รายงานแผนงานวิจัยย่อย

การลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร

Reducing Quality Loss on Quantity and Quality of Fresh Produce and Agricultural Products

ชื่อหัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
นายภาณุมาศ โคตรพงศ์
Mr. Panumas Kotepong

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

รายงานแผนงานวิจัยย่อย

การลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร

Reducing Quality Loss on Quantity and Quality of Fresh Produce and Agricultural Products

ชื่อหัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
นายภาณุมาศ โคตรพงศ์
Mr. Panumas Kotepong

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ (Foreword หรือ Preface)

การลดการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรของผลิตผลโดยการพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวมาประยุกต์ใช้ตั้งแต่แปลงปลูกจนกระทั่งถือมือผู้บริโภค ในแผนงานวิจัยย่อยนี้ ประกอบด้วย 4 โครงการวิจัย ได้แก่ โครงการวิจัยที่ 1 การลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้สด โดยทำการศึกษาผลของสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษากล้วยหอมทดสอบการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งโดยการใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากา ศและการใช้สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด การใช้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวที่ผ่านการอบไอน้ำตามมาตรการกักกันพืชเพื่อการส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น การพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผักและผลไม้เพื่อการส่งออก และการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพผลไม้ที่ผ่านการเคลือบผิว โครงการวิจัยที่ 2 การลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีปลอดภัย โดยศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาพริกขี้หนู ลดการปนเปื้อนของเชื้อราและโรคแอนแทรคโนส การควบคุมโรคผลเน่าของส้มด้วยวิธีที่ปลอดภัย ผลของวิธีการตากและเวลาการเก็บรักษาต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงหลังการเก็บเกี่ยว การใช้น้ำกระเทียมสดเพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อราและสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง และการพัฒนาวิธีตรวจสอบโอคราทอกซิน เอ แบบ strip test โดยเทคนิค Lateral Flow immunoassay เพื่อควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว ลดการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อรา ยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรและปลอดภัยต่อผู้บริโภค โครงการวิจัยที่ 3 โครงการลดความสูญเสียจากแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผล โดยศึกษาการใช้สารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การใช้ก๊าซไนโตรเจนในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง การใช้เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูในการกำจัดด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บ และการใช้สารสกัดจากพืชในการป้องกันกำจัดเพลี้ยแป้งทุเรียนบนผลทุเรียน เพื่อพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงเพื่อป้องกันและลดความสูญเสียให้กับผลผลิตเกษตร และเป็นทางเลือกให้กับเกษตรและผู้ประกอบการนำไปใช้เพื่อทดแทนสารฆ่าแมลง และโครงการวิจัยที่ 4 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงตั้งแต่แปลงปลูกจนถึงการส่งออกจากแปลงปลูกในพื้นที่ภาคกลาง ตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือด้วยตามคำแนะนำ ได้แก่ ระบบการจัดการผลิตที่ดี การให้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยว การลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง การจุ่มน้ำร้อน การใช้สารดูดซับเอทิลีนในระหว่างการขนส่ง เพื่อลดการสูญเสียคุณภาพมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีตามมาตรการกักกันพืชจากอาการเปลือกและเนื้อผลเป็นสีน้ำตาล การพัฒนาสีเปลือกช้า ฉ่ำน้ำ เกิดโรคแอนแทรคโนสและอายุการเก็บรักษาสั้น ที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้ส่งออกทำให้มะม่วงมีคุณภาพไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค อายุการเก็บรักษาสั้น

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยหวังว่าผลการศึกษาในแผนงานวิจัยย่อยนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกภาคส่วนตั้งแต่เกษตรกร ผู้ประกอบการ นักศึกษา และประชาชนผู้สนใจทั่วไป

นายภาณุมาศ โคตรพงศ์
หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
21 กุมภาพันธ์ 2565

ตัวอย่างการเขียน

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ..... 5
ผู้วิจัย 6
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ 8
บทนำ..... 9
บทคัดย่อ..... 13
1. ชื่อโครงการวิจัย 1 การลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้สด 16
2. ชื่อโครงการวิจัย 2 การลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีปลอดภัย 42
3. ชื่อโครงการวิจัย 3 การลดความสูญเสียจากแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลเกษตร 65
4. ชื่อโครงการวิจัย 4 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี 86
บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 97
บรรณานุกรม..... 99

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ได้มอบทุนอุดหนุนเพื่อทำการวิจัยในแผนงานวิจัยการลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร และได้รับความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยจากห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน ได้แก่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตเกษตร สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร สถาบันวิจัยพืชสวน สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 2 กองวิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) บริษัท แอ๊ดว้านซ์ซีดส์ จำกัด และบริษัท ศูนย์วิทยาศาสตร์เบทาโกร จำกัด และขอขอบคุณนักวิจัยในแผนงานวิจัยย่อยที่ดำเนินการวิจัยและจัดทำรายงานการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

ภาณุมาศ โคตรพงศ์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
คมจันทร์ สรงจันทร์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	หัวหน้าโครงการวิจัย
บุญญวดี จิระวุฒิ	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	หัวหน้าโครงการวิจัย
ดวงสมร สุทธิสุทธิ์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	หัวหน้าโครงการวิจัย
ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	หัวหน้าการทดลอง
ศุภรา อัคคะสาระกุล	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	หัวหน้าการทดลอง
สุพี วนศิรากุล	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	หัวหน้าการทดลอง
รังสิมา เก่งการพานิช	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
เนตรา สมบูรณ์แก้ว	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
ปรางค์ทอง กวานห้อง	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
ใจทิพย์ อุไรชื่น	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
ภาวินี หนูชนะภัย	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
งามพิศ สุดเสน่ห์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
รัตตา สุทธยาคม	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
อัจฉราพร ศรีจุดานุ	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
ศรุตา สิทธิไชยากุล	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน

กรมวิชาการเกษตร

ชมัยพร บัวมาศ	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
ปาริชาติ อยู่แพทย์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
พณัญญา พบสุข	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
รัตนาพร พงษ์มี	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
ปิยรัตน์ รุจิณรงค์	กองวิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช	ผู้ร่วมงาน
มัทนา วานิชย์	สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน	ผู้ร่วมงาน
ทิวาพร ผดุง	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	ผู้ร่วมงาน
สโรชา ถึงสุข	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2	ผู้ร่วมงาน

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

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

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ประกอบด้วย

1. ความสำคัญและที่มาของแผนงานวิจัยย่อย

ผลิตผลเกษตรมีอายุการเก็บรักษาสั้นและเสื่อมสภาพได้ง่าย เนื่องจากยังคงมีชีวิตทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การหายใจ การคายน้ำ และการผลิตเอทิลีนเกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวเหล่านี้ ทำให้ผลิตผลจำนวนมากสูญเสียคุณภาพในระหว่างการขนส่งและวางจำหน่าย เช่น เกิดการสูญเสียน้ำหนัก สูญเสียคุณค่าทางอาหาร อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรคหลังการเก็บเกี่ยว และเกิดการเน่าเสีย หากขาดการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังเป็นข้อจำกัดในการส่งออกผักและผลไม้ไปจำหน่ายยังต่างประเทศ

การใช้สารเคลือบและผลไม้มีบทบาทสำคัญในการช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำ ชะลอการเหี่ยวและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ทำให้ผลไม้มีลักษณะปรากฏที่ดีทำให้ผลิตผลมีความมันวาวดึงดูดใจผู้บริโภค และอีกวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว คือ การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ทำให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจลดลง ซึ่งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ อย่างไรก็ดีการพัฒนาเทคโนโลยีการเจาะรูฟิล์มด้วยเลเซอร์ เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้ในการพัฒนาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน โดยฟิล์มที่ได้มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซสูงกว่าฟิล์มทั่วไป นอกจากนี้ยังมีการใช้แคลเซียมและสารดูดซับเอทิลีนในการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ได้อีกด้วย

การผลิตพริกและส้มประสบปัญหาหลายประการ ขาดความรู้และวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว หากมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดี เช่น การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนสและเชื้อราที่ปนเปื้อนบนผลพริก การใช้วิธีทางกายภาพด้วยน้ำร้อนและรังสียูวีซีทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและการควบคุมโรคและเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยวได้ นอกจากนี้ยังพบสารแอฟลาทอกซินเป็นสารพิษในผลิตผลเกษตร ได้แก่ ถั่วลิสง พริกแห้ง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น สารแอฟลาทอกซินที่พบตามธรรมชาติและมีความเป็นพิษสูง คือ B1 เกิดจากเชื้อรา Aspergillus flavus ดังนั้นขั้นตอนการเก็บเกี่ยวจนถึงหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีจะช่วยลดการปนเปื้อนของเชื้อราและปริมาณสารพิษจากเชื้อราได้ ตลอดจนการศึกษาวิธีการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนสารพิษจากเชื้อราแบบรวดเร็วถือเป็นมาตรการหนึ่งที่แก้ไขปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษในผลิตผลเกษตร

การใช้สารสกัดจากธรรมชาติจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งสามารถทดแทนการใช้สารฆ่าแมลง เนื่องจากประเทศไทยมีความหลากหลายของพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการกำจัดแมลงมาก สารสกัดจากพืช (plant extract) และน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ที่ได้จากพืช เป็นแนวทางสำหรับนำมาปรับใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บที่ติดไปกับผลิตผลเกษตรในโรงเก็บ และเพลี้ยแป้งที่ติดไปกับผลไม้สำคัญ เช่น ทุเรียนเพื่อการส่งออกได้

การส่งออกผลผลิตเกษตรไปจำหน่ายยังประเทศสหรัฐอเมริกา สหรัฐอเมริกา แคนาดา ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และสหภาพยุโรป จำเป็นต้องฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีไม่ต่ำกว่า 400 เกรย์เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชก่อนการส่งออก แต่เกิดผลกระทบต่อคุณภาพผลผลิตในระหว่างการขนส่งหลายประการ เช่น การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวผล ฉ่ำน้ำ อายุการเก็บรักษาสั้น เน่าเสียง่าย เป็นต้น ทำให้ประเทศไทยจึงสูญเสียรายได้จากการส่งออกผลิตผลเกษตรไปจำหน่ายยังประเทศที่มีมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสี ดังนั้นต้องมีการจัดการระบบการผลิตตั้งแต่ในแปลงปลูกจนกระทั่งถึงกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีสามารถช่วยลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลผลิตและผลิตภัณฑ์เกษตรจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภคได้

2. วัตถุประสงค์

กรมวิชาการเกษตร

2.1 พัฒนาเทคโนโลยีการยืดอายุและบรรจุภัณฑ์ผลิตผลเกษตรเพื่อการส่งออก

2.2 เพื่อควบคุมโรคและและพัฒนาชุดตรวจสอบโอคราทอกซิน เอ ในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว

2.3 เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการใช้สารฆ่าแมลง สารรมและ การใช้น้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากพืช

2.4 เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตรจากมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสี

3. วิธีการวิจัย

แผนงานวิจัยย่อยนี้ทำการทดลองครอบคลุมถึงการทดสอบการเก็บรักษาผลิตผลสดโดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน โดยทดสอบกับผลิตผลที่เป็นตัวแทนของกลุ่มพืชที่มีอัตราการหายใจระดับต่าง ๆ เพื่อให้ได้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่เหมาะสมสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดที่มีอัตราการหายใจในแต่ละระดับ แล้วนำไปทดสอบกับพืชชนิดอื่นที่อยู่ในกลุ่มที่มีการหายใจอยู่ในระดับเดียวกัน ตลอดจนทดสอบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ถุง หรือฟิล์มใสปิดถาดพลาสติก ศึกษาถึงบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตผลที่ผ่านการเคลือบผิว โดยทำการวิจัยและพัฒนาสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ทั้งชนิดและความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อผักและผลไม้ ตลอดจนศึกษาวิธีการบรรจุ และชนิดของบรรจุภัณฑ์เพื่อให้เหมาะสมต่อผลิตผลแต่ละชนิดที่ผ่านการเคลือบผิว นอกจากนี้ยังศึกษาการใช้เทคนิคการเก็บรักษาผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนและสารยับยั้งเอทิลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพให้ได้นานและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ตลอดจนการทดสอบเทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกตลอดจนการใช้เทคโนโลยีหลังการเกี่ยวแบบผสมผสานเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตร

ดำเนินการวิจัยวิธีการยืดอายุการเก็บรักษา และควบคุมโรค ลดการปนเปื้อนของเชื้อราบนผลพริกขี้หนูและผลส้ม ด้วยวิธีการปลอดภัย เช่น สารกลุ่มปลอดภัย วิธีทางกายภาพ เช่น การใช้ความร้อน รังสียูวีซี การใช้บรรจุภัณฑ์ นำวิธีต่างๆ มาผสมผสานกัน รวมถึงศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีในการควบคุมเชื้อราและสารพิษในถั่วลิสง วิธีปฏิบัติที่ดีหลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง เช่น วิธีการตากและกะเทาะฝักเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อรา การลดสารแอฟลาทอกซินในพริกแห้ง โดยใช้สารสกัดจากพืช และการพัฒนาชุดตรวจสอบสารพิษโอคราทอกซินด้วยวิธี Lateral Flow Strip Test เพื่อใช้คัดกรองผลิตผลเกษตรเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค

ศึกษาการใช้สารฆ่าแมลงด้วยวิธีคลุกเมล็ด และการใช้สารรมในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ รวมทั้งการพัฒนาการใช้น้ำมันหอมระเหยในการนำไปใช้ควบคุมและกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียว และการใช้สารสกัดสมุนไพรในการควบคุมเพลี้ยแป้งในทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว

ศึกษาเทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลเกษตรในการลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตร ได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง แก้วมังกร และกล้วยไม้ โดยมีการจัดการคุณภาพผลิตผลเกษตรที่เหมาะสมตั้งแต่แปลงปลูกจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค ได้แก่ การใช้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยว การจัดการอุณหภูมิที่เหมาะสม และการใช้สารดูดซับเอทิลีน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีการลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตรที่ผ่านการฉายรังสีเพื่อการส่งออก

กรมวิชาการเกษตร

ภาพรวมของแผนงานวิจัยย่อย

ประเด็นปัญหา	1. การสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวทำให้มีอายุการเก็บรักษาและอายุการวางจำหน่ายสั้น 2. การเกิดโรคและแมลงศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยว 3. การสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตรจากมาตรการกักกันพืชก่อนการส่งออก
เป้าหมาย	เพื่อลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร
แนวทาง	นำเทคโนโลยีการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเป็นนวัตกรรมในการลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตร
การดำเนินการ	1. ศึกษาเทคโนโลยีการจัดการคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลเกษตรตั้งแต่ในแปลงปลูก การจัดการโรคและแมลงหลังการเก็บเกี่ยว การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ในการเก็บรักษา การพัฒนาสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์ตลอดจนการทดสอบเทคโนโลยีการจัดการคุณภาพผลิตผลเกษตรที่ต้องผ่านการฉายรังสี 2. ศึกษาวิธีการควบคุมหรือลดการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตร โดยวิธีทางกายภาพ การใช้สารกลุ่มปลอดภัย และการเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม รวมถึงการตรวจสอบการปนเปื้อนสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตร 3. ศึกษาประสิทธิภาพอัตราการใช้ และระยะเวลาที่เหมาะสมของสารฆ่าแมลงสารรม น้ำมันหอมระเหยและสารสกัดต่อการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวและแมลงศัตรูผลไม้
ผลผลิต	เพื่อให้ได้เทคโนโลยีการลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวเนื่องจากการเสื่อมคุณภาพ การเข้าลายของโรค และแมลงศัตรูพืชสร้างความเสียหายให้แก่เกษตรกร และผู้ประกอบการ การนำเทคโนโลยีการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเป็นนวัตกรรมในการลดการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรของผลิตผล ประกอบด้วย 4 โครงการวิจัย ได้แก่ โครงการวิจัยที่ 1 การลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้สด วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการยืดอายุและบรรจุภัณฑ์ผลิตผลเกษตรเพื่อการส่งออก โดยการใช้สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวและผลกลุ่มได้ การเก็บรักษามังคุดในบรรจุภัณฑ์ MAP ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนสามารถยืดอายุมังคุดในระหว่างการขนส่งได้ การฉีดพ่น 0.5% CaB ทางใบแก่มะม่วงในช่วงพัฒนาผลก่อนนำไปอบไอน้ำตามมาตรการกักกันพืชเพื่อส่งไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น สามารถลดการสูญเสียคุณภาพ และการเกิดโรคในมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวได้ การบรรจุผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอส ในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนหรือใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$. การเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนด้วยการใส่ถาดพลาสติกหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$. สามารถรักษาความสด และชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ การเก็บรักษาเงาะด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน หรือบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$. การบรรจุมังคุดบนถาดหุ้มด้วยฟิล์ม PVC หรือบรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000 – 20,000 $cm^3/m^2/d$. การเคลือบผิวส้มโอด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ การบรรจุส้มโอเคลือบผิวในกล่องกระดาษลูกฟูกหรือกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$. การบรรจุมังคุด 8 กิโลกรัม ในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$. กล่องกระดาษลูกฟูก และกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP สามารถชะลอการสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ โครงการวิจัยที่ 2 การลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว วัตถุประสงค์เพื่อควบคุมโรคและและพัฒนาชุดตรวจสอบโอคราทอกซิน เอ ในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว โดยนำผลพริกจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที บรรจุในถาดพลาสติก PP หุ้มด้วยฟิล์ม PE หรือจุ่มต่อใน $CaCl_2$ 1.5 % บรรจุในถุงพลาสติก PP เก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส การแช่ผลส้มในน้ำร้อน 55°c นาน 3 นาที จากนั้น แช่กรดซาลิไซลิก 0.1% นาน 5 นาที หรือแช่ $NaHCO_3$ 3% นาน 5 นาที สามารถควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว และยืดอายุการเก็บรักษาได้ การลดการเกิดโรคของถั่วลิสง ทำได้ด้วยการมิให้ถั่วลิสงสัมผัสพื้นดินในขณะที่ตาก การลดความชื้นอย่างรวดเร็ว และระวังการเข้าวางไข่ของแมลงศัตรูโรงเก็บ รวมถึงการเก็บในที่โล่งระบายอากาศได้ดี ส่วนการลดการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งทำได้ด้วยการใช้น้ำคั้นกระเทียมสดก่อนการเก็บรักษา โครงการวิจัยที่ 3 การลดความสูญเสียของแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการใช้สารฆ่าแมลง สารรมและการใช้น้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากพืช โดยการใช้สารฆ่าแมลง pirimiphos-methyl 20 ppm, imidacloprid (เซียน่า 25%WG) 3.5 กรัม, thiamethoxam (ครุยเซอร์ 35%W/V FS) 2.5 มล. และ imidacloprid (ซีบราคัท 70%WG) 0.1 กรัม สามารถกำจัดแมงศัตรูของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของข้าวโพด การใช้ก๊าซไนโตรเจน 99.5% นาน 9 และ 3 วัน สามารถกำจัดด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้งในข้าวสาร 1 ตัน ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต การใช้เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลู 100 และ 200 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวสามารถป้องกันและกำจัดด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บ โดยไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอก การฉีดพ่นสารสกัดจากใบหูเสือ 0.5% ผสม Sodium lauryl sulfate (SLS) 1.25% อัตราส่วน 1:2 ปริมาณ 30 ml./ผล สามารถกำจัดเพลี้ยแป้ง (ตัวอ่อนวัยที่ 3) โดยไม่มีผลต่อคุณภาพของผลทุเรียน โครงการวิจัยที่ 4 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตรจากมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสี โดยการให้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยว

กรมวิชาการเกษตร

ร่วมกับการลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง การจุ่มน้ำร้อน การใช้สารดูดซับเอทิลีนในระหว่างการขนส่ง สามารถลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านวิธีการฉายรังสีได้

Abstracts

Postharvest losses due to quality loss, plant disease and stored-product insects damage farmers and entrepreneurs. The application of pre and post-harvest management technology to develop innovations to reduce quality loss is therefore a guideline for the implementation of the four projects including project 1. reducing quality loss of fruits and vegetables. The objective is to develop technology for extending the shelf life and packaging of agricultural produce for export. It was found that commercial ethylene absorbent, corncob biochar ethylene absorbent stored can extend the shelf life of single and banana bunches best. The mangosteen in MAP + ethylene absorbent can extend the life of the mangosteen during transportation. The mango quality after harvest by foliar spraying CaB fertilizer can be delay quality loss and postharvest disease. The mix salad packed in micro perforated film (OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$) bags with or without plastic trays and baby corn packed in plastic tray and wrapped with micro perforated film (OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$) bag can delay browning. rambutan packed in LDPE micro perforated film or packed in plastic trays and covered with LDPE micro perforated film (OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$) and mangosteen packed in paper trays and wrapped with PVC film or packed in OPP or LDPE micro performed film (OTR 15,000-20,000 cm3/m2/d) can be delay quality loss. The pomelo coating with 20% carnauba and packed in MAP bag before place in corrugated paper boxes can extend the shelf life more than 9 weeks. Coated mangosteen 8 kg packed in MAP bag before place in plastic basket, corrugated paper box and MAP bag before place in corrugated paper box delayed quality loss. Project 2. Reducing post-harvest losses caused by plant disease using safe methods. Objectives for disease control and development of the detection of ochratoxin A (OTA) in agricultural products. Dip chilli in hot water at 52 ºC for 3 minutes, packed in PP plastic trays covered with PE film or dipped in $CaCl_2$ 1.5%, packed in PP plastic bags, stored at 10 ºC. Soaking oranges in hot water 55°c for 3 min, then soaking in 0.1% salicylic acid for 5 min or soaking in 3% $NaHCO_3$ for 5 min can control postharvest disease and extend shelf life. Peanut disease incidence can be reduced by preventing peanuts from touching the ground during drying. rapid dehumidification and beware of spawning insect pests in the shed. including storage in an open air with good ventilation. The reduction of aflatoxin in dried chili was achieved by using freshly squeezed garlic juice. Project 3. Reduction of agricultural products losses caused by stored-product insects. Objective: To develop effective technology for controlling post-harvest insect pests by means of pesticides, fumigants and the use of essential oils and plant extracts. pirimiphos-methyl (Actellic 50%EC) application rate of 20 ppm, imidacloprid (Zebracut 70%WG) application rate of 0.1 g, thiamethoxam (Siena 25%WG) application rate of 3.5 g, and thiamethoxam (Cruiser 35%W/V FS) 2.5 ml were highly efficient to control those 5 insect species and no effect on seed germination. controlling maize weevil and red flour beetle with nitrogen 99.5%. *S. aromaticum* oils encapsulated with freeze-drying at 100 and 200 g /10 kg of mung bean can be used as bio-insecticide to control *C.*

กรมวิชาการเกษตร

maculatus adults and F1. Furthermore, the development control of Plectranthus amboinicus 0.5%+ SLS in ratio 1:2 30 ml/fruit can be evaluated with 3 rd instar nymphs of mealybug (Planococcus minor Maskell) on Durian. Project 4. Development of postharvest technology for reduce quality loss of irridiated mango. Objective: to develop a technology to reduce the quality loss of agricultural produce from plant quarantine measures by means of radiation. Calcium application, pre-cooling during transport, hot water treatment and ethylene absorbent during storage. could be reduced browning peel and juicy flesh during storage.

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 1

การลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้สด

Reducing quality loss of fruits and vegetables

คมจันทร์ สรงจันทร์, ภาณุมาศ โคตรพงศ์, ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์, ปรางค์ทอง กวานห้อง, งามพิศ สุดเสน่ห์, ทิวาพร ผดุง, เสาวลักษณ์ กิตติธนวัตร

Komchan Songchan, Panumas Kotepong, Sirakan Srithanyarat, Prangthong Kwanhong, Ngampis Sudsane, Thiwaporn Phadung, Saovalak Kittithanawat

คำสำคัญ

ถ่านซังข้าวโพด, คุณภาพ, สารดูดซับเอทิลีน, บรรจุภัณฑ์, กล้วยหอม, มังคุด, การดัดแปลงสภาพบรรยากาศ, ถุงบรรจุภัณฑ์, แคลเซียม, คุณภาพ, มะม่วง, การอบไอน้ำ, ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน, สารเคลือบผิว, ส้มโอ

Key words

corncob biochar, quality, ethylene absorbents, packaging, banana, mangosteen, modified atmosphere package (MAP), active Packaging, Calcium, quality, mango, vapor heat treatment (VHT), micro perforated film, coating, pomelo

บทคัดย่อ

ผักและผลไม้มีการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวค่อนข้างสูง เนื่องจากยังคงมีชีวิต และมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูง การรักษาคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพใกล้เคียงกับวันเก็บเกี่ยว โครงการวิจัยการลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักละผลไม้สด มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุในการเก็บรักษาผลิตผล โดยใช้สารดูดซับเอทิลีน สภาพบรรยากาศดัดแปลง แคลเซียม และบรรจุภัณฑ์ โดยศึกษาผลของสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษากล้วยหอม ทั้งแบบผลเดี่ยวและผลกลุ่ม (3 ผลต่อถุง) พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด 1 ซอง และสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด 2 ซอง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวและแบบผลกลุ่มได้ดีที่สุด การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่ง โดยศึกษาการใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (MAP) และการใช้สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งจากพื้นที่ปลูกจังหวัดจันทบุรีและชุมพร พบว่า มังคุดของทั้งสองพื้นที่ปลูกในกรรมวิธีบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ + สารดูดซับเอทิลีน มีความยอมรับของผู้บริโภคสูงสุดและสามารถเก็บรักษามังคุดได้นาน 28 วัน การใช้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว โดยฉีดพ่นปุ๋ยแคลเซียมโบรอนทางใบแก่มะม่วง พบว่า มะม่วงได้รับแคลเซียมโบรอนสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของค่าความแน่นเนื้อผล และการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว ได้ดีกว่ามะม่วงในกรรมวิธีที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน ศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผักสลัด mix (ผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอส) และข้าวโพดฝักอ่อน พบว่า การเก็บรักษาผักสลัด mix ทั้งแบบบรรจุในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน หรือใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$. สามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วัน และการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนโดยใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$. สามารถเก็บรักษาได้นาน 20 วัน โดยช่วยรักษาความสด และชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการการบรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเพียงอย่างเดียว การศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพเงาะ และมังคุด

กรมวิชาการเกษตร

พบว่า เงาะบรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน หรือบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$. สามารถเก็บรักษาได้นาน 14 วัน และมังคุดบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC หรือบรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000 – 20,000 $cm^3/m^2/d$. สามารถเก็บรักษา นาน 15 วัน การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพส้มโอและมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิว พบว่า ควรเคลือบผิวส้มโอด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เพื่อรักษาคุณภาพและความสด การบรรจุส้มโอที่เคลือบผิวในกล่องกระดาษลูกฟูกหรือกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$. สามารถยืดอายุส้มโอได้นานกว่า 9 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และยังสามารถวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้ไม่น้อยกว่า 7 วัน และมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม พบว่า การบรรจุในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$. กล่องกระดาษลูกฟูก และกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ลดอาการเปลือกแข็งของมังคุด สามารถเก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ได้นาน 14 วัน และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้นาน 3 วัน ภายหลังนำออกจากห้องเย็น

Abstracts

Fruit and vegetable have a high postharvest loss because they still alive and have high water content. Therefore, it is important to maintain the quality of produce after harvesting. In order to have high quality as same as harvest date. The objective of this project is to preserve the quality and extend the shelf life of fresh produce by using ethylene absorbent, modified atmosphere, calcium and packaging. The effect of ethylene absorbent in packaging on the shelf life of banana was studied both single fruit and banana bunches. It was found that 1 packet of commercial ethylene absorbent and 2 packet of corncob biochar ethylene absorbent stored at 25°C can extend the shelf life of single and banana bunches best. The study on the use of modified atmosphere packaging and corncob charcoal ethylene absorbent to extent the shelf life of mangosteen during transportation from Chanthaburi and Chumphon provinces. It was found that mangosteen of both areas in modified atmosphere packaging + ethylene absorbent has the highest consumer acceptance and can store for 28 days. Use of calcium to maintain mango quality after harvest by foliar spraying calcium boron fertilizer. It was found that mangos obtained with Calcium boron had higher fruit weight than control. After 28 days of storage, Calcium boron treatment can be delay weight loss, fruit firmness postharvest disease. The study of using micro perforated film to maintain quality of mixed salad (butterhead and cos) and baby corn. It was found that mix salad packed in micro perforated film (OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$) bags with or without plastic trays can be stored for 18 days. Baby corn packed in plastic tray and wrapped with micro perforated film (OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$) bag can be stored for 20 days and maintain freshness and delay browning better than packed in micro perforated film bags without plastic tray. The study of using micro perforated film to maintain quality of rambutan and mangosteen. It was found that rambutan packed in LDPE micro perforated film or packed in plastic trays and covered with LDPE micro perforated film (OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$) can be stored for 14 days. While mangosteen packed in paper trays and wrapped with PVC film or packed in OPP or LDPE micro performed film (OTR 15,000-20,000 cm3/m2/d) can be stored for 15 days. The study on suitable pomelo and mangosteen packaging for export. The results showed that

กรมวิชาการเกษตร

coating with 20% carnauba to maintain quality and freshness. In addition, pumelo packed in MAP bag before place in corrugated paper boxes can extend the shelf life more than 9 weeks at 13°C and can be stored at room temperature for distribution at least 7 days. Coated mangosteen 8 kg packed in MAP bag before place in plastic basket, corrugated paper box and MAP bag before place in corrugated paper box delayed weight loss, texture and hard peel and could prolong shelf life for 14 days.

บทนำ (Introduction)

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

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

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

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere packaging: MAP) ซึ่งเป็นการเก็บรักษาผลิตผลสดในบรรจุภัณฑ์ที่ภายในมีสัดส่วนของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพ

กรมวิชาการเกษตร

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

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

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การทดลองที่ 1 ผลของสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษากล้วยหอม

1. นำกล้วยหอมจาก หจก. บานาน่า อินเตอร์ ฟรุ๊ต แบบผลเดี่ยวและผลกลุ่ม ในระยะผิวสีเหลืองปนสีเขียว (สีเหลืองมากกว่าสีเขียว) ที่ผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาด และบ่มด้วยก๊าซเอทิลีน บรรจุลงถุงที่มีรูระบายอากาศ โดยแบ่งจำนวนผลที่บรรจุลงถุงตามการทดลอง ได้แก่ การทดลองย่อยที่ 1 บรรจุกล้วยหอมจำนวน

กรมวิชาการเกษตร

1 ผลต่อถุง และการทดลองย่อยที่ 2 บรรจุกล้วยหอมจำนวน 3 ผลต่อถุง แต่ละการทดลองแบ่งออกเป็น 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่สารดูดซับเอทิลีน (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 สารดูดซับเอทิลีนการค้า (ethylgone)

กรรมวิธีที่ 3 สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด จำนวน 1 ซอง

กรรมวิธีที่ 4 สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด จำนวน 2 ซอง

2. ทดสอบการวางจำหน่ายกล้วยหอมโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 6 วัน

3. วิเคราะห์คุณภาพผลผลิตทุก 2 วัน โดยบันทึกข้อมูล การผลิตก๊าซเอทิลีน เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีผล ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณกรดแอสคอร์บิค และการยอมรับของผู้บริโภค

การทดลองที่ 2 การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่ง

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

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีปัจจุบันที่ผู้ประกอบการใช้ (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีปัจจุบัน + สารดูดซับเอทิลีน

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (MAP)

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (MAP) + สารดูดซับเอทิลีน

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

2. เก็บรักษามังคุดที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน เพื่อจำลองการเก็บรักษาในระหว่างการขนส่ง

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

การทดลองที่ 3 การใช้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว

1. เก็บเกี่ยวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง จากแปลงเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงเพื่อการส่งออกที่ผ่านการรับรอง GAP ในพื้นที่ตำบลโป่งตาลอง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ที่ระยะสุกแก่ 85 เปอร์เซ็นต์ โดยทำการเก็บเกี่ยวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน และได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5% โดยฉีดพ่นในอัตรา 5 ลิตรต่อต้น จำนวน 3 ครั้ง ที่อายุผล 30, 45 และ 60 วันหลังดอกบาน มาทำการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 กรรมวิธีๆ 4 ซ้ำๆ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน (กรรมวิธีควบคุม)

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

2. จำลองการเก็บรักษาในระหว่างการขนส่งมะม่วง โดยนำผลมะม่วงมาล้างทำความสะอาด คัดเลือกผลที่ไม่มีตำหนิ โดยมีขนาด และสีผิวใกล้เคียงกัน จากนั้นนำไปผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยการอบไอน้ำ แล้วนำผลมะม่วงไปบรรจุลงในกล่องกระดาษลังลูกฟูก จำนวน 6 ผลต่อกล่อง และจำลองการขนส่ง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

กรมวิชาการเกษตร

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

การทดลองที่ 4 ศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผักเพื่อการส่งออก

1. คัดเลือกผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอส และข้าวโพดฝักอ่อนที่มีความสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิและความเสียหายจากโรคและแมลง

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

<u>ผักสลัด mix</u> (ผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอส)

นำผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอสมาตัดราก และเด็ดใบล่างทิ้ง จากนั้นคัดเลือกต้นที่สมบูรณ์ ไม่มีรอยช้ำ ใบไม่ฉีกขาด และมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน แล้วบรรจุผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอสน้ำหนักประมาณ 200 กรัม ในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี

Main plot คือ วิธีการบรรจุ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถุงฟิล์ม OPP ไม่เจาะรู (ชุดควบคุม)

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

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

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

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

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

<u>ข้าวโพดฝักอ่อน</u>

นำข้าวโพดฝักอ่อนมาปอกเปลือก รูดเส้นไหมออกให้หมด จากนั้นคัดเลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่มีขนาดใกล้เคียงกัน บรรจุตามกรรมวิธี น้ำหนักบรรจุประมาณ 100 กรัม

Main plot คือ วิธีการบรรจุ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ชุดควบคุม)

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

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

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

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

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

กรมวิชาการเกษตร

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

4. บันทึกข้อมูล ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส ทดสอบโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน โดยการให้คะแนน

การทดลองที่ 5 ศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผลไม้เพื่อการส่งออก

1. คัดเลือกผลเงาะและมังคุดที่มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิและความเสียหาย นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ

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

<u>เงาะ</u>

Main plot คือ วิธีการบรรจุ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ชุดควบคุม)

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

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

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

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

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

<u>มังคุด</u>

Main plot คือ วิธีการบรรจุ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถาดกระดาษแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ชุดควบคุม)

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

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

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

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

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

3. นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพทุก 3 หรือ 5 วัน

กรมวิชาการเกษตร

4. บันทึกข้อมูล ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ความแน่นเนื้อเปลือก (เฉพาะมังคุด) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณวิตามินซี คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส ทดสอบโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน โดยการให้คะแนน

การทดลองที่ 6 การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพผลไม้ที่ผ่านการเคลือบผิว

แบ่งเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

1. การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก

1.1 เตรียมส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง โดยใช้ส้มโอจากจังหวัดนครปฐม นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ แล้วผึ่งให้แห้ง

1.2 บรรจุส้มโอลงในบรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งออกขนาดบรรจุ 4 ผลต่อกล่อง โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot มี 5 ซ้ำ โดย Main plot คือ รูปแบบการบรรจุส้มโอ 4 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ส้มโอที่ไม่เคลือบผิว บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก (control)

กรรมวิธีที่ 2 ส้มโอที่ไม่เคลือบผิว บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$.

กรรมวิธีที่ 3 ส้มโอเคลือบผิวด้วยคาร์นูบา ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

กรรมวิธีที่ 4 ส้มโอเคลือบผิวด้วยคาร์นูบา ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$.

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

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

1.4 วิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ความมันเงาของผล การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี และประเมินคุณภาพโดยการให้ค่าคะแนน ได้แก่ ความสด ความนิ่มของเนื้อส้มโอ กลิ่นผิดปกติ ความชอบโดยรวม

2. การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวเพื่อการส่งออก

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

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

2.3 นำมังคุดบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ เพื่อการขนส่ง ขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบ split plot มี 5 ซ้ำ โดย main plot คือ รูปแบบบรรจุภัณฑ์ 4 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุในตะกร้าพลาสติก

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$.

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$.

Sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 7 10 และ 14 วัน

กรมวิชาการเกษตร

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

2.5 วิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดคุณภาพดีที่สามารถรับประทานได้ เปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อแก้วและยางไหล และประเมินความชอบโดยรวม

ผลการทดลองและอภิปราย (Results and Discussion)

การทดลองที่ 1 ผลของสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษากล้วยหอม

การทดลองย่อยที่ 1 ผลของสารดูดซับเอทิลีนต่อคุณภาพของกล้วยหอมแบบผลเดี่ยว

การผลิตเอทิลีน สารดูดซับเอทิลีนทั้งสามกรรมวิธีสามารถลดอัตราการผลิตเอทิลีนที่สะสมในบรรจุภัณฑ์กล้วยหอมแบบผลเดี่ยวเมื่อเปรียบเทียบกล้วยหอมในกรรมวิธีควบคุม ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่า กล้วยหอมกรรมวิธีไม่ใส่สารดูดซับเอทิลีนมีปริมาณเอทิลีนมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.62 µl/kg.hr. กรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และกรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพดจำนวน 1 ซอง และ 2 ซอง มีปริมาณก๊าซเอทิลีนไม่แตกต่างกันมีค่าระหว่าง 5.13-5.32 µl/kg.hr.

