รายงานแผนงานวิจัย

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตผลเกษตร

Research and Development of Postharvest Technology for Value Added of Agricultural Commodities

ชื่อหัวหน้าแผนงานวิจัย
นายชวเลิศ ตรีกรุณสวัสดิ์
Mr. Chawalert Trikarunasawat

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

รายงานแผนงานวิจัย

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตผลเกษตร

Research and Development of Postharvest Technology for Value Added of Agricultural Commodities

ชื่อหัวหน้าแผนงานวิจัย
นายชวเลิศ ตรีกรุณสวัสดิ์
Mr. Chawalert Trikarunasawat

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ (Foreword หรือ Preface)

ผลิตผลในภาคการเกษตรมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจมวลรวมของประเทศไทยและเป็นตัวชี้วัดความมั่นคงทางอาหารของประเทศ การประเมินการสูญเสียเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพตลอดห่วงโซ่การผลิต เพื่อทราบจุดวิกฤตของการสูญเสีย รวมถึงปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง จะนำไปสู่การจัดหาเทคโนโลยีในการควบคุมความสูญเสียที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ การประเมินคุณภาพของผลิตผลอาจทำได้หลายวิธี ตั้งแต่วิธีที่ปฏิบัติกันมาแต่เดิม เช่น การ สุ่มตรวจคุณภาพ ที่มีการทำลายตัวอย่าง และวิธีการสมัยใหม่ที่มีการใช้สมการประเมินความสูญเสียของผลผลิตที่สามารถนำไปต่อยอดใช้ในการประเมินความสูญเสียที่เกิดจากการเข้าทำลายของศัตรูพืชได้อย่างรวดเร็ว เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับผลผลิต หรือการใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพที่ไม่ทำลายตัวอย่าง เช่น ขณะที่การใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี หรือ NIRS (Near Infrared Spectroscopy) สามารถนำมาใช้ในการประเมินผลิตผลเกษตรทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ที่รวดเร็ว ช่วยประหยัดเวลา มีความปลอดภัย และการลดการสูญเสียของผลิตผลด้วยเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ ปลอดภัย มีความคุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจ และเป็นที่ยอมรับในระดับสากลจะส่งผลให้ผลิตผลเกษตรของไทยมีคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาดโลก ซึ่งสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขันให้แก่สินค้าเกษตรของไทย

รายงานฉบับนี้ จัดทำขึ้นโดยการรวบรวมและสรุปผลการดำเนินงาน แผนงานวิจัยวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตผลเกษตร มีการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านการประเมินการสูญเสีย การประเมินคุณภาพอย่างรวดเร็ว และการลดความสูญเสียจากสาเหตุต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร ได้ดำเนินการใน 3 แผนงานย่อย 9 โครงการวิจัย 31 การทดลอง ดำเนินการระหว่าง ตุลาคม 2563 – ธันวาคม 2564 ที่กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร การดำเนินการได้รับความร่วมมือและการสนับสนุนจากคณะผู้ร่วมวิจัย ทั้งในส่วนของคณะนักวิจัย และคณะผู้บริหารทุกระดับ ตลอดจนการอำนวยความสะดวกจากบุคลากรทั้งภายในหน่วยงาน กรมฯ และจากภายนอก จึงขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้

ชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์
ผู้อำนวยการแผนงานวิจัยวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	3
คณะผู้วิจัย	4
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	5
บทนำ	6
แผนงานวิจัยย่อยที่ 1 การประเมินการสูญเสียของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน	11
แผนงานวิจัยย่อยที่ 2 การลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร	26
แผนงานวิจัยย่อยที่ 3 การประเมินปริมาณและคุณภาพผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร อย่างรวดเร็วโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี	55
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	66
บรรณานุกรม	68

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการแผนงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตผลเกษตร ได้รับความร่วมมือและการสนับสนุนจากคณะผู้ร่วมวิจัย ทั้งในส่วนที่เป็นหัวหน้าแผนงานย่อย หัวหน้าโครงการวิจัย หัวหน้าการทดลอง ผู้ร่วมวิจัย ผู้ประสานงานในต่างจังหวัดและส่วนกลาง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ และคณะผู้บริหารทุกระดับ ตลอดจนการอำนวยความสะดวกจากบุคลากรทั้งภายในหน่วยงาน กรมวิชาการเกษตร และจากภายนอก รวมถึงสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่อนุมัติการดำเนินการและสนับสนุนงบประมาณเพื่อทำการวิจัยในแผนงานวิจัยนี้

การดำเนินงานวิจัยเหล่านี้อาจไม่บรรลุตามวัตถุประสงค์ หากขาดการช่วยเหลือจากทุกฝ่ายดังที่กล่าวมา จึงขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้

กรมวิชาการเกษตร

คณะผู้วิจัย

แผนงานวิจัยย่อยที่ 1
การประเมินการสูญเสียของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรในขั้นตอน
หลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม
Kannikar Pengkum

แผนงานวิจัยย่อยที่ 2
การลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว
ในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร

หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
ภาณุมาศ โคตรพงศ์
Panumas Kotepong

แผนงานวิจัยย่อยที่ 3
การประเมินปริมาณและคุณภาพผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร
อย่างรวดเร็วโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
นฤเทพ เวชภิบาล
Naruthep Wechpibal

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

คำย่อ	
MAP	modified atmosphere packaging
VHT	vapor heat treatment
OPP	oriented polypropylene
LDPE	low density polyethylene
MPF	micro-perforated film
OTR	oxygen transmission rate
GAP	Good Agriculture Practices
AFB_1	Aflatoxin B1
Bias	Average of difference between actual value and NIR value
Cset	Calibration set
DW	Dry weight
ELISA	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
F	The number of factors used in the calibration equation
FQA	Fruit Quality Analyzer
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
N	Sample number
NIR	Near Infrared
NIRS	Near Infrared Spectroscopy
PLSR	Partial least square regression
R	Correlation of coefficient
R^2	Coefficient of determination
RMSEC	Root mean square error of calibration
RMSECV	Root mean squared error cross validation
RMSEP	Root mean square errors of prediction
RPD	Residual predictive deviation
SD	Standard deviation
SEC	Standard error of calibration
SEP	Standard error of prediction
Vset	Validation set

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

ผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวมีอายุการเก็บรักษาสั้นและเสื่อมสภาพได้ง่าย การสูญเสียเกิดขึ้นทั้งด้านปริมาณและคุณภาพในทุกขั้นตอน ด้วยเหตุที่สรีรวิทยาหรือองค์ประกอบทางเคมีของผลผลิตซึ่งมีความแตกต่าง รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อความเสื่อม ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงสาเหตุของความเสียหายในผลิตผลเกษตรแต่ละชนิด เพื่อวิจัยและพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมในขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่ วิธีการเก็บเกี่ยว กระบวนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่ง การเก็บรักษา การจัดการโรคแมลงศัตรูพืช การตรวจสอบเชิงปริมาณและคุณภาพ การบรรจุและบรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้ เพื่อคงคุณภาพ ลดการสูญเสีย การปนเปื้อนสารพิษ การใช้สารเคมีอันตราย ด้วยวิธีการปลอดภัย ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิต ยืดอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่าย ส่งผลดีต่อสภาพแวดล้อม เป็นฐานข้อมูลองค์ความรู้แก่เกษตรกร ผู้ประกอบการ นักวิชาการ และผู้บริโภค

ด้านการประเมินการสูญเสียของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน ให้ความสำคัญกับปริมาณและสาเหตุของ “การสูญเสียอาหาร” ซึ่งตามคำจำกัดความของ FAO คือ การสูญเสียเชิงปริมาณในพืชอาหาร รวมทั้งสินค้าปศุสัตว์และประมงที่มนุษย์บริโภค ทั้งจากการสูญเสียด้วยความตั้งใจหรือไม่ตั้งใจในขั้นตอนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว/การฆ่าหรือการชำแหละ และขั้นตอนการจัดการต่าง ๆ ในห่วงโซ่อุปทาน การสูญเสียอาจเกิดจากการทิ้ง การเผาทำลาย หรือด้วยสาเหตุอื่นที่ไม่สามารถนำมาบริโภคได้ โดยที่การสูญเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนการค้าปลีกจนถึงการบริโภคจะไม่นำมาพิจารณาในการสูญเสียอาหาร ทั้งนี้การสูญเสียอาหารจะพิจารณาจากทั้งปริมาณสินค้าเกษตรที่ผลิตในประเทศรวมถึงปริมาณสินค้าเกษตรที่มีนำเข้า การสูญเสียอาหารจะพิจารณาปริมาณรวมทุกส่วนของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวทั้งส่วนที่บริโภคได้และบริโภคไม่ได้ เช่น เปลือก และเมล็ด และ FAO ได้กำหนดขอบเขตของ Global Food losses Index ให้แต่ละประเทศจะต้องศึกษาการสูญเสียอาหารในสินค้าเกษตรอย่างน้อย 10 ชนิด จาก 5 ประเภทสินค้า โดยทำการคัดเลือก 2 ชนิดสินค้าเกษตรต่อ 1 ประเภทสินค้า ดังนี้

1) Cereals & Pulses
2) Fruits & Vegetables
3) Roots & Tubers and Oil bearing crops
4) Animals products
5) Fish and Fish products

การติดตามและการรายงาน Global Food Loss Index จะต้องทำต่อเนื่องจนถึงปี 2573 โดยประเทศไทยได้จัดตั้งคณะอนุกรรมการด้านการลดการสูญเสียอาหารขึ้น เพื่อดำเนินการตามนโยบายนี้ และกรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบประสานงานหลัก 3 ชนิดสินค้า ซึ่งครอบคลุมกลุ่ม พืชไร่ พืชสวน และพืชหัว

ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว เป็นพืชไร่เป็นพืชเศรษฐกิจ ทำรายได้ให้ประเทศมูลค่าสูงมากในแต่ละปี แต่ละพืชมีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน เช่น ถั่วเหลือง และ ข้าวโพด จะมีน้ำมัน และโปรตีนในเมล็ดสูง ส่วนข้าวเป็นพืชที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียผลผลิต การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวก็เป็นปัจจัยสำคัญของความสูญเสีย ตั้งแต่การเก็บเกี่ยวที่อายุการเก็บเกี่ยวไม่เหมาะสม วิธีการเก็บเกี่ยว การนวด การทำความ

กรมวิชาการเกษตร

สะอาดผลผลิต วิธีการลดความชื้น ความชื้นที่เหมาะสม สภาพการเก็บรักษา ภาชนะบรรจุ ไม่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด โดยเฉพาะข้าวโพดซึ่งปัญหาหลักของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ กระบวนการเก็บเกี่ยวที่ยังไม่ถูกต้อง โดยเกษตรกรบางส่วนจะรีบเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ก่อนที่ผลผลิตจะแห้งสนิท เพื่อจะเตรียมดินปลูกรอบต่อไป ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความชื้นสูง และเนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีพื้นที่สำหรับตากข้าวโพด การซื้อขายจึงถูกหักค่าความชื้นสูงเป็นประจำ ทั้งยังทำให้คุณภาพข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลง เนื่องจากเกิดเชื้อราได้ง่าย โดยเฉพาะหากเกิดเชื้อกลุ่มที่ให้สารอะฟลาท็อกซิน จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพอาหารสัตว์อีกด้วย ถ้าสัตว์เลี้ยงกินสารพิษนี้เข้าไปจะทำให้แคระแกรน น้ำหนักตัวลดลง น้ำนม หรือไข่ลดลง ตับอักเสบ และอาจเกิดมะเร็งในตับ นอกจากนี้การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทยเกือบทั้งหมดอาศัยน้ำฝน และเกษตรกรปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเก็บเกี่ยวพร้อมกัน ทำให้ผลผลิตเข้าสู่ตลาดพร้อมกัน และเกิดปัญหาราคาตกต่ำเป็นระยะ นอกจากนี้ยังมีปัญหาการของโรคและแมลงที่เข้าทำลายระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะธัญพืชที่เก็บรักษาในโรงเก็บพบความสูญเสียมากกว่า 30 % หากการดูแลรักษาไม่เหมาะสม

ด้านการผลิตผักและผลไม้ที่มีปริมาณมาก กลับพบว่ามีความสูญเสียของผลผลิตเกิดขึ้นในระหว่าง การขนส่งและการขายเป็นจำนวนมาก จากการประเมินมูลค่าความเสียหายของผักสดโดยรวม หลังการเก็บเกี่ยวและขนส่ง โดยผู้ประกอบการ คิดเป็นประมาณ 35% ของมูลค่าโดยรวม หรือประมาณ 10,000 ล้านบาทต่อปี ผักและผลไม้เป็นผลิตผลเกษตรที่มีสรีระที่อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลง การเปลี่ยนแปลงทางสรีระของผักผลไม้จากการหายใจหรือสูญเสียน้ำ หรือจากการเกิดบาดแผล ได้เคยเป็นปัญหาใหญ่ระดับโลกมาแล้ว หากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดความสูญเสียมากขึ้น เช่น พริกพบการสูญเสียของผลผลิตที่เป็นผักนั้นมีสูงถึง 9 -25% ซึ่งมีสาเหตุเนื่องมาจากการขาดเทคนิคและเครื่องมือในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และการสูญเสียโดยส่วนใหญ่มักจะเกิดขึ้นจากตัวเกษตรกรผู้ปลูกที่ยังไม่มีระบบการจัดการที่ดีพอ (Acedo and Weinberger, 2010)

ส่วนกาแฟปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวในกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้าส่วนใหญ่ เกิดจากการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ถูกต้อง ได้แก่ การเก็บเกี่ยวเมล็ดกาแฟในระยะที่ไม่เหมาะสม หรือเก็บผลอ่อนปะปนกับผลแก่ (กรมวิชาการเกษตร, 2559) รวมถึงการปลอมปนของเมล็ดกาแฟที่มีข้อบกพร่องโดยรวม เกินร้อยละ 4 โดยมวล เป็นมาตรฐานที่สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติเป็นผู้กำหนด เช่น เมล็ดดำ เมล็ดขึ้นรา ชิ้นเมล็ดแตก เมล็ดถูกแมลงทำลาย ผลกาแฟแห้ง สิ่งแปลกปลอม (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2562) จะทำให้ได้กาแฟที่มีกลิ่นและรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อนำเมล็ดกาแฟนั้นไปคั่วบด

ด้านการลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร มีการศึกษาการเกิดและการควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การหายใจ การคายน้ำ และการผลิตเอทิลีน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวเหล่านี้ ทำให้ผลิตผลจำนวนมากสูญเสียคุณภาพในระหว่างการขนส่งและวางจำหน่าย เช่น เกิดการสูญเสียน้ำหนัก สูญเสียคุณค่าทางอาหาร อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรคหลังการเก็บเกี่ยว และเกิดการเน่าเสีย หากขาดการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม รวมถึงการควบคุมเข้าทำลายของศัตรูพืชและสารพิษจากเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยว ที่เป็นสาเหตุการสูญเสียของผลผลิตทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ นอกจากนี้ยังเป็นข้อจำกัดในการส่งออกผักและผลไม้ไปจำหน่ายยังต่างประเทศ

การใช้สารเคลือบและผลไม้มีบทบาทสำคัญในการช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำ ชะลอการเหี่ยวและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ทำให้ผลไม้มีลักษณะปรากฏที่ดีทำให้ผลิตผลมีความมันวาวดึงดูดใจผู้บริโภค และอีกวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว คือ การเก็บรักษาใน

กรมวิชาการเกษตร

สภาพบรรยากาศดัดแปลง 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

การส่งออกผลผลิตมะม่วงไปจำหน่ายยังประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และสหภาพยุโรป จำเป็นต้องฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีไม่ต่ำกว่า 400 เกรย์เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชก่อนการส่งออก แต่เกิดผลกระทบต่อคุณภาพผลผลิตในระหว่างการขนส่งหลายประการ เช่น การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวผล ฉ่ำน้ำ อายุการเก็บรักษาสั้น เน่าเสียง่าย เป็นต้น ทำให้ประเทศไทยจึงสูญเสียรายได้จากการส่งออกมะม่วงไปจำหน่ายยังประเทศที่มีมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสี ดังนั้นต้องมีการจัดการระบบการผลิตตั้งแต่ในแปลงปลูกจนกระทั่งถึงกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีสามารถช่วยลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

ด้านการประเมินปริมาณและคุณภาพผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรอย่างรวดเร็ว โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี ได้ศึกษาวิธีการและสร้างสมการการประเมินคุณภาพของผลิตผลและผลิตภัณฑ์ทางเกษตร ที่นำมาบริโภคทั้งในรูปแบบสดและแปรรูป คุณค่าทางโภชนาการ สารสำคัญที่เป็นประโยชน์ รวมถึงสารพิษจากเชื้อราที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค โดยทั่วไปแล้วผลิตผลเกษตรมักเกิดการสูญเสีย และเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา หรือการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึงเป็นสิ่งสำคัญ ปัจจุบัน วิธีตรวจประเมินคุณภาพทางเคมีต้องวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการที่ใช้เวลานาน ค่าใช้จ่ายสูง ใช้สารเคมี ทำลายตัวอย่าง ผู้ปฏิบัติงานมีความเสี่ยง เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม หากสามารถใช้วิธีการประเมินโดยที่ไม่ต้องทำลายตัวอย่าง ไม่ใช้สารเคมี และสามารถตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการตกลงซื้อขาย เกษตรกรผู้ผลิตมีรายได้เพิ่มขึ้น และผู้บริโภคมีสุขภาพที่ดีขึ้น สามารถผลิตผลเกษตรที่มีปริมาณสารสำคัญและคุณภาพได้ตามความต้องการ ผู้บริโภคได้สินค้าตามที่ต้องการ และมีความปลอดภัยต่อการบริภค เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Near Infrared Spectroscopy; NIRS) เป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่าง โดยใช้หลักการการสร้างสมการจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หรือค่า R ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงย่านใกล้ที่ส่องไปยังวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์จำนวนหนึ่งแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่วิเคราะห์จาก

กรมวิชาการเกษตร

ห้องปฏิบัติการที่ต้องการ เมื่อได้สมการที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงและค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมินต่ำ สามารถนำสมการที่ได้นี้มาใช้ในการทำนายค่าวิเคราะห์ของตัวอย่างดังกล่าวแทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ข้อดีของการใช้เทคนิค NIRS คือ ไม่ใช้สารเคมีในการสกัด ตรวจวิเคราะห์ได้รวดเร็ว ประหยัดเวลา และปลอดภัย เพียงนำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาผ่านเข้าเครื่อง NIRS ทำการสแกนตัวอย่างแล้วคำนวณออกมาเป็นค่าทำนายของปริมาณสารโดยเปรียบเทียบจากสมการสหสัมพันธ์ที่ตั้งไว้ ใช้ทดแทนการวิเคราะห์ทางเคมีได้ เทคนิค NIRS จึงนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพ และหาปริมาณสารในผลิตผลเกษตร เพื่อลดระยะเวลา ต้นทุน และการใช้สารเคมีเป็นการทดแทนการตรวจสอบวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่ต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน ใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย และมีค่าใช้จ่ายสูง

วัตถุประสงค์ของแผนงาน

1. เพื่อหาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในกระบวนการต่างๆ มาใช้ลดการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพในการผลิตผลิตผลเกษตรประเภทต่างๆ

2. เพื่อนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (NIRs) มาใช้ประเมินปริมาณและคุณภาพผลิตผลเกษตรและผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้ในการควบคุมมาตรฐานคุณภาพในการผลิตผลิตผลเกษตรประเภทต่างๆ สำหรับเป็นอาหารที่มีคุณภาพและเป็นวัตถุดิบที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ

ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาการสูญเสียของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวโดย ศึกษาหาปริมาณการสูญเสียตั้งแต่การเก็บเกี่ยวในแปลง คือ วิธีการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักรกลหรือเครื่องมือเก็บเกี่ยว การทำความสะอาด การปรับปรุงคุณภาพ การขนส่ง และการเก็บรักษา เพื่อบอกจุดวิกฤติของการสูญเสียในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวพืช และนำเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมไปใช้เพื่อลดการสูญเสียในพืช

ศึกษาการลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว ด้วยเทคโนโลยีการยืดอายุและบรรจุภัณฑ์ ควบคุมโรคและแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวและพัฒนาชุดตรวจสอบสารพิษจากเชื้อรา และลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตรจากมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสี ในผลิตผลต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาและคุณภาพให้ได้นานและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ด้วยวิธีการปลอดภัย

ศึกษาการประเมินปริมาณและคุณภาพผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร โดยประเมินหาปริมาณสารไลโคพีนในมะเขือเทศรับประทานสดผล ปริมาณสารแคปไซซินในผลพริกสด ปริมาณสารคาเฟอีนในกาแฟ วิตามินบี 1 ในถั่วเหลือง เคอร์คูมินอยด์ในขมิ้น ไอโซฟลาโวนในกวาวเครือ และสารพิษแอฟลาทอกซินในถั่ว โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตสโคปี

กรมวิชาการเกษตร

วิธีการวิจัย

แผนงานที่ 12 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตผลเกษตร

12.1 แผนงานวิจัยย่อย การประเมินการสูญเสียของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทาน	12.2 แผนงานวิจัยย่อย การลดความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร	12.3 แผนงานวิจัยย่อย การประเมินคุณภาพผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี
• 12.1.1 โครงการการประเมินการสูญเสียของพืชไร่ ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทาน • 12.1.2 โครงการการประเมินการสูญเสียของพืชสวนในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทาน	• 12.2.1 โครงการการลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้สด • 12.2.2 โครงการการลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีปลอดภัย • 12.2.3 โครงการการลดความสูญเสียจากแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลเกษตร • 12.2.4 โครงการการพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตรที่ผ่านการฉายรังสี	• 12.3.1 โครงการการประเมินคุณภาพผักและผลไม้สดโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี • 12.3.2 โครงการการประเมินคุณภาพในผลิตผลและผลิตภัณฑ์ประเภทพืชไร่โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี • 12.3.3 โครงการการประเมินคุณภาพในสมุนไพรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

กรมวิชาการเกษตร

แผนงานวิจัยย่อยที่ 1

การประเมินการสูญเสียของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

Postharvest Loss Assessment of Agricultural Products and Products Throughout Supply Chain

ชื่อคณะผู้วิจัย

กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม (หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย)
Kannikar Pengkum

จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ
Jarurat Pumprasert

ชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์
Chawalert Trikarunasawat

เนตรา สมบูรณ์แก้ว
Nettra Somboonkaew

นฤเทพ เวชภิบาล
Naruthep Wechpibal

ชุติมา วิธูรจิตต์
Chutima Vithoonjit

อารีรัตน์ การุณสถิตชัย
Areerat Karunsatitchai

ณัฐกานต์ สาตราภัย
Nutthakan Sattrapai

กัลยลักษณ์ เสนาะสำเนียง
Kanyalak Sanosomneng

สิทธิพงษ์ ศรีสว่างวงษ์
Sittiphong Srisawangwong

วิมลรัตน์ ดำขำ
Wimonrat Dumkum

ศิวกร เกียรติมณีรัตน์
Siwakorn keatmaneerat

อรวรรณ จิตต์ธรรม
Orawn Jittham

และ ใจทิพย์ อุไรชื่น
and Jaitip Uraichuen

คำสำคัญ (Key words)

Sustainable Development Goals: SDGs, food loss, soybean, maize, rice, chilli (Prik Khee Noo), tomato and arabica coffee

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

องค์การสหประชาชาติได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) 17 เป้าหมาย โดยเป้าหมายที่ 12.3.1 กำหนดให้ลดการสูญเสียอาหารตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่การผลิตจนถึงการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว (จนถึงก่อนขั้นตอนการแปรรูป) แต่ประเทศไทยยังขาดข้อมูลปริมาณการสูญเสียอาหารที่ชัดเจน กรมวิชาการเกษตรจึงศึกษาการสูญเสียอาหารในพืชและสินค้าเกษตร 6 ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว กาแฟอาราบิก้า พริก และมะเขือ เพื่อให้ได้ทราบปริมาณและสาเหตุการสูญเสียที่เป็นปัจจุบัน และหาวิธีการลดการสูญเสียที่เหมาะสม ดำเนินการระหว่าง ตุลาคม 2563 – ธันวาคม 2564 ที่กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร การประเมินการสูญเสียของถั่วเหลือง ข้าวโพด กาแฟอาราบิก้า พริก และมะเขือ ครอบคลุมกระบวนการตั้งแต่ การจัดการก่อนการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการรวบรวมเก็บรักษา วิธีการศึกษาประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูลผ่านการประชุมเฉพาะกลุ่ม การสัมภาษณ์เชิงลึก และการลงพื้นที่จริง ผลการศึกษาพบว่า การสูญเสียถั่วเหลืองตลอดห่วงโซ่อุปทานมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 34.13 จำแนกเป็นขั้นตอนการเก็บเกี่ยวร้อยละ

