



รายงานโครงการวิจัย

วิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและ
แปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร

Research and Development of Coffee Post-harvest
And Processing

นายปรีชา อานันท์รัตนกุล

Mr. Preecha Ananrattanakul

ปี พ.ศ. 2562



รายงานโครงการวิจัย

วิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและ
แปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร

Research and Development of Coffee Post-harvest
And Processing

นายปรีชา อานันท์รัตนกุล

Mr. Preecha Ananrattanakul

ปี พ.ศ. 2562

คำปรารภ

รายงานโครงการวิจัยเรื่อง “วิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร” คณะผู้จัดทำผลงานวิจัยเริ่มดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2559 ถึง กันยายน 2562 เป็นเวลา 4 ปี วัตถุประสงค์ของ เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลสดกาแฟอาราบิก้าให้มีประสิทธิภาพ ราคาถูก สามารถผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ และเหมาะสมกับระดับเกษตรกร และเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับกลุ่มเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้อง ประโยชน์ที่จะได้รับการแปรรูปต้นแบบเครื่องจักรกลแปรรูปสดกาแฟอาราบิก้า 4 แบบ ประกอบด้วยเครื่องเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ และชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟ

รายงานนี้มีจำนวน 4 บท คือ บทที่ 1) ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด บทที่ 2) วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน บทที่ 3) วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอาราบิก้าระดับเกษตรกร บทที่ 4) วิจัยและพัฒนาชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอาราบิก้าระดับเกษตรกร

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร ตลอดจนเกษตรกร และผู้สนใจที่จะได้ศึกษาและนำเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป และเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| กิตติกรรมประกาศ | 1 |
| คณะผู้วิจัย | 2 |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ | 3 |
| บทนำ | 4 |
| บทคัดย่อ | 5 |
| บทที่ 1 ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพโดยวิธีรูด | 7 |
| บทที่ 2 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกกาแพผลอ่อน | 23 |
| บทที่ 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมื่อกาแพอะราบิก้าระดับเกษตรกร | 36 |
| บทที่ 4 วิจัยและพัฒนาชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแพอะราบิก้าระดับเกษตรกร | 47 |
| บทสรุปและข้อเสนอแนะ | 54 |
| บรรณานุกรม | 56 |
| ภาคผนวก ก | 57 |

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว หมู่ 13 จ.ปทุมธานี สถาบันวิจัย
เกษตรวิศวกรรม สำหรับการสร้างและทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุน
วาง) ศูนย์วิจัยพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแฟบ้านแม่แจ่ม อ.เมืองปาน จ.
ลำปาง เกษตรกรบ้านป้อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ และศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร ที่ให้ความอนุเคราะห์
สถานที่ วัสดุทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทดสอบเครื่องในพื้นที่ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะผู้วิจัย

- | | | |
|---------------------------|---|----------------|
| 1. นายปรีชา อานันทรัตนกุล | วิศวกรการเกษตรชำนาญการ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม | หัวหน้าโครงการ |
| 2. จิรวาสส์ เจียรตระกูล | วิศวกรการเกษตรชำนาญการ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม | ผู้ร่วมงาน |
| 3. มานพ รักญาติ | วิศวกรการเกษตรปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ | ผู้ร่วมงาน |
| 4. สถิตย์พงษ์ รัตนคำ | วิศวกรการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ | ผู้ร่วมงาน |
| 5. เกียรติศักดิ์ นั๊กผูก | วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ | ผู้ร่วมงาน |
| 6. อนุชิต ฉ่ำสิงห์ | วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม | ผู้ร่วมงาน |
| 7. ฉัตรตันทภา ช่มอาวุธ | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ | ผู้ร่วมงาน |
| 8. ปานหทัย นพชินวงศ์ | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร | ผู้ร่วมงาน |
| 9. นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล | วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม | ผู้ร่วมงาน |
| 10. สนอง อมฤกษ์ | วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ | ผู้ร่วมงาน |

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

m/s = เมตรต่อวินาที

Hp = แรงม้า

กก/ชม = กิโลกรัมต่อชั่วโมง

kg/hr = กิโลกรัมต่อชั่วโมง

% = เปอร์เซ็นต์

m³/hr = ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

บทนำ

การผลิตกาแฟคุณภาพที่ดีและตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ต้องมีการผลิตที่ถูกต้องและเหมาะสมตั้งแต่ การปลูก การเก็บเกี่ยว การทำกาแฟสาร การคัดคุณภาพ ตลอดจนถึงการเก็บรักษา สำหรับประเทศไทยขบวนการผลิตกาแฟสารอะราบิกายังมีปัญหาที่จำเป็นต้องแก้ไข เช่น ต้นทุนในการผลิต คุณภาพและปริมาณผลผลิต ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมจากขบวนการผลิต เป็นต้น การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมีความจำเป็นต้องทำอย่างเป็นระบบทั้งกระบวนการ การนำเครื่องจักรกลเข้ามาประยุกต์ใช้สามารถลดขั้นตอนและต้นทุนการผลิต รวมทั้งทำให้คุณภาพของกาแฟสารดีขึ้น

โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร ดำเนินการปี 2559-2562 ภายใต้แผนบูรณาการงานวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชสวนอุตสาหกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกาให้มีประสิทธิภาพ ราคาถูกสามารถผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ และเหมาะสมกับระดับเกษตรกรที่ ประกอบด้วย 4 กิจกรรมได้แก่

- 1) ศึกษาและพัฒนาต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรีด
- 2) วิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน
- 3) วิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร
- 4) วิจัยและพัฒนาต้นแบบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร

มุ่งเน้นการออกแบบพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการแปรรูปกาแฟผลสดให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานระดับเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟขนาดเล็กที่มีเงินทุนน้อย ปริมาณผลผลิตไม่มาก รวมทั้งแหล่งน้ำอาจมีจำกัด ควรเป็นแบบที่สามารถใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่าย มีประสิทธิภาพ ราคาถูก ใช้แรงงานน้อย และจำกัดขนาดต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าต้องไม่เกิน 3 แรงม้า นอกจากนี้ต้องมุ่งเน้นให้มีการใช้น้ำช่วยในกระบวนการผลิตน้อย ทำให้เครื่องสามารถใช้งานได้แม้ว่าสถานที่ตั้งจะมีแหล่งน้ำจำกัด เกษตรกรสามารถลงทุนได้ ช่วยส่งเสริมให้มีการแปรรูปผลสดเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพโดยรวม และเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร

ปรีชา อานันท์รัตนกุล¹ จิรวีรสส์ เจียรตระกูล¹ มานพ รักญาติ² สติชัยพงศ์ รัตนคำ²
 วิบูลย์ เทเพนทร์¹ เกียรติศักดิ์ นักผูก² อนุชิต ฉ่ำสิงห์¹ ฉัตรดนภา ชม่อวรุ³
 ปานฤทัย นพชินวงศ์³ นิทัศน์ ตั้งพิณิจกุล¹ สอนง อมฤกษ์²

คำสำคัญ : อະราบิกา, เครื่องเก็บเกี่ยวผลกาแฟ, เครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน, เครื่องลอกเปลือก, เครื่องขัดล้างเมือก, แปรรูปสดกาแฟ

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกรมีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกาให้มีประสิทธิภาพ ราคาถูกสามารถผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับเกษตรกรประกอบด้วย 4 กิจกรรม ได้แก่ 1) **ศึกษาและพัฒนาต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด** ผลการศึกษาได้ต้นแบบต้นแบบประกอบด้วยก้านรูดผลกาแฟ 2 ก้าน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างติดเส้นลวด 2 เส้นสำหรับรูดผลกาแฟออกจากต้น ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อนาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟือง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห่ง 12 โวลต์ ผลการทดสอบมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ ร้อยละ 1.33 เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า 2) **วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน** มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกผลกาแฟอ่อนก่อนที่จะนำผลกาแฟไปสีเปลือกสด เครื่องที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบรูดผลกาแฟให้ผ่านรูตะแกรง โดยผลกาแฟสุกมีลักษณะนิ่มจะถูกแกนรูดผลกาแฟให้ลอดผ่านช่องตะแกรง ส่วนผลกาแฟอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรูดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ และแยกออกทางช่องด้านปลายของเครื่องสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.50 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 929.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้มอเตอร์ 1.5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง 3) **วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกระดับเกษตรกร** มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกาให้เหมาะสมกับการใช้งานระดับเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็ก ผลการทดสอบมีอัตราการทำงานในการขัดเมล็ดกะลาเมือก 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นผลสดประมาณ 1,300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 1.9 เปอร์เซ็นต์ ได้เมล็ดกาแฟกะลาที่สะอาดปราศจากเมือก สามารถนำไปตากได้ทันที 4) **วิจัยและพัฒนาชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกระดับเกษตรกร** เป็นการนำเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมาประกอบเป็นชุดให้ทำงานต่อเนื่อง ประกอบด้วยเครื่องคัดผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดกะลาเมือก และเครื่องขัดเมือก ผลการทดสอบพบว่า มีความสามารถทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขัดเมือก 2.63 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลูกบาศก์เมตร/ ชั่วโมง.

