออัตราการหายใจ จึงทำให้ผลิตผลมีอัตราการคายน้ำลดลง และฟิล์มพลาสติกยังช่วยป้องกันการระเหยน้ำออกจากผลิตผลด้วย (Zagory and Kader, 1988)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า L (ความสว่าง) ลดลง โดยผลมะม่วงบรรจุในถุง LDPE เจาะรูขนาดไมครอน จำนวน 2 ผล/ถุง มีค่า L น้อยที่สุด (Figure 11A) ขณะที่ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า b* (ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน) เพิ่มขึ้น แสดงว่าผลมะม่วงมีการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้น โดยผลมะม่วงบรรจุในถุง LDPE เจาะรูขนาดไมครอน จำนวน 2 ผล/ถุง มีค่า b* มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น (Figure 11B) ผลมะม่วงแม้จะเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง และอุณหภูมิต่ำ แต่ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ซึ่งผลมะม่วงบรรจุในถุง LDPE เจาะรูขนาดไมครอน จำนวน 2 ผล/ถุง มีแนวโน้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกได้มากกว่ากรรมวิธีอื่นเล็กน้อย

ความแน่นเนื้อ

ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 20 วัน ผลมะม่วงบรรจุในถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน จำนวน 2 ผล/ถุง มีความแน่นเนื้อที่สุด (Figure 12) เมื่อผลมะม่วงเริ่มสุกจะมีความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์และสารประกอบเพคตินภายในมิดเดิลลาเมลล่า โดยเพคตินมีการละลายน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มขึ้นของพอลิแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ (Brecht and Yahia, 2009; Prasanna *et al.,* 2007) ซึ่งกรรมวิธีการบรรจุยังไม่ช่วยชะลอการสุกของผลมะม่วงได้อย่างแตกต่างกัน

คุณภาพทางเคมี

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น ขณะที่มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลง เมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน อยู่ในช่วง 16.68-17.68 บริกซ์ และมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้อยู่ในช่วง 0.45-0.78 เปอร์เซ็นต์ (Figure 13A และ 13B) สำหรับปริมาณวิตามินซี พบว่า เมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน ผลมะม่วงที่ไม่บรรจุถุงมีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด คือ 35.90 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ส่วนผลมะม่วงที่บรรจุถุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนมีปริมาณวิตามินซีใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 21.63-26.69 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร (Figure 13C)

การเกิดโรค

ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีเริ่มพบการเกิดโรคเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 15 วัน และอาการของโรคจะรุนแรงมากขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นและเมื่อผลมะม่วงสุก โดยโรคที่พบคือโรคแอนแทรคโนสและโรคขั้วผลเน่า โดยผลมะม่วงที่ไม่ได้บรรจุถุงพบการเกิดโรคมากที่สุด

การเกิดกลิ่นผิดปกติ

เมื่อเก็บรักษานานตั้งแต่ 10 วันเป็นต้นไป พบการเกิดกลิ่นผิดปกติเล็กน้อยในผลมะม่วงที่บรรจุในถุง OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน จำนวน 2 ผล/ถุง และผลมะม่วงที่บรรจุถุง LDPE เจาะรูขนาดไมครอน จำนวน 1 ผล/ถุง การเกิดกลิ่นผิดปกติของผลมะม่วง มีความสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ หากปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ และคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน และเกิดกลิ่นผิดปกติได้ (มาโนชญ์, 2534)

เมื่อนำผลมะม่วงออกจากห้องเย็นมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง พบว่า เมื่อเก็บรักษาในห้องเย็นนาน 10 วัน ผลมะม่วงที่บรรจุในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนมีกลิ่นผิดปกติเมื่อผลสุก และเมื่อเก็บรักษาในห้องเย็นนาน 15 วัน ผลมะม่วงบรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน จำนวน 2 ผล/ถุง มีกลิ่นผิดปกติเมื่อผลสุก

กรมวิชาการเกษตร

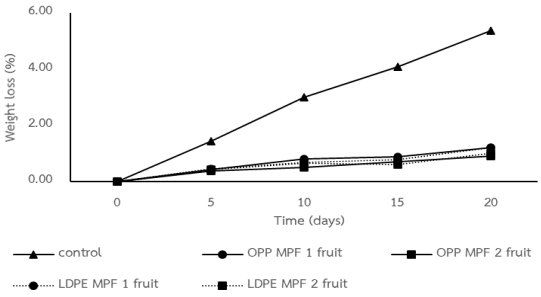

Figure 10 Weight loss (%) of mango packed in OPP or LDPE micro perforated film (OTR 15,000-20,000 $cm^3/m^2/day$) during store at 13°C

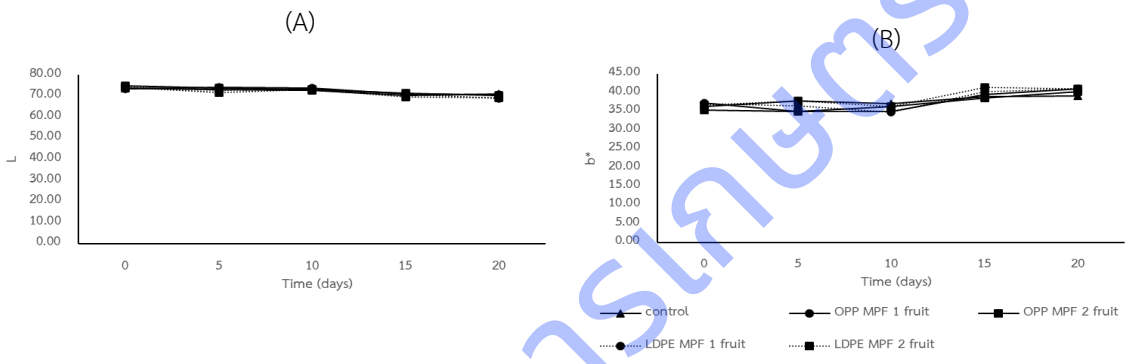

Figure 11 L value (A) and b* value of mango packed in OPP or LDPE micro perforated film (OTR 15,000-20,000 $cm^3/m^2/day$) during store at 13°C

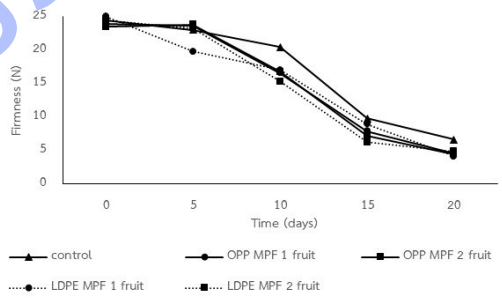

Figure 12 Firmness of mango packed in OPP or LDPE micro perforated film (OTR 15,000-20,000 $cm^3/m^2/day$) during store at 13°C

กรมวิชาการเกษตร

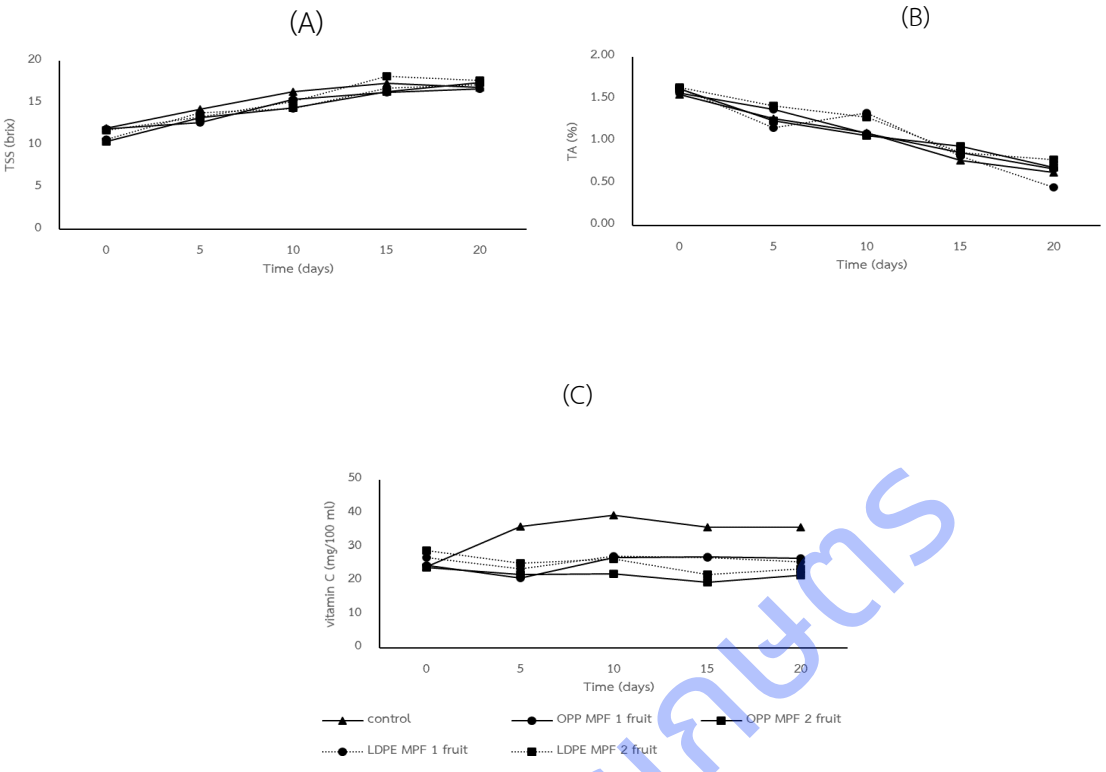

Figure 13 Total soluble solids (A) Titratable acidity (B) and vitamin C (C) of mango packed in OPP or LDPE micro perforated film (OTR 15,000-20,000 $cm^3/m^2/day$) during store at 13°C

กรมวิชาการเกษตร

เงาะ

การสูญเสียน้ำหนัก

เงาะไม่บรรจุถุง (ชุดควบคุม) มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด โดยเมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน มีการสูญเสียน้ำหนัก 20.09 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเงาะบรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 14) บริเวณขนเงาะมีรูปากใบจำนวนมาก และปลายขนยังมีขนเล็ก ๆ (trichome) จำนวนมาก ทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวในการคายน้ำ ทำให้ผลเงาะมีการสูญเสียน้ำหนักอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ผลเหี่ยว และเกิดสีน้ำตาล (เฉลิมชัย และศิริชัย, 2555) ผลเงาะที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพลาสติกมีการสูญเสียน้ำหนักเพียงเล็กน้อย จึงมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกน้อยกว่าผลเงาะที่ไม่บรรจุถุง ซึ่งการเก็บรักษาในถุงฟิล์มนอกจากจะลดการสูญเสียน้ำหนักแล้วยังช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกเงาะได้

การเปลี่ยนแปลงสี

เงาะทุกกรรมวิธีมีค่า L และ a* ลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเงาะไม่บรรจุถุง (ชุดควบคุม) มีค่า L และ a* น้อยที่สุด หลังเก็บนาน 12 วัน ส่วนเงาะบรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนทุกกรรมวิธีมีค่า L และ a* ใกล้เคียงกัน (Figure 15A และ 15B)

คุณภาพทางเคมี

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกรรมวิธีกับระยะเวลาการเก็บรักษา เงาะทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน (Figure 13A) สำหรับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และวิตามินซี ลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยเงาะไม่บรรจุถุง มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุด และทุกกรรมวิธีมีปริมาณวิตามินซีใกล้เคียงกัน (Figure 16B-C)

ความชอบรวม

เงาะบรรจุถุงทุกกรรมวิธีเก็บรักษาได้นาน 10 วัน โดยมีคะแนนความชอบรวมเป็นที่ยอมรับ ส่วนเงาะไม่บรรจุถุงเก็บได้นาน 8 วัน

กรมวิชาการเกษตร

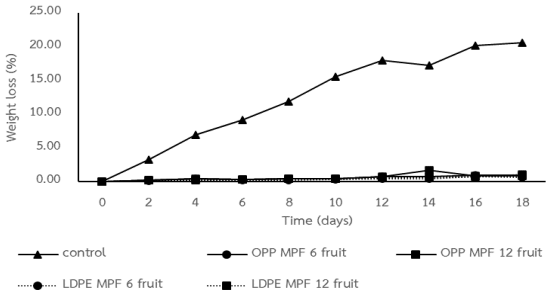

Figure 14 Weight loss (%) of rambutan packed in OPP or LDPE micro perforated film (OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/day$) during store at 13°C

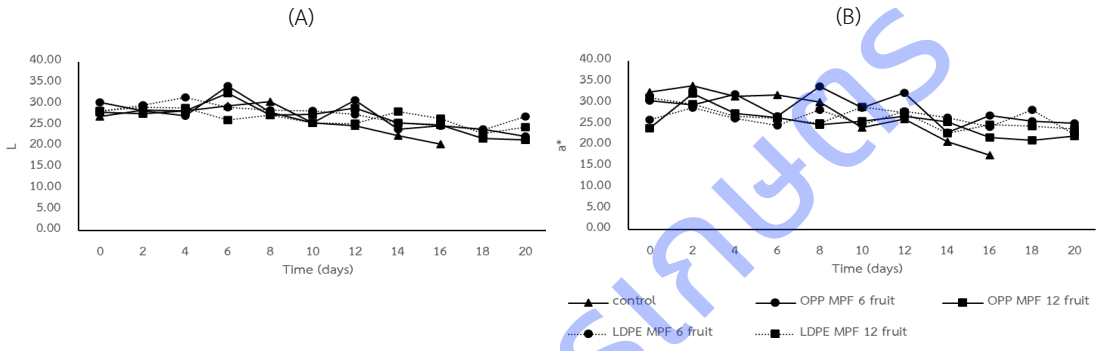

Figure 15 L value (A) and a* value (B) of rambutan packed in OPP or LDPE micro perforated film (OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/day$) during store at 13°C

กรมวิชาการเกษตร

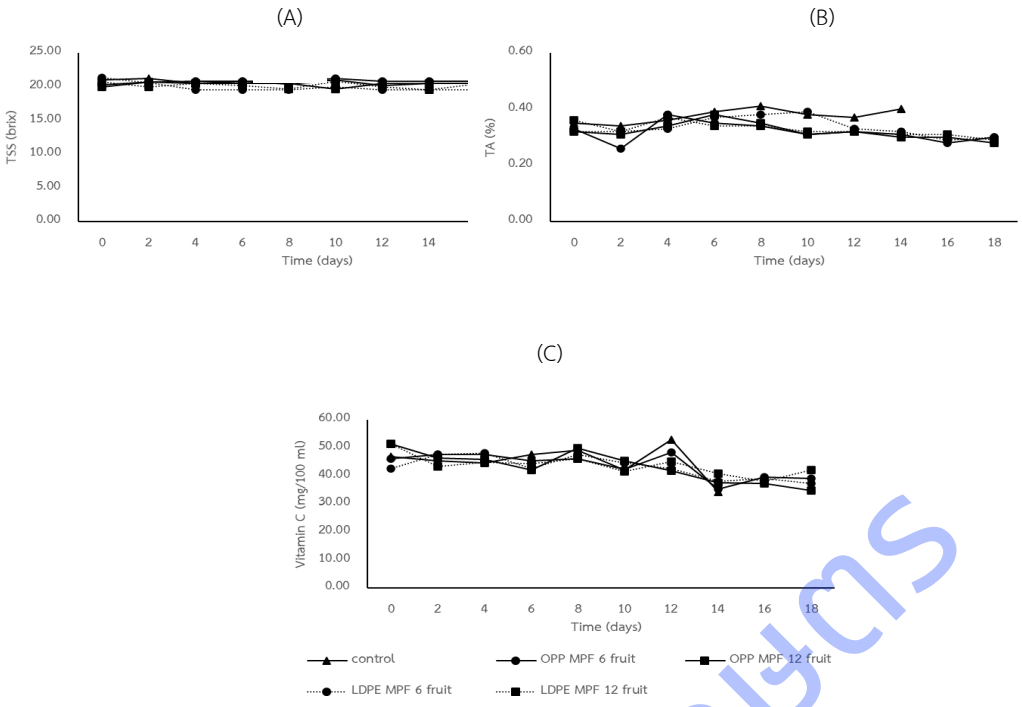

Figure 16 Total soluble solids (A), Titratable acidity (B) and vitamin C (C) of rambutan packed in OPP or LDPE micro perforated film (OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/day$) during store at 13°C

กรมวิชาการเกษตร

กล้วยไข่

การสูญเสียน้ำหนัก

กล้วยไข่ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น โดยกล้วยไข่บรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ากล้วยไข่บรรจุในถุงฟิล์ม active และฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน เมื่อเก็บรักษานาน 35 วัน ผลกล้วยไข่ที่เก็บรักษาในถุงฟิล์ม active ฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กล้วยไข่บรรจุในถุง OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 3.59 เปอร์เซ็นต์ (Figure 17)

การเปลี่ยนแปลงสี

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น กล้วยไข่ทุกกรรมวิธีมีค่า L (ความสว่าง) ลดลงเล็กน้อย ทุกกรรมวิธีมีค่า L ใกล้เคียงกัน (Figure 18A) สำหรับค่า a* (ค่าสีแดง-เขียว) เมื่อเริ่มเก็บรักษามีค่าเป็นลบ คือผลกล้วยไข่มีเปลือกเป็นสีเขียว เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ผลกล้วยไข่บรรจุในถุง OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตรมีค่า a* เริ่มเป็นบวก แสดงว่าสีเขียวหายไป และมีค่าเป็นบวกเพิ่มขึ้น หลังจากเก็บรักษานาน 14 วัน และผลกล้วยไข่บรรจุถุง OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีสีเขียวหายไปในวันที่ 21 ส่วนผลกล้วยไข่บรรจุถุงฟิล์ม active และฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนมีค่า a* เป็นลบ คือผลยังคงเป็นสีเขียวตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 35 วัน (Figure 18B) สำหรับค่า b* (ค่าสีเหลือง–น้ำเงิน) พบว่า ผลกล้วยไข่บรรจุในถุงฟิล์ม active และถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน มีค่า b* น้อยที่สุด แสดงว่าสีเปลือกมีการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้อยที่สุด (Figure 18C)

