รายงานแผนงานวิจัยย่อย

การประเมินการสูญเสียของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

Postharvest Loss Assessment of Agricultural Products and Products Throughout Supply Chain

ชื่อหัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม
Kannikar Pengkum

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

รายงานแผนงานวิจัยย่อย

การประเมินการสูญเสียของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

Postharvest Loss Assessment of Agricultural Products and Products Throughout Supply Chain

ชื่อหัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม
Kannikar Pengkum

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ

แผนงานวิจัยย่อยการประเมินการสูญเสียของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน เป็นแผนงานวิจัยย่อยภายใต้แผนงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตผลเกษตร ประกอบด้วย 2 โครงการวิจัย คือ โครงการประเมินการสูญเสียของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน และการลดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร ซึ่งเป็นแผนงานที่มีระยะเวลาการดำเนินการ 1 ปี โดยมีการดำเนินการในพืชทั้งหมด 5 ชนิด คือ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว พริก มะเขือเทศ และกาแฟ

กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม
หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

	หน้า
ผู้วิจัย	1
บทนำ	2
บทคัดย่อ	5
Abstract	6
1. โครงการวิจัย 1 การประเมินการสูญเสียของพืชไร่ ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน	7
2. ชื่อโครงการวิจัย 2 การประเมินการสูญเสียของพืชสวน ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน	30
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม	47

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญภาพ

หน้า

Figure 1 Soybean supply chain and stakeholders involved in the supply chain in Thailand 18

Figure 2 ระดับปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการสูญเสียข้าวโพดตลอดห่วงโซ่อุปทาน (level of driving factors affecting to maize food loss along supply chain) 24

Figure 3 ผังกิจกรรมและความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด 25

Figure 4 ห่วงโซ่อุปทานของกาแฟอาราบิก้าในภาคเหนือ 39

Figure 5 ห่วงโซ่อุปทานของพริกขี้หนู 42

Figure 6 ห่วงโซ่อุปทานของมะเขือเทศโรงงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 43

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญตาราง

หน้า

Table 1 Impact of each step in the supply chain on the amount of soybean losses (data from interviews of farmers and entrepreneurs 17

Table 2 Moisture content (%), loss (%), protein and fat concentrations of soybeans after dried and packed in plastic sacks (before being sold) at 3 sampling points *viz*. farmer's house (after drying), collection point (agricultural produce shop and agricultural cooperatives) and processor warehouse 17

Table 3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่ออุตสาหกรรมข้าวโพด 22

Table 4 ข้อมูลความสูญเสียในแต่ละขั้นตอนตลอดห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด 23

Table 5 The model summary of grain losses of milled rice analyzed by stepwise regression method 28

Table 6 Coefficients of equation for estimate grain losses of milled rice caused by major stored product pests model 28

Table 7 The model summary of weight loss of milled rice analyzed by stepwise regression method 28

Table 8 The model summary of seed damage of paddy rice analyzed by stepwise regression method 28

Table 9 Coefficients of equation for estimate grain losses of paddy rice caused by major stored product pests model 28

Table 10 The model summary of weight loss of paddy rice analyzed by stepwise regression method 29

Table 11 การสูญเสียในกิจกรรมการเก็บเกี่ยวของกาแฟอาราบิก้า 40

Table 12 การสูญเสียในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวและการค้าส่งพริกขี้หนู 42

Table 13 การสูญเสียของผลผลิตมะเขือเทศในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว 43

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม
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
Jaitip Uraichuen

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

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 เปอร์เซ็นต์หากการดูแลรักษาไม่เหมาะสม

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

กรมวิชาการเกษตร

และผลไม้เป็นผลิตผลเกษตรที่มีสรีระที่อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลง 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

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

เพื่อให้ได้ข้อมูลดัชนีความสูญเสียในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน ของผลิตผลพืชไร่และพืชสวนบางชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว พริก มะเขือเทศ และกาแฟ

เพื่อศึกษาแนวทางการลดหรือป้องกันการสูญเสียในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลพืชไร่และพืชสวนบางชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว พริก มะเขือเทศ และกาแฟ

ขอบเขตของโครงวิจัยคือ การศึกษาแนวทางการประเมินปริมาณการสูญเสียตั้งแต่การเก็บเกี่ยวในแปลง วิธีการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการเก็บรักษา เพื่อหาจุดวิกฤติของการสูญเสียในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลทั้งพืชไร่ และพืชสวน 6 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว พริก มะเขือเทศ กาแฟ และแนวทางในการควบคุมการสูญเสีย โดยมีความเชื่อมโยงตลอดแผนงาน ดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

ประเด็นปัญหา	ผลิตผลเกษตรและผลิตภัณฑ์เกิดความสูญเสียง่ายในขบวนการหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมีและสรีระที่เสื่อมสลายง่าย	กรมวิชาการเกษตรเป็นหนึ่งในคณะอนุกรรมการด้านการลดการสูญเสียอาหารที่รับผิดชอบประสานงานหลัก 3 ชนิดสินค้า ซึ่งครอบคลุมกลุ่ม พืชไร่ พืชสวน และพืชหัว	เกษตรกรขาดองค์ความรู้เกี่ยวกับการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเป็นสาเหตุของความสูญเสีย
เป้าหมาย	ได้ดัชนีการสูญเสีย ปริมาณการสูญเสีย ในแต่ละขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลพืชไร่และพืชสวนบางชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว พริก มะเขือเทศ และกาแฟ เพื่อหาจุดวิกฤติที่ก่อให้เกิดความสูญเสีย	ได้แนวทางเพื่อลดความสูญเสียผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรที่มีประสิทธิภาพตรงกับจุดวิกฤต ถ่ายทอดแก่เกษตรกร และผู้ประกอบการ เป็นการลดต้นทุนการผลิตและลดการสูญเสียอาหารอย่างยั่งยืน	
แนวทาง	ศึกษาหาปริมาณและสาเหตุของการสูญเสียในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การเก็บเกี่ยว การขนส่ง การเก็บรักษาของผลิตผลเกษตรทั้งพืชไร่และพืชสวนบางชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว พริก มะเขือเทศ และกาแฟ	หาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับผลิตผลเกษตรประเภทต่างๆ เพื่อลดการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของผลิตผลเกษตรทั้งพืชไร่และพืชสวนบางชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว พริก มะเขือเทศ และกาแฟ	
การดำเนินการ	การประเมินการสูญเสียของพืชไร่และพืชสวนในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน ↓ 1. สำรวจและรวบรวมข้อมูลการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทานของถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว พริก มะเขือเทศ และกาแฟ ในประเทศไทย 1.1 สำรวจพื้นที่ปลูกและกำหนดจำนวนตัวอย่างที่ต้องเก็บข้อมูลศึกษา -รวบรวมข้อมูลพื้นที่ปลูก -กำหนดจำนวนตัวอย่างที่จะต้องรวบรวมข้อมูลในทุกขั้นตอน 1.2 ประเมินการสูญเสียในทุกขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว 1.3 วิเคราะห์จุดวิกฤติความสูญเสีย 2.หาแนวทางในการลดลดปริมาณการสูญเสียในการผลิตตลอดห่วงโซ่อุปทานจากข้อมูลการวิเคราะห์จุกวิกฤติความสูญเสียที่ได้จากข้อ 1.		
ผลผลิต	- ได้ดัชนีการสูญเสีย ปริมาณการสูญเสีย ในแต่ละขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลพืชไร่และพืชสวนบางชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าว พริก มะเขือเทศ และกาแฟ เพื่อหาจุดวิกฤติที่ก่อให้เกิดความสูญเสีย - ได้แนวทางการลดความสูญเสียผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรที่มีประสิทธิภาพตรงกับจุดวิกฤต ถ่ายทอดแก่เกษตรกร และผู้ประกอบการ เป็นการลดต้นทุนการผลิต และลดการสูญเสียอาหารอย่างยั่งยืน		
กลุ่มเป้าหมาย	- เกษตรกรผู้ปลูก และผู้ประกอบการแปรรูป - นักวิชาการ นักศึกษา และผู้ที่สนใจทั่วไป		

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 การสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลงจากมอดเจาะ แนวทางการป้องกันด้วยการทำความสะอาดแปลงและทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของมอดเจาะผลกาแฟ และการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบในขั้นตอนการเก็บรักษา ป้องกันด้วยการจัดการสภาพการเก็บรักษาโดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 55-60 %RH และอุณหภูมิไม่เกิน 28 องศาเซลเซียส ในผลิตผลพริกขี้หนูพบว่าการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวมีสาเหตุหลักจากโรคและแมลง เนื่องจากการซื้อขายมักเป็นการซื้อโดยไม่แยกเกรดเกษตรกรขาดแรงจูงใจในการคัดแยกผลผลิตก่อนขาย ส่วนการสูญเสียในขั้นตอนการค้าส่งพริกขี้หนูเขียวมีการสูญเสียรวม ร้อยละ 41.1 โดยพบว่ามีการปะปนของพริกแดงมากที่สุดและมีการฉีกหักและโรคเข้าทำลายมากกว่าพริกแดง อาจเป็นผลจากขั้นตอนการเก็บรักษาและขนส่งพริกไม่มีการใช้ห้องเย็น มะเขือเทศ พบว่ามะเขือเทศมีการสูญเสียในแปลงปลูกค่อนข้างสูง สาเหตุหลักจากโรคพืชเข้าทำลาย ส่วนในขั้นตอนการรวบรวม/รับซื้อผลผลิตการสูญเสียจะเกิดสูงมากในผลิตผลที่มีการเก็บรักษาเกิน 3 วันก่อนส่งโรงงาน การป้องกันได้ด้วยการจัดการแผนการเก็บเกี่ยวและระบบการเก็บรักษาและการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ สำหรับการประเมินความสูญเสียของข้าว ศึกษาการใช้สมการเพื่อประเมินความสูญเสียจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ผลคือได้สมการประเมินปริมาณเมล็ดเสียของข้าวเปลือกและข้าวสารจากแมลงศัตรูสำคัญ โดยทั้ง 2 สมการมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 75 และ 91% ตามลำดับ

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

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.

โครงการวิจัยที่ 1

การประเมินการสูญเสียของพืชไร่ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

Assessment of Postharvest Loss in field crops Supply Chain

ผู้วิจัย

เนตรา สมบูรณ์แก้ว

Nettra Somboonkaew

จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ

Jarurat Pumprasert

ณัฐกานต์ สาตราภัย

Nutthakan Sattrapai

กัลยลักษณ์ เสนาะสำเนียง

Kanyalak Sanosomneng

สิทธิพงษ์ ศรีสว่างวงษ์

Sittiphong Srisawangwong

วิมลรัตน์ ดำขำ

Wimonrat Dumkum

ศิวกร เกียรติมณีรัตน์

Siwakorn keatmaneerat

นฤเทพ เวชภิบาล

Naruthep Wechpibal

อรวรรณ จิตต์ธรรม

Orawn Jittham

กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม

Kannikar Pengkum

และ

ใจทิพย์ อุไรชื่น

Jaitip Uraichuen

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ถั่วเหลืองเป็นสินค้าเกษตรในกลุ่มธัญพืช จากรายงานผลการศึกษาการสูญเสียถั่วเหลืองในประเทศบราซิล ระหว่างปี 2545-2554 พบว่า การสูญเสียในขั้นตอนการจัดการในแปลงปลูก (Agricultural Production) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากร้อยละ 43.6 (2.56 ล้านตัน) ในปี 2545 เป็นร้อยละ 46.3 (4.49 ล้านตัน) ในปี 2554 ขณะที่ขั้นตอนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 21.8 เป็นร้อยละ 23.2 หรือจาก 1.28 ล้านตันเป็น 2.24 ล้านตัน และขั้นตอนการแปรรูปและการบรรจุ ก่อให้เกิดการสูญเสียเฉลี่ยร้อยละ 30.2 (2.92 ล้านตัน) ในปี 2554 โดย Gustavsson, *et al*. (2011), Bond, *et al*. (2013) และ Irfanoglu, *et al*. (2014) ได้เสนอวิธีการลดการสูญเสียโดยการปรับปรุงพันธุ์ และการใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในการจัดการ ซึ่งต้องการการลงทุนที่สูง เป็นอุปสรรคในการแก้ไขปัญหาการสูญเสียอาหารในประเทศกำลังพัฒนาอย่างยิ่ง ในปีเพาะปลูก 2562/2563 ประเทศไทยผลิตถั่วเหลืองได้ 26,283.20 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งผลิตถั่วเหลืองที่สำคัญของประเทศ สำหรับการศึกษาการสูญเสียถั่วเหลืองในประเทศไทยนั้นมีเพียงเล็กน้อยและไม่มีการเก็บข้อมูลการสูญเสียอย่างชัดเจน

ข้าวโพด (maize หรือ corn, *Zea mays* L.) เป็นธัญพืช (cereal crop) ที่มีการปลูกในเกือบทุกภูมิภาคทั่วโลก เนื่องจากเป็นพืชที่ขึ้นได้ในหลายสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ และเป็นพืชอาหารที่สำคัญมากที่สุดชนิดหนึ่งในโลก ส่วนในประเทศไทย พบว่าข้าวโพดส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ลูกผสมซึ่งให้ผลผลิตสูง (สิทธิเดช และคณะ, 2558) และนำไปใช้เป็นวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์ที่มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องตามภาวะการเติบโตของภาคปศุสัตว์ ปัญหาหลักของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวโพด คือกระบวนการเก็บเกี่ยวที่ยังไม่ถูกต้อง โดยเกษตรกรบางส่วนจะเร่งเก็บเกี่ยวข้าวโพดก่อนที่ผลผลิตจะแห้งสนิท เพื่อเตรียมดินปลูกรอบต่อไป ทำให้ข้าวโพดมีความชื้นสูง และเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีพื้นที่สำหรับตากข้าวโพด การซื้อขายจึงถูกหักค่าความชื้นสูงเป็นประจำ ทั้งยังทำให้คุณภาพข้าวโพดลดลง เนื่องจากเกิดเชื้อราได้ง่าย นอกจากนี้การผลิตข้าวโพดของประเทศไทยเกือบทั้งหมดอาศัยน้ำฝน และเกษตรกรปลูกข้าวโพดมักเก็บเกี่ยวผลผลิตพร้อมกัน ทำให้ผลผลิตล้นตลาด ส่งผลให้เกิดปัญหาราคาผลผลิตตกต่ำ

ข้าวเปลือก ปี 2553 พบรายงานการสำรวจแมลงศัตรูโรงเก็บจาก 30 แหล่ง 14 จังหวัด พบแมลงศัตรูที่สำคัญ 8 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด มอดหัวป้อม มอดแป้ง มอดฟันเลื่อย มอดหนวดยาว มอดสยาม ผีเสื้อข้าวเปลือก และเหาหนังสือ และพบว่าเมื่อใส่ด้วงงวงข้าวโพด และผีเสื้อข้าวสารจำนวน 1 คู่ จะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ข้าวสาร 4-6 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน และเมื่อปล่อยมอดข้าวเปลือกจำนวน 10 ตัวลงในข้าวกล้องจะก่อให้เกิดความเสียหายมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 6 เดือน (ใจทิพย์ และคณะ, 2553) และ กรรณิการ์ และใจทิพย์ (2563) รายงานการสำรวจความเสียหายของข้าวเปลือก และข้าวสารเท่ากับ 4.1 และ 6.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่าแมลงศัตรูในโรงเก็บเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งในข้าวเปลือกและข้าวสาร

ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันเกี่ยวกับการสูญเสียถั่วเหลือง ข้าวโพด และข้าวเปลือกของประเทศไทย การศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผู้เกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทาน จัดทำข้อมูลการสูญเสีย และหาแนวทางในการลดการสูญเสียของถั่วเหลือง ข้าวโพด และข้าวเปลือกตลอดห่วงโซ่อุปทานจะทำให้เป็นประโยชน์ต่อแนวทางในการแก้ปัญหาการผลิตให้มีคุณภาพ เพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และลดปัญหาความเหลื่อมล้ำความยากจน

กรมวิชาการเกษตร

คำสำคัญ

การสูญเสียอาหาร ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าวเปลือก ข้าวสาร จุดวิกฤต ห่วงโซ่อุปทาน สมการประเมินความสูญเสียข้าว การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ แมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

food loss, soybean, maize, paddy, milled rice, critical point, supply chain, Rice Losses Assessment, multiple regression, stored product insect

บทคัดย่อ

องค์การสหประชาชาติได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) 17 เป้าหมาย โดยเป้าหมายที่ 12.3.1 กำหนดให้ลดการสูญเสียอาหารตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่การผลิตจนถึงการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว (จนถึงก่อนขั้นตอนการแปรรูป) แต่ประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลปริมาณการสูญเสียอาหารที่ชัดเจน ภาครัฐร่วมกับหน่วยงานภาคีที่เกี่ยวข้องจึงศึกษาการสูญเสียอาหารในพืชและสินค้าเกษตรที่สำคัญ เพื่อให้ได้ทราบปริมาณและสาเหตุการสูญเสียที่เป็นปัจจุบัน และหาวิธีการลดการสูญเสียที่เหมาะสม การประเมินการสูญเสียของถั่วเหลือง และข้าวโพด ครอบคลุมกระบวนการตั้งแต่ การจัดการก่อนการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการรวบรวมเก็บรักษา วิธีการศึกษาประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูลผ่านการประชุมเฉพาะกลุ่ม การสัมภาษณ์เชิงลึก และการลงพื้นที่จริง จากผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรเป็นกลุ่มหลักในห่วงโซ่อุปทานถั่วเหลือง โดยมีผู้รับจ้างเก็บเกี่ยวและนวด ผู้รวบรวม และผู้ประกอบการซื้อ-ขายถั่วเหลืองร่วมดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในแต่ละขั้นตอนในห่วงโซ่อุปทาน สำหรับการสูญเสียถั่วเหลืองตลอดห่วงโซ่อุปทานมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 34.13 จำแนกเป็นขั้นตอนการเก็บเกี่ยวร้อยละ 9.7 (เก็บเกี่ยวด้วยมือ ร้อยละ 1.91 และรถเกี่ยว ร้อยละ 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 และผลการศึกษาในข้าวโพดพบว่า ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในกิจกรรมหลักตลอดห่วงโซ่อุปทาน ประกอบด้วย เกษตรกร แรงงาน ผู้รับจ้างขับรถ และผู้รวบรวมผลผลิต ปัจจัยผลักดันที่มีผลต่อความสูญเสียอาหารสามารถจำแนกได้ 4 กลุ่ม คือ การผลิต กระบวนการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการเก็บรักษา จากผลการวิเคราะห์พบว่าจุดวิกฤตที่ส่งผลต่อการสูญเสียอาหารในข้าวโพด 2 จุดสูงสุด คือ การเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา จากปัจจัยการสูญเสียดังกล่าวที่ส่งผลต่อการสูญเสียในห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด จึงมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับความร่วมมือจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียระหว่างเกษตรกร แรงงาน พ่อค้าคนกลาง ภาคเอกชน และสถาบันของราชการเพื่อนำไปสู่กุญแจขับเคลื่อนสำคัญในการลดการสูญเสียอาหารข้าวโพดในระยะยาวต่อไป และการศึกษาการใช้สมการประเมินความสูญเสียของข้าวจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร วัตถุประสงค์เพื่อหาสมการการถดถอยที่มีความแม่นยำในการประเมินความสูญเสียในข้าวเปลือกและข้าวสาร ในปีแรกทำการเก็บตัวอย่างจากตัวอย่างข้าวเปลือกและข้าวสาร 10 แหล่ง โดยเก็บข้อมูลระยะเวลาการเก็บรักษา ระดับอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเก็บ ความชื้นเมล็ดของตัวอย่าง และปริมาณแมลงทั้งหมดที่พบในตัวอย่าง นำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์กับปริมาณความสูญเสียเมล็ดและน้ำหนักของทั้งข้าวเปลือกและข้าวสาร เพื่อสร้างสมการการถดถอยพหุคูณด้วยวิธีการ stepwise regression ในปีที่ 2 เก็บข้อมูลเช่นเดียวกับปีแรกในโรงเก็บจำนวน 10 โรง นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าความคลาดเคลื่อนจากการประเมิน