¹ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

² ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

³ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

⁴ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร 70 หมู่ 2 ตำบลวิสัยใต้ อำเภอสวี จังหวัดชุมพร

Research and Development of Coffee Post-Harvest and Processing

Preecha Ananrattanakul¹ Jirawat Chiatrakul¹ Manop Rakyat² Sattipong Rattanakhum²
 Viboon Thepent¹ Kiangsak Nukpook² Anuchit Chamsing¹ Chatnapa Khomarwut³
 Parnhathai Nopchiwong⁴ Nitat Tangpinitkul¹ Sanong Amroek²

Keywords: arabica, coffee harvester, green coffee separator, coffee huller, de-mucilage, cherry coffee processing

ABSTRACT

The objective of this project was to developed phototypes of machinery for postharvest and processing of Arabica coffee for farmer. This project consisted of of 4 activities **1) Study and develop a prototype for coffee harvester by striping.** The results showed that the prototype consists of two 100 mm long rotary stripper shafts rotating in opposite direction. Shaft mount with 2 wire for strip coffee cherries off. Prototype operates at linear speed 4.18 m/s and transmits by gear trains, Power by 12-volt battery. Test result showed that average working capacity of the stripper was 85.19 kg/hr, loss 1.47%. The stripper was faster than the hand stripping 2.04 times. **2) Research and Development of Green Coffee Separator.** The aim of this activity was developed to separate green cherry from ripe cherry before the pulping process. In operation, coffee cherry was pressed against the slotted perforations. The softer ripe cherry was forced through the slotted perforations while the harder green cherry was conveyed along with the cylinder roller to the exit port at the end of housing. The Machine can separate 90.50% of the green cherry with average working capacity of 929.62 kg/hr. and use 1.5 HP motor as power source. **3) Research and Development of Arabica coffee De-mucilage Machine for Farmer Group.** The prototype of the coffee de-mucilage machine was developed to more efficient and suitable for farmer group level. The evaluation result shows a capacity of 701 kg/hr, mucilage parchment equivalent to around 1,300 kg/h fresh cherry, 1.9 per cent of damage kernel and readily to sun drying. **4) Research and development of fresh fruit Arabica coffee processing machinery.** The objective of

this experiment is to research and develop prototype machine for post-harvest and processing fresh Arabica coffee to be more efficient, cheap, able to produce good quality coffee beans and suitable for farmers. The processing machinery consisting of Green coffee separator, pulping machine, coffee bean cleaning machine, and de-mucilage machine. Test results showed that the average work rate was 802.65 kilograms of fresh fruit per hour. The fracture of coffee bean after de-mucilage is 2.63%, the average water consumption is 1.65 m³/hr

¹ Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok.

² Agricultural Engineer Research Center Chiang Mai, Department of Agriculture, Mae Hea, Mueang, Chiang Mai.

³ Chiang Mai Royal Agricultural Research Center, Mae Hea, Mueang, Chiang Mai.

⁴ Chumphon Horticultural Research Center, 70 Moo 2 Wisai Tai, Sawi, Chumphon

บทที่ 1

ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด

มานพ รักญาติ¹ ปรีชา อานันท์รัตนกุล² สกิตพงษ์ รัตนคำ¹
 เกรียงศักดิ์ นักผูก¹ สอนอง อมฤกษ์¹ ฉัตรตัญญา ช่มอาวุธ³ ปานหทัย นพชินวงศ์⁴

คำสำคัญ อะราบิกา, โรบัสตา, กาแฟผลสด, แปรรูปสดกาแฟ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด ลักษณะตัวเครื่องเป็นแบบพกพาได้ ต้นแบบประกอบด้วยก้านรูดผลกาแฟ 2 ก้าน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างติดเส้นลวด 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากต้น ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟือง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดรีวพลาสติกเพื่อป้องกันผลกาแฟกระเด็นออกจากที่รองรับ ผลการทดสอบการใช้งานเครื่องต้นแบบในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์โรบัสตา และพันธุ์อะราบิกา ใช้ตาข่ายไนลอนขนาด 1.2 x 1.5 เมตร รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์โรบัสตาใช้วิธีการเก็บเกี่ยวทั้งต้นเนื่องจากแปลงที่ทดสอบผลกาแฟสุกแก่พร้อมกัน ผลการทดสอบเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 85.19 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ ร้อยละ 1.47 การเก็บด้วยแรงงานคนมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 46.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ ร้อยละ 0.77 เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 1.82 เท่า และในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์อะราบิกาใช้วิธีการเลือกเก็บเนื่องจากแปลงที่ทดสอบผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกัน พบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ ร้อยละ 1.33 มีผลกาแฟสีเขียวปนร้อยละ 2.66

การใช้แรงงานคนเก็บมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 15.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ ร้อยละ 0.66 มีผลกาแฟสีเขียวน้อยลง 1.68 เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า

¹ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

² สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

³ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

⁴ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร 70 หมู่ 2 ตำบลวิสัยใต้ อำเภอสวี จังหวัดชุมพร