ความแน่นเนื้อ

ผลกล้วยไข่ทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยกล้วยไข่บรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟ และถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน มีความแน่นเนื้อมากกว่ากรรมวิธีอื่น ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 19)

คุณภาพทางเคมี

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผลกล้วยไข่ทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น ตลอดระยะเวลาเก็บรักษาผลกล้วยไข่เก็บในถุงฟิล์มแอคทีฟ และถุง LDPE เจาะรูขนาดไมครอน มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น เมื่อเก็บรักษานาน 35 วัน กล้วยไข่ทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน (Figure 20A) ผลกล้วยไข่ทุกกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นในช่วงแรกของระยะเวลาเก็บรักษา หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลานาน 21 วัน ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลง โดยผลกล้วยไข่บรรจุในถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น (Figure 20B)

อายุการเก็บรักษา

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส กล้วยไข่ในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จะสุกในระยะเวลา 14 วัน ส่วนกล้วยไข่บรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาด

กรมวิชาการเกษตร

ไมครอนจะสุกในระยะเวลา 21 วัน ขณะที่กล้วยไข่บรรจุในถุงฟิล์ม active และฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ผลไม่สุกตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 35 วัน เมื่อนำผลกล้วยไข่ออกจากห้องเย็นมาวางต่อที่อุณหภูมิห้อง หากไม่นำออกจากถุง ผลกล้วยไข่บรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟ ถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนไม่สามารถสุกได้ โดยผลจะเกิดการเน่าเสีย ขณะที่ผลกล้วยไข่ในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เมื่อเก็บรักษาในห้องเย็นนาน 7-14 วัน แล้วนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง ผลจะสุกในวันที่ 3 หลังจากนำออกจากห้องเย็น ลักษณะกล้วยไข่เมื่อเก็บรักษานาน 14 และ 21 วัน

กรมวิชาการเกษตร

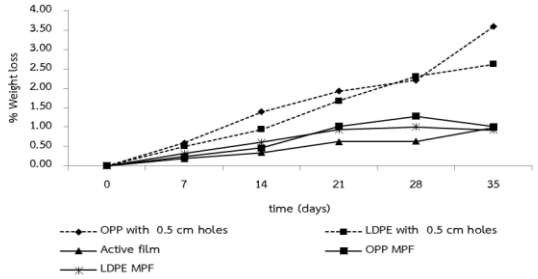

Figure 17 Weight loss of banana packed in different packaging during store at 13°C

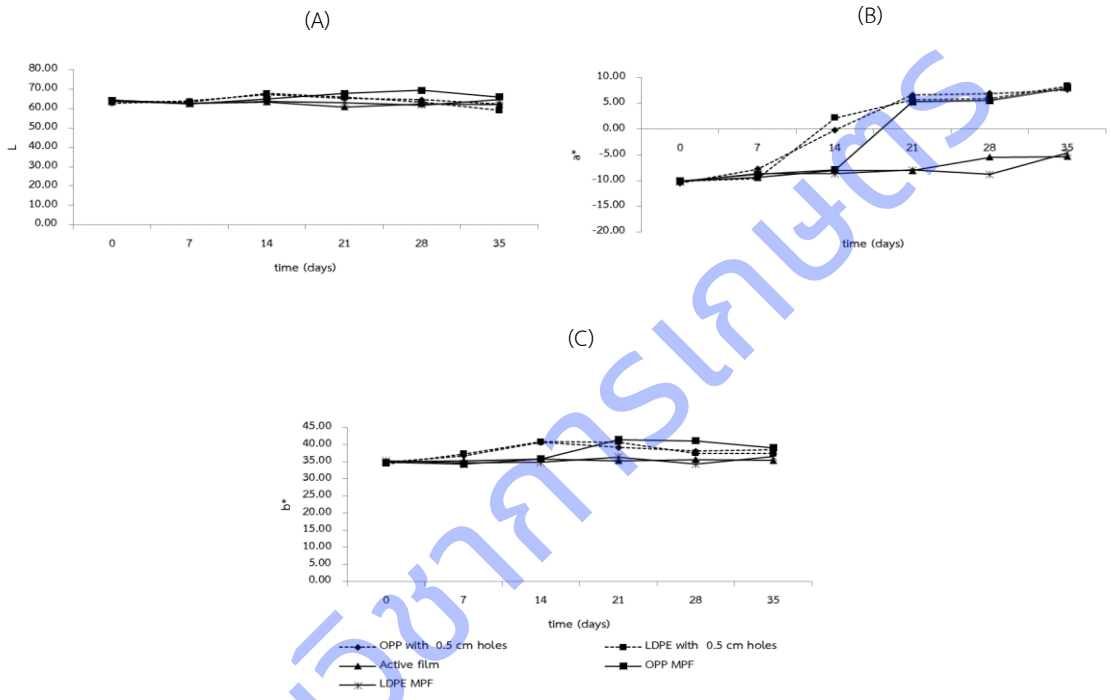

Figure 18 L value (A) a* (B) and b* (C) of banana packed in different packaging during store at 13°C

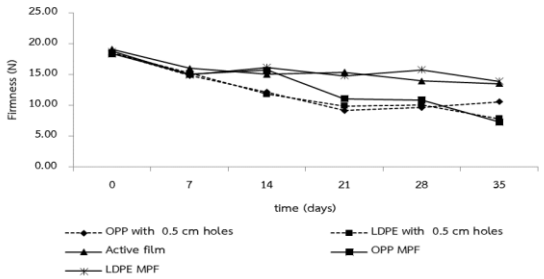

Figure 19 Firmness of banana packed in different packaging during store at 13°C

กรมวิชาการเกษตร

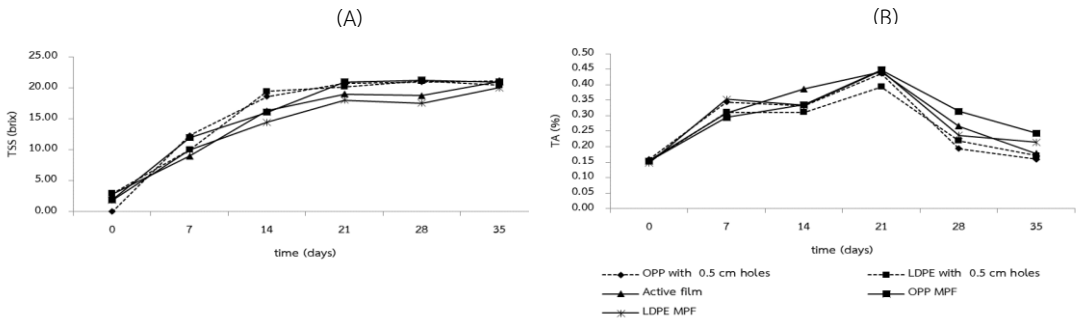

Figure 20 Total soluble solids (A) and Titratable acidity (B) of banana packed in different packaging during store at 13°C

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

เฉลิมชัย วงษ์อารี และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2555. การเก็บรักษาเงาะเพื่อการส่งออก. สืบค้นจาก: http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=53. (16 กันยายน 2557)

มาโนชญ์ กูลพฤกษี. 2534. ผลกระทบของสภาพบรรยากาศที่ดัดแปลงและอุณหภูมิต่ำที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะม่วง (Mangifera indica L.) พันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. สาขาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อศิรา เฟื่องฟูชาติ วรรณี ฉินศิริกุล นพดล เกิดดอนแฝก ตติยา ตรงสถิตกุล สรญา พิบูลกุลสัมฤทธิ์ เสาวภา ไชยวงศ์ และ วาณี ชนเห็นชอบ. 2549. การสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุลภายในบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตผลสดโดยอาศัยการคำนวณจากโมเดลคณิตศาสตร์อย่างง่าย. *ว. วิทย.กษ.* 37: 5 (พิเศษ): 62-65.

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

Ding, C.K., K. Chachin, Y. Ueda, Y. Imahori, C.Y. Wang. 2002. Modified atmosphere packaging maintains postharvest quality of loquat fruit. *Post Biol Technol*. 24: 341-348.

Ishitani, T, 2011, Packaging design for fresh produces, (Unpublished Manuscript)

Kader, A.A. 1986. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Outlook second quarter*. 3(20: 9-10.

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):

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

Sandhya. 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT-Food Sci Technol.* 43: 381-392.

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

Zagory, D. 1997. Advances in modified atmosphere packaging (MAP) of fresh produce. *Perishables Handling Newsletter* 90: 2-4.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิจกรรมที่ 3 การใช้สารเคลือบผิวร่วมกับบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด

ผู้วิจัย

1.	นางศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กวป. กรมวิชาการเกษตร	หัวหน้ากิจกรรม หัวหน้าการทดลอง
2.	นางสาวคมจันทร์ สรงจันทร์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กวป. กรมวิชาการเกษตร	ผู้ร่วมงาน
3.	นางสาวปรางค์ทอง กวานห้อง	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กวป. กรมวิชาการเกษตร	ผู้ร่วมงาน
4.	นางสาวงามพิศ สุดเสน่ห์	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ กวป. กรมวิชาการเกษตร	ผู้ร่วมงาน

คำสำคัญ

สารเคลือบผิว สภาพบรรยากาศดัดแปลง การเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์

Keyword

wax, modified atmosphere packaging, storage, packaging

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การใช้สารเคลือบผิวร่วมกับบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด มี 2 การทดลอง 1) การพัฒนาสารเคลือบผิวที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผลิตผลสด พบว่า พริกหวานสีเขียวที่เคลือบผิวด้วย CMC ความเข้มข้น 1.0 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุด 24 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับพริกหวานที่ไม่เคลือบผิวที่เก็บรักษาได้นาน 18 วัน ส่วนพริกหวานสีแดงและสีเหลืองพบว่า พริกหวานที่เคลือบผิวสามารถเก็บรักษาได้นาน 24 วัน ในขณะที่พริกหวานที่ไม่เคลือบผิวเก็บรักษาได้นาน 21 วัน นอกจากนี้สารเคลือบผิวช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และสีกลีบเลี้ยงของมังคุดเมื่อเปรียบเทียบกับมังคุดที่ไม่เคลือบผิว และช่วยยืดอายุการเก็บรักษามังคุดได้นาน 20 วัน โดยไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับมังคุดที่ไม่เคลือบผิวที่เก็บรักษาได้นาน 16 วัน สารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาส้มโอได้นาน 35 วัน สารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาส้มโอได้นาน 28 วัน ส่วนส้มโอที่ไม่เคลือบผิวสามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน 2) การใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดเคลือบผิว พบว่า บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการใช้บรรจุพริกหวานเพื่อวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส คือ ถุงดัดแปลงสภาพบรรยากาศ OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อตารางเมตรต่อวัน ถุงเจาะรูขนาดไมครอน OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อวัน และถุงดัดแปลงสภาพบรรยากาศ OTR สูง โดยสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก การเหี่ยวของผล และการเกิดโรคของพริกหวานได้ดี สำหรับหรับการบรรจุผลมังคุดขนาดบรรจุ 2 กิโลกรัม เพื่อการจำหน่าย พบว่า การบรรจุในตะกร้าพลาสติกที่มีช่องระบายอากาศรอบตะกร้าช่วยลดการเกิดโรคของมังคุดได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 21 วัน ส่วนการบรรจุในถุงดัดแปลงสภาพบรรยากาศถึงแม้จะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของมังคุดได้ แต่ภายในถุงจะเกิดการสะสมความชื้นสูงทำให้เกิดโรคที่ขั้วของมังคุดได้ง่าย

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

This experiment aimed to determine the effect of coating to extend the shelf life and packaging for coated sweet pepper mangosteen and pomelo. It was found that the green sweet peppers were coated with 1.0, 1.5 and 2.0% CMC could prolong shelf life for 24 days. Control had storage life for 18 days. The red sweet peppers and yellow sweet peppers were coated with CMC could prolong shelf life for 24 days and control had storage life for 21 days. the coating can delay weight loss, color change of peel and pericarp of mangosteen and could prolong shelf life for 20 days. Carnauba 20 and 25% concentrations could prolong storage life of pomelo fruit for 35 days. Carnauba 15% concentrations and control could prolong storage life of pomelo fruit for 28 and 21 days, respectively. The green sweet peppers were packed in micro perforated bag could prolong shelf life for 36 days. The yellow sweet peppers and red sweet peppers packed in MAP bag, micro perforated bag and high OTR bag could prolong shelf life for 36 days. And mangosteen fruit packed in plastic basket could prolong shelf life for 21 days. While mangosteen packed in MAP bag before place in plastic basket, corrugated paper box and MAP bag before place in corrugated paper box could prolong shelf life for 18, 18 and 15 days, respectively.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

สารเคลือบผิวนิยมใช้ในการเคลือบผิวผักและผลไม้ที่เป็นการค้า เช่น แอปเปิ้ล ส้ม อาโวกาโด พริกหวาน มะเขือ และมะเขือเทศ เป็นต้น เพื่อเป็นการลดการสูญเสียน้ำของผลิตผล ลดการเคลื่อนที่ของน้ำมันและไขมันจากภายในออกสู่ภายนอก ชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ชะลอการหายใจของผลิตผลสดให้ช้าลง ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่มช้าลงด้วย โดยสารเคลือบผิวที่ใช้จะไปอุดเลนติเซลล์ (lenticels) สโตมาตา (stomata) และรอยขั้วผล (stem scars) ที่เป็นรูเปิดตามธรรมชาติ (Hagenmaier and Baker, 1993) สารเคลือบผิวที่สามารถนำมาใช้ในการเคลือบผิวผลได้ได้ดีโดยไม่ทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพ เช่น เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติภายหลังการเคลือบผิว คือ สารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบา (carnauba) ที่ได้จากผิวปาล์ม (Brazil palm) โดยเป็นสารเคลือบผิวชนิดไมโครอิมัลชัน ประกอบด้วยน้ำมันหรือแว็กซ์ น้ำ และสารลดแรงตึงผิวหรืออิมัลซิไฟเออร์ ซึ่งนิยมใช้กรดไขมัน นอกจากนี้ยังมีสารร่วมลดแรงตึงผิว (co-surfactant) มักเป็นแอลกอฮอล์ ที่สามารถทำให้เกิดเป็นอิมัลชันที่มีขนาดอนุภาคเล็กมาก ๆ สารละลายที่ได้จะกระจายตัวเป็นของเหลวโปร่งใสที่แสงผ่านได้ ไม่เกิดการแยกชั้น (Hagenmaierand Baker, 1994) ข้อดีของสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันคือ เมื่อสารเคลือบผิวแห้งโครงสร้างของสารเคลือบผิวจะมีรูเล็ก ๆ เกิดขึ้น เนื่องจากอนุภาคหยดน้ำในอิมัลชันระเหยหายไป จึงเป็นช่องทางให้แก๊สผ่านเข้า-ออกได้บ้าง (Hagenmaier, 1998) ทำให้ไม่เกิดกลิ่นผิดปกติระหว่างการเก็บรักษา มีรายงานว่า สารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins (Baldwin *et al*., 1999) มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง (ศิรกานต์และคณะ, 2555) แพร์ (Amarante *et al*., 2001) และแอปเปิลพันธุ์ฟูจิ ได้ (Bai *et al*., 2003)

เชลแลค (shellac) เป็นสารที่สกัดได้จากมูลหรือสารคัดหลั่งของครั่ง (*Lacci lacca*) ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์และสารละลายที่ได้มีคุณสมบัติเป็นด่าง เมื่อนำไปผสมในสารเคลือบผิวจะช่วยให้มีสมบัติเป็นตัวกั้นการซึมผ่านเข้า-ออกของก๊าซและไอน้ำได้ดี จะช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำ ข้อดีของเชลแลค คือ มีความมันวาวสูง จึงนิยมใช้ในการเคลือบผิวผลแอปเปิล และเชลแลคมักถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของสารเคลือบผิวผลไม้ที่มีจำหน่ายทางการค้า แต่ข้อเสียของเชลแลคคือ เมื่อถูกน้ำจะเปลี่ยนเป็นสีขาว (นิธิยา, 2547)

คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose: CMC) เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) คือ พอลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดนี้เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) เกิดจากการแปรหรือปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชให้เกิดการแทนที่โครงสร้างเดิมด้วยหมู่เมธิลและหมู่คาร์บอกซิเมทิล (ปิยพรและคณะ, 2559) มีลักษณะโปร่งแสง เหนียว และยืดตัวได้ ละลายในน้ำ ไม่ละลายในไขมันและน้ำมัน ทำให้มีความสามารถในการต้านการซึมผ่านของน้ำได้ดี ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิวผักและผลไม้ เพื่อลดอัตราการแพร่ผ่านของก๊าซ อันเนื่องมาจากการหายใจและเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลได้ (Krumel and Lindsey, 1976)