การสูญเสียน้ำหนัก การใช้สารดูดซับเอทิลีนที่แตกต่างกัน และระยะเวลาในการเก็บรักษา มีอิทธิพลร่วมกัน ในขณะที่วันที่ 6 ของการเก็บรักษาของกล้วยหอมแบบผลเดี่ยว พบว่า กรรมวิธีไม่ใช้สารดูดซับเอทิลีน สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และการใช้ถ่านซังข้าวโพด 1 ซอง และ 2 ซอง มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 3.40-3.68%

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

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเขียว a* ของกล้วยหอมของกล้วยหอมแบบผลเดี่ยว พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกล้วยหอมที่เก็บรักษา 6 วัน มีค่า a* มากที่สุดเท่ากับ 6.12-7.80

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง b* ของกล้วยหอม พบว่า เมื่อเก็บรักษากล้วยหอมแบบผลเดี่ยวนาน 6 วัน กรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด จำนวน 2 ซอง มีค่า b* มากที่สุดเท่ากับ 44.04 รองลงมาคือ กรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด จำนวน 1 ซอง ที่มีค่า b* เท่ากับ 40.34

ความแน่นเนื้อผล กล้วยหอมแบบผลเดี่ยวที่ใส่สารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์มีความแน่นเนื้อผลสูงกว่ากล้วยหอมแบบผลเดี่ยวที่ไม่ใส่สารดูดซับเอทิลีนในกรรมวิธีควบคุมเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน โดยมีค่าความแน่นเนื้อผล ระหว่าง 1.61-1.67 นิวตัน

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวในทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 4.70-5.00 °Brix

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวในทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 0.04%

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค ปริมาณกรดแอสคอร์บิคของกล้วยหอมแบบผลเดี่ยว พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยหลังเก็บรักษานาน 6 วัน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิค 0.58-0.69 mg ascorbic acid/100mL

คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคกล้วยหอมแบบผลเดี่ยว พบว่า กล้วยหอมแบบผลเดี่ยว ที่มีสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์มีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่าคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคที่ไม่มีสารดูดซับเอทิลีนในกรรมวิธีควบคุม โดยเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน กล้วยหอมแบบผลเดี่ยวที่มี

กรมวิชาการเกษตร

สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านไบโอชาร์ซังข้าวโพดในบรรจุภัณฑ์ จำนวน 1 ซอง มีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคเท่ากับกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวที่มีสารดูดซับเอทิลีนเป็นการค้า

การทดลองย่อยที่ 2 ผลของสารดูดซับเอทิลีนต่อคุณภาพของกล้วยหอมแบบผลกลุ่ม (3 ผล)

การผลิตเอทิลีน สารดูดซับเอทิลีนทั้งสามกรรมวิธีสามารถลดอัตราการผลิตเอทิลีนที่สะสมในบรรจุภัณฑ์กล้วยหอมแบบผลกลุ่มเมื่อเปรียบเทียบกล้วยหอมในกรรมวิธีควบคุมเช่นเดียวกับการทดลองในกล้วยหอมผลเดี่ยว ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่า กล้วยหอมกรรมวิธีไม่ใส่สารดูดซับเอทิลีนมีปริมาณเอทิลีนมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.49 µl/kg.hr. กรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และกรรมวิธีสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพดจำนวน 1 ซอง และ 2 ซอง มีปริมาณก๊าซเอทิลีนไม่แตกต่างกันมีค่าระหว่าง 5.17-5.98 µl/kg.hr.

การสูญเสียน้ำหนัก การใช้สารดูดซับเอทิลีนที่แตกต่างกัน และระยะเวลาในการเก็บรักษา มีอิทธิพลร่วมกันในขณะที่วันที่ 6 ของการเก็บรักษาของกล้วยหอมแบบผลกลุ่ม พบว่า กรรมวิธีไม่ใช้สารดูดซับเอทิลีน สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และการใช้ถ่านซังข้าวโพด 1 ซอง และ 2 ซอง มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน มีค่า 4.27-5.19%

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

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเขียว a* ของกล้วยหอมของกล้วยหอมแบบผลกลุ่ม พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกล้วยหอมที่เก็บรักษา 6 วัน มีค่า a* มากที่สุดเท่ากับ 6.07-7.13

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

ความแน่นเนื้อผล กล้วยหอมแบบผลกลุ่มที่ใส่สารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์มีความแน่นเนื้อผลสูงกว่ากล้วยหอมแบบผลกลุ่มที่ไม่ใส่สารดูดซับเอทิลีนในกรรมวิธีควบคุมเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน โดยมีค่าความแน่นเนื้อผล ระหว่าง 2.09-3.65 นิวตัน

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของกล้วยหอมแบบผลกลุ่มในทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 5.68-6.06 °Brix

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของกล้วยหอมแบบผลกลุ่มในทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 0.03-0.04%

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค ปริมาณกรดแอสคอร์บิคของกล้วยหอมแบบผลกลุ่ม พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยหลังเก็บรักษานาน 6 วัน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิค 0.58-0.92 mg ascorbic acid/100mL

คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคกล้วยหอมแบบผลกลุ่ม พบว่า กล้วยหอมแบบกลุ่มที่มีสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์มีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่าคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคที่ไม่มีสารดูดซับเอทิลีนในกรรมวิธีควบคุม โดยเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน กล้วยหอมแบบผลกลุ่มที่มีสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านไบโอชาร์ซังข้าวโพดในบรรจุภัณฑ์ จำนวน 1 ซอง มีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค เท่ากับกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวที่มีสารดูดซับเอทิลีนเป็นการค้า

จากผลการทดลองย่อยที่ 1 และ 2 มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันจะเห็นได้ว่า อัตราการหายใจของ กล้วยหอมมีความสัมพันธ์แปรผันตามอัตราการผลิตเอทิลีน การผลิตเอทิลีนที่สูงขึ้นนั้นส่งผลให้เร่ง กระบวนการสุกของกล้วยหอมได้แก่การ เปลี่ยนสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เบญจมาศ, 2545) และสอดคล้องกับ Bower et al. (2002) พบว่าผลเมลอน หลังจากการเก็บเกี่ยว อัตราการหายใจจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการผลิตเอทิลีนในปริมาณที่สูงขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส สีและกลิ่น จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่า เมื่อกล้วยหอมสุกมากขึ้น ความแน่นเนื้อจะลดลง ดังนั้น การเก็บรักษาผลิตผล ที่เกิดกระบวนการสุก หลัง

กรมวิชาการเกษตร

การเก็บเกี่ยวจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเพคติน โดยองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ปฐมภูมิ และผนังเชื่อมระหว่างเซลล์ ที่จากเดิมที่มีสมบัติไม่ค่อยละลายน้ำกลายเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น และในขณะเดียวกันแกนของโมเลกุลเพคตินจะถูกย่อยสลายให้เล็กลง และน้ำตาลกาแลคโตสซึ่งเป็นองค์ประกอบของเพคตินก็ลดลงด้วยเช่นกัน โดยสารประกอบเพคตินที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่อยู่ในรูปโพรโตเพกติน ซึ่งไม่ละลายน้ำ เปลี่ยนรูปไปเป็นเพกติน ซึ่งมีโมเลกุลขนาดเล็กลง และละลายน้ำได้นี้ มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) จึงเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากผลไม้ที่สะสมอาหารไว้ในรูปแป้งหรือมีแป้งเป็นองค์ประกอบ เช่น มะม่วง ทุเรียน กล้วย ภายหลังการเก็บเกี่ยว จะเปลี่ยนอาหารสะสมในรูปของแป้งไปเป็นน้ำตาล โดยเฉพาะในกล้วยหอม และเมื่อผลสุกแล้วแป้งจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลแถบทั้งหมดจึงทำให้กล้วยมีรสชาติหวานขึ้น (จริงแท้, 2553) อีกทั้งผลไม้ส่วนใหญ่มีปริมาณกรดอินทรีย์ค่อนข้างสูง ซึ่งปริมาณกรดในผลกล้วยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของกรดมาลิก โดยผลกล้วยมีการสะสมปริมาณกรดเพิ่มขึ้นตามอายุผลและเพิ่มจนถึงระดับสูงสุด ขณะผลสุกจากนั้นจะลดลงระหว่างเวลาของการสุกโดยการลดลงของกรด เกิดขึ้นพร้อมกับการลดลงของแป้ง และการเพิ่มขึ้นของน้ำตาล จึงทำให้ผลมีรสชาติหวานขึ้น (Wyman and Palmer, 1963; Simmonds, 1966)

การทดลองที่ 2 การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่ง

1. การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี

อัตราการผลิตเอทิลีน อัตราการผลิตเอทิลีนของมังคุด พบว่า ก่อนเก็บรักษาทุกกรรมวิธีมีการผลิตเอทิลีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 0.13 µl/kg.hr เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ประกอบการมีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงสุด คือ 0.40 µl/kg.hr โดยมีแนวโน้มว่าสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดสามารถชะลอการผลิตก๊าซเอทิลีนได้

การสูญเสียน้ำหนัก เมื่อเก็บรักษานานขึ้นทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น หลังเก็บรักษา 7 วัน พบว่า กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ประกอบการมีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 2.98% รองลงมาคือ กรรมวิธีปัจจุบันที่ผู้ประกอบการใช้+ สารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีการสูญเสียน้ำหนัก 1.07% กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP + สารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพด 0.46% และกรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP 0.27% ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของบริษัททั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 4.52-4.71% ในขณะที่กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP ทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 0.66-0.87%

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

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

กองวิชาการเกษตร

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

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

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ จากการเก็บรักษามังคุด พบว่า มังคุดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 13.61-14.69 %

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ทุกกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 0.59-0.62%

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค มังคุดก่อนการเก็บรักษามีปริมาณกรดแอสคอร์บิค 1.74 mg Ascorbic acid/100mL และมีปริมาณลดลงตามอายุการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า มังคุดในกรรมวิธีที่ผู้ประกอบการใช้ในปัจจุบัน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคต่ำสุด คือ 1.35 mg Ascorbic acid/100mL juice

คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคประเมินจากสีเปลือก สีกลีบเลี้ยงด้วยสายตา และความหวาน ความเปรี้ยว เนื้อสัมผัส กลิ่นผิดปกติของผู้บริโภคด้วยการชิม พบว่า มังคุดในทุกกรรมวิธีมีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน มังคุดในกรรมวิธีที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ ดัดแปลงสภาพบรรยากาศมีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่ามังคุดในกรรมวิธีที่ไม่ได้บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ อีกทั้งมังคุดในกรรมวิธีบรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนมีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น

2. การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดชุมพร

อัตราการผลิตเอทิลีน อัตราการผลิตเอทิลีนของมังคุด พบว่า ก่อนเก็บรักษาทุกกรรมวิธีมีการผลิตเอทิลีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 0.11-0.13 µl/kg.hr เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ประกอบการ มีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงสุด คือ 0.48 µl/kg.hr โดยมีแนวโน้มว่าสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดสามารถชะลอการผลิตก๊าซเอทิลีนได้

การสูญเสียน้ำหนัก เมื่อเก็บรักษานานขึ้นทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น หลังเก็บรักษา 7 วัน พบว่า กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ประกอบการมีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 1.90% รองลงมาคือ กรรมวิธีปัจจุบันที่ผู้ประกอบการใช้+ สารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีการสูญเสียน้ำหนัก 1.70% กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP + สารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพด 0.52% และกรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP 0.13% ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน พบว่า กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ประกอบการทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน มีค่า 3.30-4.67% ในขณะที่กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP ทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 0.84-1.18%

การเปลี่ยนแปลงสี การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง หรือ L* พบว่า ก่อนเก็บรักษาทุกกรรมวิธีมีค่าเท่ากับ 34.62 เมื่อเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีบรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP ทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีค่า L* ไม่แตกต่างกันทางสถิติมีค่าเท่ากับ 32.56-36.28 เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน พบว่า กรรมวิธี

กรมวิชาการเกษตร

บรรจุมังคุดในถุงบรรจุภัณฑ์ MAP ทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนจากซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 23.50-24.23 ส่วนกรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ประกอบการมีค่าเท่ากับ 27.36

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

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

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

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ จากการเก็บรักษามังคุด พบว่า มังคุดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 14.53-15.12 %

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ทุกกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 0.46-0.51%

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค มังคุดก่อนการเก็บรักษามีปริมาณกรดแอสคอร์บิค 1.45 mg Ascorbic acid/100mL และมีปริมาณลดลงตามอายุการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า มังคุดในกรรมวิธีที่ผู้ประกอบการใช้ในปัจจุบัน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคต่ำสุด คือ 0.81 mg Ascorbic acid/100mL juice

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

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การผลิตเอทิลีนที่สูงขึ้นส่งผลให้เร่งกระบวนการเปลี่ยนสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เนื่องจากผลมังคุดมีรูปแบบการหายใจแบบ climacteric เมื่อสุกจะมีการหายใจเพิ่มสูงขึ้น และค่อยๆ ลดลง พร้อมกับเกิดการเปลี่ยนสีผิวจากสีเขียวเป็นสีม่วงดำ โดยในช่วงผลสีเขียว มีอัตราการผลิตเอทิลีน 1.00 mg $kg^{-1}s^{-1}$ และจะมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต และมีค่าสูงที่สุดเมื่อผลเริ่มสุกหรือหลังเก็บเกี่ยว 6 วัน มีอัตราการผลิตเอทิลีน 8.00 mg $kg^{-1}s^{-1}$ จากนั้น อัตราการผลิตเอทิลีนมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง จนต่ำสุดเมื่อผลสีดำหรือหลังเก็บเกี่ยว 9 วัน มีค่าเท่ากับ 7.2 mg $kg^{-1}s^{-1}$ โดยในขณะที่มีการสังเคราะห์เอทิลีนที่เพิ่มขึ้น อัตราการหายใจจะมีค่าสูงสุดอย่างรวดเร็ว โดยไม่พบช่วง pre-climacteric (Palapol *et al.*, 2009)

การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดด้วยวิธีการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ (MAP) เป็นวิธีที่ทำให้อากาศในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณออกซิเจนลดลง ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถช่วยการลดกิจกรรมทางชีวเคมี การสังเคราะห์เอทิลีน อัตราการหายใจ และการสูญเสียน้ำ โดยมีผลทำให้กระบวนการสุกต่าง ๆ เกิดขึ้น ในอัตราที่ช้าลง (จริงแท้, 2553) ซึ่งการเก็บรักษามังคุดในสภาพบรรยากาศดัดแปลงสามารถชะลอกระบวนการสุกของผลิตผลได้เนื่องจาก

กรมวิชาการเกษตร

คาร์บอนไดออกไซด์มีความสามารถในการจับกับตัวรับเอทิลีนได้เป็นอย่างดี และการใช้ถุงแอคทีฟที่ควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซในอากาศยังส่งผลมนการช่วยชะลอกระบวนการสุกอีกด้วย สอดคล้องกับ Tilahun *et al* (2018) ที่พบว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ MAP ร่วมกับเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส มีผลให้อัตราการผลิตเอทิลีนของมะเขือเทศระหว่างการเก็บรักษาลดลง สอดคล้องกับ Lonardo *et al.* (2013) ได้รายงานว่า การใช้ไบโอชาร์ผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อ มีผลต่อความเข้มข้นของเอทิลีนที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใช้ไบโอชาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ในขณะที่กรรมวิธีที่ผสมไบโอชาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ และกรรมวิธีที่ไม่ใช้ไบโอชาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ มีความเข้มข้นของเอทิลีนใกล้เคียงกันหลังจากผ่านไป 28 วัน ซึ่งขัดแย้งกับ Spokas *et al*. (2010) ที่รายงานว่า ในไบโอชาร์บางชนิดจะมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น โดยวัตถุดิบที่นำมาผลิตไบโอชาร์ต้องมีลักษณะที่ไม่ใช่เนื้อไม้ และมีอุณหภูมิในกระบวนการไพโรไลซีสน้อยกว่า 400 องศาเซลเซียส ซึ่งไบโอชาร์จะแปรผันตามหน้าที่ของวัตถุดิบ และสภาวะของไพโรไลซีส (SensÖz, 2003; Guerro *et al*., 2005) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่า ในดินที่ผสมไบโอชาร์มีคุณสมบัติในการยั้บยั้ง nitrification ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ (Banerjee *et al*., 1989; Kashif *et al*., 2007; Yaseen *et al*., 2006) ชี้ให้เห็นถึงการเกิดขึ้นร่วมกันของความสามารถ ในการปลดปล่อยหรือดูดซับเอทิลีนในไบโอชาร์ โดยไบโอชาร์ยังมีแนวโน้มว่า สามารถลดความเข้มข้นของ CO_2 ในบรรยากาศได้อีกด้วย (Smith *et al*., 2010)

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

การทดลองที่ 3 การใช้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว

น้ำหนักผล มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีน้ำหนักผลมากถึง 365.87 กรัม ซึ่งมากกว่ามะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน หรือกรรมวิธีควบคุมที่มีน้ำหนักผลเพียง 329.34 กรัม

การสูญสียน้ำหนัก มะม่วงที่ผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการอบไอน้ำหลังเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้นาน 28 วัน พบว่า กรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีการสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งตลอดการเก็บรักษามีแนวโน้มว่ากรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 5.23 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักถึง 6.41เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เป็นผลมาจากแคลเซียมโบรอนที่ฉีดพ่นทางใบ สอดคล้องกับการทดลองให้แคลเซียมแก่ผลพีช (Gayed *et al*., 2017) และแอปเปิ้ล (Ranjbar *et al*., 2018) โดยมะม่วงเป็นผลิตผลทางพืชสวน ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบมากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ทั้งยังมีปากใบ และช่องเปิดทางธรรมชาติต่าง ๆ จึงทำให้ผลิตผลมีการสูญเสียน้ำหลังการเก็บเกี่ยวตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น (จริงแท้, 2538)

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

กรมวิชาการเกษตร

การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของมะม่วงหลังเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า กรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของมะม่วง เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า พบว่า กรรมวิธีควบคุมมีค่า b* เท่ากับ 47.24 ในขณะที่กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน ค่า b* เท่ากับ 41.29

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

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ภายหลังการเก็บเกี่ยว มะม่วงทั้งสองกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 8.34-8.63 °Brix โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า มะม่วงในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่ามะม่วงในกรรมวิธีควบคุม

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ภายหลังการเก็บเกี่ยว มะม่วงทั้งสองกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 1.46-1.53 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงตามอายุการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า มะม่วงทั้งสองกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เท่ากับ 0.21-0.34 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้แปรผกผันกับระยะเวลาในการเก็บรักษา เนื่องจาก ผัก และผลไม้ใช้กรดอินทรีย์ในกระบวนการหายใจ ซึ่งกรดอินทรีย์เป็นสารตัวกลางที่สำคัญในวัฏจักร Krebs (จริงแท้, 2553) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จึงมีค่าลดน้อยลง

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค ภายหลังการเก็บเกี่ยว มะม่วงในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีปริมาณกรดแอสคอร์บิคสูงกว่ามะม่วงในกรรมวิธีควบคุม เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า มะม่วงในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีปริมาณกรดแอสคอร์บิค เท่ากับ 22.33 ascorbic/100 ml ซึ่งสูงกว่ามะม่วงในกรรมวิธีควบคุมที่มีปริมาณกรดแอสคอร์บิค เท่ากับ 18.79 ascorbic/100 ml

การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองนาน 28 วัน พบว่า มะม่วงในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนสามารถชะลอการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีกว่ามะม่วงในกรรมวิธีควบคุม

การทดลองที่ 4 ศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผักเพื่อการส่งออก

ผักสลัด mix (ผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอส)

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

กรมวิชาการเกษตร

การสูญเสียน้ำหนัก ผักสลัด mix ทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 21 วัน ผักสลัด mix บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 0.64 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ฟิล์มพลาสติกส่วนใหญ่มักไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ โดยความชื้นสัมพัทธ์ภายในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มเจาะรูและไม่เจาะรูส่วนใหญ่มักใกล้เคียงกับจุดอิ่มตัวด้วยไอน้ำ ซึ่งการเจาะรูขนาดเล็กมีผลต่อระดับความชื้นสัมพัทธ์ไม่มาก (Mir and Beaudry, 2016) ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตผลในถุงฟิล์มพลาสติกเจาะรูขนาดไมครอนสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี

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

คุณภาพทางเคมี เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผักสลัด mix ทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ลดลงเล็กน้อยจากวันแรกที่เริ่มทำการทดลอง ผักสลัด mix ทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน โดยอยู่ระหว่าง 3.78-5.10 องศาบริกซ์ ทั้งนี้เนื่องจากภายหลังการเก็บเกี่ยว ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลง โดยผลิตผลที่มีการหายใจอยู่ตลอดเวลาจะมีการใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารหรือพลังงาน ทำให้ปริมาณที่มีสะสมอยู่ลดน้อยลง ส่งผลให้มีรสชาติจืดชืด (จริงแท้, 2538)

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

ข้าวโพดฝักอ่อน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ ปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ข้าวโพดฝักอ่อนทุกกรรมวิธีมีปริมาณลดลงจากเริ่มต้นแล้วเข้าสู่สภาวะสมดุลในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา โดยภายในบรรจุภัณฑ์ถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยที่สุด ขณะที่บรรจุภัณฑ์ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีปริมาณก๊าซออกซิเจนมากที่สุด สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยภายในบรรจุภัณฑ์ถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด ส่วนบรรจุภัณฑ์ถาดพลาสติกหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด

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

การเปลี่ยนแปลงสี เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ข้าวโพดฝักอ่อนทุกกรรมวิธีมีค่า L (ความสว่าง) ลดลง โดยข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุในถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีค่าความสว่างน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น สำหรับค่า a* (ค่าสี

กรมวิชาการเกษตร

แดง-เขียว) มีค่าเป็นบวกเพิ่มขึ้น เนื่องจากข้าวโพดฝักอ่อนมีการเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น ขณะที่ค่า b* (ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน) มีค่าเป็นบวกลดลงเล็กน้อย แสดงว่าข้าวโพดฝักอ่อนมีสีเหลืองลดลงเพียงเล็กน้อย

คุณภาพทางเคมี ข้าวโพดฝักอ่อนทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน โดยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงระยะแรกของการเก็บรักษา และลดลงเพียงเล็กน้อย โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 8.03-9.82 องศาบริกซ์

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

การทดลองที่ 5 ศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผลไม้เพื่อการส่งออกเงาะโรงเรียน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ภายในถุงบรรจุเงาะทุกกรรมวิธีมีปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงและคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน ปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนบรรจุเงาะ มีปริมาณก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 5.58 และ 5.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ภายในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนบรรจุเงาะพร้อมถาดพลาสติก มีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยกว่า โดยมีออกซิเจนเท่ากับ 3.61 และ 3.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า ภายในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน บรรจุเงาะทั้งแบบบรรจุถาดและไม่บรรจุถาด มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 18.38 และ 17.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ภายในถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน บรรจุเงาะทั้งแบบบรรจุถาดและไม่บรรจุถาด มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 8.03 และ 7.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับกรรมวิธีบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีสภาพเป็นสูญญากาศ เมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน สภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงและมีคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น เกิดขึ้นเนื่องจากการหายใจของผลิตผล ทำให้เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลง โดยสมบัติการยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ของฟิล์ม มีผลต่อปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์

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

การเปลี่ยนแปลงสี เงาะทุกกรรมวิธีมีค่าความสว่าง (L) ลดลง เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน ผลเงาะบรรจุในถุง OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีค่าความสว่างน้อยที่สุด แตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 16 วัน ผลเงาะมีค่าสีแดง (a*) ไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน ผลเงาะบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีสีแดงน้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับผลเงาะบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน ผลเงาะที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงมีการสูญเสียน้ำหนักเพียงเล็กน้อย จึงมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกไม่มาก ซึ่งการเก็บรักษาในถุงฟิล์มนอกจากจะลดการสูญเสียน้ำหนักแล้ว

ลิขสิทธิ์การเกษตร

ยังช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกเงาะได้ สอดคล้องกับรายงานของ O'Hare, 1995 ว่าสามารถรักษาลักษณะปรากฏภายนอกของเงาะไว้ได้ หากให้มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด

คุณภาพทางเคมี เงาะทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ใกล้เคียงกัน และเปลี่ยนแปลงไม่มากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และวิตามินซีลดลงเล็กน้อย โดยผลเงาะบรรจุในถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากกรรมวิธีอื่น

คุณภาพทางกายภาพ เงาะทุกกรรมวิธีมีอาการเปลือกสีน้ำตาล และขนสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยเงาะบรรจุในถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC บรรจุในถุง OPP เจาะรูขนาดไมครอน และบรรจุถาดพลาสติกหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน เริ่มพบอาการเปลือกสีน้ำตาลเล็กน้อย เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน เงาะบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน พบอาการเปลือกสีน้ำตาลมากที่สุด โดยมีคะแนนเปลือกสีน้ำตาลเท่ากับ 3.58 คะแนน ส่วนอาการขนสีน้ำตาลเริ่มพบในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยพบในกรรมวิธีบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน และบรรจุถาดหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน เงาะบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีอาการขนสีน้ำตาลมากที่สุด โดยมีคะแนนการเกิดขนสีน้ำตาลเท่ากับ 3.83 คะแนน พบการเน่าเสียเล็กน้อยในเงาะที่บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน โดยเริ่มพบในวันที่ 8 และ 10 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ เงาะทุกกรรมวิธีมีคะแนนความชอบลักษณะภายนอกเป็นที่ยอมรับได้นานถึงวันที่ 14 ของการเก็บรักษา โดยเงาะบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีคะแนนความชอบลักษณะภายนอกต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น

พบการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติเล็กน้อยในเงาะบรรจุถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม PVC และเงาะบรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา และเมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน พบการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติในเงาะทุกกรรมวิธี และเงาะทุกกรรมวิธีมีคะแนนความชอบรสชาติโดยรวมเป็นที่ยอมรับได้นานถึงวันที่ 14 ของการเก็บรักษา โดยเงาะบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีคะแนนความชอบรสชาติโดยรวมต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น

มังคุด

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

การสูญเสียน้ำหนัก ผลมังคุดทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตามตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา มังคุดทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน มังคุดบรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 0.29 และ 0.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ผลมังคุดบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 0.87 เปอร์เซ็นต์

ความแน่นเนื้อ มังคุดทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อของเปลือกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความแน่นเนื้อเปลือกเฉลี่ย 6.31-8.25 นิวตัน

การเปลี่ยนแปลงสี ผลมังคุดทุกกรรมวิธีมีค่า L (ค่าความสว่าง) ไม่เปลี่ยนแปลง โดยเมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน ผลมังคุดบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน มีค่าความสว่างน้อยที่สุด คือ 20.22 ไม่แตกต่างกับผลมังคุดบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC ขณะที่มังคุดบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน และ

กรมวิชาการเกษตร

บรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีค่าความสว่างไม่แตกต่างกัน มังคุดทุกกรรมวิธีมีค่า a* ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า a* เป็นบวก คือมีสีแดง

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

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

การทดลองที่ 6 การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพผลไม้ที่ผ่านการเคลือบผิว

1. การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก

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

ความเงาและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก พบว่า ส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวมีค่าความเงาสูงกว่าส้มโอที่ไม่เคลือบผิว โดยเมื่อเก็บรักษานาน 9 สัปดาห์ ส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวบรรจุในถุง MAP มีค่าความเงาสูงที่สุดเฉลี่ย 5.01 GU รองลงมาคือ ส้มโอที่เคลือบผิวบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกเท่ากับ 4.92 GU ส่วนส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีค่าความเงาเท่ากับ 2.80 GU และเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นค่าความเงาเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย สำหรับการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก พบว่า ค่า L value หรือค่าความสว่างของสีทุกกรรมวิธีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะในส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผลส้มโอมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเข้มเป็นสีเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา สำหรับค่า a* หรือค่าความเป็นสีเขียว-สีแดง พบว่า ส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวมีค่าความเป็น สีเขียวมากกว่าส้มโอที่ไม่เคลือบผิว ส่วนค่า b* หรือค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง พบว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นส้มโอที่ไม่เคลือบผิวทั้งสองกรรมวิธีมีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวค่า b* ไม่แตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษานาน 9 สัปดาห์ ซึ่งหมายความว่า เปลือกของส้มโอยังเป็นสีเขียวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการให้ค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (1-5 คะแนน) ที่พบว่า ส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวทั้งสองกรรมวิธีมีค่าคะแนนเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากับ

สวนวิทยาศาสตร์

2 คะแนน ซึ่งหมายถึงเปลือกส้มโอมีสีเขียว ในขณะที่ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 คะแนน ซึ่งหมายถึงเปลือกมีสีเขียวอมเหลือง

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

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

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

คุณภาพทางเคมี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 9 สัปดาห์ แต่จะพบว่า ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดเฉลี่ย 10.37 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้พบว่า มีค่าลดลงระหว่างการเก็บรักษาและพบเช่นเดียวกันว่าส้มโอที่ไม่เคลือบผิวทั้งสองกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงกว่าส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิว สำหรับปริมาณวิตามินซีมีปริมาณเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา

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

การทดสอบการวางจำหน่ายส้มโอ ภายหลังจากนำออกมาจากห้องเย็น 13 องศาเซลเซียส แล้วนำมาวางต่อที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) นาน 7 วัน พบว่า เมื่อเก็บที่ 13 องศาเซลเซียส นาน 4 สัปดาห์ ส้มโอทุกกรรมวิธีสามารถวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้ไม่น้อยกว่า 7 วัน โดยที่ผลของส้มโอยังเป็นสีเขียว แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาในห้องเย็นนานขึ้น ส้มโอที่ไม่เคลือบผิวเมื่อทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน สีเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั้งผล ส่วนส้มโอที่ผ่านการเคลือบผิวสามารถเก็บรักษาได้นาน 9 สัปดาห์ โดยเมื่อ

กรมวิชาการเกษตร

ทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องก็ยังพบว่า สามารถวางจำหน่ายได้ไม่น้อยกว่า 7 วัน โดยที่สีเปลือกไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง

2. การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวเพื่อการส่งออก

ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ เมื่อเก็บรักษามังคุดที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน บรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP และตะกร้าพลาสติกบุด้วยถุง MAP มีปริมาณก๊าซออกซิเจน 7.73 และ 12.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในตะกร้าพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกมีปริมาณเท่ากับปริมาณออกซิเจนในอากาศ เนื่องจากอากาศจากภายนอกสามารถผ่านเข้าออกภายในบรรจุภัณฑ์ได้ ในขณะเดียวกันปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ตะกร้าบุด้วยถุง MAP และกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10.80 และ 8.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ตะกร้าและกล่องกระดาษลูกฟูก ทั้งนี้เนื่องจาก การบรรจุในตะกร้าพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกมีช่องเปิดที่สามารถให้อากาศถ่ายเทได้ ปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์จึงไม่ต่างกับสภาพอากาศภายนอก

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

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

คุณภาพของมังคุดและการยอมรับของผู้บริโภค มังคุดเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะมีคุณภาพลดลงซึ่งสามารถดูได้จากลักษณะปรากฏภายนอกเช่น การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและกลีบเลี้ยง หรืออาการแข็งของเปลือกมังคุด และคุณภาพของเนื้อมังคุด จากการทดลองพบว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นมังคุดมีเปอร์เซ็นต์ผลที่มีคุณภาพดีที่สามารถรับประทานได้ลดลง โดยเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มังคุดที่บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP มีมังคุดที่มีคุณภาพดีสูงที่สุด 95.0 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ

กรมวิชาการเกษตร

ลูกฟูก ตะกร้าพลาสติกบุด้วยถุง MAP และตะกร้าพลาสติก มีผลมังคุดที่มีคุณภาพดี 93.3 91.7 และ 85.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สาเหตุที่ทำให้มังคุดมีคุณภาพลดลงเนื่องจาก พบอาการเนื้อแก้วและยางไหล โดยเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน พบอาการเนื้อแก้วและยางไหลเฉลี่ย 18.7 และ 21.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ การบรรจุมังคุดในตะกร้าพลาสติกยังเป็นสาเหตุให้มังคุดเปลือกแข็งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ซึ่งเกิดจากการสูญเสียน้ำหนักที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น สำหรับค่าคะแนนความชอบโดยรวมพบว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นมังคุดทุกกรรมวิธีมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมลดลง โดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน มังคุดที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีคะแนนความชอบโดยรวมน้อยที่สุด 6.67 คะแนน ทั้งนี้เนื่องจากมังคุดมีอาการเปลือกแข็งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ในขณะที่กรรมวิธีอื่นมีคะแนน 7.33 คะแนน อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

วิธีการยืดอายุกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวต่อถุง และแบบผลกลุ่ม (3 ผล) ต่อถุง โดยใช้สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด 1 ซอง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส กรรมวิธีในการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดในระหว่างการขนส่งจากพื้นที่ปลูกจังหวัดจันทบุรีและชุมพร คือ ใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน สามารถเก็บรักษามังคุดได้นาน 28 วัน การฉีดพ่นปุ๋ยแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.5% แก่มะม่วง ระยะ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของค่าความแน่นเนื้อผล และการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการการเก็บรักษาผักสลัด mix (บัตเตอร์เฮดและคอส) คือ บรรจุในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน หรือใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วัน ข้าวโพดฝักอ่อน คือ บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 20 วัน บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษาเงาะ คือ บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน หรือบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 14 วัน มังคุด คือ บรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC หรือบรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 15,000 – 20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถเก็บรักษา นาน 15 วัน สำหรับการรักษาคุณภาพส้มโอ ควรเคลือบด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ แล้วบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกหรือกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$. สามารถยืดอายุส้มโอได้นานกว่า 9 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และยังสามารถวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้ไม่น้อยกว่า 7 วัน และบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการบรรจุมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม คือ บรรจุมังคุดในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$. กล่องกระดาษลูกฟูก และกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ได้นาน 14 วัน อีกทั้งยังสามารถวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้นาน 3 วัน ภายหลังนำออกจากห้องเย็น ซึ่งผลการวิจัยที่ได้นี้จะนำไปตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร ถ่ายทอดให้แก่ผู้ประกอบการของ หจก. บานาน่า อินเตอร์ ฟรุ๊ต บริษัทไท่ ฟง หยวน จำกัด และเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงส่งออก ตำบลโป่งตาลอง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ต่อไป เพื่อให้ผลิตผลมีคุณภาพดีและลดการสูญเสียภายหลังการเก็บเกี่ยว

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 2

โครงการการลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว ด้วยวิธีปลอดภัย

Reducing Post-Harvest Losses Caused by Plant Disease Using Safe Methods

บุญญวดี จิระวุฒิ, ศุภรา อัคคะสาระกุล, รัตตา สุทธยาคม, สุพี วนศิรากุล, วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย, เนตรา สมบูรณ์แก้ว, อัจฉราพร ศรีจุดานุ, มัทนา วานิชย์

Boonyawadee Chirawut, Suppara Akkasarakul, Ratta suttayakom, Su-phi Wanasirakul, Weeraporn Dejnumbunchachai, Nettra Somboonkaew, Atcharaporn Srijudanu, Mattana Wanitch

คำสำคัญ

การควบคุม, การปนเปื้อน, การยับยั้ง, สารพิษจากเชื้อรา,พริกขี้หนู, พริกแห้ง, ถั่วลิสง, ส้ม, น้ำร้อน, โรคแอนแทรคโนส, อะฟลาทอกซิน, โอคราทอกซิน เอ หลังเก็บเกี่ยว, การยืดอายุการเก็บรักษา, วิธีปลอดภัย, โรคผลเน่า, สารกลุ่มปลอดภัย, น้ำร้อน, บรรจุภัณฑ์

Key words

control, contamination, inhibition, mycotoxins, Aspergillus spp., peanut, dried chili, pepper, hot water, anthracnose disease, aflatoxin, ochratoxin A postharvest, Generally Recognized as Safe (GRAS), Penicillium digitatum, Heat treatment, packaging

บทคัดย่อ

โรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสาเหตุสำคัญการของสูญเสียของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นวิธีการควบคุมที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยจึงมีความจำเป็น “โครงการการลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีปลอดภัย” ดำเนินการระหว่างปี พ.ศ. 2564 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาผลพริกขี้หนูและลดการปนเปื้อนของเชื้อราและโรคแอนแทรคโนส การควบคุมโรคผลเน่าของส้มด้วยวิธีปลอดภัย ศึกษาวิธีการตากร่วมกับระยะเวลาการเก็บรักษาถั่วลิสงที่เหมาะสม เพื่อลดการปนเปื้อน AFB1 และคงคุณภาพของเมล็ด ทำการศึกษาผลของน้ำคั้นกระเทียมสดต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง และพัฒนาชุดตรวจสอบโอคราทอกซิน เอ โดยวิธี Lateral Floe Immunoassay ประกอบด้วย 5 การทดลอง ภายใต้ 3 กิจกรรม คือ กิจกรรมที่1) การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวโดยผสมผสานวิธีการ กิจกรรมที่ 2) การควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษ และ3) พัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษจากเชื้อรา จากการดำเนินการ พบว่า วิธียืดอายุการเก็บรักษาร่วมกับวิธีลดการปนเปื้อนของเชื้อราและโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกขี้หนู สามารถทำได้ 2 วิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของบรรจุภัณฑ์ วิธีที่ 1 ผลพริกจุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำมาจุ่มต่อในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ บรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP) และวิธีที่ 2 ผลพริกจุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที บรรจุในถาดพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP) หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) ทั้ง 2 วิธี เก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถรักษาความแน่นเนื้อของผล คงสภาพสีเปลือกได้ดี ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น เป็นเวลา 28 วัน การควบคุมโรคผลเน่าของส้มเกิดจากเชื้อรา *Penicillium digitatum* โดยการแช่ผลส้มในน้ำร้อน 55°c นาน 3 นาที ร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 3.00% นาน 5 นาที หรือการแช่ผลส้มในน้ำร้อน 55°c นาน 3 นาที ร่วมกับกรดซาลิไซลิก ความ