9.7 โดยเกิดจากการใช้รถเกี่ยวร้อยละ 17.67 ขั้นตอนกะเทาะเปลือก (นวด) ร้อยละ 6.38 ขั้นตอนหลังการตากและเก็บรักษาที่บ้านเกษตรกร ร้อยละ 7.79 การเก็บรักษาที่จุดรวบรวม ร้อยละ 5.63 และก่อนการแปรรูป ร้อยละ 4.63 ผลจากข้อมูลอาจสรุปได้ว่าการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองด้วยรถเกี่ยวเป็นจุดวิกฤตสำคัญที่ก่อให้เกิดการสูญเสียมากที่สุด ตามด้วยการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม และการกะเทาะเปลือก การพัฒนาวิธีการและเครื่องมือที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว กะเทาะเปลือก และเก็บรักษาถั่วเหลืองจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดการสูญเสียถั่วเหลืองในประเทศไทย ผลการศึกษาในข้าวโพด พบว่าจุดวิกฤตที่ส่งผลต่อการสูญเสียอาหารในข้าวโพด 2 จุดสูงสุด คือขั้นตอนระหว่างการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยว ที่พบการสูญเสียร้อยละ 3.89 และเก็บรักษาพบการสูญเสียร้อยละ 2.25 จากปัจจัยการสูญเสียดังกล่าวที่ส่งผลต่อการสูญเสียในห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด จึงมีความจำเป็นที่จะต้องการพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และหาแนวทางการจัดเก็บเพื่อลดความสูญเสียอาหารข้าวโพดในระยะยาวต่อไป ในผลิตผลกาแฟอาราบิก้าพบว่าความเสี่ยงที่เป็นจุดวิกฤตที่สำคัญคือ การสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลง จากมอดเจาะ แนวทางการป้องกันด้วยการทำความสะอาดแปลงและทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของมอดเจาะผลกาแฟ และการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบในขั้นตอนการเก็บรักษา ป้องกันด้วยการจัดการสภาพการเก็บรักษาโดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 55-60 %RH และอุณหภูมิไม่เกิน 28 ºC ในผลิตผลพริกขี้หนูพบว่าการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวมีสาเหตุหลักจากโรคและแมลง เนื่องจากการซื้อขายมักเป็นการซื้อโดยไม่แยกเกรด เกษตรกรขาดแรงจูงใจในการคัดแยกผลผลิตก่อนขาย ส่วนการสูญเสียในขั้นตอนการค้าส่งพริกขี้หนูเขียวมีการสูญเสียรวม ร้อยละ 41.1 โดยพบว่ามีการปะปนของพริกแดงมากที่สุดและมีการฉีกหักและโรคเข้าทำลายมากกว่าพริกแดง อาจเป็นผลจากขั้นตอนการเก็บรักษาและขนส่งพริกไม่มีการใช้ห้องเย็น มะเขือเทศ พบว่ามะเขือเทศมีการสูญเสียในแปลงปลูกค่อนข้างสูง สาเหตุหลักจากโรคพืชเข้าทำลาย ส่วนในขั้นตอนการรวบรวม/รับซื้อผลผลิต การสูญเสียจะเกิดสูงมากในผลิตผลที่มีการเก็บรักษาเกิน 3 วันก่อนส่งโรงงาน การป้องกันได้ด้วยการจัดการแผนการเก็บเกี่ยวและระบบการเก็บรักษาและการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ สำหรับการประเมินความสูญเสียของข้าว ศึกษาการใช้สมการเพื่อประเมินความสูญเสียจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ผลคือได้สมการประเมินปริมาณเมล็ดเสียของข้าวเปลือกและข้าวสารจากแมลงศัตรูสำคัญ โดยทั้ง 2 สมการมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 75 และ 91% ตามลำดับ

กรมวิชาการเกษตร

Abstracts

The United Nations has set 17 Sustainable Development Goals (SDGs) for all member, with SDG 12.3.1 set to minimize food loss throughout the supply chain. However, there are lack information on the amount of food loss in Thailand. The Department of Agriculture of Thailand recently study food loss in 6 important crops/agricultural products (soybean, maize, rice, chilli (Prik Khee Noo), tomato and arabica coffee) in order to know the current quantity and causes of the loss to determine suitable methods to decrease the losses**.** The study was conducted during October, 2020 to September, 2021 at Postharvest and processing research and development division, Department of Agriculture. The loss of soybean, maize, chilli (Prik Khee Noo), tomato and arabica coffee, wear also assessed, covering activities from pre-harvesting, harvesting, post-harvest management, transportation and storage. Consequently, focus group meetings, in-depth interviews, actual measurement at field sites with stakeholders throughout the value chain were a method for collecting quantitative data. The study found that average loss of soybean throughout the supply chain was 34.1%, divided into 9.7% of the harvesting (the highest loss level

by harvested by combine harvester 17.67%), threshing 6.38%, after dried and stored at farmer's house 7.79%, storage at collection point 5.63% and at raw material warehouse (before processing) 4.63%. Consequently, the harvesting is the most cost-provoking step, followed by improper storage and threshing step, respectively. Thus, developing suitable method and equipment for soybean harvesting, threshing, and storage are essential to decrease the soybean loss in Thailand. In maize the results showed that the two most critical points that caused the losses were harvesting and storage activities as 3.89 and 2.25%, respectively. These factors significantly affected the losses in maize supply chain. Therefore, developing suitable equipment for maize harvesting and storage technology are essential to reduce the losses in a long term. For the critical losses of Arabica coffee was harvesting process at 11.57% of damage was found which caused by coffee berry borer, Preventing can be done by cleaning plots and destroying coffee borer moth habitats. The storage losses of coffee from improper storage conditions (high temperature and humidity) can be resolve by maintaining the storage temperature lower than 25 ºC and humidity at 55-60 % RH. The critical losses of Chilli 'Prik Khee Noo' was postharvest losses by infestation of plant diseases and insects, due to the goods were bought by merchants without sorting. Green Chili in wholesale markets shown high losses 41.1 % with the red chilli pepper contamination, broken fruits and disease infestation, can be prevent by employing cool chain transportation. The critical losses point of processing tomato was pre-harvest losses caused by infestation of plant diseases and the losses of tomatoes that wait more than three days for transportation to the factory due to over-ripening products. The suggestion is introducing harvesting plan and cool storage/cool chains system establishments. For the rice loss caused by stored product insects was assessment by the equation as a tool. There was gotten 2 accuracy prediction equations, paddy and milled rice losses predicting equations by coefficient of determination (R2) were 75 and 91% respectively.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ (Introduction)

การสูญเสียอาหาร ตามคำจำกัดความของ FAO คือ การสูญเสียเชิงปริมาณในพืชอาหาร รวมทั้งสินค้าปศุสัตว์และประมงที่มนุษย์บริโภค ทั้งจากการสูญเสียด้วยความตั้งใจหรือไม่ตั้งใจในขั้นตอนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว/การฆ่าหรือการชำแหละ และขั้นตอนการจัดการต่าง ๆ ในห่วงโซ่อุปทาน การสูญเสียอาจเกิดจากการทิ้ง การเผาทำลาย หรือด้วยสาเหตุอื่นที่ไม่สามารถนำมาบริโภคได้ โดยที่การสูญเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนการค้าปลีกจนถึงการบริโภคจะไม่นำมาพิจารณาในการสูญเสียอาหาร ทั้งนี้การสูญเสียอาหารจะพิจารณาจากทั้งปริมาณสินค้าเกษตรที่ผลิตในประเทศรวมถึงปริมาณสินค้าเกษตรที่มีนำเข้า การสูญเสียอาหารจะพิจารณาปริมาณรวมทุกส่วนของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวทั้งส่วนที่บริโภคได้และบริโภคไม่ได้ เช่น เปลือก และเมล็ด และ FAO ได้กำหนดขอบเขตของ Global Food losses Index ให้แต่ละประเทศจะต้องศึกษาการสูญเสียอาหารในสินค้าเกษตรอย่างน้อย 10 ชนิด จาก 5 ประเภทสินค้า โดยทำการคัดเลือก 2 ชนิดสินค้าเกษตรต่อ 1 ประเภทสินค้า ดังนี้

1) Cereals & Pulses
2) Fruits & Vegetables
3) Roots & Tubers and Oil bearing crops
4) Animals products
5) Fish and Fish products

การติดตามและการรายงาน Global Food Loss Index จะต้องทำต่อเนื่องจนถึงปี 2573 โดยประเทศไทยได้จัดตั้งคณะอนุกรรมการด้านการลดการสูญเสียอาหารขึ้น เพื่อดำเนินการตามนโยบายนี้ และกรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบประสานงานหลัก 3 ชนิดสินค้า ซึ่งครอบคลุมกลุ่ม พืชไร่ พืชสวน และพืชหัว

ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว เป็นพืชไร่เป็นพืชเศรษฐกิจ ทำรายได้ให้ประเทศมูลค่าสูงมากในแต่ละปี แต่ละพืชมีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน เช่น ถั่วเหลือง และ ข้าวโพด จะมีน้ำมัน และโปรตีนในเมล็ดสูง ส่วนข้าวเป็นพืชที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียผลผลิต การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวก็เป็นปัจจัยสำคัญของความสูญเสีย ตั้งแต่การเก็บเกี่ยวที่อายุการเก็บเกี่ยวไม่เหมาะสม วิธีการเก็บเกี่ยว การนวด การทำความสะอาดผลผลิต วิธีการลดความชื้น ความชื้นที่เหมาะสม สภาพการเก็บรักษา ภาชนะบรรจุ ไม่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด โดยเฉพาะข้าวโพดซึ่งปัญหาหลักของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ กระบวนการเก็บเกี่ยวที่ยังไม่ถูกต้อง โดยเกษตรกรบางส่วนจะรีบเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ก่อนที่ผลผลิตจะแห้งสนิท เพื่อจะเตรียมดินปลูกรอบต่อไป ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความชื้นสูง และเนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีพื้นที่สำหรับตากข้าวโพด การซื้อขายจึงถูกหักค่าความชื้นสูงเป็นประจำ ทั้งยังทำให้คุณภาพข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลง เนื่องจากเกิดเชื้อราได้ง่าย โดยเฉพาะหากเกิดเชื้อกลุ่มที่ให้สารอะฟลาท็อกซิน จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพอาหารสัตว์อีกด้วย ถ้าสัตว์เลี้ยงกินสารพิษนี้เข้าไปจะทำให้แคระแกรน น้ำหนักตัวลดลง น้ำนม หรือไข่ลดลง ตับอักเสบ และอาจเกิดมะเร็งในตับ นอกจากนี้การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทยเกือบทั้งหมดอาศัยน้ำฝน และเกษตรกรปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเก็บเกี่ยวพร้อมกัน ทำให้ผลผลิตเข้าสู่ตลาดพร้อมกัน และเกิดปัญหาราคาตกต่ำเป็นระยะ นอกจากนี้ยังมีปัญหาการของโรคและแมลงที่เข้าทำลายระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะธัญพืชที่เก็บรักษาในโรงเก็บพบความสูญเสียมากกว่า 30 % หากการดูแลรักษาไม่เหมาะสม

ด้านการผลิตผักและผลไม้ที่มีปริมาณมาก กลับพบว่ามีความสูญเสียของผลผลิตเกิดขึ้นในระหว่างการขนส่งและการขายเป็นจำนวนมาก จากการประเมินมูลค่าความเสียหายของผักสดโดยรวม หลังการเก็บเกี่ยวและขนส่ง โดยผู้ประกอบการ คิดเป็นประมาณ 35% ของมูลค่าโดยรวม หรือประมาณ 10,000 ล้านบาทต่อปี ผักและผลไม้เป็นผลิตผลเกษตรที่มีสรีระที่อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลง การเปลี่ยนแปลงทางสรีระของ

กรมวิชาการเกษตร

ผักผลไม้จากการหายใจหรือสูญเสียน้ำ หรือจากการเกิดบาดแผล ได้เคยเป็นปัญหาใหญ่ระดับโลกมาแล้ว หากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดความสูญเสียมากขึ้น เช่น พริกพบการสูญเสียของผลผลิตที่เป็นผักนั้นมีสูงถึง 9 -25% ซึ่งมีสาเหตุเนื่องมาจากการขาดเทคนิคและเครื่องมือในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และการสูญเสียโดยส่วนใหญ่มักจะเกิดขึ้นจากตัวเกษตรกรผู้ปลูกที่ยังไม่มีระบบการจัดการที่ดีพอ (Acedo and Weinberger, 2010)

ส่วนกาแฟปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวในกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้าส่วนใหญ่ เกิดจากการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ถูกต้อง ได้แก่ การเก็บเกี่ยวเมล็ดกาแฟในระยะที่ไม่เหมาะสม หรือเก็บผลอ่อนปะปนกับผลแก่ (กรมวิชาการเกษตร, 2559) รวมถึงการปลอมปนของเมล็ดกาแฟที่มีข้อบกพร่องโดยรวม เกินร้อยละ 4 โดยมวล เป็นมาตรฐานที่สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติเป็นผู้กำหนด เช่น เมล็ดดำ เมล็ดขึ้นรา ชิ้นเมล็ดแตก เมล็ดถูกแมลงทำลาย ผลกาแฟแห้ง สิ่งแปลกปลอม (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2562) จะทำให้ได้กาแฟที่มีกลิ่นและรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อนำเมล็ดกาแฟนั้นไปคั่วบด

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าสาเหตุสำคัญของการสูญเสียของผลิตผลเกษตรและผลิตภัณฑ์เป็นผลจากการขาดความรู้และเทคโนโลยีที่เหมาะสม ตลอดจนขาดเครื่องมือ อุปกรณ์ ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา กระบวนการปรับปรุงสภาพผลผลิต ขาดการคัดบรรจุที่เหมาะสม ทำให้เกษตรกร และประชากรในประเทศตกอยู่ในความเสี่ยงต่อความไม่มั่นคงทางอาหาร ซึ่งเป็นเหตุที่ต้องศึกษาหาจุดวิกฤติของความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและหาเทคโนโลยีในการลดความสูญเสียดังกล่าว สำหรับการดำเนินการของแผนงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ คือ

เพื่อให้ได้ข้อมูลดัชนีความสูญเสียในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน ของผลิตผลพืชไร่และพืชสวนบางชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว พริก มะเขือเทศ และกาแฟเพื่อศึกษาแนวทางการลดหรือป้องกันการสูญเสียในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลพืชไร่และพืชสวนบางชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว พริก มะเขือเทศ และกาแฟขอบเขตของโครงวิจัยคือ การศึกษาแนวทางการประเมินปริมาณการสูญเสียตั้งแต่การเก็บเกี่ยวในแปลง วิธีการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการเก็บรักษา เพื่อหาจุดวิกฤติของการสูญเสียในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลทั้งพืชไร่ และพืชสวน 6 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว พริก มะเขือเทศ กาแฟ และแนวทางในการควบคุมการสูญเสีย

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

แผนงานย่อยที่ 12.1 การประเมินการสูญเสียของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

ศึกษาข้อมูลการสูญเสียในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลพืชไร่และพืชสวน จุดวิกฤติของขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวที่ใช้ในการลดการสูญเสีย มี 2 โครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 12.1.1 การประเมินการสูญเสียของพืชไร่ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทาน

มี 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1 การประเมินการสูญเสียของถั่วเหลืองในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

ขั้นตอนดำเนินการ คือ

1. ทบทวนวรรณกรรม เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียถั่วเหลือง
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ในห่วงโซ่อุปทานถั่วเหลือง
3. พิจารณาพื้นที่เก็บตัวอย่าง การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่สัมภาษณ์ และสุ่มตัวอย่างถั่วเหลือง

กรมวิชาการเกษตร

พิจารณาจากสถิติการผลิตถั่วเหลืองของประเทศไทยจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตร เพื่อวางแผนการสำรวจ เก็บข้อมูลการสัมภาษณ์ และเก็บตัวอย่างถั่วเหลือง โดยคัดเลือกจังหวัดที่มีการผลิตถั่วเหลืองในปริมาณมาก และกำหนดกลุ่มตัวอย่าง (เกษตรกร ผู้รวบรวม และผู้แปรรูป) ที่อยู่ในห่วงโซ่อุปทานที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียถั่วเหลือง ตั้งแต่ขั้นการตอนการเก็บเกี่ยว ตากแห้ง กะเทาะเปลือก ขนส่ง เก็บรักษา และการจัดการก่อนการแปรรูป ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนของประชากรสำหรับการรวบรวมข้อมูลในห่วงโซ่อุปทาน การศึกษานี้ยังได้ดำเนินงานตามคำแนะนำของ FAO ที่แนะนำให้ระบุจุดต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดการสูญเสียอาหารมาก (จุดวิกฤต) และให้เน้นการสำรวจในจุดวกฤตเหล่านั้น

4. ออกแบบแบบสอบถาม

เพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูลและประมวลผลการสูญเสียถั่วเหลืองทั้งภาคการผลิตในพื้นที่เพาะปลูกและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามออนไลน์เป็น 2 ฉบับ โดยแบบสอบถามการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองสำหรับเกษตรกร มีรายละเอียดตามลิงก์ต่อไปนี้ https://docs.google.com/forms/d/OIlhK66xCnqASLmDrtOAlorABt5f7wMUA6aYIC0OMY/edit และลิงก์แบบสอบถามการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองสำหรับผู้รวบรวมและผู้ประกอบการแปรรูป https://docs.google.com/forms/d/1rRAKB0fzQdoMfFx--8pskw5LHZamxVA8uQN-zJf6kOY/edit

5. ลงพื้นที่สำรวจ สัมภาษณ์ และเก็บตัวอย่างถั่วเหลือง

เนื่องจากเป็นการสัมภาษณ์เชิงลึก แบบสอบถามมีจำนวนคำถามมาก เป็นภาษาทางการ และเป็นการสัมภาษณ์และบันทึกผลสัมภาษณ์ทางออนไลน์ทันทีเมื่อสัมภาษณ์แล้วเสร็จ (ผ่านแท็บเล็ตพีซีเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต) ดังนั้นก่อนลงพื้นที่สำรวจ จึงมีการซักซ้อมความเข้าใจให้กับคณะผู้เก็บข้อมูลเพื่อเข้าใจคำถามและสามารถถ่ายทอดเป็นภาษาที่กลุ่มตัวอย่างสามารถเข้าใจได้อย่างถูกต้อง และผู้เก็บข้อมูลสามารถบันทึกข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย สำหรับการเก็บตัวอย่างถั่วเหลืองเพื่อวิเคราะห์การสูญเสียจริงนั้น คณะผู้วิจัยเก็บตัวอย่างในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การตาก การกะเทาะเปลือก การเก็บรักษา และการจัดการก่อนการแปรรูป ในพื้นที่ที่เก็บข้อมูลการสัมภาษณ์เชิงลึก

6. ประมวลและวิเคราะห์ข้อมูล

7. สรุปข้อมูลและจัดทำรายงาน

การทดลองที่ 2 การประเมินการสูญเสียของข้าวโพดในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

ขั้นตอนดำเนินการ คือ

1. กำหนดพื้นที่เป้าหมายการปฏิบัติงานเบื้องต้น โดยรวบรวมข้อมูลพื้นที่การผลิตข้าวโพดปีล่าสุด (ปี 2561) ในระดับประเทศ แต่เนื่องจากผลกระทบจากสถานการณ์ COVID-19 ส่งผลต่อการเดินทางไปสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดจากแหล่งต่างๆ จึงได้รับข้อแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญสมชาย บุญประดับ ให้เลือกพื้นที่การผลิตข้าวโพดมีลักษณะของชนิดดินต่างกัน และเลือก 1 จังหวัดที่เป็นตัวแทนของภูมิภาคนั้นๆ เพื่อให้ดำเนินการวิจัยภายใต้ข้อจำกัด โดยได้แนะนำให้เป็นจังหวัดเพชรบูรณ์ นครสวรรค์ สระบุรี และนครราชสีมา

2. ศึกษาและจัดทำห่วงโซ่คุณค่าของข้าวโพดในภาพรวมของประเทศที่จะสามารถนำมาวิเคราะห์ให้เห็นถึงขั้นตอนหรือสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียอาหาร เพื่อให้สามารถระบุจุดวิกฤตที่จะนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหาต่อไป โดยค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) ผู้ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องเฉพาะกลุ่ม (focus group interview) และจัดทำห่วงโซ่คุณค่าของข้าวโพด

กรมวิชาการเกษตร

3. สุ่มคัดเลือกเกษตรกรปลูกข้าวโพดและสอบถามเบื้องต้นเกี่ยวกับจุดวิกฤต (critical point) และปัจจัยผลักดัน (driving factor) ที่ทำให้เกิดการสูญเสียอาหาร และจัดทำแบบสอบถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลข้าวโพด

4. รวบรวมข้อมูลและเก็บข้อมูลการสูญเสียอาหาร เช่น ข้อมูลพื้นที่การผลิตปีล่าสุดในระดับประเทศ ข้อมูลบันทึกการสูญเสียอาหารจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ เป็นต้น ข้อมูลที่รวบรวมได้ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการดำเนินงานในขั้นตอนนี้มีทั้งข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ที่ได้จากการสัมภาษณ์ โดยใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก 1) และข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ที่ได้จากการศึกษางานวิจัยที่ สำหรับการเก็บข้อมูลการสูญเสียอาหารด้วยการเก็บข้อมูลภาคสนามสามารถ จะดำเนินการกำหนดพื้นที่สุ่มตัวอย่างขนาด 5 x 5 เมตร โดยใช้วิธีการทำแปลงตัวอย่าง (crop cutting) เพื่อเก็บข้อมูลผลผลิตจริงในแปลงปลูกของเกษตรกร แล้วทำการ วัด นับ ชั่ง เพื่อคำนวณหาผลผลิตต่อไร่โดยใช้ทฤษฎีทางสถิติ วิธีดังกล่าวถูกสร้างขึ้นเพื่อช่วยให้รัฐบาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรสามารถหาค่าประมาณของผลผลิตพืชในรอบการเพาะปลูกได้ รวมถึงสามารถนำไปใช้วางแผนงานและนโยบายด้านเกษตรได้อย่างเหมาะสม ในการศึกษานี้จึงไม่สามารถดำเนินการตั้งแปลงตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลตามวิธีการที่ FAO ได้แนะนำไว้ได้ทั้งหมด จึงใช้เทคนิคการเดิน 10 ก้าว เพื่อวางกรอบแปลงขนาด 5 x 5 ตร.ม. อย่างไรก็ตาม วิธีดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลผลผลิตต่อไร่ในการศึกษานี้อ้างอิงจากหลักการเดียวกับ FAO นั่นคือ หลักการทำแปลงตัวอย่างเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตจริง การสุ่มจุดเพื่อวางแปลงตัวอย่างจะทำการสุ่มทั้งหมด 2 จุด ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยจุดที่ 1 เริ่มจากมุมล่างซ้ายของแปลง เดินตามขอบแปลงปลูกไปทางด้านบน 10 ก้าว แล้วเลี้ยวขวาตรงเข้าไปในแปลงปลูกอีก 10 ก้าว ตรงปลายเท้าก้าวที่ 10 ให้วางแปลงตัวอย่างขนาด 5 x 5 ตร.ม. และจุดสำรวจที่ 2 เริ่มจากมุมตรงข้ามกับจุดที่วางแปลงตัวอย่างที่ 1 คือ มุมบนขวามือให้เดินตามขอบแปลงปลูกลงมาทางด้านล่าง 10 ก้าว แล้วเลี้ยวขวาตรงเข้าไปในแปลงอีก 10 ก้าว วางแปลงตัวอย่างขนาด 5 x 5 ตร.ม. เช่นเดียวกับแปลงตัวอย่างที่ 1 ทำการล้อมเชือกเพื่อเก็บข้อมูลหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยบันทึกข้อมูลน้ำหนักปริมาณข้าวโพดภายหลังการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยว นำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นตัวแทนในการคำนวณหาผลผลิตตกหล่นหรือผลผลิตที่หลงเหลือในแปลงปลูก (harvesting loss)

5. ประเมินความสูญเสียข้าวโพดในเชิงปริมาณในกิจกรรมหลังเก็บเกี่ยว

การทดลองที่ 3 การใช้สมการประเมินความสูญเสียของข้าวจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

ขั้นตอนดำเนินการ คือ

1. การสร้างสมการประเมินความสูญเสียข้าว

การสร้างสมการประเมินความเสียหายของผลิตผลเกษตรที่เก็บรักษาในโรงเก็บที่เกิดจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม และจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ดำเนินการดังนี้

1.1 ข้าวเปลือกและข้าวสารที่นำมาใช้ในการทดลองเลือกข้าวที่มีการคัดคุณภาพมาเรียบร้อยแล้วเพื่อง่ายต่อการตรวจนับความสูญเสีย โดยข้าวเปลือกที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นเมล็ดข้าวพันธุ์ขยายพันธุ์ กข 77 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์นิ่ม ส่วนข้าวสารใช้ข้าวสารหอมมะลิ 100 % เตรียมข้าวสำหรับใช้ในการทดลองโดยการรมด้วยสารรมฟอสฟีนสำหรับข้าวสารใช้อัตรา 2 เม็ดต่อตัน ขณะที่ข้าวเปลือกใช้อัตรา 3 เม็ดต่อตัน ระยะเวลารม 7 วัน เพื่อกำจัดแมลงที่ติดมากับข้าวให้หมด

1.2 เตรียมสถานที่ทดลอง จำนวน 10 โรง โดยเลือกโรงเก็บใหญ่และขนาดกลาง ทำความสะอาดพื้นที่ก่อนการวางตัวอย่าง และติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (data logger) ภายในโรงเก็บ โดยตั้งความถี่ในการบันทึกผลทุก 6 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาการทดลอง

กรมวิชาการเกษตร

1.3 แบ่งข้าวเปลือกและข้าวสารที่ผ่านการรมแล้วใส่กระสอบป่านน้ำหนัก 50 กก. ต่อกระสอบ จำนวน 30 กระสอบ นำกระสอบข้าวเปลือกและข้าวสารที่แบ่งแล้ว ไปวางในโรงเก็บ โดยใน 1 โรงเก็บวางกระสอบข้าวเปลือกและข้าวสารคู่กัน 3 จุด จุดละกระสอบ (เท่ากับ 3 ซ้ำต่อโรงเก็บ) แต่ละจุดให้มีระยะห่างกันไม่ต่ำกว่า 5 เมตร โดยมีพาเลท (pallet) รองทุกจุด

1.4 สุ่มตัวอย่างข้าวจากแต่ละกระสอบๆละ 250 กรัม นำมาตรวจสอบผล ได้แก่ ปริมาณและชนิดของแมลงที่ลงทำลายจากตัวอย่าง 250 กรัม ปริมาณความเสียหายของผลิตผลที่เกิดจากแมลงโดยสุ่มเม็ดข้าว 1000 เม็ด จำนวน 3 ซ้ำต่อถุง ความชื้นของผลิตผลเกษตรจำนวน 3 ซ้ำ และตรวจสอบสภาพทั่วไปของกองผลิตผลเกษตร

1.5 ทำการสุ่มตัวอย่างและตรวจวัดผลการทดลองเดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 10 เดือน