กรมวิชาการเกษตร

สำหรับการส่งออกและวางจำหน่ายผลิตผลสดในปัจจุบันต้องอาศัยบรรจุภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดให้นานขึ้น ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาฟิล์มพลาสติกชนิดแอคทีฟ (active film) หรือฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ ที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนในระดับต่าง ๆ ที่เหมาะสมในแต่ละผลิตผล แผ่นฟิล์มมีลักษณะใส เกิดฝ้าน้อย และมีความหนาน้อยกว่าฟิล์มพลาสติกทั่วไปประมาณร้อยละ 25 แต่คงความแข็งแรงเท่าฟิล์มพลาสติกที่จำหน่ายในท้องตลาด (บุญรักษ์, 2559) และมีคุณสมบัติเด่นคือ สามารถให้ก๊าซที่ใช้ในกระบวนการหายใจซึมผ่านเข้าออกได้ดีและสอดคล้องกับอัตราการใช้และการสร้างก๊าซในกระบวนการหายใจทำให้เกิดบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (equilibrium modified atmosphere: EMA) ขึ้นในถุงบรรจุภัณฑ์ซึ่งโดยทั่วไปจะประกอบด้วยก๊าซออกซิเจนในช่วง 5-10 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 2-15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลให้เกิดการชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ได้นานขึ้น และยังสามารถรักษาความชื้นสัมพัทธ์ภายในถุงบรรจุภัณฑ์ให้อยู่ระหว่าง 95-99 เปอร์เซ็นต์ (ศรัณยา, 2552)

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีวิจัย

การทดลองที่ 3.1 การพัฒนาสารเคลือบผิวที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผลิตผลสด

การทดลองย่อยที่ 1 ความเข้มข้นของ carboxymethyl cellulose (CMC) ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพริกหวานในระหว่างการเก็บรักษา

1.1 เตรียมพริกหวาน โดยใช้พริกหวานจากจังหวัดเชียงใหม่ ขนาดผลประมาณ 200-280 กรัม คัดเลือกผลพริกหวานที่ไม่มีตำหนิมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นผึ่งให้แห้ง

1.2 เตรียมสารเคลือบผิว CMC ความเข้มข้น 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์

1.3 ทดลองเคลือบผิวพริกหวานด้วย CMC โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot มี

Main plot คือ กรรมวิธีในการเคลือบผิวมี 5 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 พริกหวานไม่เคลือบผิว (control)

กรรมวิธีที่ 2 เคลือบผิวด้วย CMC ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 3 เคลือบผิวด้วย CMC ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 4 เคลือบผิวด้วย CMC ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 5 เคลือบผิวด้วย CMC ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์

Sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 3 6 9 12 15 18 21 24 และ 27 วัน

1.4 ภายหลังการเคลือบผิว ผึ่งพริกหวานให้แห้งแล้วบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพันธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ สุ่มพริกหวานมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 3 วัน

1.5 ทดสอบความเข้มข้นที่เหมาะสมของ CMC ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพริกหวาน 3 สี คือ สีเขียว สีแดง และสีเหลือง

1.6 การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่

- ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในผลพริกหวาน โดยใช้เครื่อง Gas analyzer
- การสูญเสียน้ำหนัก
- ความมันเงาของผล วัดบริเวณส่วนกลางของผลพริกหวานผลละ 2 จุด ด้วยเครื่อง Gloss meter ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น gloss unit (GU)
- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก วัดบริเวณส่วนกลางของผลพริกหวานผลละ 4 จุด ด้วยเครื่องวัดสี Konica Minolta รุ่น CR-10 แล้วบันทึกค่าในระบบ CIE LAB

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

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

กรมวิชาการเกษตร

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

- ความแน่นเนื้อ วัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ LLOYD Instrument รุ่น LF plus โดยใช้ Load cell ขนาด 20 นิวตัน หัววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร กดด้วยความเร็ว 50 มิลลิเมตร/นาที กดลึกลงไป 10 มิลลิเมตร ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

- การให้ค่าคะแนน ได้แก่ ความสดของผล ความสดของขั้วผล ความนิ่มของผล การเกิดราที่ขั้ว กลิ่นผิดปกติ ความชอบโดยรวม

การทดลองย่อยที่ 2 ผลของสารเคลือบผิวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพมังคุดในระหว่างการเก็บรักษา

2.1 เตรียมมังคุด โดยใช้มังคุดจากสวน GAP จังหวัดจันทบุรี คัดเลือกระยะที่ผลมีสีแดง กลีบเลี้ยงสีเขียว ไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นผึ่งให้แห้ง

2.2 เตรียมสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบา กรดโอเลอิค มอร์โฟลีน และสารลดการเกิดฟอง คัดเลือกสารเคลือบผิวที่มีลักษณะเป็นไมโครอิมัลชันซึ่งเป็นสารละลายที่มีความโปร่งใส ไม่มีสีขาวขุ่น มีความคงตัวดีและไม่แยกชั้นมาทำการทดลอง โดยคัดเลือกสูตรที่มีความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ และเตรียมสารเคลือบผิวเชลแลคความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

2.3 นำสารเคลือบผิวมาทดสอบเคลือบผิวมังคุด โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot มี

Main plot คือ กรรมวิธีในการเคลือบผิวมี 5 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 control

กรรมวิธีที่ 2 เชลแลค ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 3 คาร์นูบา ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 4 คาร์นูบา ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ผสมเชลแลค ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 8:2

กรรมวิธีที่ 5 คาร์นูบา ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ผสมเชลแลค ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 7:3

Sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 4 8 12 16 20 และ 24 วัน

2.4 ภายหลังการเคลือบผิว ผึ่งมังคุดให้แห้ง แล้วบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 4 วัน

2.5 การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่

- การสูญเสียน้ำหนัก
- ความมันเงาของผล วัดผลละ 2 จุด ด้วยเครื่อง Gloss meter
- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีกลีบเลี้ยง วัดผลละ 2 จุด ด้วยเครื่องวัดสี

กรมวิชาการเกษตร

- ความแข็งของเปลือก วัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยใช้ Load cell ขนาด 20 นิวตัน หัววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร กดด้วยความเร็ว 50 มิลลิเมตร/นาที กดลึกลงไป 0.5 เซนติเมตร ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

- วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids: TSS) โดยนำน้ำคั้นมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วย digital refractometer

ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (titratable acidity: TA) โดยไทเทรตน้ำคั้นกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 N ด้วยเครื่อง auto titratator acidity หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์

- การให้ค่าคะแนน สีเปลือก สีกลีบเลี้ยง ความสดกลีบเลี้ยง การเกิดราที่ขั้ว การเกิดราที่ผล มังคุด กลิ่นผิดปกติ ความชอบโดยรวม

การทดลองย่อยที่ 3 ผลของสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาในการยืดอายุการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

3.1 เตรียมส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง โดยใช้ส้มโอจากจังหวัดนครปฐม จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ แล้วผึ่งให้แห้ง

3.2 เตรียมสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบา กรดโอเลอิค มอร์โฟลีน และสารลดการเกิดฟอง คัดเลือกสารเคลือบผิวที่มีลักษณะเป็นไมโครอิมัลชันซึ่งเป็นสารละลายที่มีความโปร่งใส ไม่มีสีขาวขุ่น มีความคงตัวดีและไม่แยกชั้น โดยเตรียมสารเคลือบผิวคาร์นูบา ความเข้มข้น 15 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์

3.3 นำสารเคลือบผิวมาทดสอบเคลือบผิวส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot มี

Main plot คือ กรรมวิธีในการเคลือบผิวมี 4 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 control

กรรมวิธีที่ 2 คาร์นูบา ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 3 คาร์นูบา ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 4 คาร์นูบา ความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์

Sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 7 14 21 28 35 และ 42 วัน

3.4 ภายหลังการเคลือบผิว ผึ่งส้มโอให้แห้ง แล้วบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 7 วัน

3.5 การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่

- การสูญเสียน้ำหนัก
- ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในผลส้มโอ โดยใช้เครื่อง gas analyzer
- ความมันเงาของผล วัดผลละ 2 จุด ด้วยเครื่อง Gloss meter
- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก วัดผลละ 2 จุด ด้วยเครื่องวัด แล้วบันทึกค่าในระบบ CIE LAB

กรมวิชาการเกษตร

- ความแน่นเนื้อ วัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยใช้ Load cell ขนาด 20 นิวตัน หัววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร กดด้วยความเร็ว 50 มิลลิเมตร/นาที กดลึกลงไป 0.5 เซนติเมตร ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
- วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี เช่นเดียวกับการทดลองย่อยที่ 2
- การให้ค่าคะแนน ได้แก่ ความสด ความนิ่มของผล การเกิดโรค ความนิ่มของเนื้อส้มโอ กลิ่นผิดปกติ ความชอบโดยรวม

การทดลองที่ 3.2 การใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดเคลือบผิว

การทดลองย่อยที่ 1 การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการวางจำหน่ายพริกหวานที่ผ่านการเคลือบผิว

1.1 การเตรียมพริกหวาน โดยใช้พริกหวานจากจังหวัดเชียงใหม่ ขนาดผลประมาณ 200-280 กรัม คัดเลือกผลพริกหวานที่ไม่มีตำหนิมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นผึ่งให้แห้ง

1.2 เตรียมสารเคลือบผิว CMC ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ นำมาเคลือบพริกหวานแล้วผึ่งให้แห้ง

1.3 บรรจุพริกหวานในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ split plot มี 5 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ผล โดย

Main plot คือ บรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ มี 5 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ไม่บรรจุในถุง (control)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุในถุง PP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุในถุงดัดแปลงสภาพบรรยากาศ OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$.

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุในถุงเจาะรูขนาดไมครอน OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$.

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุในถุงดัดแปลงสภาพบรรยากาศ high OTR

Sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 3 6 9 12 15 18 21 24 27 30 33 36 และ 39 วัน

1.4 ภายหลังการบรรจุนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพันธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ สุ่มพริกหวานมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 3 วัน

1.5 ทดสอบบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพริกหวาน 3 สี คือ สีเขียว สีเหลือง และสีแดง

1.6 การวิเคราะห์คุณภาพ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1

การทดลองย่อยที่ 2 การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาสมสำหรับมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

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

กรมวิชาการเกษตร

2.2 เตรียมสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับเชลแลคความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 8:2 จากนั้นนำมาเคลือบผิวมังคุดแล้วผึ่งให้แห้ง

2.3 นำมังคุดมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ ขนาดบรรจุ 2 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบ split plot มี 5 ซ้ำ โดย

Main plot คือ รูปแบบบรรจุภัณฑ์ 4 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุในตะกร้าพลาสติก

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุงดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่มีค่า OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$.

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุงดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่มีค่า OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$.

Sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 12 15 18 21 และ 24 วัน

2.4 ภายหลังการบรรจุเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 3 วัน

2.5 การวิเคราะห์คุณภาพ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลองที่ 3.1 การพัฒนาสารเคลือบผิวที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผลิตผลสด

การทดลองย่อยที่ 1 ความเข้มข้นของ carboxymethyl cellulose (CMC) ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพริกหวานในระหว่างการเก็บรักษา

ทดสอบการเคลือบผิวพริกหวานด้วย CMC ความเข้มข้น 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ในพริกหวาน 3 สี คือ สีเขียว สีแดง และสีเหลือง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพันธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ นาน 27 วัน ผลการทดลองเป็นดังนี้

พริกหวานสีเขียว

การสูญเสียน้ำหนัก

สารเคลือบผิวช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของพริกหวานสีเขียวได้ โดยผลพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษา 1.74 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ผลพริกหวานที่เคลือบด้วย CMC 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนัก 1.85 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 0.5 1.0 เปอร์เซ็นต์ และพริกหวานสีเขียวที่ไม่เคลือบผิวมีการสูญเสียไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 2.05 1.96 และ 2.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพริกหวานทุกกรรมวิธีเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น (Table 23)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ปริมาณก๊าซออกซิเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติในแต่ละกรรมวิธี และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 27 วัน ปริมาณก๊าซออกซิเจนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในผลพริกหวานสีเขียวที่เคลือบผิวด้วย CMC พบว่า มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเก็บนาน 27 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในผล 0.41 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่ามีค่าไม่สูงจึงไม่พบกลิ่นผิดปกติระหว่างการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาในแต่ละกรรมวิธีพบว่า ผลพริกหวานที่เคลือบผิว CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์ในผลสูงที่สุด 0.38 และ 0.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมา คือผลที่เคลือบด้วย CMC 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากัน คือ 0.35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลพริกหวานที่ไม่เคลือบผิวมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด 0.27 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามไม่พบกลิ่นผิดปกติในทุกกรรมวิธีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ปริมาณก๊าซออกซิเจนในผลพริกหวานหากมีปริมาณต่ำ 2-5 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถชะลอการสุกและการหายใจของพริกหวานได้ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูง 5 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเขียวของเปลือกให้ช้าลงได้ (Otma, 1989; Exama *et al*., 1993)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

ค่าความสว่าง (L*) และค่า a* ที่บอกค่าความเป็นสีเขียว-สีแดง ในทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และค่า b* ที่บอกค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง พบว่า พริกหวานสีเขียวที่เคลือบผิวด้วย CMC 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสีผิวเป็นสีเหลืองช้ากว่ากรรมวิธีอื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ความเงาของผล

เมื่อวัดค่าความเงาของพริกหวานสีเขียวด้วยเครื่อง gloss meter พบว่า ผลพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีความเงาสูงที่สุด 5.68 GU ผลพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 0.5 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีความเงาไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 5.01 5.06 และ 5.38 GU ตามลำดับ ส่วนผลพริกหวานที่ไม่ได้เคลือบผิวมีความเงาน้อยที่สุด คือ 4.68 GU (Table 24)

ความแน่นเนื้อ

พบว่า เมื่อเก็บรักษานาน 27 วัน ผลพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีความแน่นเนื้อสูงสุด 10.47 นิวตัน รองลงมาคือ พริกหวานสีเขียวที่เคลือบผิวด้วย CMC 1.5 1.0 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 10.34 10.23 และ 9.71 นิวตัว ตามลำดับ ส่วนพริกหวานที่ไม่เคลือบผิวมีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุด 9.61 นิวตัน ซึ่งเกิดจากผลพริกหวานที่ไม่เคลือบผิวมีผลนิ่มกว่ากรรมวิธีอื่นนั่นเอง จะเห็นได้ว่าผลพริกหวานที่ไม่เคลือบผิวมีการสูญเสียน้ำหนักมากกกว่าพริกหวานที่เคลือบผิวในระหว่างการเก็บรักษา เช่นเดียวกับการทดลองของ Diaz-Perez *et al.* (2007) ที่พบว่า เมื่อผลพริกหวานมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ผลพริกหวานจะมีความแน่นเนื้อลดลง

การให้ค่าคะแนน

ค่าคะแนนความสดของผล พบว่า มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นและผลพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความสดสูงที่สุด 3.06 และ 3.14 คะแนนตามลำดับ (Table 25) ส่วนพริกหวานที่ไม่เคลือบผิวมีค่าคะแนนความสดน้อยที่สุด 2.67 คะแนน ส่วนค่าคะแนนความสดของขั้วผล พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ความสดของขั้วผลจะลดลงแต่ความสดของขั้วในแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับค่าคะแนนความนิ่มของผลพริกหวานสีเขียว เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นความนิ่มของผลจะสูงขึ้น โดยพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 2.0 เปอร์เซ็นต์ ผลจะนิ่มน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ซึ่งกรรมวิธีอื่น ๆ มีความนิ่มของผลไม่แตกต่างกัน

พริกหวานสีเขียวเมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่า ผลพริกหวานที่ไม่เคลือบผิว สีผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน ผลพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 0.5 เปอร์เซ็นต์ สีผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อเก็บรักษานาน 24 วัน และผลพริกหวานที่เคลือบด้วย CMC 1.0 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ สีผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อเก็บนาน 27 วัน แต่ไม่พบกลิ่นผิดปกติของพริกหวานสีเขียวทั้งที่เคลือบและไม่เคลือบผิวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สำหรับค่าคะแนนความชอบโดยรวมของพริกหวานสีเขียวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วย CMC ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าคะแนนความชอบโดยรวมของพริกหวานเฉลี่ยลดลง ซึ่งพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 1.0 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บรักษานานไม่เกิน 24 วัน พริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บนานไม่เกิน 21 วัน และพริกหวานที่ไม่เคลือบผิวเป็นที่ยอมเมื่อเก็บนานไม่เกิน 18 วัน

กรมวิชาการเกษตร

Table 23 Weight loss (%) of green sweet pepper during stored at 10°C

Treatment	Storage time (day)						Average of treatment
	12	15	18	21	24	27	
Non-coated	1.29	1.36	1.70	2.37	2.91	3.23	2.14 bc
0.5% CMC	1.26	1.22	1.56	2.34	2.82	3.08	2.05 b
1.0% CMC	1.18	1.37	1.52	2.01	2.67	3.00	1.96 b
1.5% CMC	1.18	1.38	1.38	1.99	2.41	2.78	1.85 ab
2.0% CMC	1.16	1.35	1.37	1.84	2.19	2.53	1.74 a
Average of storage time	1.21 A	1.34 A	1.51 A	2.11 B	2.60 C	2.92 C	
CV (treatment) = 4.4%, CV (storage time) = 3.6%							

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 24 Gloss (GU) of green sweet pepper during stored at 10°C