กรมวิชาการเกษตร

ของสมการ จนได้สมการประเมินปริมาณเมล็ดเสียของข้าวเปลือกและข้าวสารจากแมลงศัตรูสำคัญ โดยทั้ง 2 สมการมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 75 และ 91% ตามลำดับ

Abstract

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 government, together with related parties, recently study food loss in important crops/agricultural products in order to know the current quantity and causes of the loss to determine suitable methods to decrease the losses**.** The loss of soybean and maize, 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 farmers play an important role in various steps of soybean supply chain together with harvester, collector and entrepreneur. The average loss of soybean throughout the supply chain was 34.1%, divided into 9.7% of the harvesting (harvested by hands 1.91% and 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 stakeholders of main activities throughout the supply chain of maize consisted of farmers, labors, drivers and collectors. Four driving factors affected food loss in the supply chain of maize production were 1) pre-production (pre-harvesting) 2) harvesting 3) transportation and 4) storage factors. Therefore, 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, a muti stakeholder collaboration among farmers, labors, middle-man, private sectors, government institutions, is a key driver leading to reduce the losses in a long term. The Equation to Rice Losses Assessment Caused by stored product insects. The objective of study got the accuracy multiple linear regression models as a tool for analyzing paddy and milled rice losses. In the first year, samples were collected paddy and milled rice samples from 10 locations. The 5 kinds of data were collected such as period of time storage, temperature and humidity levels inside the storage rooms, seed moisture of paddy and milled samples and the total amount of insect pests found in the samples. The data were analyzed by stepwise regression models to find the equation used to predict the losses of paddy and milled rice. In the second year, the same kind of data were collected as in the first year in 10 locations. The data was obtained to determine the error

กรมวิชาการเกษตร

of the equation. The accuracy of the prediction when using one year from data to build paddy and milled rice losses predicting equations by coefficient of determination (R^2) were 75 and 91% respectively.

ระเบียบวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1 การประเมินการสูญเสียของถั่วเหลืองในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

1. ทบทวนวรรณกรรม เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียถั่วเหลือง
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ในห่วงโซ่อุปทานถั่วเหลือง
3. พิจารณาพื้นที่เก็บตัวอย่าง การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่สัมภาษณ์ และสุ่มตัวอย่างถั่วเหลือง 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/OIIhK66xCnqASLmDrtOAlorAB_t5f7wMUA6aYIC0OMY/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

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2 การประเมินการสูญเสียของข้าวโพดในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

1. กำหนดพื้นที่เป้าหมายการปฏิบัติงานเบื้องต้น โดยรวบรวมข้อมูลพื้นที่การผลิตข้าวโพดปีล่าสุด (ปี 2561) ในระดับประเทศ โดยเลือกพื้นที่การผลิตข้าวโพดที่เป็นตัวแทนของภูมิภาคนั้นๆ เพื่อให้ดำเนินการวิจัยภายใต้ข้อจำกัด โดยได้แนะนำให้เป็นจังหวัดเพชรบูรณ์ นครวรรค์ สระบุรี และนครราชสีมา

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

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

4. รวบรวมข้อมูลและเก็บข้อมูลการสูญเสียอาหาร เช่น ข้อมูลพื้นที่การผลิตปีล่าสุดในระดับประเทศ ข้อมูลบันทึกการสูญเสียอาหารจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ เป็นต้น ข้อมูลที่รวบรวมได้ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการดำเนินงานในขั้นตอนนี้มีทั้งข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ที่ได้จากการสัมภาษณ์ โดยใช้แบบสอบถาม 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 ตารางเมตร 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 ตารางเมตร และจุดสำรวจที่ 2 เริ่มจากมุมตรงข้ามกับจุดที่วางแปลงตัวอย่างที่ 1 คือ มุมบนขวามือให้เดินตามขอบแปลงปลูกลงมาทางด้านล่าง 10 ก้าว แล้วเลี้ยวขวาตรงเข้าไปในแปลงอีก 10 ก้าว วางแปลงตัวอย่างขนาด 5 x 5 ตารางเมตร เช่นเดียวกับแปลงตัวอย่างที่ 1 ทำการล้อมเชือกเพื่อเก็บข้อมูลหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยบันทึกข้อมูลน้ำหนักปริมาณข้าวโพดภายหลังการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยว นำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นตัวแทนในการคำนวณอหาผลผลิตตกหล่นหรือผลผลิตที่หลงเหลือในแปลงปลูก (harvesting loss)

5. ประเมินความสูญเสียข้าวโพดในเชิงปริมาณในกิจกรรมหลังเก็บเกี่ยว

การทดลองที่ 3 การใช้สมการประเมินความสูญเสียของข้าวจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

1. การสร้างสมการประเมินความสูญเสียข้าว

การสร้างสมการประเมินความเสียหายของผลิตผลเกษตรที่เก็บรักษาในโรงเก็บที่เกิดจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม และจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ดำเนินการดังนี้

1.1 ข้าวเปลือกและข้าวสารที่นำมาใช้ในการทดลองเลือกข้าวที่มีการคัดคุณภาพมาเรียบร้อยแล้ว เพื่อง่ายต่อการตรวจนับความสูญเสีย โดยข้าวเปลือกที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นเมล็ดข้าวพันธุ์ขยายพันธุ์ กข 77 ซึ่งเป็นข้าว

กรมวิชาการเกษตร

พันธุ์นิ่ม ส่วนข้าวสารใช้ข้าวสารหอมมะลิ 100 เปอร์เซ็นต์ เตรียมข้าวสำหรับใช้ในการทดลองโดยการรมด้วยสารรมฟอสฟีนสำหรับข้าวสารใช้อัตรา 2 เม็ดต่อตัน ขณะที่ข้าวเปลือกใช้อัตรา 3 เม็ดต่อตัน ระยะเวลารม 7 วัน เพื่อกำจัดแมลงที่ติดมากับข้าวให้หมด

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

1.3 แบ่งข้าวเปลือกและข้าวสารที่ผ่านการรมแล้วใส่กระสอบป่านน้ำหนัก 50 กิโลกรัมต่อกระสอบ 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 ปริมาณแมลงความเสียหาย ระดับอุณหภูมิ และความชื้น นำผลการตรวจนับจริง กับผลที่ได้จากการประเมินโดยสมการ เพื่อทดสอบความใช้ได้ของสมการที่สร้างขึ้น

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลองที่ 1 การประเมินการสูญเสียของถั่วเหลืองในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในห่วงโซ่อุปทาน

จากการทบทวนวรรณกรรม และการสำรวจการปลูกถั่วเหลือง (รุ่นที่ 2[1]) ปีเพาะปลูก 2563/2564 ในพื้นที่ภาคเหนือ (จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำปาง เชียงราย และน่าน) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัดขอนแก่น อุดรธานี และหนองบัวลำภู) และภาคกลาง (จังหวัดสุโขทัย) ซึ่งมีพื้นที่การปลูกถั่วเหลืองรวมคิดเป็นร้อยละ 74.64 ของพื้นที่การปลูกถั่วเหลืองทั้งประเทศ จากการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องในเชิงลึก (in depth interview) จากเกษตรกรจำนวน 137 ราย พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง มีประสบการณ์ในการปลูกถั่วเหลืองมากกว่า 10 ปี โดยเกษตรกรตัวอย่างร้อยละ 76 ใช้ที่ดินของตนเองในการปลูกถั่วเหลือง มีพื้นที่เพาะปลูกถั่วเหลืองเฉลี่ย

[1] การปลูกถั่วเหลืองแบ่งออกเป็น 2 รุ่น รุ่นที่ 1 (เพาะปลูกระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม ถึง 31 ตุลาคมของปี) และ รุ่นที่ 2 (เพาะปลูกระหว่างวันที่ 1 พฤศจิกายน ถึง 30 เมษายนของปีถัดไป)

กรมวิชาการเกษตร

4.54 ไร่ (อยู่ในช่วง 1-15 ไร่) ส่วนใหญ่ใช้น้ำบาดาล (ร้อยละ 56) และน้ำจากคลองชลประทานและสระน้ำ (ร้อยละ 45) มีรูปแบบการปลูกถั่วเหลืองสลับกับการทำนาเป็นหลัก (ร้อยละ 87)

การเตรียมแปลงปลูกถั่วเหลือง เกษตรกรร้อยละ 70 ไม่ไถแปลงก่อนเพาะปลูก กำจัดตอซังหรือวัชพืชด้วยวิธีการเผา (ร้อยละ 29) ใช้เครื่อง/รถตัดหญ้า (ร้อยละ 21) และการเผาร่วมกับเครื่องตัดหญ้า (ร้อยละ 15) ขณะที่เกษตรกรร้อยละ 11 ไม่กำจัดวัชพืชหรือตอซังก่อนปลูกถั่วเหลือง หลังจากหว่านเมล็ดพันธุ์ 1-2 สัปดาห์ เกษตรกรร้อยละ 98 ใส่ปุ๋ย จำแนกเป็นปุ๋ยอินทรีย์/มูลสัตว์/พืชสด (ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี) เกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 45) ควบคุมโรคด้วยสารเคมี ร้อยละ 16 เลือกใช้จุลินทรีย์ และจะควบคุมแมลงโดยฉีดพ่นสารเคมีร้อยละ 69 การควบคุมวัชพืชในถั่วเหลืองใช้สารเคมีควบคุมวัชพืช ร้อยละ 9.9 เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เก็บเกี่ยวถั่วเหลือง (รุ่นที่ 2) เดือนมีนาคม-เมษายน 2564 โดยเกษตรกรตัวอย่างร้อยละ 5 เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองฝักสด และร้อยละ 95 เก็บเกี่ยวฝักแห้งเพื่อจำหน่ายเมล็ดแห้ง เกษตรกรทั้งหมดร้อยละ 32.68 เก็บเกี่ยวด้วยมือ (เคียว) และร้อยละ 68.32 เก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยว (นวด) สำหรับขั้นตอนการเก็บเกี่ยว มีขั้นตอนดังนี้

การเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองฝักสด

อายุประมาณ 62-70 วัน ฝักเต่ง สีเขียว → เก็บเกี่ยวด้วยมือ → มัด → จำหน่าย

การเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองฝักแห้ง

<u>แบบที่ 1</u>

อายุประมาณ 92-115 วัน → เก็บเกี่ยวต้นสดด้วยมือ → มัดเป็นฟ่อน → ตากแดด → นำเมล็ดออกจากฝักด้วยเครื่องนวด→ ตากลดความชื้นเมล็ด → จำหน่าย

<u>แบบที่ 2</u>

ฝักแห้ง ฝักสีน้ำตาล ใบร่วง → เก็บเกี่ยวต้นแห้งด้วยรถเกี่ยวนวด → ตากลดความชื้นเมล็ด → จำหน่าย

เกษตรกรร้อยละ 40.5 เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองฝักแห้งจากต้นสดด้วยเคียว (แบบที่ 1) โดยใช้เวลาตั้งแต่เริ่มเก็บเกี่ยวตากแห้ง กะเทาะเปลือก จนพร้อมจำหน่ายไม่เกิน 2 สัปดาห์ (7-14 วัน) โดยเกษตรกรตัวอย่างร้อยละ 27.7 มีวัสดุรองพื้นสำหรับใช้ตากถั่วเหลืองต้นสดในแปลงปลูก และกลุ่มที่เหลือไม่ใช้วัสดุรองพื้น เกษตรกรร้อยละ 59.5 เก็บเกี่ยวด้วยถั่วเหลืองฝักแห้งรถเกี่ยวนวด ใช้เวลาตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนถึงจำหน่าย 5-14 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ช่วงเวลาการให้บริการของรถเกี่ยวนวด และผู้รวบรวมถั่วเหลืองในท้องที่

สำหรับการซื้อขายถั่วเหลือง เกษตรกรทั้งหมดและผู้รวบรวมไม่ตรวจวัดความชื้น สี และการเน่าเสีย วัดเพียงปริมาณน้ำหนักของถั่วเหลืองเท่านั้น ปริมาณถั่วเหลืองที่ผลิตได้ในพื้นที่สำรวจ มีค่าเฉลี่ย 292 กิโลกรัม/ไร่ โดยจังหวัดสุโขทัยได้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 340 กิโลกรัม/ไร่ และจังหวัดอุดรธานีได้ผลผลผลิตน้อยที่สุด 243 กิโลกรัม/ไร่ ราคารับซื้อถั่วเหลืองในจังหวัดที่เก็บข้อมูล (ปี 2563/2564) เฉลี่ย 16.48 บาท อย่างไรก็ตามเกษตรกรตัวอย่างร้อยละ 30.2 เก็บเมล็ดถั่วเหลืองประมาณ 30-50 กิโลกรัมเพื่อเป็นเมล็ดพันธุ์ในฤดูกาลผลิตถัดไป

การขายถั่วเหลืองให้สหกรณ์การเกษตรหรือร้านค้ารับซื้อผลิตผลเกษตรการขนส่งไปยังจุดรวบรวมที่ใหญ่กว่าหรือผู้ประกอบการแปรรูปไม่เกิน 1 วัน โดยรถบรรทุกไม่มีกระสอบบรรจุ มีผ้าใบคลุมโดยในปีเพาะปลูก 2563/2564 รับซื้อถั่วเหลืองเฉลี่ยกิโลกรัมละ 16.50-18.00 บาท ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นและสิ่งเจือปน ซึ่งความชื้นที่เหมาะสมคือ ความชื้นถั่วเหลืองมากกว่า 14-15% และสิ่งเจือปนไม่เกินร้อยละ 3-4 ซึ่งถั่วเหลืองที่มีความชื้นของเมล็ดไม่เกิน 14-15% เมล็ดขนาดใหญ่สีเหลืองจะถูกนำส่งต่อไปยังโรงงานผลิตนมถั่วเหลือง ขณะที่เมล็ดขนาดเล็กหรือสีเขียว จะถูกนำส่งไปยังโรงงานผลิตอาหารสัตว์

ศูนย์วิจัยการเกษตร

ดังนั้น ผู้เกี่ยวข้องในกิจกรรมหลักของห่วงโซ่อุปทานถั่วเหลือง ได้แก่ เกษตรกร ผู้รับจ้างเก็บเกี่ยวและกะเทาะเปลือก ผู้รวบรวม สหกรณ์การเกษตร กลุ่มวิสาหกิจ และผู้ประกอบการแปรรูปถั่วเหลือง โดยมีความสัมพันธ์ในห่วงโซ่อุปทาน แสดงใน Figure 1

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียอาหาร

เกษตรกร ผู้รวบรวม และผู้ประกอบการแปรรูปถั่วเหลือง จำนวนรวม 144 ราย พบว่าถั่วเหลืองสูญเสียก่อนการเก็บเกี่ยวสูงที่สุด คะแนนเฉลี่ย 4.77±0.501 ตามด้วยขั้นตอนการกะเทาะเปลือก การเก็บเกี่ยว การตากแห้ง และการเก็บรักษา มีคะแนนเฉลี่ยการสูญเสีย 3.88±0.774 2.62±0.789 0.46±0.169 และ 0.03±0.170 ตามลำดับ ขณะที่ขั้นตอนการขนส่งและการแปรรูปไม่พบการสูญเสีย (Table 1) ซึ่ง สามารถนำมาใช้จัดลำดับขั้นตอนที่เกิดการสูญเสียจากปริมาณมากที่สุดไปยังปริมาณน้อยที่สุด พร้อมปัจจัยสำคัญในแต่ละขั้นตอนที่มีผลต่อการสูญเสียถั่วเหลืองได้ดังนี้

2.1 ขั้นตอนก่อนการเก็บเกี่ยว

สาเหตุจากน้ำไม่เพียงพอในช่วงเวลาแรกของการเพาะปลูก ทำให้การเจริญเติบโตของถั่วเหลืองไม่สมบูรณ์ ผลผลิตต่ำ ในทางกลับกัน เมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวอาจมีฝนตกหนักและน้ำท่วมขังบริเวณที่เพาะปลูก (โดยเฉพาะถั่วเหลือง รุ่น 2) ทำให้เก็บเกี่ยวล่าช้า เมล็ดถั่วเหลืองมีความชื้นสูงกว่าเดิม หรือเมล็ดตกหล่นในพื้นที่เพาะปลูกจำนวนมาก

2.2 ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว

เกษตรกรตัวอย่างส่วนใหญ่ (ร้อยละ 68.32) จ้างเหมารถเกี่ยวข้าวในการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง ซึ่งสามารถปรับความสูงให้เหมาะสมในการตัดถั่วเหลืองได้จำกัด (เนื่องจากลำต้นถั่วเหลืองสั้นกว่าต้นข้าว) ทำให้พบฝักถั่วเหลืองที่ไม่ได้ตัดตกค้างในแปลงปลูก (ฝักติดลำต้นใกล้พื้นดิน) รวมถึงการหลุดร่วงของฝักและเมล็ดถั่วเหลืองที่เกิดขึ้นระหว่างเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักร อย่างไรก็ตามพบการหลุดร่วงของเมล็ดถั่วเหลืองบนแปลงปลูกที่เก็บเกี่ยวด้วยมือ (เคียว) เช่นกัน แต่มีปริมาณน้อยกว่าเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักร ดังนั้นการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักรจึงเป็นปัจจัยผลักดันที่ทำให้เกิดการสูญเสียถั่วเหลือง

2.3 ขั้นตอนการกะเทาะเปลือก (แยกเปลือกออกจากเมล็ด)