กรมวิชาการเกษตร

เข้มข้น 0.10% นาน 5 นาที ลดการเกิดโรคและดัชนีการเกิดโรคได้ 100% ส่วนการลดการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินใน ถั่วลิสง และพริกแห้ง พบว่าวิธีการตากและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน บี1 ในถั่วลิสงหลังการเก็บเกี่ยว โดยทดสอบวิธีการตากเพื่อลดความชื้น 3 วิธี คือ 1) ใช้เครื่องอบลมร้อน 2) ตากบนตะแกรงตากในโรงเรือน 3) ตากบนลานปูน พบว่า หลังการตากทั้ง 3 วิธี ถั่วลิสงที่ได้มีความชื้นเมล็ดต่ำกว่า 9% โดยวิธีที่ 2 มีการปนเปื้อน AFB1 มากที่สุด และการเก็บรักษาถั่วลิสงไม่ควรนานเกิน 3 เดือน และผลของน้ำคั้นกระเทียมสดต่อคุณภาพของพริกแห้ง เก็บที่อุณหภูมิ 29.7°C ความชื้นสัมพัทธ์ 66.8% นาน 35 วัน ในพริกแห้งที่เติมน้ำคั้นกระเทียมก่อนเติมเชื้อ *A. flavus* พบสารอะฟลาทอกซิน 6.19 µg/kg และ 7.23 µg/kg ในพริกแห้งที่ไม่เติมน้ำคั้นกระเทียม ซึ่งน้ำคั้นกระเทียมมีผลให้การสร้างสารอะฟลาทอกซินลดลง 14.38% การตรวจสอบสารโอคราทอกซิน เอ ด้วยวิธี Lateral Flow Immunoassay test strip เป็นวิธีการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ ในผลิตผลเกษตรเบื้องต้นอย่างรวดเร็ว โดยอาศัยการทำปฏิกิริยาระหว่างแอนติเจนและแอนติบอดีที่ติดฉลากด้วยอนุภาคทอง (colloidal gold-labeled antibody) แอนติเจนหรือสารพิษในตัวอย่างจะแข่งขันกับแอนติเจนที่เชื่อมติดกับโปรตีนซึ่งตรึงอยู่บนแถบกระดาษในการจับกับแอนติบอดีที่ติดฉลากด้วยอนุภาคทอง การอ่านผลจะดูจากการเกิดสีที่เส้นทดสอบ (T) และเส้นควบคุม (C) ถ้าในตัวอย่างมีสารพิษปนเปื้อนอยู่จะไม่พบสีหรือพบสีจางที่เส้นทดสอบ

Abstract

Post-harvest disease is a major cause of post-harvest losses, the study of effective and safe control methods is essential. The Project “Reducing Post-Harvest Losses Caused by Plant Diseases Using Safe Methods", conducted during 2021. The objective of this research is to find the most effective method to control anthracnose disease in fresh chilies, to control postharvest rot of citrus using generally recognized as safe (GRAS) substances combined with heat treatment, to determine the appropriate drying method for peanut in conjunction with storage time to minimize the contamination of AFB1 and maintain quality of peanut, the effect of fresh garlic juice on the aflatoxin content of dried chili and lateral flow immunoassay test strip was developed for the detection of ochratoxin A (OTA) in agricultural products. The project consisting of 5 experiments devided into 3 activities as follows. 1) Control of Postharvest Disease by Combination Method 2) Methods for Controlling Fungal Contamination and Mycotoxin and 3) Developing a method for analyzing mycotoxins. The results of the project showed the hot water dip treatment could be used in combination with one of the following packaging processes: 1) polypropylene (PP) plastic bag after harvest 1.5% calcium chloride dip treatment; and 2) polypropylene (PP) punnet with polyethylene (PE) plastic wrap. In these processes, the storage temperature was set at 10 degree celsius. To increase efficiency of disease inhibition, GRAS combined with heat treatment citrus soaking in 55°c for 3 minutes of 3.00% sodium bicarbonate for 5 minute or citrus soaking in 55°c for 3 minutes of 0.10% salicylic acid for 5 minutes reduced incidence and disease index of green mold disease for 100%. Peanuts were dried using three different methods *viz.* 1) dried with hot air oven 2) dried in greenhouse, and 3) dried on cement ground before being kept at ambient air for 4 months. The results showed that moisture contents of all treated peanut were lower than 9%. Although AFB1 levels (7 µg/kg) from greenhouse were higher than other treatments. After that, the effect of garlic juice on the quality of dried chili was

กรมวิชาการเกษตร

tested store at 29.7˚C, 66.8% relative humidity for 35 days in dried chilies added with garlic juice before inoculating *A. flavus* contained aflatoxin 6.19 µg/kg and 7.23 µg/kg in dried chilies without garlic juice added, which garlic juice had reduced aflatoxin production by 14.38%. Lateral flow immunoassay test strip was developed for the detection of ochratoxin A (OTA) in agricultural products. The detection is based on the competition of OTA in sample and OTA-protein conjugate immobilized on test strip for the binding to colloidal gold-labeled OTA antibodies. The results can be observed from the presence of purple red color in the test line (T)

บทนำ (Introduction)

โรคหลังการเก็บเกี่ยวและสารพิษจากเชื้อรา เป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดความความสูญเสียของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ในแปลงปลูก ระหว่างการเก็บเกี่ยว ขนส่ง ระยะการเก็บรักษา รวมถึงการวางจำหน่ายด้วย การควบคุมโรคพืชผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวโดยหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีอันตรายหรือใช้สารกำจัดศัตรูพืชอย่างปลอดภัย สามารถทำได้ด้วยวิธีการทางเลือกต่างๆ อาทิเช่น การใช้สารเคมีในกลุ่มปลอดภัย (Generally Recognized As Safe : GRAS) การใช้วิธีการทางกายภาพ การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เป็นต้น การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร สามารถใช้หลายวิธีรวมกัน เพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เช่น การใช้น้ำร้อนรวมกับสารปลอดภัย การใช้น้ำร้อนรวมกับบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม นอกจากจะช่วยลดการเข้าทำลายของเชื้อราแล้วยังสามารถยืดอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายได้นานขึ้น

นอกจากเชื้อราจะเข้าทำลายผลิตผลเกษตรทำให้เกิดการสูญเสียแล้ว ยังพบว่ามีเชื้อราบางชนิดสามารถสร้างสารพิษ (mycotoxins) ก่อให้เกิดอันตรายต่อทั้งคนและสัตว์ เมื่อมีการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนสารพิษเข้าไป โดยสามารถก่อให้เกิดอันตรายทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง สารพิษจากเชื้อราเป็น toxic secondary metabolites เช่น แอฟลาทอกซิน โอคราทอกซิน ฟูโมนิซิน และพาทูลิน เป็นต้น สารแอฟลาทอกซินเป็นสารพิษที่พบทั่วไปในผลิตผลเกษตร ได้แก่ ถั่วลิสง พริกแห้ง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น สารแอฟลาทอกซินที่พบตามธรรมชาติและมีความเป็นพิษสูง คือ B1 เกิดจากเชื้อรา *Aspergillus flavus* เป็นสารพิษที่ทนความร้อนได้ถึง 268 องศาเซลเซียส ดังนั้นขั้นตอนการเก็บเกี่ยวจนถึงหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีจะช่วยลดการปนเปื้อนของเชื้อราและปริมาณสารพิษจากเชื้อราได้ ดังนั้นควรมีการศึกษาขั้นตอนต่างๆ เช่น วิธีการตากผลิตผลเกษตรเพื่อลดความชื้นจนถึงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษา เพื่อให้ได้ถั่วลิสงและพริกแห้งที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

การพัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนสารพิษจากเชื้อราแบบรวดเร็วถือเป็นมาตรการหนึ่งที่แก้ไขปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษในผลิตผลเกษตร ปัจจุบันโอคราทอกซิน เอ เป็นสารพิษที่มีปัญหาตรวจพบการปนเปื้อนมากขึ้นทั้งในพริก เครื่องเทศ ธัญพืช กาแฟ และไวน์ เป็นต้น ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาวิธีการตรวจสอบสารโอคราทอกซิน เอ ด้วยวิธีรวดเร็ว เพื่อใช้ในการตรวจวิเคราะห์โดยไม่ต้องนำเข้าชุดทดสอบจากต่างประเทศ รวมทั้งสามารถตรวจวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เทคนิค Immunochromatographic ที่เรียกว่า Lateral Flow Immunoassay Strip Test เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ตรวจสอบสารพิษในผลิตเกษตร โดยใช้เวลาในการตรวจสอบรวดเร็ว สะดวกต่อการนำไปใช้ ผลการวิเคราะห์จะบอกได้ในเชิงคุณภาพ สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ ในผลิตผลเกษตร ทั้งผลิตผลที่มีการนำเข้าและส่งออก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการคัดกรองผลิตผลเกษตรในเบื้องต้นได้

โครงการวิจัย “การลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีปลอดภัย” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาผลพริกขี้หนู ลดการปนเปื้อนของเชื้อราและโรคแอนแทรค

กรมวิชาการเกษตร

โนส การควบคุมโรคผลเน่าของส้มด้วยวิธีปลอดภัย การควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และสารแอฟลาทอกซิน บี1 ในถั่วลิสง และพริกแห้งด้วยวิธีปลอดภัย พัฒนาชุดตรวจสอบโอคราทอกซิน เอ โดยวิธี Lateral Floe Immunoassay เพื่อให้ได้แนวทางการควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อรา การตรวจสอบสารพิษ ที่สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

กิจกรรมที่ 1 การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวโดยผสมผสานวิธีการ

การทดลองที่ 1.1 วิธีการยืดอายุการเก็บรักษาพริกขี้หนูสดเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อราและโรคแอนแทรคโนส

1.แยกเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกขี้หนูแดง นำผลพริกขี้หนูแดงที่แสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส มาแยกเชื้อราสาเหตุ ด้วยวิธี tissue transplanting โดยการตัดเนื้อเยื่อของผลพริกที่เป็นโรคบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อเยื่อปกติและเนื้อเยื่อที่แสดงอาการของโรค ขนาด 5x5 ตารางมิลลิเมตร นำชิ้นเนื้อเยื่อแช่ในสารละลายคลอร็อกซ์ (clorox) 10 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที แล้วนำมาวางในจานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน นำมาแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ เก็บเชื้อบริสุทธิ์ไว้ใน slant agar เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

2.ทดสอบวิธีการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกขี้หนูสด นำผลพริกขี้หนูแดงพันธุ์จินดามาปลูกเชื้อรา Colletotrichum capsici คลุมด้วยถุงพลาสติกที่พ่นด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทดสอบกับกรรมวิธีต่างๆ 6 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำๆ ละ 10 ผล ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม (น้ำ เป็นเวลา 3 นาที)
กรรมวิธีที่ 2 โพคลอราช 100 มก./ล. เป็นเวลา 3 นาที
กรรมวิธีที่ 3 กรดซาลิไซลิก 500 มก./ล. เป็นเวลา 3 นาที
กรรมวิธีที่ 4 น้ำร้อน 52 °ซ เป็นเวลา 3 นาที
กรรมวิธีที่ 5 น้ำร้อน 52 °ซ เป็นเวลา 5 นาที
กรรมวิธีที่ 6 ฉายรังสียูวีซี เป็นเวลา 30 นาที (4.68 กิโลจูล/เมตร^2)

บรรจุผลพริกในถาดพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) หุ้มด้วยฟิลม์พลาสติกโพลิเอธิลีน (PE) เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design: CRD) บันทึกข้อมูลความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนส (เซนติเมตร) โดยวัดขนาดของแผลที่มีการเข้าทำลายของเชื้อรา และการเกิดโรคแอนแทรคโนส (เปอร์เซ็นต์)

3.ทดสอบวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาร่วมกับวิธีการควบคุมโรคแอนแทรคโนสและลดการปนเปื้อนเชื้อราบนผลพริกขี้หนูสด คัดเลือกผลพริกขี้หนูแดงพันธุ์จินดามาทดสอบวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาที่มีประสิทธิภาพ (จากงานวิจัยปี 2563 เรื่อง เทคโนโลยีการยืดอายุพริกขี้หนูสดให้ปลอดจากการปนเปื้อนของเชื้อราเพื่อการส่งออก) และการควบคุมโรคแอนแทรคโนสและลดการปนเปื้อนเชื้อรา เปรียบเทียบกับผลพริกขี้หนูตามกกรรมวิธีต่าง ๆ 5 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำๆ ละ 25 ผล ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม (น้ำ เป็นเวลา 3 นาที)
กรรมวิธีที่ 2 โพคลอราช 100 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 3 นาที
กรรมวิธีที่ 3 น้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที
กรรมวิธีที่ 4 น้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 5 น้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที

ผึ่งผลพริกให้แห้ง กรรมวิธีที่ 1-4 บรรจุในถาดพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) หุ้มด้วยฟิลม์พลาสติกโพลิเอธิลีน (PE) และกรรมวิธีที่ 5 บรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) บันทึกข้อมูลจำนวนผลพริกที่มีเชื้อราที่ก้านผล คุณภาพของผลพริกขี้หนูหลังเก็บรักษา ทุก 7 วัน

ศึกษาความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนส โดยนำพริกขี้หนูมาทำการทดลองเปรียบเทียบ 5 กรรมวิธี เช่นเดียวกับข้างต้น แบ่งกรรมวิธีละ 5 ซ้ำๆ ละ 10 ผล วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) บันทึกข้อมูลความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนส หลังเก็บรักษา 14 21 และ 28 วัน

การทดลองที่ 1.2 ศึกษาผลของสารกลุ่มปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อนในการควบคุมโรคผลเน่าของส้มจากเชื้อรา Penicillium digitatum

1. แยกเชื้อและจำแนกชนิดของเชื้อสาเหตุโรคผลเน่าของส้ม เก็บตัวอย่างผลส้มที่เน่าเสียหลังเก็บเกี่ยวมาแยกเชื้อราสาเหตุโรค ด้วยวิธี tissue transplanting method บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง แยกเชื้อราให้บริสุทธิ์ จากนั้นจำแนกชนิดและสายพันธุ์ของเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของส้ม เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2.ทดสอบประสิทธิภาพการใช้สารกลุ่มปลอดภัย ในการควบคุมโรคผลเน่าบนผลส้ม คัดเลือกส้มสายน้ำผึ้ง จากสวนในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ มาปลูกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าลงบนผลส้ม โดยทำแผลด้วยการเจาะลงบนผลส้มลึก 0.2 มิลลิเมตร ห่างจากขั้วผล 1 เซนติเมตร ทั้งสองข้างของผลส้ม หยดสปอร์แขวนลอยความเข้มข้น $1x10^6$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร จำนวน 20 ไมโครลิตรต่อแผล ทำการหยดสปอร์แขวนลอยครั้งละ 10 ไมโครลิตร รอจนแห้งแล้วหยดซ้ำอีก 10 ไมโครลิตร คลุมด้วยถุงพลาสติกที่พ่นด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลานำผลส้มจุ่มในสารกลุ่มปลอดภัย เป็นเวลา 5 นาที ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำผลส้มเรียงใส่ตะกร้าพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 ℃ เป็นเวลา 14 วัน เปรียบเทียบ 9 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำๆละ 12 ผล

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม (น้ำเปล่า)
กรรมวิธีที่ 2 กรดซาลิไซลิก 0.01%
กรรมวิธีที่ 3 กรดซาลิไซลิก 0.05%
กรรมวิธีที่ 4 กรดซาลิไซลิก 0.1%
กรรมวิธีที่ 5 โซเดียมไบคาร์บอเนต 1.0%
กรรมวิธีที่ 6 โซเดียมไบคาร์บอเนต 2.0%
กรรมวิธีที่ 7 โซเดียมไบคาร์บอเนต 3.0%
กรรมวิธีที่ 8 สารเคมีโพรคลอราช 0.025%
กรรมวิธีที่ 9 สารเคมีอิมาซาลิล 0.05%
วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) บันทึกข้อมูลการเกิดโรค ความรุนแรงของโรค

3.ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำร้อนในการควบคุมโรคผลเน่าบนผลส้ม คัดเลือกส้มสายน้ำผึ้ง จากสวนในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ มาทำการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าลงบนผลส้ม โดยทำแผลผลส้มด้วยเข็มที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเจาะลงบนผลส้มลึกประมาณ 0.2 มิลลิเมตร ห่างจากขั้วผล 1 เซนติเมตร ทั้งสองข้างของผลส้ม หยดสปอร์แขวนลอยความเข้มข้น $1x10^6$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร จำนวน 20 ไมโครลิตรต่อ 1 แผล ทำการหยดสปอร์แขวนลอยครั้งละ 10 ไมโครลิตร รอจนแห้งแล้วหยดซ้ำอีก 10 ไมโครลิตร คลุมด้วยถุงพลาสติกที่พ่นด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็น

กรมวิชาการเกษตร

เวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาจุ่มผลส้มลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิต่างๆ ผึ่งให้แห้ง นำผลส้มเรียงใส่ตะกร้าพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20°C นาน 14 วัน เปรียบเทียบ 9 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำๆละ 12 ผล

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม (จุ่มน้ำเปล่า)
กรรมวิธีที่ 2 น้ำร้อนอุณหภูมิ 50 °C นาน 3 นาที
กรรมวิธีที่ 3 น้ำร้อนอุณหภูมิ 50 °C นาน 5 นาที
กรรมวิธีที่ 4 น้ำร้อนอุณหภูมิ 52 °C นาน 3 นาที
กรรมวิธีที่ 5 น้ำร้อนอุณหภูมิ 52 °C นาน 5 นาที
กรรมวิธีที่ 6 น้ำร้อนอุณหภูมิ 55 °C นาน 3 นาที
กรรมวิธีที่ 7 น้ำร้อนอุณหภูมิ 55 °C นาน 5 นาที
กรรมวิธีที่ 8 สารเคมีโพรคลอราช 0.025% นาน 5 นาที
กรรมวิธีที่ 9 สารเคมีอิมาซาลิล 0.05% นาน 5 นาที

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) บันทึกข้อมูล การเกิดโรค และความรุนแรงของโรค

4.ทดสอบประสิทธิภาพการใช้สารกลุ่มปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อนในการควบคุมโรคผลเน่าบนผลส้ม คัดเลือกส้มสายน้ำผึ้ง จากสวนในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ มาปลูกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าลงบนผลส้ม โดยทำแผลผลส้มด้วยเข็มที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเจาะลงบนผลส้มลึกประมาณ 0.2 มิลลิเมตร ห่างจากขั้วผล 1 เซนติเมตร ทั้งสองข้างของผลส้ม หยดสปอร์แขวนลอยความเข้มข้น $1x10^6$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร จำนวน 20 ไมโครลิตรต่อ 1 แผล ทำการหยดสปอร์แขวนลอยครั้งละ 10 ไมโครลิตร รอจนแห้งแล้วหยดซ้ำอีก 10 ไมโครลิตร คลุมด้วยถุงพลาสติกที่พ่นด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจุ่มผลส้มในสารกลุ่มปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อน ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าของส้มที่เกิดจากเชื้อรา *Penicillium digitatum* ได้ดี (คัดเลือกจากผลการทดลองข้อ 2 และ 3) ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำผลส้มเรียงใส่ตะกร้าพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 14 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด จำนวน 4 ซ้ำๆละ 12 ผล บันทึกข้อมูล การเกิดโรค และความรุนแรงของโรค

กิจกรรมที่ 2 วิธีการควบคุมการปนเปื้อนเชื้อราและสารพิษ

การทดลองที่ 2.1ผลของวิธีการตากและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน บี1 ในถั่วลิสงหลังการเก็บเกี่ยว

1.สำรวจแปลงปลูกถั่วลิสงและขั้นตอนการดำเนินงานหลังการเก็บเกี่ยวของเกษตรกร คัดเลือกพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมจำนวน 1 แหล่งปลูก เพื่อใช้ในการทดสอบกรรมวิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

2.เปรียบเทียบวิธีการตากเพื่อลดความชื้นหลังการเก็บเกี่ยว วางแผนการทดลองแบบ RCB มีแถวแปลงปลูกเป็นบล็อค จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีกรรมวิธีต่าง ๆ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 (T1) นำถั่วลิสงที่ผ่านการปลิดฝักไปอบแห้งด้วยเครื่องอบลดความชื้นแบบอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (°C) ถั่วลิสงที่ใช้ในการทดลอง 197 กิโลกรัม อบนาน 34 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 2 (T2) นำถั่วลิสงที่ผ่านการปลิดฝักไปตากบนตะแกรงตากในโรงเรือน นาน 18 วัน อุณหภูมิในช่วงกลางวันเฉลี่ย 26-38 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 64-85 เปอร์เซ็นต์ (%)

กรรมวิธีที่ 3 (T3) นำถั่วลิสงที่ผ่านการปลิดฝักไปล้างน้ำ และตากบนตาข่ายมุ้งไนลอนบนพื้นปูน นาน 7 วัน (กรรมวิธีเกษตรกรปฏิบัติ) อุณหภูมิในช่วงกลางวันเฉลี่ย 29-36 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 64-73%

บันทึกข้อมูล เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี-เสีย (โดยน้ำหนัก) ความชื้นเมล็ด ตรวจสอบเชื้อรากลุ่มที่สร้างสารพิษในแปลงปลูก การปนเปื้อนเชื้อราในเมล็ด วิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อน AFB1

กรมวิชาการเกษตร

3.ทดสอบวิธีการตากร่วมกับระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเมล็ด วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีปัจจัย 2 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยหลัก คือ กรรมวิธีการตากเพื่อลดความชื้น 3 กรรมวิธี จากวิธีการข้อที่ 2

ปัจจัยรอง คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาถั่วลิสงก่อนการกะเทาะเปลือก 5 ระยะ คือ 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

บันทึกข้อมูล ถั่วลิสงที่ผ่านขั้นตอนการตาก และเก็บรักษา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน โดยบันทึกเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี-เสีย (โดยน้ำหนัก) วัดความชื้นเมล็ด การปนเปื้อนของเชื้อราในเมล็ด วิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนสาร AFB1 และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วลิสง

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน ในพริกแห้ง

1. การเตรียมพริกแห้ง นำพริกขี้หนูแดงเก็บเกี่ยวจากแปลงปลูกในเขต อ.หนองหงส์ จ.บุรีรัมย์ มาล้างน้ำทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ ตากในโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ (solar drying house) นาน 5 วัน ได้พริกแห้งที่มีปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน 4.48 µg/kg และความชื้น 12.36%

2. การเตรียมน้ำคั้นกระเทียมสด นำกระเทียมไทย จ.ศรีสะเกษ มาล้างน้ำสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ นำไปคั้นน้ำด้วยเครื่องคั้นน้ำชนิดแยกกาก และกรองด้วยผ้าขาวบาง

3. ความเข้มข้นของน้ำคั้นกระเทียมในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* บนอาหารพีดีเอ เตรียมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* ความเข้มข้น 1×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมในอาหารพีดีเอ ปริมาตร 400 มิลลิลิตร และเทอาหารพีดีเอที่ผสมสปอร์ของเชื้อรา ปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อจานเลี้ยงเชื้อ วางกระดาษกรอง (paper disc) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ลงบนผิวหน้าอาหาร จำนวน 4 จุด ต่อจานเลี้ยงเชื้อ หลังจากนั้นหยดน้ำคั้นกระเทียมลงบนกระดาษกรอง ปริมาตร 5 ไมโครลิตร ตามกรรมวิธีที่กำหนด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบ 5 กรรมวิธี จำนวน 6 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่เติมน้ำกระเทียม)

กรรมวิธีที่ 2 น้ำคั้นกระเทียม 25%

กรรมวิธีที่ 3 น้ำคั้นกระเทียม 50%

กรรมวิธีที่ 4 น้ำคั้นกระเทียม 75%

กรรมวิธีที่ 5 น้ำคั้นกระเทียม 100%

บันทึกผลเมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่การยับยั้ง (clear zone) การเจริญของเชื้อรา *A. flavus* (เซนติเมตร) บนผิวหน้าอาหาร

4. ศึกษาความสามารถของเชื้อรา *A. flavus* ในการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง ทำการชั่งพริกแห้งใส่ถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน หรือถุงร้อน (polypropylene, PP) น้ำหนัก ถุงละ 100 กรัม ตามกรรมวิธีที่กำหนด มัดปากถุงให้แน่นด้วยยางวง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง วิเคราะห์ผลด้วยการทดสอบ t-test เปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี จำนวน 10 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (เติมน้ำนึ่งฆ่าเชื้อ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร)

กรรมวิธีที่ 2 เติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* ความเข้มข้น 1×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

บันทึกข้อมูลความชื้น และตรวจปริมาณสารอะฟลาทอกซิน เมื่อครบเวลา 7 วัน 14 วัน และ21 วัน

5. ผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อคุณภาพของพริกแห้ง ทำการชั่งพริกแห้งใส่ถุงพลาสติก PP น้ำหนักถุงละ 50 กรัม ตามกรรมวิธีที่กำหนด มัดปากถุงให้แน่น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง วางแผนการทดลองแบบ Split plot design จัดเรียงตัวอย่างแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำมี 3 หน่วยทดลอง ดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

Main plot = 4 (M1 = น้ำ M2 = น้ำคั้นกระเทียม 100% M3 = สารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร และ M4 = น้ำคั้นกระเทียม และเชื้อรา *A. flavus*)

Sub plot = 5 (S1 = 7 วัน S2 = 14 วัน S3 = 21 วัน S4 = 28 วัน และ S5 = 35 วัน)

กรรมวิธีที่ 1 เติมน้ำนึ่งฆ่าเชื้อ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 2 เติมน้ำคั้นกระเทียม 100% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 3 เติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 4 เติมน้ำคั้นกระเทียม 100% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร คลุกเคล้าให้ทั่ว หลังจากนั้นเติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

บันทึกข้อมูลค่าความชื้น ปริมาณสารอะฟลาทอกซิน ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* ในพริกแห้ง เมื่อครบเวลา 7 วัน 14 วัน 21 วัน 28 วัน และ 35 วัน

6. ผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง ทำการชั่งพริกแห้งใส่ถุงพลาสติก PP น้ำหนัก ถุงละ 30 กรัม ตามกรรมวิธีที่กำหนด มัดปากถุงให้แน่น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง วิเคราะห์ผลด้วยการทดสอบ t-test เปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี จำนวน 10 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำมี 2 หน่วยทดลอง ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* ความเข้มข้น 1×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 2 เติมน้ำคั้นกระเทียม 100% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร คลุกให้ทั่ว หลังจากนั้นเติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

บันทึกข้อมูลปริมาณสารอะฟลาทอกซิน เมื่อครบเวลา 7 วัน 14 วัน 21 วัน 28 วัน และ 35 วัน

7. พริกแห้งคลุกน้ำกระเทียมเก็บรักษานาน 2 เดือน ทำการชั่งพริกแห้งใส่ถุงซิปเมทัลไลท์ ถุงละ 50 กรัม จำนวน 180 ถุง ทำตามกรรมวิธีที่กำหนด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง วางแผนการทดลองแบบ Split plot design จัดเรียงตัวอย่างแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำมี 2 หน่วยทดลอง

Main plot = 3 (M1 = น้ำคั้นกระเทียม 100% M2 = เชื้อรา *A. flavus* และ M3 = น้ำคั้นกระเทียม 100% + เชื้อรา *A. flavus*)

Sub plot = 2 อายุการเก็บรักษา (S1 = 1 เดือน และ S2 = 2 เดือน)

กรรมวิธีที่ 1 เติมน้ำคั้นกระเทียม 100% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 2 เติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* 1×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 3 เติมน้ำคั้นกระเทียม 100% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร คลุกเคล้าให้ทั่ว หลังจากนั้นเติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* 1×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

การบันทึกข้อมูล ค่าความชื้น ปริมาณสารอะฟลาทอกซิน และปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* ในพริกแห้ง เมื่อครบเวลา 1 และ 2 เดือน

กิจกรรมที่ 3 พัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษจากเชื้อรา

1. การเตรียมชุดตรวจสอบสารโอคราทอกซิน เอ ด้วยเทคนิค Lateral Flow Immunoassay การติดฉลากแอนติบอดีต่อสารโอคราทอกซิน เอ ด้วยอนุภาคทอง (colloidal gold-labeled antibody) นำสารละลายอนุภาคทอง (colloidal gold) ขนาด 40 นาโนเมตร ปริมาตร 5,000 ไมโครลิตร ปรับความเป็นกรด-ด่างให้ได้ 8.6 ด้วยสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เติมแอนติบอดีต่อสารโอคราทอกซิน เอ ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร อัตราส่วนแอนติบอดีต่อสารโอคราทอกซิน เอ ต่ออนุภาคทองเท่ากับ 1:10 กวนสารละลายเป็นเวลา 60 นาที จากนั้นเติมโบวีนซีรัม อัลบูมิน (bovine serum albumin, BSA) ให้มีความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ กวนสารละลาย เป็นเวลา 60 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็น

กรมวิชาการเกษตร

เวลา 15 นาที ทิ้งส่วนใส ละลายตะกอนอนุภาคทองที่เชื่อมติดกับแอนติบอดีต่อสารโอคราทอกซิน เอ (colloidal gold-labeled antibody) ด้วยสารละลายสูตรต่างๆ ดังนี้

สูตร 1 น้ำกลั่น + 0.05M $NaH_2PO_4H_2O$+ 0.1M NaOH+ 1%BSA+ 0.1% NaN_3+ 10%sucrose

สูตร 2 0.01M PBS+ 1%BSA+ 1%PEG8000 + 0.05% NaN_3+ 10%sucrose

สูตร 3 0.02M BB+ 1%BSA+ 0.25%Tween20 + 0.05% NaN_3+ 10%sucrose

เตรียมแผ่นปล่อยตัวตรวจจับ (conjugate released pad) นำแผ่นปล่อยตัวตรวจจับที่ตัดให้มีขนาดกว้างประมาณ 0.7 เซนติเมตร มาวางบนกระดาษสะอาด ทาอนุภาคทองที่เชื่อมติดกับแอนติบอดีต่อสารโอคราทอกซิน เอ ที่เตรียมได้ลงบนแผ่นปล่อยตัวตรวจจับให้ทั่ว โดยใช้สารละลายตะกอนอนุภาคทองที่เชื่อมติดกับแอนติบอดีต่อสารโอคราทอกซิน เอ อัตรา 6 ไมโครลิตรต่อเซนติเมตร บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ห่อด้วยกระดาษหรือถุงอลูมินั่มฟอยล์ แล้วเก็บในที่แห้ง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการเตรียมชุดทดสอบต่อไป

การขีดเส้นทดสอบ (test line, T) และเส้นควบคุม (control line, C) ติดกระดาษไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose Membrane) ลงบนแผ่นติดส่วนประกอบชุดทดสอบ (plastic backing card) ขีดเส้นทดสอบและเส้นควบคุม ลงบนกระดาษไนโตรเซลลูโลส โดยใช้ปากกาหมึกซึมจุ่ม OTA-BSA ความเข้มข้นที่ 0.5 0.8 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 ไมโครลิตรต่อเซนติเมตร ขีดลงที่ตำแหน่งเส้นทดสอบ และปากกาอีกด้ามจุ่ม goat anti- rabbit IgG ความเข้มข้น 0.5 0.8 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 ไมโครลิตรต่อเซนติเมตร ขีดลงตรงตำแหน่งเส้นควบคุม ให้แต่ละเส้นห่างกัน 0.5 เซนติเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

การประกอบชุดตรวจสอบสารโอคราทอกซิน เอ นำชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยแผ่นรองรับตัวอย่าง (sample application pad) แผ่นปล่อยตัวตรวจจับ (conjugate release pad) กระดาษไนโตรเซลลูโลส (nitrocellulose membrane) แผ่นดูดซับตัวอย่าง (absorbent pad) แผ่นติดส่วนประกอบชุดทดสอบ (plastic backing card) มาประกอบเป็นชุดตรวจสอบ lateral flow immunoassay หรือ strip test ตัดชุดทดสอบให้มีความกว้าง 0.4 เซนติเมตร แล้วใส่ลงในตลับ (cassettes) เก็บชุดตรวจสอบไว้ในที่แห้ง อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. การทดสอบความเข้มข้นของสารโอคราทอกซิน เอ ต่ำสุดที่สามารถตรวจจับได้ เตรียมสารพิษโอคราทอกซิน เอ มาตรฐาน (OTA standard) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 0 5 10 25 50 และ 100 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร หยดสารพิษมาตรฐานลงในแผ่นรองรับตัวอย่าง ถ้าชุดตรวจสอบสามารถตรวจจับสารพิษได้ที่ระดับความเข้มข้นใดจะไม่เกิดสีม่วงแดง หรือมีสีจาง ปรับความเข้มข้นและปริมาตรของ OTA-BSA และ goat anti-rabbit IgG ในการขีดเส้นทดสอบ และเส้นควบคุม เพื่อให้ได้ระดับความเข้มข้นสารพิษต่ำสุดที่ชุดตรวจสอบสามารถตรวจจับได้

3. การเตรียมตัวอย่างสำหรับการตรวจวิเคราะห์ การเตรียมตัวอย่างสำหรับการตรวจวิเคราะห์ ทำการเติมสารพิษโอคราทอกซิน เอ มาตรฐาน ในตัวอย่างทดสอบ ได้แก่ ข้าวกล้อง และกาแฟ ให้มีความเข้มข้น 0 5 10 25 และ 50 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แบ่งตัวอย่างออกเป็น 3 ส่วน สำหรับการตรวจสอบด้วยชุดทดสอบที่เตรียมได้ เทียบกับวิธี HPLC และ ELISA

ตัวอย่างสำหรับการตรวจวิเคราะห์ด้วยชุดตรวจสอบที่ผลิตได้ เตรียมโดยบดตัวอย่างให้ละเอียด ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 10 กรัม สกัดสารพิษด้วยเมทานอล เข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 1:4) เจือจางสารสกัดด้วย 0.01 M Phosphate Buffer Saline (PBS) + 2% PEG ที่อัตราส่วน 1:1 หยดสารสกัดที่เจือจางแล้ว 3 หยด ลงในช่องสำหรับหยดตัวอย่าง

ผลการทดลองและอภิปราย (Results and Discussion)

กิจกรรมที่ 1 การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวโดยผสมผสานวิธีการ

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.1 วิธีการยืดอายุการเก็บรักษาพริกขี้หนูสดเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อราและโรคแอนแทรคโนส

1. แยกเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกขี้หนูแดง

โคโลนีมีลักษณะกลมขอบเรียบเจริญเป็นวงแหวน (concentric ring) เส้นใยสีขาวอมเทาฟูเล็กน้อย สร้างกลุ่มสปอร์สีส้มบริเวณกลางโคโลนี และมีการสร้างโครงสร้างลักษณะคล้ายหนาม เรียกว่า ซีเต้ (setae) สีน้ำตาลดำ ลักษณะของสปอร์ เซลล์เดียว ไม่มีสี รูปพระจันทร์เสี้ยว ซึ่งตรงกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาตามเกณฑ์ของ Sutton (1980) เป็นเชื้อรา *Colletotrichum capsici* เก็บเชื้อราบริสุทธิ์ไว้ใน slant agar เพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

2. ทดสอบวิธีการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกขี้หนูสด

วิธีการใช้น้ำร้อนมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส ผลพริกที่แช่น้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 และ 5 นาที มีขนาดแผล 0.01-0.02 เซนติเมตร และการเกิดโรค 11.67-23.33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบวิธีการควบคุมโรคแอนแทรคโนสวิธีอื่นๆ (การใช้กรดซาลิไซลิก และรังสียูวีซี) มีขนาดแผล 0.94-1.11 เซนติเมตร และการเกิดโรค 91.67-94.82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกรรมวิธีควบคุม (น้ำ) และ สารเคมีโพรคลอราช 100 มิลลิกรัม/ลิตร มีขนาดแผล 1.15 และ 0.48 เซนติเมตร และการเกิดโรค 89.82 และ 61.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3. ทดสอบวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาร่วมกับวิธีการควบคุมโรคแอนแทรคโนสและลดการปนเปื้อนเชื้อราบนผลพริกขี้หนูสด

3.1ศึกษาผลของวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาร่วมกับวิธีการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ และการปนเปื้อนของเชื้อราบนผลพริกขี้หนูหลังการเก็บเกี่ยว

การปนเปื้อนเชื้อราบนขั้วและก้านของผลพริกเริ่มพบ หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน บริเวณขั้วและก้านของผลพริกที่จุ่มในน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) มีการปนเปื้อนของเชื้อรา 36.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลพริกที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส ทุกกรรมวิธี หลังเก็บรักษาผลพริกเป็นเวลา 21 และ 28 วัน มีการปนเปื้อนของเชื้อรา 0.80-6.40 เปอร์เซ็นต์ และ 4.00-13.60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลพริกที่จุ่มน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) มีการปนเปื้อนของเชื้อรา 77.60 และ 97.60 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับงานวิจัยของบุญญวดี และคณะ (2562) การจุ่มผลพริกในน้ำร้อน 50-52 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที ร่วมกับการเก็บผลพริกที่อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส สามารถลดการเข้าทำลายของเชื้อรา *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. ได้ดี ซึ่งเชื้อราทั้งสองชนิดนี้เป็นเชื้อราที่เข้าทำลายบริเวณขั้วและก้านของผลพริกระหว่างการเก็บรักษา และงานวิจัยของ Fellik *et al.,* (1999) การจุ่มผลพริกในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที สามารถ ลดการเข้าทำลายของเชื้อรา *Botrytis cinerea* และ *Alternaria alternate* ระหว่างการเก็บรักษา