Chapter 1

Study and Development of a Coffee Harvester by Stripping

Manop Rakyat¹ Preecha Ananrattanukul² Satitpong Rattanakhum¹
Kriengsak Nakpook¹ Snong Amaleng¹ Chatnapa Khomarwut³
Parnhathai Nopchiwong⁴

Keywords: Arabica, robusta, coffee cherry, coffee wet processing

Abstract

The objective of this research were to study and develop a cherry stripper for harvesting coffee cherry. The Prototype is portable, consists of two 100 mm long rotary stripper shafts rotating in opposite direction. Shaft mount with 2 wire for strip coffee cherries off. Prototype operates at linear speed 4.18 m/s and transmits by gear trains, Power by 12-volt battery. Plastic curtain was installed to reduce losses. Test prototype by harvesting of Robusta and Arabica coffee by using nylon net 1.2 x 1.5 meter as the receiver. Robusta was whole harvested because coffee cherries ripe simultaneously. Result showed that average working capacity of the stripper was 85.19 kg/hr, loss 1.47%. Working capacity of hand stripping by worker was averaged 46.91 kg/hr, loss 0.77%. Harvesting by the stripper was faster than the hand stripping 1.82 times. The Arabica coffee was tested by select ripened coffee cherries. Found that the stripper average working capacity of 30.54 kg/hr, loss 1.33% and green cherry mixed 2.66%. While manual stripping was 15.00 kg/hr and loss 0.66% and green cherry mixed 1.68%. The stripper was faster than the hand stripping 2.04 times.

¹ Agricultural Engineer Research Center Chiang Mai, Department of Agriculture, Muaeng, Mae Hea, Chiang Mai.

² Agricultural Engineering Research Intitute, Department of Agriculture, Bangkok

³ Chiang Mai Royal Agricultural Research Center

⁴ Chumphon Horticultural Research Center, 70 Moo 2 Wisai Tai, Sawi, Chumphon

บทนำ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทยที่ทำรายได้ให้เกษตรกรปีละประมาณ 5,500 ล้านบาท โดยในช่วงปี 2554 - 2558 ตลาดกาแฟมีการขยายตัวอย่างมาก ทำให้ความต้องการใช้เมล็ดกาแฟของโรงงานแปรรูปกาแฟในประเทศเพิ่มขึ้น จาก 61,480 ตัน ในปี 2554 เป็น 80,000 ตันในปี 2558 ในปี 2558 ประเทศไทยมีผลผลิตกาแฟ 26,089 ตัน และในปี 2559 มีผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 30,579 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560 ก) มูลค่าการส่งออก 124 ล้านบาท และ 122 ล้านบาท ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560 ข)

การเก็บเกี่ยวผลกาแฟเป็นขั้นตอนที่มีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนอยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนการผลิตอื่นๆ ในประเทศที่มีพื้นที่แปลงเพาะปลูกขนาดใหญ่ เช่น บราซิล มีการใช้รถเก็บเกี่ยวผลกาแฟซึ่งเป็นเครื่องขนาดใหญ่ โดยการตีผลให้ร่วงและลำเลียงเข้าถังพัก หรือลำเลียงขึ้นรถบรรทุกที่วิ่งคู่ขนาน (Efico Seabridge, 2010) สำหรับประเทศไทยการใช้รถเก็บเกี่ยวผลกาแฟไม่มีความคุ้มค่า เนื่องจากสวนกาแฟของไทยมีพื้นที่ขนาดเล็ก นอกจากนี้สวนกาแฟร้อยละ 70 ของกาแฟโรบัสต่ายังเป็นสวนผสม สำหรับบางพื้นที่ก็มีข้อจำกัดไม่สามารถใช้รถเก็บเกี่ยวได้ เช่น กาแฟอะราบิกาที่ปลูกตามดอย หรือพื้นที่ลาดเอียง



ภาพที่ 1.1 การเก็บเกี่ยวผลกาแฟของประเทศบราซิล

ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม ควรเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่มีความสุกแก่เหมาะสม โดยเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่มีสีแดง หรือสีเหลือง หรือสีส้มแดง (ขึ้นอยู่กับพันธุ์) ไม่น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งผล ไม่ควรเก็บผลอ่อนที่มีสีเขียว ผลร่วง หรือผลกาแฟที่สุกเกินไป ผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้ไม่ควรมีผลกาแฟที่สุกแก่ไม่เหมาะสมเกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ของผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด (กรมวิชาการเกษตร 2553) การเก็บเกี่ยวผลกาแฟใช้แรงงานคน เป็นขั้นตอนที่มีต้นทุนการผลิตสูง นอกจากนี้ในช่วงฤดูเก็บเกี่ยวมักประสบปัญหาขาดแคลนแรงงาน ในประเทศเวียดนามมีการผลิตและใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ (Vinh Ha Thanh, 2013) ทำงานได้รวดเร็ว โดยการรูดผลกาแฟให้หลุดออกจากกิ่งให้ร่วงหล่นบนพื้นซึ่งปูดด้วยวัสดุรองรับ (ภาพที่ 1.2) ผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้มีความสุกแก่คละปะปนกัน หากมีการศึกษาพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ และนำมาใช้เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่เหมาะสมหรือการเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย จะเป็นทางหนึ่งในการช่วยลดต้นทุนการผลิตและแก้ปัญหาขาดแคลนแรงงานได้