การแยกเปลือกฝักที่แห้งออกจากเมล็ดถั่วเหลืองเป็นขั้นตอนสำคัญ จากการสัมภาษณ์เกษตรกรพบว่าเป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการสูญเสีย 3.88 จาก 5 คะแนน โดยเฉพาะการกะเทาะเปลือกด้วยเครื่องเกี่ยวนวด (ทำต่อเนื่องจากขั้นตอนการเก็บเกี่ยว) และเครื่องสีข้าว ทำให้เมล็ดถั่วเหลืองหลุดร่วงลงบนแปลงปลูก ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสีย คือ แรงสั่นสะเทือนจากเครื่องนวด และภาชนะรองรับเมล็ดถั่วเหลืองที่กะเทาะเปลือกแล้วมีขนาดหรือจัดวางอยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม

2.4 ขั้นตอนการตากแห้งในแปลง

ขั้นตอนการตากแห้งในแปลงเพื่อรอการกะเทาะเปลือก เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างให้ข้อมูลว่าเป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการสูญเสียในถั่วเหลืองเล็กน้อย (0.46 คะแนน จาก 5 คะแนน) ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียในขั้นตอนนี้ อาจเกิดจากการหลุดร่วงตามธรรมชาติของถั่วเหลืองที่แก่จัด หรือแรงกดทับหรือกระแทกระหว่างการตาก

2.5 ขั้นตอนการตากแห้งหลังจากกะเทาะเปลือกและการเก็บรักษา

การสูญเสียในขั้นตอนนี้เกิดขึ้นน้อยมาก (0.03 คะแนน) เกษตรกรที่พบการสูญเสียในขั้นตอนนี้เป็นผู้แปรรูปถั่วเน่าในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน เนื่องจากเก็บในที่ไม่มิดชิดเป็นเวลานานกว่า 6 เดือน ทำให้แมลงศัตรู

กรมวิชาการเกษตร

กลุ่มแมลงหลังการเก็บเกี่ยวเข้าทำลายเมล็ดถั่วเหลือง ลักษณะเมล็ดเป็นรูพรุน มีไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัย รวมถึงซากของแมลงศัตรู ทำให้ไม่สามารถนำถั่วเหลืองไปแปรรูปได้

3. วิเคราะห์ตัวอย่างถั่วเหลืองจากจุดวิกฤตและข้อมูลร้อยละการสูญเสียในห่วงโซ่อุปทานถั่วเหลือง

จากผลการสุ่มเก็บตัวอย่างถั่วเหลืองเพื่อวิเคราะห์การสูญเสียจากแปลงปลูกหลังเก็บเกี่ยว จำนวน 31 ตัวอย่าง จุดกะเทาะ 2 ตัวอย่าง บ้านเกษตรกร (ขั้นตอนหลังจากตากแห้ง) จำนวน 22 ตัวอย่าง ร้านรับซื้อผลิตผลเกษตร/สหกรณ์การเกษตร (จุดรวบรวมและขนส่ง) จำนวน 7 ตัวอย่าง และผู้ประกอบการแปรรูป 3 ตัวอย่าง

<u>ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว</u> พบถั่วเหลืองร่วงหล่นในแปลงเฉลี่ย 16.37 กรัม/ตารางเมตร หรือประมาณ 26.192 กิโลกรัม/ไร่ และเมื่ออ้างอิงข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ผลผลิตเฉลี่ยถั่วเหลืองรุ่น 2 (ปี 2562/2563) ทั้งประเทศเฉลี่ย 247 กิโลกรัม/ไร่ ดังนั้นขั้นตอนการเก็บเกี่ยวทำให้เกิดการสูญเสียถั่วเหลืองเฉลี่ยร้อยละ 9.70 และเมื่อจำแนกวิธีการเก็บเกี่ยวด้วยมือ (เคียวเกี่ยว) และการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยว พบว่า การเก็บเกี่ยวด้วยมือ มีปริมาณถั่วเหลืองร่วงหล่นที่แปลงเฉลี่ย 2.95 กรัม/ตารางเมตร หรือ 4.27 กิโลกรัม/ไร่ มีการสูญเสียเฉลี่ยร้อยละ 1.91 ขณะที่การเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยว มีปริมาณถั่วเหลืองร่วงหล่นที่แปลง 27.28 กรัม/ตารางเมตร หรือ 43.65 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นการสูญเสียร้อยละ 17.67

<u>ขั้นตอนการกะเทาะเปลือก</u> หรือขั้นตอนการนวด เกษตรกรตัวอย่างมากกว่าร้อยละ 95 กะเทาะเปลือกถั่วเหลืองด้วยเครื่องนวดที่พัฒนาจากเครื่องนวดข้าว ความชื้นที่เหมาะสมของถั่วเหลืองที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการนวดควรอยู่ระหว่างร้อยละ 13-18 (นิลุบลและละอองดาว, 2553) จากการเก็บตัวอย่างจากจุดกะเทาะเปลือกจำนวน 2 ตัวอย่าง พบว่าเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้จากเครื่องนวดมีเมล็ดแตกหักร้อยละ 6.38 มีเศษฝักและเศษวัชพืชปนเปื้อนร้อยละ 4.57 และมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 14.1 (ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส)

<u>ขั้นตอนหลังจากตากแห้งและเก็บรักษา</u>

-ตัวอย่างถั่วเหลืองจากบ้านเกษตรกรที่ตากแห้งและบรรจุถุงกระสอบพลาสติกเพื่อรอจำหน่าย จำนวน 22 ตัวอย่าง (Table 2) พบว่า ถั่วเหลืองตัวอย่างมีความชื้นเฉลี่ย 10.54% (ที่ 25 องศาเซลเซียส) ตัวอย่างถั่วเหลืองจากจังหวัดลำปางและเชียงใหม่ (พันธุ์เชียงใหม่ 60) มีความชื้นต่ำที่สุด (9.13-9.73%) ขณะที่ความชื้นในถั่วเหลืองจากจังหวัดสุโขทัย (พันธุ์ศรีสำโรง 1) มีความชื้น 13.02% ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยจากจังหวัดอื่น ตัวอย่างถั่วเหลืองทั้งหมดมีเมล็ดแตกหัก มีอาการของโรค เช่น เมล็ดสีม่วง และเศษฝักปนเปื้อน คิดเป็นร้อยละ 7.79 และปริมาณโปรตีนและไขมันเฉลี่ย 34.23 และ 13.05 กรัมต่อถั่วเหลือง 100 กรัม ตามลำดับ

-สหกรณ์การเกษตรและร้านค้ารับซื้อผลิตผลเกษตร สำหรับตัวอย่างถั่วเหลืองที่ได้จากจังหวัดน่านและขอนแก่น จำนวน 7 ตัวอย่าง มีความชื้นเฉลี่ย 11.96% ประกอบด้วยเมล็ดดีร้อยละ 94.37 และเมล็ดแตกหักแสดงอาการโรค มีเศษฝักหรือวัสดุอื่นปนเปื้อนร้อยละ 5.63 (Table 2) มีปริมาณโปรตีนและไขมันเฉลี่ย 32.02 และ 15.81 กรัมต่อถั่วเหลือง 100 กรัม ตามลำดับ

-จุดรวบรวมของผู้ประกอบการแปรรูป ตัวอย่างถั่วเหลืองที่สุ่มเก็บจากผู้ประกอบการแปรรูป จำนวน 3 ตัวอย่าง มีความชื้นเฉลี่ย 12.64% สำหรับตัวอย่างถั่วเหลือง จำนวน 2 ตัวอย่าง ประกอบด้วยเมล็ดดีเฉลี่ยร้อยละ 95.37 เมล็ดเน่าเสียเฉลี่ยร้อยละ 4.63 มีปริมาณโปรตีนและไขมันเฉลี่ย 32.27 และ 15.71 กรัมต่อถั่วเหลือง 100 กรัม ตามลำดับ

กรมวิชาการเกษตร

Table 1 Impact of each step in the supply chain on the amount of soybean losses (data from interviews of farmers and entrepreneurs; rated 0-5, with 0 = no loss and 5 = the highest loss)

Steps in supply chain	Score of loss	SD	N	CV
Pre-harvesting	4.77	0.501	137	0.1050
Harvesting	2.62	0.789	137	0.3015
Drying	0.46	0.569	137	1.2485
Threshing	3.88	0.774	137	0.1997
Transport	0.00	0.000	139	0.0000
Storage	0.03	0.170	139	5.7658
Before processing	0.00	0.000	139	0.0000

Table 2 Moisture content (%), loss (%), protein and fat concentrations of soybeans after dried and packed in plastic sacks (before being sold) at 3 sampling points *viz*. farmer's house (after drying), collection point (agricultural produce shop and agricultural cooperatives) and processor warehouse

Sampling Point	Province	Variety	Moisture content (%)	Good seed (%)	Losses (%) : broken and infected seeds, contaminated pods and other materials	Protien (g/100g)	Fat (g/100g)
Farmer's house	Chiang Mai	Chiang Mai 60	9.13	93.01	6.99	33.89	12.98
	Nan	Chiang Mai 60	12.57	96.85	3.15	30.53	12.94
	Lum Pang	Chiang Mai 60	9.73	96.61	3.39	33.95	13.68
	Khon Khan	Sor Jor 5	11.72	83.29	15.43	35.81	11.41
	NongBuaLumpu	Chiang Mai 60	10.62	95.72	4.28	34.19	14.28
	Udonthani	Chiang Mai 60	10.48	84.62	15.38	34.77	13.84
	Sukhothai	SriSumRong 1	13.02	92.65	7.35	34.51	10.82
	Total average		10.54	92.04	7.79	34.23	13.05
Shop and Cooperatives	Khon Khan	Assorted	10.97	91.49	8.51	34.00	13.94
	Nan	Assorted	12.36	95.52	4.48	31.23	16.56
	Total average		11.96	94.37	5.63	32.02	15.81
Processor warehouse*	Mae Hong Son	Assorted	12.64	95.37	4.63	32.27	15.71

* Note: Soybeans from a soybean processor, Khun Yuam District, Mae Hong Son Province, had a 100% loss. Thus, the average was not taken into account

กรมวิชาการเกษตร

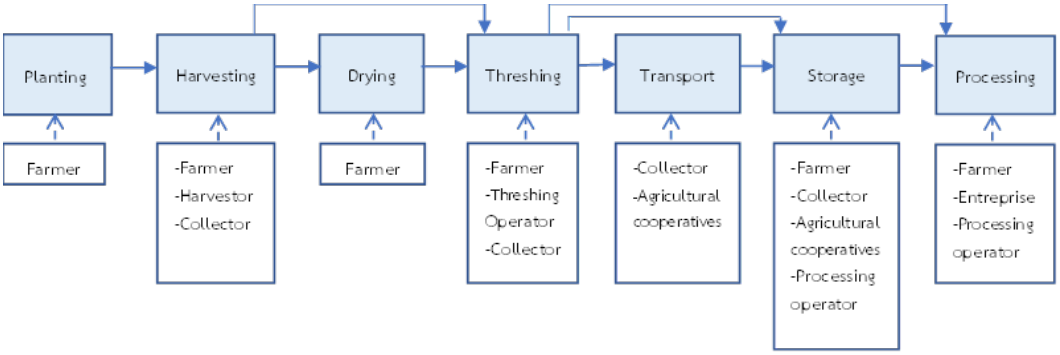


Figure 1 Soybean supply chain and stakeholders involved in the supply chain in Thailand

การทดลองที่ 2 การประเมินการสูญเสียของข้าวโพดในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

1. การวิเคราะห์บริบทอุตสาหกรรม

การวิเคราะห์บริบทอุตสาหกรรมข้าวโพดในงานทดลองนี้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วย SWOT Analysis เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่ออุตสาหกรรมข้าวโพด สามารถสรุปได้ดัง Table 3

2. ห่วงโซ่อุปทานข้าวโพดในประเทศไทย

ห่วงโซ่อุปทานข้าวโพดมีลักษณะเป็นห่วงโซ่อุปทานแบบดั้งเดิม ตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำมีอิสระต่อกัน โดยผู้ที่อยู่ต้นน้ำเป็นเกษตรกรรายย่อยที่ทำการผลิตภายใต้ทุนของตนเอง มีอิสระในการขายให้แก่ผู้รวบรวมผลผลิต โดยห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด (Figure 3) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบหลัก ได้แก่

1) ระบบการผลิต (production system) มีหน้าที่หลักในการผลิตข้าวโพด และปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้น ได้แก่ การสี การลดความชื้น โดยผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบนี้ประกอบด้วยเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพด ผู้รับจ้างสี ลาน/พ่อค้ารวบรวมท้องถิ่น ไซโล และสหกรณ์

2) ระบบการแปรรูป (processing system) มีหน้าที่หลักในการแปรรูปข้าวโพดเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย ได้แก่ อาหารสัตว์ และแป้งข้าวโพด โดยผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบนี้จะประกอบด้วยโรงงานอาหารสัตว์ โรงงานแป้งข้าวโพด

3) ระบบการกระจายสินค้าและตลาด (distribution and marketing System) มีหน้าที่หลักในการนำผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวโพดทั้งอาหารสัตว์ แป้งข้าวโพด รวมถึงข้าวโพดไปยังมือผู้บริโภคทั้งในประเทศ (ณัฐพล และคณะ, 2558)

3. ระดับปัจจัยผลักดันที่ก่อให้เกิดความสูญเสียอาหารของข้าวโพด

3.1 การผลิต

เป็นกระบวนการเตรียมพื้นที่แปลงปลูก การปลูก และการบำรุงดูแลรักษาต้นข้าวโพดที่มีความสำคัญต่อปริมาณผลผลิต (yield) ในอนาคต โดยการการเตรียมพื้น ประกอบด้วยการถางก่อนไถดินเพื่อให้ดินมีความร่วนซุย และรากต้นข้าวโพดลงดินได้อย่างสมบูรณ์

3.2 กระบวนการเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวนั้นสามารถใช้แรงงานคนหรือเครื่องมือในการเก็บเกี่ยว กรณีใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยวสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ 1) การเก็บเกี่ยวโดยใช้ไม้ปลายแหลมแทงเปลือกบริเวณปลายฝัก การเก็บเกี่ยววิธีนี้ต้องระวังอย่าให้โดนเมล็ดปอกเปลือกแล้วใส่ในตะกร้า หรือกระสอบป่าน หรือหากวางกองไว้ต้องวางบนผ้าพลาสติก หรือใช้ซากต้นข้าวโพดรองพื้น 2) การเก็บเกี่ยวโดยหักข้าวโพดทั้งเปลือกแล้วจึงมาแกะเปลือกภายหลังหรือเก็บไว้ทั้งเปลือก การเก็บวิธีนี้จะสามารถทำได้รวดเร็วช่วยป้องกันไม่ให้เมล็ดข้าวโพดเกิดแผลหรือเมล็ดเกิดร้าวในระหว่าง

กรมวิชาการเกษตร

ทำการเก็บเกี่ยวหรือขนย้ายนอกจากนี้เปลือกข้าวโพดยังช่วยป้องกันเชื้อราและแมลงมาสัมผัสเมล็ดข้าวโพดโดยตรง กล่าวคือ การเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนนั้นไม่ว่าจะวิธีใดก็ตามไม่ควรวางฝักข้าวโพดบนพื้นที่แฉะ ไม่ควรโยนฝักข้าวโพดเพราะจะทำให้เกิดแผลบนเมล็ด หรือทำให้เมล็ดร้าวซึ่งจะทำให้เชื้อราเข้าไปทำลายเมล็ดได้ง่าย ขณะเก็บเกี่ยวให้แยกฝักเน่าหรือมีเชื้อราทำลายออกจากฝักดี และเผาทำลายฝักเน่าและฝักที่มีเชื้อรา ส่วนกรณีเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องมือนั้น เครื่องจักรที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ได้แก่ เครื่องปลิดฝักข้าวโพด (corn snapper) เครื่องปลิดและรูดเปลือกหุ้มฝักข้าวโพด (corn picker-husker) และเครื่องเกี่ยวนวดข้าวโพด (corn picker-sheller หรือ corn combine harvester) โดยเครื่องจักรชนิดนี้จะปลิดฝักข้าวโพดจากต้นแล้วสีออกเป็นเมล็ด การใช้เครื่องเก็บเกี่ยวมีข้อดีในกรณีค่าจ้างแรงงานในการเก็บเกี่ยวสูงเนื่องจากขาดแคลนแรงงาน การใช้เครื่องจักรในเก็บเกี่ยวทำให้สามารถเก็บเกี่ยวได้อย่างรวดเร็ว แต่มีข้อเสียตรงที่ต้องเก็บเกี่ยวในพื้นที่ราบและสม่ำเสมอต้นข้าวโพดหักล้มน้อยและยังมีอัตราการสูญเสียเนื่องจากฝักเก็บเกี่ยวไม่หมด มีการแตกหักของฝักและเมล็ด การลดความชื้นนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ควรดำเนินการทำทันทีภายหลังหลังการเก็บเกี่ยวหรือการกะเทาะเมล็ด เพราะเนื่องจากความชื้นเมล็ดข้าวโพดที่อยู่ในระหว่างการเก็บเกี่ยวอาจอยู่ในช่วง 25-30% ซึ่งถือว่าเป็นความชื้นที่ยังไม่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา ดังนั้นการลดความชื้นโดยผู้รวบรวมผลผลิต (ไซโล ลานตาก เกษตรกร) จะต้องรีบดำเนินการโดยเร็วด้วยความถูกต้องตามหลักปฏิบัติของเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) โดยวิธีลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดที่นิยมใช้ ประกอบด้วย

1) การผึ่งลมหรือตากแดดประมาณ 3-4 แดด ซึ่งหลังจากผึ่งลมหรือตากแดดแล้วข้าวโพดมีความชื้น 20-25% การตากข้าวโพดบนลานตากต้องมีการเกลี่ย หรือพลิกกลับเมล็ดข้าวโพดทุกๆ ชั่วโมง พบข้อเสียของการตากข้าวโพดบนลานตาก คือทำให้มีเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดค่อนข้างสูงกว่าการตากบนลานดิน เนื่องจากการใช้รถแทรกเตอร์ในการเกลี่ยและกลับเมล็ด

2) การใช้เครื่องอบเมล็ด กรณีที่ที่เกษตรกรปลูกในต้นฤดูฝนและขณะเก็บเกี่ยวเมล็ดมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 30 และต้องสีหรือกะเทาะเปลือกทันทีแล้วส่งไซโลปลายทางเพื่ออบลดความชื้นภายใน 48 ชั่วโมง

3.3 กระบวนการขนส่งจากแปลงไปยังโรงรับซื้อ

เมื่อข้าวโพดถูกเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวเรียบร้อยแล้ว จะมีรถบรรทุกจากโรงรับซื้อรายย่อย หรือจากเกษตรกรผู้ปลูกที่เป็นผู้จ้าง มาจอดรอเพื่อรอรับผลผลิตข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวเสร็จ โดยพบว่า รถเกี่ยวจะลำเลียงส่งเมล็ดข้าวโพดผ่านท่อจากรถเกี่ยวไปยังรถบรรทุกที่มีตาข่ายป้องกันการกระเด็น ทำให้การขนถ่ายและการขนส่งไม่เกิดการสูญเสียที่สามารถวัดได้ รถบรรทุกที่นำมาใช้ขนจะต้องสะอาด และเหมาะสมกับการบรรทุกข้าวโพดในปริมาณมาก