Treatment	Storage time (day)						Average of treatment
	12	15	18	21	24	27	
Non-coated	5.13	5.06	4.62	5.09	4.54	3.62	4.68 c
0.5% CMC	5.79	5.23	4.95	4.95	4.53	4.61	5.01 b
1.0% CMC	5.90	5.21	4.83	4.87	5.03	4.54	5.06 b
1.5% CMC	5.90	5.77	4.69	5.27	5.01	5.67	5.38 ab
2.0% CMC	6.31	5.80	5.43	5.47	5.20	5.89	5.68 a
Average of storage time	5.81 A	5.41 A	4.90 A	5.13 A	4.86 A	4.86 A	
CV (treatment) = 13.8%, CV (storage time) = 13.2%							

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

Table 25 Freshness score (score 1-5) of green sweet pepper during stored at 10°C

Treatment	Storage time (day)						Average of treatment
	12	15	18	21	24	27	
Non-coated	3.00	2.67	2.83	2.67	2.67	2.17	2.67 b
0.5% CMC	3.33	3.00	3.17	3.00	2.83	2.33	2.94 ab
1.0% CMC	3.33	2.83	3.00	3.00	3.00	2.83	3.00 ab
1.5% CMC	3.17	3.17	3.00	3.17	3.00	2.83	3.06 a
2.0% CMC	3.33	3.17	3.17	3.17	3.00	3.00	3.14 a
Average of storage time	3.23 A	2.97 B	3.03 AB	3.00 AB	2.90 B	2.63 C	
CV (treatment) = 14.5%, CV (storage time) = 10.5%							

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พริกหวานสีแดง

การสูญเสียน้ำหนัก

สารเคลือบผิว CMC ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของพริกหวานสีแดงได้ เมื่อเก็บรักษานาน 27 วัน ผลพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาน้อยที่สุด 5.23 เปอร์เซ็นต์ (Table 26) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่มีการสูญเสียน้ำหนัก 5.59 และ 5.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนผลพริกหวานที่ไม่เคลือบผิวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด 6.18 เปอร์เซ็นต์

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

ปริมาณก๊าซออกซิเจนทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันและลดลงในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ค่อนข้างจะคงที่ในระหว่างการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันในทุกกรรมวิธี

การเปลี่ยนแปลงสีผล

ค่าความสว่างของสี (L*) ในระหว่างการเก็บรักษาค่อนข้างคงที่ แต่จะเห็นได้ว่าผลพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มค่าความสว่างของสีสูงกว่าผลพริกหวานที่ไม่เคลือบผิว ส่วนค่า a* ที่บอกค่าสีเขียว-สีแดง พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผลพริกหวานมีค่าความเป็นสีแดงลดลง แต่ไม่แตกต่างกันในทุกกรรมวิธี และค่า b* ที่บอกค่าความเป็นน้ำเงิน-สีเหลือง พบว่า ในแต่ละกรรมวิธีมีค่า b* ไม่แตกต่างกัน

ความเงาของผล

ผลพริกหวานที่เคลือบด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเงาไม่แตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 5.83 และ 5.77 GU ตามลำดับ ส่วนพริกหวานที่เคลือบด้วย CMC 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ และไม่เคลือบผิวมีค่าความเงาไม่แตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 4.46 4.85 และ 4.49 GU ตามลำดับ

การให้ค่าคะแนน

ค่าคะแนนความสดของผลและขั้วผลมีค่าลดลงระหว่างการเก็บรักษา โดยค่าคะแนนความสดของผลพบว่า ผลพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC มีค่าคะแนนความสดสูงกว่าผลพริกหวานที่ไม่เคลือบผิว (Table 5) ส่วนค่าคะแนนความสดของขั้วผลพบว่า ผลที่เคลือบด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคะแนนความสดของขั้วสูงกว่ากรรมวิธีอื่นคือ 3.70 และ 3.69 คะแนน ซึ่งหมายถึงมีความสดของขั้วผลปานกลาง ส่วนค่าคะแนนความนิ่มของผลพบว่า ผลพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 2.0 เปอร์เซ็นต์ ผลมีความกรอบมากที่สุด (มีความนิ่มน้อยที่สุด) เฉลี่ย 4.00 คะแนน ที่หมายถึงกรอบ ในขณะที่พริกหวานซึ่งไม่เคลือบผิวมีค่าคะแนน 3.52 คะแนน คือนิ่มเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักของผลพริกหวานที่พบว่า ผลพริกหวานสีแดงที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก 5.86 และ 5.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่ากรรมวิธีอื่น และผลพริกหวานเริ่มแสดงอาหารเหี่ยวและผลนิ่ม เช่นเดียวกับงานทดลองของ Bussel and Kenigsberger (1975) ที่พบว่า เมื่อผลพริกหวานมีการสูญเสียน้ำหนักเกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการเก็บรักษาจะทำให้ผลพริกหวาน

กรมวิชาการเกษตร

แสดงอาการผลย่นและเหี่ยวจากการที่มีการสูญเสียน้ำหนักมากเกินไป และค่าคะแนนความชอบโดยรวมพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมลดลง โดยผลพริกหวานสีแดงที่เคลือบผิวด้วย CMC ทุกความเข้มข้นมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าพริกหวานที่ไม่เคลือบผิว ทั้งนี้เนื่องจากผลพริกหวานเคลือบผิวมีความสดมากกว่าผลพริกหวานที่ไม่เคลือบผิว โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 24 วัน ส่วนพริกหวานที่ไม่เคลือบผิวเป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บรักษานานไม่เกิน 21 วัน

กรมวิชาการเกษตร

Table 26 Weight loss (%) of red sweet pepper during stored at 10°C

Treatment	Storage time (day)								Average of treatment
	6	9	12	15	18	21	24	27	
Non-coated	2.96	3.82	4.60	5.86	6.23	7.23	9.13	9.62	6.18 c
0.5% CMC	2.61	3.57	3.95	5.31	6.03	6.73	8.41	9.26	5.73 bc
1.0% CMC	2.55	3.15	4.39	4.57	5.71	6.96	8.32	9.11	5.59 ab
1.5% CMC	2.39	3.24	3.68	4.68	5.74	6.80	8.02	9.14	5.46 ab
2.0% CMC	2.14	3.02	3.88	4.16	5.32	6.37	7.81	9.16	5.23 a
Average of storage time	2.53 A	3.36 B	4.10 C	4.92 D	5.81 E	6.82 F	8.34 G	9.26 H	
CV (treatment) = 13.2%, CV (storage time) = 13.0%									

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 27 Freshness score (score 1-5) of red sweet pepper during stored at 10°C

Treatment	Storage time (day)									Average of treatment
	0	6	9	12	15	18	21	24	27	
Non-coated	5.00	4.17	4.33	3.71	3.67	3.56	3.22	2.44	2.25	3.59 b
0.5% CMC	5.00	4.17	4.56	4.23	3.89	3.83	3.50	3.11	2.72	3.89 a
1.0% CMC	5.00	4.17	4.61	4.03	4.22	3.89	3.44	3.28	2.72	3.93 a
1.5% CMC	5.00	4.39	4.39	4.33	4.06	3.94	3.72	3.46	2.83	4.01 a
2.0% CMC	5.00	4.33	4.33	4.20	4.06	4.11	3.89	3.67	2.88	4.05 a
Average of storage time	5.00 A	4.24 C	4.44 B	4.10 CD	3.98 DE	3.87 E	3.56 F	3.19 G	2.68 H	
CV (treatment) = 8.4%, CV (storage time) = 6.5%										

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

พริกหวานสีเหลือง

การสูญเสียน้ำหนัก

สารเคลือบผิวช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของพริกหวานได้ โดยผลพริกหวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักตลอดอายุการเก็บรักษา เฉลี่ย 4.45 4.39 4.45 และ 4.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพริกหวานที่ไม่เคลือบผิวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก 4.72 เปอร์เซ็นต์ (Table 28)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในผล

ปริมาณก๊าซออกซิเจนในผลลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเมื่อเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ย 19.50 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเก็บรักษามีค่าเฉลี่ยลดลงเหลือ 13.45 เปอร์เซ็นต์ และพริกหวานที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณก๊าซออกซิเจนในผลสูงที่สุด 13.96 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลที่เคลือบด้วย CMC 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุดเฉลี่ย 13.29 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี

การเปลี่ยนแปลงสีผล

ค่าความสว่างของสี (L*) และค่า a* ที่บ่งบอกถึงค่าสีเขียว-สีแดง ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน และค่า b* ที่บอกค่าเป็นสีน้ำเงิน-สีเหลือง พบว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นมีค่า b* ลดลง โดยเมื่อเริ่มต้นมีค่า b* เฉลี่ย 52.24 เมื่อเก็บนาน 27 วัน มีค่า b* เฉลี่ย 49.56 ซึ่งบอกให้ทราบว่า พริกหวานมีความเป็นสีเหลืองลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม b* ในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าผลพริกหวานที่เคลือบผิวมีค่า b* สูงกว่าผลพริกหวานที่ไม่เคลือบผิว

ความเงาของผล

ความเงามีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเมื่อเริ่มต้นทดลองมีค่าความเงาเฉลี่ย 6.43 GU และลดลงเหลือ 4.42 GU และในแต่ละกรรมวิธีพบว่า พริกหวานสีเหลืองที่เคลือบด้วย CMC 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเงาเฉลี่ยสูงที่สุด 6.35 GU รองลงมาคือ ผลพริกหวานที่เคลือบด้วย CMC 1.5 1.0 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผลพริกหวานที่ไม่เคลือบผิว มีค่าความเงาเฉลี่ย 6.14 5.81 5.32 และ 4.55 GU ตามลำดับ

การให้ค่าคะแนน

ค่าคะแนนความสดของผลและขั้วผลมีค่าลดลงระหว่างการเก็บรักษา โดยค่าคะแนนความสดของผลพบว่า พริกหวานสีเหลืองที่เคลือบผิวด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคะแนนความสดสูงที่สุดเฉลี่ย 3.92 และ 4.04 คะแนน ตามลำดับ (Table 29) ส่วนค่าคะแนนความสดของขั้วผลพริกหวานพบว่า ผลพริกหวานที่เคลือบด้วย CMC 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคะแนนความสดสูงที่สุด 3.45 คะแนน รองลงมาคือ ผลพริกหวานที่เคลือบด้วย CMC 0.5 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่มีค่าคะแนนความสดของขั้วไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 3.31 3.26 และ 3.23 คะแนน ตามลำดับ ส่วนผลพริกหวานที่ไม่เคลือบผิวมีค่าคะแนนความสดของขั้วต่ำที่สุดคือ 3.17 คะแนน และค่าคะแนนความนิ่มของผลพริกหวานสีเหลืองพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผลพริกหวานจะนิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามค่าคะแนนความนิ่มของผลในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน ผลพริกหวานทุกกรมมวิธีไม่มีกลิ่นผิดปกติตลอดอายุการเก็บรักษา และเมื่อให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมพบว่า ค่าคะแนนความชอบโดยรวมลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นและผลพริก

กรมวิชาการเกษตร

หวานที่เคลือบผิวด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด 7.38 และ 7.28 คะแนน ตามลำดับ และเก็บรักษาได้นาน 24 วัน ส่วนพริกหวานที่ไม่เคลือบผิวเก็บรักษาได้นาน 21 วัน

กรมวิชาการเกษตร

Table 28 Weight loss (%) of yellow sweet pepper during stored at 10°C

Treatment	Storage time (day)								Average of treatment
	6	9	12	15	18	21	24	27	
Non-coated	2.76	2.67	3.98	4.51	4.85	5.61	6.20	7.19	4.72 b
0.5% CMC	2.43	2.36	3.61	4.21	4.81	5.35	6.17	6.68	4.45 a
1.0% CMC	2.18	2.32	3.34	4.02	4.60	5.53	6.51	6.59	4.39 a
1.5% CMC	2.17	2.33	3.34	4.26	4.64	5.35	6.61	6.87	4.45 a
2.0% CMC	2.13	2.18	3.32	4.18	4.66	5.45	6.49	6.40	4.35 a
Average of storage time	2.34 A	2.37 A	3.52 B	4.24 C	4.71 D	5.46 E	6.40 F	6.75 G	
CV (treatment) = 6.9%, CV (storage time) = 8.3%									

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

Table 29 Freshness score (score 1-5) of yellow sweet pepper during stored at 10°C

Treatment	Storage time (day)									Average of treatment
	0	6	9	12	15	18	21	24	27	
Non-coated	5.00	4.44	4.16	3.94	3.83	3.88	3.71	3.44	3.13	3.82 b
0.5% CMC	5.00	4.50	4.24	4.11	3.89	3.78	3.83	3.39	3.17	3.86 ab
1.0% CMC	5.00	4.44	4.34	4.27	3.83	3.78	3.61	3.33	3.06	3.83 b
1.5% CMC	5.00	4.44	4.44	4.06	3.89	3.94	3.67	3.56	3.39	3.92 a
2.0% CMC	5.00	4.56	4.39	4.20	4.00	4.11	3.94	3.71	3.44	4.04 a
Average of storage time	5.00 A	4.48 B	4.32 B	4.12 C	3.89 D	3.90 D	3.75 D	3.49 E	3.24 F	
CV (treatment) = 3.5%, CV (storage time) = 6.3%										

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

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

การทดลองย่อยที่ 2 ผลของสารเคลือบผิวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพมังคุดในระหว่างการเก็บรักษา

การเคลือบผิวมังคุดด้วยเชลแลค ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ คาร์นูบา 15 เปอร์เซ็นต์ คาร์นูบาผสมเชลแลคอัตราส่วน 8:2 และ 7:3 เปรียบเทียบกับมังคุดที่ไม่ได้เคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพันธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ นาน 24 วัน ผลการทดลองเป็นดังนี้

การสูญเสียน้ำหนัก

สารเคลือบผิวทุกกรรมวิธีช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของมังคุดได้ โดยมังคุดที่เคลือบด้วยเชลแลคและคาร์นูบาผสมเชลแลคอัตราส่วน 7:3 มังคุดมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 2.41 และ 2.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มังคุดที่เคลือบด้วยคาร์นูบา 15 เปอร์เซ็นต์ และคาร์นูบาผสมเชลแลค 8:2 มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 2.8 และ 2.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 30)

ความเงาของผล

มังคุดที่เคลือบด้วยเชลแลคมีความเงาสูงที่สุดคือ มีค่าเท่ากับ 3.00 GU รองลงมาคือ มังคุดที่เคลือบด้วยคาร์นูบาผสมเชลแลค 7:3 8:2 คาร์นูบา 15 เปอร์เซ็นต์ และมังคุดที่ไม่เคลือบผิว โดยมีค่าเท่ากับ 2.62 2.41 2.28 และ 1.46 GU ตามลำดับ และความเงาของผลมังคุดจะมีค่าลดลงระหว่างการเก็บรักษา (Table 31)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

ค่าความสว่างของสี (L*) ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และมังคุดที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธีมีค่า L* สูงกว่ามังคุดที่ไม่เคลือบผิว สำหรับค่า a* ที่บอกถึงการเปลี่ยนแปลงสีเขียว-สีแดง พบว่า มังคุดที่ไม่เคลือบผิวมีค่า a* สูงกว่ามังคุดที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธี ส่วนค่า b* ที่บอกค่าความเป็นสีน้ำเงิน-สีเหลือง พบว่าเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่า b* เฉลี่ยจะลดลง และมังคุดที่ไม่เคลือบผิวมีค่า b* สูงกว่ากรรมวิธีอื่น สำหรับการให้ค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกนั้น เมื่อทำการทดลองจะใช้มังคุดที่มีผิวสีแดงอมม่วง และสีผิวจะมีการพัฒนาไปเป็นสีม่วง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งจะพบจากค่าคะแนนเฉลี่ยของสีเปลือกมังคุดเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และมังคุดที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทุกกรรมวิธีมีค่าคะแนนต่ำกว่ามังคุดที่ไม่เคลือบผิว ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกไปเป็นสีม่วงช้ากว่ามังคุดที่ไม่เคลือบผิว

การเปลี่ยนแปลงสีกลีบเลี้ยง

ค่า L* ของกลีบเลี้ยงมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น กลีบเลี้ยงของมังคุดที่เคลือบผิวมีค่า L* สูงกว่ามังคุดที่ไม่เคลือบผิว ส่วนค่า a* พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า a* จะเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายความว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นกลีบเลี้ยงมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเขียวเป็นสีแดงมากขึ้น โดยมังคุดที่ไม่เคลือบผิวมีการเปลี่ยนแปลงของค่า a* เพิ่มสูงกว่ากรรมวิธีอื่น และค่า b* ของกลีบเลี้ยง พบว่า ค่า b* เฉลี่ยลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในแต่ละกรรมวิธีมีค่า b* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อดูค่าคะแนนความสดของกลีบเลี้ยงก็เช่นกันที่พบว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นความสดของกลีบเลี้ยงมังคุดมีค่าลดลง อย่างไรก็ตามจะเห็นว่ามังคุดที่เคลือบผิว กลีบเลี้ยงมีความสดมากกว่ามังคุดที่ไม่เคลือบผิว