การเก็บรักษาผลพริกขี้หนูในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลพริก พบว่าผลพริกที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที แล้วนำมาจุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ นาน 3 นาที นำมาบรรจุในถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีน (PP) มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด หลังเก็บรักษา 7, 14, 21 และ 28 วัน มีการสูญเสียน้ำหนัก 0.08, 0.22, 0.44 และ 0.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ผลพริกบรรจุในถาดโพลิโพรพิลีน (PP) หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลิเอธิลีน (PE) มีการสูญเสียน้ำหนัก 0.28-0.37, 0.44-0.68, 1.20-1.63 และ 1.80-2.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการสูญเสียน้ำหนักของผลพริกจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผลพริกที่บรรจุในถุงพลาสติก PP มีการสูญเสียน้ำหนักน้อย อาจเนื่องมากจากพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน (PP) มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 100-300 กรัม.ไมโครเมตร/ตารางเมตร.วัน ซึ่งต่ำกว่าพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีน (LDPE) มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 375-500 กรัม.ไมโครเมตร/ตารางเมตร.วัน (Mangaraj *et al.,* 2009) ทำให้การสูญเสียน้ำหนักของผลพริกบรรจุถุงพลาสติก PP น้อยกว่าผลพริกบรรจุถาดโพลิโพรพิลีน (PP) หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลิเอธิลีน (PE)

กรมวิชาการเกษตร

ความแน่นเนื้อของผลพริกหลังการเก็บรักษาครบ 7 14 และ 28 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยหลังการเก็บรักษา 21 วัน ผลพริกทุกกรรมวิธีที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที มีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติมีค่าเท่ากับ 19.05-20.37 นิวตัน เมื่อเปรียบเทียบกับผลพริกที่จุ่มน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) มีความแน่นเนื้อ 22.23 นิวตัน ซึ่งผลพริกที่จุ่มในน้ำร้อนเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้ค่าความแน่นเนื้อลดลง อย่างไรก็ตามสามารถเพิ่มความแน่นเนื้อให้ผลพริกได้ โดยการนำผลพริกที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส แล้วจุ่มผลพริกในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ บรรจุในถุงพลาสติก PP ทำให้ผลพริกมีค่าความแน่นเนื้อ 20.37 นิวตัน ใกล้เคียงกับกรรมวิธีควบคุม การใช้สารประกอบแคลเซียม เช่น $CaCl_2$ สามารถช่วยรักษาคุณภาพของผลผลิตป้องกันความผิดปกติทางสรีรวิทยา ช่วยลดอัตราการหายใจของผลผลิตพืชได้ ชะลอการละลายของสารประกอบแพกทินบริเวณผนังเซลล์พืช ทำให้ผนังเซลล์ของพืชมีความแข็งแรง และทำให้กระบวนการสุกแก่ของผลเกิดช้าลง (Burns and Pressey, 1987; Salunkhe and Desai, 1984; Magee *et al.,* 2002)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลพริก สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงสีของผลพริกดูจากค่าความสว่าง (L) ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีในช่วงสีเขียว-แดง (a) และค่าการเปลี่ยนแปลงของสีในช่วงสีน้ำเงิน-เหลือง (b) หลังจากการเก็บรักษาผลพริกครบ 7 วัน พบว่า ค่า L และ ค่า b มีความแตกต่างทางสถิติ ผลพริกทุกกรรมวิธีที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที มีค่า L อยู่ในช่วง 33.92-34.52 และค่า b อยู่ในช่วง 31.93-34.16 สูงกว่าผลพริกที่จุ่มในน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) มีค่า L 32.90 และค่า b 29.74 ส่วนค่า a ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามค่า a ของผลพริกทุกกรรมวิธีที่จุ่มในน้ำร้อนมีค่าสูงกว่าผลพริกที่จุ่มในน้ำ และเมื่อเก็บรักษาผลพริกครบ 14, 21 และ 28 วัน ค่า L ค่า a และ ค่า b มีความแตกต่างทางสถิติ และพบว่าผลพริกทุกกรรมวิธีที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส มีค่า L ค่า a และ ค่า b สูงกว่าผลพริกที่จุ่มในน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) ผลพริกทุกกรรมวิธีที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที มีค่า L อยู่ในช่วง 34.25-35.81 ค่า a อยู่ในช่วง 42.12-45.03 และค่า b อยู่ในช่วง 30.01-34.17 สีเปลือกของผลพริกใกล้เคียงกับสีเปลือกของผลพริกหลังเก็บเกี่ยว โดยวันที่ 0 ผลพริกมีสีเริ่มต้นเป็นสีส้มแดงสว่าง มีค่า L 34.72 ค่า a 42.29 และค่า b 32.05 เมื่อเปรียบเทียบกับผลพริกกรรมวิธีควบคุม หลังจากเก็บรักษาครบ 14, 21 และ 28 วัน มีค่า L อยู่ในช่วง 30.21-32.36 ค่า a อยู่ในช่วง 39.84-40.71 และค่า b อยู่ในช่วง 24.78-26.93 สีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีแดงคล้ำมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น การนำผลผลิตจุ่มน้ำร้อนในระดับอุณหภูมิที่เหมาะสม สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพได้ด้วยการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ ACC synthase และเอนไซม์ ACC oxidese ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์เอทิลีน ซึ่งเป็นฮอร์โมนการกระตุ้นการสุกของผลผลิต (Yang *et. al.*. 2009.) และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (อภิรดีและคณะ, 2555) การจุ่มพริกขี้หนูพันธุ์ซุปเปอร์ฮอทในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 4 นาที จึงช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก รักษาความแน่นเนื้อ และชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้ แต่หากใช้อุณหภูมิถึง 55 องศาเซลเซียส จะทำให้เนื้อเยื่อเสียหาย พริกจึงช้ำและมีสีดำ (อโนชา, 2556)

3.2 ศึกษาผลของวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาร่วมกับวิธีการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกต่อการควบคุมโรคแอนแทรคโนส

การใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกขี้หนูที่ปลูกเชื้อรา *C. capsici* (จากผลการทดลองข้อ 2) ร่วมกับวิธีการยืดอายุโดยเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม 2 ชนิด คือ ถาดพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) หุ้มด้วยฟิลม์พลาสติกโพลิเอธิลีน (PE) และถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสารกลุ่มปลอดภัยที่มีคุณสมบัติในการยืดอายุผลพริก ช่วยรักษาความแน่นเนื้อของผลพริก เพื่อให้ผลพริกมีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น และควบคุมโรคแอนแทรคโนสได้ดี พบว่า ผลพริกที่ปลูกเชื้อรา *C. capsici* ทุกกรรมวิธี หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ยังไม่พบอาการของโรคแอนแทรคโนส เริ่มพบการเกิดโรคบางเล็กน้อยหลังจากเก็บรักษาครบ 14 วัน ซึ่งไม่มีความ

กรมวิชาการเกษตร

แตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธี เมื่อเก็บผลพริกครบ 21 และ 28 วัน ผลพริกที่จุ่มน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส มีขนาดแผล 0.08-0.12 และ 0.15-0.19 เซนติเมตร และการเกิดโรค 48.33-66.67 และ 56.67-65.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลพริกที่จุ่มน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) มีขนาดแผล 0.17 และ 0.57 เซนติเมตร และการเกิดโรค 81.67 และ 100.00 เปอร์เซ็นต์ ผลพริกที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส แล้วนำมาจุ่มต่อด้วยแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 % ทำให้พริกมีขนาดแผลที่แสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส เล็กกว่าผลพริกที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส เพียงอย่างเดียว แต่อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างทางสถิติ การใช้สารประกอบแคลเซียมช่วยส่งเสริมการเจริญของพืช จึงสามารถป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อโรค และช่วยยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยว (Akhtar *et al.,* 2010)

การทดลองที่ 1.2 ศึกษาผลของสารกลุ่มปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อนในการควบคุมโรคผลเน่าของส้มจากเชื้อรา

1. แยกเชื้อและจำแนกชนิดของเชื้อสาเหตุโรคผลเน่าของส้ม

จากการเก็บตัวอย่างส้มที่แสดงอาการโรคผลเน่า นำมาแยกเชื้อรา พบโคนิดิโอฟอรเปนแบบแตกกิ่งกานเปน 1-3 ชั้น สวนปลายกานโคนิดิโอฟอรแตกแขนงเปนไฟอะลายด์หรือเมตูเล มีลักษณะเปนลูกชมพูให้กำเนิดโคนิเดียเรียกวาไฟอะโลสปอรรูปรางกลม เกิดตอกันเปนโซยาว ซึ่งตรงกับลักษณะทางสัณฐานของเชื้อรา *Penicillium digitatum*

2. ทดสอบประสิทธิภาพการใช้สารกลุ่มปลอดภัย ในการควบคุมโรคผลเน่าบนผลส้ม

เมื่อทดสอบประสิทธิภาพสารปลอดภัยในการควบคุมโรคผลเน่าในส้มที่มีการปลูกเชื้อรา *P. digitatum* บนส้ม นาน 24 ชม.พบว่าส้มที่แช่ในโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 3.00% และกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 0.10% นาน 5 นาที ให้ผลในการควบคุมโรคผลเน่าได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใช้สารเคมีโพรคลอราซ ความเข้มข้น 0.025% และสารเคมีอิมาซาลิล ความเข้มข้น 0.50% พบว่าโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 3.00% และกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 0.10% มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติสามารถใช้ทดแทนการใช้สารเคมีโพรคลอราซและสารเคมีอิมาซาลิลในผลส้มได้ สอดคล้องกับรายงานของ Lai (2015) การใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 0.6% หลังการเก็บรักษา 8 วัน ลดการเกิดโรคและขนาดแผลในผลสาลี่ได้ 43.33% และ 1.12 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เนื่องจากโซเดียมไบคาร์บอเนตจะไปทำลายในส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ (plasma membrane) ของสปอร์เชื้อรา (Lai *et al.*,2015) นอกจากนี้ โซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่าง มีส่วนประกอบคือโซเดียมและไบคาร์บอเนต ซึ่งในโซเดียมหรือเกลือนั้นมีความเป็นพิษต่อเชื้อจุลินทรีย์โดยตรง ทำให้เกิด Dehydration ของเซลล์ เป็นเหตุให้เซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์เกิดการเสียน้ำอย่างแรง (plasmolysis) เชื้อจุลินทรีย์จึงหยุดการเจริญเติบโต (กล้าณรงค์, 2521) ในส่วนของกรดซาลิไซลิกนั้น ให้ผลสอดคล้องกับรายงานของ Tian *et al.* (2006) พบว่ากรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ ลดการเน่าเสียของผลสาลี่ที่เกิดจากเชื้อรา *Alternaria alternata* โดยกรดซาลิไซลิกจะกระตุ้นผลสาลี่ให้มีการสร้างสารที่เกี่ยวข้องกับกลไกการต้านทานต่อเชื้อรา *A. alternata* เช่น เบต้า-1,3 กูลคาเนส, ฟีนิลอะลานีนแอมโมเนียไลเอส , เพอร์ออกซิเดส และ โพลีฟีนอลออกซิเดส นอกจากกรดซาลิไซลิกจะใช้เพื่อลดการเกิดโรคแล้ว กรดซาลิไซลิกอาจจะเกี่ยวข้องกับระบบ signal transduction ซึ่งจะไปชักนำให้พืชเกิดความต้านทานโดยการสร้างสารต่างๆ เช่น โพลีฟีนอล หรือ Pathogenesis-related protein (PR-protein) (Hahlbrock and scheel, 1989) โดย PR-protein ช่วยให้พืชมีความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคได้ เช่น เอนไซม์ไคติเนส และกูลคาเนส จัดเป็น PR-protein ที่พืชสร้างขึ้นเพื่อตอบสนองต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคและสภาวะกดดันต่างๆ (Bowles, 1990)

กรมวิชาการเกษตร

จากผลการทดลองข้อ 2 ได้คัดเลือกสารกลุ่มปลอดภัยและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *P. digitatum* คือโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 3.00% นาน 5 นาที และกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 0.10% นาน 5 นาที มาทดสอบในขั้นต่อไป

3. ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำร้อนในการควบคุมโรคผลเน่าบนผลส้ม

เมื่อทดสอบประสิทธิภาพน้ำร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่ต่างกัน ในการควบคุมโรคผลเน่าในส้มที่มีการปลูกเชื้อรา *P. digitatum* บนส้ม นาน 24 ชม. พบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *P. digitatum* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลส้มที่แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55°c นาน 3 นาที และนาน 5 นาที มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าได้ผลดีเท่ากัน การเกิดโรค 50.00% และ 50.00% และดัชนีการเกิดโรค 12.50% และ 12.50% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใช้สารเคมีอิมาซาลิล ความเข้มข้น 0.05% และสารเคมีโพรคลอราซ ความเข้มข้น 0.025% พบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ การเกิดโรค 52.78% และ 54.17% ดัชนีการเกิดโรค 13.19% และ 13.54% สามารถใช้ทดแทนกันได้ ในขณะที่กรรมวิธีที่แช่ผลส้มในน้ำเพียงอย่างเดียว (กรรมวิธีควบคุม) พบการเกิดโรค 100.00% และดัชนีการเกิดโรค 77.61% ดังนั้นการจุ่มผลส้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55°c เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *P. digitatum* เนื่องจากช่วยลดปริมาณของจุลินทรีย์ที่อาศัยบริเวณผิวของส้ม (Porat *et al.*, 2000) และไม่ทำให้ผลส้มเกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อน (heat damage) ซึ่งผลจะมีสีคล้ำน้ำตาลได้

จากผลการทดลองข้อ 3 สามารถคัดเลือกอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมคือ น้ำร้อนอุณหภูมิ 55°c นาน 3 นาที เนื่องจากการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 55°c นาน 3 นาที และ 5 นาที ให้ผลในการควบคุมโรคผลเน่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จึงเลือกเพียงระยะเวลาเดียวเพื่อประหยัดเวลา มาทดสอบในการทดลองขั้นต่อไป

4. ทดสอบประสิทธิภาพการใช้สารกลุ่มปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อน ในการควบคุมโรคผลเน่าบนผลส้ม

นำส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งมาทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อน ในการควบคุมโรคผลเน่าในส้มที่มีการปลูกเชื้อรา *P. digitatum* บนส้ม นาน 24 ชม. โดยสารกลุ่มปลอดภัยที่คัดเลือกมาใช้คือ โซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 3.00% นาน 5 นาที และกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 0.10% นาน 5 นาที ส่วนอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมคือ น้ำร้อนอุณหภูมิ 55°c นาน 3 นาที ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *P. digitatum* การแช่ผลส้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55°c นาน 3 นาทีก่อนแล้วจึงแช่กรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 0.1% นาน 5 นาที ทีหลังเมื่อขึ้นจากน้ำร้อนและการแช่ผลส้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55°c นาน 3 นาที ก่อนแล้วจึงแช่โซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 3% นาน 5 นาที ทีหลังเมื่อขึ้นจากน้ำร้อนสามารถควบคุมโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *P. digitatum* ได้ 100% ซึ่งสามารถทดแทนสารเคมีอิมาซาลิลและสารเคมีโพรคลอราซได้ ในขณะที่กรรมวิธีที่แช่ผลส้มในน้ำเพียงอย่างเดียว พบการเกิดโรค 100.00% และดัชนีการเกิดโรค 36.98%

กิจกรรมที่ 2 วิธีการควบคุมการปนเปื้อนเชื้อราและสารพิษ

การทดลองที่ 2.1 ผลของวิธีการตากและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน บี1 ในถั่วลิสงหลังการเก็บเกี่ยว

1. สำรวจแปลงปลูกถั่วลิสงและขั้นตอนการดำเนินงานหลังการเก็บเกี่ยวของเกษตรกร คัดเลือกพื้นที่ปลูกถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 5 ใน อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น ซึ่งลักษณะเด่นของพันธุ์ คือ มีขนาดเมล็ดโตและให้ผลผลิตสูง เหมาะสำหรับใช้ในรูปถั่วกะเทาะเปลือก (ถั่วลิสงเมล็ดแห้ง) จากการสอบถามขั้นตอนการปฏิบัติงานของเกษตรกร พบว่า ถั่วลิสงที่จะทำเป็นเมล็ดแห้งจะเก็บเกี่ยวที่อายุประมาณ 100-110 วัน โดยการสุ่มถอนดูเมื่อเมล็ดถั่วลิสงแก่เต็มที่เปลือกฝักด้านในเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ 60-80% ถอนต้นถั่วลิสงและปลิดฝักทันที นำถั่วลิสงใส่ตะกร้าและนล้างน้ำเพื่อเอาดินที่ติดฝักออก จากนั้นนำไปตากบนตาข่ายมุ้งไนล่อนบนพื้นจนฝักแห้ง ใช้เวลาประมาณ 6-10 วัน

กรมวิชาการเกษตร

2. เปรียบเทียบวิธีการตากเพื่อลดความชื้นหลังการเก็บเกี่ยว นำถั่วลิสงมาทดสอบกรรมวิธีการตากแบบต่าง ๆ ซึ่งในช่วงทำการทดลองกลางวันสภาพอากาศมีอุณหภูมิสูง 36-39°C กลางคืนมีอุณหภูมิลดลงอยู่ที่ 23-29°C ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 64-69% และมีฝนตกหนักในช่วงทำการทดลองด้วย ซึ่งช่วงฝนตกความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงถึง 83-85% โดยกรรมวิธีที่ 1 ปลิดฝักถั่วลิสง และนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบลดความชื้นแบบอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40°C ซึ่งในการทดลองใช้ถั่วลิสงฝักสด 197 kg ใช้เวลาในการอบจนฝักแห้ง 36 ชั่วโมง กรรมวิธีที่ 2 ปลิดฝักถั่วลิสง นำไปตากบนตะแกรงตากในโรงเรือนจนเมล็ดถั่วลิสงแห้ง ซึ่งการตากไม่โดนแสงแดดโดยตรงจึงใช้เวลาในการตากนานถึง 18 วัน ความชื้นเมล็ดจึงลดลงต่ำกว่า 9% และกรรมวิธีที่ 3 ปลิดฝักถั่วลิสง ใส่ตะกร้านำไปล้างน้ำเพื่อนำเศษดินที่ติดฝักออก และตากบนตาข่ายมุ้งไนลอนบนพื้นปูน นาน 7 วัน

การวัดความชื้นเมล็ดหลังการเก็บเกี่ยวพบว่า ถั่วลิสงมีความชื้นเมล็ดเฉลี่ย 44.6-49.5% และหลังจากผ่านการตากแห้งตามกรรมวิธีต่าง ๆ ความชื้นเมล็ดลดลง โดยมีความชื้นเมล็ดเฉลี่ย 5.9-6.0% สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2553) ได้ออกมาตรฐานสินค้าเกษตร การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับถั่วลิสง โดยมีคำแนะนำสำหรับฝกถั่วลิสงที่ปลิดเป็นถั่วลิสงสดทั้งเปลือกทันทีหลังถอน ให้ตากจนมีความชื้นของเมล็ดไม่เกิน 12% ภายใน 4 วัน และไม่เกิน 9% ภายใน 7 วัน

จากการคัดแยกเมล็ดดีและเมล็ดเสียจากถั่วลิสงที่ผ่านการตากแต่ละกรรมวิธี พบว่า กรรมวิธีที่ 3 พบเมล็ดดีสูงเฉลี่ย 97.4% (โดยน้ำหนัก) รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 2 และ 1 มีปริมาณเมล็ดดี 94.6% และ 86.6% ตามลำดับ โดยพบเมล็ดเสียมากในกรรมวิธีที่ 1 เฉลี่ย 13.4% (โดยน้ำหนัก) รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 2 และ 3 พบปริมาณเมล็ดเสียเฉลี่ย 5.4% และ 2.6% ตามลำดับ ซึ่งปริมาณเมล็ดเสียที่พบมากในกรรมวิธีที่ 1 ส่วนใหญ่เป็นเมล็ดลีบ แบน สีคล้ำ ที่เกิดจากการอบแห้ง เนื่องจากในการอบด้วยอุณหภูมิเท่ากันขนาดเมล็ดที่เล็กและไม่สมบูรณ์จะเกิดความเสียหายจากความร้อนได้ง่าย

การตรวจสอบเชื้อราที่พบปนเปื้อนในดินแปลงปลูกถั่วลิสง ด้วยวิธี soil dilution plate พบว่า ดินในแปลงปลูกมีการปนเปื้อนเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยวในกลุ่ม *Penicillium* มากสุดเฉลี่ย 3.05×10^4 cfu/ml รองลงมาคือ *Aspergillus terreus* 1.11×10^4 cfu/ml *Eurotium* sp. 0.83×10^4 cfu/ml และ *A. niger* 0.55×10^4 cfu/ml

ผลการปนเปื้อนเชื้อราในถั่วลิสงหลังการตาก พบว่า ถั่วลิสงหลังการตากมีการปนเปื้อนเชื้อราในกลุ่ม *Penicillium* มาก โดยกรรมวิธีที่ 3 พบปนเปื้อนมากที่สุด เฉลี่ย 83.3% รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 1 และ 2 พบปนเปื้อน 66.7% และ 36.7% ตามลำดับ และเชื้อราที่พบปนเปื้อนรองลงมาคือ *A. niger* จากกรรมวิธีที่ 2 พบการปนเปื้อนสูงสุดเฉลี่ย 25.0% รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 3 และ 1 พบการปนเปื้อน 13.3% และ 3.3% ตามลำดับ และไม่พบการปนเปื้อนเชื้อรา *A. flavus* แต่พบการปนเปื้อนเชื้อรา *Eurotium* sp. 1.7-6.7% ซึ่ง *Eurotium* sp. เป็นระยะการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* Chein *et al.* (2019) ได้สำรวจและเก็บตัวอย่างถั่วลิสงจากโรงเก็บของเกษตรกร ผู้รวบรวม และผู้ค้าส่ง ในสาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า จำนวน 640 ตัวอย่าง พบว่าถั่วลิสงมีการปนเปื้อนเชื้อรา *A. flavus* 38 ไอโซเลท *A. niger* 20 ไอโซเลท *A. terreus* 15 ไอโซเลท *P. citrinum* 12 ไอโซเลท ซึ่งแตกต่างจากในการทดลองนี้อาจเนื่องจากดินในแปลงปลูกที่ทำการทดลองพบเชื้อราในกลุ่ม *Penicillium* มาก และการปนเปื้อน *A. flavus* มักพบมากในระยะการเก็บรักษา

จากการทดสอบกรรมวิธีการตาก พบว่า ทั้ง 3 กรรมวิธีมีการปนเปื้อน AFB1 ไม่แตกต่างกัน โดยกรรมวิธีที่ 2 (การตากบนตะแกรงตากในโรงเรือน) พบการปนเปื้อน AFB1 มากสุด เฉลี่ย 7.0 µg/kg รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 1 (อบแห้งด้วยเครื่องอบลดความชื้น) และกรรมวิธีที่ 3 (ตากบนตาข่ายมุ้งไนลอนบนพื้นปูน) โดยพบการปนเปื้อน เฉลี่ย 6.9 และ 4.1 µg/kg ตามลำดับ เนื่องจากในกระบวนการตากแห้งทั้ง 3 วิธี เมล็ดไม่มีการสัมผัสพื้นดินโดยตรง ทำให้เมล็ดไม่พบการปนเปื้อนเชื้อรา *A. flavus* รวมทั้งมีความชื้นเมล็ดต่ำกว่า 9% และพบการปนเปื้อนอะฟลาทอกซินต่ำกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน (2563) ให้คำแนะนำการปฏิบัติหลังการเก็บ

กรมวิชาการเกษตร

เกี่ยว โดยแนะนำให้ตากบนตะแกรงตาข่าย แคร่ หรือผ้าใบ ไม่ให้ฝักสัมผัสพื้นดิน ควรพลิกกลับกองถั่วประมาณ 2-3 ครั้งต่อวัน เพื่อช่วยให้ฝักแห้งเร็วขึ้น ถ้าเป็นช่วงที่แดดจัดใช้เวลาตาก 3-5 วัน เพื่อลดความชื้นให้ต่ำกว่า 9%

3. ทดสอบวิธีการตากร่วมกับระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเมล็ด

ถั่วลิสงที่ผ่านการตากตามกรรมวิธีต่าง ๆ บรรจุในกระสอบพลาสติกนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิโดยรอบในอาคารเป็นระยะเวลา 4 เดือน นำมาทดสอบการปนเปื้อนเชื้อราที่สร้าง AFB1 รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน และไขมันในเมล็ดทุกเดือน พบว่า ถั่วลิสงที่ผ่านการตากเพื่อลดความชื้นตามกรรมวิธีต่าง ๆ ในแต่ละเดือนส่วนใหญ่มีปริมาณเมล็ดดีมากกว่า 90% แต่ในช่วงเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา ถั่วลิสงในกรรมวิธีที่ 2 (T2) มีเมล็ดดีลดลงเหลือ 57.7% มีเมล็ดเสียสูงถึง 42.3% โดยน้ำหนัก เนื่องมาจากพบการเข้าทำลายของด้วงขาโต (*Caryedon serratus*) กัดกินเมล็ดจนเป็นรูพรุน ซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดจากการตากบนตะแกรงตากในโรงเรือนนานเกินไป โดยใช้เวลาในการตากนานถึง 18 วัน เมล็ดจึงมีความชื้นเหลือต่ำกว่า 9% ทำให้แมลงศัตรูพืชเข้ามาวางไข่ในช่วงระยะเวลาการตาก และเจริญเติบโตทำความเสียหายในช่วงเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา

ถั่วลิสงที่เก็บเกี่ยวใหม่จากแปลงมีความชื้นสูงถึง 44.6-49.5% เมื่อลดความชื้นด้วยกรรมวิธีต่างๆ ความชื้นเมล็ดลงเหลือ 5.9-6.0% มีความชื้นเมล็ดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในเดือนที่ 1 และ 2 ของการเก็บรักษา เป็น 6.4-6.8% และ 6.1-6.2% ตามลำดับ ในเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษา เมล็ดมีความชื้น 6.0-6.3% ซึ่งทุกกรรมวิธีทดลองมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเมล็ดต่ำกว่ามาตรฐานถั่วลิสงเมล็ดแห้งกำหนด (9%) โสภณ และ สนั่น (2554) แนะนำว่า การนำถั่วลิสงไปใช้ในรูปของถั่วเมล็ดแห้ง จำเป็นต้องมีวิธีการลดความชื้นของเมล็ดให้ลดต่ำจาก 30% จนถึง 12% ภายในระยะเวลาไม่เกิน 3 วัน จึงจะปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน เนื่องจากช่วงที่เมล็ดมีความชื้น 12-30% เหมาะแก่การเจริญและการสร้างอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *A. flavus* และ *A. parasiticus* มากที่สุด Zuza Jnr *et.al* (2018) ศึกษาพบว่าปริมาณความชื้นของเมล็ดถั่วลิสงมีผลอย่างมากต่อการเจริญของเชื้อราที่สร้างสารพิษและการสร้างสารอะฟลาทอกซิน วิธีการทำให้แห้งแบบต่างๆ มีผลแตกต่างกันต่อการสูญเสียความชื้นของเมล็ด โดยการสูญเสียความชื้นภายในเมล็ดจะเป็นไปอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อเทียบกับสัปดาห์ต่อๆ มา เนื่องจากเมล็ดหลังการเก็บเกี่ยวมีปริมาณน้ำอิสระในเมล็ดสูง ส่งผลให้เกิดอัตราการแพร่กระจายของน้ำจากเมล็ดสู่สภาพแวดล้อมเพิ่มขึ้นโดยการระเหยและสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว

การทดสอบการปนเปื้อนเชื้อราในเมล็ดถั่วลิสงในระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ก่อนการเก็บรักษา (เดือน 0) ทั้ง 3 กรรมวิธี พบการปนเปื้อนเชื้อรา *Penicillium* sp. สูง 36.7-83.3% รองลงมาคือ เชื้อรา *A. niger* 3.3-25.0% และ *Eurotium* sp. 1.7-6.7% ตามลำดับ หลังเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 เดือน ยังคงพบการปนเปื้อนของเชื้อรา *Penicillium* sp. และ *A. niger* มาก 28.3-58.3% และ 10.0-16.7% ตามลำดับ นอกจากนี้มีการปนเปื้อนเชื้อรา *Fusarium* sp. เล็กน้อย 1.7% ในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ส่วนเดือนที่ 2 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีที่ 2 มีการปนเปื้อนเชื้อราหลายชนิด พบ *Penicillium* sp. 60.0% *A. niger* 16.7% *A. terreus* 6.7% และ *Eurotium* sp. 1.7% ในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา พบการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* เล็กน้อยในกรรมวิธีที่ 2 และ 3 มีการปนเปื้อน 3.3% และ 1.7% ตามลำดับ ส่วนเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษาพบการปนเปื้อนของเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยวชนิดต่างๆ ลดลง แต่ในกรรมวิธีที่ 3 มีการพบเชื้อรา *Eurotium* sp. เพิ่มสูงขึ้น 21.7% การพบเชื้อรา *A. niger* สูง เนื่องจากเป็นเชื้อราที่เจริญได้ดีทั้งในสภาพอากาศค่อนข้างเย็นและร้อนชื้น อีกทั้งเป็นเชื้อราที่พบปนเปื้อนได้ทั้งในดินและผลิตผลเกษตรหลายชนิด ในส่วนของเชื้อรา *Penicillium* sp. ที่พบปนเปื้อนสูงมากกว่าเชื้อราชนิดอื่นๆ ในช่วงแรกของการเก็บรักษาเป็นผลมาจากการปนเปื้อนจากดินในแปลงปลูก เนื่องจากการสำรวจดินในแปลงปลูกถั่วลิสงที่ทำการทดลองพบมีเชื้อราในกลุ่ม *Penicillium* มาก จากรายงานของ Ding *et al*. (2015) ได้ศึกษาความแตกต่างของเชื้อราและสารอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงที่เก็บรักษาใน 4 พื้นที่ของประเทศจีน พบว่า พื้นที่ที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงอาจจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อรา *Aspergillus* และสารอะฟลาทอกซินในถั่วลิสง เช่นมณฑลหู

กรมวิชาการเกษตร

เป่ย์ตอนกลางของประเทศมีการปนเปื้อนเชื้อรา *Penicillium, Eurotium* และ *Aspergillus* สูง ส่วนมณฑลชานตงทางภาคตะวันออกพบ *Rhizopus, Emericella* และ *Clonostachys* เป็นส่วนใหญ่ และมณฑลกวางตุ้งทางตอนใต้ของจีนพบเชื้อรา *Eurotium*, *Aspergillus* และ *Emericella*

ทดสอบวิธีการตากและระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่า วิธีการตากเพื่อลดความชื้นร่วมกับระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการปนเปื้อน AFB1 ปริมาณโปรตีน และไขมัน โดยทุกกรรมวิธีที่ทำการทดสอบพบการปนเปื้อน AFB1 ไม่ค่าเกินมาตรฐานตามข้อกำหนดปริมาณอะฟลาทอกซินสำหรับเมล็ดถั่วลิสง (20 µg/kg) โดยในช่วง 3 เดือนแรกของการเก็บรักษาถั่วลิสงมีการปนเปื้อน AFB1 ไม่แตกต่างกัน เฉลี่ย 5.8-7.9 µg/kg แต่ในเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา ถั่วลิสงมีการปนเปื้อน AFB1 สูงขึ้น โดยถั่วลิสงที่ลดความชื้นด้วยกรรมวิธีที่ 2 พบการปนเปื้อน AFB1 สูงกว่ากรรมวิธีอื่น เฉลี่ย 13.0 µg/kg ซึ่งอาจเกิดจากการพบการปนเปื้อนเชื้อรา *A. flavus* ในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา และจากงานวิจัยของ Ding *et al*. (2015) พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษา *Aspergillus* มีการปนเปื้อนสูงในช่วง 7-12 เดือนของการเก็บรักษา มากกว่าช่วง 0-6 เดือน ซึ่งบ่งบอกถึงความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่จัดเก็บ โดยมีการปนเปื้อน AFB1 ในถั่วลิสง เพิ่มขึ้นในช่วงการเก็บรักษา 7-10 เดือน งานวิจัยของ Mutegi *et al.* (2013) พบว่า ถั่วลิสงที่เก็บรักษาในถุง polyethylene มีการปนเปื้อนอะฟลาทอกซินมากกว่าที่เก็บรักษาในถุง polypropylene และกระสอบปอ ถั่วลิสงแห้งควรบรรจุในภาชนะที่จะป้องกันความชื้นและการปนเปื้อนอะฟลาทอกซิน โดยเก็บไว้ในห้องที่แห้ง มีอากาศหมุนเวียนและการระบายอากาศที่ดี

นอกจากนี้นำเมล็ดถั่วลิสงมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน และไขมัน พบว่า เมล็ดถั่วลิสงจากการลดความชื้นทุกกรรมวิธีมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกัน แต่ในเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษาถั่วลิสงมีโปรตีนลดลงต่ำสุด โดยทุกกรรมวิธีมีโปรตีนเฉลี่ย 23.1% ในการวิเคราะห์ปริมาณไขมันพบว่า การตากทุกกรรมวิธีมีปริมาณไขมันในเมล็ดไม่แตกต่างกัน แต่ในเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษาถั่วลิสงมีปริมาณไขมันลดลง โดยวิธีที่ 1 ถั่วลิสงมีไขมันเฉลี่ย 39.8% รองลงมาคือ ถั่วลิสงจากวิธีที่ 3 และ 1 มีปริมาณไขมันเฉลี่ย 36.6 และ 36.3% ตามลำดับ Liu *et al*. (2019) การเก็บรักษามีผลต่อปริมาณไขมัน โปรตีน น้ำตาลทั้งหมด และความชื้นในถั่วลิสง แต่ไม่มีผลต่อปริมาณเถ้า โดยทั่วไปองค์ประกอบของกรดไขมันและกรดอะมิโนเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการออกซิเดชันของไขมันและการสูญเสียสารอาหารในระดับสูง

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง

1. ความเข้มข้นของน้ำคั้นกระเทียมในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* บนอาหารพีดีเอ

ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำกระเทียมตามลำดับ ดังนี้ 1.07 ซม. 1.63 ซม. 1.74 ซม. และ 1.90 ซม. เมื่อบ่มเชื้อนาน 24 ชั่วโมง และขนาดของ clear zone จะลดลงเมื่อบ่มนาน 48 ชั่วโมง ตามลำดับ 0.66 ซม. 0.82 ซม. 0.90 ซม. และ 1.01 ซม. จากผลการทดลอง clear zone เกิดล้อมรอบกระดาษกรองที่หยดน้ำกระเทียม สปอร์ของเชื้อรา *A. flavus* ที่ผสมอยู่ในอาหารพีดีเอจะไม่สามารถเจริญเข้ามาได้ เพียงแต่เจริญอยู่รอบนอก แสดงให้เห็นว่าน้ำกระเทียมมีผลยับยั้งการเจริญของสปอร์เชื้อรา ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในลักษณะเดียวกับ บุญญวดี และคณะ (2558) ทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* บนอาหารพีดีเอผสมน้ำคั้นกระเทียม 10% 5% 2.5% และ 1.25% พบว่าน้ำคั้นกระเทียมทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ 100% เช่นเดียวกับ Thanaboripat *et al*. (1997) รายงานสารสกัดหยาบของกระเทียม 10% (w/v) มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* บนอาหาร malt extract agar และ Bocate *et al*. (2021) ศึกษาการใช้สาร garlic essential oil ในรูปแบบสารระเหย พบว่า garlic essential oil ความเข้มข้นตั้งแต่ 2 µl/L ขึ้นไปสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. parasiticus* บนอาหารพีดีเอได้สมบูรณ์

2. ศึกษาความสามารถของเชื้อรา *A. flavus* ในการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง

กรมวิชาการเกษตร

เปรียบเทียบปริมาณสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งที่เติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* กับพริกแห้งที่เติมน้ำ (ชุดควบคุม) เก็บที่อุณหภูมิห้อง 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน พบว่า พริกแห้งที่เติมเชื้อรามีปริมาณสารอะฟลาทอกซินสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับพริกแห้งชุดควบคุม ดังนี้ พริกแห้งเติมเชื้อราพบสารอะฟลาทอกซิน 27.70 µg/kg 24.63 µg/kg และ 35.20 µg/kg พริกชุดควบคุมพบสารอะฟลาทอกซิน 10.08 µg/kg 6.10 µg/kg และ 8.82 µg/kg ตามลำดับ และที่เวลา 21 วัน มีค่า t-test สูงสุด เท่ากับ 17.9 เป็นช่วงเวลาที่มีการสร้างสารอะฟลาทอกซินสูงสุดเช่นกัน

สำหรับความชื้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างพริกแห้งเติมเชื้อรา *A. flavus* กับชุดควบคุม แต่ความชื้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นาน ดังนี้ ที่เวลา 21 วัน มีค่าความชื้นสูงสุด ในพริกแห้งเติมเชื้อ 15.98% พริกชุดควบคุม 15.95% รองลงมาที่เวลา 14 วัน และ 7 วัน ตามลำดับ ความชื้นที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการเติมเชื้อรา 1 มิลลิลิตร และน้ำ 1 มิลลิลิตร ก่อนการบ่มเชื้อ และจากความชื้นในสภาพแวดล้อมเนื่องจากพริกแห้งเก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ซึ่งเป็นพลาสติกความหนาแน่นต่ำ 0.90-0.91 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทนความร้อนสูง 90 องศาเซลเซียส มีความใส ทนต่อแรงกระแทก ไอน้ำและออกซิเจนซึมผ่านได้บ้าง (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, ม.ป.ป.)

3. ผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อคุณภาพของพริกแห้ง

พริกแห้งเก็บรักษาครบกำหนด 35 วัน ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 29.7°C ความชื้นสัมพัทธ์ 66.8% พบว่า กรรมวิธีมีผลให้ปริมาณสารอะฟลาทอกซินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้ กรรมวิธีที่ 3 (เชื้อ *A. flavus*) สารอะฟลาทอกซินสูงที่สุด 7.23 µg/kg รองลงมากรรมวิธีที่ 4 (น้ำคั้นกระเทียม และเชื้อ *A. flavus*) 6.19 µg/kg ส่วนกรรมวิธีที่ 1 (น้ำ) และกรรมวิธีที่ 2 (น้ำคั้นกระเทียม) ปริมาณสารอะฟลาทอกซินไม่แตกต่างกัน 4.56 µg/kg และ 4.50 µg/kg ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามช่วงเวลามีผลให้ปริมาณสารอะฟลาทอกซินมีค่าแตกต่างกัน โดยพบมีค่าสูงสุด 6.67 µg/kg เมื่อเก็บนาน 35 วัน จากผลการทดลองกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 2 มีปริมาณสารอะฟลาทอกซินไม่แตกต่างกัน และมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณสารอะฟลาทอกซินเริ่มต้นของตัวอย่างพริกแห้ง (4.48 µg/kg) เนื่องจากพริกแห้งทั้งสองกรรมวิธีนี้ไม่มีการเติมเชื้อรา *A. flavus* ซึ่งเป็นเชื้อราที่สามารถสร้างสารอะฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตรได้ สำหรับกรรมวิธีที่ 4 พริกแห้งเติมน้ำคั้นกระเทียมก่อนเติมเชื้อ *A. flavus* (6.19 µg/kg) มีผลให้สารอะฟลาทอกซินเกิดขึ้นต่ำกว่าในกรรมวิธีที่ 3 พริกแห้งเติมเชื้อเพียงอย่างเดียว (7.23 µg/kg) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างสารอะฟลาทอกซินได้ 14.38% แสดงให้เห็นว่าน้ำคั้นกระเทียมไม่มีผลต่อปริมาณสารอะฟลาทอกซินเดิมที่มีอยู่ก่อนแล้ว แต่มีผลให้ปริมาณสารอะฟลาทอกซินลดลงในพริกแห้งที่เติมน้ำคั้นกระเทียมก่อนเติมเชื้อ *A. flavus*

การปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* บนพริกแห้ง พบว่ากรรมวิธีและช่วงเวลาในการเก็บรักษามีผลให้ปริมาณของเชื้อราที่พบบนพริกแห้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 (น้ำ) และกรรมวิธีที่ 2 (น้ำคั้นกระเทียม) ไม่พบเชื้อ *A. flavus* ทุกช่วงเวลา แต่พบปริมาณเชื้อราสูงที่สุดในกรรมวิธีที่ 3 (เชื้อ *A. flavus*) รองลงมาในกรรมวิธีที่ 4 (น้ำคั้นกระเทียม และเชื้อ *A. flavus*) ในแต่ละช่วงเวลาที่เก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลา พบว่ากรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 4 มีปริมาณเชื้อราลดลงตามลำดับเวลา 7 วัน 14 วัน 21 วัน 28 วัน และ 35 วัน ดังนี้ กรรมวิธีที่ 3 พบปริมาณเชื้อรา *A. flavus* 100% 75% 70% 45% และ 72.5% ในกรรมวิธีที่ 4 พบปริมาณเชื้อรา 70% 45% 32.5% 27.5% และ 37.5% การเติมน้ำกระเทียมในพริกแห้งมีผลต่อปริมาณเชื้อราทำให้มีค่าต่ำกว่าในพริกแห้งที่ไม่เติมน้ำกระเทียม เนื่องจากการเติมน้ำกระเทียมก่อนเติมเชื้อทำให้มีน้ำกระเทียมเคลือบอยู่ที่ผิวพริกแห้ง และการใช้น้ำกระเทียมความเข้มข้นสูง 100% จึงมีผลต่อการเจริญของสปอร์เชื้อรา *A. flavus* ที่ตกลงบนผิวของพริกแห้ง ในขณะเดียวกันสภาพแวดล้อมภายนอกส่งผลต่อความมีชีวิต การอยู่รอดของสปอร์เชื้อราเช่นกัน และเป็นที่น่าสังเกตที่ช่วงเวลา 35 วัน ปริมาณเชื้อราที่พบมีค่าเพิ่มขึ้นจากที่เวลา 28 วัน ซึ่งควรจะลดลงตามลำดับเวลา แต่ถ้าพิจารณาจากปริมาณสารอะฟลาทอกซินที่ช่วงเวลา 35 วัน กลับพบปริมาณสารอะฟลาทอกซิน สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับที่เวลา 28 วัน ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกันระหว่างปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อรากับปริมาณสารอะฟลาทอกซินที่เกิดขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

ค่าความชื้นของพริกแห้งที่เก็บครบ 35 วัน กรรมวิธีมีผลให้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนี้ กรรมวิธีที่ 4 (น้ำคั้นกระเทียม และเชื้อ *A. flavus*) ความชื้นสูงสุด 16.33% รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 3 (เชื้อ *A. flavus*) และกรรมวิธีที่ 1 (น้ำ) มีค่าเท่ากับ 15.65% และ 15.54% ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 2 (น้ำคั้นกระเทียม) มีค่าต่ำสุด 15.27% สอดคล้องกับชนิดและปริมาตรของสารที่เติมในช่วงเริ่มต้นการทดลอง

4. ผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง

เปรียบเทียบปริมาณสารอะฟลาทอกซินระหว่างพริกแห้งกรรมวิธีที่ 1 (เชื้อ *A. flavus*) และกรรมวิธีที่ 2 (น้ำคั้นกระเทียม และเชื้อ *A. flavus*) เก็บที่อุณหภูมิเฉลี่ย 29.8°C ความชื้นสัมพัทธ์ 69.7% เมื่อครบ 14 วัน 21 วัน 28 วัน และ 35 วัน พบปริมาณสารอะฟลาทอกซินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า t-test เท่ากับ 8.15 2.78 8.11 และ 6.64 ตามลำดับ ปริมาณสารอะฟลาทอกซินในกรรมวิธีที่ 1 มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีที่ 2 ที่ทุกช่วงเวลา คำนวณตาม Equation 1 จะได้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งที่เติมน้ำคั้นกระเทียมก่อนเติมเชื้อ *A. flavus* ดังนี้ 5.86% 34.93% 27.0% 23.14% และ 19.48% ตามเวลาที่บ่มเชื้อ 7 วัน 14 วัน 21 วัน 28 วัน และ 35 วัน ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับ อมรา และคณะ (2551) ศึกษาน้ำคั้นกระเทียมพบว่ามีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอะฟลาทอกซินในข้าวโพดที่มีการปลูกเชื้อได้ 56.60% 58.70% 78.0% และ 76.34 % ที่เวลา 7 วัน 10 วัน 15 วัน และ 20 วัน ตามลำดับ และมีรายงานการใช้สารสกัดหยาบของกระเทียม 10% (w/v) มีผลลดการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และลดการสร้างสารอะฟลาทอกซินในเมล็ดข้าวที่เติมเชื้อ *A. flavus* เช่นกัน (Thanaboripat *et al*., 1997) จากผลการทดลองที่เวลา 21 วัน กรรมวิธีที่ 1 มีปริมาณสารอะฟลาทอกซินสูงสุด 20.74 µg/kg กรรมวิธีที่ 2 เท่ากับ 15.14 µg/kg ซึ่งปริมาณสารอะฟลาทอกซินมีแนวโน้มจะค่อยๆ ลดลงตามลำดับเวลาที่บ่มเชื้อ จากค่า t-test สูงสุด 8.15 ที่เวลา 14 วัน จะพบการยับยั้งการสร้างสารอะฟลาทอกซินสูงสุด 34.93% ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Kheiralla *et al*. (1992) ศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และการสร้างสารอะฟลาทอกซินบนผลิตผลเกษตร พบว่าที่อุณหภูมิ 30°C นาน 14 วัน เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และเป็นช่วงเวลาที่มีการสร้างสารอะฟลาทอกซินสูงสุด โดยที่ระดับการสร้างสารอะฟลาทอกซินจะลดลงเมื่อบ่มเชื้อไว้นานขึ้น สาเหตุเกิดจากการดูดซับกลับ (re-adsorption) หรือการเสื่อมสลายของสารอะฟลาทอกซินเอง (degradation)

5. พริกแห้งคลุกน้ำกระเทียมเก็บรักษานาน 2 เดือน

กรรมวิธีมีผลต่อปริมาณสารอะฟลาทอกซิน ความชื้น และปริมาณของเชื้อรา *A. flavus* ทำให้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ดังนี้ ปริมาณสารอะฟลาทอกซินในกรรมวิธีที่ 1 มีค่าต่ำสุด 3.40 µg/kg กรรมวิธีที่ 3 เท่ากับ 21.63 µg/kg และกรรมวิธีที่ 2 มีค่าสูงสุด 26.65 µg/kg ส่วนค่าความชื้นในกรรมวิธีที่ 1 เท่ากับ 16.60% และกรรมวิธีที่ 2 เท่ากับ 16.71% มีค่าไม่แตกต่างกัน พบปริมาณความชื้นสูงสุดในกรรมวิธีที่ 3 เท่ากับ 17.14% สำหรับการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* บนพริกแห้งในกรรมวิธีที่ 1 ไม่พบเชื้อ *A. flavus* กรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 3 พบเชื้อ *A. flavus* 41.97% และ 30.11% ตามลำดับ

กิจกรรมที่ 3 พัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษจากเชื้อรา

การทดลองที่ 3.1 การพัฒนาวิธีตรวจสอบโอคราทอกซิน เอ แบบ Strip Test โดยเทคนิค Lateral Flow Immunoassay

1. การเตรียมชุดตรวจสอบสารโอคราทอกซิน เอ ด้วยเทคนิค Lateral Flow Immunoassay

การประกอบชุดตรวจสอบสารโอคราทอกซิน เอ แบบ strip test ลำดับแรกทำการติดกระดาษไนโตรเซลลูโลส (nitrocellulose membrane) ลงบนแผ่นติดส่วนประกอบชุดทดสอบ (plastic backing card) กำหนด

จุดสำหรับการขีดเส้นทดสอบ (T) และเส้นควบคุม (C) ห่างกัน 0.5 เซนติเมตร ใช้ปากกาหมึกซึมจุ่ม OTA-BSA ขีดเส้นทดสอบ และใช้ปากกาหมึกซึมอีกด้ามจุ่ม goat anti-rabbit IgG ขีดเส้นควบคุม บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำแผ่นปล่อยตัวตรวจจับที่ทาด้วยอนุภาคทองที่เชื่อมติดกับแอนติบอดีต่อสารโอคราทอกซิน เอ ซึ่งบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้ว นำมาติดตรงส่วนด้านล่างของกระดาษไนโตรเซลลูโลส โดยติดให้เกยกันประมาณ 0.1-0.2 เซนติเมตร ติดแผ่นรองรับตัวอย่างตรงด้านล่างให้เกยทับแผ่นปล่อยตัวตรวจจับ สุดท้ายทำการติดแผ่นดูดซับตัวอย่าง (absorbent pad) ในส่วนบนให้เกยทับแผ่นกระดาษไนโตรเซลลูโลส

จากการทดสอบละลายตะกอนอนุภาคทองที่เชื่อมติดกับแอนติบอดีต่อสารโอคราทอกซิน เอ ด้วยสารละลายสูตรต่างๆ พบว่า การละลายตะกอนอนุภาคทองที่เชื่อมติดกับแอนติบอดีต่อสารโอคราทอกซิน เอ ด้วยสารละลายสูตร 1 และสูตร 3 ให้สีบนเส้นทดสอบที่ชัดเจน และได้เลือกสารละลายสูตร 1 (น้ำกลั่น+ 0.05M $NaH_2PO_4H_2O$+ 0.1M NaOH+ 1%BSA+ 0.1% NaN_3+ 10% sucrose) สำหรับใช้ในการทดสอบต่อไป

การทดสอบหยดสารละลาย 0.01M PBS ซึ่งไม่มีสารพิษเป็นตัวอย่างทดสอบ พบการเกิดสีที่ตำแหน่งเส้นทดสอบและควบคุมค่อนข้างชัดเจน เมื่อขีดเส้นทดสอบด้วย OTA-BSA ความเข้มข้น 0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร อัตรา 1 ไมโครลิตรต่อเซนติเมตร และขีดเส้นควบคุมด้วย goat anti-rabbit IgG ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร อัตรา 1 ไมโครลิตรต่อเซนติเมตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง การหยดสารละลายลงบนแผ่นรองรับตัวอย่าง ของเหลวจะไหลผ่านแผ่นปล่อยตัวตรวจจับที่มีแอนติบอดีต่อสารโอคราทอกซิน เอ ที่ติดฉลากด้วยอนุภาคทองอยู่ แอนติบอดีต่อสารโอคราทอกซิน เอ จะไหลไปจับกับ OTA-BSA ที่ตรึงอยู่บนกระดาษในตำแหน่งเส้นทดสอบ ทำให้เกิดสีม่วงแดงของอนุภาคทอง จากนั้นของเหลวจะไหลต่อไปและจับกับ goat anti-rabbit IgG ที่ตรึงอยู่บนกระดาษ ทำให้เกิดสีม่วงแดงในตำแหน่งเส้นควบคุม

2. การทดสอบความเข้มข้นของสารโอคราทอกซิน เอ ต่ำสุดที่สามารถตรวจจับได้

การทดสอบหยดสารโอคราทอกซิน เอ มาตรฐาน ที่ความเข้มข้น 0 5 10 25 50 และ 100 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ที่เตรียมด้วย 0.01M PBS+7%MeOH ปริมาตร 50 ไมโครลิตร พบว่า สารโอคราทอกซิน เอ มาตรฐานสามารถจับกับแอนติบอดีที่ติดฉลากด้วยอนุภาคทองได้ดี ตั้งแต่ความเข้มข้น 25 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้สีที่ปรากฏในตำแหน่งเส้นทดสอบ (T) เริ่มจาง แสดงว่า ชุดทดสอบสามารถตรวจจับสารโอคราทอกซิน เอ มาตรฐานที่ความเข้มข้นต่ำสุด 25 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งการเกิดสีจางลงเมื่อความเข้มข้นของสารพิษสูงขึ้น เกิดจากสารพิษจากตัวอย่างเกาะจับกับแอนติบอดีที่ติดฉลากด้วยอนุภาคทองและเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเส้นทดสอบที่มี OTA-BSA และเส้นควบคุม (C) ที่มี goat anti-rabbit IgG บนแผ่นกระดาษไนโตรเซลลูโลส ถ้าในตัวอย่างมีสารพิษปนเปื้อนอยู่จะเกิดสีม่วงแดงให้เห็นเฉพาะที่ตำแหน่งเส้นควบคุม ถ้าในตัวอย่างไม่มีสารพิษจะปรากฏสีให้เห็นทั้งในตำแหน่งเส้นควบคุม และเส้นทดสอบ (Michael *et al*., 2006) สารโอคราทอกซิน เอ จะจับกับแอนติบอดีต่อสารโอคราทอกซิน เอ ที่ติดฉลากด้วยอนุภาคทอง และไหลไปที่ตำแหน่งเส้นทดสอบ ถ้าปริมาณสารพิษมากแอนติบอดีจะจับกับอนุภาคทองหมด ทำให้ไม่เหลือมาจับกับ OTA-BSA ที่ตำแหน่งเส้นทดสอบ แต่ถ้าปริมาณสารพิษมีน้อย ก็จะพบสีของอนุภาคทองจาง แต่จากการทดสอบยังให้ผลไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากสีที่ปรากฏในตำแหน่งเส้นทดสอบยังมีความแตกต่างกันไม่ชัดเจน อาจเกิดจากปริมาณแอนติบอดีมีมากกว่าแอนติเจน ทำให้มีปริมาณเหลือมากพอในการจับกับแอนติเจนที่ตำแหน่งเส้นทดสอบ การสารรบกวนของสารอื่น หรืออัตราการไหลที่เร็วหรือช้าไป รวมถึงการเลือกชนิดของกระดาษสำหรับขีดในตำแหน่งเส้นทดสอบและเส้นควบคุม ซึ่งมีผลต่อการจับกันของสารพิษกับแอนติบอดี (Anfossi *et al*., 2011; Urusov *et al*., 2011) จึงต้องทำการปรับเพื่อให้ได้ชุดทดสอบที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. การเตรียมตัวอย่างสำหรับการตรวจวิเคราะห์

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในตัวอย่างข้าวกล้อง และกาแฟที่มีการเติมสารพิษโอคราทอกซิน เอ มาตรฐาน ให้มีความเข้มข้น 0 5 10 25 และ 50 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม จากการตรวจด้วยวิธี HPLC พบ

สารพิษปริมาณ 0- 31.30 และ 0- 23.21 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี ELISA พบปริมาณสารพิษ 0 - 67.53 และ 0 - 74.12 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบสารพิษในตัวอย่างข้าวกล้อง และกาแฟ ด้วยชุดทดสอบที่ผลิตได้ พบผลการทดสอบเป็นลบ (negative) โดยพบแถบสีขึ้นทั้งที่เส้นทดสอบ (T) และเส้นควบคุม (C) จากผลการทดสอบแสดงว่าในตัวอย่างมีปริมาณสารพิษต่ำกว่า 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC และ ELISA โดยปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ สูงสุดที่ตรวจพบด้วยวิธี HPLC พบ 31.30 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมจากตัวอย่างข้าวกล้อง ผลการตรวจสอบด้วยชุดทดสอบที่ผลิตได้ควรให้ผลบวก (positive) ทั้งนี้เนื่องจากการเตรียมตัวอย่างต้องทำการสกัดตัวอย่างและเจือจางสารสกัดตัวอย่างลงถึง 10 เท่า ทำให้ปริมาณสารพิษในตัวอย่างลดลงด้วย ซึ่งการสกัดตัวอย่างจำเป็นต้องเจือจางสารสกัดลง เนื่องจากการใช้เมทานอลในปริมาณสูง มีผลต่อความสามารถในการจับกันของแอนติเจนและแอนติบอดี (Urusov *et al*., 2011) ดังนั้นเพื่อให้ได้ชุดทดสอบที่สามารถตรวจสอบสารโอคราทอกซิน เอ ในเบื้องต้นได้ อาจต้องปรับค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ชุดตรวจสอบสามารถตรวจจับได้ให้ต่ำลงอีก พร้อมทั้งหาวิธีการสกัดตัวอย่างให้มีการเจือจางน้อยที่สุด เพื่อให้ตรวจสอบกับผลิตผลเกษตรได้

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1. การยืดอายุการเก็บรักษาพริกขี้หนูสดเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อราและโรคแอนแทรคโนส สามารถทำได้ 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 ผลพริกจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที บรรจุในถาดพลาสติก PP หุ้มด้วยฟิล์ม PE และ วิธีที่ 2 ผลพริกจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที แล้วนำมาจุ่มต่อในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 % บรรจุในถุงพลาสติก PP เก็บผลพริกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ผลพริกมีคุณภาพดี สามารถรักษาความแน่นเนื้อ คงสภาพสีเปลือกได้ดี สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายผลพริกได้นานมากขึ้น และปลอดภัยต่อผู้บริโภค
2. การแช่ผลส้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55°c นาน 3 นาทีก่อนแล้วจึงแช่กรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 0.1% นาน 5 นาที ทีหลังเมื่อขึ้นจากน้ำร้อนและการแช่ผลส้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55°c นาน 3 นาที ก่อนแล้วจึงแช่โซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 3% นาน 5 นาที ทีหลังเมื่อขึ้นจากน้ำร้อนสามารถควบคุมโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *P. digitatum* ได้ 100%
3. วิธีการตากที่ดีไม่ควรให้ถั่วลิสงสัมผัสพื้นดิน ลดความชื้นให้เร็วและควรระวังการเข้ามาวางไข่ของแมลงศัตรูในโรงเก็บ และในการเก็บรักษาก่อนการกะเทาะเปลือกถั่วลิสงควรเก็บในที่โล่งระบายอากาศได้ดี และไม่ควรเก็บนานเกินไปจะทำให้คุณภาพของเมล็ดลดลง
4. น้ำคั้นกระเทียมสดมีผลลดการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งที่มีการเติมเชื้อรา *A. flavus* และยับยั้งการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งได้สูงสุด 34.93% เมื่อบ่มนาน 14 วัน
5. ได้ชุดตรวจสอบต้นแบบที่สามารถตรวจจับสารโอคราทอกซิน เอ ได้ต่ำสุดที่ความเข้มข้น 25 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงสำหรับการตรวจวิเคราะห์ในตัวอย่างซึ่งต้องมีการสกัดสารพิษออกจากตัวอย่าง ดังนั้นต้องปรับค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ชุดทดสอบสามารถตรวจจับได้ให้ต่ำลงอีก และหาวิธีการสกัดตัวอย่างที่เหมาะสมต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 3
การลดความสูญเสียจากแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลเกษตร
Reduction of Agricultural Products Losses Caused by Stored-product Insects

ดวงสมร สุทธิสุทธิ์, รังสิมา เก่งการพานิช, ภาวินี หนูชนะภัย, ศรุตา สิทธิไชยากุล, ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์, ชมัยพร บัวมาศ, ปาริชาติ อยู่แพทย์, ใจทิพย์ อุไรชื่น, พณัญญา พบสุข, รัตนาพร พงษ์มี, วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร, ปิยรัตน์ รุจิณรงค์, จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม

Duangsamorn Suthisut, Rungsima Kengkanpanich, Pawinee Noochanapai, Saruta Sitthichaiyakul, Sirakan Srithanyarat, Chamaiporm Buamas, Parichart Yoopaet, Jaitip Uraichuen, Pananya Pobsuk, Rattanaphorn Pongmee, Wimonwan Wattanawichit, Piyarat Ruchinarong, Charuwan Rattanasakultham

คำสำคัญ

สารฆ่าแมลง, ไนโตรเจน, เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลู, สารสกัดจากพืช, แมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว

Key words

insecticide, nitrogen, *Syzygium aromaticum* oils encapsulated, plant extracts, stored-product insect,

บทคัดย่อ

แมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวเป็นศัตรูสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตทางการเกษตร ดังนั้นการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวที่มีประสิทธิภาพจะสามารถลดความสูญเสียทั้งปริมาณและคุณภาพของผลผลิตได้ โดยในโครงการวิจัยการลดความสูญเสียจากแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลเกษตรประกอบด้วย 4 การทดลอง ดำเนินการที่กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างตุลาคม 2563- ธันวาคม 2564 จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงในการกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญในโรงเก็บ ที่ทดสอบสารฆ่าแมลงโดยคลุกกับเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 1 กิโลกรัม กับแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว คือ ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหนวดยาว มอดฟันเลื่อย และมอดหัวป้อม ในสภาพโรงเก็บจำลองพบว่า ตลอดระยะเวลา 0-10 เดือน พบว่าเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่คลุกด้วยสารฆ่าแมลง pirimiphos-methyl (แอคทาลิค 50%EC) อัตรา 20 ppm, สารฆ่าแมลง imidacloprid (ซีบราคัท 70%WG) อัตรา 0.1 กรัม, สารฆ่าแมลง thiamethoxam (เซียน่า 25%WG) อัตรา 3.5 กรัม และ thiamethoxam (ครุยเซอร์ 35%W/V FS) อัตรา 2.5 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันกำจัดแมลงทั้ง 5 ชนิด โดยพบความเสียหายของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีค่าเฉลี่ยเพียง 0.0-0.7% และสารฆ่าแมลงดังกล่าวไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดตลอดระยะเวลา 0-10 เดือน สำหรับการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งด้วยก๊าซไนโตรเจน 99.5% ที่ระยะเวลา 3, 5, 7, 9, 11 และ 13 วัน ในข้าวสาร 1 ตัน พบว่า สามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดระยะตัวเต็มวัยได้ภายใน 3 วัน ควบคุมระยะไข่ หนอน และดักแด้ ได้หมดเมื่อใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นเวลา 5, 7 และ 9 วันตามลำดับ ในขณะที่การใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นเวลา 3 วัน สามารถควบคุมมอดแป้งได้หมดทุกระยะการเจริญเติบโต โดยจำเป็นต้องรักษาระดับความเข้มข้นให้ใกล้เคียง 100% เพื่อเป็นการลดระดับก๊าซออกซิเจนให้ต่ำที่สุด ทั้งนี้

กรมวิชาการเกษตร

ความสามารถในการกักเก็บก๊าซ การป้องกันการรั่วไหลของก๊าซในแต่ละการทดสอบ เป็นปัจจัยสำคัญและมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพการควบคุมแมลงโดยใช้ก๊าซไนโตรเจน และการศึกษาประสิทธิภาพของเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บ พบว่าการใช้เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยการพลู 100 และ 200 กรัม คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวจำนวน 10 กิโลกรัม สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวและการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นลูกของด้วงถั่วเขียวได้เป็นอย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 0-6 เดือนในสภาพโรงเก็บ โดยการใช้เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว และพบยูจีนอลเป็นสารสำคัญที่พบปริมาณมากที่สุดบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ทดสอบ นอกจากนี้การพัฒนาการจัดการเพลี้ยแป้งทุเรียน *Planococcus minor* (maskell) หลังการเก็บเกี่ยวด้วยสมุนไพร โดยทดสอบสารสกัดจากพืชกับของตัวอ่อนเพลี้ยแป้งระยะที่ 3 บนผลทุเรียน และนำมาเป่าลมที่ความดัน 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลละ 30 วินาที ในห้องปฏิบัติการ พบว่า การฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% ผสมสาร SLS ความเข้มข้น 1.25% ที่อัตราส่วน 1:1 มีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้สารสกัดสะระแหน่ และสารสกัดจากเปลือกมังคุด โดยที่ผลทางด้านประสาทสัมผัสทางด้าน สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความหวาน และรสชาติพบว่าการฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% ผสม Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% ที่อัตราส่วน 1:1 ไม่มีผลต่อคุณภาพของผลทุเรียนและมีค่าคะแนนเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

Abstract

Stored-product insects are important pests that can damage agricultural products. Therefore, the stored-product protection can be reduced the quantitative and qualitative losses of post-harvest crops. The reduction of agricultural products losses caused by stored-product insects project consists of 4 experiments. The experiments were conducted at the Post-harvest Technology Research and Development of Field Crop Group, Post-harvest and Processing Research and Development Division from October 2020- to December 2021.

The efficiency of various insecticides was studied with major stored maize insect pests. The maize seed 1 kilogram was coated with each insecticide and was tested with unsexed adults of *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Cryptolestes ferrugineus,* and *Rhyzopertha dominica* in a storage room for 0-10 months. The results concluded that pirimiphos-methyl (Actellic 50%EC) application rate of 20 ppm, imidacloprid (Zebracut 70%WG) application rate of 0.1 g, thiamethoxam (Siena 25%WG) application rate of 3.5 g, and thiamethoxam (Cruiser 35%W/V FS) 2.5 ml were highly efficient to control those 5 insect species. the average damage of the maize seed was 0.0-0.7%. In the germination of maize seed, it was found that the insecticides were no effect on seed germination for 0-10 months.

The experiments, controlling maize weevil and red flour beetle with nitrogen 99.5 percent, were tested at 3, 5, 7, 9, 11 and 13 days in 1 ton of rice. The results show that *S. zeamais* adult was controlled within 3 days, and the egg, larval, and pupal stages were completely controlled when nitrogen gas was applied for 5, 7, and 9 days, respectively. While using nitrogen gas for 3 days, *Tribolium castaneum* was controlled at all stages of growth. Using nitrogen gas for stored-product insects control is necessary to keep the concentration close to 100 percent to minimize the oxygen level. To provide good insect control efficiency, the ability to maintain gas to against

กรมวิชาการเกษตร

gas leaks is an important factor and has a great effect on the efficiency of nitrogen gas for insect control.

The effect of *Syzygium aromaticum* oils encapsulated with freeze-drying was evaluated with *Callosobruchus maculatus* by contact toxicity at the warehouse. The results showed that *S. aromaticum* oils encapsulated with freeze-drying at 100 and 200 g /10 kg of mung bean can be used as bio-insecticide to control *C. maculatus* adults and adult progeny production (F1) when compared with control. In addition, *S. aromaticum* oils encapsulated with freeze-drying was no effect on seed germination of mung beans and eugenol was the main composition on mung beans.

Furthermore, the development control of herbal extracts was evaluated with 3 rd instar nymphs of mealybug (*Planococcus minor* Maskell) on Durian. All treatments were sprayed with plant extracts and a blower of power treatment at 60 PSI (30 sec) in the laboratory. The result showed that *Plectranthus amboinicus* 0.5% extracted by 95% ethanol solvent+ Sodium Lauryl Sulfate (SLS) 1.25% in ratio 1:1 more effective than *Mental cordifolia* 0.5%+ *Garcinia mangostana* 0.5% extracted. However, from sensory evaluation and consumer acceptance test, *Plectranthus amboinicus* 0.5% extracted by 95% ethanol solvent+ Sodium Lauryl Sulfate (SLS) 1.25% in ratio 1:1 was the highest overall liking scores, and consumers accept their quality.

บทนำ (Introduction)

ประเทศไทยมีความหลากหลายของผลิตผลเกษตรทั้งผัก ผลไม้ และเมล็ดธัญพืชต่างๆซึ่งผลิตผลเกษตรเหล่านี้มักประสบปัญหาความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว โดยความเสียหายที่เกิดขึ้นสามารถเกิดความเสียหายได้มากถึง 30-50 เปอร์เซ็นต์ จากมูลค่าทั้งหมด สาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดความสูญเสีย เกิดจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชที่มีมากมายหลายชนิด ทั้งที่ติดมากับผลิตผลเกษตรจากในแปลง และแมลงที่เข้าทำลายหลังการเก็บรักษา ส่งผลให้คุณภาพและปริมาณของผลิตผลเกษตรเสียหายไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยแมลงศัตรูที่สำคัญหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด มอดหัวป้อมหรือมอดข้าวเปลือก มอดแป้ง มอดหนวดยาว ด้วงถั่วเขียว ด้วงถั่วเหลือง มอดยาสูบ มอดสมุนไพร และผีเสื้อข้าวเปลือก (รังสิมา และคณะ, 2561) ซึ่งในผักและผลไม้ แมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญ ได้แก่ เพลี้ยไฟ เพลี้ยแป้ง และแมลงวันผลไม้ โดยแมลงเหล่านี้กัดกินผลิตผลเกษตรโดยตรงทำให้สูญเสียน้ำหนัก และปล่อยมูลออกมาทำให้ผลิตผลสกปรก มีผลต่อการซื้อขายและการส่งออก นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการแปรรูปอาหารที่ใช้ผลิตผลเหล่านี้เป็นวัตถุดิบอีกด้วย

ในปัจจุบันปัญหาการเข้าทำลายของแมลงเพิ่มความสำคัญมากขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ปัญหาความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน (phosphine) ของแมลงในโรงเก็บหลายชนิดเพิ่มระดับมากขึ้น ร่วมกับการยกเลิกการใช้สารรมเมทิลโบร์ไมด์ (methyl bromide) ทำให้ไม่มีสารรมที่สามารถนำมาใช้สับเปลี่ยนหมุนเวียนกับสารรมฟอสฟีนได้ รวมทั้งข้อจำกัดต่างๆ ของตลาดทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งปัจจุบันตลาดมีมาตรฐานที่สูงขึ้น โดยมาตรฐานการนำเข้าสินค้าเกษตรห้ามมีการปนเปื้อนของแมลงหรือเศษซากของแมลง สำหรับตลาดภายในประเทศความต้องการสินค้าเกษตรอินทรีย์และเกษตรปลอดสารพิษก็มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ต้องระมัดระวังในการใช้สารฆ่าแมลงในผลิตผลเกษตรด้วย และปัจจัยส่งเสริมการระบาดของแมลงที่สำคัญอีกประการคือ สภาพการเปลี่ยนแปลงด้านสภาพอากาศอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้แมลงมีการพัฒนาเร็วขึ้น ความรุนแรงของการเข้าทำลายจึงเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาการจัดการป้องกันกำจัด

กรมวิชาการเกษตร

แมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวอย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของแมลงการสูญเสียคุณภาพ การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลเกษตร ด้วยวิธีการที่ปลอดภัย เหมาะสม และมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผลิตผลเกษตรเป็นสินค้าที่มีคุณภาพสามารถจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ

วิธีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวมีหลายวิธีการ การนำไปใช้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ชนิดของแมลง ชนิดของผลิตผลเกษตร ระดับความแข็งแรงหรือความต้านทานของแมลงศัตรู สภาพแวดล้อมที่เก็บรักษา ข้อจำกัดด้านความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งหากจะเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งอาจได้ผลไม่สมบูรณ์ จำเป็นต้องหาวิธีการร่วมกันอย่างเหมาะสม หรือเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมกับปัญหาที่พบ โดยสารฆ่าแมลงและสารรมสามารถนำมาใช้กำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวได้หลายชนิด รวมทั้งการใช้สารจากธรรมชาติจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งสามารถทดแทนการใช้สารฆ่าแมลง เนื่องจากประเทศไทยมีความหลากหลายของพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการกำจัดแมลงมาก สารสกัดจากพืช (plant extract) และน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ที่ได้จากพืชชนิดต่างๆสามารถนำมาหาสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ ซึ่งในสารสกัดจากพืชและน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบของสารเคมีที่แตกต่างกัน และมีประสิทธิภาพในการป้องกันและกำจัดแมลงด้วยวิธีต่างๆ แต่เนื่องจากข้อจำกัดของน้ำมันหอมระเหยที่จะระเหยได้เร็ว ทำให้ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยชนิดนั้นๆน้อยลงตามจำนวนเวลาที่มากขึ้น ดังนั้นหากมีการเพิ่มประสิทธิภาพให้น้ำมันหอมระเหยสามารถออกฤทธิ์ได้นานขึ้นก็จะเป็นอีกหนทางหนึ่งที่จะเพิ่มคุณค่าให้กับน้ำมันหอมระเหยและสารสกัด เป็นแนวทางสำหรับนำมาปรับใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บที่ติดไปกับผลิตผลเกษตรในโรงเก็บ และเพลี้ยแป้งที่ติดไปกับผลไม้สำคัญ เช่น ทุเรียน เพื่อการส่งออกได้ โดยวัตถุประสงค์ของโครงการนี้ เพื่อศึกษาหาเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูที่เข้าทำลาย ผลไม้ และผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว ด้วยวิธีการใช้สารฆ่าแมลง สารรมและการใช้น้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากพืชชนิดต่างๆ เพื่อสามารถนำผลงานที่ได้มาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดความสูญเสียให้กับผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้กลุ่มเป้าหมายคือ หน่วยงานของภาครัฐ ผู้ประกอบการโรงสี โรงเก็บเมล็ดพันธุ์ เกษตรกรสวนทุเรียน และผู้ประกอบการโรงคัดบรรจุ สามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยเพื่อผลผลิตเกษตรที่มีคุณภาพและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญในสภาพโรงเก็บ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญในห้องปฏิบัติการในปี พ.ศ. 2561-2563 ได้คัดเลือกกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพนำทดสอบในสภาพโรงเก็บจำลอง ดังนี้

การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลง

เก็บตัวอย่างด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหนวดยาว มอดฟันเลื่อย และมอดหัวป้อม นำมาเลี้ยงขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้ได้แมลงระยะตัวเต็มวัยที่มีความสม่ำเสมอกันสำหรับนำไปทดสอบ โดยปล่อยตัวเต็มวัยของแมลงอายุ 2-3 สัปดาห์ จำนวน 300 ตัว ลงในขวดที่มีอาหารที่เหมาะสมกับแมลงแต่ละชนิดจำนวน 200 กรัม ปิดด้วยกระดาษ เก็บไว้ในห้องเลี้ยงขยายพันธุ์แมลงที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้น 10 วัน เอาตัวออก ทิ้งไว้จนกระทั่งแมลงกลายเป็นตัวเต็มวัย สำหรับใช้ในการทดลอง

การเตรียมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สำหรับการทดลอง

ก่อนการทดลองให้รมเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตวด้วยสารรมฟอสฟีน (อลูมิเนียมฟอสไฟด์) อัตรา 3 เม็ด (tablets)/ตัน เพื่อกำจัดแมลงที่อาจติดมากับเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

กรมวิชาการเกษตร

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Split plot โดย main plot คือ สารฆ่าแมลงอัตราต่างๆ ซึ่งจัดเรียงแบบ CRD ส่วน sub plot คือ ระยะเวลาการปล่อยแมลงทดสอบที่ 0-10 เดือน ทำการทดลอง 6 ซ้ำ

- Pirimiphos-methyl 50% EC (แอคทาลิค) อัตรา 10 ppm + ไทแรม อัตรา 0.5 กรัม + สารเคลือบสี/น้ำ 20 มล./ข้าวโพด 1 กก. (T_1)
- pirimiphos-methyl 50% EC (แอคทาลิค) อัตรา 20 ppm + ไทแรม อัตรา 0.5 กรัม + สารเคลือบสี/น้ำ 20 มล./ข้าวโพด 1 กก. (T_2)
- imidacloprid 70% WG (ซีบราคัท 70) อัตรา 0.1 กรัม + ไทแรม อัตรา 0.5 กรัม + สารเคลือบสี/น้ำ 20 มล./ข้าวโพด 1 กก. (T_3)
- thiamethoxam 25% WG (เซียน่า) อัตรา 3.5 กรัม + ไทแรม อัตรา 0.5 กรัม + สารเคลือบสี/น้ำ 20 มล./ข้าวโพด 1 กก. (T_4)
- thiamethoxam 35% W/V FS (ครุยเซอร์ 350 เอฟเอส) อัตรา 2.5 มล. + ไทแรม อัตรา 0.5 กรัม + สารเคลือบสี/น้ำ 20 มล./ข้าวโพด 1 กก. (T_5)
- ไทแรม อัตรา 0.5 กรัม /น้ำ 20 มล./ข้าวโพด 1 กก. (T_6)
- สารเคลือบสี/น้ำ 20 มล./ข้าวโพด 1 กก. (T_7)
- น้ำ 20 มล./ข้าวโพด 1 กก. (Control) (T_8)

การทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทดสอบ

- ผสมสารฆ่าแมลง สารกำจัดเชื้อราในน้ำ ตามกรรมวิธีที่กำหนด และนำสารเคลือบมาผสมเป็นลำดับสุดท้าย จากนั้นคลุกเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยสารเคลือบผสมสารฆ่าแมลงให้ทั่ว นำไปผึ่งให้แห้ง (Figure 1)
- นำข้าวโพดใส่ในกระสอบปุ๋ย (บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จำหน่ายทางการค้า) กระสอบละ 10 กก. เย็บปิดปากถุง นำไปเก็บในโรงเก็บจำลอง
- ปล่อยให้ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหนวดยาว มอดฟันเลื่อย และมอดหัวป้อม เข้าทำลายโดยอิสระ (Figure 2) และปล่อยแมลงทั้ง 5 ชนิด ชุดใหม่ ทุกๆ 2 สัปดาห์
- เมื่อครบ 1-10 เดือน สุ่มเมล็ดข้าวโพด 250 กรัม บันทึกจำนวนแมลงตายและรอดชีวิต

จากนั้นนำเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ใส่ขวด ปิดปากขวดด้วยกระดาษซับ นำไปเก็บไว้ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง บันทึกจำนวนแมลงที่เกิดใหม่ทุกสัปดาห์จนครบ 8 สัปดาห์ จากนั้นนำเมล็ดข้าวโพดมาตรวจสอบเมล็ดดีและเมล็ดเสีย (Figure 3)

การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

- เมื่อครบ 0-10 เดือน สุ่มเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นำไปเพาะและบันทึกเปอร์เซ็นต์ความงอก เพื่อตรวจสอบผลกระทบของสารฆ่าแมลงต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ (Figure 4)

การวัดความชื้นภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

- บันทึกความชื้นภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (moisture content)

กรมวิชาการเกษตร

mix insecticide, seed coat and fungicides

Put insecticide on the maize seeds

Coat the corn seeds with pesticides

Dry the seeds of maize

Figure 1 The process of seeds coating of maize seeds

Put the maize seeds in the sack

Allow insects to destroy freely

Figure 2 Put the maize seeds in sacks and kept in the storage room

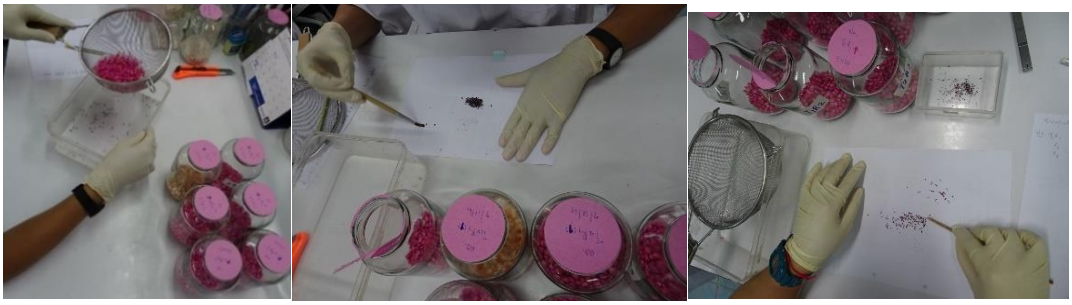

Figure 3 The number of the survival of insects and emerging insects was recorded

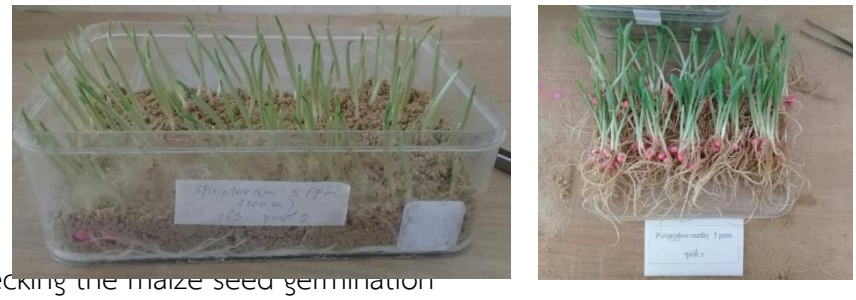

Figure 4 Checking the maize seed germination

การทดลองที่ 2 การควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งด้วยก๊าซไนโตรเจน

การเตรียมอาหารและการเลี้ยงสำหรับการเพิ่มปริมาณแมลง

นำเมล็ดข้าวโพดมาเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -20±2°C เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนดนำเมล็ดข้าวโพดมาปรับสภาพในอุณหภูมิห้อง และนำรำข้าวผ่านตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70-80°C เป็นเวลา 7-8 ชั่วโมง ก่อนนำมาร่อนเพื่อใช้เลี้ยงมอดแป้ง จากนั้นนำด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ซึ่งเก็บรวบรวมจากแหล่งต่าง ๆ มาเลี้ยงเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิ 30±2°C ความชื้นสัมพัทธ์ 65±5% โดยใช้เมล็ดข้าวโพดสำหรับด้วงงวงข้าวโพด และใช้รำข้าวสำหรับมอดแป้ง ปริมาณ ชนิดละ 200 กรัม ลงในขวดแก้ว และใส่แมลงตัวเต็มวัยคละเพศ จำนวน 300 ตัว ปิดปากขวดด้วยกระดาษซับ ปล่อยให้แมลงผสมพันธุ์และวางไข่เป็นเวลา 1 สัปดาห์ นำแมลงตัวเต็มวัยออกจากขวดแก้วทั้งหมด เพื่อให้ได้แมลงรุ่น F1 ที่มีความสม่ำเสมอสำหรับใช้ทดลองต่อไป

การเตรียมแมลงสำหรับทำการทดสอบ

กำหนดวันทดสอบ และเตรียมแมลงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิดล่วงหน้า เพื่อให้ได้ทุกระยะการเจริญเติบโตพร้อมกันในวันที่กำหนด โดยเตรียมระยะดักแด้ ก่อนวันทดสอบ 28 วัน ระยะหนอน 21 วัน ระยะไข่ 3 วัน และระยะตัวเต็มวัย 1 วันก่อนวันทดสอบ เตรียมแมลงทดสอบแต่ละระยะด้วยการนับตัวเต็มวัยอายุประมาณ 2-3 สัปดาห์ (จากข้อ 1) จำนวน 300 ตัว ใส่ลงในถ้วยพลาสติกที่บรรจุอาหารของแมลงที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว จำนวน 250 กรัม วางผ้าขาวบางและปิดด้วยฝาพลาสติกเจาะรูตรงกลาง นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ปล่อยให้ตัวเต็มวัยวางไข่เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วจึงคัดเลือกตัวเต็มวัยออกให้หมด จะได้ตัวอย่างที่มีไข่ของแมลงแต่ละชนิด ดำเนินการเช่นเดียวกันนี้สำหรับการเตรียมตัวอย่างแมลงระยะดักแด้ ระยะหนอน และระยะไข่ ส่วนระยะตัวเต็มวัย ก่อนการทดสอบ 1 วัน นับตัวเต็มวัยจำนวน 300 ตัวต่อ 1 ตัวอย่าง ใส่ในถ้วยพลาสติกและปิดฝาสำหรับใช้ทดสอบ จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบต่อแมลง 1 ชนิด ต่อ 1 ระยะการเจริญเติบโต เท่ากับ 24 ตัวอย่าง

การเตรียมภาชนะบรรจุและอุปกรณ์การปล่อยก๊าซ

เตรียมถุงพลาสติก PVC หนา 0.3 มิลลิเมตร ที่สามารถเก็บก๊าซได้ โดยขึ้นรูปเป็นทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาด 130x130x130 เซนติเมตร สำหรับทดสอบข้าวสารปริมาณ 1 ตัน เจาะถุงและเชื่อมต่อเข้ากับวาล์วปิด/เปิด ถุงละ 2 จุด เพื่อเป็นช่องทางออกของอากาศภายในถุง และใช้เป็นทางเข้าของก๊าซไนโตรเจน จากนั้นนำจัมโบ้ข้าวสาร 1 ตัน บรรจุลงในถุงพลาสติกโดยใช้รถโฟล์คลิฟท์ และวางถุงที่มีจัมโบ้บรรจุข้าว 1 ตัน บนพาเลท ตำแหน่งการวางของถุงที่บรรจุจัมโบ้ข้าวเป็นไปโดยสุ่ม จากนั้น ต่อท่อทางเดินของก๊าซจากเครื่องผลิตก๊าซไนโตรเจนให้เชื่อมต่อกันทุกถุง

การทดสอบประสิทธิภาพของก๊าซไนโตรเจนในการควบคุมแมลงในโรงเก็บในข้าวสาร 1 ตัน

ทดสอบประสิทธิภาพของก๊าซไนโตรเจนกับด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง 4 ระยะการเจริญเติบโต ในสภาพการรมจำลองปริมาตร 1 ตัน ที่สามารถปิดผนึกแน่นได้ (airtight storage) โดยใช้ก๊าซไนโตรเจน 99.5% เป็นเวลา 3, 5, 7, 9, 11 และ 13 วัน วางแผนการทดลองแบบ CRD 7 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

1. ก๊าซไนโตรเจน 99.5% รมนาน 3 วัน

กรมวิชาการเกษตร

2. ก๊าซไนโตรเจน 99.5% รมนาน 5 วัน
3. ก๊าซไนโตรเจน 99.5% รมนาน 7 วัน
4. ก๊าซไนโตรเจน 99.5% รมนาน 9 วัน
5. ก๊าซไนโตรเจน 99.5% รมนาน 11 วัน
6. ก๊าซไนโตรเจน 99.5% รมนาน 13 วัน
7. กรรมวิธีควบคุม (ไม่ใส่ก๊าซ)

นำแมลงแต่ละชนิดแต่ละระยะที่เตรียมไว้ ใส่เข้าไปในจัมโบ้โดยให้ถ้วยพลาสติกฝังอยู่ภายในข้าวสาร ปิดปากถุงพลาสติกให้สนิท ปล่อยก๊าซไนโตรเจนจากเครื่องผลิตก๊าซไนโตรเจน 99.5% ให้ไหลเข้าไปในถุง ในขณะที่เปิดวาล์วอีกด้านหนึ่งไว้เพื่อให้อากาศภายในถุงไหลออก จนกระทั่งความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนในแต่ละถุง ไม่ต่ำกว่า 99.5% จึงปิดวาล์วก๊าซให้สนิททั้งสองวาล์ว เพื่อมิให้ก๊าซไนโตรเจนไหลออกสู่ภายนอก รักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจน ด้วยการวัดความเข้มข้นของก๊าซ และเติมก๊าซเมื่อพบความเข้มข้นต่ำกว่า 99.5 % เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน เปิดถุงพลาสติกให้มีการระบายอากาศ นำแมลงออกมาไว้ในสภาพบรรยากาศปกติ ตรวจนับแมลงที่รอดชีวิต หรือตัวเต็มวัยที่เกิดขึ้นใหม่ในแต่ละกรรมวิธี

การตรวจวัดผล

หลังจากทดสอบประสิทธิภาพของก๊าซไนโตรเจน และนำตัวอย่างเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้แมลงแต่ละชนิด แต่ละระยะการเจริญเติบโตได้พัฒนาเป็นตัวเต็มวัย แล้วจึงนำมาตรวจนับจำนวนแมลงที่รอดชีวิต หรือที่เกิดขึ้นใหม่ในแต่ละกรรมวิธี โดย

1. ระยะตัวเต็มวัย ตรวจนับจำนวนแมลงที่รอดชีวิตหลังทำการทดสอบ 1 วัน
2. ระยะดักแด้ ตรวจนับจำนวนแมลงที่เกิดขึ้น หลังทำการทดสอบ 14 วัน
3. ระยะหนอน ตรวจนับจำนวนแมลงที่เกิดขึ้น หลังทำการทดสอบ 21 วัน
4. ระยะไข่ ตรวจนับจำนวนแมลงที่เกิดขึ้น หลังทำการทดสอบ 45 วัน

หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การควบคุม (control efficiency percentage) ตามสูตรที่รายงานโดย Püntener (1981) ดังต่อไปนี้

Control efficiency percentage (%) = [1- (Ta/Ca x Cb/Tb)] 100

Tb = จำนวนของแมลงก่อนทำการทดลองในแต่ละกรรมวิธี (Treatment)

Ta = จำนวนของแมลงหลังจากทำการทดลองในแต่ละกรรมวิธี (Treatment)

Cb = จำนวนของแมลงก่อนทำการทดลองในกรรมวิธีที่ควบคุม (Control)

Ca= จำนวนของแมลงหลังทำการทดลองในกรรมวิธีที่ควบคุม (Control)

การทดลองที่ 3 ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยเอนแคปซูเลตในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บ

การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลงศัตรูถั่วเขียว

นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวแช่ในตู้แช่เย็นอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2-4 อาทิตย์ เมื่อต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมาแช่ในตู้เย็นอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1-2 อาทิตย์ หลังจากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมาผึ่งที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้ความเย็นลดลงและนำมาใช้เลี้ยงด้วงถั่วเขียวเพื่อให้ได้ระยะตัวเต็มวัย อายุ 0-3 วัน สำหรับปล่อยในโรงเก็บระหว่างการทดสอบทุก 2 อาทิตย์

กรมวิชาการเกษตร

การผลิตเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยการพลู

สำหรับน้ำมันหอมระเหยกานพลู (Clove bud oil) จากบริษัท Botanicessence นำมาผ่านขบวนการเอนแคปซูเลชั่นตามกรรมวิธีของ ดวงสมร และคณะ (2563) และนำเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูในรูปแบบเม็ดบีทไปทำแห้งโดยการใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จากศูนย์วิทยาศาสตร์เบทาโกร จำกัด มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน เป็นเวลา 96 ชั่วโมง เมื่อครบตามระยะเวลากำหนด นำเม็ดบีทที่ได้เก็บใส่ถุงฟอยด์ จำนวนถุงละ 200 กรัม และเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

วิธีทดสอบประสิทธิภาพของเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูกับด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บ

นำเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกายพลูที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ในรูปเม็ดบีทมาคลุกกับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว พันธุ์ชัยนาท 84-1 ซึ่งเมล็ดพันธุ์ดังกล่าวได้ทำการกำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวที่ปนเปื้อนโดยการใช้สารรมฟอสฟีนเป็นที่เรียบร้อย โดยการทดลองนี้มีการวางแผนแบบ Ramdomized Completely Block Design (RCBD) มี 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ไม่ได้คลุกสาร (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวคลุกด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่จำนวน 50 กรัมต่อถั่วเขียว 10 กิโลกรัม

กรรมวิธีที่ 3 เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวคลุกด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่จำนวน 100 กรัมต่อถั่วเขียว 10 กิโลกรัม

กรรมวิธีที่ 4 เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวคลุกด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่จำนวน 200 กรัมต่อถั่วเขียว 10 กิโลกรัม

นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่คลุกด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูตามกรรมวิธีที่กำหนดบรรจุในกระสอบปุ๋ย ขนาด 10 กิโลกรัม และนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวดังกล่าววางในโรงเก็บจำลองและปล่อยด้วงถั่วเขียวในโรงเก็บจำลองเพื่อสร้างการระบาดเทียมครั้งละ 3,000 ตัว ทุกๆ 2 อาทิตย์ (Figure 5) หลังจากนั้นทำการสุ่มถั่วเขียวทุกเดือน เดือนละ 270 กรัมต่อซ้ำ เป็นระยะเวลา 6 เดือน โดยแบ่ง 250 กรัมสำหรับการตรวจสอบประสิทธิภาพของเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูเพื่อเช็คจำนวนแมลงที่เข้าทำลายถั่วเขียวในแต่ละกรรมวิธีและ ถั่วเขียวจำนวน 20 กรัม นำไปแบ่งตรวจสอบหาสารสำคัญที่พบบนเมล็ดถั่วเขียว และตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การงอก อย่างละ 10 กรัม โดยการตรวจสอบประสิทธิภาพของเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูกับด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บจะทำการบันทึกผลตัวเต็มวัยที่พบในเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่สุ่มมาในแต่ละซ้ำและเมื่อนับจำนวนด้วงถั่วเขียวที่พบเรียบร้อยทำการคัดแยกด้วงถั่วเขียวออกจากเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว และนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่คัดแยกตัวเต็มวัยแล้วนำไปใส่ในขวดแก้วและปิดฝาด้วยกระดาษซับและนำขวดแก้วดังกล่าวเก็บไว้ในห้องเลี้ยงแมลงเป็นระยะเวลา 1 เดือน และบันทึกจำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูก (F1) ที่เกิดขึ้นในเมล็ดถั่วเขียว โดยข้อมูลทั้งหมดถูกวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Clove oil encapsulated was tested at the warehouse.

The samples of mung beans were taken every month.

Figure 5 Experiments of *Syzygium aromaticum* oil encapsulated with freeze-drying against *Callosobruchus maculatus* at the warehouse for 0-6 months.

การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

ทำการคัดเลือกเมล็ดถั่วเขียวจำนวน 100 เมล็ด ต่อ 1 ซ้ำ จากเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่สุ่มมาจำนวน 10 กรัม โดยนำเมล็ดพันธุ์มาเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษหรือเพาะแบบบีพี (BP=Between Paper) โดยตัดกระดาษเพาะขนาดกว้าง 10 นิ้ว x ยาว 14 นิ้ว แล้วนำกระดาษเพาะจำนวน 5 แผ่นวางซ้อนกัน แช่ในน้ำที่เตรียมไว้ให้กระดาษชื้น หลังจากนั้นยกกระดาษออก 2 แผ่น พักไว้ และ วางเมล็ดจำนวน 100 เมล็ด เว้นให้มีระยะห่างระหว่างเมล็ด และนำกระดาษ 2 แผ่นที่พักไว้มาปิดทับเมล็ด โดยนับกระดาษขึ้นมา 5 แผ่น พับปลายด้านล่างของกระดาษขึ้น และเว้นจากขอบล่างของกระดาษประมาณ 1 นิ้ว ม้วนกระดาษจากขอบกระดาษด้านซ้ายไปขวาจนสุดความยาวของกระดาษ โดยที่ควรระวังไม่ให้ม้วนแน่นหรือหลวมเกินไป และนำไปวางลงในถาดทำเช่นนี้จนครบ 5 ซ้ำ เขียนหมายเลขตัวอย่างทุกม้วน นำม้วนกระดาษจำนวน 5 ม้วนใส่ตะกร้า โดยวางในแนวตั้ง แล้วสวมทับด้วยถุงพลาสติกใส พร้อมทั้งรัดปากถุงแล้วนำไปเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 20 <=> 30 องศาเซลเซียส บันทึกผลโดยจะแบ่งลักษณะต้นอ่อนออกเป็น 5 ลักษณะ คือ ต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดแข็ง เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย นำข้อมูลต้นอ่อนปกติมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี DMRT

การตรวจสอบหาสารสำคัญของเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่พบบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวโดยใช้เครื่อง GC-MS

การวิเคราะห์สารสำคัญของเอนแคปซูลเลทน้ำมันหอมระเหยกายพลูที่พบบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว มีวิธีการดังนี้

5.1 สุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในแต่ละเดือนจำนวน 20 เมล็ดต่อซ้ำ หลังจากนั้นนำไปใส่ในขวดแก้ว (Vial; PerkinElmer) ขนาด 22 มิลลิลิตร เติมสารมาตราฐาน decanoic acid ethyl ester (internal standard) ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร จำนวน 10 ไมโครลิตร พร้อมกับใส่ magnetic bar ปิดฝาขวดให้สนิท กวนตลอดเวลาด้วย magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

5.2 นำไฟเบอร์ SPME (100μm, polydimethylsiloxane: PDMS) ใส่ในขวดแก้ว เป็นเวลา 30 นาที เพื่อสกัดสารระเหย

5.3 วิเคราะห์สารสำคัญในสารระเหยของน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่พบบนเมล็ดถั่วเขียวด้วยเครื่อง GC-MS (PerkinElmer Clarus SQ8) โดยใช้คอลัมน์เคปิลลารี (column capillary) ชนิด elite-5MS เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 เมตร ยาว 30 เมตร และความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมโครเมตร อุณหภูมิในการฉีด 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที โดยปรับอุณหภูมิคอลัมน์ดังนี้ อุณหภูมิเริ่มต้นตั้งไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที หลังจาก

กรมวิชาการเกษตร

นั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียส/นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 230 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 10 องศาเซลเซียส/นาที และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 8 นาที และใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพา (carrier gas) อัตราการไหล 1 มิลลิลิตร/นาที ในระบบ split less MS สแกนช่วง M/z 35-500 Da ที่ 70 eV ionization ที่ 230 องศาเซลเซียสชนิดของสารระเหยจะถูกเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล Nisit library 2015

การทดลองที่ 4 การพัฒนาการจัดการเพลี้ยแป้งทุเรียน *Planococcus minor* (Maskell) หลังการเก็บเกี่ยวด้วยสมุนไพร

การเลี้ยงขยายพันธุ์เพลี้ยแป้งทุเรียน Planococcus minor (Maskell)

เลือกผลฟักทองพันธุ์ศรีเมืองที่มีผิวขรุขระ ผลสีเขียว ไม่อ่อนเกินไป ทำความสะอาดขัดด้วยแปรงสีพันและ Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% แช่ด้วยน้ำยาล้างผักผลไม้เพื่อกำจัดพวกไข่เพลี้ยแป้ง และแมลงชนิดอื่นๆที่อาจติดมากับผลฟักทอง และล้างออกด้วยน้ำเปล่า และนำมาผึ่งลมให้แห้ง นำพู่กันเขี่ยเพลี้ยแป้งจากฟักทองลูกเก่า ลงฟักทองลูกใหม่ โดยเขี่ยเพลี้ยแป้งตัวเต็มวัยเพศเมีย 15-20 ตัว หลังจากนั้น 7 วัน เอาตัวเต็มวัยออก และนำผลฝักทอง มาใส่ในกรงเลี้ยงแมลง นำผ้าสีดำมาคลุมกรงไว้ ทิ้งไว้จนกระทั่งเพลี้ยแป้งทุเรียนกลายเป็นตัวเต็มวัย สำหรับใช้ในการทดลอง โดยการทดลองครั้งนี้จะเลือกตัวอ่อนวัย 3 จำนวน 30-50 ตัวต่อผลทุเรียน

การสกัดสารจากพืชสมุนไพร 3 ชนิด ใบสะระแหน่ เปลือกมังคุด และใบหูเสือ

2.1 นำพืชสมุนไพรมาล้างทำความสะอาดจนหมดสิ่งสกปรก หั่นเป็นชิ้นบาง ๆ ทำให้แห้งโดยนำเข้าตู้อบลมร้อน (hot air oven) อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดละเอียดด้วยเครื่องปั่นของแห้ง จากการสกัดสารโดยใช้อัตราส่วนระหว่างตัวอย่างและตัวทำละลาย 1:2 น้ำหนักต่อปริมาตร บรรจุลงในขวดแก้วรูปชมพู่ (flask)

2.2 ปิดปากขวดด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์และพาราฟิล์ม แช่ทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 7 วัน

2.3 กรองสารละลายด้วยกรวยบุชเนอร์ (Buchner funnel) ระเหยตัวทำละลายออกเครื่องระเหยแห้งสุญญากาศ (rotary evaporation)

2.4 บรรจุสารสกัดจากพืชที่ได้ในขวดแก้วสีชา ปิดฝาให้สนิท แล้วเก็บไว้ในตู้เย็น อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส

2.5 เจือจางสารสกัดจากพืชด้วยน้ำให้มีระดับความเข้มข้น 0.5 % ก่อนนำไปใช้ในการทดสอบ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อเพลี้ยแป้งทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 5 กรรมวิธี 4 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 สารสกัดสะระแหน่ความเข้มข้น 0.5 % และสารสกัดจากเปลือกมังคุดความเข้มข้น 0.5 % อัตราส่วน 1:1 ปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อผล

กรรมวิธีที่ 2 สารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% ปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อผล

กรรมวิธีที่ 3 สารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% และ Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% อัตราส่วน 1:2 ปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อผล

กรรมวิธีที่ 4 ฉีดพ่น Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% และน้ำส้มสายชูกลั่น 5% อัตราส่วน 2:1 ปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อผล

กรรมวิธีที่ 5 ฉีดพ่นด้วยน้ำ (กรรมวิธีควบคุม)

- นำเพลี้ยแป้งที่ได้จากการขยายพันธุ์บนผลฟักทอง เลี้ยงลงบนผลทุเรียนในระยะการเก็บเกี่ยว ที่เหมาะสมสำหรับการส่งออก (ประมาณ 125 วันหลังดอกบาน) จำนวน 100 ตัวต่อผล ทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง

กรมวิชาการเกษตร

- ทำการทดสอบโดยการฉีดพ่นสารสกัดตามกรรมวิธีที่กำหนดจำนวน 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ (ใช้ผลทุเรียนจำนวน 3 ผลต่อ 1 ซ้ำ) ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง

- นำผลทุเรียนในทุกกรรมวิธีไปเป่าเพลี้ยแป้งที่อยู่บนผลออกจากผลทุเรียนด้วยเครื่องเป่าลมความดัน 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลละ 30 วินาที

- นับจำนวนเพลี้ยแป้งทั้งเป็นและตายหลังการฉีดพ่นการทดสอบ 24 ชั่วโมง

การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของทุเรียน

ได้คัดเลือกกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพจากการทดลองข้อ 3 ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 การฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% ผสม Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% อัตราส่วน 1:2 ปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อผล

กรรมวิธีที่ 2 การฉีดพ่น Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% และน้ำส้มสายชูกลั่น 5% อัตราส่วน 2:1 ปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อผล

กรรมวิธีที่ 3 การฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม)

- นำผลทุเรียนในทุกกรรมวิธีไปเป่าเพลี้ยแป้งที่อยู่บนผลออกจากผลทุเรียนด้วยเครื่องเป่าลมความดัน 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลละ 30 วินาที

- หลังจากการทดสอบ นำผลทุเรียนบรรจุใส่กล่อง และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ทำการบันทึกลักษณะปรากฏ ได้แก่ สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยการให้ค่าคะแนน 9point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 25 คน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ผลการทดลองและอภิปราย (Results and Discussion)

การดำเนินโครงการลดความสูญเสียจากแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลเกษตรได้ดำเนินการวิจัยหาวิธีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการใช้สารฆ่าแมลง สารรม น้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากพืช โดยในโครงการนี้มี 4 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงในการกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ที่สำคัญในโรงเก็บ

ประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทดสอบ

การใช้สารฆ่าแมลง pirimiphos-methyl อัตรา 10 ppm (T_1) คลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อเก็บรักษาในเดือนที่ 1-4 ไม่พบแมลงทุกชนิดรอดชีวิต จะพบแมลงรอดชีวิตจำนวนเล็กน้อยตั้งแต่เดือนที่ 5-10 โดยพบแมลงรอดชีวิตเฉลี่ย 1.5, 1.2, 8.5, 12.5, 14.8 และ 13.3 ตัว ตามลำดับ และพบมอดหัวป้อมรอดชีวิตเพียงชนิดเดียวเท่านั้น เมื่อเก็บรักษาในเดือนที่ 1-7 พบว่าการรอดชีวิตของแมลงไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 2-5 แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 6 ในเดือนที่ 5, 8-10 กรรมวิธีที่ 7 ตั้งแต่เดือนที่ 3 และกรรมวิธีที่ 8 ตั้งแต่เดือนที่ 2 จำนวนแมลงที่เกิดใหม่หลังเก็บรักษาไว้นาน 8 สัปดาห์ ในเดือนที่ 1- 6 ไม่พบมอดหัวป้อมที่เกิดใหม่ แต่ในเดือนที่ 7-10 พบมอดหัวป้อมที่เกิดใหม่เฉลี่ย 5.2, 17.4, 15.8 และ 12.1 ตัว ตามลำดับ และพบว่าจำนวนแมลงที่รอดชีวิตไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาของการเก็บรักษา ยกเว้นในเดือนที่ 9 ที่จำนวนการรอดชีวิตของแมลงมีความแตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาในเดือนที่ 1-4 และ 6

การใช้สารฆ่าแมลง pirimiphos-methyl อัตรา 20 ppm (T_2) สารฆ่าแมลง imidacloprid อัตรา 0.1 กรัม (T_3) สารฆ่าแมลง thiamethoxam (เซียน่า) อัตรา 3.5 กรัม (T_4) และสารฆ่าแมลง thiamethoxam (ครุยเซอร์ 350 เอฟเอส) อัตรา 2.5 มล. (T_5) พบว่ากรรมวิธีที่ 4 และ 5 ไม่พบแมลงรอดชีวิตตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน

กรมวิชาการเกษตร

แต่กรรมวิธีที่ 2 และ 3 พบแมลงรอดชีวิตในเดือนที่ 10 โดยพบแมลงรอดชีวิตเฉลี่ย 2.5 และ 3.7 ตัว ตามลำดับ โดยพบแมลงเพียงชนิดเดียว คือ มอดหัวป้อม อย่างไรก็ตามการรอดชีวิตของแมลงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้ง 4 กรรมวิธี แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 7 และ 8 และไม่พบแมลงที่เกิดใหม่ในทั้ง 4 กรรมวิธี นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนแมลงที่รอดชีวิตในแต่ละกรรมวิธีไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาของการเก็บรักษาในแต่ละเดือน

การใช้สารกำจัดเชื้อราไทแรม อัตรา 0.5 กรัม (T_6) เมื่อเก็บรักษาในเดือนที่ 1-2 ไม่พบแมลงทุกชนิดรอดชีวิต จะพบแมลงรอดชีวิตจำนวนเล็กน้อยตั้งแต่เดือนที่ 3-10 พบจำนวนแมลงรอดชีวิตเฉลี่ย 10.8, 12.0, 19.8, 8.7, 6.2, 17.8, 18.7 และ 19.3 ตัว ตามลำดับ โดยพบเฉพาะมอดแป้งและมอดหัวป้อม จำนวนแมลงที่รอดชีวิตในเดือนที่ 1-4 และ 6-7 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1-5 แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 7 และ 8 ส่วนในเดือนที่ 5, 8-10 จำนวนแมลงที่รอดชีวิตมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1-5 และ 7-8 และพบแมลงที่เกิดใหม่จำนวนเล็กน้อยตั้งแต่เดือนที่ 3-10 เฉลี่ย 1.0, 4.0, 5.0, 10.0, 8.4, 9.6, 10.3 และ 15.8 ตัว ตามลำดับ สำหรับระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่าการเก็บรักษาเดือนที่ 1-4, 6-7 พบว่าจำนวนแมลงที่รอดชีวิตไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาของการเก็บรักษา และการเก็บรักษาในเดือนที่ 5, 8-10 ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาในการเก็บรักษา

การใช้สารเคลือบสี (T_7) และน้ำ (T_8) พบแมลงทุกชนิดรอดชีวิตและพบแมลงที่เกิดใหม่ ตั้งแต่เดือนที่ 1 ของการเก็บรักษา โดยแมลงที่พบส่วนใหญ่จะเป็นด้วงงวงข้าวโพด และมอดฟันเลื่อย และพบว่าจำนวนแมลงที่รอดชีวิตมีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาของการเก็บรักษาในแต่ละเดือน โดยเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจำนวนการรอดชีวิตของแมลงจะเพิ่มขึ้นและมีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละเดือนที่เก็บรักษา

ดังนั้นการใช้สารฆ่าแมลง thiamethoxam สารฆ่าแมลง pirimiphos-methyl และสารฆ่าแมลงimidacloprid สามารถนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพด เพื่อทดแทนสารฆ่าแมลง คลอร์ไพริฟอส ที่ในอดีตนิยมใช้สำหรับการคลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ซึ่งในปัจจุบันสารฆ่าแมลงชนิดนี้ได้ถูกยกเลิกการใช้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ความเสียหายของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้สารฆ่าแมลง pirimiphos-methyl อัตรา 10 ppm (T_1) มีค่าเฉลี่ย 0.0-20.7% สารฆ่าแมลง pirimiphos-methyl อัตรา 20 ppm (T_2) มีค่าเฉลี่ย 0.0-0.6% สารฆ่าแมลง imidacloprid อัตรา 0.1 กรัม (T_3) มีค่าเฉลี่ย 0.0-0.5% สารฆ่าแมลง thiamethoxam (เซียน่า) อัตรา 3.5 กรัม (T_4) มีค่าเฉลี่ย 0.0-0.7% สารฆ่าแมลง thiamethoxam (ครุยเซอร์ 350 เอฟเอส) อัตรา 2.5 มล. (T_5) มีค่าเฉลี่ย 0.0-0.7% สารกำจัดเชื้อราไทแรม อัตรา 0.5 กรัม (T_6) มีค่าเฉลี่ย 0.0-20.2% สารเคลือบสี (T_7) มีค่าเฉลี่ย 0.0-87.2% และน้ำ (T_8) มีค่าเฉลี่ย 0.0-79.4% แสดงให้เห็นว่าในกรรมวิธีที่ 2, 3, 4 และ 5 สามารถป้องกันความเสียหายของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ตลอดระยะเวลา 10 เดือนของการเก็บรักษา ส่วนกรรมวิธีที่ 1 พบความเสียหายของเมล็ดข้าวโพดเล็กน้อยในเดือนที่ 4-6 แต่ในเดือนที่ 7-10 ข้าวโพดเริ่มมีความเสียหายเพิ่มมากขึ้น สำหรับกรรมวิธีที่ 6 พบความเสียหายของเมล็ดข้าวโพดเล็กน้อยในเดือนที่ 4 และความเสียหายของเมล็ดข้าวโพดเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และกรรมวิธีที่ 7 และ 8 พบความเสียหายของเมล็ดข้าวโพดตั้งแต่เดือนที่ 1 และความเสียหายจะเพิ่มสูงขึ้นมากตั้งแต่เดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าการใช้สารฆ่าแมลง pirimiphos-methyl อัตรา 20 ppm สารฆ่าแมลง imidacloprid อัตรา 0.1 กรัม สารฆ่าแมลง thiamethoxam (เซียน่า) อัตรา 3.5 กรัม สารฆ่าแมลง thiamethoxam (ครุยเซอร์ 350 เอฟเอส) อัตรา 2.5 มล. เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ในทุกกรรมวิธี ตลอดระยะเวลา 10 เดือนของการเก็บรักษา ส่วนกรรมวิธีที่ใช้สารฆ่าแมลง pirimiphos-methyl อัตรา 10 ppm เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ตั้งแต่

กรมวิชาการเกษตร

เดือนที่ 8 ของการเก็บรักษา สำหรับการใช้สารกำจัดเชื้อราไทแรม อัตรา 0.5 กรัม เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ตั้งแต่เดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา และการใช้สารเคลือบสี และน้ำ เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ตั้งแต่เดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดจะเป็นไปในทิศทางเดียวกับความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด คือเมื่อเมล็ดข้าวโพดมีความเสียหายมากจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพดลดต่ำลง

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด (moisture content) ก่อนเคลือบเมล็ด 12.6% และในระหว่างการเก็บรักษาความชื้นเฉลี่ย 12.8-13.4% แสดงให้เห็นว่าการเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบผสมสารฆ่าแมลงและสารกำจัดเชื้อรา ไม่มีผลต่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การทดลองที่ 2 การควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งด้วยก๊าซไนโตรเจน

ประสิทธิภาพของก๊าซไนโตรเจนในการรมข้าวสาร 1 ตันในสภาพปิด

พบว่า เมื่อรักษาระดับความเข้มข้นไม่ต่ำกว่า 99.5% ตลอดระยะเวลาการรม สามารถควบคุม ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ได้หมดทุกระยะการเจริญเติบโตที่เวลา 9 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ การทดสอบกับข้าวสารขนาด 1 ตัน ซึ่งไม่สามารถรักษาระดับความเข้มข้นให้คงที่เท่ากับตอนเริ่มต้นได้ตลอดเวลา เนื่องจากมีการรั่วไหลของก๊าซบ้าง แต่จากการวัดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจนในระหว่างการรมทุกวัน พบว่า ก๊าซออกซิเจนมีค่าไม่เกิน 1% และก๊าซไนโตรเจนคงระดับที่ไม่น้อยกว่า 99.0% ผลการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด พบว่าใช้เวลาเพียง 3 วัน สามารถควบคุมระยะตัวเต็มวัยได้หมด สำหรับระยะไข่ หนอน และดักแด้ ต้องใช้เวลา 5, 7 และ 9 วันตามลำดับ ในขณะที่การใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นเวลา 3 วัน สามารถควบคุมมอดแป้งได้หมดทุกระยะการเจริญเติบโต เห็นได้ว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมในการควบคุมแมลงจะแตกต่างไปตามชนิดของแมลง ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ด้วงงวงข้าวโพด มีความทนทานต่อก๊าซไนโตรเจนมากกว่ามอดแป้ง ซึ่งต้องใช้เวลาในการควบคุมนานขึ้น