3.4 กระบวนการรวบรวมผลผลิตและเก็บรักษา

กระบวนการรวบรวมผลผลิตข้าวโพดสามารถจำแนกได้เป็นผู้รวบรวมรายย่อย และผู้รวบรวมรายใหญ่ การรับซื้อข้าวโพดจากเกษตรกร ผู้รวบรวมจะรับซื้อทั้งในรูปของแบบฝัก แบบไม่มีเปลือก และแบบเมล็ด ขึ้นกับว่าเกษตรกรและผู้รวบรวมจะมีข้อตกลง หรือมีความสัมพันธ์กันแบบใด เช่น เกษตรกรที่เป็นลูกไล่ ผู้รวบรวมจะนำเครื่องสีไปสีที่ไร่ของเกษตรกรและผู้รวบรวมจะกำหนดราคารับซื้อตามคุณภาพของข้าวโพด โดยปัจจัยที่ผู้รวบรวมใช้กำหนดคุณภาพ ได้แก่ ความชื้น ความสมบูรณ์ของเมล็ด โดยทั่วไปพบว่าเกษตรกรมักถูกหักราคาจากปัจจัยเรื่องความชื้นมากที่สุด ในขณะที่ผู้รวบรวมรายใหญ่จะรับซื้อข้าวโพดทั้งในรูปฝักและเมล็ด โดยจะรับซื้อทั้งจากเกษตรกร และจากผู้รวบรวมรายเล็ก และสหกรณ์ ผู้รวบรวมรายใหญ่สามารถเก็บข้าวโพดได้ระยะยาวเพื่อเก็งกำไร ในการเก็บจะบรรจุกระสอบ และเก็บไว้ในโกดัง จากการสัมภาษณ์พบว่าจะเก็บไว้เป็นระยะเวลา 3 - 6 เดือนหากนานกว่านี้ ข้าวโพดจะมีคุณภาพต่ำลงทำให้ขายได้ราคาต่ำ เนื่องจากผู้รวบรวมรายใหญ่มักจะถูกกำหนดมาตรฐานข้าวโพดมาจากผู้แปรรูป เช่น โรงงานอาหารสัตว์ และโรงงานแป้งข้าวโพต โดยผู้รวบรวมจะสามารถทำให้ความชื้น

กรมวิชาการเกษตร

ข้าวโพดอยู่ในระดับ 14.5% มีการคัดเลือกเมล็ดที่มีสีดำที่เป็นเชื้อรา ร่อนฝุ่น และสิ่งเจือปนออก เนื่องจากหากส่งไปจำหน่ายแล้วมีการสุ่มเจอสูงกว่ามาตรฐานที่ผู้แปรรูปกำหนดจะถูกปฏิเสธการรับซื้อ ในขั้นตอนการจัดการของผู้รวบรวมรายใหญ่จะแตกต่างจากรายย่อย คือเมื่อรับซื้อข้าวโพดที่มีความชื้นสูง จะทำการลดความชื้นภายใน 1-2 วัน ซึ่งผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการรวบรวมผลผลิตและเก็บรักษา ประกอบด้วยผู้รวบรวมผลผลิต เกษตรกรผู้ปลูก และแรงงาน ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการสูญเสียอาหารจากที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องตั้งแต่ระดับเกษตรกรผู้ปลูก ผู้รวบรวมผลผลิต และผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานราชการ โดยให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องให้คะแนนปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการสูญเสียในระดับความสูญเสียมาก (4 คะแนน) จนถึงมีผลต่อระดับความสูญเสียน้อย (1 คะแนน) ซึ่งผลการให้คะแนนระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย ผลจากการสำรวจพบว่าผู้มีส่วนเกี่ยวข้องส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าการสูญเสียอาหารข้าวโพดส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในกระบวนการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกิจกรรมการเก็บเกี่ยว (4 คะแนน) และกระบวนการเก็บรักษา ภายใต้กิจกรรมการเก็บรักษา (4 คะแนน) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงจุดวิกฤตของการสูญเสีย (critical loss point) ที่สำคัญที่นำไปสู่แนวทางการลดการสูญเสียในเชิงนโยบายเพื่อการผลิตอาหารที่ยั่งยืนถัดไป

4. การจำแนกจุดวิกฤติ (critical point) ที่ก่อให้เกิดการสูญเสียอาหารในข้าวโพด

การจำแนกจุดวิกฤติ (critical point) ที่ก่อให้เกิดการสูญเสียอาหารในข้าวโพดนั้นเป็นการพิจารณาจากการสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องตลอดห่วงโซ่คุณค่า และลงพื้นที่ตรวจวัดจริง (actual measurement) เพื่อให้ครอบคลุมกิจกรรมการผลิต การเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการรวบรวม พบว่า จุดวิกฤติที่ก่อให้เกิดการสูญเสียของข้าวโพดมากที่สุด คือขั้นตอนระหว่างการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยว ที่พบการสูญเสียประมาณ 3.89% และรองลงมาคือการสูญเสียในระหว่างเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพดของโรงงาน (ผู้รวบรวม) ที่พบการสูญเสียประมาณ 2.25% (Table 4) กล่าวคือ

4.1 การสูญเสียในระหว่างการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวข้าวโพดโดยใช้รถเกี่ยวก่อให้เกิดการสูญเสียข้าวโพดสูงสุด (5%) เนื่องจากประสิทธิภาพของรถเกี่ยวมีความแตกต่างกัน เช่น อายุการใช้งาน สภาพรถเกี่ยว ชนิดรถเกี่ยว และกำลังของเครื่องยนต์ ถ้าหากรถเกี่ยวมีการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ อะไหล่ และอุปกรณ์การเกี่ยวอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงมีเทคโนโลยีที่สูงกว่า ย่อมส่งผลให้เกิดการสูญเสียที่น้อยกว่ารถเกี่ยวที่ขาดการบำรุงรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการควบคุมความเร็วของรถในระหว่างการเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการสูญเสียข้าวโพด หากผู้ขับรถเกี่ยวใช้ความเร็วไม่เหมาะสมหรือเร็วเกินไปกว่าคำแนะนำ เนื่องจากต้องการทำรอบในการรับจ้างเกี่ยวไปพื้นที่อื่นๆ ต่อวัน เพราะรถเกี่ยวส่วนมากจะเป็นรถบริการรับจ้าง ทำให้เกษตรกรมีข้อจำกัดในการต่อรองเรื่องความเร็วในการขี่ของผู้รับจ้าง นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยของต้นข้าวโพดที่ล้มเนื่องจากได้รับความเสียหายจากลมพายุ ส่งผลให้รถเกี่ยวไม่สามารถเก็บฝักต้นข้าวโพดที่ล้มบนพื้นดิน และในบางครั้งล้อรถเกี่ยวอาจเหยียบทับฝักข้าวโพด ส่งผลให้เมล็ดข้าวโพดแตกได้รับความเสียหาย ไม่สามารถเก็บเมล็ดไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ส่งผลก่อให้เกิดการสูญเสียอาหาร อีกทั้งยังพบว่าช่วงเวลาที่เก็บเกี่ยว หรือการเก็บเกี่ยวที่ไม่อยู่ในระยะที่เหมาะสม เนื่องมาจากข้อจำกัดด้านราคาจำหน่าย หรือสภาพดินฟ้าอากาศแปรปรวน ที่อาจทำให้มีความจำเป็นต้องเก็บเกี่ยวก่อนกำหนด ทำให้เมล็ดที่เก็บเกี่ยวมีสภาพเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ เมล็ดแตกง่าย มีความชื้นสูง และอาจส่งผลกระทบในระยะยาวทางที่มีความเสี่ยงต่อการเข้าทำลายของสารพิษจากเชื้อราแอฟลาทอกซินที่

4.2 การสูญเสียในระหว่างเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพด

การเก็บรักษาข้าวโพดให้มีคุณภาพ จำเป็นต้องลดความชื้นในผลผลิตข้าวโพดให้เร็วที่สุดเพื่อลดโอกาสการเข้าทำลายของเชื้อราจากสารพิษแอฟลาทอกซิน แต่จากการสัมภาษณ์ผู้รวบรวมผลผลิต และการประเมินคุณภาพเมล็ดข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษาในโรงเก็บ พบว่า พื้นที่ที่ทำการเก็บข้าวโพดส่วนใหญ่เป็นพื้นที่โล่ง ภายหลัง

กรมวิชาการเกษตร

จากผู้รวบรวมนำเมล็ดไปลดความชื้นด้วยวิธีการตากแดด เป็นเวลา 3 วัน โดยใช้รถแทรกเตอร์ในการเกลี่ยเมล็ดทุกๆ 1 ชั่วโมง และรวบรวมเมล็ดตากบนลาน หรือหากเมล็ดข้าวโพดมีความชื้นสูงเนื่องจากเกิดความแปรปรวนของสภาพอากาศฝนตกผิดฤดูกาล ส่งผลให้เกิดปัญหาความชื้นภายในผลผลิตในระหว่างการเก็บเกี่ยว ดังนั้นการใช้เครื่องอบเมล็ดจึงเป็นวิธีการแก้ปัญหา และลดความเสี่ยงจากปริมาณความชื้นในเมล็ดที่มากเกินไป แต่อย่างไรก็ตามพบว่าโรงงานรับซื้อมักนิยมนำเมล็ดข้าวโพดที่ลดความชื้นไปกองยังโรงเก็บที่มีหลังคาเพื่อรอการจำหน่ายให้แก่ผู้รวบรวมรายใหญ่ แต่จากการลงไปสำรวจสถานที่จัดเก็บพบว่า เมล็ดที่กองไว้พบปัญหาในเรื่องลักษณะเมล็ดที่แตกหัก อาจเนื่องมาจากแรงกดทับของล้อรถไถในระหว่างการเกลี่ยเมล็ดลดความชื้น นอกจากนี้ยังพบกลิ่นผิดปกติ แมลงเข้าทำลาย เมล็ดบางส่วนเป็นเชื้อรา และมีมูลสัตว์ปะปนอยู่ภายในกอง อีกทั้งพบว่าโรงเก็บส่วนใหญ่มีรอยรั่วส่งผลให้ความชื้น หรือละอองฝนสามารถเข้าไปสัมผัสกับเมล็ดข้าวโพดที่เก็บไว้ได้ง่าย จากการทดลองของภัควิไลและคณะ (2560) พบว่าเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพดในลักษณะแบบกอง มีโอกาสที่ก่อให้เกิดสารพิษจากเชื้อราแอฟลาทอกซินเมื่อเก็บรักษานาน โดยพบว่าเชื้อราแอฟลาทอกซินมีปริมาณเพิ่มขึ้นถึง 22.05 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ในเดือนที่ 6 อาจเนื่องมาจากการเก็บข้าวโพดแบบกองติดต่อกันเป็นเวลานาน ส่งผลทำให้เกิดความชื้นและความร้อนสะสมในกองข้าวโพดทำให้เกิดการระบาดของเชื้อราและการเข้าทำลายจากแมลง/ศัตรูในโรงเก็บ ส่งผลทำให้เกิดเป็นจุดวิกฤติที่ก่อให้เกิดการสูญเสียอาหารของข้าวโพดคิดเป็น 3%

ดังนั้นแนวทางการแก้ไขปัญหา ควรมีแนวทางในการจัดการดังต่อไปนี้

1. สถานที่เก็บข้าวโพดควรมีผนังปิดมิดชิด เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของสัตว์
2. ควรทำตาข่ายป้องกันหนู และนก
3. ควรแยกเก็บข้าวโพดที่ความชื้นแตกต่างกันไว้คนละกองเพื่อรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของข้าวโพด ทำให้สะดวกต่อผู้รวบรวมสำหรับนำไปจำหน่ายต่อ
4. เมื่อบรรจุเมล็ดข้าวโพดในกระสอบควรวางกระสอบให้ห่างจากผนังของโกดังเพื่อป้องกันความชื้นจากภายนอกซึมผ่านผนังมาสัมผัสกับข้าวโพด
5. สำหรับกรณีที่วางเมล็ดกองในโรงเก็บโดยที่ไม่ได้ใส่กระสอบ ควรมีการทำโพรงระบายอากาศให้แก่ข้าวโพดแต่ละกองเพื่อให้ข้าวโพดที่อยู่ด้านล่างสามารถระบายความชื้นได้

5. ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสู่การลดความสูญเสียอาหาร

1. ภาครัฐควรมีการขึ้นทะเบียนผู้เก็บเกี่ยวข้าวโพด โดยกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับทักษะความรู้และข้อกำหนดในการเก็บเกี่ยว รวมถึงการสร้างแรงจูงใจและความตระหนัก ตลอดจนมีมาตรการสำหรับการเก็บเกี่ยวที่ไม่ได้คุณภาพ รวมทั้งการพัฒนาเครื่องจักรกลทางการเกษตรสำหรับกระบวนการเก็บเกี่ยว เพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวได้มีประสิทธิภาพ ทำให้การเก็บเกี่ยวฝักข้าวโพดมีคุณภาพเพิ่มขึ้น ลดปัญหาเรื่องการตกค้างของฝักร่วงในแปลง และการแตกของเมล็ดที่จะทำให้เป็นบาดแผลแล้วกลายเป็นช่องทางซ้ำจากการเก็บเกี่ยว

2. ภาครัฐควรกำหนดนโยบายให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีหน้าที่รับผิดชอบในการยกระดับเกษตรกรรายย่อยให้เกิดการรวมกลุ่มกันอย่างยั่งยืน เพื่อข้อได้เปรียบทางด้านการต่อรองราคา และโอกาสจากการดูแลของทางภาครัฐ นอกจากนี้การรวมกลุ่มกันจะเกิดการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ที่มีประโยชน์เพื่อนำมาปรับใช้กับเกษตรกร

3. ภาครัฐควรให้หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านส่งเสริมทางการเกษตรและเทคโนโลยีด้านการเกษตร มาให้ความรู้แก่เกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด เพื่อให้การผลิตข้าวโพดและการนำไปใช้ประโยชน์ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

สำนักวิชาการเกษตร

4. รัฐบาลควรมีการพัฒนาทั้งด้านสินค้า และข้อมูลตลอดห่วงโซ่คุณค่า โดยเตรียมความพร้อมในการพัฒนาศักยภาพห่วงโซ่ข้าวโพด ส่งเสริมให้มีการพัฒนาด้านข้อมูลข่าวสารมากขึ้น มีการนำเอาการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับข้าวโพด (GAP) มาดำเนินการอย่างจริงจัง การปรับปรุงระบบโครงสร้างพื้นฐานและการพัฒนระบบโลจิสติกส์ การสร้างมาตรฐานและแนวทางการรับซื้อข้าวโพด

5. ด้านเกษตรกร ควรมีการปรับโครงสร้างการผลิตข้าวโพด นำระบบการผลิตแบบเกษตรอัจฉริยะ (smart farming) มาใช้ จัดตั้งกลุ่ม/สหกรณ์การสร้างแรงจูงใจในการเพิ่มมูลค่าสินค้า โดยการคัดแยกเกรดคุณภาพข้าวโพดในภาคส่วนของผู้รวบรวม ควรมีการสนับสนุนให้มีการลงทุนในเครื่องอบ ลานตากหรือโกดังมากขึ้น การบังคับใช้มาตรฐานการรับซื้อที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ในขณะที่ผู้แปรรูปควรการสร้างความร่วมมือระหว่างกลุ่มเกษตรกรและผู้ใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ลงไปส่งเสริมให้เกษตรกรรับทราบข้อมูลของข้าวโพดที่มีคุณภาพ สนับสนุนให้มีการรับซื้อข้าวโพดที่มีคุณภาพ และมีการผลิตแบบ GAP

Table 3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่ออุตสาหกรรมข้าวโพด

จุดแข็ง	**จุดอ่อน**
1. ประเทศไทยมีทำเลที่ตั้งและมีภูมิอากาศเหมาะสมสามารถปลูกได้ในหลายพื้นที่ 2. เกษตรกรกว่าร้อยละ 95 ยอมรับและใช้พันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง 3. เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดมีประสบการณ์และความชำนาญด้านการปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยว 4. มีเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูกข้าวโพด 5. ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมในประเทศที่มีความสามารถในการรับซื้อผลผลิตจากเกษตรกร 6. ภาคเอกชนมีความก้าวหน้าในเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่ได้มาตรฐาน	1. พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตน้ำฝนนอกเขตชลประทาน 2. เกษตรกรบางส่วนเพาะปลูกข้าวโพดในพื้นที่เหมาะสมน้อยและพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม 3. เกษตรกรใช้พันธุ์ลูกผสมที่ต้องการการจัดการที่เหมาะสมจึงจะให้ผลผลิตเต็มตามศักยภาพของพันธุ์ 4. เกษตรกรใช้พันธุ์ลูกผสมซึ่งไม่สามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เอง 5. เกษตรกรขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีในการผลิตข้าวโพดที่ถูกต้อง 6. เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเป็นเกษตรกรรายย่อยขาดประสิทธิภาพในการจัดการการผลิตและการตลาด
โอกาส	**อุปสรรค**
1. อุตสาหกรรมอาหารสัตว์มีความต้องการใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบเพิ่มขึ้น 2. นโยบายของรัฐในการส่งเสริมการลดพื้นที่ข้าวนาปรังเอื้อต่อการขยายพื้นที่ปลูกข้าวโพดในฤดูแล้ง 3. ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบที่สามารถพัฒนาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สร้างมูลค่าเพิ่มได้อีกมาก 4. ไทยมีบุคลากร และหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนที่มีความรู้ความสามารถในการศึกษาวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตครบทุกด้าน 5. มีองค์ภาครัฐ และเอกชนที่มีศักยภาพในการบริหารจัดการผลิตและการตลาด	1. ประเทศคู่ค้าอาจมีการใช้กฎระเบียบและมาตรการที่ไม่ใช่ภาษี กับสินค้าแปรรูปและผลิตภัณฑ์ปลายน้ำข้าวโพด 2. การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ส่งผลต่อการผลิตทั้งปริมาณและคุณภาพของผลผลิตข้าวโพด 3. ราคาปัจจัยการผลิตที่จำเป็นมีแนวโน้มสูงขึ้น 4. ขาดการเชื่อมโยงด้านการผลิตและการตลาดทำให้บริหารจัดการผลผลิต ไม่มีประสิทธิภาพ 5. องค์ภาครัฐ และเอกชนที่มีศักยภาพในการบริหารจัดการการตลาด และเงินทุนในการดำเนินการ 6. ขาดการสร้างบุคลากร และสนับสนุนด้านการวิจัยพัฒนาการผลิต การแปรรูปน้อย และไม่ต่อเนื่อง 7. แรงงานยุคใหม่ไม่ชอบทำการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