ภาพที่ 1.2 เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพของเวียดนาม

กาแพไทยได้รับการยอมรับในด้านคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ แต่ต้นทุนการผลิตของไทยอยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับคู่แข่ง ทำให้แข่งขันกับประเทศคู่แข่งไม่ได้ในเรื่องราคาเมล็ดกาแพ สาเหตุที่ต้นทุนของไทยสูงเนื่องจากมีผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่า ประกอบกับค่าแรงของไทยสูงกว่าของเวียดนามและประเทศเพื่อนบ้าน การเก็บเกี่ยวประสบปัญหาค่าแรงงานสูงและขาดแคลนแรงงาน การนำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพมาใช้ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวเป็นทางหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนได้

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. วิธีดำเนินการ :

1.1 อุปกรณ์

- 1) เครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแพโดยวิธีรูดแบบพกพาของเวียดนาม
- 2) วัสดุสำหรับสร้างเครื่องต้นแบบ
- 3) เครื่องวัดความเร็วรอบ
- 4) นาฬิกาจับเวลา
- 5) เครื่องชั่ง
- 6) ที่รองรับผลกาแพขณะเก็บเกี่ยว

2. วิธีการ

- 1) ศึกษาและทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแพโดยวิธีรูดแบบพกพาของเวียดนาม
- 2) ออกแบบพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพ
- 3) ทดสอบเบื้องต้น แก๊ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ
- 4) ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ความสามารถในการทำงาน และศึกษาผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวต่อการให้ผลผลิตกาแพในฤดูต่อไป
- 5) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

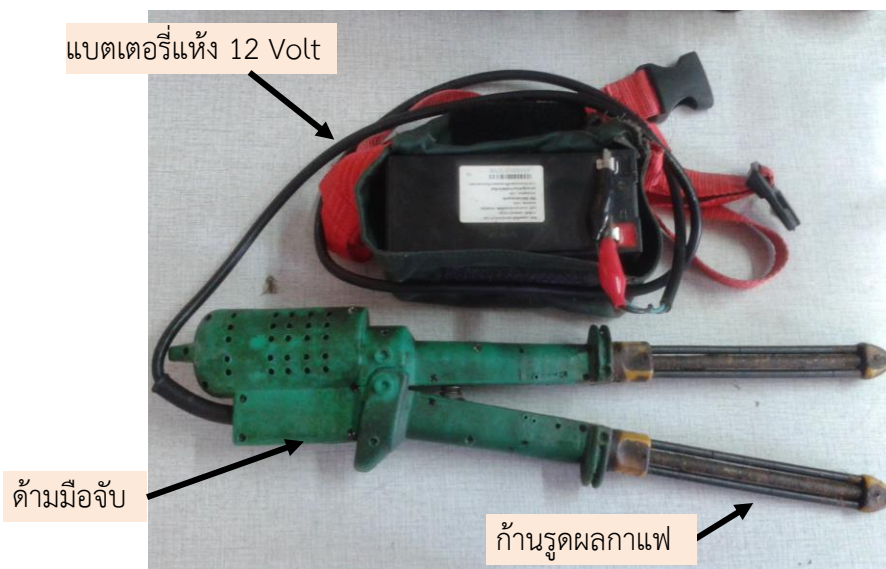
3. เวลาและสถานที่ ตุลาคม 2559 – กันยายน 2561

- กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

- ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร
- ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)
- แปลงเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาและทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแพโดยวิธีรูตแบบพกพาของเวียดนาม



ภาพที่ 1.3 ส่วนประกอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพด้วยวิธีรูตของเวียดนาม

เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพด้วยวิธีรูตของเวียดนาม (ภาพที่ 1.3) มีก้านหมุน 2 ก้าน หมุนในทิศทางตรงข้าม การใช้งานเครื่องให้ก้านหมุนทั้งสอง คร่อมกิ่งผลกาแพบีบก้านหมุน 2 ก้านเข้าหากันแล้วรูตเครื่องเข้าหาตัวผู้ใช้งาน ตรงขั้วก้านหมุนมีสปริงทำหน้าที่ให้ก้านหมุนคืนตัวในขณะที่บีบและปล่อย ขนาดก้านรูตผลกาแพกว้าง 21 มิลลิเมตร ยาว 14 เซนติเมตร ปลายแหลม ด้านข้างทั้งสองของชุดรูตผลกาแพติดเส้นพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร สวมอยู่บนเพลากลม ขณะที่เครื่องทำงานพลาสติกสีดำจะช่วยลดแรงกระแทกระหว่างก้านหมุนกับผลกาแพ เครื่องขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงรอบหมุน 13,500 รอบต่อนาที กำลังขนาด 6 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ส่งต่อกำลังด้วยเพลาสติกขับเฟืองก้านรูตผลกาแพอัตราทด 1:3 ก้านรูตผลกาแพหมุนด้วยความเร็วรอบ 4,500 รอบต่อนาที แหล่งจ่ายไฟให้กับเครื่องใช้แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ ความจุแบตเตอรี่ 9 แอมแปร์-ชั่วโมง ตัวเครื่องรูตผลกาแพมีน้ำหนัก 0.9 กิโลกรัม ส่วนแบตเตอรี่กับสายสะพายมีน้ำหนัก 3.1 กิโลกรัม

จากนั้นได้นำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพโดยวิธีรูตของเวียดนาม ไปทดสอบการใช้งานที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร ทดสอบความสามารถการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเปรียบเทียบกับวิธีการเก็บเกี่ยวด้วยคน ความสูงต้นกาแพ 1.5-2 เมตร ระยะห่างระหว่างต้นกาแพ 3 เมตร วิธีการเก็บเกี่ยวใช้ที่รองรับกว้าง 1.2 เมตร ยาว 1.5 เมตร สูง 0.60 เมตร รองรับผลกาแพขณะทำการเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 1.4) จับเวลาการเก็บเกี่ยวผลกาแพครั้งละ 10 นาที จำนวน 10 ซ้ำ

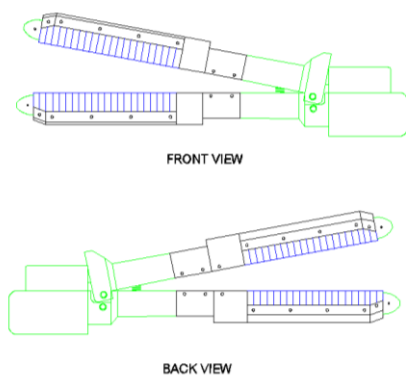


ภาพที่ 1.4 ที่รองรับผลกาแพขณะทำการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 1.1 ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวของเวียดนามเปรียบเทียบกับวิธีการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน

| ซ้ำ | เครื่องเวียดนาม | | คนเก็บ | |
|---------------|----------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|
| | ความสามารถ (กิโลกรัม/ชั่วโมง) | สูญเสีย % | ความสามารถ (กิโลกรัม/ชั่วโมง) | สูญเสีย % |
| 1 | 85.20 | 37.68 | 64.20 | 1.06 |
| 2 | 89.40 | 38.37 | 55.80 | 1.70 |
| 3 | 94.80 | 39.56 | 81.60 | 0.48 |
| 4 | 90.00 | 39.67 | 67.20 | 0.35 |
| 5 | 93.00 | 39.46 | 55.80 | 1.09 |
| 6 | 91.80 | 39.22 | 61.80 | 0.95 |
| 7 | 82.80 | 39.01 | 79.20 | 0.94 |
| 8 | 80.40 | 38.81 | 57.00 | 0.75 |
| 9 | 83.40 | 38.97 | 79.80 | 0.69 |
| 10 | 78.00 | 39.23 | 72.60 | 0.24 |
| เฉลี่ย | 86.88 | 39.00 | 67.50 | 0.83 |

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแพด้วยวิธีชุดของเวียดนาม เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 86.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ขณะทำการเก็บเกี่ยวมีผลผลิตสูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 39 เปอร์เซ็นต์ คนเก็บมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 67.50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสูญเสียเท่ากับ 0.83 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบความสามารถการทำงานเครื่องมีความสามารถสูงกว่าคนเก็บประมาณ 1.29 เท่า แต่ขณะเก็บเกี่ยวมีผลผลิตกระเด็นออกนอกที่รองรับค่อนข้างมาก จึงได้ออกแบบสร้างหน้ากากกันผลกาแพกระเด็น โครงสร้างหน้ากากทำจากเหล็กบาง ม้วนพับขึ้นรูป ตำแหน่งด้านหน้าและด้านหลังหน้ากากติดมาบนพลาสติกใสครอบทั้ง 2 ก้าน ตัวเครื่องมีน้ำหนัก 1.4 กิโลกรัม