1.6 การเก็บข้อมูลปริมาณและชนิดของแมลงจากตัวอย่าง 250 กรัม น้ำหนักผลผลิตข้าวสารและข้าวเปลือก 1000 เม็ด จำนวนเมล็ดเสียข้าวสารและข้าวเปลือก 1000 เม็ด ความชื้นของเมล็ดข้าว ณ โรงเก็บ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศภายในโรงเก็บ

1.7 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน (Stepwise multiple regression analysis) ด้วยโปรแกรม SPSS

2. การทดสอบความใช้ได้ของสมการประเมินความเสียหายของข้าว

ทดสอบประสิทธิภาพของสมการประเมินความเสียหาย โดยวางตัวอย่างข้าวเปลือก และข้าวสาร ในโรงสี 10 โรง ทำการเก็บตัวอย่างข้าวจากตัวอย่างทั้ง 10 โรง ทุกเดือนเพื่อตรวจนับปริมาณความสูญเสีย ปริมาณแมลง ความเสียหาย ระดับอุณหภูมิ และความชื้น นำผลการตรวจนับจริง กับผลที่ได้จากการประเมินโดยสมการ เพื่อทดสอบความใช้ได้ของสมการที่สร้างขึ้น

โครงการวิจัยที่ 12.1.2 การประเมินการสูญเสียของพืชสวนในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

การประเมินการสูญเสียของพืชสวนในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทานในผลิตผลพืชสวน 3 ชนิด ได้แก่ กาแฟอาราบิก้า พริก และมะเขือเทศ มีขั้นตอนหลัก ดังนี้

- การรวบรวมข้อมูลพื้นที่ปลูก และ คัดเลือกพื้นที่ดำเนินงาน โดยกำหนดพื้นที่ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินความสูญเสียของผลผลิตตลอดห่วงโซ่อุปทาน
- การจัดทำแบบสอบถามเพื่อการสัมภาษณ์ และปรับปรุงแบบสัมภาษณ์ เพื่อประเมินการสูญเสียของผลผลิตตลอดห่วงโซ่อุปทาน
- การประเมินความสูญเสียของผลผลิตตลอดห่วงโซ่อุปทาน ด้วยการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสอบถามและตรวจวัดจริง

มีการดำเนินงานวิจัยใน 3 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 การประเมินการสูญเสียของกาแฟอาราบิก้าหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

1. สำรวจและคัดเลือกพื้นที่ปลูกกาแฟอาราบิก้าที่ในภาคเหนือที่มีการเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ที่มีปริมาณมาณผลผลิตเก็บเกี่ยวจำนวนมาก เป็น 10 อันดับแรกของประเทศไทย มีพื้นที่ดำเนินการประกอบด้วย จังหวัดเชียงราย ตากและเพชรบูรณ์ มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตตั้งแต่เดือนธันวาคม 2563 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2564 ดำเนินการสุ่มตัวอย่างแบบ snowball sampling เพื่อประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของกาแฟอาราบิก้าที่เป็นข้อเท็จจริง (Exploration research) ของผู้เกี่ยวข้องในกิจกรรมต่างๆในพื้นที่ดำเนินการ

2. ในพื้นที่ดำเนินการ มีเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว 2 วิธี คือ

กรมวิชาการเกษตร

2.1 การสัมภาษณ์เชิงลึก (In depth interview) ด้วยแบบสอบถามกับผู้ที่เกี่ยวข้องในกิจกรรม ประกอบด้วยเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ พ่อค้าผู้รวบรวม และผู้ประกอบการกาแฟหลายรูปแบบ ได้แก่ ร้านค้าส่ง ร้านค้าปลีก รีสอร์ทและโรงแรมที่พัก เป็นต้น ในพื้นที่จังหวัดเชียงราย จำนวน 10 ราย ตาก จำนวน 19 รายและ เพชรบูรณ์ จำนวน 26 ราย โดยสัมภาษณ์เกี่ยวกับขั้นตอนการผลิต การเก็บเกี่ยว กระบวนการแปรรูป การเก็บรักษา การคั่ว การกระจายผลผลิตและขนส่งสู่ผู้บริโภคกาแฟ โดยมีการสัมภาษณ์โดยตรงและผ่านแบบสัมภาษณ์ในรูปแบบ Google Form (https://forms.gle/Q6UNm9UswBnPWcS1A)

2.2 การชั่งตวงวัดจริงเพื่อประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวเชิงปริมาณ จำนวน 13 ตัวอย่าง โดยศึกษาและประเมินการสูญเสียของกาแฟอาราบิก้าในกิจกรรมตามการปฏิบัติของผู้ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การเก็บเกี่ยว

ผู้ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย เกษตรกรเจ้าของสวนกาแฟ และแรงงานเก็บเกี่ยวผลกาแฟ

เริ่มจากการตรวจพื้นที่แปลงตัวอย่าง เพื่อคัดเลือกแปลงที่มีต้นกาแฟที่ให้ผลผลิต สุ่มเลือกจุดสำรวจ (Sample Spot) โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างด้วยเทคนิคการเดินด้วย south west corner เริ่มจากการหันหน้าทางทิศเหนือและกางแขนขวา เดินนับก้าวเพื่อวัดขนาดของแปลงในแนวทิศเหนือและตะวันออก สุ่มแถวตามตาราง random number table จำนวน 3 แถว โดยในแต่ละแถว คัดเลือก นับจำนวนต้นกาแฟที่ให้ผลผลิต และทำคลัสเตอร์ๆ ละ 4 ต้น โดยคลัสเตอร์เป็นหน่วยขั้นสุ่มระดับเล็กสุด Ultimate sampling units (USUs)

กำหนดกรอบที่จะทำการเก็บเกี่ยว (Crop Cutting Frame) โดยในแต่ละแถว สุ่มคลัสเตอร์ที่จะดำเนินการเก็บเกี่ยว จำนวน 1 คลัสเตอร์ (จากการกำหนดกรอบที่จะทำการเก็บเกี่ยว Crop Cutting Frame สามารถทำได้ 2 กรรมวิธี คือการวัดระยะห่างต้นและแถว กับการใช้กรอบ (Frame) ขนาด 5 เมตร x 5 เมตร โดยในต้นกาแฟอาราบิก้า มีระยะปลูก 1.5 * 2 ตร.ม. โดยในพื้นที่ 1 เฟรม สามารถปลูกต้นกาแฟอาราบิก้า จำนวน 12 ต้น ดังนั้นใน 1 เฟรม จึงสามารถแบ่งเป็น 3 คลัสเตอร์ จะได้คลัสเตอร์ละ 4 ต้น)

เก็บเกี่ยวผลผลิตภายในกรอบ Sample Spot จากทั้ง 3 คลัสเตอร์ จากนั้นจึงทำการเก็บจากต้น ด้วยมือรูดเก็บจากช่อโดยเลือกเฉพาะผลกาแฟที่สุกและมีสีแดง และนำผลผลิตที่ได้ไปคัดแยกทำความสะอาดผลผลิต นำผลผลิต ที่เก็บจาก 12 ต้น ไปชั่งน้ำหนักที่ได้ทั้งหมด แล้วนำมาแยกสาเหตุการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว

กิจกรรมที่ 2 กระบวนการแปรรูป

ผู้ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย พ่อค้าผู้รวบรวม ผู้แปรรูปและแรงงานที่ปฏิบัติงานในกระบวนการแปรรูป

โดยแต่ละขั้นตอนในกระบวนการแปรรูป ทำการแยกสาเหตุความการสูญเสียออกเป็นการจัดการไม่เหมาะสม การโดนแมลง/ด้วงเจาะ โดยชั่งน้ำหนักความเสียหายที่เกิดขึ้นในแต่ละสาเหตุ รวมถึงบันทึกข้อมูลด้านอื่นๆ

ในกิจกรรมที่ 1 และ 2 มีการคำนวณการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว หน่วยเป็นร้อยละ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสูญเสีย/ความเสียหาย} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างกาแฟที่ได้รับความสูญเสีย} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างกาแฟทั้งหมด}}$$

กิจกรรมที่ 3 การเก็บรักษาและการผลิตเมล็ดกาแฟดิบ

ผู้ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย พ่อค้าผู้รวบรวม ผู้แปรรูปและผู้ประกอบการ ได้แก่ ร้านค้าปลีก ร้านค้าส่ง รีสอร์ทและโรงแรมที่พัก

สุ่มเก็บตัวอย่างกาแฟกะลาที่ผ่านการเก็บรักษานานมากกว่า 6 เดือนขึ้นไป เพื่อรอการคัดเปลือกนอกของเมล็ดกาแฟออก เรียกว่า “การสีกะลา” ออกจนได้สารกาแฟดิบที่พร้อมเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นกาแฟพร้อมบริโภคต่อไป โดยสุ่มเก็บจากโรงเก็บ จำนวน 3 กก. ต่อตัวอย่าง จำนวน 9 ตัวอย่างนำมาตรวจวัดความชื้น และความเสียหายทางกายภาพอื่นๆ เพื่อหาข้อบกพร่องหลักและเทียบชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่รอจัดจำหน่าย

กรมวิชาการเกษตร

การหาข้อบกพร่องหลักและเทียบชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟ

จากนั้นนำตัวอย่างมาสีกะลาเพื่อให้ได้สารกาแฟดิบ นำมาจำแนกข้อบกพร่องในเมล็ดกาแฟทางกายภาพ โดยวิธี Green grading coffee ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA) และเปรียบเทียบผลตามเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟอาราบิกา (มกษ. 5701-2561) โดยมีวิธีการ ดังนี้

ชั่งตัวอย่างเมล็ดกาแฟ จำนวน 350 กรัม ใส่ในถาดอะลูมิเนียม

เทเมล็ดกาแฟลงบนกระดาษขาว (A4) เพื่อคัดแยกเมล็ดที่มีข้อบกพร่องหลัก (Full defect) ได้แก่ เมล็ดดำ (Full Black) เมล็ดเปรี้ยว (Full Sour) ผลกาแฟแห้ง (Cherry/Pod) เมล็ดเชื้อรา (Fungus) เมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe Insect) และสิ่งแปลกปลอม (Foreign Matter) โดยการนับจำนวนเมล็ดที่พบซึ่งข้อบกพร่อง 1 เมล็ด เท่ากับ 1 คะแนน ยกเว้นข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 5 เมล็ด เท่ากับ 1 คะแนน กรณีที่พบข้อบกพร่องมากกว่าหนึ่งข้อในเมล็ดกาแฟให้นับเฉพาะข้อบกพร่องที่มีผลกระทบมากที่สุด โดยข้อบกพร่องทั้งหมดต้องไม่เป็นเศษส่วนหรือทศนิยม หากเป็นให้ทำการปัดเศษลง

นำข้อบกพร่องที่พบในแต่ละรายการไปชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาสัดส่วนโดยน้ำหนัก (ร้อยละ) เปรียบเทียบกับเกณฑ์ข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟอาราบิกา

การทดลองที่ 2. การประเมินการสูญเสียของพริกในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

1. กำหนดพื้นที่ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการสูญเสีย

จากข้อมูลพื้นที่การเพาะปลูกพริกขี้หนูเม็ดใหญ่ในประเทศไทยที่ให้ผลผลิต ใน 77 จังหวัด 262 อำเภอทั่วประเทศ และเมื่อคำนวณเป็นจำนวนตัวอย่างจากการสัมภาษณ์และตัวอย่างจากการตรวจวัดจริง ตาม FAO guideline

2. การสร้างแบบสัมภาษณ์

วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม

เป็นการประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์เกษตรกร และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว โดยมีการจัดทำแบบสอบถามเบื้องต้นเพื่อนำผลการใช้งานแบบสอบถามกลับมาปรับปรุงให้เหมาะสมมากขึ้น โดยจะสัมภาษณ์เกษตรกรเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถใช้ในการประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวในแต่ละขั้นตอนตามวิธีการปฏิบัติของเกษตรกรและผู้ประกอบการ นำผลที่ได้มาทำการประมาณค่าการสูญเสียผลผลิตในแต่ละขั้นตอน วิเคราะห์ สรุปผล และจัดทำแนวปฏิบัติในการสำรวจ

3. การเก็บตัวอย่างเพื่อประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว

ตรวจพื้นที่แปลงตัวอย่าง เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพและระยะเวลาที่พืชจะสามารถเก็บเกี่ยวได้ และกำหนดเวลาใน การจัดเก็บข้อมูล เลือกจุดสำรวจ (Sample Spot) กำหนดกรอบที่จะทำการเก็บเกี่ยว (Crop Cutting Frame) เก็บเกี่ยวผลผลิตภายในกรอบ ชั่งน้ำหนัก และนำผลผลิตที่ได้ไปคัดแยก ประมาณค่าการสูญเสียผลผลิตต่อไร่ วิเคราะห์ และสรุปผลการสำรวจ

นำผลที่ได้มาทำการประมาณค่าการสูญเสียผลผลิตในแต่ละขั้นตอน วิเคราะห์ สรุปผล และจัดทำแนวปฏิบัติ

การทดลองที่ 3 การประเมินการสูญเสียของมะเขือเทศในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

1. การเตรียมงานด้านวิชาการ

1.1.การเก็บรวบรวมข้อมูล

- พื้นที่ปลูกทั้งหมด

กรมวิชาการเกษตร

- แบบสอบถามเพื่อสัมภาษณ์เชิงลึก (In depth interview)

2. สุ่มเลือกจังหวัด ตำบล หมู่บ้าน และครัวเรือน เพื่อเป็นตัวแทนในการสุ่มตัวอย่างมะเขือเทศโรงงานตะวันออกเฉียงเหนือในการประเมินดัชนีการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวตามการสุ่มอย่างเป็นระบบ (Systematic Random Sampling) ตามหลักการของ FAO

3. จัดเก็บข้อมูลการสูญเสียผลผลิตในพื้นที่ตัวอย่าง

การประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว 2 วิธี

3.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม (การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ : Qualitative Analysis) โดยใช้แบบสอบถาม

3.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากการชั่ง ตวง วัด (การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ : Quantitative Analysis) เป็นการประเมินในแต่ละขั้นตอนแล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์จากจำนวนตัวอย่างเริ่มต้นในขั้นตอนการประเมิน

ทุกขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวในแปลงปลูกของเกษตร โดยคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียตามสูตรด้านบนนี้ พร้อมแยกสาเหตุการสูญเสียออกตามขั้นตอนการดำเนินงาน

ผลการวิจัย (Results)

โครงการที่ 12.1.1 การประเมินการสูญเสียของพืชไร่ ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทาน

ห่วงโซ่อุปทานของการผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทยมีผู้เกี่ยวข้องหลักคือ เกษตรกร ผู้รับจ้างเก็บเกี่ยวกะเทาะเปลือก ผู้รวบรวม และผู้ประกอบการแปรรูป เป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่สำคัญในกิจกรรมต่าง ๆ ในห่วงโซ่อุปทาน เกษตรกรมีพื้นที่เพาะปลูกต่อครัวเรือนน้อยกว่า 5 ไร่ วิธีการปลูกเป็นแบบดั้งเดิม อาศัยน้ำจากธรรมชาติเป็นหลัก และปลูกปริมาณมากในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางตอนบน สำหรับการสูญเสียของถั่วเหลือง (จากการตรวจวัดจริง) พบการสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวร้อยละ 9.7 (เก็บเกี่ยวด้วยมือร้อยละ 1.91 และรถเกี่ยวร้อยละ 17.67) ขั้นตอนกะเทาะเปลือก (นวด) ร้อยละ 6.38 ขั้นตอนหลังการตากและเก็บรักษาที่บ้านเกษตรกร ร้อยละ 7.79 การเก็บรักษาที่จุดรวบรวม ร้อยละ 5.63 และก่อนการแปรรูป ร้อยละ 4.63 อย่างไรก็ตามขั้นตอนการเก็บเกี่ยวไม่มีผลทางสถิติต่อปริมาณโปรตีนและไขมันในเมล็ดถั่วเหลือง จากข้อมูลสามารถสรุปได้ว่าการเก็บเกี่ยว (ด้วยรถเกี่ยว) เป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดการสูญเสียมากที่สุดในห่วงโซ่อุปทาน ตามด้วยการกะเทาะเปลือกและการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดการสูญเสียถั่วเหลืองในประเทศไทย

การประเมินการสูญเสียของข้าวโพดในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน เป็นการดำเนินงานเพื่อให้ทราบถึงบริบทของอุตสาหกรรม ความเข้าใจในห่วงโซ่อุปทาน ตลอดจนความสัมพันธ์ในกิจกรรมต่างๆ (activity) และผู้เกี่ยวข้อง (actor) ทั้งหมด นอกจากนี้ มีการจำแนกถึงปัจจัยผลักดันที่ก่อให้เกิดความสูญเสียอาหารของข้าวโพด (การผลิต กระบวนการเก็บเกี่ยว กระบวนการขนส่งจากแปลงไปยังโรงรับซื้อกระบวนการรวบรวมผลผลิตและเก็บรักษา) การจำแนกจุดวิกฤติ (critical point) ที่ก่อให้เกิดการสูญเสีย ที่พบว่าขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา พบการสูญเสียสูงถึงร้อยละ 3.89 และ 2.25 ตามลำดับ รวมทั้งการจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสู่การลดการสูญเสียอาหารในข้าวโพดตลอดห่วงโซ่อุปทานต่อไป

จากการทดสอบการสร้างสมการประเมินความสูญเสียของข้าวสารและข้าวเปลือก จากค่าความสูญเสีย (Y) 2 ตัว คือ ปริมาณเมล็ดเสีย และน้ำหนักเมล็ดสูญเสีย กับตัวแปรอื่น 5 ตัวแปร ได้แก่ 1) ระยะเวลาการเก็บรักษา (X_1), 2) ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเก็บ (X_2), 3) ค่าความชื้นเฉลี่ยภายในโรงเก็บ (X_3), 4) ระดับความชื้นเมล็ดข้าวตัวอย่าง (X_4), และ 5) ปริมาณแมลงศัตรูเฉลี่ย (X_5) ทำให้ได้สมการการประเมินทั้งหมด 4 สมการ และสามารถคัดเลือกสมการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการประเมินการสูญเสียข้าวสารและข้าวเปลือก ดังนี้

- สมการประเมินเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ

$\hat{Y}$ = -1.564 + .561$^{**}X_1$ + .091$^{**}X_5$

Y = เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวสารเสียจากการเข้าทำลายของแมลงเฉลี่ย

X_1 = ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_5 = ปริมาณแมลงศัตรูสำคัญของข้าวสารเฉลี่ย (ตัวต่อตัวอย่างข้าว 250 กรัม)

- สมการประเมินเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียของข้าวเปลือกจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ

$\hat{Y}$ = 51.607 + 1.333$^{**}X_1$ – 1.706$^{**}X_2$

Y = เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวเปลือกเสียจากการเข้าทำลายของแมลงเฉลี่ย

X_1 = ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_2 คือ ระดับอุณหภูมิภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (°C)

โดยทั้ง 2 สมการมีค่า R^2 เท่ากับ 91 และ 75% และมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.6 และ 12.0 ตามลำดับ

โครงการที่ 12.1.2 การประเมินการสูญเสียของพืชสวนในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทาน

การประเมินการสูญเสียของผลผลิตพืชสวนในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทานในพืช 3 ชนิด ได้แก่ กาแฟอาราบิก้า พริก และมะเขือเทศโรงงาน พบว่า

ในกระบวนผลิตกาแฟพบว่า ความเสี่ยงที่เป็นจุดวิกฤตที่สำคัญคือ การสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลงร้อยละ 11.57 จากมอดเจาะ ส่งผลให้หลุดร่วงก่อนกำหนด และในขั้นตอนการเก็บรักษาร้อยละ 2.5 ซึ่งส่งผลต่อการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบ ดังนั้นแนวทางป้องกันด้วยการทำความสะอาดแปลงและทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของมอดเจาะผลกาแฟ และการจัดการสภาพการเก็บรักษาที่เหมาะสม โดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 55-60 %RH และอุณหภูมิไม่เกิน 28 °C จะสามารถป้องกันการสูญเสียผลผลิตและรักษาคุณภาพกาแฟให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ผลการประเมินการสูญเสียที่พบในผลผลิตพริก พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นรายย่อย มีการจ้างแรงงานในการเก็บเกี่ยวเป็นหลัก เกษตรกรมีการคัดเลือกเก็บเฉพาะพริกที่ดีจากแปลง มีการสูญเสียร้อยละ 10 มีสาเหตุจากผลช้ำ/แตก/ ฉีกขาด ขั้วผลหลุด และผลหงิกงอ การซื้อขายมักเป็นการซื้อโดยไม่แยกเกรดเกษตรกรขาดแรงจูงใจในการคัดแยกผลผลิตก่อนขาย การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวพบร้อยละ 10 มีสาเหตุจากโรคและแมลงเข้าทำลายเป็นหลัก ขณะที่ข้อมูลจากการตรวจวัดจริงพบว่ามีการสูญเสียสาเหตุจากโรคและแมลง (ร้อยละ 1.3 และ 2.9 ตามลำดับ) ส่วนการสูญเสียจากผลหงิกงอพบมากกว่า (ร้อยละ 7.0) อาจเป็นผลจากในการตรวจวัดจริงมีการคัดแยกผลผลิต จึงพบการเข้าทำลายของโรค-แมลงน้อยลง ส่วนการสูญเสียในขั้นตอนการค้าส่งพริกขี้หนูแดงมีการสูญเสียรวมร้อยละ 16.2 ขณะที่พริกขี้หนูเขียวมีการสูญเสียรวม ร้อยละ 41.1 โดยพบว่ามีการปะปนของพริกแดงมากที่สุดและมีการฉีกหักและโรคเข้าทำลายมากกว่าพริกแดง (ร้อยละ 12.6, 8.2 และ 11.6 ตามลำดับ) อาจเป็นผลจากขั้นตอนการเก็บรักษาและขนส่งพริกไม่มีการใช้ห้องเย็น

การประเมินการสูญเสียของมะเขือเทศโรงงานพบว่าการสูญเสียมะเขือเทศในแปลงปลูก พบว่าโรคเข้าทำลายร้อยละ 46 สาเหตุหลักจากโรคพืชเข้าทำลาย ขณะที่ การสูญเสียจากขั้นตอนการรวบรวม/รับซื้อผลผลิต พบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่ไม่มีการเก็บรักษาผลมะเขือเทศ พบว่ามีการสูญเสียร้อยละ 1 สาเหตุจากผลเน่าเละแตก มีแผลจากโรค และหนอนเข้าทำลาย ในกลุ่มที่มีการเก็บรักษาเกิน 3 วันจะสูญเสียร้อยละ 83.3 สาเหตุเนื่องจากผลสุกแก่เกินกำหนด ทำให้เน่า ช้ำ แตก เละ จากเชื้อโรคเข้าทำลาย และที่โรงงาน มะเขือเทศมีการ

กรมวิชาการเกษตร

สูญเสียร้อยละ 3 จากการคัดคุณภาพ เมื่อคำนวณ เป็นมูลค่าการสูญเสีย ผลผลิตมะเขือเทศ 10,467 กก./ไร่ สูญเสียผลิผลิตเฉลี่ย 369.18 กก./ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.15 มีราคาผลผลิต 1.5-3.00 บาท คิดเป็นมูลค่าการสูญเสียเชิงปริมาณ 2,500-3,000 บาท/ตัน มีสาเหตุจากการเพาะปลูกประมาณ 951.25-1,141.50 บาท และการเก็บเกี่ยวและการขนส่งประมาณ 1,562.50- 1,875 บาท

อภิปรายผล (Discussion)

โครงการที่ 12.1.1 การประเมินการสูญเสียของพืชไร่ ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทาน

- การสูญเสียของถั่วเหลืองในประเทศไทยจากการตรวจวัดจริง พบการสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวร้อยละ 9.7 โดยการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยว เป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดการสูญเสียมากที่สุดในห่วงโซ่อุปทาน ตามด้วยการกะเทาะเปลือกและการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดการสูญเสียถั่วเหลืองในประเทศไทย

- การสูญเสียของข้าวโพด พบว่าขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา พบการสูญเสียสูงถึง 3.89 และ 2.25% ดังนั้นต้องมีการจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสูงการลดการสูญเสียอาหารในข้าวโพดตลอดห่วงโซ่อุปทานต่อไป

- สมการประเมินความสูญเสียของข้าวสารและข้าวเปลือกโดยทั้ง 2 สมการมีค่า R^2 เท่ากับ 91 และ 75% และมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.6 และ 12.0 ตามลำดับ สามารถนำมาใช้ในการประเมินความสูญเสียของข้าวสารและข้าวเปลือกที่เกิดจากแมลงเข้าทำลายได้ในอนาคต

โครงการที่ 12.1.2 การประเมินการสูญเสียของพืชสวนในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทาน

ในกระบวนผลิตกาแฟพบว่า ความเสี่ยงที่เป็นจุดวิกฤตที่สำคัญคือ การสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลงและในขั้นตอนการเก็บรักษา ดังนั้นแนวทางป้องกันด้วยการทำความสะอาดแปลงและทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของมอดเจาะผลกาแฟ และการจัดการสภาพการเก็บรักษาที่เหมาะสม การประเมินการสูญเสียที่พบในผลผลิตพริก พบว่าการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวมีสาเหตุจากโรคและแมลงเข้าทำลายเป็นหลัก ส่วนการสูญเสียในขั้นตอนการค้าส่งพบว่ามีการฉีกหักและโรคเข้าทำลายเนื่องจากขั้นตอนการเก็บรักษาและขนส่งพริกไม่มีการใช้ห้องเย็น การสูญเสียของมะเขือเทศโรงงานพบว่าการเก็บรักษาเกิน 3 วันจะมีสูญเสียมากที่สุด เนื่องจากผลสุกแก่เกินกำหนด ทำให้เน่า ช้ำ แตก เละ จากเชื้อโรคเข้าทำลาย ป้องกันได้ด้วยการจัดการแผนการเก็บเกี่ยวและระบบการเก็บรักษาและการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ จากผลการดำเนินงานโครงการแสดงให้เห็นว่า การดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตพืชสวน ตั้งแต่การเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่ง จนกระทั่งผลผลิตถึงมือผู้บริโภค รวมถึงปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ต้องมีการจัดการที่เหมาะสมเนื่องจากมีความสำคัญต่อการเกิดการการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและเชิงคุณภาพของผลิตผล ด้วยเหตุที่ผลิตผลพืชสวนมีลักษณะที่เสื่อมสภาพได้ง่าย ทั้งจากความเสื่อมสภาพจากกระบวนการทางสรีรวิทยาของผลิตผลเอง ซึ่งต้องควบคุมปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อพัฒนาการทางสรีรวิทยาของผลิตผลและระยะพัฒนาการของผลิตผล รวมทั้งทางการควบคุมปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียทางกล ที่ทำให้ผลิตผลเกิดการหัก ฉีกขาด หรือช้ำ โดยการจัดการกระบวนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวให้เหมาะสม หลีกเลี่ยงการปฏิบัติที่รุนแรง นอกจากนี้ การสูญเสียที่เกิดจากโรค-แมลงปนเปื้อนหรือเข้าทำลาย สามารถควบคุมได้โดยการจัดการศัตรูพืชที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความปลอดภัยทั้งผู้ปฏิบัติและผู้บริโภค