Table 4 ข้อมูลความสูญเสียในแต่ละขั้นตอนตลอดห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด

Commodity	Stage	Stakeholders	ความสูญเสียเชิงปริมาณ			
			ลักษณะความสูญเสีย	สาเหตุของการสูญเสีย	ร้อยละความสูญเสีย	การนำไปใช้ประโยชน์
ข้าวโพด	การเก็บเกี่ยว (Harvest)	เกษตรกร	ฝักและเมล็ดเป็นเชื้อรา	ได้รับน้ำฝนทำให้เกิดความชื้น	0.05	ทิ้ง/ทำลาย
			ฝักร่วงหล่น	ต้นข้าวโพดล้ม	0.5	นำไปสีหรือเป็นอาหารสัตว์
			ฝักไม่สมบูรณ์	ขาดธาตุอาหาร ขาดน้ำ หนูกัด	0.2	เป็นอาหารสัตว์
		ผู้รวบรวม	เมล็ดแตก	รถเก็บเกี่ยวทับ	3.89	ทิ้งไว้ในแปลง
	Harvest Loss				4.64	
	การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว (Post Harvest)	เกษตรกร	ฝักร่วงหล่นระหว่างขนส่ง	ถุงบรรจุปิดผนึกไม่สนิท	0.15	-
		ผู้รวบรวม	เมล็ดร่วงหล่นระหว่างขนส่ง	รถขนส่งปิดไม่มิดชิด	0.05	-
			เมล็ดเป็นเชื้อรา	การเก็บรักษาไม่เหมาะสม	2.25	ทิ้ง/ทำลาย
			เมล็ดแตกหัก	โดนแรงกดจากรถบรรทุกทับ	1.02	เป็นอาหารสัตว์
			เมล็ดเสียหาย โดนแทะเป็นรู	โดนหนูและแมลงเจาะแทะ	0.98	เป็นอาหารสัตว์
	Post Harvest Loss				4.45	

กรมวิชาการเกษตร

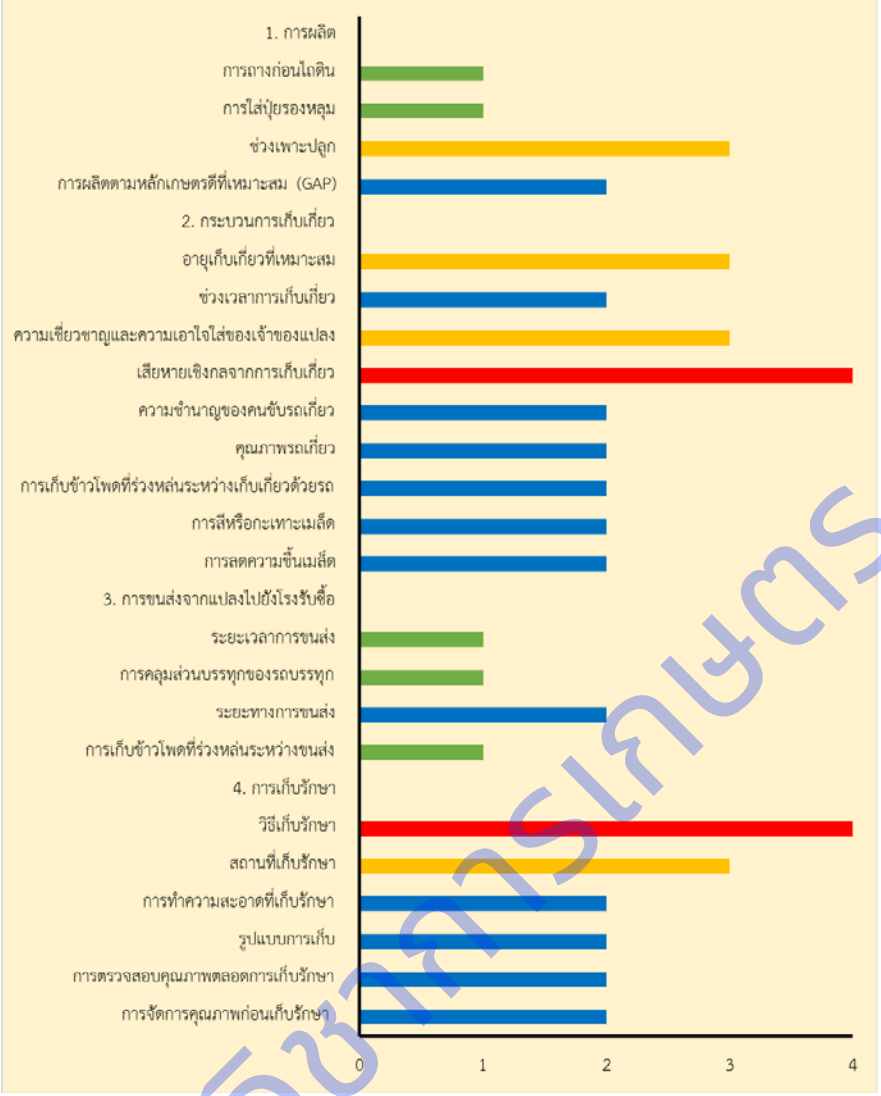


Figure 2 ระดับปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการสูญเสียข้าวโพดตลอดห่วงโซ่อุปทาน (level of driving factors affecting to maize food loss along supply chain)

กรมวิชาการเกษตร

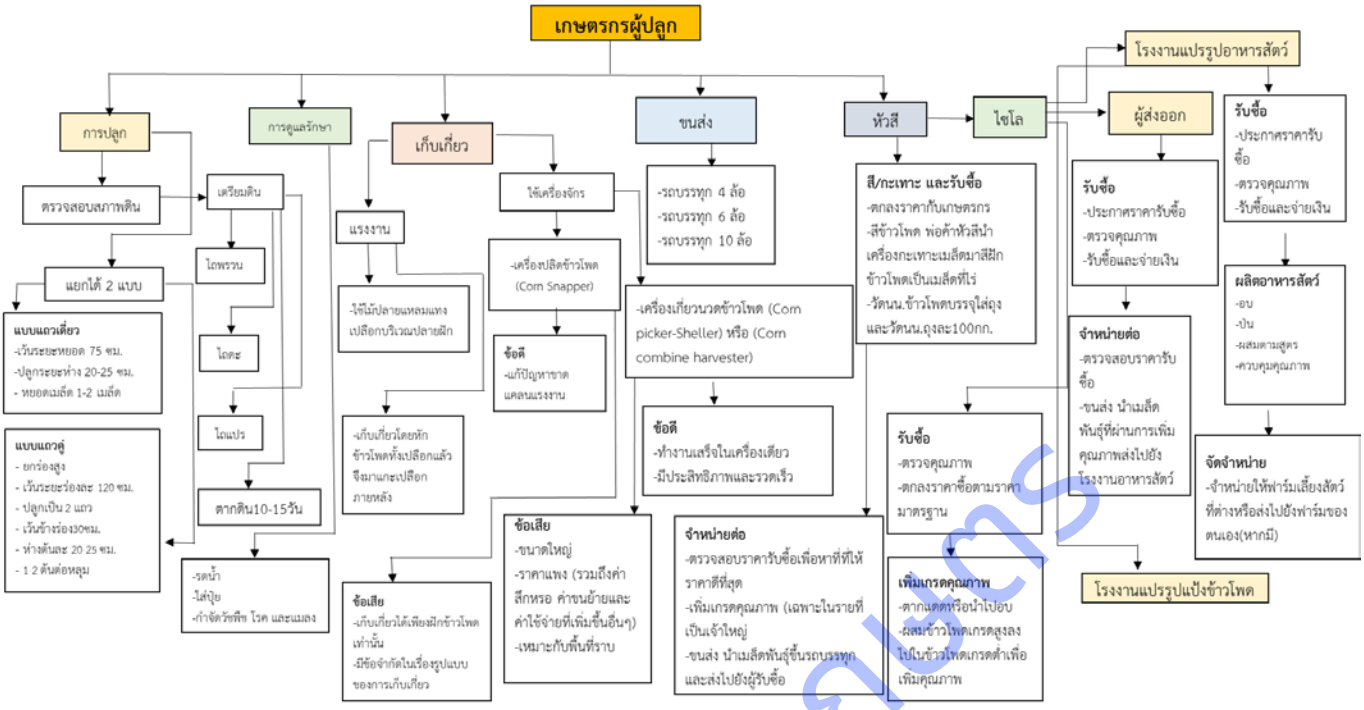


Figure 3 ผังกิจกรรมและความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด

การทดลองที่ 3 การใช้สมการประเมินความสูญเสียของข้าวจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

1. การสร้างสมการประเมินความสูญเสียข้าวจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ

1.1 สมการประเมินความสูญเสียข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ

การสร้างสมการประเมินความสูญเสียข้าวสารที่เก็บรักษาในโรงเก็บ โดยใช้ค่าสังเกต Y จำนวน 2 ตัว คือ คือปริมาณเมล็ดเสียจาก 1000 เมล็ด และปริมาณน้ำหนักที่หายไปของเมล็ดข้าว 1000 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียเฉลี่ย (Y1) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดสูญเสียเฉลี่ย (Y2) และได้นำค่าสังเกตทั้ง 2 ชนิดมาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ ที่วัดได้ ดังนี้

1.1.1 สมการประเมินเมล็ดเสียของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ

Y_1 = เปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียเฉลี่ย

การสร้างสมการด้วยการหาความสัมพันธ์กับตัวแปร X จำนวน 5 ตัว คือ

X_1 คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_2 คือ ระดับอุณหภูมิภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (^{o}C)

X_3 คือ ระดับความชื้นภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (%RH)

X_4 = ระดับความชื้นเมล็ดข้าวสารตัวอย่างเฉลี่ย (%MC)

X_5 = ปริมาณแมลงศัตรูสำคัญของข้าวสารเฉลี่ย (ตัว/ข้าวสาร 250 กรัม)

โดยตัวแปรปริมาณแมลงที่ตรวจพบจะใช้แมลงศัตรูสำคัญทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ ผีเสื้อข้าวสาร มอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดฟันเลื่อย มอดสยาม และมอดหนวดยาว พบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร Y_1 กับตัวแปร X_1, X_2, และ X_5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความสัมพันธ์กับ X_1 และ X_5 เป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับตัวแปร Y ส่วนความสัมพันธ์กับตัวแปร X_2 เป็นในทิศทางตรงข้ามกับตัวแปร Y_1 ซึ่งค่า

กรมวิชาการเกษตร

ความสัมพันธ์ที่ได้คือ .824, -.658 และ .933 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ stepwise regression จะได้โมเดลทั้งหมด 4 โมเดล (Table 5) โดยพบว่าทุกโมเดลมีค่า R^2 สูงใกล้เคียงกันตั้งแต่ 87-92% หากเลือกโมเดลที่มีค่า R^2 สูง 90% ขึ้นไปสามารถเลือกได้ 3 โมเดล คือ โมเดลที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 91, 92 และ 92% ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันเพียง 1% เท่านั้น แต่เมื่อพิจารณาจำนวนตัวแปรในโมเดลพบว่า โมเดล 2 มีจำนวนตัวแปร X จำนวน 2 ตัว คือ X_5 และ X_1 โมเดล 3 มีตัวแปร X จำนวน 3 ตัว คือ X_5, X_1และ X_2 ส่วนโมเดล 3 มีตัวแปร X จำนวน 4 ตัว คือ X_5, X_1, X_2 และ X_3 ซึ่งตัวแปร X_2 และ X_3 มีความสัมพันธ์กับตัวแปร Y น้อยกว่า X_5 และ X_1 ดังนั้นควรเลือกโมเดล 2 มาสร้างสมการประเมินความสูญเสียเมล็ดข้าวสาร เนื่องจากให้ค่า R_2 สูงใกล้เคียงโมเดลอื่นและมีตัวแปร X เข้ามาเกี่ยวข้องเพียง 2 ตัว เมื่อพิจารณาค่า coefficients ของโมเดล 2 (Table 6) สามารถสร้างสมการประเมินความสูญเสียเมล็ดข้าวสาร ได้ดังนี้

$\hat{Y}_1 = -1.564 + .561^{**}X_1 + .091^{**}X_5$

$R^2 = 91\%$

Y_1 = เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวสารเสียจากการเข้าทำลายของแมลงเฉลี่ย

ซึ่งหมายความว่าตัวแปร X สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมล็ดเสีย (Y_1) ได้ 91% และถ้าระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น 1 เดือนโดยปริมาณแมลงคงที่จะทำให้มีปริมาณเมล็ดเสียเพิ่มขึ้น 0.561% และถ้าหากมีแมลงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1 ตัวในตัวอย่างข้าวสาร 250 กรัมโดยที่ระยะเวลาการเก็บรักษาคงที่จะเกิดความเสียหายต่อเมล็ดข้าวสารเพิ่มขึ้น 0.091% ดังนั้นหากไม่ต้องการให้มีปริมาณเมล็ดเสียเพิ่มมากขึ้นควรต้องทำการควบคุมปริมาณแมลงให้ดี จากค่า coefficients พบว่าตัวแปร X_1, X_5 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงจำนวนเมล็ดเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ

1.1.2 สมการประเมินการสูญเสียน้ำหนักของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ

สำหรับสมการประเมินเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดสูญเสียเฉลี่ย (Y_2) ซึ่งผลของความสัมพันธ์ระหว่าง กับตัวแปร X ต่างๆ โดยพบว่า Y_2 มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ X_1, X_2, และ X_5 โดยค่าความสัมพันธ์ที่ได้คือ .710, -.375 และ .637 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ stepwise regression จะได้โมเดลทั้งหมด 3 โมเดล มีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 50-58% (Table 7)

โดยสมการที่ได้มีค่า R^2 เท่ากับ 58% จากค่า coefficients พบว่าตัวแปร X_1, X_2, X_5 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหนักเมล็ดที่สูญเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ หากพิจารณาจากค่า R^2 ของสมการพบว่าตัวแปร X ทั้ง 2 ตัวสามารถคาดการความสูญเสียที่จะเกิดแก่ข้าวสารได้เพียง 58% ซึ่งยังน้อยมาก อาจยังไม่สามารถนำมาใช้ได้ในการประเมินความเสียหายในแนวเส้นตรง

1.2 สมการประเมินความสูญเสียข้าวเปลือกจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ

สำหรับการสร้างสมการประเมินความสูญเสียข้าวเปลือกที่เก็บรักษาในโรงเก็บ ใช้ค่าสังเกต Y จำนวน 2 ตัว เช่นเดียวกับข้าวสาร คือ คือ ปริมาณเมล็ดเสียจาก 1000 เมล็ด และปริมาณน้ำหนักที่หายไปของเมล็ดข้าว 1000 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียเฉลี่ย (Y_1) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดสูญเสียเฉลี่ย (Y_2) และได้นำค่าสังเกตทั้ง 2 ชนิดมาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆที่วัดได้ ดังนี้

1.2.1 สมการประเมินปริมาณเมล็ดเสียของข้าวเปลือกจากแมลงศัตรูสำคัญ

จากการตรวจนับแมลงในตัวอย่างข้าวเปลือกเพื่อใช้สร้างสมการ จากทั้งหมด 10 โรง พบแมลงศัตรูทั้งหมด 8 ชนิด ได้แก่ ผีเสื้อข้าวเปลือก มอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดฟันเลื่อย มอดสยาม มอดหนวดยาว และเหาหนังสือ ในการสร้างสมการใช้จำนวนแมลงศัตรูสำคัญเฉลี่ยทั้งหมด 7 ชนิด ยกเว้นเหาหนังสือ ซึ่งเป็นแมลงขนาดเล็กมากและก่อให้เกิดความเสียหายแก่เมล็ดข้าวเปลือกน้อย แต่มีปริมาณมากในบางพื้นที่

เมื่อนำเปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวเปลือกเสียเฉลี่ย (Y_1) มาหาความสัมพันธ์กับตัวแปร X ทั้ง 5 ตัว ได้แก่

กรมวิชาการเกษตร

X_1 คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_2 คือ ระดับอุณหภูมิภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (°C)

X_3 คือ ระดับความชื้นภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (%RH)

X_4 = ระดับความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกตัวอย่างเฉลี่ย (%MC)

X_5 = ปริมาณแมลงศัตรูสำคัญของข้าวเปลือกเฉลี่ย (ตัว/ข้าวเปลือก 250 กรัม)

พบว่า Y_1 มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ X_1, X_2, X_4 และ X_5 โดยค่าความสัมพันธ์ที่ได้คือ .830, -.775, .765 และ .719 ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ stepwise regression ผลการวิเคราะห์สรุปได้ 2 โมเดลที่มีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 69-75% (Table 8) ซึ่งโมเดลที่สามารถทำนายผลตัวแปร Y_1 ได้ดีที่สุด คือ โมเดลที่ 2 ที่มีตัวแปร X ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง 2 ตัว คือ X_1 และ X_2 และเมื่อนำค่า Coefficients จาก Table 9 สามารถสร้างสมการได้ดังนี้

$\hat{Y}_1 = 51.607 + 1.333^{**}X_1 - 1.706^{**}X_2$

R^2 = 75%

Y_1 = เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวเปลือกเสียจากการเข้าทำลายของแมลงเฉลี่ย

X_1 = ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_2 คือ ระดับอุณหภูมิภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (°C)

สมการที่ได้มีค่า R^2 เท่ากับ 75% แสดงว่าทั้งตัวแปร X_1 และ X_2 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเมล็ดเสียได้ 75% จากค่า coefficients พบว่าตัวแปร X_1 และ X_2 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหนักเมล็ดที่สูญเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่การที่สมการมีค่าความแม่นยำในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียได้เพียง 75% ถือว่ายังไม่สูงมากนัก หากต้องการให้ได้ค่าความแม่นยำที่เพิ่มขึ้นจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพิ่มเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของสมการในลำดับต่อไป

1.2.2 สมการประเมินการสูญเสียน้ำหนักของข้าวเปลือกจากแมลงศัตรู

สมการประเมินเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดสูญเสียเฉลี่ย (Y_2) ซึ่งผลของความสัมพันธ์ระหว่าง กับตัวแปร X ต่างๆ โดยพบว่า Y_2 มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ X_1, X_2, X_4 และ X_5 โดยค่าความสัมพันธ์ที่ได้คือ .813, -.771, .761 และ .715 ตามลำดับ (Table 10) ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ stepwise regression ผลการวิเคราะห์สรุปได้ 2 โมเดลที่มีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 66-73% ถือว่ายังไม่สูงมากนัก จึงควรต้องเก็บข้อมูลเพิ่มเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของสมการในลำดับต่อไป