ระยะการเจริญเติบโตของแมลงมีผลต่อระยะเวลาที่เหมาะสมเช่นกัน ด้วงงวงข้าวโพดระยะตัวเต็มวัยเป็นระยะที่อ่อนแอต่อการปรับสภาพบรรยากาศด้วยก๊าซไนโตรเจนที่สุด ระยะดักแด้มีความทนทานกว่าระยะหนอนและระยะไข่ ที่ใช้เวลา 9 วัน, 7 วัน และ 5 วัน ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดสอบประสิทธิภาพของก๊าซไนโตรเจน 99.5% ในห้องปฏิบัติการ (ใจทิพย์และคณะ, 2563) เพื่อควบคุมแมลง 4 ชนิด 4 ระยะการเจริญเติบโตในข้าวกล้อง 250 กรัม ที่พบว่า ให้ผลการควบคุมที่ดี แมลงส่วนใหญ่ตายหมดทุกระยะตั้งแต่ 5 วันแรกของการรม (ระยะเวลาที่สั้นที่สุดในการทดสอบ) มีเพียงด้วงงวงข้าวโพด ที่ควบคุมระยะหนอนและดักแด้ได้ 80.88 และ 83.25% ตามลำดับ เมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็น 8 วัน สามารถควบคุมระยะดักแด้ได้หมด ระยะหนอนต้องเพิ่มเวลาเป็น 11 วัน จึงควบคุมได้อย่างสมบูรณ์ และเมื่อทดสอบกับข้าวสาร 10 กิโลกรัม พบว่า ก๊าซไนโตรเจนให้ผลการควบคุมมอดแป้งได้ดี สามารถควบคุมมอดแป้งได้หมดที่ระยะเวลา 5 วันเช่นกัน แต่สำหรับด้วงงวงข้าวโพด ที่ระยะเวลา 8 วัน สามารถควบคุมระยะไข่ และตัวเต็มวัยได้ แต่ต้องเพิ่มเวลาเป็น 11 วัน จึงให้ผลการควบคุมที่สมบูรณ์สำหรับระยะหนอนและระยะดักแด้

นอกจากด้วงงวงข้าวโพดมีความทนทานต่อก๊าซไนโตรเจนมากกว่ามอดแป้งแล้ว จะพบว่า ระยะตัวเต็มวัยเป็นระยะที่อ่อนแอที่สุด ส่วนระยะหนอนและระยะดักแด้ เป็นระยะที่มีความทนทานที่สุด ซึ่ง Storey (1980) รายงานว่า ระยะดักแด้และหนอนวัยปลายของแมลงที่อาศัยอยู่ในเมล็ด มีความทนทานที่สุด เมื่อดัดแปลงสภาพอากาศให้มีก๊าซออกซิเจนน้อยกว่า 1% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 9-9.5% จึงต้องใช้เวลา 10 วันในการควบคุมแมลงและระยะที่ทนทาน และสอดคล้องกับที่ Navarro (2012) สรุปว่า โดยทั่วไปแล้ว ระยะตัวเต็มวัยเป็นระยะที่อ่อนแอที่สุดกับวิธีการที่ใช้ก๊าซไนโตรเจน และด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae*) หรือมอดหัวป้อม (*Rhyzopertha*

กรมวิชาการเกษตร

dominica) มีความทนทานต่อก๊าซไนโตรเจนมากกว่ามอดแป้ง ใจทิพย์ (2556) ได้ทดสอบก๊าซไนโตรเจน 99.9 % กับด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดข้าวเปลือก และมอดหนวดยาว ที่ทุกระยะการเจริญเติบโต ใช้เวลา 7 วัน และ 12 วัน พบว่า เวลา 7 วันยังไม่สามารถควบคุมแมลงได้หมด แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็น 12 วันสามารถควบคุมแมลงได้อย่างสมบูรณ์ ชนิดและระยะการเจริญเติบโตต่างมีผลต่อประสิทธิภาพการควบคุม โดยด้วงงวงข้าวโพดเป็นแมลงที่มีความทนทานที่สุด และระยะหนอนเป็นระยะที่ควบคุมได้ยากที่สุด ทั้งนี้ความสามารถในการกักเก็บก๊าซไนโตรเจนเป็นปัจจัยสำคัญและมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพของก๊าซไนโตรเจน เห็นได้จาก การทดสอบของ Haojie et al. (2014) ที่ได้ศึกษาการใช้ก๊าซไนโตรเจนกับการเก็บรักษาเมล็ดพืช โดยใช้ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจน 2 ระดับ คือ 96-98% และ 98-100% พบว่า ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า (96-98%) ใช้เวลามากกว่าในการทำให้ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด มอดหัวป้อม และมอดฟันเลื่อยตาย 99% แสดงให้เห็นว่า การใช้ก๊าซไนโตรเจนจำเป็นต้องรักษาความเข้มข้นให้สูง หรือใกล้เคียง 100% ที่สุด เพื่อทำให้ระดับก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุด จึงให้ประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงได้ดี ทั้งนี้การนำวิธีการนี้ไปใช้ ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ อย่างรอบคอบ และถึงแม้ว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับแมลงแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน แต่ในสภาพการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรอาจมีการเข้าทำลายของแมลงมากกว่า 1 ชนิด และมีหลายระยะอาศัยอยู่ร่วมกัน เพื่อให้การควบคุมแมลงได้ผลอย่างสมบูรณ์ ควรใช้ระยะเวลาที่มีประสิทธิภาพต่อแมลงที่ทนทานที่สุด

การทดลองที่ 3 ประสิทธิภาพของเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บ

การทดสอบประสิทธิภาพของเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูกับด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บ

ประสิทธิภาพของเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูกับด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บตลอดระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ในเดือนที่ 0 หรือวันที่เริ่มทดสอบไม่พบด้วงถั่วเขียวและตัวเต็มวัยรุ่นลูกในทุกกรรมวิธี หลังจากนั้นในเดือนที่ 1 เริ่มพบด้วงถั่วเขียวเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในแต่ละกรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่ 1 (วิธีควบคุม) คือถั่วเขียวที่ไม่คลุกเอนแคปซูลทน้ำมันหอมระเหยกานพลู พบว่ามีจำนวนของด้วงถั่วเขียวมากกว่ากรรมวิธีที่คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในเดือนที่ 2 และ 3 พบว่ากรรมวิธีที่ 3 และ กรรมวิธีที่ 4 คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูจำนวน 100 และ 200 กรัม/ถั่วเขียว 10 กิโลกรัม สามารถป้องกันการเข้าทำลายด้วงถั่วเขียวได้ดีที่สุด ตามด้วยกรรมวิธีที่ 2 คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูจำนวน 50 กรัม/ถั่วเขียว 10 กิโลกรัม และกรรมวิธีที่ 1 ที่พบว่ามีจำนวนของด้วงถั่วเขียวเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ในส่วนของเดือนที่ 4 และ 5 พบว่ากรรมวิธีที่ 2, 3 และ 4 สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 และในเดือนที่ 6 พบว่ากรรมวิธีที่ ที่ 3 และ 4 สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวได้อย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 และ 2 จากผลการทดสอบเห็นได้ว่าการใช้เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูมาคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในทุกกรรมวิธี ไม่สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวได้ 100 เปอร์เซ็นต์เหมือนกับการใช้สารเคมีทั่วไป แต่จำนวนด้วงถั่วเขียวที่พบมีจำนวนน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่พบด้วงถั่วเขียวเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูก (F1) พบว่าในเดือนที่ 1 และ 2 ในกรรมวิธีที่ 2, 3 และ 4 สามารถควบคุมการเกิดของตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้ดีที่สุด และในเดือนที่ 3, 4 และ 5 พบ กรรมวิธีที่ 3 และ 4 สามารถควบคุมการเกิดของตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้เป็นอย่างดี ในขณะที่เดือนสุดท้าย คือเดือนที่ 6 พบว่า จำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูกในกรรมวิธีควบคุม ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นๆ โดยกรรมวิธีที่ 3 และ 4 เป็นกรรมวิธีที่สามารถยับยั้งการเกิดตัวเต็มวัยได้ดีที่สุด จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการใช้เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่อัตรา 100 และ 200 กรัมต่อถั่วเขียว 10 กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์การเกษตร

สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวและการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ตลอดระยะเวลา 6 เดือนที่ทำการทดสอบ โดยกรรมวิธีที่ใช้เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยการพลู 100 กรัม คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวจำนวน 10 กิโลกรัมค่าเฉลี่ยของตัวเต็มวัยที่พบในเดือนที่ 0-6 คือ 0, 0.8, 7.9,16.7, 21.5, 28.5 และ 21.4 ตัวและพบการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นลูกของด้วงถั่วเขียว เท่ากับ 0, 0.1, 0.3, 0.1, 2.4, 1.2 และ 1.6 ตัว ขณะที่กรรมวิธีที่ใช้เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยการพลู 200 กรัม คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวจำนวน 10 กิโลกรัมค่าเฉลี่ยของตัวเต็มวัยที่พบในเดือนที่ 0-6 คือ 0, 1.2, 6.1, 13.2, 26.9, 22.3 และ 17.1 ตัว และพบการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นลูกของด้วงถั่วเขียว เท่ากับ 0, 0, 0, 0.1, 3.4, 0.6 และ 2.3 ตัว ตามลำดับ ดังนั้นการนำเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูมาใช้ป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวในเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลดอันตรายจากการใช้สารเคมีและมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม

การศึกษาอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

จากการสุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อนำมาตรวจหาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในแต่ละเดือน พบว่าในเดือนที่ 0 เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในกรรมวิธีที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากพบการเข้าทำลายของเชื้อราโดยมีเปอร์เซ็นต์ความงอกเท่ากับ 78.6 เปอร์เซ็นต์ แต่ผลการทดลองในเดือนที่ 1, 2, 3, 4 5 และ 6 พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยตั้งแต่เดือนที่ 1-6 พบว่ากรรมวิธีควบคุมมีเปอร์เซ็นต์วามงอกน้อยกว่ากรรมวิธีที่คลุกถั่วเขียวด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูในทุกกรรมวิธี โดยมีเปอร์เซ็นต์ความงอกในกรรมวิธีที่ 1 เท่ากับ 85.0, 47.4, 25.0, 11.0, 38.0 และ 45.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่เดือนที่ 2 เป็นต้นมาเปอร์เซ็นต์ความงอกในกรรมวิธีควบคุมมีเปอร์เซ็นต์ความงอกน้อยกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกิดจากการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว และเป็นที่น่าสังเกตุว่าการใช้คลุกถั่วเขียวด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูในกรรมวิธีที่ 2, 3 และ 4 สามารถรักษาเปอร์เซ็นต์ความงอกของถั่วเขียวได้มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลา 6 เดือนที่ทำการทดสอบ ดังนั้นการใช้เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียว ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

การตรวจสอบหาสารสำคัญของเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่พบบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวโดยใช้เครื่อง GC-MS

สำหรับสารสำคัญที่พบบนเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกกับเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูในแต่ละกรรมวิธีระหว่าง 0-6 เดือน พบสารสำคัญที่ระเหยมาจากเมล็ดถั่วเขียวหลากหลายชนิด โดยแต่ละเดือนพบชนิดและปริมาณแตกต่างกัน แต่พบสารสำคัญยูจีนอล (eugenol) เป็นสารสำคัญที่พบปริมาณมากที่สุด โดยปริมาณของยูจีนอล ที่พบผันแปรตามจำนวนของเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่คลุกกับเมล็ดถั่วเขียว โดยกรรมวิธีที่ 1 คือถั่วเขียวที่ไม่ได้คลุกกับเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลู ในเดือนที่ 0, 1, 2, 3 และ 6 ไม่พบปริมาณสารสำคัญยูจีนอล และเดือน 4 และ 5 พบสารสำคัญยูจีนอลปริมาณเพียง 0.01 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกรรมวิธีที่ 2 และ 4 คลุกถั่วเขียวด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูจำนวน 50 และ 200 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว 10 กิโลกรัม พบเดือนที่ 3 มีปริมาณสาระสำคัญยูจีนอลมากที่สุดคือ 27.15 และ 61.95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ กรรมวิธีที่ 3 คลุกถั่วเขียวด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูจำนวน 100 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว 10 กิโลกรัม พบปริมาณยูจีนอลมากที่สุดในเดือนที่ 1 คือ 39.44 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาจากปริมาณสารสำคัญยูจีนอลที่พบในแต่ละเดือนของกรรมวิธีที่ 4 จะพบว่า ในเดือนที่ 3 จะพบปริมาณสารสำคัญยูจีนอลสูงที่สุดและมีจำนวนลดลงในเดือนที่ 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการจำแนกสารสำคัญที่พบในเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกายพลูที่ได้ทำการทดลองก่อนหน้านี้ (ดวงสมร และคณะ, 2563) พบว่ามีสารสำคัญที่วิเคราะห์ได้ 8 ชนิด และ สารสำคัญที่พบปริมาณมากที่สุดคือ ยูจีนอลเหมือนกับสารสำคัญที่พบในเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลู แต่สารสำคัญที่พบบนเมล็ดถั่วเขียวมีชนิดของสารสำคัญหลากหลาย อย่างไรก็

กรมวิชาการเกษตร

ตามสารสำคัญที่พบเป็นปริมาณมากยังคงเป็นยูจีนอล โดยสารสำคัญชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวหลายชนิด (Regnault-Roger et al. 2012; Ileke et al., 2014; Liska et al., 2010; Liska, 2011) และสามารถระเหยจากเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูมาอยู่บนเมล็ดถั่วเขียวทำให้สามารถป้องกันการเข้าทำลายด้วงถั่วเขียวได้เป็นอย่างดีเมื่อพิจารณากับข้อมูลการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว ที่พบว่าการใช้เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่ 100 และ 200 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว 10 กิโลกรัมสามารถป้องกันการเข้าทำลายด้วงถั่วเขียวและยับยั้งการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้

การทดลองที่ 4 การพัฒนาการจัดการเพลี้ยแป้งทุเรียน *Planococcus minor* (maskell) หลังเก็บเกี่ยวด้วยสมุนไพร

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อเพลี้ยแป้งทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ (เอทานอล) ที่มีผลต่อการตายของเพลี้ยแป้ง(ตัวอ่อนวัย 3) และนำมาเป่าลมที่ความดัน 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลละ 30 วินาที ในทุกกรรมวิธีในห้องปฏิบัติการ (Table 7) พบว่า กรรมวิธีที่ 4 คือ ฉีดพ่นด้วย Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% ผสมน้ำส้มสายชูกลั่น 5% ที่อัตราส่วน 2:1 ปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อผล พบจำนวนเพลี้ยแป้งที่มีชีวิตบนผลทุเรียนน้อยที่สุด คือ 3.86 ตัวต่อผล รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 3 คือ ฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% ผสม SLS ความเข้มข้น 1.25% ที่อัตราส่วน 1:1 ปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อผล กรรมวิธีที่ 1 ฉีดพ่นด้วยสารสกัดสะระแหน่ความเข้มข้น 0.5 % ผสม สารสกัดจากเปลือกมังคุดความเข้มข้น 0.5 % ที่อัตราส่วน 1:1 ปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อผล และกรรมวิธีที่ 5 คือ ฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่า ปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อผล พบจำนวนเพลี้ยแป้งที่มีชีวิตบนผลทุเรียน เท่ากับ 4.58 28.66 29.91 และ 67.58 ตัวต่อผล ตามลำดับ

ผลการทดลองพบว่า การฉีดพ่นด้วย Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% ผสมน้ำส้มสายชูกลั่น 5% และการฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% ผสม SLS ความเข้มข้น 1.25% มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพลี้ยแป้งออกจากผลทุเรียนมากที่สุด เนื่องจากเพลี้ยแป้งเพศเมียจะสร้างไขปกคลุมลำตัว ซึ่งเป็นกลไกการป้องกันทางกายภาพของแมลงเพื่อป้องกันสารเคมีต่างๆ ไม่ให้ซึมผ่านเข้าสู่ร่างกาย สาร SLS เป็นส่วนประกอบสำคัญของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด เช่น สบู่เหลว น้ำยาล้างจาน ผงซักฟอกฯลฯ มีคุณสมบัติในการลดแรงตึงผิว (surfactant) สามารถชำระล้างไข (wax) และคราบมัน (emulsifies oil) ออกจากตัวเพลี้ยแป้งได้ ทำให้น้ำและสารต่างๆ ผ่านเข้าออกทางรูหายใจได้สะดวกยิ่งขึ้นสุดท้ายเพลี้ยแป้งอาจสูญเสียน้ำจากลำตัวได้ง่ายและตายในที่สุด สอดคล้องกับ วิบูลย์และคณะ (2553) รายงานว่า สาร Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% มีประสิทธิภาพในการใช้ควบคุมเพลี้ยแป้งในระยะตัวอ่อนวัย 1 (clawer) ที่พบในพืชสบู่ดำได้ และมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม ส่วนสารสกัดใบหูเสือจัดเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ มีฤทธิ์ในการฆ่าแมลง เพราะมีสารสำคัญ คือ Thymol และ Carvacrol ในปริมาณมาก ซึ่งสารดังกล่าวมีความเป็นพิษสูงต่อแมลง และเมื่อนำมาใช้ร่วมกับสาร Sodium lauryl sulfate (SLS) จะทำให้มีเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดเพลี้ยแป้งได้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากสาร SLS จะขจัดไขที่ปกคลุมตัวเพลี้ยแป้งออก ทำให้สารสกัดใบหูเสือสามารถซึมผ่านรูหายใจและผนังลำตัวของเพลี้ยแป้งได้ เช่นเดียวกับ Hollingsworth and Hamnett (2010) รายงานว่า การใช้น้ำมันหอมระเหยในกลุ่มพืชตระกูลส้มผสมกับสาร Sodium lauryl sulfate (SLS) และ กรดซิกตริก (Citric acid) จะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการกำจัดเพลี้ยแป้งอ่อน (*Planococcus ficus*) เพราะสารดังกล่าวมีฤทธิ์เสริมกันในการขจัดไขที่ปกคลุมลำตัวเพลี้ยแป้ง ทำให้น้ำมันหอมระเหยซึมผ่านผนังลำตัวและรูหายใจของเพลี้ยแป้งได้ง่ายขึ้น

การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของทุเรียน

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยการให้ค่าคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านสีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความหวาน รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยการให้ค่าคะแนน 9 point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน (Table 8) พบว่า กรรมวิธีที่ 3 คือการฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม) มีคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยมากที่สุด คือ 6.60 รองลงมา ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 คือ การฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% ผสม Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% และกรรมวิธีที่ 2 คือ การฉีดพ่นสาร SLS ความเข้มข้น 1.25% ผสมน้ำส้มสายชูกลั่น 5% คือ 6.04 และ 5.76 ตามลำดับ และพบว่ากรรมวิธีที่ 2 คือการฉีดพ่นสาร Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% ผสมน้ำส้มสายชูกลั่น 5% มีคะแนนความชอบของสีเปลือก กลิ่น และรสชาติ มีค่าน้อยที่สุดและที่มีความแตกต่างทางสถิติจากกรรมวิธีควบคุม เนื่องจากน้ำส้มสายชู มีองค์ประกอบหลักคือกรดน้ำส้ม (กรดอะซิติก) มีกลิ่นฉุน ทำให้ส่งผลต่อกลิ่นและรสชาติของทุเรียน ส่วนกรรมวิธีที่ 1 คือ การฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% ผสม SLS ความเข้มข้น 1.25% นั้น จะมีคะแนนความชอบเพียงแค่ด้านสีเปลือกที่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม นอกจากนั้นในด้านคุณลักษณะอื่นๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม ดังนั้นการฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% ผสม Sodium lauryl sulfate (SLS) จึงไม่ทำให้สภาพของผลทุเรียนเปลี่ยนแปลงไปและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

จากกการทดลอง ทั้ง 4 การทดลองในโครงการวิจัยการลดความสูญเสียจากแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลเกษตร ได้ผลผลิต (output) จำนวน 4 องค์ความรู้ดังนี้

1. การใช้สารฆ่าแมลง pirimiphos-methyl อัตรา 20 ppm, imidacloprid (เซียน่า 25%WG) อัตรา 3.5 กรัม, thiamethoxam (ครุยเซอร์ 35%W/V FS) อัตรา 2.5 มล. และ imidacloprid (ซีบราคัท 70%WG) อัตรา 0.1 กรัม มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัด ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหนวดยาว มอดฟันเลื่อย และมอดหัวป้อม ตลอดระยะเวลา 10 เดือน และไม่พบแมลงที่เกิดใหม่เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 8 สัปดาห์ โดยสารฆ่าแมลงดังกล่าวไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
2. การใช้ก๊าซไนโตรเจน 99.5 เปอร์เซ็นต์ในการกำจัดด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ในข้าวสาร 1 ตัน ต้องใช้เวลา 9 และ 3 วันถึงจะสามารถป้องกันกำจัดแมลงทั้ง 2 ชนิดได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (ระยะไข่ ระยะหนอน ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย)
3. การใช้เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูอัตรา 100 และ200 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว จำนวน 10 กิโลกรัม สามารถป้องกันและกำจัดด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บ และการใช้เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูคลุกกับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ซึ่งสามารถรักษาเปอร์เซ็นต์ความงอกได้มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ในทุกกรรมวิธีตลอดระยะเวลา 6 เดือน โดยยูจีนอลเป็นสารสำคัญที่พบบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว
4. การฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% ผสม Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วน 1:2 ปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อผล และนำมาเป่าลมที่ความดัน 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลละ 30 วินาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการกำจัดเพลี้ยแป้ง (ตัวอ่อนวัย ที่ 3) และไม่มีผลต่อคุณภาพของผลทุเรียนและมีค่าคะแนนเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

จากผลการทดลองที่ได้มาจากโครงการสามารถนำผลงานมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดความสูญเสียของผลผลิตทำให้กลุ่มเป้าหมายคือ หน่วยงานของภาครัฐ ผู้ประกอบการโรงสี โรงเก็บเมล็ดพันธุ์ เกษตรกรสวนทุเรียน และผู้ประกอบการโรงคัดบรรจุ สามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยเพื่อผลผลิตเกษตรที่มีคุณภาพและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 4

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี

Development of Postharvest Technology for Reduce Quality Loss of Irridiated Mango

ภาณุมาศ โคตรพงศ์, งามพิศ สุดเสน่ห์, ทิวาพร ผดุง, สโรชา ถึงสุข

Panumas Kotepong, Ngampis Sudsane, Thiwaporn Phadung, Sarocha Thuengsuk

คำสำคัญ

มะม่วง, การสูญเสียคุณภาพ, เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, การฉายรังสี

Key words

Mango, Quality loss, Postharvest Technology, Irridiation

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองไปยังประเทศสหรัฐอเมริกา แคนนาดา ออสเตรเลีย และสหภาพยุโรป จำเป็นต้องผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยการฉายรังสีแกมมาไม่น้อยกว่า 400 เกรย์ เพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ติดไปกับผลิตผล ทำให้มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองส่วนใหญ่มีการสูญเสียคุณภาพจากการฉายรังสีเมื่อถึงตลาดปลายทาง โดยพบอาการเปลือกและเนื้อผลเป็นสีน้ำตาล การพัฒนาสีเปลือกช้า ฉ่ำน้ำ เกิดโรคแอนแทรคโนสและอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นการทดลองนี้จึงรวบรวมเทคโนโลยีทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวมาช่วยลดลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการฉายรังสีก่อนการส่งออก โดยคัดเลือกต้นมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง อายุ 5 ปี จากแปลงปลูกที่ได้รับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ในพื้นที่ภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดสระแก้ว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา และภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบัน (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำ ได้แก่ ระบบการจัดการผลิต การให้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยว การลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง การจุ่มน้ำร้อน การใช้สารดูดซับเอทิลีนในระหว่างการขนส่ง เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 105 วัน หลังดอกบาน (ความสุกแก่ 85-90 เปอร์เซ็นต์) แล้วนำไปผ่านขั้นตอนการฉายรังสีเปรียบเทียบกับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสี จากการทดลองพบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในกรรมวิธีที่มีการจัดการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำให้น้ำหนักผลสูงกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในกรรมวิธีควบคุม เมื่อนำไปผ่านการฉายรังสีแล้วจำลองสภาพการส่งออกเป็นเวลา 28 วัน มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในกรรมวิธีที่มีการจัดการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำมีความแน่นเนื้อผล ปริมาณกรดแอสคอร์บิคสูงกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในกรรมวิธีควบคุม อีกทั้งยังลดอาการเปลือกสีน้ำตาลและอาการฉ่ำน้ำในระหว่างการเก็บรักษาได้อีกด้วย ดังนั้นจากการทดลองนี้จึงแนะนำกรรมวิธีการจัดการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำให้แก่เกษตรกรและผู้ประกอบการเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

Abstracts

Exporting ‘Nam Dok Mai Sri Thong’ mango to US, Canada, Australia and EU requires plant quarantine measures by gamma irradiation not below 400 Grays to eliminate pests contaminating the product. The irradiation causes loss of quality to most mangoes when arriving on retail markets, with the symptoms of brown peel and flesh, low development of peel, juicy flesh,

anthracnose, and short shelf life. Therefore, this experiment aimed to study giving pre and postharvest technology for postharvest reduction of loss of quality in mangoes during their pre-export irradiation. Mango trees at the age of 5 years were selected right from their plots, produced for export and certified by GAP in central region, Sa Kaeo Province. Northeast region, Nakhon Ratchasima Province. North Region, Phetchabun Province. The experiment consisted of the 2 treatments, i.e., 1) present technology (control) and 2) recommended postharvest technology; GAP system, calcium application, pre-cooling during transport, hot water treatment and ethylene absorbent during storage. They were harvested at the age of 105 days after flowering (Late-ripening 85%). Then, they were brought for irradiation and compared with the non-irradiated group. The findings revealed that the fruit weight in treatment group was higher than the control group. When simulating the mango transportation for distribution overseas at room temperature of 13°C. Fruit firmness and ascorbic acid in the treatment group was higher than the control group. It was found that the mangoes in the treatment group could be reduced browning peel and juicy flesh during storage for 28 days. Therefore, the author suggested farmers and enterpreneursto apply the process for reducing postharvest loss of irradiated mango.

บทนำ (Introduction)

ในการส่งออกมะม่วงไปยังต่างประเทศส่วนใหญ่จำเป็นต้องผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยการฉายรังสีก่อนการส่งออก การฉายรังสี เป็นมาตรการในการกำจัดแมลงศัตรูพืชในผลิตผลเกษตรตามอนุสัญญาว่าด้วยการอารักขาพืชระหว่างประเทศ (International Plant Protection Convention: IPPC) ในการส่งออกผลผลิตเกษตรไปจำหน่ายยังประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา ออสเตรเลีย และสหภาพยุโรป จำเป็นต้องฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีไม่ต่ำกว่า 400 เกรย์ เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชก่อนการส่งออก แต่พบว่าการฉายรังสีแกมมาก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของมะม่วงในระหว่างการขนส่งหลายประการ เช่น การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวผล ฉ่ำน้ำ อายุการเก็บรักษาสั้น เน่าเสียง่าย เป็นต้น

การจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพผลิตผลเกษตร แคลเซียมเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์และสร้างความสมบูรณ์ให้ผนังเซลล์ โดยแคลเซียมจะเป็นตัวเชื่อมหมู่ carboxylic ขององค์ประกอบกรด polygalacturonic ในเพกติน แคลเซียมจึงเป็นตัวช่วยเพิ่มให้ผลมีความแน่นเนื้อมากขึ้น (Kittemann *et al*., 2010) แคลเซียมมีผลต่อการอ่อนนุ่มเนื้อผลและกิจกรรมของเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยของผนังเซลล์ในแอปเปิ้ลในระหว่างการเก็บรักษา ผลแอปเปิ้ลที่ได้รับ $CaCl_2$ สามารถรักษาเซลล์และเซลล์ไม่เกิดการแตกร้าว ผนังเซลล์จะเต่งและอัดแน่น แต่หนากว่าแอปเปิ้ลที่ไม่ได้รับแคลเซียม ผนังเซลล์ของผลแอปเปิ้ลที่ได้รับแคลเซียมมีการรักษาคงสภาพของ middle lamella แต่ผลแอปเปิ้ลที่ไม่ได้รับแคลเซียมจะส่งผลต่อผนังเซลล์ให้เกิดการแยกออกจากกันตามธรรมชาติ (Quiles *et al*., 2004) การสูญเสียความแน่นเนื้อผลในระหว่างการเก็บรักษาเป็นกระบวนการหนึ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการสุกของผลไม้เกิดจากการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ที่มีหน้าที่ในการสลายผนังเซลล์ ได้แก่ polygalacturonase, pectin methylesterase และ pectatelyases โดยแคลเซียมไอออน (calcium ions) มีส่วนช่วยในการสร้างความแข็งแรงให้แก่ผนังเซลล์ และ middle lamella โดยการผสานให้เซลล์ยึดติดกันแน่นมีส่วนเกี่ยวข้องในการชะลอกระบวนการสุกและการเสื่อมสภาพได้ (Vicente *et al.,* 2007) แคลเซียมมีผลต่อเนื้อเยื่อ ความแข็งแรงของผนังเซลล์ ส่งเสริมให้ผลมีความแน่นเนื้อและความกรอบมากขึ้นในระยะการพัฒนาของผล พบว่า ธาตุแคลเซียมทำหน้าที่ควบคุมการหายใจของพืชสร้างน้ำตาลและแป้ง

กรมวิชาการเกษตร

สำหรับธาตุโบรอนทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนย้ายน้ำตาลและแป้งจากใบไปสู่ผล ดังนั้น ถ้าพืชได้รับแคลเซียมและโบรอนในปริมาณไม่เพียงพอในช่วงที่พืชสุกแก่พืชจะมีผลที่ผิดปกติ ทั้งแคลเซียมและโบรอนเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้ายในพืช การที่จะทำให้ต้นพืชสมบูรณ์จำเป็นต้องให้ธาตุแคลเซียมและโบรอนควบคู่กันไปตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช (พีรเดช, 2529) สายน้ำผึ้ง และคณะ (2562) พบว่า การใช้ $Ca(NO_3)_2$ ความเข้มข้น 50 มก/ล และ $Na_2B_4O_7$ ความเข้มข้น 5 มก/ล (CaB) และสารละลายจิบเบอเรลลิคแอซิด ความเข้มข้น 10 มก/ล (GA_3) ในระยะก่อนดอกบาน 1 สัปดาห์ ระยะดอกบาน และระยะหลังดอกบาน 1 สัปดาห์ การพ่นสารละลายแคลเซียมโบรอน (CaB) จิบเบอเรลลิคแอซิด (GA3) สามารถเพิ่มคุณภาพ ผลผลิตของผลพลับพันธุ์ฟูยูได้ โดยมีความแน่นเนื้อมากกว่าชุดควบคุม (พ่นด้วยน้ำเปล่า) การพ่นสารละลาย (CaB + GA_3) มีผลทำให้น้ำหนักของผลพลับมากที่สุด คือ 153.20 กรัม รัฐพล และพีระศักดิ์ (2555) พบว่า การฉีดพ่นสารละลาย CaB ความเข้มข้น 1 เท่าร่วมกับเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เก็บรักษามะม่วงได้ 24 วัน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ความแน่นเนื้อเปลือกและเนื้อมากกว่ากรรมวิธีอื่น สอดคล้องกับ Poovaiah *et al*. (1988) รายงานว่า แคลเซียมและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอการสุก ลดอัตราการหายใจและชะลอการชรา(senescence) ของผลไม้ช่วยรักษาความแน่นเนื้อของผลไม้ไว้ได้นานกว่าปกติ โดยแคลเซียมเข้าไปเชื่อมโมเลกุลของเพกตินที่หมู่ carboxyl อิสระและลดอัตราการสลายตัวของเพกตินลงเนื่องจากไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ polygalacturonase (PG) โดยตรงและทางอ้อม ซึ่งในระหว่างการสุกของผลไม้แคลเซียมจะถูกดึงออกไปจากผนังเซลล์ทำให้เอนไซม์ PG เข้าไปทำงานใน middle lamella ส่งผลให้เกิดการอ่อนนุ่มของผลไม้ ในบางกรณีพบว่าแคลเซียมที่ได้จากภายนอกเข้าสู่ผลได้ไม่เท่ากันในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของผล ชัยสิทธิ์ และคณะ (2559) พบว่า การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมร่วมกับโบรอนอัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร มีผลให้ ใบพลับระยะหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุด และได้ผลผลิตมากขึ้น

การจัดการอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อคุณภาพผลิตผลเกษตร ผลิตผลเกษตรในกลุ่ม ผัก ผลไม้ และไม้ดอกเป็นพืชอวบน้ำทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพรวเร็วในระหว่างการเก็บเกี่ยว โดยจะมีการสะสมความร้อนที่ได้รับในแปลงปลูก เรียกว่า ความร้อนแฝง (Field heat) ทำให้มีอัตราการคายน้ำและการหายใจสูง ทำให้สูญเสียน้ำเหี่ยวและเน่าเร็ว จึงจำเป็นต้องลดอุณหภูมิหรือกำจัดความร้อนแฝง (pre-cooling) อย่างรวดเร็ว เพื่อชะลออัตราการคายน้ำ และยืดอายุของผลิตผล ศศิเมษ และคณะ (2554) รายงานว่า ในระหว่างการเก็บรักษาผลส้มพันธุ์ สายน้ำผึ้งที่สองช่วงอุณหภูมิ คือ ช่วงอุณหภูมิต่ำ (10±2 และ 16±2 องศาเซลเซียส) และช่วงอุณหภูมิสูง (22±2 และ 28±2 องศาเซลเซียส) พบว่า การเก็บรักษาผลส้มที่ช่วงอุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงต่างๆของผลส้ม ซึ่งได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณแก๊สภายในผลส้ม และปริมาณเอทานอล ได้ดีกว่าที่ช่วงอุณหภูมิสูง โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาผลส้มได้นานถึง 40 วัน โดยคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับได้ สิริลดา และคณะ (2554) รายงานว่า อายุการเก็บเกี่ยวและอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพของมะยงชิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับโดยมีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด พบอาการการเกิดจุดสีน้ำตาลบริเวณเปลือกและอาการช้ำน้อย

การใช้สารดูดซับเอทิลีนต่อคุณภาพผลิตผลเกษตร การควบคุมเอทิลีนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการรักษาคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว การใช้สารดูดซับเอทิลีนหรือใส่ลงไปในบรรจุภัณฑ์เพื่อชะลอการเสื่อมสภาพของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว (จริงแท้, 2541) การใช้สารดูดซับเอทิลีนมีหลายชนิด เช่น การใช้ไบโอชาร์ (Biochar) เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นวัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอนซึ่งผลิตมากจากการให้ความร้อนมวลชีวภาพ (biomass) โดยไม่ใช้ออกซิเจนหรือใช้น้อยมาก เรียกกระบวนการนี้ว่า การแยกสลายด้วยความร้อน (pyrolysis) การใช้สาร 1-เมทิลไซโคโพรพีน (1-methylcyclopropene; 1-MCP) มีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์เอทิลีน มีชื่อทางการค้าว่า Smartfresh ™ (AgroFresh, Inc., Rohm and Hass) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ออกฤทธิ์ในสภาวะที่

กรมวิชาการเกษตร

เป็นก๊าซ สามารถเข้าจับกับตัวรับเอทิลีนทำให้มีผลในการจำกัดหรือขัดขวางการทำงานของเอทิลีนได้ทั้งจากภายในและภายนอกจนไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจาก 1-MCP ทำหน้าที่เป็นตัวแข่งขันและสามารถจับกับตัวรับได้นานกว่าเอทิลีน สารดังกล่าวได้รับการรับรองจากกองงานคณะกรรมการอาหารและยา (Food and Drung Adminitration; FDA) ว่า ไม่เป็นสารอันตรายที่มีพิษ ไม่มีกลิ่นและเสถียรในสภาวะปกติ อีกทั้งไม่เป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม การผลิตเอทิลีนมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการรมและระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของ 1-MCP (Blackenship and Dole, 2003)

การใช้รังสีแกมมาในผลิตผลเกษตร รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นสั้นและมีอำนาจทะลุทะลวงผ่านวัตถุได้สูง สามารถทำลายเชื้อโรคและแมลงที่ปนเปื้อนและไม่ตกค้างหรือสะสมในอาหาร (ยุทธพงศ์, 2539) Limohpasmanee *et al*. (2005) พบว่า การฉายรังสีที่ปริมาณ 150 เกรย์ สามารถควบคุมแมลงวันผลไม้ในมังคุด ลำไย มะม่วง ลิ้นจี่ และเงาะได้ และการฉายรังสีที่ปริมาณ 400 เกรย์ สามารถควบคุม scale insect และ mealybugs ในมังคุดได้ ที่ 200 เกรย์ สามารถควบคุม moths ในลำไยและ ลิ้นจี่ได้ และที่ 300 เกรย์ สามารถควบคุม seed weevil ในมะม่วงได้ การฉายรังสีที่ 1000 เกรย์ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 หนังกลางวัน อกร่อง และแรด พบว่า ไม่มีผลเสียต่อลักษณะปรากฏภายนอกและรสชาติ ยกเว้นในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ฉายรังสีที่ 300 เกรย์ หรือสูงกว่านี้ จะทำให้ผิวเกิดจุดสีน้ำตาล สำหรับการฉายรังสีให้กับสับปะรดที่ไม่ต่ำกว่า 300 เกรย์ จะชักนำให้แกนของสับปะรดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล Hofman *et al.* (2009) รายงานว่า มะม่วงพันธุ์ B74 ของออสเตรเลียที่ผ่านการล้างทำความสะอาด หรือนำไปเก็บรักษาไว้ที่ 18 องศาเซลเซียส ทันที ก่อนนำมาฉายรังสีแกมมา เพื่อกำจัดแมลงวันทอง จะทำให้เลนติเซลเสียหายและสีผิวเปลี่ยนไป แต่ถ้านำมาฉายรังสีทันทีโดยไม่ผ่านการล้างทำความสะอาดก่อนนำไปฉายรังสีผลมะม่วงจะไม่ได้รับความเสียหายใด ๆ ทั้งสิ้น และในการฉายรังสีแก่ผลแอปเปิ้ลและสาลี่ทำให้ความแน่นเนื้อของผลลดลง แต่การตอบสนองต่อปริมาณรังสีขึ้นอยู่กับพันธุ์แต่ละพันธุ์ (Drake *et al*., 2003)

จากปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้ส่งออกทำให้มะม่วงมีคุณภาพไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคอายุการเก็บรักษาสั้น ประเทศไทยจึงสูญเสียรายได้จากการส่งออกมะม่วงไปจำหน่ายยังประเทศที่มีมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสี ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วง ต้องมีการจัดการระบบการผลิตตั้งแต่ในแปลงปลูกจนกระทั่งถึงกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีทำให้รักษาคุณภาพของมะม่วงจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภคได้ โดยมีการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวที่ใช้ในกระบวนการลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีที่ปลูกในพื้นที่ภาคกลาง เพื่อช่วยลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีให้สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศที่มีมาตรการกักกันพืชได้มูลค่าและปริมาณเพิ่มมากขึ้น

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

1. การเตรียมตัวอย่างมะม่วง

คัดเลือกต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง อายุ 5 ปี จากแปลงเกษตรกรต้นแบบที่ผ่านการรับรอง GAP ที่การปลูกเพื่อการส่งออกมากที่สุดในพื้นที่ภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดสระแก้ว พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัด นครราชสีมา และพื้นที่ภาคเหนือได้แก่ จังหวัดเพชรบูรณ์ พื้นที่ภาคละ 3 แปลงๆ ละ 200 ต้น ทำการเก็บเกี่ยวตามดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในการส่งออกผ่านกระบวนการในโรงคัดบรรจุตามมาตรฐานการส่งออกที่ใช้ในปัจจุบัน หลังจากนั้นนำผลผลิตที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ไปฉายรังสีตามมาตรฐานการส่งออกที่ระดับ 400 เกรย์ แล้วนำไปจำลองสภาพการส่งออกในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

2. การทดสอบการวางจำหน่าย

กรมวิชาการเกษตร

ทำการทดสอบสมมุติฐานเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างแบบ t-test โดยทดสอบเทคโนโลยีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกตามแต่ละกรรมวิธีๆ ละ 10 ซ้ำ ๆ ละ 50 กล่องๆ ละ 12 ผล ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบัน (Control)

กรรมวิธีที่ 2 ตามคำแนะนำเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว (Recommended postharvest technology)

การจัดการ	เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบัน	ตามคำแนะนำเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
1. ระบบการจัดการผลิต	GAP	GAP
2. การให้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยว	ไม่มี	ให้ปุ๋ยทางใบ Ca+B ความเข้มข้น 0.5% จำนวน 3 ครั้ง
3. การลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง	ไม่มี	ลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่งที่ 13 องศาเซลเซียส จนถึงโรงคัดบรรจุ
4. การจุ่มน้ำร้อน	ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที
5. การใช้สารดูดซับเอทิลีนในระหว่างการขนส่ง	ไม่มี	ใส่ถ่านไบโอชาร์ จำนวน 1 ซองต่อ 1 ผล

3. การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลคุณภาพ ได้แก่ น้ำหนักผล เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณกรดแอสคอร์บิค อาการเปลือกสีน้ำตาล และอาการฉ่ำน้ำ ทุก 7 วัน โดยประเมินอาการเปลือกสีน้ำตาลที่บริเวณผิวผลด้วยสายตา และให้คะแนนอาการเปลือกสีน้ำตาลที่ปรากฏ ดังนี้

1 คะแนน หมายถึง บริเวณผิวผลมีสีน้ำตาล 0 – 20%

2 คะแนน หมายถึง บริเวณผิวผลมีสีน้ำตาล 21 – 40%

3 คะแนน หมายถึง บริเวณผิวผลมีสีน้ำตาล 41– 60%

4 คะแนน หมายถึง บริเวณผิวผลมีสีน้ำตาล 61 – 80%

5 คะแนน หมายถึง บริเวณผิวผลมีสีน้ำตาล 81 – 100%

ประเมินอาการฉ่ำน้ำที่บริเวณเนื้อผลโดยผ่ากลางผลด้วยสายตา และให้คะแนนอาการฉ่ำน้ำน้ำตาลที่ปรากฏ ดังนี้

1 คะแนน หมายถึง บริเวณเนื้อผลมีการฉ่ำน้ำ 0 – 20%

2 คะแนน หมายถึง บริเวณเนื้อผลมีการฉ่ำน้ำ 21 – 40%

กรมวิชาการเกษตร

3 คะแนน หมายถึง บริเวณเนื้อผลมีการฉ่ำน้ำ 41– 60%
4 คะแนน หมายถึง บริเวณเนื้อผลมีการฉ่ำน้ำ 61 – 80%
5 คะแนน หมายถึง บริเวณเนื้อผลมีการฉ่ำน้ำ 81 – 100%

ผลการทดลองและอภิปราย (Results and Discussion)

การทดลองย่อยที่ 1 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคกลาง

น้ำหนักผล มะม่วงน้ำดอกไม้กรรมวิธีตามคำแนะนำมีน้ำหนักผลมากถึง 418.20 กรัม ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมกรรมวิธีควบคุมที่มีน้ำหนักผลเพียง 370.34 กรัม ทั้งนี้เนื่องมาจากกรรมวิธีตามคำแนะนำมีการจัดการก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการให้ปุ๋ยทางใบได้แก่ แคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5% ในระหว่างการพัฒนาการของผลทำให้ไปกระตุ้นให้เกิดการขยายขนาดของผลมะม่วง

การสูญเสียน้ำหนัก มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อมีอายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุม มีการสูญเสียน้ำหนัก 1.87% จากนั้นมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 5.98% ส่วนกรรมวิธีตามคำแนะนำ เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษามีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 7.72%

การเปลี่ยนแปลงสี หลังเก็บรักษา 7 วัน มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าความสว่างหรือ ค่า L* ไม่แตกต่างจากก่อนเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 76.14-76.30 จากนั้น มีค่าลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 70.70-71.45

ค่าสีแดง หรือค่า a* ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้ง 2 กรรมวิธี พบว่า หลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีค่า a* เท่ากับ 4.95 และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนวันที่ 28 มีค่า a* มากถึง 7.19 กรรมวิธีที่แนะนำมีค่า a* หลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 4.68 และมีค่าไม่ต่างกันเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในวันที่ 21 และ 28 มีค่าเท่ากับ 6.49 และ7.05 ตามลำดับ

ค่าสีเหลือง หรือค่า b* ของทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าไม่แตกต่างกันตลอดการเก็บรักษา หลังเก็บรักษา 7 วัน ทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่า b* เท่ากับ 33.67-33.68 จากนั้น มีค่าเพิ่มขึ้นทีละเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน พบว่า มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่า b* เท่ากับ 39.23-40.12

ความแน่นเนื้อผล มะม่วงในกรรมวิธีที่แนะนำมีค่าความแน่นเนื้อมากกว่ากรรมวิธีควบคุม โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 25.27 นิวตัน จากนั้น มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 14 และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 21 มีค่าความแน่นเนื้อเพียง 7.17 นิวตัน เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน มะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อเพียง 4.45 นิวตัน ในขณะที่มะม่วงในกรรมวิธีที่แนะนำมีค่าความแน่นเนื้อหลังเก็บรักษา 7 วันมากถึง 26.56 นิวตัน และมีค่าลดอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 14 จากนั้นมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเหลือเพียง 10.34 และ6.28 นิวตัน ในวันที่ 21 และ 28 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันตลอดการเก็บรักษา โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 10.44-10.51% จากนั้น มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 14 มีค่าเท่ากับ 14.95-14.99% และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 15.88-16.39%

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าใกล้เคียงกัน หลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.30% และมีค่าลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนเหลือเพียง 0.36% ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ส่วนกรรมวิธีที่แนะนำมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.17% ในวันที่ 7 และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง จนถึงวันที่ 28 มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพียง 0.24% ซึ่งมีค่าน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีปริมาณกรดแอสคอร์บิคมากกว่ากรรมวิธีควบคุมตั้งแต่ก่อนเก็บรักษา เมื่อนำไปเก็บรักษามะม่วงในกรรมวิธีแนะนำจึงสามารถชะลอการลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิคได้ โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 34.92 mg/100 ml จากนั้น มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 28.38 mg/100 ml และมีค่าไม่แตกต่างจากเดิมเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีแนะนำหลังเก็บรักษา 7 วัน มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 33.20 mg/100 ml และมีค่าลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 26.86 mg/100 ml และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 28 มีค่าเท่ากับ 27.57 mg/100 ml

อาการเปลือกสีน้ำตาล ภายหลังการฉายรังสีมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีอาการเปลือกน้ำตาล หลังจากนั้นอาการเปลือกสีน้ำตาลสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีอาการเปลือกสีน้ำตาลระหว่าง 41-60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เปลือกมะม่วงเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ในขณะที่มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีอาการเปลือกสีน้ำตาลเด่นชัดเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำสามารถชะลออาการเปลือกสีน้ำตาลของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาได้

อาการฉ่ำน้ำ ภายหลังการฉายรังสีมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีอาการฉ่ำน้ำในช่วง 14 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้น มะม่วงเริ่มกระบวนการสุกจึงมีอาการฉ่ำน้ำเกิดขึ้น โดยมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีอาการฉ่ำน้ำสูงกว่ามะม่วงในกรรมวิธีแนะนำ

การทดลองย่อยที่ 2 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

น้ำหนักผล มะม่วงน้ำดอกไม้กรรมวิธีตามคำแนะนำมีน้ำหนักผลมากถึง 391.88 กรัม ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมกรรมวิธีควบคุมที่มีน้ำหนักผลเพียง 345.72 กรัม ทั้งนี้เนื่องมาจากกรรมวิธีตามคำแนะนำมีการจัดการก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการให้ปุ๋ยทางใบได้แก่ แคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5% ในระหว่างการพัฒนาการของผลทำให้ไปกระตุ้นให้เกิดการขยายขนาดของผลมะม่วง

การสูญเสียน้ำหนัก มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อมีอายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุม มีการสูญเสียน้ำหนัก 1.89% จากนั้นมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 5.32% และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 9.12% ส่วนกรรมวิธีตามคำแนะนำ หลังเก็บรักษา 7 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 2.11% และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 มีการสูญเสียน้ำเท่ากับ 6.63% เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษามีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 9.02%

การเปลี่ยนแปลงสี หลังเก็บรักษา 7 วัน มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าความสว่างหรือ ค่า L* ไม่แตกต่างจากก่อนเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 74.41-74.48 จากนั้น มีค่าลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 66.56-67.12%

ค่าสีแดงหรือค่า a* ของทั้ง 2 กรรมวิธี หลังเก็บรักษา 7 วัน มีค่าไม่แตกต่างกับก่อนเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 7.21-7.25 จากนั้น กรรมวิธีควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึงวันที่ 21 มีค่าเท่ากับ 8.75 และเพิ่มขึ้นอย่าง

ลิขสิทธิ์การเกษตร

รวดเร็ว ในวันที่ 28 มีค่าเท่ากับ 10.80 ส่วนกรรมวิธีตามคำแนะนำ มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 มีค่า a* เท่ากับ 11.33

ค่าสีเหลืองหรือค่า b* ของทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน ทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่า b* เท่ากับ 32.66-33.35 จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่า b* เท่ากับ 39.85-40.33

ความแน่นเนื้อผล มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีค่าความแน่นเนื้อผลมากกว่ากรรมวิธีควบคุม ตั้งแต่วันที่เก็บเกี่ยว เมื่อนำไปเก็บรักษามะม่วงในกรรมวิธีแนะนำจึงสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อผลได้ดี โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อผลเท่ากับ 25.17 นิวตัน และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน มีค่าความแน่นเนื้อผลเท่ากับ 4.96 นิวตัน สิ้นสุดการเก็บรักษา มะม่วงกรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อผลเท่ากับ 4.37 นิวตัน ในขณะที่มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีค่าความแน่นเนื้อผลหลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 29.19 นิวตัน และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าความแน่นเนื้อผลเพียง 8.26 นิวตัน และลดลงเหลือเพียง 6.32 นิวตัน ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน ทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 11.77-12.16% จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 14 มีค่าเท่ากับ 16.31-16.69% เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน มีค่าไม่แตกต่างจากที่อายุเก็บรักษา 14 วัน เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา ทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 16.02-16.04%

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ใกล้เคียงกัน และมีค่าลดน้อยลงตลอดอายุการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.11% และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนเก็บรักษาครบ 28 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.18% ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีแนะนำหลังเก็บรักษา 7 วัน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.01% และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.20%

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีปริมาณกรดแอสคอร์บิคมากกว่ากรรมวิธีควบคุม ตั้งแต่ก่อนเก็บรักษา เมื่อนำไปเก็บรักษามะม่วงในกรรมวิธีแนะนำจึงสามารถชะลอการลดลงของกรดแอสคอร์บิคได้ โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณกรดแอสคอร์บิคเท่ากับ 41.83 mg/100 ml จากนั้น มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 32.87 mg/100 ml และมีค่าไม่แตกต่างจากเดิมเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีแนะนำหลังเก็บรักษา 7 วัน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคเท่ากับ 44.06 mg/100 ml และมีค่าลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 33.96 mg/100 ml และมีค่าไม่แตกต่างจากเดิมเมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน

อาการเปลือกสีน้ำตาล ภายหลังการฉายรังสีมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีอาการเปลือกน้ำตาล หลังจากนั้นอาการเปลือกสีน้ำตาลสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีอาการเปลือกสีน้ำตาลระหว่าง 41-60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เปลือกมะม่วงเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ในขณะที่มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีอาการเปลือกสีน้ำตาลเด่นชัดเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำสามารถชะลออาการเปลือกสีน้ำตาลของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาได้

อาการฉ่ำน้ำ ภายหลังการฉายรังสีมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีอาการฉ่ำน้ำ หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน มะม่วงเริ่มกระบวนการสุกจึงมีอาการฉ่ำน้ำเกิดขึ้น โดยมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีอาการฉ่ำน้ำสูงกว่ามะม่วงในกรรมวิธีแนะนำ

กรมวิทยาศาสตร์

การทดลองย่อยที่ 3 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีพื้นที่ภาคเหนือ

น้ำหนักผล มะม่วงน้ำดอกไม้กรรมวิธีตามคำแนะนำมีน้ำหนักผลมากถึง 340.56 กรัม ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมกรรมวิธีควบคุมที่มีน้ำหนักผลเพียง 340.56 กรัม ทั้งนี้เนื่องมาจากกรรมวิธีตามคำแนะนำมีการจัดการก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการให้ปุ๋ยทางใบได้แก่ แคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5% ในระหว่างการพัฒนาการของผลทำให้ไปกระตุ้นให้เกิดการขยายขนาดของผลมะม่วงส่งผลให้มีน้ำหนักของผลเพิ่มขึ้น

การสูญเสียน้ำหนัก ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยมะม่วงในกรรมวิธีที่แนะนำ มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ากรรมวิธีควบคุม หลังเก็บรักษา 7 วัน ทั้ง 2 กรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนัก 1.91-1.92% จากนั้น ทั้ง 2 กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนัก 7.62% ส่วนกรรมวิธีที่กรรมวิธีที่แนะนำ มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 8.39%

การเปลี่ยนแปลงสี ในระหว่างการเก็บรักษา ทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่าความสว่าง หรือค่า L* ไม่แตกต่างกัน โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน ทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่า L* เท่ากับ 74.71-75.11 จากนั้น ทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่า L* ลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่า L* เท่ากับ 67.48-67.53

ค่าสีแดงหรือค่า a* ของทั้งกรรมวิธี มีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยในวันที่ 7 ทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่า a* เท่ากับ 7.26-7.29 โดยกรรมวิธีควบคุมมีค่า a* เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 9.89 ในวันที่ 28 ในขณะที่มะม่วงในกรรมวิธีที่แนะนำมีค่า a* 9.38 เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน

ค่าสีเหลืองหรือค่า b* ของทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีค่าสีเหลืองเท่ากับ 32.49 จากนั้นมีค่าเพิ่มมากขึ้นจนถึงวันที่ 28 มีค่า b* เท่ากับ 38.36 ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีที่แนะนำมีค่า b* หลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 33.49 และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่า b* เท่ากับ 39.80

ความแน่นเนื้อผล มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีค่าความแน่นเนื้อมากกว่ามะม่วงในกรรมวิธีควบคุม ทำให้เมื่อนำไปเก็บรักษา มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำจึงสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีความแน่นเนื้อเท่ากับ 29.37 นิวตัน จากนั้นมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษานาน 14 และ21 วัน มีค่าเท่ากับ 16.54 และ6.86 นิวตัน ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน กรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 5.05 นิวตัน ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีค่าความแน่นเนื้อหลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 31.01 นิวตัน และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเหลือเพียง 20.48 นิวตัน จากนั้นมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 8.32 นิวตัน

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ หลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 14.27% จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นหลังเก็บรักษา 14 วัน มีค่าเท่ากับ 16.63% และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนเก็บรักษาครบ 28 วัน มีค่าเท่ากับ 16.90% ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีที่แนะนำมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้หลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 13.95% จากนั้นมีค่าเพิ่มมากขึ้นในวันที่ 14 มีค่าเท่ากับ 17.10% และมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย เมื่อรักษานาน 21 วัน มีค่าเท่ากับ 16.89% และมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 17.14%

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ใกล้เคียงกัน และมีค่าลดน้อยลงตลอดอายุการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.39% และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนเก็บรักษาครบ 28 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.30% ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีแนะนำหลังเก็บรักษา 7 วัน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.01% และมีค่าลดลงอย่าง

กรมวิชาการเกษตร

ต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.24% ทั้งนี้มะม่วงในกรรมวิธีที่แนะนำมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคไม่แตกต่างกัน โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคเท่ากับ 42.69-42.86 mg/100 ml จากนั้น ปริมาณกรดแอสคอร์บิคมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคเท่ากับ 36.28-36.32 mg/100 ml

อาการเปลือกสีน้ำตาล ภายหลังการฉายรังสีมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีอาการเปลือกน้ำตาล หลังจากนั้นอาการเปลือกสีน้ำตาลสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีอาการเปลือกสีน้ำตาลระหว่าง 41-60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เปลือกมะม่วงเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ในขณะที่มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีอาการเปลือกสีน้ำตาลเด่นชัดเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำสามารถชะลออาการเปลือกสีน้ำตาลของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาได้

อาการฉ่ำน้ำ ภายหลังการฉายรังสีมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีอาการฉ่ำน้ำ หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน มะม่วงเริ่มกระบวนการสุกจึงมีอาการฉ่ำน้ำเกิดขึ้น โดยมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีอาการฉ่ำน้ำสูงกว่ามะม่วงในกรรมวิธีแนะนำ

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ โดยมีการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ระบบการจัดการผลิต การให้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยว การลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง การจุ่มน้ำร้อน การใช้สารดูดซับเอทิลีนในระหว่างการขนส่ง สามารถช่วยลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่จำเป็นต้องผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสี เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีปัจจุบันที่เกษตรกรและผู้ส่งออกใช้

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผัก และผลไม้สด สามารถทำได้โดยการใช้สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด 1 ซอง และ 2 ซอง สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวและแบบผลกลุ่ม (3 ผล) ต่อถุงได้ การใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนสามารถยืดอายุมังคุดในระหว่างการขนส่งได้ การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมโบรอนทางใบ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงพัฒนาของผลที่ระยะ 30 45 และ60 วันหลังดอกบาน และนำไปอบไอน้ำ สามารถลดการสูญเสียคุณภาพ และการเกิดโรคได้ การเก็บรักษาผักสลัด mix (บัตเตอร์เฮดและคอส) ด้วยการบรรจุในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน หรือใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$. การเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนด้วยการใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$. สามารถรักษาความสด และชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ การเก็บรักษาเงาะด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน หรือบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 $cm^3/m^2/d$. การบรรจุมังคุดบนถาดหุ้มด้วยฟิล์ม PVC หรือบรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000 – 20,000 $cm^3/m^2/d$. การเคลือบผิวส้มโอด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เพื่อรักษาคุณภาพและความสดของส้มโอ และการบรรจุส้มโอที่เคลือบผิวในกล่องกระดาษลูกฟูกหรือกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$. การบรรจุมังคุดหนัก 8 กิโลกรัม ในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 $cm^3/m^2/d$. กล่องกระดาษลูกฟูก และกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP สามารถยืดอายุ และชะลอการสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้

การลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว ด้วยการนำผลพริกจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที บรรจุในถาดพลาสติก PP หุ้มด้วยฟิล์ม PE หรือนำผลพริกจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที แล้วนำมาจุ่มต่อในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 % บรรจุในถุงพลาสติก PP เก็บผลพริกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส การแช่ผลส้มในน้ำอุณหภูมิ 55°c นาน 3 นาที แล้วแช่กรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 0.1% นาน 5 นาที หรือการแช่ผลส้มในน้ำอุณหภูมิ 55°c นาน 3 นาที แล้วแช่โซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 3% นาน 5 นาที สามารถควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว และยืดอายุการเก็บรักษาได้ การลดการเกิดโรคของถั่วลิสงโดยไม่ควรให้ถั่วลิสงสัมผัสพื้นดินในขณะที่ตาก ลดความชื้นให้เร็วและระวังการเข้ามาวางไข่ของแมลงศัตรูในโรงเก็บ ควรเก็บในที่โล่งระบายอากาศได้ดี และการลดการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งมีผลจากน้ำคั้นกระเทียมสด

การลดความสูญเสียของแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว ทำได้โดยการใช้สารฆ่าแมลง pirimiphos-methyl อัตรา 20 ppm, imidacloprid (เซียน่า 25%WG) อัตรา 3.5 กรัม, thiamethoxam (ครุยเซอร์ 35%W/V FS) อัตรา 2.5 มล. และ imidacloprid (ซีบราคัท 70%WG) อัตรา 0.1 กรัม สามารถกำจัดแมงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของข้าวโพด การใช้ก๊าซไนโตรเจน 99.5เปอร์เซ็นต์ นาน 9 และ 3 วัน สามารถกำจัดด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ในข้าวสาร 1 ตัน ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (ระยะไข่ ระยะหนอน ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย) การใช้เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูอัตรา 100 และ 200 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวสามารถป้องกันและกำจัดด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บ โดยไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอก การฉีดพ่นสารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% ผสม Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% ที่อัตราส่วน 1:2 ปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อผล สามารถกำจัดเพลี้ยแป้ง (ตัวอ่อนวัย ที่ 3) โดยไม่มีผลต่อคุณภาพของผลทุเรียน

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี สามารถทำได้โดยการให้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยว การลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง การจุ่มน้ำร้อน การใช้สารดูดซับเอทิลีนในระหว่างการขนส่ง สามารถลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่จำเป็นต้องผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสีได้

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

โครงการวิจัยที่ 1 การลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผัก และผลไม้สด

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

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีระเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

กรมวิชาการเกษตร

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

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

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.

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

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

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

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.

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

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

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

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

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

Palapol, Y., S. Ketsa, D. Stevenson, J.M. Cooney, A.C. Allan and I.B. Ferguson. 2009. Colour development and quality of mangosteen (Garcinia mangostana L.) fruit during ripening and after harvest. Postharvest Biology and Technology. 51: 349-353.

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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.

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

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

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

โครงการวิจัยที่ 2 การลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว

กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2521. เกลือ คุณสมบัติและการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 49 น.

บุญญวดี จิระวุฒิ เนตรา สมบูรณ์แก้ว สุพี วนศิรากุล อัฉราพร ศรีจุดานุ และอมรา ชินภูติ. 2558. การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินโดยสารออกฤทธิ์จากกระเทียม. วารสารวิชาการเกษตร 33 (1): 15-28.

กรมวิชาการเกษตร

บุญญวดี จิระวุฒิ รัตตา สุทธยาคม และวีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย. 2562. การลดการปนเปื้อนของเชื้อราบนผลพริกขี้หนูระหว่างการเก็บรักษาด้วยวิธีทางกายภาพ.. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 57:49-56.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. ม.ป.ป. ถั่วลิสง. Food Network Solution ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com [16 พฤศจิกายน 2564]

โสภณ วงศ์แก้ว และ สนั่น จอกลอย. 2554. อะฟลาทอกซินในถั่วลิสง: ข้อเสนอวิธีแก้ปัญหา. แก่นเกษตร 39 ฉบับพิเศษ 3: 1-11.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2553. การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับถั่วลิสงมาตรฐานสินคาเกษตร. มกษ. 4900-2553. ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เลม 127 ตอนพิเศษ 147ง. 34 หน้า.

สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. 2563. เอกสารคำแนะนำ เทคโนโลยีการผลิตถั่วลิสง. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นจาก: https://www.doa.go.th/fcri/wp-content/uploads/2020/techno/E-Book-8.pdf. [28 ธันวาคม 2564]

อมรา ชินภูติ ศุภรา อัคคะสาระกุล อรุณศรี วงษ์อุไร ชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์ พรทิพย์ วิสารทานนท์ และไพศาล รัตนเสถียร. 2551. การควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซินโดยใช้พืชสมุนไพร. ผลงานวิจัยดีเด่น ประจำปี 2551 ประเภทงานวิจัยพื้นฐาน. กรมวิชาการเกษตร. หน้า 1-15.

อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ปิระมิด จิตรมาตร สุกัญญา เอี่ยมลออ และผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์. 2555. ผลของน้ำร้อนและเอทีฟอนต่อคุณภาพของมะระจีนตัดแต่ง. ว.วิทย. กษ. 43:3 (พิเศษ): 408-411

อโนชา ธุรี. 2556. ผลของการจุ่มน้ำร้อนร่วมกับสารเคลือบผิวไคโตซานต่อคุณภาพ หลังการเก็บเกี่ยวของพริกขี้หนูพันธุ์ซุปเปอร์ฮอทในระยะสุก. สืบค้นจาก: https://kres.ubru.ac.th/index.php?p=research_view2&research_id=117 [27 ตุลาคม 2564]

Akhtar, A., Akhtar, N.A. and Hussain, A. 2010. Effect of calcium chloride treatment on quality characteristic of loquat fruit during storage. Pakistan J Bot. 42: 181-188.

Anfossi L., G. D'Arco, C. Baggiani, C. Giovannoli and G. Giraudi. 2011. A Lateral flow immunoassay for measuring ochratoxin A: Development of a single system for maize, wheat and durum wheat. Food Control. 22: 1965-1970.

Burns, J.K. and R. Pressey. 1987. Ca^{2+} in the cell wall of ripening tomato and peach. J. Am. Soc. Hort. Sci. 112: 783-787.

Chein, S.H., M.B. Sadiq, A. Datta and A.K. Anal. 2019. Prevalence and identification of *Aspergillus* and *Penicillium* species isolated from peanut kernels in central Myanmar. Journal of Chuaysrinule, C., T. Maneeboon, C. Roopkham and W. ahakarnchanakul. 2020. Occurrence of aflatoxin- and ochratoxin A-producing *Aspergillus* species in Thai dried chilli. Journal of Agriculture and Food Research. 2. 8 p.

Ding, N., F. Xing, X. Liu, J.N. Selvaraj, L. Wang, Y. Zhao, Y. Wang, W. Guo, X. Dai and Y. Liu. 2015. Variation in fungal microbiome (microbiome) and aflatoxin in stored in-shell peanuts at four different areas of China. Fronteirs in Microbiology 6: 1-10.

กรมวิชาการเกษตร

Hahlbrock, K. and D. Scheel. 1989. Physiology and Molecular Biology of Phenylpropanoid Metabolism. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 40: 347-369.

Kheiralla, Z., N. Hassanin and H. Amra. 1992. Effect of incubation time, temperature and substrate on growth and aflatoxin production. *Int. Biodeterior. Biodegradation*. 30: 17-27.

Lai, T., X. Bai, Y. Wang, J. Zhou, N. shi and T. Zhou. 2015. Inhibitory effect of exogenous sodium bicarbonate on development and pathogenicity of posthavest disease *Penicillium digitatum*. Scientia Horticulturae 187: 108-114.

Liu, K., Y. Liu and F. Chen. 2019 Effect of storage temperature on lipid oxidation and changes in nutrient contents in peanuts. Food Science and Nutrition 7:2280–2290.

Magee, R.L., F. Caporaso and A. Prakash. 2002. Inhibiting irradiation induced softening in diced tomatoes using a calcium treatment. Sessino 30 G, Fruit and Vegetable Produce: Processed Fruits and Vegetables. Annual meeting and Food Expo-Anaheim, California. (http:/www.ift.comfex.com).

Mangaraj S., T.K. Goswami, P. V. Mahajan. 2009. Applications of Plantic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review. Food Eng Rev 1:133-158.

Michael, Z.Z., J.L. Richard and J. Binder. 2006. A review of rapid methods for the analysis of mycotoxins. Mycopathologia 161: 261-273.

Mutegi, C.K., J.M., Wagacha, M.E. Christie, J. Kimani and L. Karanja. 2013. Effect of storage conditions on quality and aflatoxin contamination of peanuts (*Arachis hypogaea* L.). International Journal of AgriScience 3(10):746-758.

Porat, R., A. Daus, B. Weiss, L. Cohen, E. Fallik and S. Droby. 2000. Reduction of postharvest decay in organic citrus fruit by a short hot water brushing treatment. Postharvest Biol. Technol. 18: 151–157

Salumkhe, D.K. and B.B. Desai. 1984. Post-harvest Biotechnology of Vegetable. CRC press, Inc. Boca Raton Florida, US, pp: 55-82.

Sutton, B. C. 1980. The Coelomycetes, Fungi Imperfecti with Pyxnidia, Acervuli and Stromata, p. 696. Surrey, England: Commonwealth Mycological Institue, Kew, UK. 696 p.

Thanaboripat, D., K. Nontabenjawan, K. Leesin, D. Teerapiannont, O. Sukcharoen and V. Ruangrattanametee. 1997. Inhibitory effect of garlic, clove and carrot on growth of *Aspergillus flavus* and aflatoxin production. *Journal of Forestry Research* 8: 39-42.

Urusov, A.E., S.N. Kostenko, P.G. Sveshnikov, A.V. Zherdev and B.B. Dzantiev. 2011. Immunochromatographic assay for the detection of ochratoxin A. J. Anal Chem, 66: 770-776.

Yang J., M.R. Fau, Y.Y. Zhao and L.C. Mao. 2009. Reduction of chilling injury and ultrastructural damage in cherry tomato fruits after hot water treatment. Agric. Sci. China 8:304-310.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Zuza Jnr, E., A. Muitia, M.I.V. Amane, R.L. Brandenburg, A. Emmott and A.M. Mondjana. 2018. Effect of harvesting time and drying methods on aflatoxin contamination in groundnut in Mozambique. *In*: Njobeh P.B. and F. Stepman, eds. Mycotoxins Impact and Management Strategies. Retrieved January 7, 2022 from https://www.intechopen.com/chapters/64390,

โครงการวิจัยที่ 3 การลดความสูญเสียของแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว

ใจทิพย์ อุไรชื่น กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม และ ณัฐวัฒน์ แย้มยิ้ม. 2556. การปรับสภาพบรรยากาศเพื่อการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็ม ประจำปี 2556. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. หน้า 31-47.

ใจทิพย์ อุไรชื่น พณัญญา พบสุข และ ศรุตา สิทธิไชยากุล. 2563. การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนในภาชนะปิดเพื่อควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในระดับการค้า. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2563. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. หน้า 394-413.

วิบูลย์ จงรัตนเมธีกุล โสภณ อุไรชื่น สุวิมล วงศ์พลัง และไตรรัตน์ หนูเอียด.2553.แมลงศัตรูสบู่ดำที่สำคัญและ การจัดการเบื้องต้น.เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46. หน้า 459-464

ดวงสมร สุทธิสุทธิ์ รังสิมา เก่งการพานิช วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร ศุภรา อัคคะสาระกุล และ จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม. การใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชั่น (encapsulation) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียว. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2563. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. หน้า 414-434.

รังสิมา เก่งการพานิช กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม ใจทิพย์ อุไรชื่น ดวงสมร สุทธิสุทธิ์ ภาวินี หนูชนะภัย ศรุตา สิทธิไชยากุล พณัญญา พบสุข และ รัตนาพร พงษ์มี. 2561. แมลงที่พบในผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด. กลุ่มวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 216 หน้า

Haojie, L., Y. Jian, F. Pengcheng and Y. Xiaoping. 2014. Application of nitrogen-controlled atmosphere in grain storage in China. 11th International Working Conferrence on Stored Product protection. 544-547.

Hollingsworth R.G and R.M. Hamnett. 2010. Using food safe Ingredient to optimize the efficacy of oil in water emulsion of essential oil for control of waxy insects. Post harvest Pacifica. Acta Hort. 880. 399-405.

Ileke, K.D., Ogungibite, O.C. and J.O. Olayinka-Olugunju. 2014. Powders and extracts of *Syzygium aromaticum* and *Anacardium occidentale* as entomocides against the infestation of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: curculionidae) on stored sorghum grains. *Afri. Crop Sci. J.* 22(4): 267-273.

กรมวิชาการเกษตร

Liska, A. 2011. Insecticidal toxicity of 1,8-cineole, camphor and eugenol on *Tribolium castaneum* (Herbst). *Poljoprivreda*. 17(1): 80-81.

Liska, A., Rozman, V., Kalinovic, I., Ivecic, M. and R. Balicevic. 2010. Contact and fumigant activity of 1,8-cineole, eugenol and camphor against *Tribolium castaneum* (Herbst). *10th International Working Conference on Stored Product Protection*. 425: 716-720.

Navarro, S. 2012. The use of modified and controlled atmospheres for the disinfestation of stored products. *J. Pest Sci.* September 2012, Vol.85, Issue 3, pp 301-322.

Regnault-Roger, C., Vincent, C. and J.T. Arnason. 2012. Essential oils in insect control: Low risk products in a high-stakes world. *Annu. Rev. Entomol.* 57(1): 405–24.

Storey, C. L. 1980. Mortality of Various Stored Product Insects in Low Oxygen Atmospheres Produced by an Exothermic Inert Atmosphere Generator. *In* Developments in Agricultural Engineering Volume 1, Part of Volume: Controlled Atmosphere Storage of Grains (edited by J. Shejba). Pages 85-92.

โครงการวิจัยที่ 4 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. กองพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

รัฐพล เมืองแก้ว และพีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2555. ผลของสารละลายแคลเซียมโบรอน (Ca-B) ที่มีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงมหาชนก. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร 43(3 พิเศษ): 444-447.

ชัยสิทธิ์ ทองจู วีระศรี เมฆตรง บัวบาง ยะอูป โอฬาร ตัณฑวิรุฬห์ วิสิฐ กิจสมพร และ วรวิทย์ ยี่สวัสดิ์. 2559. ผลของการใช้แคลเซียมร่วมกับโบรอนที่มีต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและปริมาณผลผลิตในพลับพันธุ์ซิชูและพันธุ์ฟูยู. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. (8): 1-10.

ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์. 2539. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียของมะขามหวานในระหว่างการเก็บรักษา. นิวเคลียร์ปริทัศน์. 1: 17-22.

Blankenship, S.M. and J.M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. Postharvest Biology and technology. 28: 1-25.

Drake, S.R., Neven, L.G., and Sanderson, P.G. 2003. Carbohydrate concentrations of apples and pears as influenced by irradiation as a quarantine treatment. Journal of food processing and preservation. 27(3): 165-172.

Hofman, P.J., Marques, J.R., Taylor, L.M., Stubbing, B., Ledger, S.N. and Jordan, R.A., 2009, Skin damage to several mango cultivars during irradiation and cold storage, 6th International Postharvest Symposium, Book of asbracts. 8-12 April 2009, p.26.

Karemera, N.J.U. and S. Habimana. 2014. Effect of pre-harvest Calcium Chloride on Post Harvest Behavior of Mango Fruits (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso. Universal Journal of Agricultural Research. 2(3): 119-125.

กรมวิชาการเกษตร

Limohpasmanee, W., Keawchoung, P., Segsarnviriya, S., Malakrong, A., Kongratarpon, T., Vongcherree, S. and Pransophon, P., 2005, “Irradiation as a Quarantine Treatment of Fruits”, International Symposium on New Frontier of the Irradiated Food and Non Food Products, 22-23 September 2005, Miracle Grand Hotel, Bangkok, Thailand.

Poovaiah, B.W. 1988. The molecular and cellular aspects of calcium action. Hort Science. 23:267-271. strawberry. Journal of Plant Nutrition. 26: 671-682.

Quiles, A., Hernando, I., Perez-Munuera, I., Llorca, E., Larrea, V., and Lluch M.A. 2004. The effect of calcium and cellular permeabilization on the structure of the parenchyma of osmotic dehydrated “Granny Smith” apple. Journal of the science and food agriculture. 84: 1765-1770.

Vicente, A.R., Ortugno, C., Rosli, H., Powell, A.L.T., Greve, C.L., Labavitch, J.M., 2007. Temporal sequence of cell wall disassembly events in developing fruits. Analysis of blueberry (Vaccinium species). J. Agric. Food Chem. 55, 4125–4130.

กรมวิชาการเกษตร