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

ผลการศึกษาการประเมินการสูญเสียของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน ในกลุ่มพืชไร่และพืชสวน พบว่าการประเมินการสูญเสียของผลผลิตพืชไร่ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทานในพืช 2 ชนิด คือ ถั่วเหลือง และข้าวโพด พบว่าพบว่าเกษตรกรเป็นกลุ่มหลักในห่วงโซ่อุปทานถั่วเหลือง โดยมีผู้รับจ้างเก็บเกี่ยวและนวด ผู้รวบรวม และผู้ประกอบการซื้อ-ขายถั่วเหลืองร่วมดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในแต่ละขั้นตอนในห่วงโซ่อุปทาน เกษตรกรมีพื้นที่เพาะปลูกต่อครัวเรือนน้อยกว่า 5 ไร่ วิธีการปลูกเป็นแบบดั้งเดิม อาศัยน้ำจากธรรมชาติเป็นหลัก และปลูกปริมาณมากในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางตอนบน สำหรับการสูญเสียของถั่วเหลือง (จากการตรวจวัดจริง) พบการสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวร้อยละ 9.7 (เก็บเกี่ยวด้วยมือ ร้อยละ 1.91 และรถเกี่ยวร้อยละ 17.67) ขั้นตอนกะเทาะเปลือก (นวด) ร้อยละ 6.38 ขั้นตอนหลังการตากและเก็บรักษาที่บ้านเกษตรกร ร้อยละ 7.79 การเก็บรักษาที่จุดรวบรวม ร้อยละ 5.63 และก่อนการแปรรูป ร้อยละ 4.63 จากข้อมูลสามารถสรุปได้ว่าการเก็บเกี่ยว (ด้วยรถเกี่ยว) เป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดการสูญเสียมากที่สุดในห่วงโซ่อุปทาน ตามด้วยการกะเทาะเปลือกและการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดการสูญเสียถั่วเหลือง

การประเมินการสูญเสียของข้าวโพดในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน พบจุดวิกฤติที่ก่อให้เกิดการสูญเสีย ที่พบว่าขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา พบการสูญเสียสูงถึงร้อยละ 3.89 และ 2.25 ตามลำดับ รวมทั้งการจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสู่งการลดการสูญเสียอาหารในข้าวโพดตลอดห่วงโซ่อุปทานต่อไป

ส่วนการประเมินความสูญเสียของข้าวจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บด้วยสมการประเมินความสูญเสีย ผลการศึกษาได้สมการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการประเมินการสูญเสียข้าวสารและข้าวเปลือก ดังนี้

- สมการประเมินเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ

$\hat{Y} = -1.564 + .561^{**}X_1 + .091^{**}X_5$

Y = เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวสารเสียจากการเข้าทำลายของแมลงเฉลี่ย

X_1 = ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_5 = ปริมาณแมลงศัตรูสำคัญของข้าวสารเฉลี่ย (ตัวต่อตัวอย่างข้าว 250 กรัม)

มี R^2 เท่ากับ 91% ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.6 แสดงว่าตัวแปร X สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมล็ดเสีย (Y1) ได้ 91% และถ้าระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น 1 เดือนโดยปริมาณแมลงคงที่จะทำให้มีปริมาณเมล็ดเสียเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.561 และถ้าหากมีแมลงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1 ตัวในตัวอย่างข้าวสาร 250 กรัมโดยที่ระยะเวลาการเก็บรักษาคงที่จะเกิดความเสียหายต่อเมล็ดข้าวสารเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.091 ดังนั้นหากไม่ต้องการให้มีปริมาณเมล็ดเสียเพิ่มมากขึ้นควรต้องทำการควบคุมปริมาณแมลงให้ดี

- สมการประเมินเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียของข้าวเปลือกจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ

$\hat{Y} = 51.607 + 1.333^{**}X_1 - 1.706^{**}X_2$

Y = เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวเปลือกเสียจากการเข้าทำลายของแมลงเฉลี่ย

X_1 = ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_2 คือ ระดับอุณหภูมิภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (^{o}C)

ค่า R^2 เท่ากับ 75% และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 12.0 สมการที่ได้สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมล็ดเสีย (Y) ได้ 75% และถ้าระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น 1 เดือนโดยปริมาณอุณหภูมิใน

ศรีวิชัยการเกษตร

โรงเก็บคงที่จะทำให้มีปริมาณเมล็ดเสียเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.333 ดังนั้นหากต้องการลดความสูญเสียในข้าวสารและข้าวเปลือกให้น้อยลงจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาปรับใช้ในการวางแผนการจัดการเก็บรักษาข้าว นอกจากนั้นสมการยังสามารถนำมาทำนายผลความเสียหายของข้าวหากมีการเก็บรักษาในระยะยาวได้

สำหรับการประเมินการสูญเสียของผลผลิตพืชสวนในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทานในพืช 3 ชนิด ได้แก่ กาแฟอาราบิก้าพบว่า ความเสี่ยงที่เป็นจุดวิกฤตที่สำคัญคือ การสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ผลผลิตในแปลงจากมอดเจาะ มีแนวทางการป้องกันด้วยการทำความสะอาดแปลงและทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของมอดเจาะผลกาแฟ และการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบ ในขั้นตอนการเก็บรักษา ป้องกันด้วยการจัดการสภาพการเก็บรักษาโดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 55-60 %RH และอุณหภูมิไม่เกิน 28 ºC ในผลิตผลพริกขี้หนูพบว่าการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวมีสาเหตุหลักจากโรคและแมลง เนื่องจากการซื้อขายมักเป็นการซื้อโดยไม่แยกเกรด เกษตรกรขาดแรงจูงใจในการคัดแยกผลผลิตก่อนขาย ส่วนการสูญเสียในขั้นตอนการค้าส่งพริกขี้หนูเขียวมีการสูญเสียรวม ร้อยละ 41.1 โดยพบว่ามีการปะปนของพริกแดงมากที่สุดและมีการฉีกหักและโรคเข้าทำลายมากกว่าพริกขี้หนูแดง อาจเป็นผลจากขั้นตอนการเก็บรักษาและขนส่งพริกไม่มีการใช้ห้องเย็น และในผลิตผลมะเขือเทศโรงงาน พบว่ามะเขือเทศมีการสูญเสียในแปลงปลูกค่อนข้างสูง สาเหตุหลักจากโรคพืชเข้าทำลาย ส่วนในขั้นตอนการรวบรวม/รับซื้อผลผลิตการสูญเสียจะเกิดสูงมากในผลิตผลที่มีการเก็บรักษาเกิน 3 วันก่อนส่งโรงงาน การป้องกันได้ด้วยการจัดการแผนการเก็บเกี่ยวและระบบการเก็บรักษาและการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ

จากผลการดำเนินงานของแผนงานย่อยแสดงให้เห็นว่าทั้งในพืชไร่และพืชสวนการดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่การเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่ง จนกระทั่งผลผลิตถึงมือผู้บริโภค รวมถึงปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง มีผลต่อผลผลิตที่ได้จึงต้องมีการจัดการที่เหมาะสมเนื่องจากมีความสำคัญต่อการเกิดการการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและเชิงคุณภาพของผลิตผล โดยสาเหตุที่ก่อให้เกิดความสูญเสียในพืชไร่และพืชสวนอาจแตกต่างกัน ด้วยลักษณะที่แตกต่างกันของผลผลิต โดยผลพืชไร่มีสรีระที่แข็งแรงกว่า มีการเก็บรักษาเพื่อรอการบริโภคที่ยาวนานกว่า พบว่าปัจจัยหลักของความสูญเสียในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวจึงเกิดจากเครื่องมือเกี่ยว เครื่องมือกะเทาะ และวิธีการเก็บรักษา การหาแนวทางเพื่อลดความสูญเสียในพืชไร่จึงควรมุ่งหาเทคโนโลยีหรือเครื่องมือเก็บเกี่ยว และเครื่องมืออื่นที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมกับชนิดพืช และหาเทคโนโลยีการเก็บรักษาที่เหมาะสมกับชนิดผลผลิต ส่วนผลผลิตพืชสวนมีลักษณะที่เสื่อมสภาพได้ง่าย ทั้งจากความเสื่อมสภาพจากกระบวนการทางสรีรวิทยาของผลิตผลเอง ซึ่งต้องควบคุมปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อพัฒนาการทางสรีรวิทยาของผลิตผลและระยะพัฒนาการของผลิตผล รวมทั้งทางการควบคุมปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียทางกล ที่ทำให้ผลิตผลเกิดการหัก ฉีกขาด หรือช้ำ โดยการจัดการกระบวนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวให้เหมาะสม หลีกเลี่ยงการปฏิบัติที่รุนแรง นอกจากนี้ การสูญเสียที่เกิดจากโรค-แมลงปนเปื้อนหรือเข้าทำลาย สามารถควบคุมได้โดยการจัดการศัตรูพืชที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความปลอดภัยทั้งผู้ปฏิบัติและผู้บริโภค

กรมวิชาการเกษตร

แผนงานวิจัยย่อยที่ 2

การลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร

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

ชื่อผู้วิจัย (คณะผู้วิจัย)

ภาณุมาศ โคตรพงศ์ (หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย)

Panumas Kotepong

คมจันทร์ สรงจันทร์	บุญญวดี จิระวุฒิ	ดวงสมร สุทธิสุทธิ์
Komchan Songchan	Boonyawadee Chirawut	Duangsamorn Suthisut
ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์	ศุภรา อัคคะสาระกุล	สุพี วนศิรากุล
Sirakan Srithanyarat	Suppara Akkasarakul	Su-phi Wanasirakul
รังสิมา เก่งการพานิช	เนตรา สมบูรณ์แก้ว	ปรางค์ทอง กวานห้อง
Rungsima Kengkanpanich	Nettra Somboonkaew	Prangthong Kwanhong
ใจทิพย์ อุไรชื่น	ภาวินี หนูชนะภัย	วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร
Jaitip Uraichuen	Pawinee Noochanapai	Wimonwan Wattanawichit
งามพิศ สุดเสน่ห์	รัตตา สุทธยาคม	วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย
Ngampis Sudsane	Ratta suttayakom	Weeraporn Dejnumbunchachai
อัจฉราพร ศรีจุดานุ	ศรุตา สิทธิไชยากุล	ชมัยพร บัวมาศ
Atcharaporn Srijudanu	Saruta Sitthichaiyakul	Chamaiporm Buamas
ปาริชาติ อยู่แพทย์	พณัญญา พบสุข	รัตนาพร พงษ์มี
Parichart Yoopaet	Pananya Pobsuk	Rattanaphorn Pongmee
จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม	ปิยรัตน์ รุจิณรงค์	เสาวลักษณ์ กิตติธนวัตร
Charuwan Rattanasakultham	Piyarat Ruchinarong	Saovalak Kittithanawat
มัทนา วานิชย์	ทิวาพร ผดุง	และ สโรชา ถึงสุข
Mattana Wanitch	Thiwaporn Phadung	And Sarochar Thungsuk

กรมวิชาการเกษตร

คำสำคัญ (Key words)

Quantity, Quality, packaging, corncob, biochar, ethylene, micro perforated film, ochratoxin A, essential oil, plant extracts

บทคัดย่อ

การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวเนื่องจากการเสื่อมคุณภาพ การเข้าลายของโรค และแมลงศัตรูพืชสร้างความเสียหายให้แก่เกษตรกร และผู้ประกอบการ การนำเทคโนโลยีการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเป็นนวัตกรรมในการลดการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร

ของผลิตผล 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 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน. การเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนด้วยการใส่ถาดพลาสติกหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน สามารถรักษาความสด และชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ การเก็บรักษาเงาะด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน หรือบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน . การบรรจุมังคุดบนถาดหุ้มด้วยฟิล์ม PVC หรือบรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000 – 20,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน การเคลือบผิวส้มโอด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 % การบรรจุส้มโอเคลือบผิวในกล่องกระดาษลูกฟูกหรือกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP OTR 12,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน การบรรจุมังคุด 8 กก. ในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP OTR 12,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน กล่องกระดาษลูกฟูก และกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP สามารถชะลอการสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ โครงการวิจัยที่ 2 การลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว วัตถุประสงค์เพื่อควบคุมโรคและและพัฒนาชุดตรวจสอบโอคราทอกซิน เอ ในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว โดยนำผลพริกจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 ºC นาน 3 นาที บรรจุในถาดพลาสติก PP หุ้มด้วยฟิล์ม PE หรือจุ่มต่อใน $CaCl_2$ 1.5 % บรรจุในถุงพลาสติก PP เก็บที่อุณหภูมิ 10 ºC 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 และมอดแป้ง ในข้าวสาร 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 โดยการให้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง การจุ่มน้ำร้อน การใช้สารดูดซับเอทิลีนในระหว่างการขนส่ง สามารถลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านวิธีการฉายรังสีได้

กรมวิชาการเกษตร

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 ºC 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. 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.

สงวนลิขสิทธิ์

บทนำ (Introduction)

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

วัตถุประสงค์

1 พัฒนาเทคโนโลยีการยืดอายุและบรรจุภัณฑ์ผลิตผลเกษตรเพื่อการส่งออก

2 เพื่อควบคุมโรคและและพัฒนาชุดตรวจสอบโอคราทอกซิน เอ ในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว

กรมวิชาการเกษตร

3 เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการใช้สารฆ่าแมลง สารรมและ การใช้น้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากพืช

4 เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตรจากมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสี

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 การจัดการอุณหภูมิที่เหมาะสมและการใช้สารดูดซับเอทิลีน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีการลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตรที่ผ่านการฉายรังสีเพื่อการส่งออก

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

แผนงานย่อยที่ 12.2 การลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร

ศึกษาเทคโนโลยีการจัดการคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลเกษตรที่มีประสิทธิภาพในการลดความสูญเสียตลอดขบวนการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการค้าภายในประเทศและการส่งออก มี 4 โครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 12.2.1 การลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้สด

กรมวิชาการเกษตร

มี 6 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษากล้วยหอม

1. นำกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวและผลกลุ่ม ในระยะผิวสีเหลืองปนสีเขียว (สีเหลืองมากกว่าสีเขียว) ล้างทำความสะอาด และบ่มด้วยก๊าซเอทิลีน บรรจุลงถุงที่มีรูระบายอากาศ การทดลองย่อยที่ 1 บรรจุกล้วยหอมจำนวน 1 ผลต่อถุง และการทดลองย่อยที่ 2 บรรจุกล้วยหอมจำนวน 3 ผลต่อถุง การทดลองแบ่งออกเป็น 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 °C 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 กก. 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 กก. และกรรมวิธีที่ใช้ถุงบรรจุภัณฑ์ MAP กระทำโดยนำผลมังคุดบรรจุลงในถุงบรรจุภัณฑ์ Active Packaging จากนั้น นำถุงมังคุดบรรจุลงในตะกร้าที่เตรียมไว้

2. เก็บรักษามังคุดที่อุณหภูมิ 13 °C นาน 28 วัน เพื่อจำลองการเก็บรักษาในระหว่างการขนส่ง

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

การทดลองที่ 3 การใช้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว

1. เก็บเกี่ยวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง จากแปลง GAP ที่ระยะสุกแก่ 85 % โดยเก็บมะม่วงที่ไม่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน และได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน ที่อายุผล 30, 45 และ 60 วันหลังดอกบาน มาทำการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 กรรมวิธีๆ 4 ซ้ำๆ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน (กรรมวิธีควบคุม)

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

กรมวิชาการเกษตร

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

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

การทดลองที่ 4 ศึกษารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพผักเพื่อการส่งออก

1. คัดเลือกผัดสลัดบัตเตอร์เฮดและคอส และข้าวโพดฝักอ่อนที่มีความสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิและความเสียหายจากโรคและแมลง

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

ผักสลัด mix (ผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอส)

นำผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอสมาตัดราก และเด็ดใบล่างทิ้ง จากนั้นคัดเลือกต้นที่สมบูรณ์ ไม่มีรอยช้ำ ใบไม่ฉีกขาด และมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน แล้วบรรจุผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอสน้ำหนักประมาณ 200 กรัม ในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี

Main plot คือ วิธีการบรรจุ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถุงฟิล์ม OPP ไม่เจาะรู (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

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

ข้าวโพดฝักอ่อน

นำข้าวโพดฝักอ่อนมาปอกเปลือก รูดเส้นไหมออกให้หมด จากนั้นคัดเลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่มีขนาดใกล้เคียงกัน บรรจุตามกรรมวิธี น้ำหนักบรรจุประมาณ 100 กรัม

Main plot คือ วิธีการบรรจุ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถาดพลาสติกหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถาดพลาสติกหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

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

กรมวิชาการเกษตร

3. นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ºC 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

เงาะ

Main plot คือ วิธีการบรรจุ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

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

มังคุด

Main plot คือ วิธีการบรรจุ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถาดกระดาษแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถาดกระดาษแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถาดกระดาษแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

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

3. นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ºC สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพทุก 3 หรือ 5 วัน

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

การทดลองที่ 6 การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพผลไม้ที่ผ่านการเคลือบผิว

แบ่งเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

1. การศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก

1.1 เตรียมส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง โดยใช้ส้มโอจากจังหวัดนครปฐม นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.02 % 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 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

กรรมวิธีที่ 3 ส้มโอเคลือบผิวด้วยคาร์นูบา ความเข้มข้น 20 % บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

กรรมวิธีที่ 4 ส้มโอเคลือบผิวด้วยคาร์นูบา ความเข้มข้น 20 % บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

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

1.3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ºC ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 % RH นำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 7 วัน แล้วสุ่มมาวางต่อที่อุณหภูมิ 25 ºC 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 % จากนั้นผึ่งให้แห้ง

2.2 เตรียมสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาความเข้มข้น 15 % ผสมกับเชลแลค ความเข้มข้น 10 % อัตราส่วน 8:2 จากนั้นนำมาเคลือบผิวมังคุดแล้วผึ่งให้แห้ง แล้วบรรจุมังคุดในถุงตาข่ายขนาดบรรจุ 1 กก.

2.3 นำมังคุดบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ เพื่อการขนส่ง ขนาดบรรจุ 8 กก. 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 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน

Sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 7 10 และ 14 วัน

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

กรมวิชาการเกษตร

2.5 วิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดคุณภาพดีที่สามารถรับประทานได้ เปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อแก้วและยางไหล และประเมินความชอบโดยรวม

โครงการวิจัยที่ 12.2.2 การลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีปลอดภัย

มี 3 การทดลอง ใน 2 กิจกรรม

กิจกรรมที่ 1 การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวโดยผสมผสานวิธีการ

การทดลองที่ 1.1 วิธีการยืดอายุการเก็บรักษาพริกขี้หนูสดเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อราและโรคแอนแทรคโนส

1.แยกเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกขี้หนูแดง

นำผลพริกขี้หนูแดงที่แสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส มาแยกเชื้อราสาเหตุ ด้วยวิธี tissue transplanting นำมาแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ เก็บเชื้อบริสุทธิ์ไว้ใน slant agar เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

2. ทดสอบวิธีการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกขี้หนูสด

พริกขี้หนูแดงพันธุ์จินดาที่สมบูรณ์ ปลูกเชื้อรา *Colletotrichum capsici* คลุมด้วยถุงพลาสติกที่พ่นด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำผลพริกมาทดสอบกับกรรมวิธีต่างๆ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่จุ่มน้ำ และสารเคมีโพคลอราช 100 มก./ลิตร บรรจุผลพริกในถาดพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) หุ้มด้วยฟิลม์พลาสติกโพลิเอธิลีน (PE) เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ºC เป็นเวลา 14 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) เปรียบเทียบ 6 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำๆ ละ 10 ผล

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)

<u>บันทึกข้อมูล</u> ความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนส (ซม.) โดยวัดขนาดของแผลที่มีการเข้าทำลายของเชื้อรา และการเกิดโรคแอนแทรคโนส (%)

3. ทดสอบวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาร่วมกับวิธีการควบคุมโรคแอนแทรคโนสและลดการปนเปื้อนเชื้อราบนผลพริกขี้หนูสด

3.1 ศึกษาผลของวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาร่วมกับวิธีการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการปนเปื้อนของเชื้อราบนผลพริกขี้หนูหลังการเก็บเกี่ยว

คัดเลือกผลพริกขี้หนูแดงพันธุ์จินดาสมบูรณ์ นำมาทดสอบวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาที่มีประสิทธิภาพ (จากงานวิจัยปี 2563 เรื่อง เทคโนโลยีการยืดอายุพริกขี้หนูสดให้ปลอดจากการปนเปื้อนของเชื้อราเพื่อการส่งออก) และการควบคุมโรคแอนแทรคโนสและลดการปนเปื้อนเชื้อรา (จากข้อ 2) เปรียบเทียบกับผลพริกขี้หนูจุ่มน้ำ เป็นเวลา 3 นาที และผลพริกที่จุ่มสารเคมีโพรคลอราช 100 มก./ลิตร เป็นเวลา 3 นาที ผึ่งผลพริกให้แห้ง กรรมวิธีที่ 1-4 บรรจุในถาดพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) หุ้มด้วยฟิลม์

กรมวิชาการเกษตร

พลาสติกโพลิเอธิลีน (PE) และกรรมวิธีที่ 5 บรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 ºC เป็นเวลา 28 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) เปรียบเทียบ 5 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำๆ ละ 25 ผล

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม (น้ำ เป็นเวลา 3 นาที)

กรรมวิธีที่ 2 โพคลอราช 100 มก./ลิตร เป็นเวลา 3 นาที

กรรมวิธีที่ 3 น้ำร้อน 52 ºC เป็นเวลา 3 นาที

กรรมวิธีที่ 4 น้ำร้อน 52 ºC เป็นเวลา 3 นาที ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 % เป็นเวลา 3 นาที

กรรมวิธีที่ 5 น้ำร้อน 52 ºC เป็นเวลา 3 นาที ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 % เป็นเวลา 3 นาที บรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP)

<u>บันทึกข้อมูล</u> วันที่ 7 14 21 และ 28 ของการเก็บรักษา

1. จำนวนผลพริกที่มีเชื้อราที่ก้านผล (%)
2. คุณภาพของผลพริกขี้หนูหลังการเก็บรักษา
   - การสูญเสียน้ำหนัก
   - ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)
   - การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลพริก ด้วยเครื่องวัดสี

3.2 ศึกษาผลของวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาร่วมกับวิธีการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกต่อการควบคุมโรคแอนแทรคโนส

คัดเลือกผลพริกขี้หนูแดงพันธุ์จินดาที่สมบูรณ์ ปลูกเชื้อรา *Colletotrichum capsici* โดยวิธีการทำแผล นำมาทดสอบกับกรรมวิธีต่างๆ เช่นเดียวกับข้อ 3.1 ผึ่งผลพริกให้แห้ง กรรมวิธีที่ 1-4 บรรจุในถาดพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) หุ้มด้วยฟิลม์พลาสติกโพลิเอธิลีน (PE) ส่วนกรรมวิธีที่ 5 บรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 ºC เป็นเวลา 28 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) เปรียบเทียบ 5 กรรมวิธี เช่นเดียวกับข้อ 3.1 จำนวน 5 ซ้ำๆ ละ 10 ผล

<u>บันทึกข้อมูล</u> วันที่ 14 21 และ 28 ของการเก็บรักษา

ความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนส (%) โดยวัดขนาดของแผลที่มีการเข้าทำลายของเชื้อรา และการเกิดโรคแอนแทรคโนส (%) โดยนับจำนวนผลที่เป็นโรค

การทดลองที่ 1.2 ศึกษาผลของสารกลุ่มปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อนในการควบคุมโรคผลเน่าของส้มจากเชื้อรา *Penicillium digitatum*

1. แยกเชื้อและจำแนกชนิดของเชื้อสาเหตุโรคผลเน่าของส้ม

เก็บตัวอย่างผลส้มที่เน่าเสียหลังเก็บเกี่ยวมาแยกเชื้อราสาเหตุโรค ด้วยวิธี tissue transplanting method จำแนกชนิดและสายพันธุ์ของเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของส้ม เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2. ทดสอบประสิทธิภาพการใช้สารกลุ่มปลอดภัย ในการควบคุมโรคผลเน่าบนผลส้ม

คัดเลือกส้มสายน้ำผึ้ง ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า ผึ่งให้แห้ง ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง นำผลส้มจุ่มในสารกลุ่มปลอดภัย เป็นเวลา 5 นาที ผึ่งให้แห้ง เรียงใส่ตะกร้าพลาสติก เก็บที่อุณหภูมิ 20 °C 14 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design: CRD) เปรียบเทียบ 9 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำๆละ 12 ผล

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม (น้ำเปล่า)

กรมวิชาการเกษตร

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%

<u>บันทึกข้อมูล</u>

1) การเกิดโรค (%)

2) ความรุนแรงของโรค

คัดเลือกชนิดและความเข้มข้นของสารกลุ่มปลอดภัย ที่ประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Penicillium digitatum* ได้ดี เพื่อนำมาทดสอบในการทดลองขั้นต่อไป

3. ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำร้อนในการควบคุมโรคผลเน่าบนผลส้ม

คัดเลือกส้มสายน้ำผึ้ง ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จุ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิต่างๆ ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำผลส้มเรียงใส่ตะกร้าพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 14 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด 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

<u>บันทึกข้อมูล</u>

1) การเกิดโรค (%)

2) ความรุนแรงของโรค

คัดเลือกอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมที่มีประสิทธิภาพสามารถควบคุมโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Penicillium digitatum* ได้ดี เพื่อนำมาทดสอบในการทดลองขั้นต่อไป

4. ทดสอบประสิทธิภาพการใช้สารกลุ่มปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อน ในการควบคุมโรคผลเน่าบนผลส้ม

คัดเลือกส้มสายน้ำผึ้ง ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจุ่มผลส้มในสารกลุ่มปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อน ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรค คัดเลือกจากผลการทดลองข้อ 2 และ 3 ผึ่งให้แห้ง เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 14 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด จำนวน 4 ซ้ำๆละ 12 ผล

กองวิชาการและแผนงาน

<u>บันทึกข้อมูล</u>

1) การเกิดโรค (%)

2) ความรุนแรงของโรค

กิจกรรมที่ 2 วิธีการควบคุมการปนเปื้อนเชื้อราและสารพิษ

การทดลองที่ 2.1 ผลของวิธีการตากและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการปนเปื้อน สารอะฟลาทอกซิน บี1 ในถั่วลิสงหลังการเก็บเกี่ยว

1. สำรวจแปลงปลูกถั่วลิสงและขั้นตอนการดำเนินงานหลังการเก็บเกี่ยวของเกษตรกร คัดเลือกพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมจำนวน 1 แหล่งปลูก เพื่อใช้ในการทดสอบกรรมวิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

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

กรรมวิธีที่ 1 (T1) ปลิดฝักถั่วลิสง นำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบลดความชื้นแบบอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 40 °C โดยถั่วลิสงที่ใช้ในการทดลอง 197 กก. (kg) ใช้เวลาในการอบนาน 34 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 2 (T2) ปลิดฝักถั่วลิสง นำไปตากบนตะแกรงตากในโรงเรือน ใช้เวลาในการตากนาน 18 วัน ช่วงเวลาทำการทดลองมีอุณหภูมิในช่วงกลางวันเฉลี่ย 26-38 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 64-85 %

กรรมวิธีที่ 3 (T3) ปลิดฝักถั่วลิสง ใส่ตะกร้านำไปล้างน้ำ และตากบนตาข่ายมุ้งไนลอนบนพื้นปูนนาน 7 วัน (กรรมวิธีเกษตรกรปฏิบัติ) ช่วงเวลาทำการทดลองมีอุณหภูมิในช่วงกลางวันเฉลี่ย 29-36 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 64-73 %

- นำฝักถั่วลิสงมากะเทาะเปลือก หาเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี-เสีย (โดยน้ำหนัก) ด้วยการคัดแยกเมล็ดดีและเมล็ดเสีย (เมล็ดที่ขึ้นรา เมล็ดลีบ แบน มีตำหนิ) นำไปชั่งน้ำหนัก พร้อมทั้งวัดความชื้นเมล็ดในทุกกรรมวิธี

- ตรวจสอบเชื้อรากลุ่มที่สร้างสารพิษในแปลงปลูก โดยเก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูกมาทดสอบด้วยวิธี soil dilution plate

- ตรวจการปนเปื้อนเชื้อราในเมล็ดโดยการสุ่มตัวอย่างเมล็ดในทุกกรรมวิธีมาทดสอบด้วยวิธี direct plating

- วิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อน AFB1 ในทุกกรรมวิธี โดยสุ่มตัวอย่างเมล็ดมาวิเคราะห์ปริมาณ AFB1 ด้วยวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) โดยใช้ชุดตรวจสอบสาร AFB1 DOA-Aflatoxin ELISA test kit

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

นำถั่วลิสงที่ผ่านขั้นตอนการตากในแต่ละกรรมวิธีและเก็บรักษา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน มากะเทาะเปลือก และตรวจสอบคุณภาพเมล็ดในทุกกรรมวิธีดังนี้

- หาเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี-เสีย

กรมวิชาการเกษตร

- ตรวจการปนเปื้อนเชื้อราด้วยวิธี direct plating
- วิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนสาร AFB1 ในทุกกรรมวิธี ด้วยวิธี ELISA
- วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วลิสง โดยวิเคราะห์โปรตีน (Protein)

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง

1. การเตรียมพริกแห้ง

พริกขี้หนูแดง เด็ดขั้ว ล้างน้ำทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ ตากในโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ (solar drying house) เป็นเวลา 5 วัน ได้พริกแห้งที่มีปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน 4.48 µg/kg และความชื้น 12.36% สำหรับใช้ในการทดลอง

2. การเตรียมน้ำคั้นกระเทียมสด

กระเทียมไทย แกะเปลือก ล้างน้ำสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ นำไปคั้นน้ำด้วยเครื่องคั้นน้ำชนิดแยกกาก และกรองด้วยผ้าขาวบางอีกครั้ง จะได้น้ำคั้นกระเทียมไว้ใช้ในการทดลอง ซึ่งจะเตรียมก่อนใช้งาน

3. ความเข้มข้นของน้ำคั้นกระเทียมในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* บนอาหารพีดีเอ

วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบ 5 กรรมวิธี จำนวน 6 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่เติมน้ำกระเทียม)
กรรมวิธีที่ 2 น้ำคั้นกระเทียม 25%
กรรมวิธีที่ 3 น้ำคั้นกระเทียม 50%
กรรมวิธีที่ 4 น้ำคั้นกระเทียม 75%
กรรมวิธีที่ 5 น้ำคั้นกระเทียม 100%

เตรียมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* ความเข้มข้น $1x10^8$ สปอร์ต่อ มล. ปริมาตร 1 มล. ผสมในอาหารพีดีเอ ปริมาตร 400 มล. และเทอาหารพีดีเอที่ผสมสปอร์ของเชื้อรา ปริมาตร 20 มล. ต่อจานเลี้ยงเชื้อ วางกระดาษกรอง (paper disc) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. ลงบนผิวหน้าอาหาร จำนวน 4 จุด ต่อจานเลี้ยงเชื้อ หลังจากนั้นหยดน้ำคั้นกระเทียมลงบนกระดาษกรอง ปริมาตร 5 ไมโครลิตร ตามกรรมวิธีที่กำหนดเก็บที่อุณหภูมิห้อง

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

4. ศึกษาความสามารถของเชื้อรา *A. flavus* ในการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง

วิเคราะห์ผลด้วยการทดสอบ t-test เปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี จำนวน 10 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (เติมน้ำนึ่งฆ่าเชื้อ ปริมาตร 1 มล.)
กรรมวิธีที่ 2 เติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* ความเข้มข้น $1×10^8$ สปอร์ต่อ มล. ปริมาตร 1 มล.

ทำการชั่งพริกแห้งใส่ถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน หรือถุงร้อน (polypropylene, PP) น้ำหนักถุงละ 100 กรัม ตามกรรมวิธีที่กำหนด มัดปากถุงให้แน่นด้วยยางวง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

บันทึกผลเมื่อครบเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

1. วัดความชื้น (moisture content)
2. ตรวจปริมาณสารอะฟลาทอกซิน (µg/kg) โดยวิธี ELISA

5. ผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อคุณภาพของพริกแห้ง

วางแผนการทดลองแบบ Split plot design จัดเรียงตัวอย่างแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำมี 3 หน่วยทดลอง ดังนี้

Main plot = 4 (M1 = น้ำ M2 = น้ำคั้นกระเทียม 100% M3 = สารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* 1×10^6 สปอร์ต่อ มล. 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 มล.

กรรมวิธีที่ 2 เติมน้ำคั้นกระเทียม 100% ปริมาตร 1 มล.

กรรมวิธีที่ 3 เติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* $1x10^6$ สปอร์ต่อ มล. ปริมาตร 1 มล.

กรรมวิธีที่ 4 เติมน้ำคั้นกระเทียม 100% ปริมาตร 1 มล. คลุกเคล้าให้ทั่ว หลังจากนั้นเติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* $1x10^6$ สปอร์ต่อ มล. ปริมาตร 1 มล.

ทำการชั่งพริกแห้งใส่ถุงพลาสติก PP น้ำหนักถุงละ 50 กรัม ตามกรรมวิธีที่กำหนด มัดปากถุงให้แน่นด้วยยางวง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

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

1. วัดค่าความชื้น (%)
2. ตรวจปริมาณสารอะฟลาทอกซิน (µg/kg) โดยวิธี ELISA
3. ตรวจปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* ในพริกแห้ง (%) โดยวิธี Direct Plating Method สุ่มตัวอย่างพริกแห้งจำนวน 5 เม็ดต่อถุง

6. ผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง

วิเคราะห์ผลด้วยการทดสอบ t-test เปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี จำนวน 10 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำมี 2 หน่วยทดลอง ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* ความเข้มข้น $1x10^8$ สปอร์ต่อ มล. ปริมาตร 1 มล.

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

ทำการชั่งพริกแห้งใส่ถุงพลาสติก PP น้ำหนัก ถุงละ 30 กรัม ตามกรรมวิธีที่กำหนด มัดปากถุงให้แน่นด้วยยางวง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

บันทึกผล เมื่อครบเวลา 7 วัน 14 วัน 21 วัน 28 วัน และ 35 วัน ตรวจปริมาณสารอะฟลาทอกซินโดยวิธี ELISA นำค่าที่ได้มาคำนวณ % Inhibition of aflatoxin production

7. พริกแห้งคลุกน้ำกระเทียมเก็บรักษานาน 2 เดือน

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 มล.

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 2 เติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* 1x10^8 สปอร์ต่อ มล. ปริมาตร 1 มล.

กรรมวิธีที่ 3 เติมน้ำคั้นกระเทียม 100% ปริมาตร 1 มล. คลุกเคล้าให้ทั่ว หลังจากนั้นเติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* 1x10^8 สปอร์ต่อ มล. ปริมาตร 1 มล.

ทำการชั่งพริกแห้งใส่ถุงซิปเมทัลไลท์ น้ำหนักถุงละ 50 กรัม จำนวน 180 ถุง ทำตามกรรมวิธีที่กำหนด กรรมวิธีละ 60 ถุง ปิดปากถุงให้สนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

การบันทึกผล เมื่อครบเวลา 1 และ 2 เดือน

1. วัดค่าความชื้น (%)
2. ตรวจปริมาณสารอะฟลาทอกซิน (µg/kg) โดยวิธี ELISA
3. ตรวจปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* ในพริกแห้ง (%) โดยวิธี Direct Plating Method

กิจกรรมที่ 3 พัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษจากเชื้อรา

การทดลองที่ 3.1 การพัฒนาชุดตรวจสอบโอคราทอกซิน เอ โดยวิธี Lateral Flow Immunoassay

1. การเตรียมชุดตรวจสอบสารโอคราทอกซิน เอ ด้วยเทคนิค Lateral Flow Immunoassay

1.1 การติดฉลากแอนติบอดีต่อสารโอคราทอกซิน เอ ด้วยอนุภาคทอง (colloidal gold-labeled antibody)

1.2 เตรียมแผ่นปล่อยตัวตรวจจับ (conjugate released pad)

1.3 การขีดเส้นทดสอบ (test line, T) และเส้นควบคุม (control line, C)

1.4 การประกอบชุดตรวจสอบสารโอคราทอกซิน เอ

2. การทดสอบความเข้มข้นของสารโอคราทอกซิน เอ ต่ำสุดที่สามารถตรวจจับได้

3. การเตรียมตัวอย่างสำหรับการตรวจวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่างสำหรับการตรวจวิเคราะห์ ทำการเติมสารพิษโอคราทอกซิน เอ มาตรฐาน ในตัวอย่างทดสอบ ได้แก่ ข้าวกล้อง และกาแฟ ให้มีความเข้มข้น 0 5 10 25 และ 50 µg/kg. ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน สำหรับการตรวจสอบด้วยชุดทดสอบที่เตรียมได้ เทียบกับวิธี HPLC และ ELISA

โครงการวิจัยที่ 12.2.3 การลดความสูญเสียจากแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวในผลผลิตเกษตร

มี 4 การทดลอง

การทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญในสภาพโรงเก็บ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญในห้องปฏิบัติการในปี พ.ศ. 2561-2563 ได้คัดเลือกกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพนำทดสอบในสภาพโรงเก็บจำลอง ดังนี้

การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลง

เก็บตัวอย่างด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหนวดยาว มอดฟันเลื่อย และมอดหัวป้อม นำมาเลี้ยงขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง ง

การเตรียมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สำหรับการทดลอง

กรมวิชาการเกษตร

ก่อนการทดลองให้รมเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตวด้วยสารรมฟอสฟีน เพื่อกำจัดแมลงที่อาจติดมากับเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

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 คลุกเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยสารเคลือบผสมสารฆ่าแมลง ใส่กระสอบเก็บในโรงเก็บจำลอง ปล่อยให้ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหนวดยาว มอดฟันเลื่อย และมอดหัวป้อม เข้าทำลายโดยอิสระ ทุก 2 สัปดาห์เมื่อครบ 1-10 เดือน สุ่มเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บันทึกจำนวนแมลงตายและรอดชีวิต จากนั้นนำเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ใส่ขวด ปิดปากขวดด้วยกระดาษซับ นำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง บันทึกจำนวนแมลงที่เกิดใหม่ทุกสัปดาห์จนครบ 8 สัปดาห์ จากนั้นนำเมล็ดข้าวโพดมาตรวจสอบเมล็ดดีและเมล็ดเสีย

การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เมื่อครบ 0-10 เดือน สุ่มเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นำไปเพาะและบันทึกเปอร์เซ็นต์ความงอก เพื่อตรวจสอบผลกระทบของสารฆ่าแมลงต่อความงอกของเมล็ด

การวัดความชื้นภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

บันทึกความชื้นภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (moisture content)

การทดลองที่ 2 การควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งด้วยก๊าซไนโตรเจน

การเตรียมอาหารและการเลี้ยงสำหรับการเพิ่มปริมาณแมลง

นำเมล็ดข้าวโพด และรำข้าวอบที่อุณหภูมิ 70-80°C 7-8 ชั่วโมง ก่อนนำมาร่อนเพื่อใช้เลี้ยงมอดแป้ง จากนั้นนำด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง มาเลี้ยงเพิ่มปริมาณ โดยใช้เมล็ดข้าวโพดสำหรับด้วงงวงข้าวโพด และใช้รำข้าวสำหรับมอดแป้ง ในขวดแก้ว และใส่แมลงตัวเต็มวัยคละเพศ ปล่อยให้แมลงผสมพันธุ์และวางไข่ 1 สัปดาห์ นำแมลงตัวเต็มวัยออกจากขวดแก้วทั้งหมด เพื่อให้ได้แมลงรุ่น F1 สำหรับใช้ทดลองต่อไป

การเตรียมแมลงสำหรับทำการทดสอบ

กรมวิชาการเกษตร

กำหนดวันทดสอบ และเตรียมแมลงที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิดล่วงหน้า เพื่อให้ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต พร้อมกันในวันที่กำหนด เตรียมแมลงทดสอบแต่ละระยะด้วยการนับตัวเต็มวัยอายุประมาณ 2-3 สัปดาห์ (จากข้อ 1) ใส่ลงในถ้วยพลาสติกที่บรรจุอาหารของแมลง วางผ้าขาวบางและปิดด้วยฝาพลาสติกเจาะรู เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ปล่อยให้วางไข่เป็นเวลา 72 ชั่วโมง คัดเลือกตัวเต็มวัยออกให้หมด 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 มม. ขนาด 130x130x130 ซม. สำหรับทดสอบข้าวสารปริมาณ 1 ตัน เจาะถุงและเชื่อมต่อเข้ากับวาล์วปิด/เปิด ถุงละ 2 จุด และใช้เป็นทางเข้าของก๊าซไนโตรเจน จากนั้นนำจัมโบ้ข้าวสาร 1 ตัน บรรจุลงในถุงพลาสติก และวางถุงที่มีจัมโบ้บรรจุข้าว 1 ตัน บนพาเลท ตำแหน่งการวางของถุงที่บรรจุจัมโบ้ข้าวเป็นไปโดยสุ่ม หลังจากนั้น 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
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% ในถุง 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

กรมวิชาการเกษตร

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)

การทดลองที่ 3 ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยเอนแคปซูเลตในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บ

การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลงศัตรูถั่วเขียว

นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวแช่ในตู้แช่เย็นอุณหภูมิ -20 °C ระยะเวลา 2-4 อาทิตย์ เมื่อต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมาแช่ในตู้เย็นอุณหภูมิ 10 °C ประมาณ 1-2 อาทิตย์ หลังจากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมาผึ่งที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้ความเย็นลดลงและนำมาใช้เลี้ยงด้วงถั่วเขียวเพื่อให้ได้ระยะตัวเต็มวัย อายุ 0-3 วัน สำหรับปล่อยในโรงเก็บระหว่างการทดสอบทุก 2 อาทิตย์

การผลิตเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยการพลู

สำหรับน้ำมันหอมระเหยกานพลู (Clove bud oil) ผ่านขบวนการเอนแคปซูเลชั่นตามกรรมวิธีของ ดวงสมร และคณะ (2563) และนำเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูในรูปแบบเม็ดบีทไปทำแห้งโดยการใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 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 กรัม ต่อถั่วเขียว 10 กก.

กรรมวิธีที่ 3 เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวคลุกด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่จำนวน 100 กรัมต่อถั่วเขียว 10 กก.

กรรมวิธีที่ 4 เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวคลุกด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่จำนวน 200 กรัมต่อถั่วเขียว 10 กก.

นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่คลุกด้วยเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูตามกรรมวิธีที่กำหนด บรรจุในกระสอบปุยขนาด 10 กก. และนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวดังกล่าววางในโรงเก็บจำลองและปล่อยด้วงถั่วเขียวในโรงเก็บจำลองเพื่อสร้างการระบาดเทียมครั้งละ 3,000 ตัว ทุกๆ 2 อาทิตย์ หลังจากนั้นทำการสุ่มถั่วเขียวทุกเดือน เป็นระยะเวลา 6 เดือน การตรวจสอบประสิทธิภาพของเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูเพื่อเช็คจำนวนแมลงที่เข้าทำลายถั่วเขียวในแต่ละกรรมวิธีและตรวจสอบหาสารสำคัญที่พบบนเมล็ดถั่วเขียว และตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การงอก โดยข้อมูลทั้งหมดถูกวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี DMRT

การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

กรมวิชาการเกษตร

เมล็ดถั่วเขียวจำนวน 100 เมล็ด เพาะเมล็ดแบบบีพี (BP=Between Paper) เก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 20 - 30 ºC บันทึกผลโดยจะแบ่งลักษณะต้นอ่อนออกเป็น 5 ลักษณะ คือ ต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดแข็ง เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย นำข้อมูลต้นอ่อนปกติมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี DMRT

การตรวจสอบหาสารสำคัญของเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่พบบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวโดยใช้เครื่อง GC-MS

การวิเคราะห์สารสำคัญของเอนแคปซูลเลทน้ำมันหอมระเหยกายพลูที่พบบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว โดยสุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในแต่ละเดือนสกัดสารระเหย วิเคราะห์สารสำคัญด้วยเครื่อง GC-MS (PerkinElmer Clarus SQ8)

การทดลองที่ 4 การพัฒนาการจัดการเพลี้ยแป้งทุเรียน *Planococcus minor* (Maskell) หลังการเก็บเกี่ยวด้วยสมุนไพร

การเลี้ยงขยายพันธุ์เพลี้ยแป้งทุเรียน Planococcus minor (Maskell)

ผลฟักทอง ทำความสะอาดขัดด้วยแปรงสีฟันและ Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% แช่ด้วยน้ำยาล้างผักผลไม้เพื่อกำจัดพวกไข่เพลี้ยแป้ง และแมลงชนิดอื่นๆ และล้างออกด้วยน้ำเปล่า และนำมาผึ่งลมให้แห้ง นำพู่กันเขี่ยเพลี้ยแป้งจากฟักทองลูกเก่า ลงฟักทองลูกใหม่ 15-20 ตัว หลังจากนั้น 7 วัน เอาตัวเต็มวัยออก และนำผลฝักทอง มาใส่ในกรงเลี้ยงแมลง นำผ้าสีดำมาคลุมกรงไว้ ทิ้งไว้จนกระทั่งเพลี้ยแป้งทุเรียนกลายเป็นตัวเต็มวัย สำหรับใช้ในการทดลอง

การสกัดสารจากพืชสมุนไพร 3 ชนิด ใบสะระแหน่ เปลือกมังคุด และใบหูเสือ

2.1 นำพืชสมุนไพรมาล้างทำความสะอาด นำเข้าตู้อบลมร้อน (hot air oven) อุณหภูมิ 50 ºC เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดละเอียด สกัดสารโดยใช้อัตราส่วนระหว่างตัวอย่างและตัวทำละลาย 1:2 น้ำหนักต่อปริมาตร บรรจุลงในขวดแก้วรูปชมพู่

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 มล. ต่อผล

กรรมวิธีที่ 2 สารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% ปริมาณ 30 มล. ต่อผล

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

กรรมวิธีที่ 4 ฉีด Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% และน้ำส้มสายชูกลั่น 5% อัตราส่วน 2:1 ปริมาณ 30 มล. ต่อผล

กรรมวิธีที่ 5 ฉีดพ่นด้วยน้ำ (กรรมวิธีควบคุม)

กรมวิชาการเกษตร

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

- 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 มล. ต่อผล

กรรมวิธีที่ 2 การฉีดพ่น Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% น้ำส้มสายชูกลั่น 5% อัตราส่วน 2:1 ปริมาณ 30 มล. ต่อผล

กรรมวิธีที่ 3 การฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม)

- นำผลทุเรียนในทุกกรรมวิธีไปเป่าเพลี้ยแป้งที่อยู่บนผลออกจากผลทุเรียนด้วยเครื่องเป่าลมความดัน 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลละ 30 วินาที

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

โครงการวิจัยที่ 12.2.4 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตรที่ผ่านการฉายรังสี

มี 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1.การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคกลาง

การทดลองที่ 2.การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การทดลองที่ 3.การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคเหนือ

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 °C เป็นเวลา 28 วัน ทำการทดสอบสมมุติฐานเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างแบบ t-test โดยทดสอบเทคโนโลยีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกตามแต่ละกรรมวิธีๆ ละ 10 ซ้ำ ๆ ละ 50 กล่องๆ ละ 12 ผล ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบัน (Control)

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 2 ตามคำแนะนำเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว (Recommended postharvest technology)

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

บันทึกข้อมูลคุณภาพผล ทุก 7 วัน (น้ำหนักผล การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีผล ความแน่นเนื้อผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณกรดแอสคอร์บิค อาการเปลือกสีน้ำตาล อาการฉ่ำน้ำ)

ผลการวิจัย (Results)

โครงการที่ 12.2.1 การลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้สด

- การยืดอายุกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวต่อถุง และแบบผลกลุ่ม (3 ผล) ต่อถุง โดยการใช้สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด 1 ซอง และสารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด 2 ซอง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายกล้วยหอมแบบผลเดี่ยวและแบบผลกลุ่ม (3 ผล) ต่อถุงได้ดีที่สุด

- วิธีในการยืดอายุในระหว่างการขนส่งมังคุดในพื้นที่ปลูกจังหวัดจันทบุรีและชุมพร โดยใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนมีความยอมรับของผู้บริโภคสูงสุดและสามารถเก็บรักษามังคุดได้นาน 28 วัน เป็นกรรมวิธีแนะนำให้ผู้ประกอบการไปประยุกต์ใช้ต่อไป

- การรักษาคุณภาพมะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนด้วยการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมโบรอนทางใบความเข้มข้น 0.5 % ในช่วงพัฒนาของผลที่ระยะผล 30 45 และ60 วันหลังดอกบาน และนำไปอบไอน้ำ ส่งผลให้คุณภาพของมะม่วงดีกว่ามะม่วงในกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน โดยสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และการเกิดโรคหลังเก็บเกี่ยวที่มีการเกิดโรคน้อยกว่า 30 %

- การเก็บรักษาผักสลัด mix (บัตเตอร์เฮดและคอส) สามารถบรรจุได้ทั้งแบบบรรจุในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน หรือใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน โดยการบรรจุทั้ง 2 แบบ สามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วัน สำหรับข้าวโพดฝักอ่อน การเก็บรักษาโดยใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน มี OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน สามารถเก็บรักษาได้

กรมวิชาการเกษตร

นาน 20 วัน โดยช่วยรักษาความสด และชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการการบรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเพียงอย่างเดียว

- บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับเงาะคือ ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน หรือบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 5,000-10,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน สามารถเก็บรักษาได้นาน 14 วัน โดยยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ สำหรับมังคุดบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC หรือบรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มี OTR 15,000 – 20,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน สามารถเก็บรักษา นาน 15 วัน โดยมีคุณภาพภายนอกดีกว่าการบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

- การส่งออกส้มโอไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ควรเคลือบผิวส้มโอด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 % เพื่อรักษาคุณภาพและความสดของส้มโอ และการบรรจุส้มโอที่เคลือบผิวในกล่องกระดาษลูกฟูกหรือกล่องกระดาษลูกฟูกบุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน สามารถยืดอายุส้มโอได้นานกว่า 9 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ºC และยังสามารถวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้ไม่น้อยกว่า 7 วัน สำหรับบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการบรรจุมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวขนาดบรรจุ 8 กก. พบว่า การบรรจุมังคุดในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลบ.ซม./ตร.ม./วัน กล่องกระดาษลูกฟูก และกล่องกระดาษลูกฟูกที่บุด้วยถุง MAP ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ลดอาการเปลือกแข็งของมังคุด และสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ºC ได้นาน 14 วัน อีกทั้งยังสามารถวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องได้นาน 3 วัน ภายหลังนำออกจากห้องเย็น