2. การทดสอบความเหมาะสมของสมการประเมินความเสียหายของข้าว

การทดสอบสมการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการประเมิน ด้วยวิธีการ Least Square Method โดยสมการที่เหมาะสมจะมีค่าความคลาดเคลื่อระหว่างค่าสังเกตของค่าจริง (Y) กับค่าประมาณการจากสมการ ($\hat{Y}$) น้อยที่สุด ข้อมูลที่นำมาใช้ทดสอบสมการคือข้อมูลที่เก็บในปี 2564 พบว่า สมการประเมินเมล็ดเสียของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.6 ส่วนสมการประเมินปริมาณสูญเสียน้ำหนักของข้าวสารที่ พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 7.3 ส่วนสมการประเมินปริมาณเมล็ดเสียของข้าวเปลือกที่พบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 12.0 ส่วนสมการประเมินการสูญเสียน้ำหนักของข้าวเปลือกพบมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 39.9

กรมวิชาการเกษตร

Table 5 The model summary of grain losses of milled rice analyzed by stepwise regression method

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.933[a]	.871	.870	1.80641
2	.954[b]	.909	.907	1.52648
3	.957[c]	.917	.914	1.47068
4	.959[d]	.921	.917	1.44467

a. Predictors: (Constant), x5 b. Predictors: (Constant), x5, x1 c. Predictors: (Constant), x5, x1, x2

d. Predictors: (Constant), x5, x1, x2, x3 e. Dependent Variable: Y1

Table 6 Coefficients of equation for estimate grain losses of milled rice caused by major stored product pests model

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
2	(Constant)	-1.564	.362		-4.315	.000
	x5	.091	.006	.717	14.826	.000
	x1	.561	.093	.291	6.020	.000

a. Dependent Variable: Y1

Table 7 The model summary of weight loss of milled rice analyzed by stepwise regression method

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.710[a]	.504	.499	2.58925
2	.741[b]	.550	.539	2.48218
3	.758[c]	.575	.560	2.42501

a. Predictors: (Constant), x1 b. Predictors: (Constant), x1, x2 c. Predictors: (Constant), x1, x2, x5 d. Dependent Variable: Y2

Table 8 The model summary of seed damage of paddy rice analyzed by stepwise regression method

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.830[a]	.689	.685	3.43194
2	.865[b]	.749	.743	3.09907

a. Predictors: (Constant), x1 b. Predictors: (Constant), x1, x2 c. Dependent Variable: Y1

Table 9 Coefficients of equation for estimate grain losses of paddy rice caused by major stored product pests model

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
2	(Constant)	51.607	11.898		4.338	.000
	x1	1.333	.186	.566	7.179	.000
	x2	-1.706	.373	-.361	-4.574	.000

a. Dependent Variable: Y1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Table 10 The model summary of weight loss of paddy rice analyzed by stepwise regression method

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.813[a]	.660	.657	1.80363
2	.853[b]	.727	.721	1.62507

a. Predictors: (Constant), x1 b. Predictors: (Constant), x1, x2 c. Dependent Variable: Y2

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าห่วงโซ่อุปทานของการผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทยมีผู้เกี่ยวข้องหลักคือ เกษตรกร ผู้รับจ้างเก็บเกี่ยว กะเทาะเปลือก ผู้รวบรวม และผู้ประกอบการแปรรูป เป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่สำคัญในกิจกรรมต่าง ๆ ในห่วงโซ่อุปทาน เกษตรกรมีพื้นที่เพาะปลูกต่อครัวเรือนน้อยกว่า 5 ไร่ วิธีการปลูกเป็นแบบดั้งเดิม อาศัยน้ำจากธรรมชาติเป็นหลัก และปลูกปริมาณมากในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางตอนบน สำหรับการสูญเสียของถั่วเหลือง (จากการตรวจวัดจริง) พบการสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ร้อยละ 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 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 พบการสูญเสียสูงถึง 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

กรมวิชาการเกษตร

X_1 = ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_2 คือ ระดับอุณหภูมิภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (^oC)

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

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ห่วงโซ่อุปทานของการผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทยขั้นตอนการเก็บเกี่ยว (ด้วยรถเกี่ยว) เป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดการสูญเสียมากที่สุดในห่วงโซ่อุปทาน ตามด้วยการกะเทาะเปลือก และการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดการสูญเสียถั่วเหลืองในประเทศไทย การสูญเสียของข้าวโพดในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทานขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา ก่อให้เกิดการสูญเสียมากที่สุดในห่วงโซ่อุปทาน และได้สมการประเมินปริมาณเมล็ดเสียของข้าวเปลือกและข้าวสารจากแมลงศัตรูสำคัญ

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 2

การประเมินการสูญเสียของพืชสวนในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน
Postharvest Losses Assessment in Horticultural Commodities Throughout the Supply Chains

ผู้วิจัย

ชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์
Chawalert Trikarunasawat

ชุติมา วิธูรจิตต์
Chutima Vithoonjit

และ

อารีรัตน์ การุณสถิตชัย
Areerat Karunsatitchai

คำสำคัญ

กาแฟอาราบิกา พริกขี้หนู มะเขือเทศ ความสูญเสีย ส่วนเหลือทิ้ง ห่วงโซ่อุปทาน
Coffea Arabica, chilli, Tomato, food loss, supply chain

บทคัดย่อ

การประเมินการสูญเสียของผลผลิตพืชสวนในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน ได้ดำเนินการระหว่าง ตุลาคม 2563 – ธันวาคม 2564 ที่กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดทำค่าพื้นฐานของการสูญเสียอาหารที่สอดคล้องตามเป้าหมายตัวชี้วัด SDG 12.3.1 ในขั้นตอนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลพืชสวนและวิเคราะห์สาเหตุของการสูญเสียในขั้นตอนปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว ในผลิตผลพืชสวน 3 ชนิด ได้แก่ กาแฟอาราบิก้า พริก และมะเขือเทศ ในผลิตผลกาแฟอาราบิก้าพบว่าความเสี่ยงที่เป็นจุดวิกฤตที่สำคัญคือ การสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลงจากมอดเจาะ แนวทางการป้องกันด้วยการทำความสะอาดแปลงและทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของมอดเจาะผลกาแฟ และการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบในขั้นตอนการเก็บรักษา ป้องกันด้วยการจัดการสภาพการเก็บรักษาโดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 55-60 %RH และอุณหภูมิไม่เกิน 28 องศาเซลเซียส ในผลิตผลพริกขี้หนูพบว่าการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวมีสาเหตุหลักจากโรคและแมลง เนื่องจากการซื้อขายมักเป็นการซื้อโดยไม่แยกเกรดเกษตรกรขาดแรงจูงใจในการคัดแยกผลผลิตก่อนขาย ส่วนการสูญเสียในขั้นตอนการค้าส่งพริกขี้หนูเขียวมีการสูญเสียรวม ร้อยละ 41.1 โดยพบว่ามีการปะปนของพริกแดงมากที่สุดและมีการฉีกหักและโรคเข้าทำลายมากกว่าพริกแดง อาจเป็นผลจากขั้นตอนการเก็บรักษาและขนส่งพริกไม่มีการใช้ห้องเย็น และมะเขือเทศ พบว่ามะเขือเทศมีการสูญเสียในแปลงปลูกค่อนข้างสูงสาเหตุหลักจากโรคพืชเข้าทำลาย ส่วนในขั้นตอนการรวบรวม/รับซื้อผลผลิตการสูญเสียจะเกิดสูงมากในผลิตผลที่มี

กรมวิชาการเกษตร

การเก็บรักษาเกิน 3 วันก่อนส่งโรงงาน การป้องกันได้ด้วยการจัดการแผนการเก็บเกี่ยวและระบบการเก็บรักษาและการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ

Abstract

Project of postharvest loss assessment of horticultural commodities (Arabica coffee, Chilli 'Prik Khee Noo' and processing tomato) throughout the supply chain was conducted during October, 2020 to September, 2021 at Postharvest and processing research and development division, Department of Agriculture, aimed to establish baseline of food loss values according to SDG 12.3.1 indicators in postharvest handling and to determine the causes of their losses. The study method consisted of collecting data by in-depth interview together with questionnaires from stakeholders in all activities and collecting actual weights and measures samples to assess losses. The results showed that 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 ℃ 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.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

การสูญเสียอาหารเป็นปัญหาใหญ่ที่ส่งผลกระทบในวงกว้างต่อสังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม หากคิดเป็นอัตราส่วนประมาณ 1 ใน 3 ของผลผลิตที่ผลิตได้ ซึ่งปริมาณการสูญเสียอาหารสามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาความอดอยากและขาดแคลนอาหารได้ จากเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals-SDGs) โดยเป้าหมายที่ 12 แผนการบริโภคและการผลิตที่ยั่งยืน (Responsible Consumption) ได้กำหนดแนวทาง 12.3 คือ การลดขยะเศษอาหารของโลกลงครึ่งหนึ่งในระดับค้าปลีกและผู้บริโภคและลดการสูญเสียอาหารจากกระบวนการผลิตและห่วงโซ่อุปทาน และเป้าหมายตัวชี้วัดที่ 12.3.1 การสูญเสียอาหาร (Food Loss; SDG 12.3.1) ในขั้นตอนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว (ขวัญคณิศร์ และณัฐฐา, 2020; FAO, 2021)

การลดความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวและการรักษาคุณภาพของผลิตผลสดจึงจำเป็นจะต้องเข้าใจถึงลักษณะทางชีววิทยา ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมและสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว และต้องมีการนำเทคโนโลยีมาใช้อย่างเหมาะสมในการชะลอการเสื่อมสภาพ การรักษาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตผลสด จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการวิจัยเพื่อประเมินสาเหตุการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวในแต่ละขั้นตอน เพื่อหาแนวทางและพัฒนาเทคโนโลยีมาใช้ในการลดการสูญเสียดังกล่าว

กาแฟ จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยพบว่า แหล่งเพาะปลูกกาแฟอาราบิก้า (*Coffea arabica* L.) ที่สำคัญ 10 อันดับแรก ได้แก่ จังหวัดเชียงราย และเชียงใหม่ อุดรธานี ตาก นครราชสีมา น่าน แม่ฮ่องสอน ประจวบคีรีขันธ์ พิษณุโลก และเพชรบูรณ์ โดยมีพื้นที่เพาะปลูกมากกว่า 150,000 ไร่ ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ 35.27 ตัน และราคาที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ย 23.25-25.18 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบเนื้อที่การให้ผลผลิต ในปี 2560-2561 พบว่า เนื้อที่ให้ผลรวมทั้งประเทศเพิ่มขึ้นจากการขยายเนื้อที่ปลูกของแหล่งปลูกกาแฟพันธ์อาราบิก้าในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากภาครัฐมีการส่งเสริมให้ปลูกแซมในสวนผลไม้ไม้ยืนต้น และพื้นที่ป่าชุมชน (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) และเมื่อวิเคราะห์ปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวในกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้าส่วนใหญ่ เกิดจากการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ถูกต้อง ได้แก่ การเก็บเกี่ยวเมล็ดกาแฟในระยะที่ไม่เหมาะสม หรือเก็บผลอ่อนปะปนกับผลแก่ (กรมวิชาการเกษตร, 2559) รวมถึงการปลอมปนของเมล็ดกาแฟที่มีข้อบกพร่องโดยรวม เกินร้อยละ 4 โดยมวล เป็นมาตรฐานที่สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติเป็นผู้กำหนด เช่น เมล็ดดำ เมล็ดขึ้นรา ชิ้นเมล็ดแตก เมล็ดถูกแมลงทำลาย ผลกาแฟแห้ง สิ่งแปลกปลอม (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2562) จะทำให้ได้กาแฟที่มีกลิ่นและรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อนำเมล็ดกาแฟนั้นไปคั่วบด งานวิจัยนี้มีวัตถุเพื่อศึกษาแนวทางการจัดทำค่าพื้นฐานของการสูญเสียอาหารที่สอดคล้องตามเป้าหมายตัวชี้วัด SDG 12.3.1 (FAO, 2018) ในขั้นตอนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของกาแฟอาราบิก้า และสาเหตุของการสูญเสียในขั้นตอนปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว ทั้งจากลักษณะทางชีววิทยาของกาแฟเอง ความเสี่ยงหรือปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวและต้องมีการนำเทคโนโลยีมาใช้อย่างเหมาะสมในการชะลอการเสื่อมสภาพ การรักษาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตผลสด

พริก (*Capsicum* spp.) อยู่ในวงศ์ *Solanaceae* เป็นพืชเครื่องเทศที่มีความสำคัญของประเทศไทยทั้งในแง่เศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม สามารถปลูกได้ทั่วไป โดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ มีการผลิตและจำหน่ายอย่างกว้างขวางทั้งตลาดภายในและต่างประเทศ ถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ สัดส่วนพื้นที่ปลูกพริกขี้หนู (*Capsicum frutescens* Linn.) คิดเป็น ร้อยละ 89 ของพื้นที่การปลูกพริกทั้งประเทศ โดยอีกร้อยละ 11 เป็นสายพันธุ์ *C. annuum* หรือพริกผลใหญ่ เช่น พริกหวานพริกหยวก พริกชี้ฟ้า (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2563) พริกมีการใช้ประโยชน์ทั้งในรูปผลสด พริกแห้ง รวมถึงผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ซอสพริก พริกแห้ง พริกป่น นอกจากนั้นสารแคพไซซิน (capsaicin) ซึ่งเป็นสารสกัดจากพริก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ใน

อุตสาหกรรมยา อาหารเสริม ส่วนพริกแห้งนั้นเป็นที่ต้องการของตลาดภายในประเทศและต่างประเทศจนต้องมีการนำเข้า จากสถิติการนำเข้าและการส่งออกของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรปี 2564 (มกราคม – พฤศจิกายน) มีปริมาณการนำเข้าพริกแห้ง 77,599.21 ตัน คิดเป็นมูลค่า 5,781.88 ล้านบาท ขณะที่มีปริมาณการส่งออก 11,094.72 ตัน คิดเป็นมูลค่า 476.55 ล้านบาท ในการผลิตพริก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565)

ปัญหาสำคัญที่สร้างการสูญเสียให้กับการผลิตคือโรคและแมลง โดยปัจจัยสำคัญที่เป็นสาเหตุของการระบาด คือ ระบบการปลูกยังไม่ได้มาตรฐาน เป็นการปลูกที่พึ่งพาธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้ไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้ ขณะที่การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว มีสาเหตุหลายประการแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ 1.การสูญเสียทางชีวภาพ (เช่น โรคและแมลง) 2. ทางสรีรวิทยา (เช่น รูปร่าง ขนาด) 3.ด้านสิ่งแวดล้อม (เช่น การสูญเสียจากสภาพการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม) และ 4. ทางกล (เช่น ความเสียหานจากการกดทับ แรงกระแทก) ที่ส่งผลต่อคุณภาพ ความสด และความสะอาดของพริก ขณะที่การสูญเสียจากการเข้าทำลายของโรคที่ทำความสูญเสียกับผลิตผลทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวคือ โรคแอนแทรคโนส เป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียของพริก เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum capsica* และยังพบเชื้อราที่ปนเปื้อนบนผลพริกขี้หนูแดง คือ *Alternaria* sp., *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., *Bipolaris* sp., *Nigrospora* sp., *Phomopsis* sp. และ *Cladosporium* sp. และที่เข้าทำลายผลพริกได้เมื่อเกิดบาดแผล คือ *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Bipolaris* sp. และ *Curvularia* sp. (บุญญวดี และ วีรภรณ์, 2560)

มะเขือเทศ (*Solanum lycopersicum*) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย แหล่งปลูกมะเขือเทศเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดสกลนคร นครพนม บึงกาฬ และหนองคาย เป็นต้น และภาคเหนือ ในจังหวัด ลำปาง ลำพูน และเชียงใหม่ เป็นต้น มะเขือเทศที่ปลูกในประเทศ ไทยมี 2 ชนิดคือ มะเขือเทศส่งโรงงานอุตสาหกรรม และมะเขือเทศรับประทานผลสด มีผู้นิยมบริโภคกันแพร่หลายทั้งในรูปผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูปต่าง ๆ เช่น ซอสมะเขือเทศ น้ำมะเขือเทศ คุณค่าทางอาหาร ลักษณะของมะเขือเทศที่ใช้รับประทานสด มีทั้งแบบผลเล็กและผลโต แบบผลเล็กนิยมที่มีสีชมพูมากกว่าสีแดง แบบผลโตมักมีผลทรงกลมคล้ายแอปเปิล ผลสีเขียว มีไหล่เขียว เมื่อสุกจะสีแดงจัด เนื้อหนาแข็ง เปลือกไม่เหนียว มีจำนวนช่องในผลมากและไม่กลวงและชนิดส่งโรงงานซึ่งจะเป็นพันธุ์ที่สุกพร้อมกันเป็นส่วนใหญ่ ผลสุกมีสีแดงจัดตลอดผล ผลแป้นเปลือกหนาและเหนียว ไม่แตกง่ายในการขนส่ง ไส้กลางผลสั้นเล็ก และไม่แข็ง เนื้อของผลมากและแน่น แข็ง ขั้วของผลหลุดออกจากผลได้ง่าย

ขอบเขตของโครงวิจัยคือ การศึกษาแนวทางการประเมินปริมาณการสูญเสียตั้งแต่การเก็บเกี่ยวในแปลง วิธีการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการเก็บรักษา เพื่อหาจุดวิกฤติของการสูญเสียในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลพืชสวน (กาแฟอาราบิก้า พริก และมะเขือเทศ) และแนวทางในการควบคุมการสูญเสีย

ระเบียบวิธีการวิจัย

การประเมินการสูญเสียของพืชสวนในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทานในผลิตผลพืชสวน 3 ชนิด ได้แก่ กาแฟอาราบิก้า พริก และมะเขือเทศ มีขั้นตอนหลัก ดังนี้

- การรวบรวมข้อมูลพื้นที่ปลูก และ คัดเลือกพื้นที่ดำเนินงาน โดยกำหนดพื้นที่ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินความสูญเสียของผลผลิตตลอดห่วงโซ่อุปทาน

กรมวิชาการเกษตร

- การจัดทำแบบสอบถามเพื่อการสัมภาษณ์ และปรับปรุงแบบสัมภาษณ์ เพื่อประเมินการสูญเสียของผลผลิตตลอดห่วงโซ่อุปทาน

- การประเมินความสูญเสียของผลผลิตตลอดห่วงโซ่อุปทาน ด้วยการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสอบถามและตรวจวัดจริง

มีการดำเนินงานวิจัยใน 3 การทดลอง ดังนี้

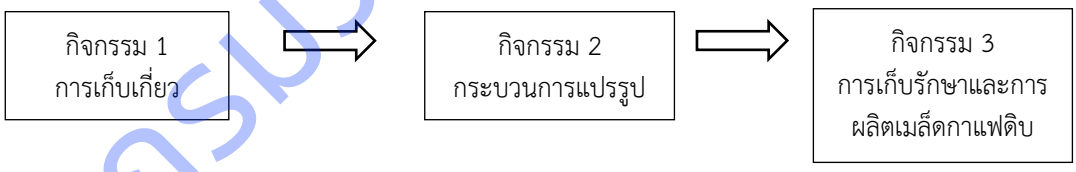
การทดลองที่ 1 การประเมินการสูญเสียของกาแฟอาราบิก้าหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