กรมวิชาการเกษตร

การเกิดโรค

เมื่อเก็บมังคุดนาน 16 วัน พบการเกิดเส้นใยของเชื้อราที่ขั้วผลมังคุดที่ไม่เคลือบผิว ลักษณะเป็นเส้นใยบาง ๆ บริเวณขั้วผล เมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน พบการเกิดเส้นใยของเชื้อราที่ขั้วผลมังคุดที่ไม่เคลือบผิวและมังคุดที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 15 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเก็บรักษานาน 24 วัน มังคุดทุกกรรมวิธีพบการเกิดเชื้อราที่ขั้วของผลมังคุดแต่พบเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยเป็นเส้นใยบาง ๆ บริเวณขั้วผล

ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อของเปลือกมังคุดมีแนวโน้มลดลงในช่วงแรกแต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และสารเคลือบผิวช่วยชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อของเปลือกมังคุดได้ โดยเมื่อเก็บรักษามังคุดนาน 4 วัน มังคุดที่ไม่ได้เคลือบผิวมีความแน่นเนื้อของเปลือกมังคุดน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับมังคุดที่เคลือบผิว โดยมังคุดที่ไม่เคลือบผิวมีค่าความแน่นเนื้อ 16.65 นิวตัน และมังคุดที่เคลือบผิวกรรมวิธีต่าง ๆ มีความแน่นเนื้อระหว่าง 17.72-18.68 นิวตัน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างหนึ่งในกระบวนการสุกของมังคุดนั่นคือ มังคุดที่ไม่ได้เคลือบผิวเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุกเมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน ในขณะที่มังคุดที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธียังไม่เข้าสู่กระบวนการสุก แสดงว่าสารเคลือบผิวช่วยชะลอกระบวนการสุกของมังคุดได้ และเมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน มังคุดที่ไม่เคลือบผิวมีความแน่นเนื้อสูงที่สุด 17.74 นิวตัน เมื่อเปรียบเทียบกับมังคุดที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธีที่มีค่าความแน่นเนื้อระหว่าง 16.01-16.47 นิวตัน และมังคุดที่ไม่เคลือบผิวจะมีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งเป็นผลจากเปลือกแข็ง 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

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลงเล็กน้อย โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าลดลงจาก 15.79 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 14.79 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษานาน 24 วัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลงเล็กน้อยจาก 0.79 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 0.72 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บนาน 24 วัน

การยอมรับของผู้บริโภค

ตลอดระยะเวลาการทดลอง 24 วัน มังคุดทุกกรรมวิธีไม่มีกลิ่นผิดปกติที่เกิดจากสารเคลือบผิว แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษามังคุดนานขึ้นจะมีเปอร์เซ็นต์การเสื่อมเสียของเนื้อมังคุดเพิ่มมากขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษานาน 8 วัน มังคุดที่ไม่เคลือบผิวมีการเสื่อมเสีย 5.56 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่มังคุดที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธีไม่มีการเสื่อมเสียของเนื้อมังคุด แต่เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ทุกกรรมวิธีจะมีการเสื่อมเสียของเนื้อมังคุดและ

กรมวิชาการเกษตร

มีการเสื่อมเสียเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษานาน 24 วัน มังคุดที่ไม่เคลือบผิวมีเปอร์เซ็นต์การเสื่อมเสียมากที่สุดถึง 77.78 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ มังคุดที่เคลือบด้วยเชลแลค คาร์นูบาผสมเชลแลค 7:3 และ 8:2 มีเปอร์เซ็นต์การเสื่อมเสีย 44.44 41.67 และ 38.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนมังคุดที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบามีการเสื่อมเสียของเนื้อมังคุดน้อยที่สุด 33.33 เปอร์เซ็นต์ (Table 32) และเมื่อให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีมีค่าลดลง โดยมังคุดที่เคลือบผิวมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บรักษานานไม่เกิน 20 วัน โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงสีผล ความสดและสีกลีบเลี้ยง ความแน่นเนื้อของเปลือก และการเสื่อมเสียของเนื้อมังคุด (Table 33)

กรมวิชาการเกษตร

Table 30 Weight loss (%) of mangosteen fruits during stored at 13°C

Treatment	Storage time (day)						Average of treatment
	4	8	12	16	20	24	
Non-coated	0.80	1.26	1.62	2.18	2.87	3.52	3.80 c
10% Shellac	0.47	0.57	0.97	1.36	1.82	2.09	2.41 a
15% carnauba	0.45	0.80	1.10	1.68	2.30	2.53	2.80 b
carnauba : shellac 8:2	0.42	0.74	1.11	1.66	1.92	2.51	2.67 ab
carnauba : shellac 7:3	0.35	0.59	0.98	1.38	1.80	2.09	2.59 a
Average of storage time	0.50 A	0.79 A	1.15 B	1.65 C	2.14 D	2.55 E	
CV (treatment) = 9.4%, CV (storage time) = 10.3%							

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

Table 31 Gloss (GU) of mangosteen fruits during stored at 13°C

Treatment	Storage time (day)							Average of treatment
	0	4	8	12	16	20	24	
Non-coated	2.04	1.86	1.81	1.81	1.85	1.65	1.51	1.46 d
10% Shellac	3.35	3.10	3.11	3.03	3.16	3.18	3.10	3.00 a
15% carnauba	2.55	2.33	2.26	2.36	2.37	2.32	2.37	2.28 c
carnauba : shellac 8:2	2.86	2.55	2.43	2.54	2.48	2.40	2.47	2.41 bc
carnauba : shellac 7:3	3.09	2.84	2.74	2.81	2.78	2.67	2.71	2.62 b
Average of storage time	2.78 A	2.54 B	2.47 B	2.51 B	2.53 B	2.44 B	2.43 B	
CV (treatment) = 4.9%, CV (storage time) = 8.0%								

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 32 Deterioration (%) of magosteen pulp during stored at 13°C

Treatment	Storage time (day)						
	0	4	8	12	16	20	24
Non-coated	0.00	0.00	5.56	11.11	41.67	52.78	77.78
10% Shellac	0.00	0.00	0.00	2.78	13.89	25.00	44.44
15% carnauba	0.00	0.00	0.00	2.78	8.33	13.89	33.33
carnauba : shellac 8:2	0.00	0.00	0.00	2.78	11.11	16.67	38.89
carnauba : shellac 7:3	0.00	0.00	0.00	5.56	13.89	19.44	41.67

*Average of treatment

Table 33 Overall preference scores (score 1-9) of mangosteen fruits during stored at 13°C

Treatment	Storage time (day)							Average of treatment
	0	4	8	12	16	20	24	
Non-coated	8.50	8.00	7.67	6.78	5.17	4.33	3.17	6.23 b
10% Shellac	8.33	8.00	8.00	7.33	6.61	6.27	4.67	7.03 a
15% carnauba	8.33	8.27	7.78	7.00	6.33	6.11	4.67	6.93 a
carnauba : shellac 8:2	8.33	8.00	8.00	7.00	6.33	6.39	4.50	6.94 a
carnauba : shellac 7:3	8.17	7.83	7.89	7.00	6.83	6.44	4.83	7.00 a
Average of storage time	8.33 A	8.02 AB	7.87 B	7.02 C	6.25 D	5.91 D	4.37 E	
CV (treatment) = 8.7%, CV (storage time) = 7.4%								

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

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

กรมวิทยาศาสตร์

การทดลองย่อยที่ 3 ผลของสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาในการยืดอายุการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

การใช้สารเคลือบผิวในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โดยใช้สารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 15 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับส้มโอที่ไม่เคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 6 สัปดาห์ ผลการทดลองเป็นดังนี้

การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 8.18 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาในแต่ละกรรมวิธีพบว่า ส้มโอเคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 25 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเฉลี่ย 4.12 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ส้มโอที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 20 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 4.39 และ 4.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด 7.91 เปอร์เซ็นต์ (Table 34) ซึ่งการเคลือบผิวส้มโอสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ เนื่องจากการใช้สารเคลือบผิวจะไปปกคลุมหรือทดแทนไขที่เคยมีอยู่จึงสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มโอได้ (จริงแท้, 2541)

ความเงาของผล

ส้มโอที่เคลือบผิวมีค่าความเงาสูงกว่าส้มโอที่ไม่เคลือบผิว โดยส้มโอที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเงาสูงที่สุด เท่ากับ 4.49 GU รองลงมาคือ ส้มโอเคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 20 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเงาเท่ากับ 4.80 และ 4.74 GU ตามลำดับ ในขณะที่ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีค่าความเงาเฉลี่ย เท่ากับ 2.83 GU และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าความเงาเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีมีค่าลดลง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในผล

ปริมาณก๊าซออกซิเจนมีค่าลดลงจาก 19.54 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง เหลือเป็น 12.32 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์ และเมื่อพิจารณาในแต่ละกรรมวิธีจะเห็นว่า ส้มโอที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซออกซิเจนในผลต่ำที่สุด 8.87 เปอร์เซ็นต์ และส้มโอที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 20 และ15 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซออกซิเจน 12.33 และ 15.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณก๊าซออกซิเจนสูงสุด 18.78 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในผลส้มโอพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา โดยเมื่อเริ่มต้นมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 1.05 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์ มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 6.06 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในผลส้มโอที่เคลือบด้วยคาร์นูบา 25 เปอร์เซ็นต์ สูงที่สุด 7.02 เปอร์เซ็นต์ ส่วนส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำสุด 1.30 เปอร์เซ็นต์

การเปลี่ยนแปลงสีผล

ค่าความสว่างของสี (L*) ของผลส้มโอมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยเมื่อเริ่มต้นมีค่า L* เฉลี่ยทุกกรรมวิธี 55.28 เมื่อเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์ มีค่า L* เพิ่มขึ้นเท่ากับ 58.15 ซึ่งในแต่กรรมวิธีมีค่า L* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่า a* ที่บอกความเป็นสีเขียว-สีแดง พบว่า ส้มโอที่เคลือบผิวมีค่า a* ต่ำกว่าส้มโอที่ไม่เคลือบผิว และค่า a* ของส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่ากรรมวิธีอื่น

ลิขสิทธิ์การเกษตร

ส่วนค่า b* ที่บอกค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง พบว่า ค่า b* เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งหมายความว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นผลส้มโอมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีเหลืองมากขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์ พบว่า ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีค่า b* สูงที่สุด 39.30 ซึ่งหมายถึงว่า สีเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองมากกว่ากรรมวิธีที่เคลือบผิว ในขณะที่ส้มโอที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 15 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษานาน 6 สัปดาห์ มีค่า b* 35.0 33.4 และ 32.4 ตามลำดับ (Table 35)

ความแน่นเนื้อ

เมื่อเก็บรักษานานขึ้นส้มโอมีค่าความแน่นเนื้อสูงขึ้นซึ่งอาจจะหมายถึงเปลือกส้มโอมีความเหนียวมากขึ้นทำให้ต้องใช้แรงในการกดทะลุเพิ่มสูงขึ้น ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่ากรรมวิธีอื่นโดยมีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากับ 17.78 นิวตัน ทั้งนี้เนื่องจากส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีผลเหี่ยวเปลือกเหนียวมากขึ้นทำให้ต้องใช้แรงในการกดสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ส่วนส้มโอที่เคลือบผิวมีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการเคลือบผิวผลไม้ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและรักษาความแน่นเนื้อของผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษา เช่นเดียวกับการทดลองเคลือบผิว sweet orange พันธุ์ Blood Red (Shahid and Abbasi, 2011) การเคลือบผิวส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง (Boonyakiat *et al*., 2012) และการเคลือบผิวส้มพันธุ์ Siam Banjar (Hassan *et al*., 2014)

การให้คะแนน

ค่าคะแนนความสดของผลส้มโอมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้น และเมื่อเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์ พบว่า ส้มโอที่เคลือบด้วยคาร์นูบา 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ผลส้มโอมีความสดมากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีค่าคะแนน 2.83 และ 3.00 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่ผลส้มโอไม่เคลือบผิวมีค่าคะแนนน้อยที่สุดโดยมีค่าคะแนน 1.78 คะแนน ซึ่งหมายถึงผลมีอาการเหี่ยว สำหรับการให้ค่าคะแนนความนิ่มของผลส้มโอ พบว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นผลส้มโอมีอาการนิ่มมากขึ้นเห็นได้จากค่าคะแนนที่ลดลง โดยเมื่อเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์ ส้มโอที่เคลือบด้วยคาร์นูบา 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคะแนนความนิ่ม 3.83 คะแนนเท่ากัน (Table 36) ซึ่งหมายถึงผลนิ่มปานกลาง ในขณะที่ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีค่าคะแนนเท่ากับ 2.17 คะแนน ซึ่งหมายถึงผลนิ่มมาก เมื่อให้ค่าคะแนนความนิ่มของเนื้อส้มโอ พบว่า ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวเนื้อส้มโอจะนิ่มมากที่สุดเมื่อเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์ โดยมีค่าคะแนน 1.72 คะแนน ซึ่งหมายถึงเนื้อส้มโอนิ่มมาก ในขณะที่ส้มโอที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคะแนน 3.00 คะแนน ซึ่งหมายถึงเนื้อส้มโอนิ่มเล็กน้อย ส่วนค่าคะแนนความชอบโดยรวมพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทุกกรรมวิธีมีค่าคะแนนความชอบลดลง (Table 15) ส้มโอที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บรักษานานไม่เกิน 5 สัปดาห์ ส้มโอที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บนานไม่เกิน 4 สัปดาห์ และส้มโอที่ไม่เคลือบผิวเป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บนานไม่เกิน 3 สัปดาห์ โดยพิจารณาจากความสดของผล การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ชฎาภรณ์และคณะ (2561) ที่พบว่า การเคลือบผิวส้มโอพันธุ์ทองดีด้วยคาร์นูบาความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถชะลออาการข้าวสารของส้มโอได้

ลิขสิทธิ์การเกษตร

คุณภาพทางเคมี

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งหมายถึง ส้มโอมีความหวานมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นและพบว่าส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่ากรรมวิธีอื่นเล็กน้อย ส่วนปริมาณวิตามินซีก็เช่นกันที่พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้พบว่า ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงกว่าส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิว

กรมวิชาการเกษตร

Table 34 Weight loss (%) of pomelo fruit during stored at 25°C

Treatment	Storage time (weeks)						Average of Treatment
	1	2	3	4	5	6	
Non-coated	3.28	4.63	7.08	9.17	10.63	12.66	7.91 b
15% carnauba	1.84	3.30	4.61	6.09	6.78	6.91	4.92 a
20% carnauba	1.46	2.84	3.64	4.99	6.55	6.89	4.39 a
25% carnauba	1.57	2.83	3.43	4.67	5.95	6.25	4.12 a
Average of storage time	2.04 A	3.40 B	4.69 C	6.23 D	7.47 DE	8.18 E	
CV (treatment) = 10.5%, CV (storage time) = 10.2%							

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

Table 35 b* of pomelo fruit during stored at 25°C

Treatment	Storage time (weeks)						
	0	1	2	3	4	5	6
Non-coated	30.26 a C	33.03 a B	34.17 a B	34.80 a B	37.71 a A	39.19 a A	39.31 a A
15% carnauba	31.59 a D	30.76 a D	32.68 ab BCD	32.39 a CD	35.92 ab A	35.30 b AB	35.01 b ABC
20% carnauba	32.40 a A	31.49 a A	32.87 ab A	33.22 a A	33.00 b A	33.04 b A	33.40 b A
25% carnauba	31.44 a AB	32.63 a AB	30.38 b B	32.30 a AB	33.46 b A	34.00 b A	32.42 b AB
CV (treatment) = 7.1%, CV (storage time) = 4.8%							

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

กรมวิทยาศาสตร์

Table 36 Softness scores (score 1-5) of pomelo pulp during stored at 25°C

Treatment	Storage time (weeks)							Average of Treatment
	0	1	2	3	4	5	6	
Non-coated	4.00	3.44	2.89	2.67	2.56	1.67	1.72	2.71 c
15% carnauba	4.00	3.52	3.22	3.33	2.89	2.67	2.50	3.16 b
20% carnauba	4.00	3.78	3.33	3.33	3.11	3.11	2.78	3.35 ab
25% carnauba	4.00	3.78	3.44	3.44	3.33	3.33	3.00	3.48 a
Average of storage time	4.00 A	3.63 B	3.22 C	3.19 C	2.97 CD	2.69 DE	2.50 E	
CV (treatment) = 8.0%, CV (storage time) = 11.9%								

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

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

Table 142 Overall preference scores (score 1-9) of pomelo fruits during stored at 25°C

Treatment	Storage time (weeks)						
	0	1	2	3	4	5	6
Non-coated	7.89 a A	7.89 a A	7.33 a A	6.56 a B	4.50 c C	4.17 c C	4.17 b C
15% carnauba	7.56 a A	7.89 a A	7.56 a A	6.83 a B	5.78 b C	4.83 b D	4.17 b D
20% carnauba	7.78 a AB	7.89 a A	7.11 a BC	7.01 a C	6.83 a C	5.83 a D	4.83 a E
25% carnauba	7.78 a A	7.78 a A	7.33 a AB	6.78 a BC	6.67 a BC	6.17 a C	4.83 a D
CV (treatment) = 14.5%, CV (storage time) = 17.9%							

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

การทดลองที่ 3.2 การใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดเคลือบผิว

1. การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการวางจำหน่ายพริกหวานที่ผ่านการเคลือบผิว