โครงการที่ 12.2.2 การลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีปลอดภัย

จากการดำเนินการทดลอง 5 การทดลอง ภายใต้ 3 กิจกรรม โครงการการลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีปลอดภัย ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี พบว่า

1. วิธีการยืดอายุการเก็บรักษาพริกขี้หนูสดเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อราและโรคแอนแทรคโนส โดยการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 52 ºC นาน 3 นาที ร่วมกับบรรจุภัณฑ์และการใช้สารปลอดภัยที่มีประสิทธิภาพ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 ผลพริกจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 ºC นาน 3 นาที บรรจุในถาดพลาสติก PP หุ้มด้วยฟิล์ม PE และ วิธีที่ 2 ผลพริกจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 ºC นาน 3 นาที แล้วนำมาจุ่มต่อในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 % บรรจุในถุงพลาสติก PP เก็บผลพริกที่อุณหภูมิ 10 ºC ผลพริกมีคุณภาพดี สามารถรักษาความแน่นเนื้อของผลพริก คงสภาพสีเปลือกได้ดี

2. ทดสอบประสิทธิภาพสารปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อนในการควบคุมโรคผลเน่าในส้มที่มีการปลูกเชื้อรา *P. digitatum* บนส้ม นาน 24 ชม. พบว่า 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% เปรียบเทียบกับการแช่ผลส้มในน้ำเพียงอย่างเดียว (กรรมวิธีควบคุม) พบการเกิดโรค 100.00% และดัชนีการเกิดโรค 36.98% สามารถใช้ทดแทนสารเคมีอิมาซาลิลและสารเคมีโพรคลอราซได้ เนื่องจากสารกลุ่มปลอดภัยและน้ำร้อนปลอดภัยต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค

3. การตากแห้งตามกรรมวิธีต่าง ๆ โดยกรรมวิธีที่ 1 ปลิดฝักถั่วลิสง และนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบลดความชื้นแบบอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 40°C ซึ่งในการทดลองใช้ถั่วลิสงฝักสด 197 กก. ใช้เวลาในการอบจนฝักแห้ง 36 ชั่วโมง กรรมวิธีที่ 2 ปลิดฝักถั่วลิสง นำไปตากบนตะแกรงตากในโรงเรือนจนเมล็ดถั่วลิสงแห้ง ซึ่งการตากไม่โดนแสงแดดโดยตรงจึงใช้เวลาในการตากนานถึง 18 วัน ความชื้นเมล็ดจึงลดลงต่ำกว่า 9% และกรรมวิธีที่ 3 ปลิดฝักถั่วลิสง ใส่ตะกร้านำไปล้างน้ำเพื่อนำเศษดินที่ติดฝักออก และตากบนตาข่ายมุ้งไนลอนบนพื้นปูน นาน 7 วัน ทำให้ความชื้นเมล็ดลดลง โดยมีความชื้นเมล็ดเฉลี่ย 5.9-6.0% และเมื่อคัดแยกเมล็ดดีและเมล็ดเสียจากถั่วลิสงที่ผ่าน

กรมวิชาการเกษตร

การตากแต่ละกรรมวิธี พบว่า กรรมวิธีที่ 3 พบเมล็ดดีสูงเฉลี่ย 97.4% (โดยน้ำหนัก) รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 2 และ 1 มีปริมาณเมล็ดดี 94.6% และ 86.6% ตามลำดับ การตรวจสอบเชื้อราที่พบปนเปื้อนในดินแปลงปลูกถั่วลิสง พบว่า ดินในแปลงปลูกมีการปนเปื้อนเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยวในกลุ่ม *Penicillium* มากสุด และเมื่อทดสอบการปนเปื้อนเชื้อราในถั่วลิสงหลังการตาก พบมีการปนเปื้อนเชื้อราในกลุ่ม *Penicillium* มากที่สุด เฉลี่ย 83.3% จากถั่วลิสงกรรมวิธีที่ 3 และเชื้อราที่พบปนเปื้อนรองลงมาคือ *A. niger* จากกรรมวิธีที่ 2 พบการปนเปื้อนสูงสุดเฉลี่ย 25.0% ถั่วลิสงที่ผ่านการตากแห้งทั้ง 3 กรรมวิธีมีการปนเปื้อน แอฟลาทอกซิน B1 ไม่แตกต่างกัน โดยกรรมวิธีที่ 2 (การตากบนตะแกรงตากในโรงเรือน) พบการปนเปื้อน แอฟลาทอกซิน B1 มากสุด เฉลี่ย 7.0 µg/kg ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการปนเปื้อน แอฟลาทอกซิน B1 ปริมาณโปรตีน และไขมัน โดยทุกกรรมวิธีที่ทำการทดสอบพบการปนเปื้อน แอฟลาทอกซิน B1 ไม่เกินค่ามาตรฐานตามข้อกำหนดปริมาณแอฟลาทอกซินสำหรับเมล็ดถั่วลิสง (20 µg/kg) ในช่วง 3 เดือนแรกของการเก็บรักษาถั่วลิสงมีการปนเปื้อน แอฟลาทอกซิน B1 ไม่แตกต่างกัน และในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา พบการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* ในกรรมวิธีที่ 2 และ 3 มีการปนเปื้อน 3.3% และ 1.7% ตามลำดับ ในเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา คุณภาพเมล็ดถั่วลิสงลดลงในทุกกรรมวิธี ถั่วลิสงในกรรมวิธีที่ 2 มีเมล็ดดีลดลง เหลือ 57.7% โดยน้ำหนัก พบการเข้าทำลายของด้วงขาโตกัดกินเมล็ดจนเป็นรูพรุน ซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดจากการตากบนตะแกรงตากในโรงเรือนนานเกินไป ถั่วลิสงมีการปนเปื้อน แอฟลาทอกซิน B1 สูงขึ้น โดยถั่วลิสงที่ลดความชื้นด้วยกรรมวิธีที่ 2 พบการปนเปื้อน แอฟลาทอกซิน B1 สูงกว่ากรรมวิธีอื่น เฉลี่ย 13.0 µg/kg ทั้ง 3 กรรมวิธีมีปริมาณโปรตีนและไขมันในเมล็ดลดลงกว่าในช่วงแรกของการเก็บรักษา ดังนั้นการใช้เครื่องอบลมร้อน และการตากบนพื้นปูนให้ความชื้นเมล็ดลดต่ำกว่า 9% ภายใน 7 วัน ช่วยลดการปนเปื้อน แอฟลาทอกซิน B1 ในถั่วลิสงได้ และในการเก็บรักษานานเกิน 3 เดือน จะทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันลดลง วิธีการตากที่ดีไม่ควรให้ถั่วลิสงสัมผัสพื้นดิน ลดความชื้นให้เร็วและควรระวังการเข้ามาวางไข่ของแมลงศัตรูในโรงเก็บ และในการเก็บรักษาก่อนการกะเทาะเปลือกถั่วลิสงควรเก็บในที่โล่งระบายอากาศได้ดี และไม่ควรเก็บนานเกินไปจะทำให้คุณภาพของเมล็ดลดลง

4. เชื้อรา *A. flavus* สามารถสร้างแบนพริกแห้งได้ หลังใส่เชื้อรา เป็นเวลา 7 และ 14 วัน พบสารแอฟลาทอกซิน เท่ากับ 27.70 และ 24.63 µg/kg และมีค่าแอฟลาทอกซินสูงสุดหลังการใส่เชื้อรา *A. flavus* เป็นเวลา 21 วัน เท่ากับ 35.20 µg/kg

น้ำคั้นกระเทียมสด ความเข้มข้น 100% สามารถยับยั้งการเจริญของสปอร์เชื้อรา *A. flavus* บนอาหารพีดีเอได้ดี น้ำคั้นกระเทียมสดมีผลลดการสร้างแอฟลาทอกซินในพริกแห้งที่มีการเติมเชื้อรา *A. flavus* และยับยั้งการสร้างแอฟลาทอกซินในพริกแห้งได้สูงสุด 34.93% เมื่อบ่มนาน 14 วัน พริกแห้งคลุกน้ำคั้นกระเทียม บรรจุถุงซิปเมทัลไลท์ เก็บนาน 2 เดือน พบแอฟลาทอกซิน 3.40 µg/kg ความชื้น 16.6% และไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* บนพริกแห้ง

5. การพัฒนาวิธีการตรวจสอบสารโอคราทอกซิน เอ โดยเทคนิค lateral flow immunoassay ในรูปแบบ strip test ด้วยการติดฉลากอนุภาคทองกับแอนติบอดีต่อสารโอคราทอกซิน เอ พบการเกิดสีที่เส้นทดสอบ (T) และเส้นควบคุม (C) ชัดที่สุด เมื่อใช้ OTA-BSA ความเข้มข้น 0.8 มก. ต่อ มล. และใช้ Goat Anti-Rabbit IgG ความเข้มข้น 0.5 มก. ต่อ มล. ในเบื้องต้นได้ชุดตรวจสอบต้นแบบที่สามารถตรวจจับสารโอคราทอกซิน เอ ได้ต่ำสุดที่ความเข้มข้น 25 นาโนกรัมต่อ มล.

โครงการที่ 12.2.3 การลดความสูญเสียจากแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลเกษตร

จากการดำเนินการทดลอง 4 การทดลอง ภายใต้โครงการโครงการวิจัยการลดความสูญเสียจากแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลเกษตร ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี พบว่า

กรมวิชาการเกษตร

- สารฆ่าแมลง thiamethoxam (เซียน่า) อัตรา 3.5 กรัม และ สารฆ่าแมลง thiamethoxam (ครุยเซอร์ 350 เอฟเอส) อัตรา 2.5 มล. มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหัวป้อม มอดหนวดยาว และมอดฟันเลื่อย ได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน โดยไม่พบแมลงรอดชีวิตและแมลงที่เกิดใหม่

- สารฆ่าแมลง pirimiphos-methyl อัตรา 20 ppm และสารฆ่าแมลง imidacloprid อัตรา 0.1 กรัม มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหนวดยาว และมอดฟันเลื่อย ได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน โดยไม่พบแมลงชนิดอื่นรอดชีวิตและไม่พบแมลงที่เกิดใหม่ แต่พบมอดหัวป้อมรอดชีวิตในเดือนที่ 10 ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามไม่พบแมลงที่เกิดใหม่

- สารฆ่าแมลง pirimiphos-methyl อัตรา 10 ppm มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหนวดยาว และมอดฟันเลื่อย ได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน โดยไม่พบแมลงรอดชีวิตและแมลงที่เกิดใหม่ แต่พบมอดหัวป้อมรอดชีวิตในเดือนที่ 5 ของการเก็บรักษา และพบมอดหัวป้อมที่เกิดใหม่ในเดือนที่ 7

- สารกำจัดเชื้อราไทแรมอัตรา 0.5 กรัม มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด และมอดฟันเลื่อย ได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน โดยไม่พบแมลงรอดชีวิตและแมลงที่เกิดใหม่ แต่พบมอดแป้งและมอดหัวป้อมรอดชีวิตและพบแมลงที่เกิดใหม่ตั้งแต่เดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา

- สารฆ่าแมลงทุกชนิด สารกำจัดเชื้อรา และสารเคลือบเมล็ด ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การรมข้าวสาร 1 ตันด้วยก๊าซไนโตรเจน ระยะเวลาที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมมอดแป้ง เท่ากับ 3 วัน และการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด ซึ่งเป็นแมลงที่มีความทนทานต่อก๊าซไนโตรเจนที่สุด ต้องใช้เวลา 9 วัน

- เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่อัตรา 100 และ 200 กรัมต่อถั่วเขียวจำนวน 10 กก. สามารถป้องกันและกำจัดด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บได้นาน 6 เดือน

- เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่อัตรา 50, 100 และ 200 กรัมต่อถั่วเขียวจำนวน 10 กก. สามารถรักษาเปอร์เซ็นต์ความงอกได้มากกว่า 75 % ในทุกกรรมวิธีตลอดระยะเวลา 6 เดือน พบยูจีนอลเป็นสารสำคัญที่พบบนเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกกับเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลู

- การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์(เอทานอล) ในการกำจัดเพลี้ยแป้งทุเรียน (*Planococcus minor* Maskell) บนผลทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า การฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% ผสม Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% ที่อัตราส่วน 1:2 ปริมาณ 30 มล. ต่อผล และนำมาเป่าลมที่ความดัน 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลละ 30 วินาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการกำจัดเพลี้ยแป้ง (ตัวอ่อนวัย 3) ในห้องปฏิบัติการ และไม่ส่งผลต่อคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อีกทั้งสารสกัดจากพืชสมุนไพร และสาร SLS ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด ไม่มีสารพิษตกค้าง และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากกว่าการใช้สารเคมี

ดังนั้นการนำสารสกัดจากพืชสมุนไพรซึ่งเป็นพืชในท้องถิ่นสามารถปลูกและหาได้ง่ายมาใช้ในการกำจัดเพลี้ยแป้งหลังการเก็บเกี่ยว จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้ป้องกันกำจัดเพลี้ยแป้งหลังทดแทนการใช้สารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการที่ 12.2.4 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ โดยมีการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ระบบการจัดการผลิต การ

กรมวิชาการเกษตร

ให้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยว การลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง การจุ่มน้ำร้อน การใช้สารดูดซับเอทิลีนในระหว่างการขนส่ง สามารถช่วยลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่จำเป็นต้องผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสี เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีปัจจุบันที่เกษตรกรและผู้ส่งออกใช้

อภิปรายผล (Discussion)

โครงการที่ 12.2.1 การลดความสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้สด

- อัตราการหายใจของ กล้วยหอมมีความสัมพันธ์แปรผันตามอัตราการผลิตเอทิลีน การผลิตเอทิลีนที่สูงขึ้นนั้นส่งผลให้เร่ง กระบวนการสุกของกล้วยหอมได้แก่การ เปลี่ยนสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เมื่อกล้วยหอมสุกมากขึ้น ความแน่นเนื้อจะลดลง ดังนั้นผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเพคติน จากเดิมที่มีสมบัติไม่ค่อยละลายน้ำกลายเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น และการละลายน้ำได้นี้ มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ที่เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (จริงแท้, 2553) การลดอัตราการผลิตเอทิลีนจึงสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วยหอมได้

- การผลิตเอทิลีนที่สูงขึ้นส่งผลให้เร่งกระบวนการเปลี่ยนสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เนื่องจากผลมังคุดมีรูปแบบการหายใจแบบ climacteric เมื่อสุกจะมีการหายใจเพิ่มสูงขึ้น และค่อยๆ ลดลง พร้อมกับเกิดการเปลี่ยนสีผิวจากสีเขียวเป็นสีม่วงดำ การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดด้วยวิธีการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ (MAP) เป็นวิธีที่ทำให้อากาศในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณออกซิเจนลดลง ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านซังข้าวโพด สามารถช่วยการลดกิจกรรมทางชีวเคมี การสังเคราะห์เอทิลีน อัตราการหายใจ และการสูญเสียน้ำ โดยมีผลทำให้กระบวนการสุกต่าง ๆ เกิดขึ้น ในอัตราที่ช้าลง (จริงแท้, 2553)

- แคลเซียมโบรอนสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อบริเวณเปลือกและเนื้อได้ โดยการให้แคลเซียมโบรอนส่งผลให้เซลล์มีขนาดใหญ่มากกว่าผลปกติ และมีความหนาของผนังเซลล์มาก ทั้งยังลดกิจกรรมของเอนไซม์ PME และ PG อีกด้วย (Muengkaew *et al*., 2018)

- ฟิล์มพลาสติกส่วนใหญ่มักไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ โดยความชื้นสัมพัทธ์ภายในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มเจาะรูและไม่เจาะรูส่วนใหญ่มักใกล้เคียงกับจุดอิ่มตัวด้วยไอน้ำ ซึ่งการเจาะรูขนาดเล็กมีผลต่อระดับความชื้นสัมพัทธ์ไม่มาก (Mir and Beaudry, 2016) ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตผลในถุงฟิล์มพลาสติกเจาะรูขนาดไมครอนสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีซึ่งในแต่ละกรรมวิธีไม่พบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงสี ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงสีของผักสลัด เช่น บัตเตอร์เฮด ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเก็บรักษา (Nunes, 2008) การเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนในถุงฟิล์มพลาสติกเจาะรูขนาดไมครอนสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี เนื่องจากฟิล์มเจาะรูยังมีคุณสมบัติยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้ต่ำ (Mir and Beaudry, 2016) ขณะที่ฟิล์ม PVC มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำสูงกว่า ส่งผลให้ข้าวโพดที่บรรจุในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าด้วย

- การเก็บรักษาผลิตผลในถุงฟิล์มพลาสติก ช่วยป้องกันการระเหยของน้ำจากผลิตผลได้ ผลิตผลจึงมีการสูญเสียน้ำหนักเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้สภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์มีผลทำให้อัตราการหายใจของผลิตผลลดลง ส่งผลให้อัตราการคายน้ำลดลง (Zagory and Kader, 1988) ทำให้ผลเงาะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกไม่มาก ซึ่งการเก็บรักษาในถุงฟิล์มนอกจากจะลดการสูญเสียน้ำหนักแล้วยังช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกเงาะได้ สอดคล้องกับรายงานของ O'Hare, 1995 ว่าสามารถรักษาลักษณะปรากฏภายนอกของเงาะไว้ได้ หากให้มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด

- การเคลือบผิวผลไม้หรือการเก็บรักษาผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและรักษาความแน่นเนื้อของผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษา เช่นเดียวกับการทดลองเคลือบผิว sweet orange

พันธุ์ Blood Red (Shahid and Abbasi, 2011) การเคลือบผิวส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง (Boonyakiat *et al*., 2012) และการเคลือบผิวส้มพันธุ์ Siam Banjar (Hassan *et al*., 2014) ความแข็งของเปลือกมังคุดลดลงเมื่อผลเริ่มสุกซึ่งมักเกี่ยวข้องกับ pectin enzyme (Dostal, 1970) และความแน่นเนื้อหรือความแข็งของเปลือกจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเป็นพวก phenolic compounds มักเกิดการแข็งตัวได้ง่ายเมื่อมีการสูญเสียน้ำภายในผลมากขึ้น (Augustin and Azudin, 1986; Raynal *et al*., 1989) รวมทั้งอาการช้ำหรือบาดแผลที่ได้รับก่อนการเก็บรักษาก็เป็นตัวเร่งให้เปลือกแข็งตัวได้เร็วขึ้น (Tongdee and Suwanagul, 1989)

โครงการที่ 12.2.2 การลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีปลอดภัย

1. การควบคุมโรคแอนแทรคโนสโดยการใช้น้ำร้อนเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ผลพริกที่ปลูกเชื้อรา *C. capsici* เป็นเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส นำมาจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 ºC นาน 3 และ 5 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 ºC เป็นเวลา 14 วัน ผลพริกมีคุณภาพดี สามารถรักษาความแน่นเนื้อของผลพริก คงสภาพสีเปลือกได้ดี สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายผลพริกได้นานมากขึ้น และปลอดภัยต่อผู้บริโภค
2. การแช่ผลส้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55°C นาน 3 นาทีก่อนแล้วจึงแช่กรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 0.1% นาน 5 นาที หรือแช่โซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 3% นาน 5 นาที สามารถใช้ทดแทนสารเคมีอิมาซาลิลและสารเคมีโพรคลอราซได้ เนื่องจากสารกลุ่มปลอดภัยและน้ำร้อนปลอดภัยต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค
3. การใช้เครื่องอบลมร้อน และการตากบนพื้นปูนให้ความชื้นเมล็ดลดต่ำกว่า 9% ภายใน 7 วัน ช่วยลดการปนเปื้อน แอฟลาทอกซิน B1 ในถั่วลิสงได้ และในการเก็บรักษานานเกิน 3 เดือน จะทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันลดลง วิธีการตากที่ดีไม่ควรให้ถั่วลิสงสัมผัสพื้นดิน ลดความชื้นให้เร็วและควรระวังการเข้ามาวางไข่ของแมลงศัตรูในโรงเก็บ และในการเก็บรักษาก่อนการกะเทาะเปลือกถั่วลิสงควรเก็บในที่โล่งระบายอากาศได้ดี และไม่ควรเก็บนานเกินไปจะทำให้คุณภาพของเมล็ดลดลง
4. น้ำคั้นกระเทียมสด ความเข้มข้น 100% สามารถยับยั้งการเจริญของสปอร์เชื้อรา *A. flavus* บนอาหารพีดีเอได้ดี พริกแห้งคลุกน้ำคั้นกระเทียม บรรจุถุงซิปเมทัลไลท์ เก็บนาน 2 เดือน พบแอฟลาทอกซิน 3.40 µg/kg ความชื้น 16.6% และไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* บนพริกแห้ง
5. วิธีการตรวจสอบสารโอคราทอกซิน เอ โดยเทคนิค lateral flow immunoassay ในรูปแบบ strip test ในเบื้องต้นได้ชุดตรวจสอบต้นแบบที่สามารถตรวจจับสารโอคราทอกซิน เอ ได้ต่ำสุดที่ความเข้มข้น 25 นาโนกรัมต่อ มล. ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงสำหรับการตรวจวิเคราะห์ในตัวอย่างซึ่งต้องมีการสกัดสารพิษออกจากตัวอย่าง ดังนั้นต้องปรับค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ชุดทดสอบสามารถตรวจจับได้ให้ต่ำลงอีก และหาวิธีการสกัดตัวอย่างที่เหมาะสมต่อไป

โครงการที่ 12.2.3 การลดความสูญเสียจากแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลเกษตร

- การใช้สารฆ่าแมลง thiamethoxam สารฆ่าแมลง pirimiphos-methyl และสารฆ่าแมลง imidacloprid สามารถนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อทดแทนสารฆ่าแมลง คลอร์ไพริฟอส ที่ในอดีตนิยมใช้สำหรับการคลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ซึ่งในปัจจุบันสารฆ่าแมลงชนิดนี้ได้ถูกยกเลิกการใช้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ดังนั้น สารฆ่าแมลงทั้ง 3 ชนิดนี้จึงเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคในการป้องกันกำจัดแมลงได้
- ก๊าซไนโตรเจน มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ทั้งนี้ความสามารถในการกักเก็บก๊าซไนโตรเจน เป็นปัจจัยสำคัญและมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพของก๊าซไนโตรเจน เห็นได้จาก การทดสอบของ Haojie *et al*. (2014) ที่ได้ศึกษาการใช้ก๊าซไนโตรเจนกับการเก็บรักษาเมล็ดพืช โดยใช้ความเข้มข้นของก๊าซ

ไนโตรเจน 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 แต่ในสภาพการเก็บรักษาผลิตผลเกษตร อาจมีการเข้าทำลายของแมลงมากกว่า 1 ชนิด และมีหลายระยะอาศัยอยู่ร่วมกัน เพื่อให้การควบคุมแมลงได้ผลอย่างสมบูรณ์ ควรใช้ระยะเวลาที่มีประสิทธิภาพต่อแมลงที่ทนทานที่สุด

- การพัฒนาการใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูด้วยเทคนิคเอนแคปซูเลชั่น ทำให้สามารถนำเอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูไปใช้ได้อย่างสะดวก และมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ยังสามารถนำไปศึกษาประสิทธิภาพกับแมลงชนิดอื่นๆ ว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด รวมทั้งสามารถพัฒนาการใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชั่นในน้ำมันหอมระเหยอีกหลายชนิดที่มีประสิทธิภาพเพื่อนำไปใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูต่างๆได้

- สารสกัดจากพืชสมุนไพร และสาร SLS ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด ไม่มีสารพิษตกค้าง และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากกว่าการใช้สารเคมี ดังนั้นการนำสารสกัดจากพืชสมุนไพรซึ่งเป็นพืชในท้องถิ่นสามารถปลูกและหาได้ง่ายมาใช้ในการกำจัดเพลี้ยแป้งหลังการเก็บเกี่ยว จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้ป้องกันกำจัดเพลี้ยแป้งหลังทดแทนการใช้สารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการที่ 12.2.4 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี

อภิปรายผล

การนำเทคโนโลยีตามคำแนะนำด้วยการใช้แคลเซียมโบรอน สามารถช่วยลดการสูญเสียคุณภาพได้ โดยแคลเซียมจะไปยึดเกาะโมเลกุลของเพคติน ที่กลุ่มคาร์บอคซิลิก ที่ว่างอยู่ ทำให้ไปลดกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความอ่อนนุ่ม เช่น เอนไซม์ polygalacturonase และ pectinesterase (Dong *et al*., 2009) pectate lyase (Ortiz *et al*., 2011) เป็นต้น ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายเพคติน (pectin) ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และละลายน้ำได้น้อยให้มีโมเลกุลขนาดเล็กและละลายน้ำได้มาก ทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์พืชยังคงความแข็งแรง นอกจากนี้ การให้แคลเซียมโบรอนส่งผลให้เซลล์มีขนาดใหญ่มากกว่าผลปกติ และมีความหนาของผนังเซลล์มาก (Muengkaew *et al*., 2018) จึงส่งผลให้ มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมก่อนนำไปฉายรังสี และนำมาเก็บรักษานาน 28 วัน สามารถชะลอการลดงของค่าความแน่นเนื้อได้ ทั้งยังลดการเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาล และอาการฉ่ำน้ำ โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพทางเคมีอีกด้วย สอดคล้องกับการทดลองของ Hussain *et al*. (2012) และการทดลองของ Hassanein *et al*. (2018) ที่พบว่า การให้แคลเซียมแก่ผลแอปเปิ้ล และฝรั่ง ก่อนนำไปฉายรังสีแกรมมา สามารถลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลได้