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

2. ในพื้นที่ดำเนินการ มีเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว 2 วิธี คือ

2.1 การสัมภาษณ์เชิงลึก (In depth interview) ด้วยแบบสอบถามกับผู้ที่เกี่ยวข้องในกิจกรรมประกอบด้วยเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ พ่อค้าผู้รวบรวม และผู้ประกอบการกาแฟหลายรูปแบบ ได้แก่ ร้านค้าส่ง ร้านค้าปลีก รีสอร์ทและโรงแรมที่พัก เป็นต้น ในพื้นที่จังหวัดเชียงราย จำนวน 10 ราย ตาก จำนวน 19 รายและเพชรบูรณ์ 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

กรมวิชาการเกษตร

สามารถทำได้ 2 กรรมวิธี คือการวัดระยะห่างต้นและแถว กับการใช้กรอบ (Frame) ขนาด 5 เมตร x 5 เมตร โดยในต้นกาแฟอาราบิก้า มีระยะปลูก 1.5 * 2 ตารางเมตร โดยในพื้นที่ 1 เฟรม สามารถปลูกต้นกาแฟอาราบิก้าจำนวน 12 ต้น ดังนั้น ใน 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

*กระบวนการแปรรูปเป็นการผลิตสารกาแฟวิธีเปียก (**wet process**)* มีขั้นตอนดังนี้

1.การคัดเมล็ดไม่มีคุณภาพและสิ่งเจือปนด้วยการลอยน้ำ

⇩

2.ลอกเปลือกนอกด้วยเครื่องสีร่วมกับการลอยน้ำ

⇩

3.การคัดเลือกเปลือกผลกาแฟ (เชอรี่) ออก จนได้เมล็ดกาแฟที่มีเมือกหุ้ม

⇩

4.การหมักเมือก นาน 24-48 ชั่วโมง

⇩

5.การล้างเมือก

⇩

6.การลดความชื้น
(จนได้กาแฟที่มีเยื่อหุ้มเปลือก เรียกว่า กาแฟกะลา ที่มีความชื้น 12%)

โดยแต่ละขั้นตอนในกระบวนการแปรรูป ทำการแยกสาเหตุความการสูญเสียออกเป็นการจัดการไม่เหมาะสม การโดนแมลง/ด้วงเจาะ โดยชั่งน้ำหนักความเสียหายที่เกิดขึ้นในแต่ละสาเหตุ รวมถึงบันทึกข้อมูลด้านอื่นๆ

ในกิจกรรมที่ 1 และ 2 มีการคำนวณการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว หน่วยเป็นร้อยละ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสูญเสีย/ความเสียหาย} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างกาแฟที่ได้รับความสูญเสีย x100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างกาแฟทั้งหมด}}$$

กิจกรรมที่ 3 การเก็บรักษาและการผลิตเมล็ดกาแฟดิบ

ผู้ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย พ่อค้าผู้รวบรวม ผู้แปรรูปและผู้ประกอบการ ได้แก่ ร้านค้าปลีก ร้านค้าส่ง รีสอร์ทและโรงแรมที่พัก

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

การหาข้อบกพร่องหลักและเทียบชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟ

กรมวิชาการเกษตร

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 (ข้อมูลปี 2563) และเมื่อคำนวณเป็นจำนวนตัวอย่างจากการสัมภาษณ์และตัวอย่างจากการตรวจวัดจริงตาม FAO guideline ได้ผลตาม Table 1

2. การสร้างแบบสัมภาษณ์

วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม

เป็นการประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์เกษตรกร และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว โดยมีการจัดทำแบบสอบถามเบื้องต้นเพื่อนำผลการใช้งานแบบสอบถามกลับมาปรับปรุงให้เหมาะสมมากขึ้น โดยจะสัมภาษณ์เกษตรกรเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถใช้ในการประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวในแต่ละขั้นตอนตามวิธีการปฏิบัติของเกษตรกรและผู้ประกอบการ เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว จนกระทั่งการขนส่งไปจำหน่ายที่ตลาดค้าปลีก โดยแยกสาเหตุการสูญเสียออกเป็น ผลมีขนาดเล็ก ผลอ่อน ผลมีรูปร่างผิดปกติ สีผลผิดปกติ ก้านผลหักหรือหลุด ผลเกิดบาดแผล ผลเกิดโรค นำผลที่ได้มาทำการประมาณค่าการสูญเสียผลผลิตในแต่ละขั้นตอน วิเคราะห์ สรุปผล และจัดทำแนวปฏิบัติในการสำรวจ

3. การเก็บตัวอย่างเพื่อประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว

ตรวจพื้นที่แปลงตัวอย่าง เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพและระยะเวลาที่พืชจะสามารถเก็บเกี่ยวได้ และกำหนดเวลาใน การจัดเก็บข้อมูล เลือกจุดสำรวจ (Sample Spot) จำนวน 2 จุด โดย กำหนดกรอบที่จะทำการเก็บเกี่ยว (Crop Cutting Frame) ใช้กรอบ (Frame) ขนาด 1 เมตร x 1 เมตร เก็บเกี่ยวผลผลิตภายในกรอบชั่งน้ำหนัก และนำผลผลิตที่ได้ไปคัดแยก ประมาณค่าการสูญเสียผลผลิตต่อไร่ วิเคราะห์ และสรุปผลการสำรวจ

นำผลที่ได้มาทำการประมาณค่าการสูญเสียผลผลิตในแต่ละขั้นตอน วิเคราะห์ สรุปผล และจัดทำแนวปฏิบัติ

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 3 การประเมินการสูญเสียของมะเขือเทศในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

1. การเตรียมงานด้านวิชาการ

1.1.การเก็บรวบรวมข้อมูล

- พื้นที่ปลูกทั้งหมด
- 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) เป็นการประเมินความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวมะเขือเทศโรงงานโดยใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์เกษตรกร และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวมะเขือเทศโรงงาน

3.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากการชั่ง ตวง วัด (การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ : Quantitative Analysis) เป็นการประเมินความสูญเสียของมะเขือเทศโรงงานในแต่ละขั้นตอนแล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์จากจำนวนตัวอย่างมะเขือเทศโรงงานเริ่มต้นในขั้นตอนการประเมิน

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างมะเขือเทศโรงงานที่ได้รับความสูญเสีย} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างมะเขือเทศโรงงานทั้งหมด}}$$

การประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวมะเขือเทศโรงงาน ประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวมะเขือเทศโรงงาน โดยศึกษาและประเมินการสูญเสียของมะเขือเทศโรงงานในแต่ละขั้นตอนตามวิธีการปฏิบัติของเกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว เริ่มตั้งแต่ขั้นตอน

- การปลูกในแปลง
- การเก็บเกี่ยวผลมะเขือเทศโรงงานตามกรรมวิธีของเกษตรกร
- จุดรวบรวมและบรรจุจากแปลง
- การคัดแยก
- การขนส่งเพื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูป

ทุกขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวในแปลงปลูกของเกษตร โดยคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียตามสูตรด้านบนนี้ พร้อมแยกสาเหตุการสูญเสียออกตามขั้นตอนการดำเนินงาน

กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย

การประเมินการสูญเสียของผลผลิตพืชสวนในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทานในพืช 3 ชนิด ได้แก่ กาแฟอาราบิก้า พริก และมะเขือเทศด้วยการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสอบถามและตรวจวัดจริงในพื้นที่ได้ข้อมูลการสูญเสียในขั้นตอนดังนี้

การทดลองที่ 1 การประเมินการสูญเสียของกาแฟอาราบิก้าหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

1. พบว่าห่วงโซ่คุณค่าของกาแฟอาราบิก้าในภาคเหนือ ซึ่งสำรวจในจังหวัดเพชรบูรณ์ ตาก และเชียงราย มีผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ประกอบด้วย เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอาราบิก้า พ่อค้าผู้รวบรวมผลผลิต ผู้ประกอบการแปรรูป และผู้ประกอบการกาแฟหลายรูปแบบ ได้แก่ ร้านค้าส่ง ร้านค้าปลีก รีสอร์ทและโรงแรมที่พัก และผลการวิเคราะห์การสูญเสียพบว่า มีความสูญเสียหลายขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การผลิต การเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา จนถึงมือผู้บริโภค (Figure 4)

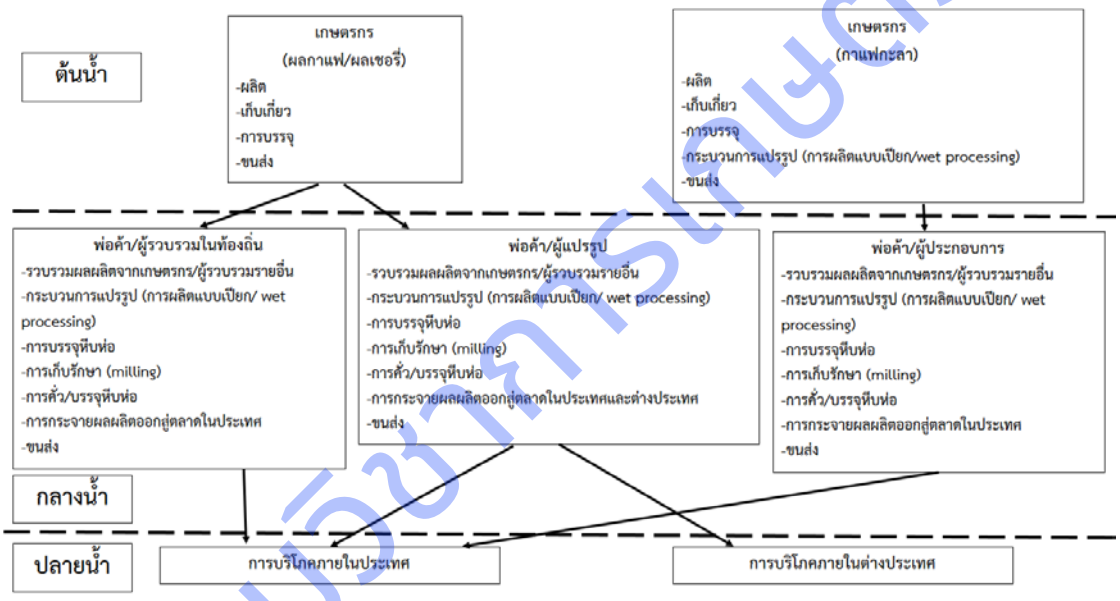


Figure 4 ห่วงโซ่อุปทานของกาแฟอาราบิก้าในภาคเหนือ

2. การสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลง ผลกาแฟมีการสูญเสียจากมอดเจาะ ส่งผลให้หลุดร่วงก่อนกำหนด เกษตรกรผู้ปลูกไม่สามารถเก็บผลผลิตได้ จึงสูญเสียรายได้จากปัญหานี้ ดังนั้นแนวทางป้องกันด้วยการทำความสะอาดแปลงและทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของมอดเจาะผลกาแฟ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ลดการระบาดได้ในระดับต้นน้ำ

3. การสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว พบร้อยละ 11.57 มีสาเหตุจากมอดเจาะผลกาแฟ ผลเน่าเสีย และผลอ่อนปะปนกับผลแก่ (ร้อยละ 6.17 3.48 และ 1.92 ตามลำดับ) (Table 11) แนวทางแก้ไขเพื่อลดการสูญเสีย ด้วยการปฏิบัติก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว รวมถึงการนำเทคโนโลยีหรือมีข้อตกลงในการว่าจ้าง ได้แก่ การปลิดผลกาแฟที่มีมอดทิ้งเพื่อไม่ให้เกิดการระบาดรุ่นถัดไปก่อนเริ่มฤดูกาลผลิตใหม่ ขนย้ายผลกาแฟไว้ที่ร่มและรีบส่งไปแปรรูปภายใน 24 ชั่วโมง รวมทั้งการใช้แผ่นเทียบสีผลกาแฟประเมินการสุกและการสุ่มตรวจความแก่ของผลกาแฟเพื่อรับซื้อตามคุณภาพ

กรมวิชาการเกษตร

Table 11 การสูญเสียในกิจกรรมการเก็บเกี่ยวของกาแฟอาราบิก้า

ขั้นตอน	ผู้เกี่ยวข้อง	ลักษณะความสูญเสีย	สาเหตุของการสูญเสีย	ร้อยละความสูญเสียเชิงปริมาณ	ร้อยละความสูญเสียเชิงคุณภาพ	แนวทางการแก้ไขเพื่อลดความสูญเสีย
การเก็บเกี่ยว	เกษตรกรและแรงงานในการเก็บเกี่ยวผลผลิต	ผลกาแฟเสียหาย	มอดเจาะผลกาแฟเข้าทำลาย	6.17		ปลิดผลกาแฟเก่าทิ้ง ก่อนเริ่มฤดูกาลผลิตใหม่
		ผลเน่าเสีย	สภาพอากาศร้อนร่วมกับการกดทับของผลกาแฟในตะกร้า	3.48		ขนย้ายผลกาแฟไว้ที่ร่มและรีบส่งไปแปรรูปภายใน 24 ชั่วโมง
		เก็บผลอ่อนปะปนกับผลแก่	ให้ค่าแรงตามปริมาณที่เก็บเกี่ยวได้ และความชำนาญของคนเก็บ		1.92	การใช้แผ่นเทียบสีผลกาแฟประเมินการสุกและการสุ่มตรวจความแก่ของผลกาแฟเพื่อรับซื้อตามคุณภาพ

ที่มา: จากการสัมภาษณ์เชิงลึก และการสุ่มเก็บตัวอย่างชั่งตวงวัด, 2564

4. การสูญเสียในกระบวนการสีแบบเปียก (wet processing) ผลกาแฟที่ผ่านกระบวนการ มีการลอกเปลือก ล้างเมือก และลดความชื้นจนเหลือเมล็ดกาแฟที่พร้อมเก็บรักษา โดยมีการลดความชื้นถึงร้อยละ16.22 โดยไม่พบว่ามีการสูญเสียอาหารที่สำคัญในกระบวนการนี้ มีการนำส่วนเหลือทิ้งของกระบวนการนำไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ เปลือกกาแฟนำไปผลิตสารแต่งกลิ่นรส สารก่อเจลและสารยับยั้งศัตรูพืช เมือกกาแฟ นำไปผลิตสารก่อเจลและสารเคลือบผลิตภัณฑ์ และเมล็ดกาแฟด้อยคุณภาพจะขายแบบคละเกรด

5. การสูญเสียในขั้นตอนการเก็บรักษาและการผลิตเมล็ดกาแฟดิบเพื่อคั่วบด พบว่าการสูญเสียร้อยละ 2.5 โดยมีสาเหตุจากสภาพการเก็บรักษาไม่เหมาะสม ความชื้นและอุณหภูมิที่สูง ทำให้เมล็ดกาแฟดูดความชื้นเกิดเชื้อรา อาการที่พบเมล็ดกาแฟมีสีซีดจาง ซึ่งเมล็ดกาแฟที่มีเชื้อรา เป็นสาเหตุหนึ่งทำให้คุณภาพและรสชาติไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคกาแฟ และจัดเป็นหนึ่งในข้อบกพร่อง (Defect) ที่มีผลต่อการจัดชั้นคุณภาพเมล็ดกาแฟ รวมถึงราคาซื้อขายระหว่างผู้ผลิตและผู้ประกอบการ แนวทางแก้ไข ได้แก่ โรงเก็บควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

กรมวิชาการเกษตร

และการบริหารจัดการในการไหลเวียนสินค้า เป็นต้น และในขั้นตอนนี้มีการการคัดเปลือกนอกของเมล็ดกาแฟออก เพื่อให้ได้เมล็ดกาแฟดิบที่จะนำไปคั่วบดต่อไปคิดเป็นร้อยละ 18.5 ซึ่งไม่ถือว่าเป็นการสูญเสียอาหาร

6. จากการประเมินการสูญเสียในกระบวนผลิตกาแฟพบว่า ความเสี่ยงที่เป็นจุดวิกฤตที่สำคัญคือ การสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลง และขั้นตอนการเก็บรักษา ซึ่งส่งผลต่อการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบ ดังนั้นแนวทางป้องกันด้วยการทำความสะอาดแปลงและทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของมอดเจาะผลกาแฟ และการจัดการสภาพการเก็บรักษาที่เหมาะสม โดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 55-60 %RH และควรมีอุณหภูมิไม่เกิน 28 องศาเซลเซียส จะสามารถป้องกันการสูญเสียผลผลิตและรักษาคุณภาพกาแฟให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การทดลองที่ 2. การประเมินการสูญเสียของพริกในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกพริกขี้หนู และการตรวจวัดจริง เมื่อนำมาประเมินการสูญเสียที่พบในผลผลิตพริก พบว่า

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นรายย่อย มีการจ้างแรงงานในการเก็บเกี่ยวเป็นหลัก เกษตรกรมีการคัดเลือกเก็บเฉพาะพริกที่ดีจากแปลง โดยดูจากสีของพริก ผลผลิตพริกที่เสียหายระหว่างการเก็บเกี่ยวจากแปลง มีการสูญเสียร้อยละ 10 มีสาเหตุจากผลช้ำ/แตก/ ฉีกขาด ขั้วผลหลุด และผลหงิกงอ เป็นหลัก

การซื้อขายมักเป็นการซื้อโดยไม่แยกเกรดหรือการเหมาสวน ทำให้เกษตรกรขาดแรงจูงใจในการคัดแยกผลผลิตก่อนขาย

การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว และระหว่างรอการขนส่ง มีการสูญเสียรวมร้อยละ 10 มีสาเหตุจากโรคและแมลงเข้าทำลายเป็นหลัก

เกษตรกรที่มีศักยภาพในการแปรรูปเบื้องต้นโดยการตากแห้ง มีทางเลือกมากขึ้นในการขายผลผลิตสดหรือตากแห้งเพื่อเก็บรอราคาที่เหมาะสม

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์พบว่ามีการสูญเสียในการเก็บเกี่ยวจากสาเหตุทางกล (ผลฉีกหักและขั้วหลุด) มากกว่า ขณะที่ข้อมูลจากการตรวจวัดจริงซึ่งพบว่ามีความผิดปกติทางสรีระ (ผลหงิก) และถูกศัตรูพืชทำลายมากกว่า อาจเป็นผลจากในการตรวจวัดจริงการเก็บเกี่ยวมีความประณีตมากกว่า

การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว ข้อมูลจากการสัมภาษณ์พบการเข้าทำลายของโรค-แมลงมากกว่า ขณะที่ข้อมูลจากการตรวจวัดจริงที่พบว่ามีผลหงิกงอมากกว่า อาจเป็นผลจากในการตรวจวัดจริงมีการคัดแยกผลผลิต