พริกหวานสีเขียว

ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดดอกไซด์ในบรรจุภัณฑ์

ปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุง PP เจาะรู มีปริมาณสูงที่สุด 20.85 เปอร์เซ็นต์ เทียบเท่ากับปริมาณออกซิเจนในอากาศ ส่วนในถุงเจาะรูขนาดไมครอน ถุง MAP และถุง OTR สูง มีปริมาณก๊าซออกซิเจน 19.79 17.38 และ 16.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 21A) ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบมากที่สุดในถุง OTR สูง 3.12 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ถุงเจาะรูขนาดไมครอน ถุง MAP และถุง PP เจาะรู เท่ากับ 1.59 1.27 และ 0.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 21B) โดยในระหว่างการเก็บรักษาถุงพลาสติกแต่ละชนิดจะยอมให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จากภายในและภายนอกจนเกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (equilibrium modified atmosphere packaging) (กาญจนา, 2548) ปริมาณก๊าซออกซิเจนในผลพริกหวานหากมีปริมาณต่ำ 2-5 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถชะลอการสุกและการหายใจของพริกหวานได้ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูง 5 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเขียวของเปลือกให้ช้าลงได้ (Otma, 1989; Exama *et al*., 1993)

การเปลี่ยนแปลงสีผิว

ระหว่างการเก็บรักษาสีของพริกหวานไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากการวัดค่าความสว่างของสี (Figure 22A) และ ค่า a* ที่บอกค่าความเป็นสีเขียว-สีแดง (Figure 22B) มีค่าไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

การสูญเสียน้ำหนัก

การเก็บรักษาพริกหวานในถุง MAP ถุงเจาะรูขนาดไมครอน และถุง OTR สูง ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของพริกหวานได้ (Figure 23) โดยเมื่อเก็บรักษานาน 39 วัน มีการสูญเสียน้ำหนัก 0.36 0.53 และ 0.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์มีคุณสมบัติยอมให้ไอน้ำแพร่ผ่านเข้า-ออกได้อย่างเหมาะสม ทำให้ภายในถุงยังมีความชื้นสูง สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของผลิตผล

การให้ค่าคะแนน

ค่าคะแนนความสดของพริกหวานพบว่า พริกหวานที่บรรจุในถุง MAP ถุงเจาะรูขนาดไมครอน และถุง OTR สูง มีค่าคะแนนความสดไม่แตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษา โดยมีค่าคะแนน 4.14 4.29 และ 4.21 คะแนน ซึ่งหมายถึงมีความสดปานกลาง ในขณะที่พริกหวานบรรจุในถุง PP เจาะรู และพริกหวานไม่บรรจุถุงมีค่าคะแนนความสด 3.48 และ 2.46 คะแนน ตามลำดับ (Figure 24) ค่าคะแนนความนิ่มของผลพบว่า พริกที่บรรจุในถุง MAP ถุงเจาะรูขนาดไมครอน และถุง OTR สูง มีค่าคะแนนสูงที่สุดไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 4.20 4.27 และ 4.30 คะแนน ตามลำดับ (Figure 25) ในขณะที่พริกหวานไม่บรรจุถุงผลนิ่มที่สุด โดยมีค่าคะแนนความนิ่ม 2.35 คะแนน

กรมวิชาการเกษตร

การเกิดโรค

การเกิดโรคบริเวณขั้วผลของพริกหวานเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการไม่ยอมรับของผู้บริโภค โดยจะมีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาวและสีเทาบริเวณขั้วผลของพริกหวานมีอาการจะลามลงมาที่ขั้วผล ผลพริกที่ไม่บรรจุถุงพบการเกิดโรคเร็วที่สุดเมื่อเก็บรักษานาน 24 วัน ผลพริกที่บรรจุในถุง PP เจาะรู ถุง OTR สูง ถุง MAP และถุงเจาะรูขนาดไมครอน พบการเกิดโรคเมื่อเก็บรักษานาน 30 33 36 และ 39 วัน ตามลำดับ

ค่าคะแนนความชอบโดยรวม

พริกหวานที่เก็บรักษาในถุงเจาะรูขนาดไมครอนมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและสามารถเก็บรักษาได้นานที่สุด 36 วัน โดยมีค่าคะแนน 7.08 คะแนน คือชอบเล็กน้อย (Figure 26) ในขณะที่พริกหวานเก็บในถุง MAP ถุง OTR สูง ถุง PP เจาะรู และพริกหวานไม่บรรจุถุงเก็บรักษาได้นาน 33 30 27 และ 24 วัน ตามลำดับ สาเหตุที่ทำให้ค่าคะแนนความชอบลดลงคือ พบการเกิดโรคที่บริเวณขั้วผล ส่วนพริกที่ไม่บรรจุถุง และบรรจุในถุง PP เจาะรู จะพบอาการผลเหี่ยว ย่น และมีอาการผลนิ่มร่วมด้วย

กรมวิชาการเกษตร

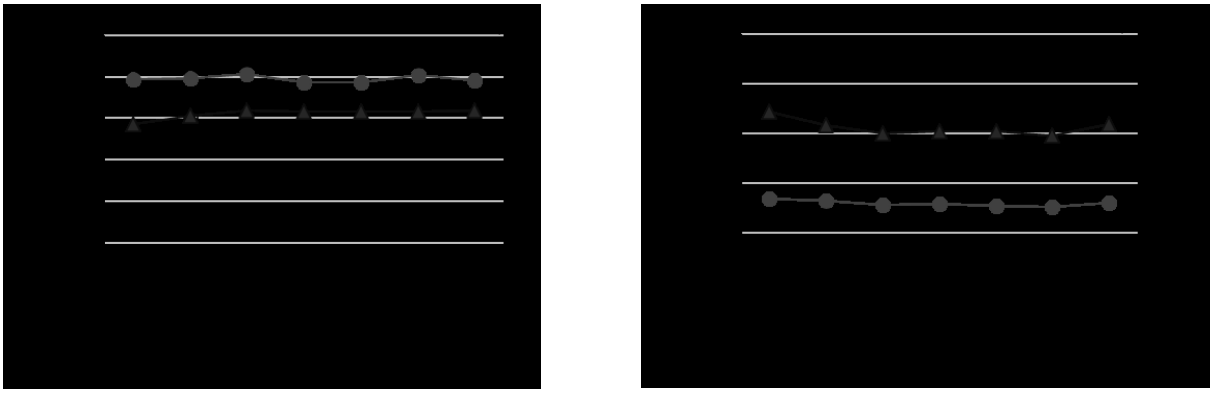

Figure 21 Oxygen (%) (A) and carbon dioxide (%) (B) in green sweet pepper packaging during stored at 10°C

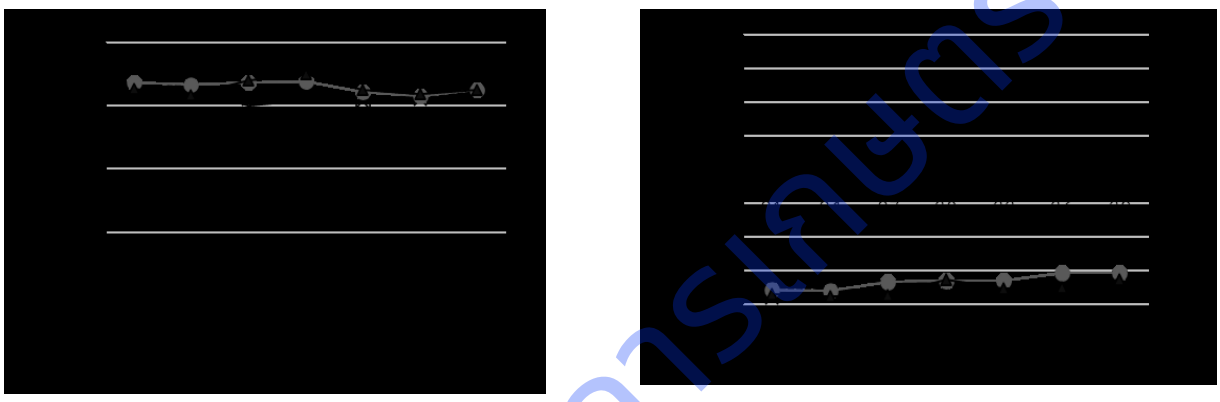

Figure 22 L value (A) and a* (B) of green sweet pepper during stored at 10°C

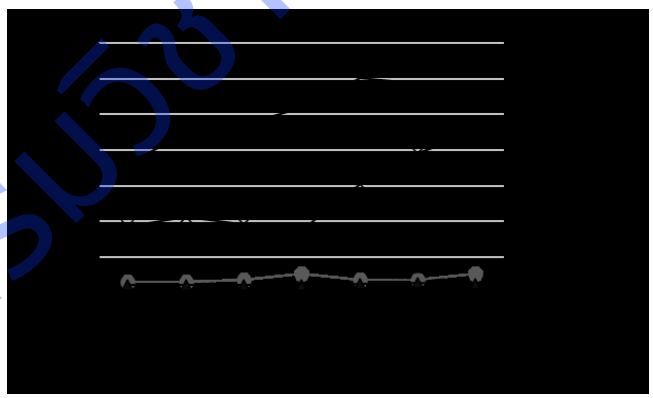

Figure 23 Weight loss (%) of green sweet pepper during stored at 10°C

กรมวิทยาศาสตร์

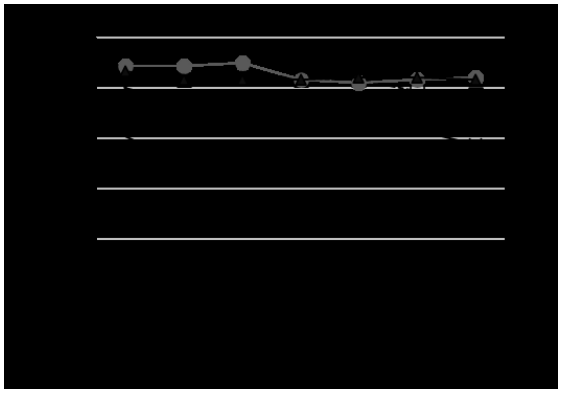

Figure 24 Freshness (scores) of green sweet pepper during stored at 10°C

(1= wilting very much, 3= freshness, 5= freshness very much)

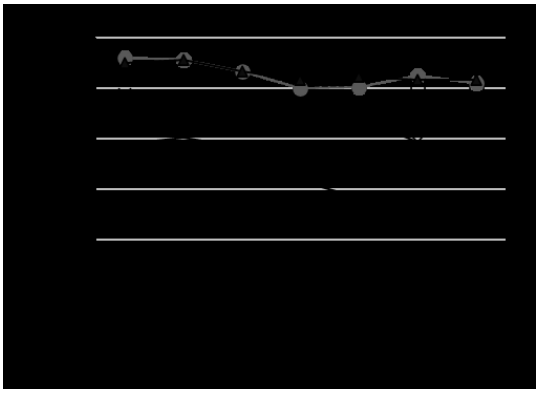

Figure 25 Softness (score) of green sweet pepper during stored at 10°C

(1= softness very much, 3= firmness, 5= firmness very much)

Figure 26 Overall preference (score) of green sweet pepper during stored at 10°C

(1= dislike extremely, 5= neither like nor dislike, 9= like extremely)

ศูนย์วิทยทรัพยากร

พริกหวานสีเหลือง

ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 39 วัน ปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในถุง PP เจาะรู มีค่าสูงที่สุดเท่ากับปริมาณออกซิเจนในอากาศเท่ากับ 20.60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในถุงเจาะรูขนาดไมครอน ถุง OTR สูง และถุง MAP มีปริมาณก๊าซออกซิเจน 18.74 16.90 และ 15.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 27A) สำหรับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง OTR สูง มีค่าสูงที่สุด 3.68 เปอร์เซ็นต์ ถุงเจาะรูขนาดไมครอน ถุง MAP และถุง PP เจาะรู มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2.15 1.73 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 27B)

การเปลี่ยนแปลงสีผล

เมื่อวัดค่า L value หรือค่าความสว่างของสีและค่า b* ที่บ่งบอกค่าสีน้ำเงิน-เหลือง พบว่า พริกหวานสีเหลืองที่บรรจุถุงทุกกรรมวิธีมีค่าความสว่างของสีไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีค่าสูงกว่าพริกหวานสีเหลืองที่ไม่บรรจุถุง (Figure 28A และ 28B)

การสูญเสียน้ำหนัก

การบรรจุพริกหวานสีเหลืองในถุงชนิดต่างๆ สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ โดยพริกหวานที่บรรจุในถุง MAP ถุงเจาะรูขนาดไมครอน และ ถุง OTR สูง มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 0.34 0.43 และ 0.29 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษานาน 39 วัน (Figure 29) ซึ่งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผลพริกหวานไม่แสดงอาการเหี่ยวส่วนบรรจุในถุง PP เจาะรู และไม่บรรจุถุงมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเท่ากัน 1.97 และ 4.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งผลพริกหวานแสดงอาการเหี่ยว โดยเฉพาะพริกหวานที่ไม่บรรจุถุงมีอาการเหี่ยวจากการสูญเสียน้ำอย่างชัดเจน

การให้ค่าคะแนน

การให้ค่าคะแนนความสดของพริกหวานสีเหลือง พบว่า เริ่มมีความแตกต่างเมื่อเก็บรักษานาน 24 วัน ที่จะพบได้ชัดเจนว่า พริกหวานที่บรรจุในถุง MAP ถุงเจาะรูขนาดไมครอน และถุง OTR สูง มีความสดมากกว่าโดยมีค่าคะแนนความสดเท่ากับ 4.50 คะแนน ในขณะที่พริกหวานที่บรรจุในถุง PP เจาะรู และ ไม่บรรจุถุง มีค่าคะแนน 3.83 และ 3.33 คะแนน ตามลำดับ (Figure 30) สำหรับความนิ่มนั้นของผล พบว่าพริกหวานสีเหลืองที่บรรจุในถุง MAP ถุงเจาะรูขนาดไมครอน และถุง OTR สูง มีความกรอบ เนื้อแน่นและผลไม่เหี่ยว โดยมีค่าคะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 3.83 3.67 และ 3.67 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่พริกหวานบรรจุในถุง PP เจาะรู และไม่บรรจุถุงมีค่าคะแนน 2.93 และ 2.00 คะแนน เมื่อเก็บรักษานาน 39 วัน (Figure 31) ซึ่งสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักที่พบว่า พริกหวานที่ไม่บรรจุถุงหรือบรรจุในถุง PP เจาะรู มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูง เช่นเดียวกับการทดลองของ Diaz-Perez *et al.* (2007) ที่พบว่า เมื่อผลพริกหวานมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ผลพริกหวานจะมีความแน่นเนื้อ (firmness) ลดลง

กรมวิชาการเกษตร

การเกิดโรค

พริกหวานทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นานขึ้น พบว่า มีเชื้อราเกิดขึ้นบริเวณขั้วผลโดยมีลักษณะเป็นเส้นใยบาง ๆ สำหรับพริกหวานที่บรรจุในถุง PP เจาะรู พบการเกิดโรคเมื่อเก็บรักษานาน 33 วัน ส่วนกรรมวิธีอื่นพบการเกิดโรคเมื่อเก็บรักษานาน 36 วัน แต่ไม่พบการเกิดโรคที่ผลของพริกหวาน

ค่าคะแนนความชอบโดยรวม

พริกหวานเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมลดลง สำหรับพริกหวานสีเหลืองที่บรรจุในถุง MAP ถุงเจาะรูขนาดไมครอน และ ถุง OTR สูง มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บรักษานานไม่เกิน 36 วัน (Figure 32 และ 33) หากเก็บนานขึ้นจะพบการเกิดโรคที่บริเวณขั้วของพริกหวานในปริมาณที่มากขึ้น ส่วนพริกหวานที่บรรจุในถุง PP เจาะรู และไม่บรรจุถุง เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บนานไม่เกิน 30 วัน หลังจากนั้นจะพบอาการเหี่ยวของผล และพบการเกิดโรค

กรมวิชาการเกษตร

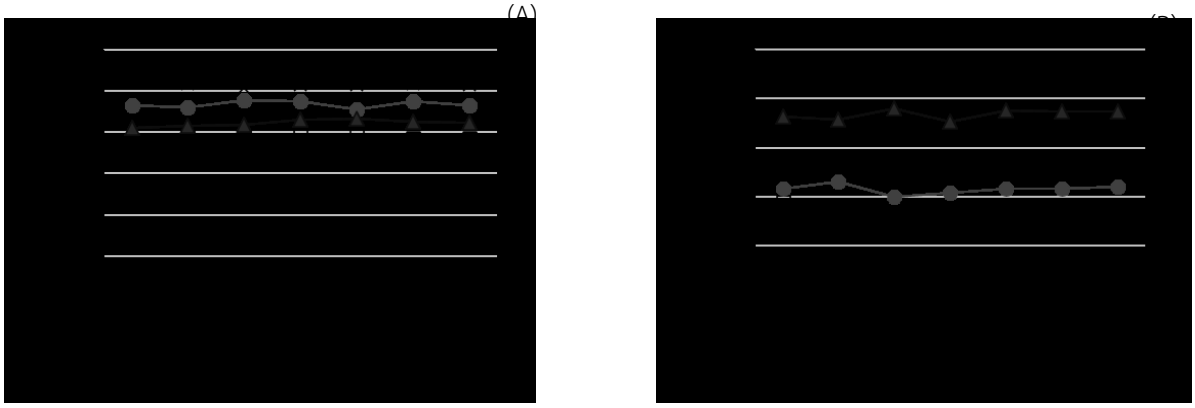

Figure 27 Oxygen (%) (A) and carbon dioxide (%) (B) in yellow sweet pepper packaging during stored at 10°C