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

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

การลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว ด้วยการนำผลพริกจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 ºC นาน 3 นาที บรรจุในถาดพลาสติก PP หุ้มด้วยฟิล์ม PE หรือนำผลพริกจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 ºC นาน 3 นาที แล้วนำมาจุ่มต่อในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 % บรรจุในถุงพลาสติก PP เก็บผลพริกที่อุณหภูมิ 10 ºC 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 99.5% นาน 9 และ 3 วัน สามารถกำจัดด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ในข้าวสาร 1 ตัน ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (ระยะไข่ ระยะหนอน ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย) การใช้เอนแคปซูเลทน้ำมันหอมระเหยกานพลูอัตรา 100 และ 200 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว สามารถป้องกันและกำจัดด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บ โดยไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอก การฉีดพ่นสารสกัดจากใบหูเสือความเข้มข้น 0.5% ผสม Sodium lauryl sulfate (SLS) ความเข้มข้น 1.25% ที่อัตราส่วน 1:2 ปริมาณ 30 มล. ต่อผล สามารถกำจัดเพลี้ยแป้ง (ตัวอ่อนวัย ที่ 3) โดยไม่มีผลต่อคุณภาพของผลทุเรียน

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี สามารถทำได้โดยการให้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยว การลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง การจุ่มน้ำร้อน การใช้สารดูดซับเอทิลีนในระหว่างการขนส่ง สามารถลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่จำเป็นต้องผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสีได้

กรมวิชาการเกษตร

แผนงานวิจัยย่อยที่ 3
การประเมินปริมาณและคุณภาพผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร
อย่างรวดเร็วโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี
Rapid Assessment on Quantity and Quality of Agricultural Produces and Products by Using Near Infrared Spectroscopy Technique

ชื่อผู้วิจัย (คณะผู้วิจัย)

นฤเทพ เวชภิบาล (หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย)
Naruthep Wechpibal

ปรางค์ทอง กวานห้อง	จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ	ภัทระ ลูกรักษ์
Prangthong Kwanhong	Jarurat Pumprasert	Phatthara Loogruk
ภัควิไล ยอดทอง	ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์	โกเมศ สัตยาวุธ
Phakwilai Yodthong	Siragan Srithanyarat	Komate Satayawut
ศุภรา อัคคะสาระกุล	และ อรวรรณ จิตต์ธรรม	
Suppara Aukkasarakul	and Orawan Jittham	

คำสำคัญ (Key words)

Near Infrared Spectroscopy, predictionม accuracy, calibration, equations, caffeine, lycopene, capsaicin, vitamin B_1, curcuminoid, isoflavone

บทคัดย่อ

การศึกษาแนวทางการตรวจสอบประเมินคุณภาพในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรภายหลังการเก็บเกี่ยวหรือผ่านการแปรรูป ที่สามารถทราบผลการประเมินได้อย่างรวดเร็ว และปราศจากการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายเป็นสิ่งที่น่าสนใจและควรให้ความสำคัญ เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Near Infrared Spectroscopy, NIRS) เป็นทางเลือกในการวิเคราะห์อีกวิธีที่ช่วยลดต้นทุนในระยะยาว คุ้มค่า รวดเร็ว และเชื่อถือได้ แผนงานวิจัยย่อยประกอบด้วยโครงการวิจัย จำนวน 3 โครงการ และดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนตุลาคม 2563 ถึงเดือนธันวาคม 2564 ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ ในปี 2564 โครงการวิจัยที่ 1 ศึกษาการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (NIRS) เพื่อประเมินปริมาณสารสำคัญในผลิตผลเกษตร ได้แก่ สารไลโคพีนในผลมะเขือเทศสด สารแคปไซซินในพริกสด และสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่ว ผลการศึกษาพบว่าประเมินหาปริมาณสารไลโคพีนในมะเขือเทศสดโดยการทำนายค่าจากค่าวัดสี a* (สีเขียว/แดง) และปริมาณไลโคพีน มีค่าความแม่นยำในการทำนายค่าของสมการในระดับการทำนายค่าเพื่องานวิจัยและงานทั่วไป และระดับการทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณหรือประมาณค่าเบื้องต้นตามลำดับ โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ของสมการเทียบมาตรฐานของค่า a* และสารไลโคพีนที่มีค่าเท่ากับ 0.93 และ 0.90 ตามลำดับ ส่วนสมการที่ได้สำหรับการประเมินปริมาณสารแคปไซซินในผลพริกสดสีแดง มีค่า R เท่ากับ 0.74 แสดงว่า มีความแม่นยำอยู่ในระดับการทำนายค่าเพื่อการแบ่งระดับปริมาณอย่างหยาบในช่วง 540-1,993 ไมโครกรัมต่อกรัม ขณะที่สมการสำหรับประเมินปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่ว มีค่า R สูงถึง 0.98 จึงมีความแม่นยำของการทำนายค่าอยู่ในระดับที่สามารถนำไปทำนายเพื่อการประกันคุณภาพในช่วง

กรมวิชาการเกษตร

0.01-2.19 กรัมต่อร้อยกรัมของน้ำหนักแห้ง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับในโครงการที่ 2 เป็นการประเมินคุณภาพในผลิตผลและผลิตภัณฑ์ประเภทพืชไร่โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี โดยทำการศึกษาวิธีการตรวจสอบปริมาณสารวิตามินบี 1 ในเมล็ดถั่วเหลือง สารพิษแอฟลาทอกซิน บี1 ในเมล็ดข้าวโพดและถั่วลิสง ผลจากการสร้างสมการและทดสอบความถูกต้องในการประเมินโดยการใช้เทคนิค NIRS พบว่า สมการที่ใช้ประเมินปริมาณวิตามินบี 1 ในเมล็ดถั่วเหลือง สารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในเมล็ดข้าวโพด และถั่วลิสงมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.92 0.80 และ 0.76 ตามลำดับและโครงการที่ 3 ดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินคุณภาพในสมุนไพรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี โดยดำเนินการตรวจสอบปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผง และสารไอโซฟลาโวนในกวาวเครือสดและผลิตภัณฑ์ โดยพบว่า สมการสามารถประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผงได้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) สูง เท่ากับ 0.93 สำหรับสมการสามารถประเมินปริมาณสารไอโซฟลาโวนในกวาวเครือสดและผลิตภัณฑ์พมีค่า R เท่ากับ 0.81 และ 0.85 ตามลำดับ

Abstracts

Near Infrared Spectroscopy (NIRS) is an excellent candidate for a long-term low-cost, cost-effective, rapid, and reliable analytical monitoring method. The research consisting of 3 projects, was conducted during October 2020 - December 2021 at Postharvest and Product Processing Research Development Division, Department of Agriculture. The first project studied the use of Near Infrared Spectroscopy (NIRS) technique to estimate contents of lycopene in fresh tomatoes, capsaicin in fresh chilies and caffeine in the roasted coffee beans. The results showed that the prediction accuracy of calibration equations for the a* value and lycopene contents of large fresh tomatoes could be used to predict at the level of usable with caution for most applications including research and the level of screening and approximate calibration, respectively based on the correlation coefficient (R) of the calibration equation for the a* value and the lycopene content of 0.93 and 0.90, respectively. The R-value for capsaicin determination in fresh chilies by NIRS was 0.74. It showed that the accuracy of the calibration equation of capsaicin content in fresh chilies was at the prediction level for rough screening in the range of 540-1,993 ug.g-1. Meanwhile, the R-value of caffeine content in roasted coffee beans was 0.98. The results indicated that the calibration equation of caffeine content in roasted coffee beans was at the level of predictive accuracy that can be used in the most application including quality assurance in the range of 0.01-2.19 g.100g-1 DW. The second project was conducted on quality assessment in field crop produces and products by NIRS technique implementation. The determination of vitamin B_1 in soybean grain and Aflatoxin B1 (AFB_1) content in maize and peanut was performed. The results demonstrated that values of correlation coefficient (R) in vitamin B_1 content in soybean grains and AFB_1 content in maize and peanut were 0.92, 0.80 and 0.76, respectively. The final project investigated quality evaluation in herbal plants by NIRS. The evaluation of curcuminoids in turmeric powder and isoflavone contents in fresh and powder forms of Kwao Kruea was performed. The equation of curcuminoids determination in turmeric powder had high correlation coefficient (R) of 0.93. Besides, the R values in fresh and powdered Kwao Kruea were 0.81 and 0.85, respectively.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ (Introduction)

ผลิตผลและผลิตภัณฑ์ทางเกษตร เช่น มะเขือเทศ พริก กาแฟ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ถั่ว ขมิ้น และกวาวเครือ เป็นพืชที่สามารถนำมาบริโภคทั้งในรูปแบบสด และผลิตภัณฑ์แปรรูป คุณค่าทางโภชนาการ สารสำคัญที่เป็นประโยชน์ รวมถึงสารพิษที่อาจก่อให้เกิดอันตราต่อผู้บริโภคเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง เพราะคุณสมบัติดังกล่าวส่งผลต่อมูลค่าของผลิตผล และผลิตภัณฑ์ทางเกษตรที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ โดยทั่วไปแล้วผลิตผลเกษตรมักเกิดการสูญเสีย และเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้งระหว่างการเก็บรักษา หรือระหว่างการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการตรวจสอบหาการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึงเป็นสิ่งสำคัญ ปัจจุบัน วิธีตรวจประเมินคุณภาพทางเคมีต้องวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการที่ใช้เวลานาน ค่าใช้จ่ายสูง ใช้สารเคมี ทำลายตัวอย่าง ผู้ปฏิบัติงานมีความเสี่ยงเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น หากสามารถใช้วิธีการประเมินโดยที่ไม่ต้องทำลายตัวอย่าง ไม่ต้องใช้สารเคมี และสามารถตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการตกลงซื้อขาย เกษตรกรผู้ผลิตมีรายได้เพิ่มขึ้น และผู้บริโภคมีสุขภาพที่ดีขึ้น เพราะสามารถผลิตผลเกษตรที่มีปริมาณสารสำคัญและคุณภาพตามความต้องการได้อย่างถูกต้อง ผู้บริโภคได้สินค้าตามที่ต้องการ และมีความปลอดภัยต่อการบริภค เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Near Infrared Spectroscopy; NIRS) เป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่าง โดยใช้หลักการการสร้างสมการจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หรือค่า R ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงย่านใกล้ที่ส่องไปยังวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์จำนวนหนึ่งแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการที่ต้องการ เมื่อได้สมการที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงและค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมินต่ำ ก็จะสามารถนำสมการที่ได้นี้มาใช้ในการทำนายค่าวิเคราะห์ของตัวอย่างดังกล่าวแทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งข้อได้เปรียบของการใช้เทคนิค NIRS คือ ไม่ต้องใช้สารเคมีในการสกัด ตรวจวิเคราะห์ได้รวดเร็ว ประหยัดเวลา และปลอดภัย เพียงนำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาผ่านเข้าเครื่อง NIRS ซึ่งจะทำการสแกนตัวอย่างแล้วคำนวณออกมาเป็นค่าทำนายของปริมาณสารตามที่ต้องการโดยเปรียบเทียบจากสมการสหสัมพันธ์ที่ตั้งไว้ จึงสามารถใช้ทดแทนการวิเคราะห์ทางเคมีได้ ดังนั้น การใช้เทคนิค NIRS จึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพ และหาปริมาณสารในผลิตผลเกษตร เพื่อลดระยะเวลา ต้นทุน และการใช้สารเคมี เป็นการทดแทนการตรวจสอบวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่ต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน ใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย และมีค่าใช้จ่ายสูง วัตถุประสงค์ของแผนงานย่อยเพื่อประเมินตรวจสอบและหาปริมาณสารไลโคพีนในผลมะเขือเทศสด สารแคปไซซินในพริก สารคาเฟอีนในกาแฟ วิตามินบี 1 ในถั่วเหลือง เคอร์คูมินอยด์ในขมิ้น ไอโซฟลาโวนในกวาวเครือ และสารพิษแอฟลาทอกซินในถั่ว โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตสโคปีเพื่อหลีกเลี่ยงการทำลายตัวอย่าง ปราศจากการใช้สารเคมี ตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว และทดแทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

แผนงานย่อยที่ 12.3 การวิจัยการประเมินปริมาณและคุณภาพผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรอย่างรวดเร็ว โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการตรวจสอบคุณภาพผลิตผลเกษตรอย่างรวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง โดยประยุกต์ใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีในการตรวจคุณภาพผักผลไม้สด พืชไร่ และสมุนไพร มี 3 โครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 12.3.1 การประเมินคุณภาพผักและผลไม้สดโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

มี 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1 การประเมินปริมาณสารไลโคพีนในมะเขือเทศโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

1. การเตรียมตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างผลมะเขือเทศสดพันธุ์ที่มีขนาดผลใหญ่ ที่ระยะตั้งแต่สีเขียวถึงสีแดงเข้มจากแหล่งต่าง ๆ จำนวนไม่ต่ำกว่า 200 ตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารไลโคพีน

2.1 นำตัวอย่างผลมะเขือเทศสดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง FQA-NIR GUN แบบพกพา มีช่วงความยาวคลื่นสั้นระหว่าง 600-1,100 นาโนเมตร และมีอันตรกิริยา (interaction) แบบสะท้อนกลับจากด้านใน (interactance) สามารถวัดสะท้อนลงได้ลึก 0.5-1 ซม. โดยแบ่งตัวอย่างผลมะเขือเทศออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เป็นตัวแทนสำหรับใช้ในการสร้างสมการเทียบมาตรฐาน (calibration set; Cset) คิดเป็นจำนวนร้อยละ 70 ของตัวอย่างทั้งหมด และกลุ่มที่เป็นตัวแทนสำหรับการทดสอบความแม่นยำของสมการที่สร้างขึ้น (validation set; Vset) คิดเป็นจำนวนร้อยละ 30 ของตัวอย่างทั้งหมด

2.2 นำตัวอย่างที่วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย NIRS แล้ว ไปวิเคราะห์หาปริมาณไลโคพีน โดยจะเป็นการวิเคราะห์เทียบกับค่าการวัดสี a* (สีเขียว/แดง) ด้วยเครื่องมือวัดสี (Chroma Meter รุ่น CR-400) จากนั้น จึงนำชิ้นมะเขือเทศบริเวณส่วนที่ทำการวัดหาเส้นสเปกตรัมและสีเนื้อมาสับละเอียดเพื่อนำไปหาปริมาณไลโคพีนตามวิธี Kimura method (Nagata and Yamashita, 1992)

3. การสร้างสมการและการคัดเลือกสมการในการปริมาณสารไลโคพีน

3.1 นำสเปกตรัมที่ได้จากข้อ 2.1 และค่าปริมาณไลโคพีนจากข้อ 2.2 ไปสร้างสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม The Unscrambler

3.2 หลังจากสร้างสมการมาตรฐานแล้ว ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยค่าทางสถิติที่ใช้เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของสมการเบื้องต้น โดยพิจารณาจากข้อมูลของกลุ่ม Cset และ Vset ได้แก่

- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) ที่มีค่าสูงใกล้เคียง 1
- ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการหรือกลุ่ม Cset (standard error of calibration, SEC) ซึ่งควรมีค่าต่ำหรือเข้าใกล้ศูนย์
- ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมการหรือกลุ่ม Vset (standard error of prediction, SEP) ซึ่งถ้ามีค่าเท่ากับค่า SEL (standard error of laboratory) แสดงว่าเป็นสมการที่ดี
- ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากเทคนิค NIRS และวิธีการในห้องปฏิบัติการ (averages of difference between NIRS values and actual, bias) ซึ่งควรมีค่าต่ำ

4. ประเมินความถูกต้องแม่นยำของสมการ

นำสมการที่ได้ไปใช้ในการประเมินค่าปริมาณสารไลโคพีนในผลมะเขือเทศสดเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เพื่อยืนยันความถูกต้องแม่นยำของสมการที่ได้ทำการคัดเลือกมา

การทดลองที่ 2 การประเมินสารแคปไซซินในพริกโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

1. การเตรียมตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างพริกสดพันธุ์ต่าง ๆ จากแหล่งผลิตและร้านค้าในจังหวัดต่าง ๆ จำนวนไม่ต่ำกว่า 100 ตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารแคปไซซิน

กรมวิชาการเกษตร

2.1 นำตัวอย่างพริกมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared spectrometer รุ่น 6500 ของบริษัท FOSS ที่ความยาวคลื่น 400-2,500 นาโนเมตร โดยนำตัวอย่างใส่ในอุปกรณ์สำหรับใส่ตัวอย่างของเครื่อง NIRS และทำการสแกนเพื่อเก็บเส้นสเปกตรัมของตัวอย่าง

2.2 นำตัวอย่างจากข้อ 2.1 ที่วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย NIRS แล้วไปวิเคราะห์หาปริมาณสารแคปไซซินในห้องปฏิบัติการด้วย HPLC ดัดแปลงวิธีของ Hisashi (1999) และ Neil (1977)

3. การสร้างสมการและการคัดเลือกสมการในการประเมินปริมาณสารแคปไซซิน

3.1 นำสเปกตรัมที่ได้จากข้อ 2.1 และค่าปริมาณสารแคปไซซินในพริกจากข้อ 2.2 ไปสร้างสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) regression แบบ Full cross validation จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler® version 9.7

3.2 ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่า R ที่มีค่าสูงใกล้เคียง 1 ค่า SEC ค่า SEP และค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากเทคนิค NIRS และ วิธี HPLC ที่มีค่าต่ำมาใช้ในการประเมินปริมาณสารแคปไซซิน

4. ประเมินความถูกต้องแม่นยำของสมการ

ทดสอบความสามารถในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซินของสมการที่ได้จากข้อ 3.2 โดยเทียบกับ วิธี HPLC เพื่อยืนยันความถูกต้องแม่นยำของสมการที่ได้ทำการคัดเลือกมา

การทดลองที่ 3 การประเมินปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่วโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

1. การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างเมล็ดกาแฟคั่วพันธุ์อะราบิกา และโรบัสตา จำนวนไม่ต่ำกว่า 100 ตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารคาเฟอีน

2.1 ทำ standard curve ของสารมาตรฐานคาเฟอีน และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี (method validation) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารคาเฟอีนในห้องปฏิบัติการ

2.2 นำตัวอย่างที่เตรียมจากข้อ 1 ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง near Infrared spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 400-2,500 นาโนเมตร

2.3 นำตัวอย่างจากข้อ 2.2 ที่วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย NIRS แล้วไปวิเคราะห์ปริมาณสารคาเฟอีน ด้วยเทคนิค HPLC ตามวิธีของ Hagos และคณะ (2018)

3. การสร้างสมการและการคัดเลือกสมการในการหาปริมาณสารคาเฟอีน

3.1 นำสเปกตรัมต้นแบบ (original spectra) ที่ได้หรืออาจทำการแปลงผลข้อมูลเพื่อลดผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น noise หรือ errors จากการวัดที่ปรากฏในสเปกตรัมจากข้อ 2.1 ไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี PLS จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler

3.2 ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาจากค่า R ค่า SEC และค่า SEP

3.3 นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาวิธีที่ดีที่สุด โดยตรวจสอบความแม่นยำของสมการที่สร้างขึ้นโดยเปรียบเทียบค่า SEP และค่า bias เพื่อประเมินโดยใช้ข้อมูลในส่วนที่ไม่ได้ใช้ในการทำสมการ

4. ประเมินความถูกต้องแม่นยำของสมการ

นำสมการที่ได้ไปใช้ในการประเมินค่าปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่วเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 12.3.2 การประเมินคุณภาพในผลิตผลและผลิตภัณฑ์ประเภทพืชไร่โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

มี 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1 การประเมินปริมาณสารวิตามิน บี 1 ในถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

ดำเนินการสร้าง standard curve ของสารมาตรฐานวิตามินบี 1 และทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการ (method validation) สำหรับวิเคราะห์สารวิตามินบี 1 ในถั่วเหลือง โดยวิธีห้องปฏิบัติการ (wet chemistry) แล้วจึงรวบรวมตัวอย่างถั่วเหลืองไม่น้อยกว่า 100 ตัวอย่าง จากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ และแหล่งจำหน่ายต่าง ๆ นำตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 นาโนเมตร และนำตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer โดยวัดสเปกตรัมแบบสะท้อนกลับ (reflectance) จากนั้นจึงนำตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองที่บดละเอียดไปวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี 1 ด้วยเครื่อง HPLC ดัดแปลงตามวิธีของ Gi-Ppeum Kim *et al*. (2014) นำข้อมูลเส้นสเปกตรัมต้นแบบที่ได้จากการสแกน และผลวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี 1 หรืออาจทำการแปลงผลข้อมูลเพื่อลดผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ noise หรือ errors จากการวัดที่ปรากฏใน spectrum ไปสร้างแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ด้วยวิธี Partial Least Square Regression (PLSR) จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler® version 9.7 ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่า Standard Error of Calibration (SEC) ต่ำ ค่า Standard Error of Prediction (SEP) ต่ำ และค่า Correlation Coefficient (R) สูง แล้วนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาวิธีที่ดีที่สุด ตรวจสอบความแม่นยำของสมการที่สร้างขึ้นโดยเปรียบเทียบค่า Standard Error of Prediction (SEP) และ Bias เพื่อประเมินโดยใช้ข้อมูลในส่วนที่ไม่ได้ใช้ในการทำสมการ และนำสมการที่ได้ไปใช้ในการประเมินค่าปริมาณวิตามินบี 1 เปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน

การทดลองที่ 2 การประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในข้าวโพดโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

รวบรวมตัวอย่างข้าวโพดจากแหล่งผลิตต่าง ๆ จำนวนไม่น้อยกว่า 50 ตัวอย่าง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer รุ่น 6500 ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร จากนั้นนำตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินบี 1 ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA). (อมรา และคณะ, 2547) จากนั้นจึงสร้างสมการและการคัดเลือกสมการในการหาปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 โดยนำเส้นสเปกตรัมที่ได้จากวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer และผลการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินบี 1 ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี ELISA ไปสร้างสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Partial Least Square Regression (PLSR) แบบ Full cross validation จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler® version 9.7 ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่า R ค่า SEC ค่า SEP และค่า bias มาใช้ในการประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในข้าวโพด

การทดลองที่ 3 การประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในถั่วเมล็ดแห้งโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

รวบรวมตัวอย่างถั่วลิสงเมล็ดแห้งจากแหล่งจำหน่ายทั่วไปจำนวนไม่ต่ำกว่า 100 ตัวอย่าง ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 นาโนเมตร โดยวัดสเปกตรัมแบบสะท้อนกลับ (reflectance) จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี ELISA นำสเปกตรัมที่ได้จากการวัดตัวอย่างด้วยเครื่อง NIR Spectrometer และผลที่ได้จากประเมินด้วย

กรมวิชาการเกษตร

วิธี ELISA ไปสร้างสมการด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Partial Least Square Regression (PLSR) แบบ Full cross validation จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler® version 9.7 แล้วทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) ที่มีค่าสูงใกล้เคียง 1 ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชั่น (Standard Error of Calibration, SEC) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมการ (Standard Error of Prediction, SEP) และ ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากเทคนิค NIRS และ วิธี ELISA (Averages of difference between NIRS values and actual, Bias) ที่มีค่าต่ำ มาใช้ในการประเมินปริมาณแอฟลาทอกซิน ประเมินความถูกต้องแม่นยำของสมการ โดยการทดสอบความสามารถในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินของสมการที่ได้เปรียบเทียบกับ วิธี ELISA เพื่อยืนยันความถูกต้องแม่นยำของสมการที่คัดเลือกมา โดยนำไปประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน ในถั่วลิสงเมล็ดแห้งจำนวน 20 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกับค่าการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

โครงการวิจัยที่ 12.3.3 การประเมินคุณภาพในสมุนไพรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

มี 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 การปรับปรุงและทดสอบสมการประเมินปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในผลิตภัณฑ์ขมิ้นผงโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

1. ออกเก็บตัวอย่าง และเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขมิ้นผงที่มีจำหน่ายในตลาดจำนวน 200 ตัวอย่าง

2. นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขมิ้นผงไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 นาโนเมตร และนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในผลิตภัณฑ์ขมิ้นผงด้วยวิธีวิเคราะห์ In-house's method (HPLC) ดัดแปลงจาก Pei-Yin Zhan (High-efficient column chromatographic extraction of curcumin from Curcuma longa) Food Chemistry 129 (2011) 700-703

3. นำ spectra ที่ได้ไปเพิ่มข้อมูลในสมการที่ได้จากการทดลองปี 2563 มาปรับปรุงสมการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) ที่มีค่าสูงใกล้เคียง 1 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (Standard Error of Calibration, SEC) และค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมการ (Standard Error of Prediction, SEP) ที่มีค่าต่ำ

4. ตรวจสอบความแม่นยำของสมการที่สร้างขึ้นโดยเปรียบเทียบค่า Standard Error of Prediction (SEP) และ Bias เพื่อประเมินโดยใช้ข้อมูลในส่วนที่ไม่ได้ใช้ในการทำสมการ

5. ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของสมการที่สร้างขึ้น โดยนำสมการไปประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในผลิตภัณฑ์ขมิ้นผง จำนวน 20 ตัวอย่าง

การทดลองที่ 2 การประเมินปริมาณสารไอโซฟลาโวนในกวาวเครือสดและผลิตภัณฑ์โดยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

1. การเตรียมตัวอย่าง

หัวกวาวเครือสด

รวบรวมหัวกวาวเครือสดที่ขนาดและอายุต่าง ๆ กัน จำนวน 120 ตัวอย่าง โดยนำหัวกวาวเครือมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้น นำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer รุ่น 6500 ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร

กวาวเครือผง

กรมวิชาการเกษตร

รวบรวมกวาวเครือผงจากแหล่งต่าง ๆ กัน จำนวน 130 ตัวอย่าง โดยนำกวาวเครือผงไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer รุ่น 6500 ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร

2. การประเมินปริมาณสารไอโซฟลาโวน

วิธีสกัดสารไอโซฟลาโวนในตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ทำการสกัด 2 ครั้ง ที่อุณหภูมิห้อง โดยเติม Methanol (MeOH) 50 และ 25 มล. แล้วนำไป sonication นาน 15 นาที จากนั้นกรองสารละลายผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 นำสารละลายที่ได้ไประเหยให้แห้งที่อุณหภูมิ 30 ºC จากนั้นละลายตัวอย่างที่ระเหยแห้งด้วย MeOH (HPLC grade) จำนวน 10 มล. กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง nylon membrane 0.45 มม. ก่อนฉีดเข้าเครื่อง HPLC

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

วิเคราะห์ปริมาณสารไอโซฟลาโวนโดยวิธี HPLC – photo diode array detector ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ใช้สารละลายเคลื่อนที่ A (mobile phase A) เป็น 0.1% TFA ในน้ำกลั่น 1 ลิตร และสารละลายเคลื่อนที่ B (mobile phase B) เป็น acetonitrile ผ่านคอลัมน์ชนิด YMC-Pack ODS-AM-303 (250 มม. X 4.6 มม. I.D.) ฉีดตัวอย่างเข้าเครื่อง HPLC ปริมาตร 20 ไมโครลิตร นาน 45 นาที ที่อัตราการเคลื่อนที่ของสารละลาย 0.4 มล. /นาที นำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณสารไอโซฟลาโวน (ไมโครกรัมต่อกรัม)

3. การสร้างสมการประเมินปริมาณสารไอโซฟลาโวน

นำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร และค่าการวิเคราะห์ในห้อง

ปฏิบัติการมาทำสมการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสร้างสมการโดยใช้หลักสถิติ Partial Least Square regression แบบ Full cross validation จากโปรแกรม The Unscrambler version 9.7 เลือกสมการที่มีประสิทธิภาพในการประเมินโดยดูจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient: R) ให้ใกล้เคียงกับ 1 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (Standard Error of Calibration: SEC) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของการประเมินต่ำ (Standard Error of Prediction: SEP) และค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIR (Bias) ต่ำ

4. การประเมินความถูกต้องแม่นยำของสมการ

ทดสอบความแม่นยำของสมการโดยนำสมการที่ได้ไปใช้ประเมินปริมาณสารไอโซฟลาโวนในตัวอย่างกวาวเครือสดและกวาวเครือผงที่ไม่อยู่ในชุดที่ใช้สร้างสมการ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีการที่ประเมินด้วยเทคนิค NIRS และวิธีมาตรฐานที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ผลการวิจัย (Results)

โครงการที่ 12.3.1 การประเมินคุณภาพผักและผลไม้สดโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

สมการเทียบมาตรฐานเบื้องต้นสำหรับใช้ประเมินปริมาณไลโคพีนในผลมะเขือเทศสดขนาดผลใหญ่ 4 พันธุ์ คือ เทเบิล โทมัส เนื้อ และท้อ โดยการทำนายค่าวัดสี a* (ค่าสีเขียว/แดง) และปริมาณไลโคพีน ด้วยเครื่อง FQA-NIR Gun แบบพกพา ในช่วงความยาวคลื่นสั้นระหว่าง 600-1,100 นาโนเมตร มีความแม่นยำเมื่อนำไปทดสอบการทำนายค่าในผลมะเขือเทศที่ไม่ได้ใช้ในการสร้างสมการในระดับการทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณอย่างหยาบ

สมการประเมินปริมาณสารแคปไซซินในตัวอย่างพริกสดที่ช่วงความยาวคลื่น 400-2,500 นาโนเมตร ใช้ระบบสะท้อนแสง โดยใช้เครื่อง NIR spectrometer รุ่น 6500 ของบริษัท FOSS มีค่า R เท่ากับ 0.74 ค่า SEC และ SEP เท่ากับ 204 และ 226 µg/g. ตามลำดับ และมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 6 ปัจจัย สามารถใช้ในการประเมิน

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณสารแคปไซซินในตัวอย่างพริกสดได้ในระดับการทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณอย่างหยาบได้ในช่วง 540-1,993 µg/g.