การสูญเสียในขั้นตอนการค้าส่งพริกขี้หนูแดงมีการสูญเสียรวมร้อยละ 16.2 ขณะที่พริกขี้หนูเขียวมีการสูญเสียรวม ร้อยละ 41.1 โดยมีการปะปนของพริกแดงมากที่สุดและมีการฉีกหักและโรคเข้าทำลายมากกว่าพริกแดง อาจเป็นผลจากขั้นตอนการเก็บรักษาและขนส่งพริกไม่มีการใช้ห้องเย็น (Table 12 Figure 5)

กรมวิชาการเกษตร

Table 12 การสูญเสียในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวและการค้าส่งพริกขี้หนู

สาเหตุการสูญเสีย	การสูญเสียในการเก็บเกี่ยว (%)	การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว (%)	การสูญเสียจากการค้าส่ง (%)	
			พริกขี้หนูแดง	พริกขี้หนูเขียว
ขั้วหลุด	0.0	0.4	1.2	2.4
แมลงเข้าทำลาย	2.8	2.9	4.0	1.6
โรคเข้าทำลาย	1.1	1.3	3.1	11.6
ผลฉีกหัก	0.0	0.4	2.0	8.2
ผลหงิกงอ	8.0	7.0	5.2	4.7
ผลปน	0.1	0.4	0.7	12.6
	12.0	12.5	16.2	41.1

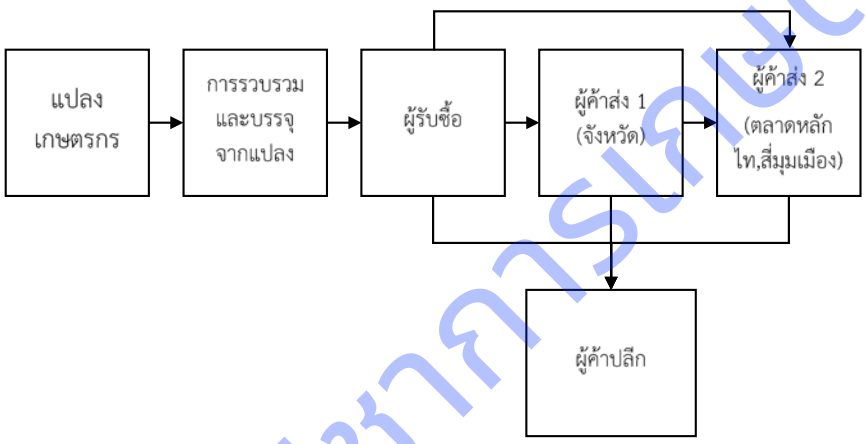


Figure 5 ห่วงโซ่อุปทานของพริกขี้หนู

การทดลองที่ 3 การประเมินการสูญเสียของมะเขือเทศในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียและร้อยละการสูญเสียมะเขือเทศโดยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 7 จังหวัด 11 อำเภอ 20 ตำบล ทั้งหมดจำนวน 64 ราย เพื่อเป็นตัวแทนในการสุ่มตัวอย่างการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกมะเขือเทศโรงงานจำนวน 50 ราย และผู้ประกอบการ 14 ราย และสามารถวิเคราะห์การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวได้ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามเกษตรกรผู้ปลูกมะเขือเทศโรงงานจำนวน 50 ราย

การสูญเสียมะเขือเทศในแปลงปลูก (Table 13 Figure 6) พบว่าโรคเข้าทำลายร้อยละ 46 สาเหตุจากโรคใบเหลือง เหี่ยวเขียว ก้นดำ ผลเน่า ผลบวมและโคนเน่า และแมลงเข้าทำลายร้อยละ 70 จากหนอนกระทู้เจาะผลและเพลี้ย ป้องกันกำจัดโดยใช้สารเคมี ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวสูญเสียร้อยละ 30 สาเหตุจากหนอนเจาะผลร้อยละ 70.8 ผลเน่าร้อยละ 41.7 สภาพอากาศแปรปรวน เช่น ฝนตกหนักเกิดน้ำท่วมแปลงร้อยละ 12.5 และอื่นๆ เช่น นก ไก่ หนูเข้าทำลายร้อยละ 5

กรมวิชาการเกษตร

2. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามผู้ประกอบการรวบรวม/รับซื้อมะเขือเทศจำนวน 14 ราย

การสูญเสียจากขั้นตอนการรวบรวม/รับซื้อผลผลิต พบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่ไม่มีการเก็บรักษาผลมะเขือเทศจะมีการสูญเสียร้อยละ 1 สาเหตุจากผลเน่าเละ แตก มีแผลจากโรค และหนอนเข้าทำลาย ถ้ามีการเก็บรักษาเกิน 3 วันจะสูญเสียร้อยละ 83.3 สาเหตุเนื่องจากผลสุกแก่เกินกำหนด ทำให้เน่า ช้ำ แตก เละ จากเชื้อโรคเข้าทำลาย ซึ่งผลมะเขือเทศที่สูญเสียจะนำไปทิ้ง เมื่อส่งถึงโรงงานมะเขือเทศจะถูกคัดให้เป็นสูญเสียร้อยละ 3 เนื่องจากโรงงานจะคัดคุณภาพอีกครั้งด้วยแรงงานคนและเครื่องจักร

Table 13 การสูญเสียของผลผลิตมะเขือเทศในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว

ขั้นตอน	**%** การสูญเสีย	สาเหตุ
แปลงปลูก	46	โรคใบเหลือง เหี่ยวเขียว ก้นดำ ผลเน่า ผลบวมและโคนเน่า
	70	หนอนเจาะผล และเพลี้ย
การเก็บเกี่ยว	30	ผลเน่าเละ โรคและแมลงเข้าทำลายของ
ขั้นตอนการ		
รวบรวม	83.3	เก็บรักษาเกิน 3 วัน ทำให้เน่า ช้ำ แตก
บรรจุ	1	ผลเน่าเละ แตก
การขนส่ง	3	โรงงานจะคัดคุณภาพ

3. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณการสูญเสียมะเขือเทศโรงงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 15 ราย

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

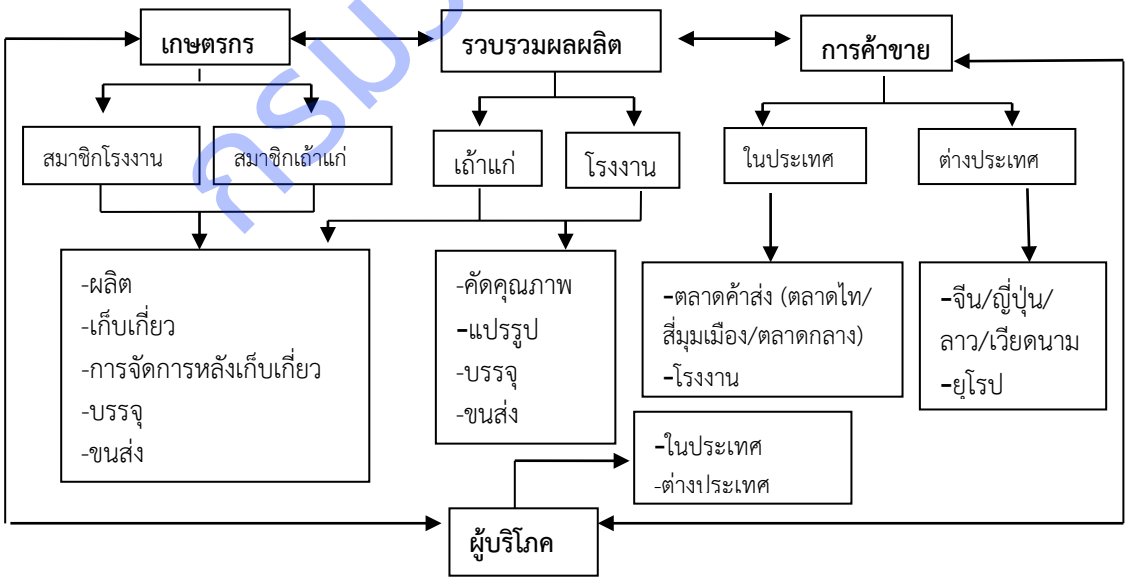


Figure 6 ห่วงโซ่อุปทานของมะเขือเทศโรงงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

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 องศาเซลเซียส 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 สาเหตุจากผลเน่าและแตก มีแผลจากโรค และหนอนเข้าทำลาย ในกลุ่มที่มีการเก็บรักษาเกิน 3 วันจะสูญเสียร้อยละ 83.3 สาเหตุเนื่องจากผลสุกแก่เกินกำหนด ทำให้เน่า ช้ำ แตก และ จากเชื้อโรคเข้าทำลาย และที่โรงงาน มะเขือเทศมีการสูญเสียร้อยละ 3 จากการคัดคุณภาพ เมื่อคำนวนเป็นมูลค่าการสูญเสีย ผลผลิตมะเขือเทศ 10,467 กก./ไร่ สูญเสียผลิผลิตเฉลี่ย 369.18 กก./ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.15 มีราคาผลผลิต 1.5-3.00 บาท คิดเป็นมูลค่าการสูญเสียเชิงปริมาณ 2,500-3,000บาท/ตัน มีสาเหตุจากการเพาะปลูกประมาณ 951.25-1,141.50 บาท และการเก็บเกี่ยวและการขนส่งประมาณ 1,562.50- 1,875 บาท

สนับสนุนโดย สวทช

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

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

จากผลการดำเนินงานโครงการแสดงให้เห็นว่า การดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตพืชสวน ตั้งแต่การเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่ง จนกระทั่งผลผลิตถึงมือผู้บริโภค รวมถึงปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ต้องมีการจัดการที่เหมาะสมเนื่องจากมีความสำคัญต่อการเกิดการการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและเชิงคุณภาพของผลิตผล ด้วยเหตุที่ผลิตผลพืชสวนมีลักษณะที่เสื่อมสภาพได้ง่าย ทั้งจากความเสื่อมสภาพจากกระบวนการทางสรีรวิทยาของผลิตผลเอง ซึ่งต้องควบคุมปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อพัฒนาการทางสรีรวิทยาของผลิตผลและระยะพัฒนาการของผลิตผล รวมทั้งทางการควบคุมปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียทางกล ที่ทำให้ผลิตผลเกิดการหัก ฉีกขาด หรือช้ำ โดยการจัดการกระบวนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวให้เหมาะสม หลีกเลี่ยงการปฏิบัติที่รุนแรง นอกจากนี้ การสูญเสียที่เกิดจากโรค-แมลงปนเปื้อนหรือเข้าทำลายสามารถควบคุมได้โดยการจัดการศัตรูพืชที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความปลอดภัยทั้งผู้ปฏิบัติและผู้บริโภค

ทั้งนี้ การทดสอบเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการควบคุมการสูญเสียในขั้นตอนการปฏิบัติการเพื่อลดการสูญเสียของผลิตผล ต้องมีการประเมินการสูญเสียตามหลักวิชาการในขั้นตอนดังกล่าวก่อนและหลังการทดสอบเทคโนโลยีในขั้นตอนนั้นๆ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคโนโลยีในการลดการสูญเสียได้

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

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 พบจุดวิกฤติ ที่ก่อให้เกิดการสูญเสีย ที่พบว่าขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา พบการสูญเสียสูงถึง 3.89 และ 2.25% ตามลำดับ รวมทั้งการจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสู่การลดการสูญเสียอาหารในข้าวโพดตลอดห่วงโซ่อุปทานต่อไป

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 เดือนโดยปริมาณแมลงคงที่จะทำให้มีปริมาณเมล็ดเสียเพิ่มขึ้น 0.561% และถ้าหากมีแมลงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1 ตัวในตัวอย่างข้าวสาร 250 กรัม โดยที่ระยะเวลาการเก็บรักษาคงที่จะเกิดความเสียหายต่อเมล็ดข้าวสารเพิ่มขึ้น 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

กรมวิชาการเกษตร

โรงเก็บคงที่จะทำให้มีปริมาณเมล็ดเสียเพิ่มขึ้น 1.333% ดังนั้นหากต้องการลดความสูญเสียในข้าวสารและข้าวเปลือกให้น้อยลงจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาปรับใช้ในการวางแผนการจัดการเก็บรักษาข้าว นอกจากนั้นสมการยังสามารถนำมาทำนายผลความเสียหายของข้าวหากมีการเก็บรักษาในระยะยาวได้

สำหรับการประเมินการสูญเสียของผลผลิตพืชสวนในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทานในพืช 3 ชนิด ได้แก่ กาแฟอาราบิก้าพบว่า ความเสี่ยงที่เป็นจุดวิกฤตที่สำคัญคือ การสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลงจากมอดเจาะ มีแนวทางการป้องกันด้วยการทำความสะอาดแปลงและทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของมอดเจาะผลกาแฟ และการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบ ในขั้นตอนการเก็บรักษา ป้องกันด้วยการจัดการสภาพการเก็บรักษาโดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 55-60 %RH และอุณหภูมิไม่เกิน 28 องศาเซลเซียส 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 โดยผลพืชไร่มีสรีรที่แข็งแรงกว่า มีการเก็บรักษาเพื่อรอการบริโภคที่ยาวนานกว่า พบว่าปัจจัยหลักของความสูญเสียในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวจึงเกิดจากเครื่องมือเกี่ยว เครื่องมือกะเทาะ และวิธีการเก็บรักษา การหาแนวทางเพื่อลดความสูญเสียในพืชไร่จึงควรมุ่งหาเทคโนโลยีหรือเครื่องมือเก็บเกี่ยว และเครื่องมืออื่นที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมกับชนิดพืช และหาเทคโนโลยีการเก็บรักษาที่เหมาะสมกับชนิดผลผลิต ส่วนผลผลิตพืชสวนมีลักษณะที่เสื่อมสภาพได้ง่าย ทั้งจากความเสื่อมสภาพจากกระบวนการทางสรีรวิทยาของผลิตผลเอง ซึ่งต้องควบคุมปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อพัฒนาการทางสรีรวิทยาของผลิตผลและระยะพัฒนาการของผลิตผล รวมทั้งทางการควบคุมปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียทางกล ที่ทำให้ผลิตผลเกิดการหัก ฉีกขาด หรือช้ำ โดยการจัดการกระบวนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวให้เหมาะสม หลีกเลี่ยงการปฏิบัติที่รุนแรง นอกจากนี้ การสูญเสียที่เกิดจากโรค-แมลงปนเปื้อนหรือเข้าทำลาย สามารถควบคุมได้โดยการจัดการศัตรูพืชที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความปลอดภัยทั้งผู้ปฏิบัติและผู้บริโภค

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

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

กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม ใจทิพย์อุไรชื่น. 2563. การสำรวจและประเมินความเสียหายของผลิตผลเกษตรที่เก็บรักษาในโรงเก็บเนื่องจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร. หน้า 457-471 ใน รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2563 กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

ขวัญคณิศร์ อินทรตระกูล และณัฐฐา เพ็ญสุภา, 2020. การสูญเสียอาหารและขยะอาหารในประเทศไทยและแนวทางการแก้ปัญหา. บทความปริทัศน์. วารสารเกษตรนเรศวร ปีที่ 17 ฉบับที่ 2.

ใจทิพย์ อุไรชื่น พรทิพย์ วิสารทานนท์ และอัจฉรา เพชรโชติ. 2553. การประเมินความสูญเสียของผลิตผลเกษตรที่เกิดจากแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร. หน้า 31-46 *ใน* รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2553 สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

ณัฐพล พจนาประเสริฐ อัจฉรา ปทุมนากุล และรวิสสาข์ สุชาโต. 2558. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การจัดการโซ่อุปทานเพื่อพัฒนาคุณภาพข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.

นิลุบล ทวีกุล และ ละอองดาว แสงหล้า. 2553. วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง. สถาบันวิจัย พืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ

บุญญวดี จิระวุฒิ และ วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย. 2560. ศึกษาชนิดของเชื้อราที่ปนเปื้อนพริกขี้หนูระหว่างการเก็บรักษาและวิธีการควบคุม. ใน รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2560, กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, กรมวิชาการเกษตร.

ภัควิไล ยอดทอง และจารุวรรณ บางแวก. 2560. วิธีและระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดที่เหมาะสมในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2560 กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยพืชสวน. 2562. คู่มือการจัดการการผลิตกาแฟโรบัสต้า. การันตี: นนทบุรี. 30 หน้า.

สถาบันวิจัยพืชสวน. 2563. สถานการณ์พริก_ตุลาคม 63.pdf. https://www.doa.go.th/hort/?page_id=19041 (12 มกราคม 2565)

สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และเขมรัฐ เถลิงศรี. 2558. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กับการสูญเสียพื้นที่ป่า: ปัญหาและทางออก.-- กรุงเทพฯ : สถาบันคลังสมองของชาติ กระทรวงศึกษาธิการ. 114 หน้า

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. กาแฟ ปี 2560 (ปีเพาะปลูก 2560/61). (วันที่ 10 ต.ค.62) เข้าถึงได้จากอินเตอร์เน็ต http://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/jan60/short/coffee.pdf

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสินค้าเกษตรและอาหาร ปี 2564 http://impexp.oae.go.th/service/report_product01.php (12 มกราคม 2565)Bond, M., Meacham, T., Bhunnoo, R. and Benton, T.G. 2013. Food waste within global food systems. A Global Food Security report. Online available [www.foodsecurity.ac.uk] Accessed on 2 February 2021.

กรมวิชาการเกษตร

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

Bond, M., Meacham, T., Bhunnoo, R. and Benton, T.G. 2013. Food waste within global food systems. A Global Food Security report. Online available [www.foodsecurity.ac.uk] Accessed on 2 February 2021.

FAO. 2018. SDG 12.3.1: Global food loss index methodology for monitoring SDG target 12.3. as approved by the interagency and expert group on sgd indicators, 6 november 2018 the global food loss index design, data collection methods and challenges. Online available [SDG 12.3.1 Global FLI_FAO Guideline.pdf] Accessed on: 20 January 2021.

FAO, 2021. Fruit and Vegetables-Your Dietery Essentials. International Year of Fruits and Vegetables 2021. Backgroud paper

Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U., van Otterdijk R., Meybeck A. 2011. Global Food Losses and Food Waste– Extent, Causes and Prevention. Online available [https://www.researchgate.net/publication/285683189_Global_Food_Losses_and_Food_Waste-_Extent_Causes_and_Prevention/citation/download] Accessed on: 4 February 2021.

Irfanoglu, Z. B., Baldos, U.L., Hertel T. and van der Mensbrugghe D. 2014. Impacts of reducing global food loss and waste on food security, trade, ghg emissions and land use. *17th Annual Conference on Global Economic Analysis*. Online available [https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/7016.pdf] Accessed on 5 June 2021.

กรมวิชาการเกษตร