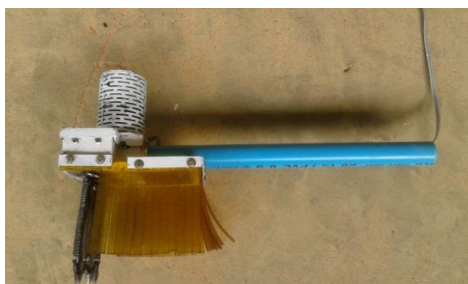


ภาพที่ 1.5 ปรับปรุงเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพชของเวียดนาม

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพชของเวียดนามปรับปรุงแก้ไข ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร จับเวลาการเก็บเกี่ยวผลกาแพชครั้งละ 10 นาที จำนวน 10 ซ้ำ เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 46.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการสูญเสีย 1.47 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 36.48 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสูญเสีย 0.83 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถการทำงานสูงกว่าคนเก็บ 1.28 เท่า และเครื่องยังมีข้อบกพร่อง คือผู้ใช้งานเครื่องเกิดความเมื่อยล้าเนื่องจากต้องบีบก้านรูดผลกาแพชตลอดเวลาขณะเก็บเกี่ยว

2. ออกแบบพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพช

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพชของเวียดนามปรับปรุงแก้ไข พบว่าเครื่องมีความสามารถสูงกว่าคนเก็บ 1.28 เท่า แต่เครื่องยังมีข้อบกพร่อง คือ ผู้ใช้งานเครื่องเกิดความเมื่อยล้าเนื่องจากต้องบีบก้านรูดผลกาแพชขณะเก็บเกี่ยวตลอดเวลา จึงได้ทำการออกแบบพัฒนาและสร้างต้นแบบเบื้องต้น (ภาพที่ 1.6) เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าว จากการทดสอบการใช้งานเบื้องต้นเครื่องยังมีข้อบกพร่องบางประการที่ต้องปรับปรุง แก้ไข เช่น ระบบต้นกำลัง ระบบส่งต่อกำลัง และก้านรูดผลกาแพชมีจำนวนมากเกินไปทำให้การเก็บเกี่ยวไม่คล่องตัว



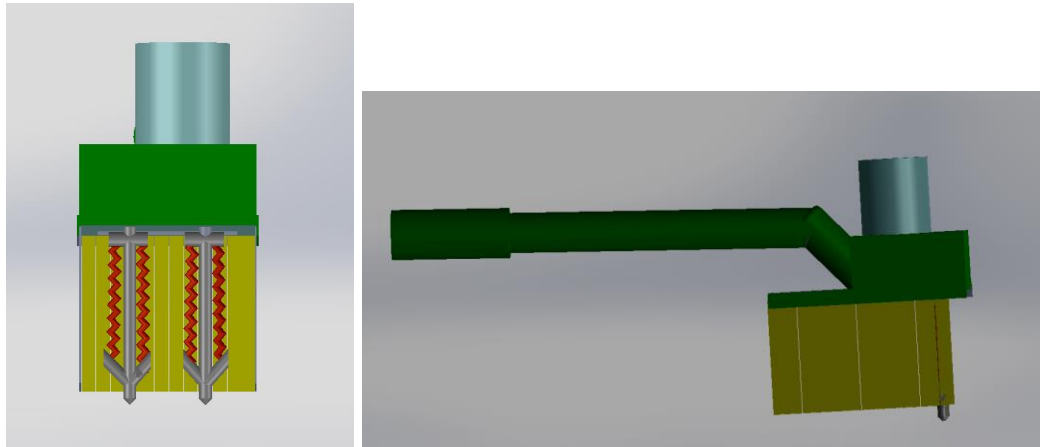
ภาพด้านข้าง



ภาพด้านหน้า

ภาพที่ 1.6 ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพชด้วยวิธีรูดต้นแบบเบื้องต้น

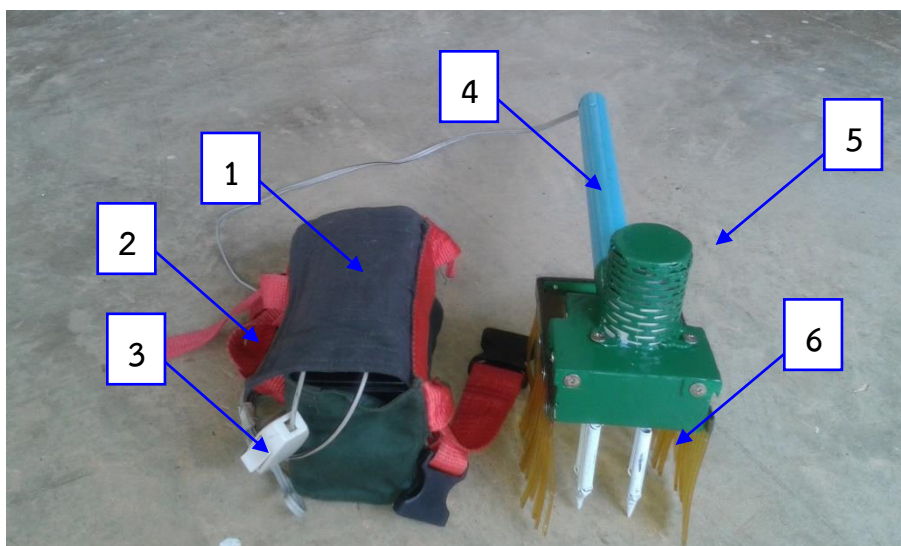
จากข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบเบื้องต้น จึงได้ทำการออกแบบพัฒนาและสร้างเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพ ดังภาพที่ 1.7