การประเมินปริมาณสารคาเฟอีนของเมล็ดกาแฟคั่วด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี โดยระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ ในช่วงความยาวคลื่น 400-2,500 นาโนเมตร ความยาวคลื่นที่สำคัญสำหรับการสร้างสมการเพื่อทำนายปริมาณสารคาเฟอีน คือ 1,128 1,672 2,250 และ 2,332 นาโนเมตร โดยสมการเทียบมาตรฐาน PLSR สามารถทำนายปริมาณสารคาเฟอีนในช่วง 0.01-2.19 กรัมต่อร้อยกรัมของน้ำหนักแห้ง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการที่ 12.3.2 การประเมินคุณภาพในผลิตผลและผลิตภัณฑ์ประเภทพืชไร่โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีสามารถใช้ประเมินปริมาณสารวิตามินบี 1 ในถั่วเหลืองในช่วง 0.02-1.23 mg/100g DW ได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งสามารถใช้ประเมินปริมาณสารพิษจากเชื้อราแอฟลาทอกซิน บี 1 ในเมล็ดข้าวโพดในช่วง 0-14.70 ppb. ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมสำหรับการคัดเลือกแบ่งกลุ่มแบบคร่าว ๆ และประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในตัวอย่างถั่วลิสงเมล็ดแห้งได้ในระดับการทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณอย่างหยาบในช่วง 4.40-59.95 ppb. โดยความยาวคลื่นที่ใช้ในเทคนิค NIRS เพื่อการประเมินปริมาณสารวิตามินบี 1 และปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในข้าวโพดและถั่วเมล็ดแห้งอยู่ในช่วง 400 - 2500 นาโนเมตร ใช้หลักการสะท้อนแสง (reflection) และใช้สเปกตรัมต้นแบบ (original spectrum) โดยใช้เครื่อง Near Infrared spectrometer รุ่น 6500 ของบริษัท FOSS

โครงการที่ 12.3.3 การประเมินคุณภาพในสมุนไพรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

สมการที่ได้จากเทคนิค NIRS โดยใช้เครื่อง Near Infrared spectrometer รุ่น 6500 ของบริษัท FOSS สามารถใช้ในการประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผง ที่ช่วงคลื่น 400-2500 นาโนเมตร ใช้ระบบสะท้อนแสง มีค่า R 0.93 SEP 2.82 % และ SEC 2.44 % และมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 8 ปัจจัย สามารถใช้ในการประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผงได้ในระดับเพื่องานวิจัยและงานทั่วไปได้ ในช่วง 0.76-43.18 % สามารถประเมินปริมาณสารไอโซฟลาโวนในกวาวเครือสดที่ช่วงคลื่น 1000-2500 นาโนเมตร และผลิตภัณฑ์ช่วงคลื่น 800-2500 นาโนเมตร ใช้ระบบสะท้อนแสง มีค่า R 0.81 และ 0.85 ตามลำดับ มีค่า SEP = 4.40 และ 0.28 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีอ้างอิง คือ 12.09 และ 5.84 µg/g. ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (Standard Error of Calibration, SEC) คือ 11.41 และ 0.23 µg/g. และมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 9 ปัจจัย สมการที่ได้นี้สามารถใช้ในการประเมินปริมาณสารไอโซฟลาโวนในกวาวเครือสดและผลิตภัณฑ์ได้ในระดับการทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณหรือประเมินค่าเบื้องต้น ในช่วง 3.92-172.93 และ 11.81-318.86 µg/g. ตามลำดับ

อภิปรายผล (Discussion)

โครงการที่ 12.3.1 การประเมินคุณภาพผักและผลไม้สดโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

สมการที่ใช้ในการประเมินปริมาณสารไลโคพีนในผลมะเขือเทศให้ค่าความแม่นยำในระดับการทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณอย่างหยาบ เนื่องจากค่า R ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าทำนายด้วย NIRS กับค่าอ้างอิงในห้องปฏิบัติการ มีค่าไม่สูงมากนัก (R เท่ากับ 0.71) แสดงให้เห็นว่า สมการที่สร้างได้ยังมีประสิทธิภาพไม่มากพอจะนำไปใช้ทดแทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากข้อจำกัดของเครื่องมือที่วัดได้เฉพาะช่วงความยาวคลื่นสั้น ในขณะที่สเปกตรัมหลักของสารไลโคพีนส่วนใหญ่อยู่ในช่วงคลื่นยาวระหว่าง 1,100-2,500 นาโนเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร

รวมถึงความแตกต่างกันของผลิตผลมะเขือเทศซึ่งเป็นผลิตผลสดที่มีองค์ประกอบภายนอก เช่น สี ความหนาและลักษณะของผนังผล และองค์ประกอบภายในผล เช่น ปริมาณน้ำ ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด ปริมาณสารต่าง ๆ ที่ความหลากหลายและไม่สม่ำเสมอกันในแต่ละผล เช่นเดียวกับสมการที่ใช้ในการประเมินสารแคปไซซินในผลพริกสด ที่มีความแม่นยำในระดับการทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณอย่างหยาบ จากการที่ค่า R ของสมการไม่สูงมากนัก ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากผลพริกที่นำมาใช้เป็นตัวอย่างผลิตผลสดที่มีองค์ประกอบทั้งภายนอกและภายในแต่ละผลไม่สม่ำเสมอกัน อย่างไรก็ตาม สมการทำนายค่าที่ได้ยังคงมีความแม่นยำเพียงพอที่จะใช้ในการประเมินปริมาณสารไลโคพีนแบบหยาบ ๆ อย่างรวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง ส่วนสมการทำนายค่าปริมาณสารคาเฟอีนของเมล็ดกาแฟคั่ว ให้ค่า R ที่ค่อนข้างสูงและมีค่าเข้าใกล้ 1 (ค่า R เท่ากับ 0.98) ดังนั้น สมการที่ได้นี้สามารถนำไปใช้ในการประเมินปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่วได้อย่างมี

โครงการที่ 12.3.2 การประเมินคุณภาพในผลิตผลและผลิตภัณฑ์ประเภทพืชไร่โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

สมการประเมินปริมาณสารวิตามินบี 1 สามารถใช้ตรวจสอบตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองได้ถูกต้องแต่ควรใช้ด้วยความระมัดระวัง (usable with caution for most applications) แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องเพิ่มจำนวนตัวอย่างที่มีความหลากหลายมากขึ้นเพื่อเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ของเมล็ดให้ใกล้เคียง 1 เพื่อเป็นการพัฒนาสมการให้สามารถนำไปใช้ในการประเมินปริมาณสารวิตามินบี 1 ในเมล็ดถั่วเหลืองได้ถูกต้อง ส่วนสมการประเมินปริมาณสารพิษจากเชื้อราแอฟลาทอกซิน บี 1 ในเมล็ดข้าวโพด สามารถใช้ตรวจสอบตัวอย่างในเมล็ดข้าวโพดได้สำหรับการคัดเลือกแบ่งกลุ่มแบบคร่าว ๆ (rough screening) และสามารถนำสมการ ไปใช้ในการประมาณค่าเบื้องต้นของปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในตัวอย่างถั่วลิสงเมล็ดแห้งได้ สอดคล้องกับชีวานันท์ (2558) พบว่าสามารถนำเทคนิค NIRS ประยุกต์ใช้เพื่อตรวจหาเชื้อราที่ผลิตละแอฟลาทอกซินบี 1 ในข้าวกล้องได้ และรติพร (2561) ใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการตรวจสอบปริมาณความชื้น และแอฟลาทอกซินบี 1 ในตัวอย่างที่ทำการบด คือ ข้าวโพด พริกไทย และถั่วลิสง พบว่าสามารถใช้ตรวจสอบคุณภาพได้

โครงการที่ 12.3.3 การประเมินคุณภาพในสมุนไพรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

สมการที่ได้จากเทคนิค NIRS โดยใช้เครื่อง Near Infrared spectrometer รุ่น 6500 ของบริษัท FOSS สามารถใช้ในการประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผง ที่ช่วงคลื่น 400-2500 นาโนเมตร ใช้ระบบสะท้อนแสงได้ในระดับเพื่องานวิจัยและงานทั่วไปได้ ในช่วง 0.76-43.18 % สามารถประเมินปริมาณสารไอโซฟลาโวนในกวาวเครือสดที่ช่วงคลื่น 1000-2500 นาโนเมตร และผลิตภัณฑ์ช่วงคลื่น 800-2500 นาโนเมตร ใช้ระบบสะท้อนแสงได้ในระดับการทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณหรือประเมินค่าเบื้องต้น ในช่วง 3.92-172.93 และ 11.81-318.86 µg/g. ตามลำดับ

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

การใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตสโคปี (NIRS) เพื่อประเมินหาปริมาณสารไลโคพีนในมะเขือเทศรับประทานสดผล ปริมาณสารแคปไซซินในผลพริกสด ปริมาณสารคาเฟอีนในกาแฟ ปริมาณวิตามินบี 1 ในถั่วเหลือง สารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้น สารไอโซฟลาโวนในกวาวเครือ และสารพิษแอฟลาทอกซินในข้าวโพดและถั่วลิสงนั้น พบว่าเทคนิค NIRS สามารถนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพ และหาปริมาณสารในผลิตผลเกษตร เพื่อลดระยะเวลา ต้นทุน และการใช้สารเคมีได้ แต่อย่างไรเพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำในการประเมินปริมาณและคุณภาพผลิตผลและผลิตภัณฑ์นั้น ตัวอย่างที่นำมาใช้ประเมินจะต้องมีปริมาณค่าของสารที่ต้องการตรวจสอบอยู่ในช่วง (range) ที่สมการประเมินได้ รวมถึงการใช้เครื่อง Near Infrared Spectrometer รุ่น NIRSystems 6500 (FOSS) สำหรับการประเมินสารในตัวอย่างถั่วเหลือง พริก กาแฟ กวาวเครือ ข้าวโพด และถั่วลิสง และการใช้เครื่อง FQA-NIR GUN แบบพกพา เพื่อประเมินปริมาณสารไลโคพีนในมะเขือเทศ เพราะเครื่องดังกล่าวนำมาใช้ในการสร้างสมการด้วยเทคนิค NIRS นอกจากนี้นักวิจัยควรพัฒนา และปรับปรุงสมการให้มีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น โดยเพิ่มจำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณความเข้มข้นของสารสำคัญ และมีคุณสมบัติที่ต้องการตรวจสอบให้มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อที่จะเพิ่มความแม่นยำในการประเมินตัวอย่างให้มีความน่าเชื่อถือ และนำไปประยุกต์ใช้ในพืชหลากหลายสายพันธุ์ต่อไปได้ ข้อเสนอแนะที่ควรพัฒนางานสำหรับเทคนิค NIRS นี้ คือการเพิ่มโอกาสและศักยภาพในการนำสมการการประเมินต่างๆ จากแผนงานวิจัยย่อยนี้ ไปปรับใช้กับเครื่อง NIR Spectrometer ในรุ่น และยี่ห้ออื่นๆ ได้ เนื่องจากพบว่าเทคนิค NIRS อาจมีข้อจำกัดในเรื่องความถูกต้องของการประเมินจะคลาดเคลื่อนได้ หากนำสมการไปใช้กับเครื่อง NIR Spectrometer รวมทั้งช่วงคลื่น และช่วงปริมาณสารนั้นๆ ไม่เหมือนกับสมการต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมา ดังนั้นแนวทางการแก้ไข คือการพัฒนาความเป็นไปได้ในการถ่ายโอนสมการจากเครื่องต้นแบบยังเครื่องรุ่นอื่นๆ เพื่อเพิ่มแนวโน้มในการนำเทคนิค NIRS ไปใช้ได้อย่างแพร่หลาย และก่อให้เกิดประโยชน์ทุกภาคส่วนตลอดห่วงโซ่อุปทานทางการเกษตรต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทสรุป

การวิจัยด้านการประเมินการสูญเสียของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน มีการอ้างอิงเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) 12.3.1 ดำเนินการในผลิตผลพืชสวนและพืชไร่ 6 ชนิด คือ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว กาแฟอาราบิก้า พริก และมะเขือเทศโรงงาน พบว่า การเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองและข้าวโพดด้วยรถเกี่ยวเป็นจุดวิกฤตสำคัญที่ก่อให้เกิดการสูญเสีย ควรพัฒนาวิธีการและเครื่องมือเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม จุดวิกฤตของกาแฟอาราบิก้าคือขั้นตอนการเก็บเกี่ยว พบการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟ ป้องกันด้วยการทำความสะอาดแปลงและทำลายแหล่งที่อยู่อาศัย และการสูญเสียในขั้นตอนการเก็บรักษา ป้องกันด้วยการจัดการสภาพการเก็บรักษาที่เหมาะสม การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของพริกขี้หนู พบโรคและแมลงเข้าทำลาย เนื่องจากเกษตรกรขาดแรงจูงใจในการคัดแยกผลผลิตก่อนขาย ส่วนการสูญเสียในขั้นตอนการค้าส่งมีการฉีกหักและโรคเข้าทำลาย ป้องกันด้วยเก็บรักษาและขนส่งด้วยห้องเย็น การสูญเสียของมะเขือเทศโรงงานในแปลงปลูก จากโรคพืชเข้าทำลาย และการสูญเสียการเก็บรักษาเกิน 3 วันก่อนส่งโรงงาน ป้องกันได้ด้วยการจัดการแผนการเก็บเกี่ยว ระบบการเก็บรักษาและการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ และได้สมการประเมินปริมาณเมล็ดเสียของข้าวเปลือกและข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ

ด้านการวิจัยและพัฒนาการลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร เพื่อลดการสูญเสียที่มีสาเหตุจากการเสื่อม ได้วิธีที่ยืดอายุผลิตผล เช่น การใช้ถ่านซังข้าวโพดดูดซับเอทิลีนในกล้วยหอม การเก็บรักษามังคุดในบรรจุภัณฑ์ MAP ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน การบรรจุผักสลัดบัตเตอร์เฮดและคอสในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน ข้าวโพดฝักอ่อนใส่ถาดพลาสติกหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน เงาะในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน การเคลือบผิวส้มโอด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบา รวมถึงการให้แคลเซียมในมะม่วงก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถลดการสูญเสียจากการฉายรังสีได้ การสูญเสียจากโรคและแมลงศัตรูพืชและสารพิษจากเชื้อรา ได้วิธีการแช่น้ำร้อน สารกลุ่มปลอดภัยควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวใน พริก และส้ม การใช้น้ำคั้นกระเทียมสดลดการสร้างสารแอฟลาทอกซินในพริกแห้ง การพัฒนาชุดตรวจสอบโอคราทอกซิน เอ ในผลิตผลเกษตร การตากถั่วลิสงเพื่อลดการสร้างสารแอฟลาทอกซิน การใช้สารฆ่าแมลงกำจัดแมงศัตรูในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การใช้ก๊าซไนโตรเจนกำจัดด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งในข้าวสาร การใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูกำจัดด้วงถั่วเขียว การใช้สารสกัดจากใบหูเสือกำจัดเพลี้ยแป้งทุเรียน

ด้านการวิจัยและพัฒนาการประเมินปริมาณและคุณภาพผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรอย่างรวดเร็วโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (NIRS) ได้ศึกษาการประเมินปริมาณและคุณภาพสารสำคัญเพื่อสร้างสมการและทดสอบความถูกต้องในผลิตผลเกษตร พบว่าสมการที่ได้มีระดับความสามารถในการนำไปใช้ ดังนี้ สมการประเมินสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่ว ใช้ทำนายเพื่อการประกันคุณภาพ สมการประเมินสารไลโคพีนในผลมะเขือเทศสด จากการวัดค่าสี a* (สีเขียว/แดง) สมการประเมินสารวิตามินบี 1 ในเมล็ดถั่วเหลือง และสมการประเมินสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผง ใช้ทำนายเพื่องานวิจัยและงานทั่วไป สมการประเมินสารไอโซฟลาโวนในกวาวเครือสด และผลิตภัณฑ์ ใช้ทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณหรือประมาณค่าเบื้องต้น สมการประเมินสารแคปไซซินในพริกสด และสารพิษแอฟลาทอกซิน บี1 ในเมล็ดข้าวโพด และถั่วลิสง ใช้ทำนายค่าเพื่อการแบ่งระดับปริมาณอย่างหยาบ

ข้อเสนอแนะ

การประเมินการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและเชิงคุณภาพของผลิตผลในขั้นตอนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตตั้งแต่การเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่ง จนกระทั่งผลผลิตถึงมือผู้บริโภค เพื่อทราบจุด

กรมวิชาการเกษตร

วิกฤตของการสูญเสีย รวมถึงปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง จะนำไปสู่การจัดหาเทคโนโลยีในการควบคุมความสูญเสียที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ แต่ต้องมีการจัดการที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจและการยอมรับของผู้เกี่ยวข้องด้วย

การประเมินความสูญเสียของผลิตผลอาจทำได้หลายวิธี ตั้งแต่วิธีที่ปฏิบัติกันมาแต่เดิม เช่น การ สุ่มตรวจคุณภาพ ที่มีการทำลายตัวอย่าง และวิธีการสมัยใหม่ที่มีการใช้สมการประเมินความสูญเสียของผลผลิตที่สามารถนำไปต่อยอดใช้ในการประเมินความสูญเสียที่เกิดจากการเข้าทำลายของศัตรูพืชได้อย่างรวดเร็ว เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับผลผลิต หรือการใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพที่ไม่ทำลายตัวอย่าง เช่น ขณะที่ การใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี หรือ NIRS สามารถนำมาใช้ในการประเมินผลิตผลเกษตรทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ สามารถนำมาใช้ประเมินปริมาณสาระสำคัญ เช่น สารวิตามินบี 1 ในเมล็ดถั่วเหลือง สารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผง ประเมินปริมาณสารไอโซฟลาโวนในกวาวเครือสด และผลิตภัณฑ์ หรือสารพิษจากเชื้อรา แอฟลาทอกซิน บี 1 เป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพที่รวดเร็ว ช่วยประหยัดเวลา มีความปลอดภัย และในระยะยาวสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ แต่ต้องมีการสร้างและพัฒนาสมการเทียบมาตรฐานเบื้องต้นที่มีความแม่นยำ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำนายค่าหรือตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลได้ดีหรือใกล้เคียงกับค่าวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ แต่ยังคงมีข้อจำกัดที่ส่งผลให้ให้สมการที่ได้มีความแม่นยำไม่มากพอจะนำไปใช้ในการประเมินที่ต้องการความถูกต้องสูง ซึ่งสาเหตุอาจเป็นเพราะความแตกต่างกันของสภาพทางกายภาพภายนอกของผลิตผล โดยเฉพาะผลิตผลสด เช่น สี ความหนาและลักษณะของผนังผล และองค์ประกอบภายในผล เช่น ปริมาณน้ำ ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด ปริมาณสาร รวมทั้งข้อจำกัดของเครื่องมือ เช่น เครื่อง FQA-NIR Gun แบบพกพา ที่ใช้ได้เฉพาะช่วงความยาวคลื่นสั้นระหว่าง 600-1,100 นาโนเมตร ทำให้มีผลต่อค่าสเปกตรัมที่วัดได้ และส่งผลต่อความแม่นยำในการทำนายค่าของสมการเทียบมาตรฐานเมื่อนำไปทดสอบการใช้งานจริง ดังนั้น ในการพัฒนาสมการทำนายค่าด้วยเทคนิค NIRS ให้มีความแม่นยำสูง จำเป็นต้องมีการเก็บตัวอย่างเพิ่มขึ้นและปรับปรุงสมการอย่างต่อเนื่องเพื่อลดความหลากหลายและเพิ่มความแม่นยำของสมการ

การควบคุมการสูญเสียที่มีประสิทธิภาพประกอบด้วยปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ 1.) การดำเนินการควบคุมการสูญเสียจะเลือกจุดวิกฤติของการสูญเสียเพื่อให้สามารถควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2.) การดำเนินการควบคุมจะต้องดำเนินการที่สาเหตุของการสูญเสีย ไม่ว่าจะเกิดจากโรค แมลง สภาพแวดล้อม ความเสื่อมทางสรีระวิทยา หรือการปฏิบัติที่ไม่เหมาะสมในขั้นตอนต่างๆ 3.) วิธีการควบคุมจะต้องมีประสิทธิภาพ มีความปลอดภัยต่อทั้งผลผลิต ผู้ปฏิบัติ และผู้บริโภค

เมื่อได้วิธีการประเมินความสูญเสียและแนวทางการควบคุมที่เหมาะสมแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือไปคือการจัดทำคู่มือแนะนำวิธีการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น และทดสอบเทคโนโลยีหลังเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

- งบประมาณล่าช้า ทำให้เริ่มดำเนินการทดลองช้ากว่ากำหนด
- ปัญหาสถานการณ์ COVID ทำให้ไม่สามารถออกปฏิบัติงาน ไม่สามารถเดินทางไปสัมภาษณ์เกษตรกรตามที่วางแผนไว้ ส่งผลต่อการขาดข้อมูลการตรวจวัดจริง (actual measurement) ที่ล่วงเลยช่วงการเก็บเกี่ยว
- งบประมาณที่ลดลง ส่งผลต่อแผนการดำเนินงานที่วางไว้ (จำนวนข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์ และการตรวจวัดจริง) อาจมีความจำเป็นต้องปรับวิธีการเก็บตัวอย่างลดลง แต่ไม่กระทบต่อตัวชี้วัด (KPI) ของการทดลอง

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

เอกสารอ้างอิง (References)

กรมวิชาการเกษตร. 2559. การผลิตกาแฟครบวงจร : การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว. (วันที่17 พ.ค.59) เข้าถึงได้จากอินเตอร์เน็ต http://www.doa.go.th/hort/images/stories/academy/coffee/prepostharvest.pdf

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

สถาบันพืชสวน. 2562. คู่มือการจัดการการผลิตกาแฟอะราบิกา. กรมวิชาการเกษตร. 30 หน้า

Acedo AL Jr., Weinberger K. 2010. Vegetables postharvest: Simple techniques for increased income and market. AVRDC – The World Vegetable Center, Taiwan and GTZ-RegionalEconomic Development Program, Cambodia. 37 p.

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

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

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

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

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.

Hussain, P. R., R. S. Meena, M. A. Dar, and A. M. Wani. 2012. Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality and shelf-life extension of Red delicious apple. Journal of food science and technology 49(4): 415-426.

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

กรมวิชาการเกษตร

mango fruit (*Mangifera indica* L.). Horticulture, Environment, and Biotechnology 59(4): 537-546.

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

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

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.

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

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

กรมวิชาการเกษตร