Figure 28 L value (A) and b* (B) of yellow sweet pepper during stored at 10°C

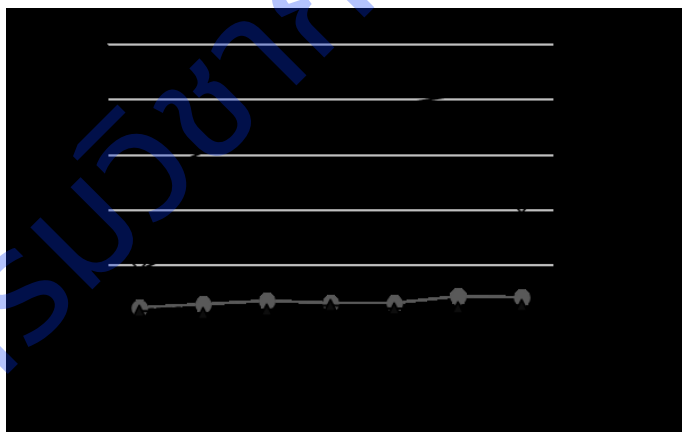

Figure 29 Weight loss (%) of yellow sweet pepper during stored at 10°C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

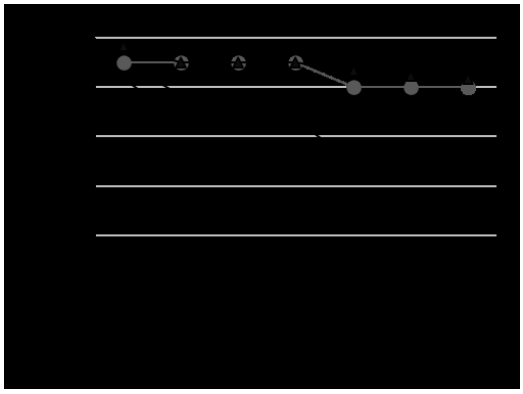

Figure 30 Freshness (scores) of yellow sweet pepper during stored at 10°C

(1= wilting very much, 3= freshness, 5= freshness very much)

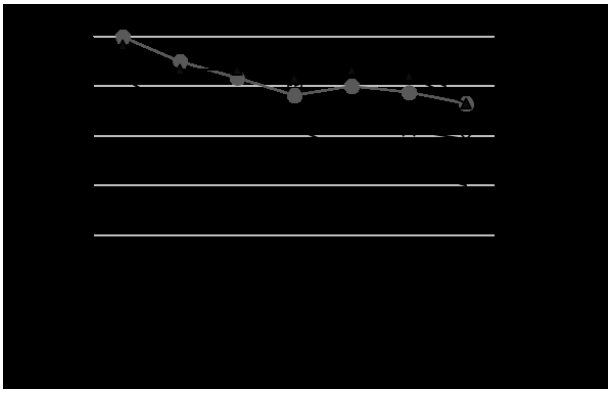

Figure 31 Softness (score) of yellow sweet pepper during stored at 10°C

(1= softness very much, 3= firmness, 5= firmness very much)

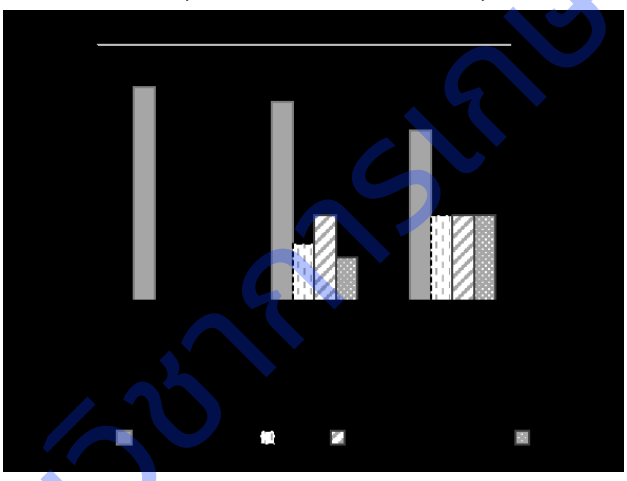

Figure 32 Pedicel disease (score) of yellow sweet pepper during stored at 10°C

(1= non disease, 2= disease)

กรมวิชาการเกษตร

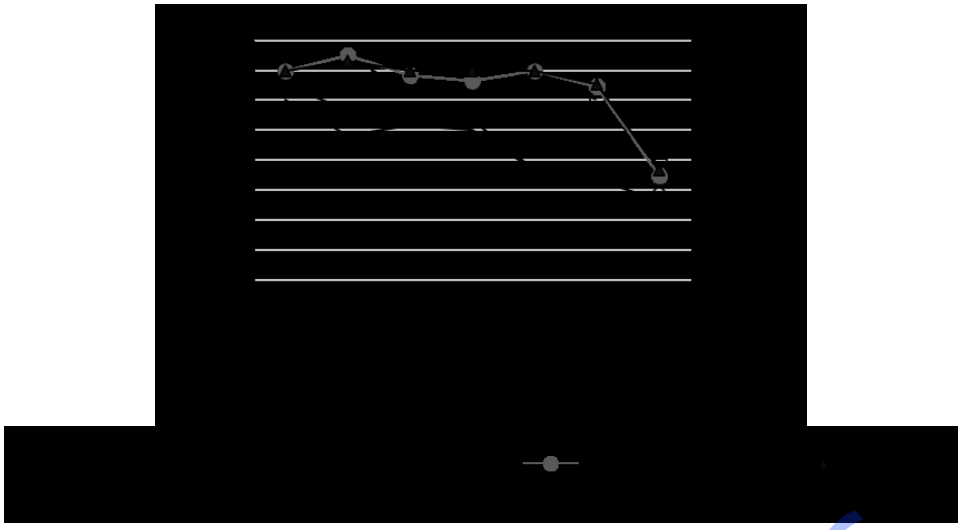

Figure 33 Overall preference (score) of yellow sweet pepper during stored at 10°C (1= dislike extremely, 5= neither like nor dislike, 9= like extremely)

กรมวิชาการเกษตร

พริกหวานสีแดง

ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์

ทุกกรรมวิธีมีปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ค่อนข้างที่ในระหว่างการเก็บรักษา โดยภายในถุง PP เจาะรู มีปริมาณก๊าซออกซิเจนสูงที่สุดเทียบเท่ากับสภาพบรรยากาศภายนอก เนื่องจากถุงมีการเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนาน 8 รู ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างภายในและภายนอกถุง โดยมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 20.13 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ถุงเจาะขนาดไมครอน ถุง OTR สูง และถุง MAP มีปริมาณก๊าซออกซิเจน 19.25 18.00 และ 15.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 34A) สำหรับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่า ถุง OTR สูง มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์สูงที่สุดระหว่างการเก็บรักษา เท่ากับ 2.80 เปอร์เซ็นต์รองลงมา คือ ถุงเจาะรูขนาดไมครอน และถุง MAP เท่ากับ 1.51 และ 1.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนถุง PP เจาะรู มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.20 เปอร์เซ็นต์ (Figure 34B)

การเปลี่ยนแปลงสีผล

การวัดการเปลี่ยนแปลงสีผลของพริกหวานสีแดงโดยค่าความสว่างของสี พบว่า พริกหวานที่บรรจุถุงทุกกรรมวิธีมีค่าความสว่างของของสีสูงกว่าพริกหวานที่ไม่บรรจุถุง (Figure 35A) ส่วนค่า a* ที่บอกค่าความเป็นสีเขียว-สีแดง ก็เช่นเดียวกันที่มีแนวโน้มว่า พริกหวานที่บรรจุในถุงทุกกรรมวิธีมีค่า a* หรือมีความเป็นสีแดงมากกว่าพริกหวานที่ไม่บรรจุถุง (Figure 35B) โดยพริกหวานสีแดงที่บรรจุในถุง MAP มีค่า a* สูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากับ 31.39

การสูญเสียน้ำหนัก

การบรรจุพริกหวานในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ สามารถลดการการสูญเสียน้ำหนักของพริกหวานได้ โดยพริกหวานที่บรรจุในถุง MAP ถุงเจาะรูขนาดไมครอน และ ถุง OTR สูง สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีการสูญเสียน้ำหนัก 0.36 0.37 และ 0.23 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่พริกหวานที่ไม่บรรจุถุงมีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด 4.53 เปอร์เซ็นต์ และพริกหวานแสดงอาการเหี่ยวขณะเก็บรักษา (Figure 36)

การให้ค่าคะแนน

พริกหวานเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่าคะแนนความสดของผลลดลง สำหรับพริกหวานสีแดงที่บรรจุในถุง MAP ถุงเจาะรูขนาดไมครอน และถุง OTR สูง มีค่าคะแนนความสดลดลงเหี่ยวเล็กน้อย เมื่อเก็บรักษานาน 39 วัน มีค่าคะแนนความสด 4.10 4.33 และ 4.33 คะแนน ซึ่งหมายถึงสดปานกลาง (Figure 37) ในขณะที่พริกหวานที่ไม่บรรจุถุง และบรรจุในถุง PP เจาะรู มีค่าคะแนน 2.33 และ 8.83 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งผลพริกแสดงอาการเหี่ยว โดยเฉพาะในพริกหวานสีแดงที่ไม่บรรจุถุง สำหรับการให้ค่าคะแนนความนิ่มของผลพริกหวาน มีความสอดคล้องกับการให้ค่าคะแนนความสด โดยพริกหวานที่บรรจุในถุง MAP ถุงเจาะรูขนาดไมครอน และถุง OTR สูง ลักษณะผลยังมีความแน่นเนื้อที่ดี มีความกรอบ ผลไม่นิ่ม โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษา 4.25 4.30 และ 4.49 คะแนน ในขณะที่พริกหวานที่ไม่บรรจุถุงผลจะแสดงอาการเหี่ยว และผลนิ่ม โดยมีค่าคะแนน 2.83 คะแนน (Figure 38)

กรมวิชาการเกษตร

การเกิดโรค

ทุกกรรมวิธีพบการเกิดโรคเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 39 วัน โดยพบเชื้อราบริเวณขั้วผลของพริกหวานแต่ไม่พบการเกิดโรคบริเวณผลของพริกหวาน

ค่าคะแนนความชอบโดยรวม

พริกหวานทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษานานขึ้นมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมลดลง โดยพริกหวานสีแดงที่บรรจุในถุง MAP ถุงเจาะรูขนาดไมครอน และถุง OTR สูง มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บรักษานานไม่เกิน 36 วัน (Figure 39 และ 40) หากเก็บนานขึ้นจะพบการเกิดโรคมากขึ้นจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนพริกหวานสีแดงบรรจุในถุง PP เจาะรู และไม่บรรจุถุง เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บรักษานานไม่เกิน 33 และ 30 วัน ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อเก็บรักษานานขึ้นผลพริกหวานแสดงอาการผลเหี่ยวและนิ่ม

กรมวิชาการเกษตร

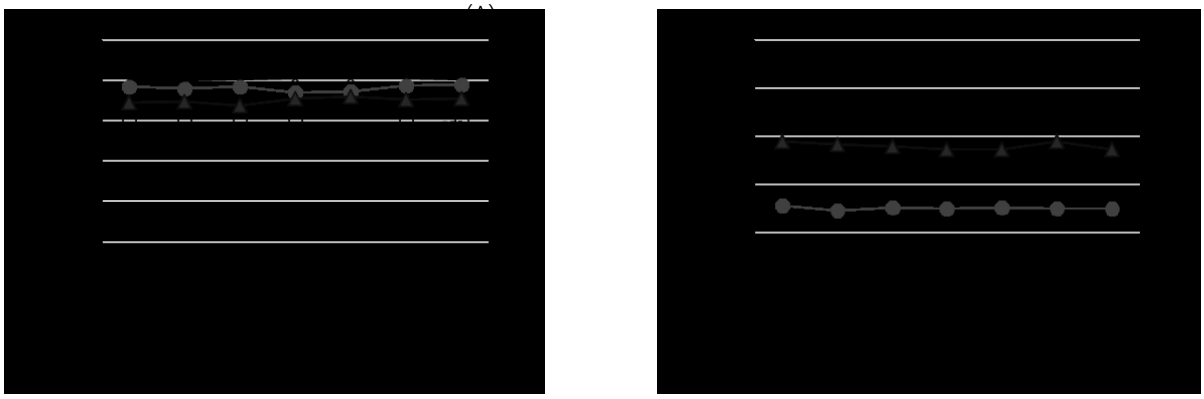

Figure 34 Oxygen (%) (A) and carbon dioxide (%) (B) in red sweet pepper packaging during stored at 10°C

Figure 35 L value (A) and a* (B) of red sweet pepper during stored at 10°C

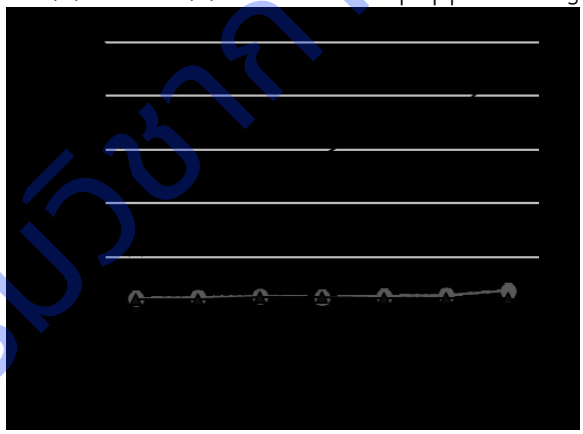

Figure 36 Weight loss (%) of red sweet pepper during stored at 10°C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

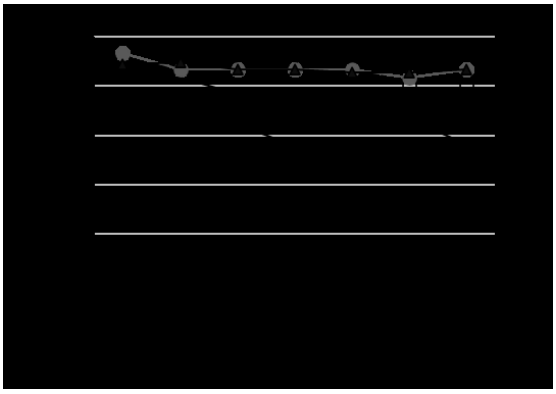

Figure 37 Freshness (scores) of red sweet pepper during stored at 10°C
(1= wilting very much, 3= freshness, 5= freshness very much)

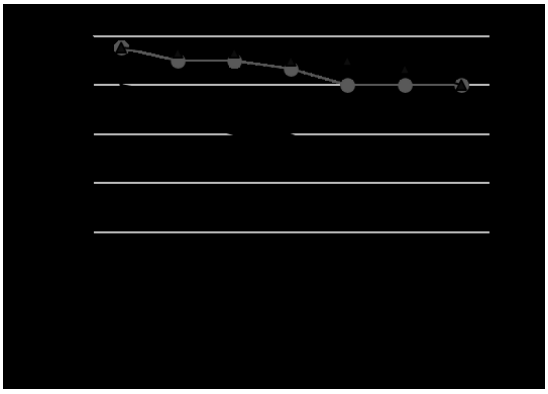

Figure 38 Softness (score) of red sweet pepper during stored at 10°C
(1= softness very much, 3= firmness, 5= firmness very much)

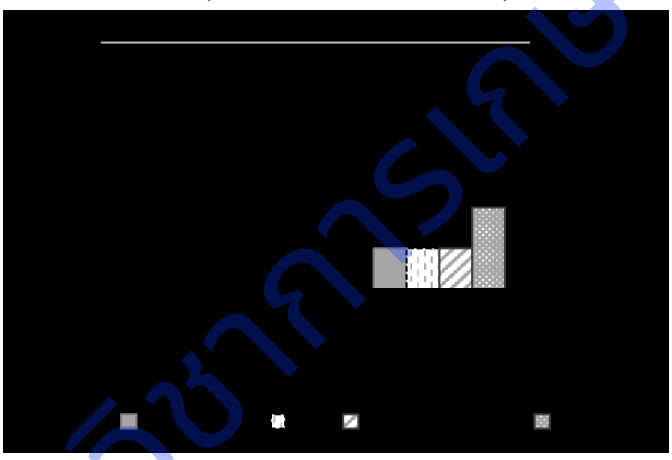

Figure 39 Pedicel disease (score) of red sweet pepper during stored at 10°C
(1= non disease, 2= disease)

กรมวิชาการเกษตร

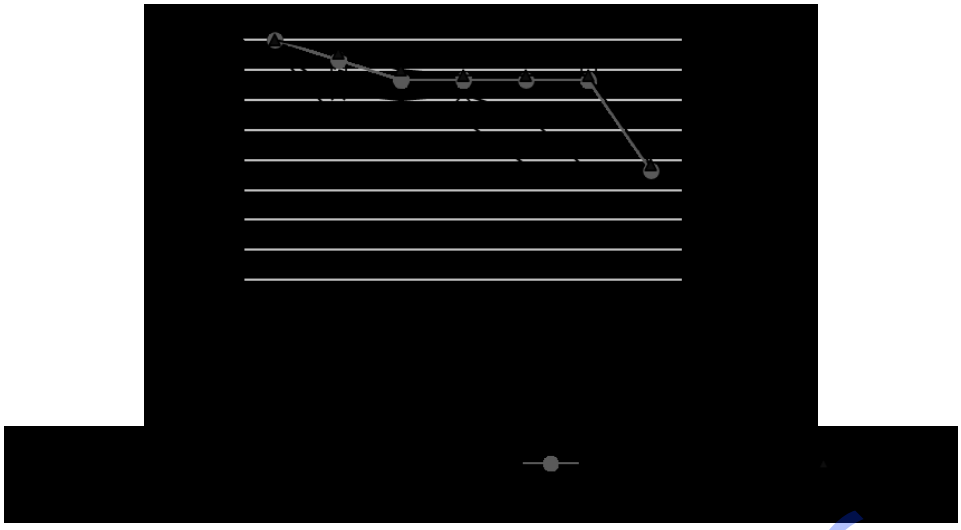

Figure 40 Overall preference (score) of red sweet pepper during stored at 10°C (1= dislike extremely, 5= neither like nor dislike, 9= like extremely)

กรมวิชาการเกษตร

2. การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาสมสำหรับมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

ทดสอบบรรจุภัณฑ์สำหรับมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิว ขนาดบรรจุ 2 กิโลกรัม จำนวน 4 กรรมวิธี คือ 1) บรรจุในตะกร้าพลาสติก 2) ตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP 3) กล่องกระดาษลูกฟูก และ 4) กล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพันธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ นาน 24 วัน ผลการทดลองเป็นดังนี้

ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ตะกร้าพลาสติกบุด้วยถุง MAP และกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP มีปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ตะกร้าและกล่องกระดาษลูกฟูก (Figure 41A) ในขณะเดียวกันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ตะกร้าบุด้วยถุง MAP และกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP มีปริมาณสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ตะกร้าและกล่องกระดาษลูกฟูก (Figure 41B) ทั้งนี้เนื่องจากการบรรจุในตะกร้าพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกมีช่องเปิดที่สามารถให้อากาศถ่ายเทได้ ปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์จึงไม่ต่างกับสภาพอากาศภายนอก

การสูญเสียน้ำหนัก

มังคุดที่บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด 2.81 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ มังคุดที่บรรจุในตะกร้าพลาสติก 2.54 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมังคุดที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกบุด้วยถุง MAP และกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 0.67 และ 0.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 42)

การเกิดโรค

สำหรับการเกิดโรคของมังคุดก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเก็บรักษา การวางจำหน่ายและความชอบของผู้บริโภค พบว่า มังคุดเมื่อเก็บรักษามีการเกิดโรคที่บริเวณขั้วผล โดยมีลักษณะเป็นเส้นใยบาง ๆ และเมื่อเก็บนานขึ้นจะพบโรคที่ผลมังคุดร่วมด้วย โดยเฉพาะมังคุดที่บรรจุในถุงจะพบการเกิดโรคได้เร็ว เนื่องจากภายในถุงมีการสะสมความชื้นอยู่สูงจึงเหมาะที่จะทำให้เกิดโรคได้ง่าย โดยมังคุดที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกบุด้วยถุง MAP และกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP พบการเกิดโรคเมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน ส่วนกรรมวิธีอื่น ๆ พบการเกิดโรคเมื่อเก็บรักษานาน 18 วัน (Figure 43)

คุณภาพของมังคุด

มังคุดเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะมีคุณภาพลดลงซึ่งสามารถดูได้จากลักษณะปรากฏภายนอกเช่น การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและกลีบเลี้ยง หรืออาการแข็งของเปลือกมังคุด และคุณภาพของเนื้อมังคุด จากการทดลองพบว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นมังคุดมีเปอร์เซ็นต์เนื้อดีที่สามารถรับประทานได้ลดลง โดยเมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน มังคุดที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีมังคุดที่สามารถรับประทานได้ 80 เปอร์เซ็นต์ (Figure 44) ในขณะที่มังคุดบรรจุในตะกร้าพลาสติกบุด้วยถุง MAP กล่องกระดาษลูกฟูก และกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP มีผลมังคุดที่สามารถรับประทานได้ 75.0 75.5 และ 55.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สาเหตุของความเสียหายของเนื้อมังคุดมาจากมังคุดเปลือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาส่งผลทำให้เนื้อของมังคุดเน่าเสีย

กรมวิชาการเกษตร

คุณภาพทางเคมี

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมังคุดทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าระหว่าง 15.97-16.64 เปอร์เซ็นต์ (Figure 45A) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าระหว่าง 0.79-0.81 เปอร์เซ็นต์ (Figure 45B) ซึ่งมังคุดภายหลังการเก็บเกี่ยวมีระดับความหวานเปลี่ยนแปลงไม่เด่นชัดเหมือนผลไม้กลุ่ม climacteric fruit ทั่วไป เนื่องจากมังคุดสะสมอาหารไว้ในรูปกรดแทนที่จะเป็นแป้ง ดังนั้น การสลายตัวของอาหารสะสมเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาลจึงเกิดขึ้นน้อย ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ค่อนข้างคงที่ ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในน้ำคั้นจะลดลงน้อยมากเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากกรดที่มีอยู่ถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจ (Candlish *et al*., 1987)

การยอมรับของผู้บริโภค

เมื่อเก็บรักษามังคุดนานขึ้นทุกกรรมวิธีมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมลดลง โดยมังคุดที่เก็บรักษาในตะกร้าพลาสติกมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บรักษานานไม่เกิน 21 วัน (Figure 46) ส่วนมังคุดที่เก็บรักษาในตะกร้าพลาสติกบุด้วยถุง MAP กล่องกระดาษลูกฟูก และกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บรักษานานไม่เกิน 18 18 และ 15 วัน ตามลำดับ หากเก็บรักษานานขึ้นผลมังคุดจะมีอาการเปลือกแข็ง เกิดเชื้อราที่ขั้วและผล และเนื้อของมังคุดเน่าเสียไม่สามารถรับประทานได้

กรมวิชาการเกษตร

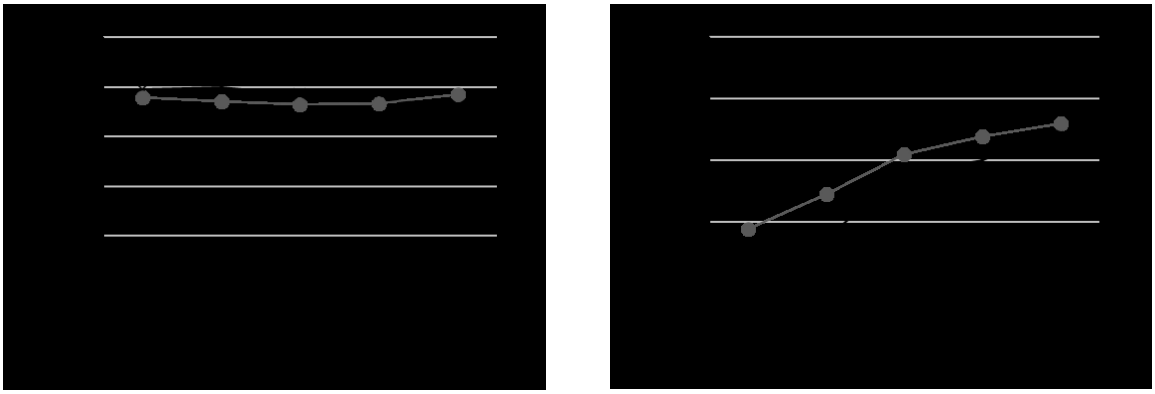

Figure 41 Oxygen (%) (A) and carbon dioxide (%) (B) in mangosteen fruits packaging during stored at 13°C

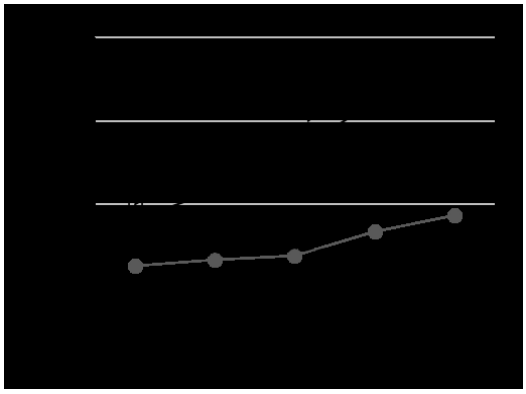

Figure 42 Weight loss (%) of mangosteen fruits during stored at 13°C

Figure 43 Disease score (1-2) of mangosteen fruits during stored at 13°C (1= non disease, 2= disease)

กรมวิชาการเกษตร

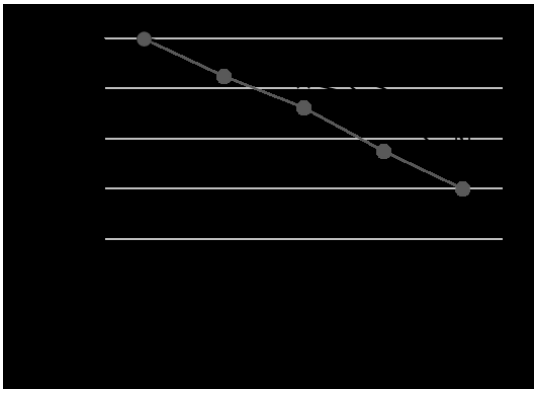

Figure 44 Acceptable eating quality fruit (%) of mangosteen fruits during stored at 13°C

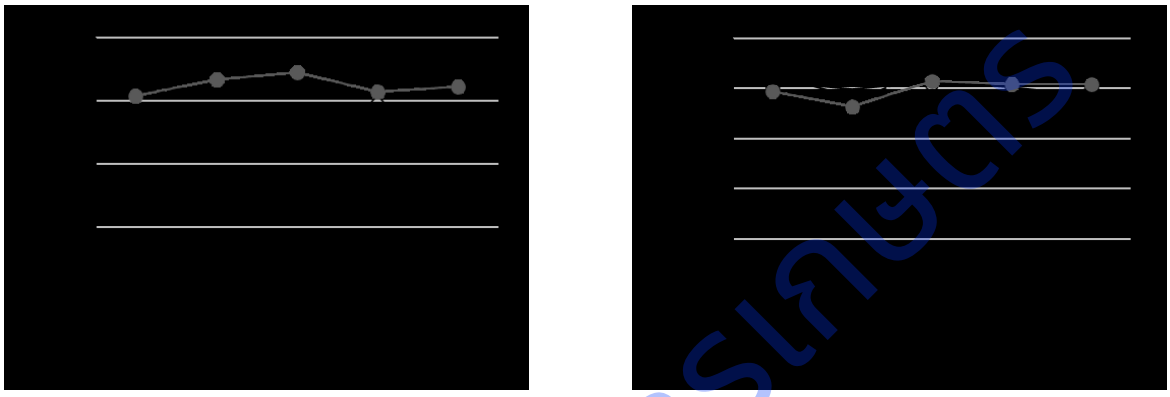

Figure 45 Total soluble solids (%) (A) and titratable acidity (%) (B) of mangosteen fruits during stored at 13°C

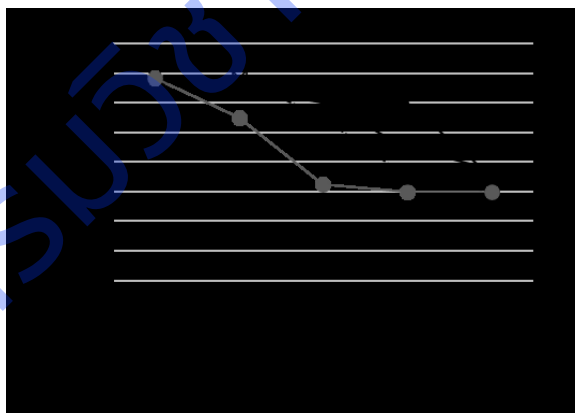

Figure 46 Overall preference scores (1-9) of mangosteen fruits during stored at 13°C (1= dislike extremely, 5= neither like nor dislike, 9= like extremely)

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

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

กาญจนา สุทธิกุล. 2548. การพัฒนาเทคโนโลยีฟิล์มบรรจุภัณฑ์แอกทีฟสำหรับยืดอายุผักผลไม้สดของไทย. เคหการเกษตร. 29(11): 105-108.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ชฎาภรณ์ เชยชัยภูมิ รำไพ นามพิลา และสังคม เตชะวงค์เสถียร. 2561. ผลของสารเคลือบผิวคาร์นูบาและอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทองดีและมณีอีสานในระหว่างการเก็บรักษา. *ว.วิทย.กษ.* 49: 1 (พิเศษ): 342-346.

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

บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์. 2559. สาระน่ารู้ : ยืดอายุผักผลไม้สดด้วยบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ. https://www.mtec.or.th/academic-services/mtec-knowledge/1389-. (15 ตุลาคม 2560).

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

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

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

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

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

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

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.

กรมวิชาการเกษตร

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.

Diaz-Perez, J.C., M.D. Muy-Rangel and A.G. Mascorro. 2007. Fruit size and stage of ripeness affect postharvest water loss in bell pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *J. Sci. Food Agric.* 87: 68-73.

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

Exama, A., J. Arul, R.W. Lencki, L.Z. Lee, and C. Toupin. 1993. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *J. Food Sci.* 58(6): 1365-1370.

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

Hagenmaier, R.D. and R.A. Baker. 1994. Wax microemulsions and Emulsions as Citus Coatings. *J. Agric. Food chem.* 42: 899-902.

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.

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

Otma, E.C. 1989. Controlled atmosphere storage and film wrapping of red bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *ActaHort.* 258: 515–521.

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.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1. พารามิเตอร์สำหรับการเจาะรูฟิล์ม OPP และLDPE ความหนา 30 ไมครอน คือความเร็วสแกน 1,000 และ 500 มิลลิเมตร/วินาที ตามลำดับ กำลังเลเซอร์ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หากต้องการฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 10,000-15,000 และ 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเจาะรูฟิล์ม OPP ด้วยพารามิเตอร์ดังกล่าว จำนวน 7 12 และ 16 รู/ถุง ขนาด 20x28 เซนติเมตร ตามลำดับ และฟิล์ม LDPE เจาะรูด้วยพารามิเตอร์ดังกล่าว จำนวน 4 15 และ 22 รู/ถุงขนาด 20x28 เซนติเมตร ตามลำดับ

2. การใช้ถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในการเก็บรักษาผัก

- ผักสลัดบัตเตอร์เฮด บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 100 หรือ 200 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้นาน 21 วัน

- ถั่วฝักยาว บรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 150 หรือ 300 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้นาน 15 วัน

- ผักชี บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 16x35 หรือ 28x39 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 50 หรือ 80 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้นาน 18 วัน

- ผักสลัดคอสเก็บรักษาในถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้นาน 21 วัน

3. การใช้ถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในการเก็บรักษาผลไม้

- มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสได้นาน 30 วัน เมื่อนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้องจะสุกในเวลา 3 วัน สำหรับถุงขนาด 20x28 เซนติเมตร ควรบรรจุผลมะม่วงจำนวน 1 ผล/ถุง

- เงาะโรงเรียน บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร บรรจุเงาะจำนวน 6-12 ผล สามารถเก็บรักษาได้นาน 10-12 วัน

- กล้วยไข่ บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ได้นาน 21 วัน

4. การใช้สารเคลือบผิวกับผลิตผลสด

- พริกหวานสีเขียวเคลือบผิวด้วย CMC ความเข้มข้น 1.0 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาได้นาน 24 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับพริกหวานที่ไม่เคลือบผิวที่เก็บรักษาได้นาน 18 วัน ส่วนพริกหวานสีแดง

กรมวิชาการเกษตร

และสีเหลืองพบว่า พริกหวานที่เคลือบผิวสามารถเก็บรักษาได้นาน 24 วัน ในขณะที่พริกหวานที่ไม่เคลือบผิวเก็บรักษาได้นาน 21 วัน

- มังคุดเคลือบผิวด้วยเชลแลคความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ คาร์นูบาความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ คาร์นูบาความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ผสมเชลแลคความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 8:2 และ 7:3 ช่วยช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 20 วัน โดยไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับมังคุดที่ไม่เคลือบผิวที่เก็บรักษาได้นาน 16 วัน

- ส้มโอเคลือบผิวด้วยคาร์นูบาความเข้มข้น 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ยืดอายุการเก็บรักษาส้มโอได้นาน 35 วัน สารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาส้มโอได้นาน 28 วัน ส่วนส้มโอที่ไม่เคลือบผิวสามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน

5. บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการใช้บรรจุผลิตผลที่เคลือบผิว คือ

- พริกหวาน บรรจุถุงดัดแปลงสภาพบรรยากาศ OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ถุงเจาะรูขนาดไมครอน OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และถุงดัดแปลงสภาพบรรยากาศ OTR สูง โดยสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก การเหี่ยวของผล และการเกิดโรคของพริกหวานได้ดี

- มังคุด (ขนาดบรรจุ 2 กิโลกรัม) บรรจุในตะกร้าพลาสติกที่มีช่องระบายอากาศรอบตะกร้า สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 21 วัน

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

คมจันทร์ สรงจันทร์ เบญจมาศ รัตนชินกร ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ และ ปรางค์ทอง กวานห้อง. 2550. การเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2550. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ และ เบญจมาศ รันตชินกร. 2553. ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2553. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ ปรางค์ทอง กวานห้อง และ คมจันทร์ สรงจันทร์. 2558ก. การพัฒนาสารเคลือบผิวชนิดไมโครอิมัลชัน (micro emulsion) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2558. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ ปรางค์ทอง กวานห้อง และ คมจันทร์ สรงจันทร์. 2558ข. การพัฒนาสารเคลือบผิวที่บริโภคได้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2558. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

กรมวิชาการเกษตร