ภาพที่ 1.7 ออกแบบต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพด้วยวิธีรูต



ภาพที่ 1.8 สร้างเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพด้วยวิธีรูต



ภาพที่ 1.9 ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพด้วยวิธีรูต

ส่วนประกอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด หมายเลข 1 แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ หมายเลข 2 สายสะพายแบตเตอรี่ หมายเลข 3 สวิตช์ไฟ หมายเลข 4 ด้ามจับ หมายเลข 5 มอเตอร์กระแสตรง หมายเลข 6 ก้านรูดผลกาแฟแบบใช้สปริงดึง ตัวเครื่องมีน้ำหนัก 0.95 กิโลกรัม

3. ทำการทดสอบเบื้องต้น แกะไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ

เมื่อสร้างต้นแบบเสร็จได้นำเครื่องไปทดสอบเพื่อหาความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมสำหรับใช้เก็บเกี่ยวผลกาแฟ ทำการทดสอบที่ความเร็วเชิงเส้น 2.62, 3.14, 3.67, 4.18 และ 4.71 เมตรต่อวินาที พันธุ์กาแฟที่ใช้ทดสอบเลือกใช้พันธุ์โรบัสตา เนื่องจากข้อดีจะเห็นว่าพันธุ์อะราบิกา การทดสอบใช้วิธีรูดกิ่งผลกาแฟที่สูงแก่ทั้งกิ่ง นับผลกาแฟก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยเลือกความเร็วเชิงเส้นค่าต่ำที่สุดที่เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ทั้งหมดไม่มีค้างกิ่งผล เนื่องจากถ้าความเร็วเชิงเส้นก้านรูดยิ่งสูงมากผลกาแฟจะกระเด็นมากตามไปด้วย ผลการทดสอบดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ผลการทดสอบหาความเร็วเชิงเส้นของก้านรูดผลกาแฟ

| ซ้ำที่ | 2.62 m/s | | 3.14 m/s | | 3.67 m/s | | 4.18 m/s | | 4.71 m/s | |
|--------|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| | เก็บเกี่ยว ผลกาแฟ ได้ ผล (%) | ผล กาแฟ ค้างกิ่ง ผล (%) | เก็บเกี่ยว ผลกาแฟ ได้ ผล (%) | ผล กาแฟ ค้างกิ่ง ผล (%) | เก็บเกี่ยว ผลกาแฟ ได้ ผล (%) | ผล กาแฟ ค้างกิ่ง ผล (%) | เก็บ เกี่ยวผล กาแฟ ค้างกิ่ง ผล (%) | ผล กาแฟ ค้างกิ่ง ผล (%) | เก็บ เกี่ยวผล กาแฟ ค้างกิ่ง ผล (%) | ผล กาแฟ ค้างกิ่ง ผล (%) |
| 1 | 96.30 | 3.70 | 98.95 | 1.05 | 99.05 | 0.95 | 100.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| 2 | 96.36 | 3.64 | 97.78 | 2.22 | 100.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| 3 | 98.08 | 1.92 | 99.10 | 0.90 | 99.11 | 0.89 | 100.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| 4 | 98.67 | 1.33 | 97.92 | 2.08 | 99.15 | 0.85 | 100.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| 5 | 97.30 | 2.70 | 98.95 | 1.05 | 100.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| เฉลี่ย | 97.34 | 2.66 | 98.54 | 1.46 | 99.46 | 0.54 | 100.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |

ผลการทดสอบความเร็วของก้านรูดผลกาแฟความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด เนื่องจากเป็นความเร็วเชิงเส้นค่าต่ำที่สุดที่เครื่องสามารถเก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ทั้งหมดโดยไม่มีค้างกิ่งผล

เมื่อได้ความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟแล้ว ได้นำเครื่องไปทดสอบการใช้งานเบื้องต้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร และที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที ผลการทดสอบดังตารางที่ 1.3-1.4

ตารางที่ 1.3 ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด เปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยคน (พันธุ์กาแฟโรบัสตา) ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร

| ซ้ำที่ | เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องรูด | | เก็บเกี่ยวด้วยคน | |
|--------|--------------------------|-----------|------------------------|-----------|
| | ความสามารถ (กก./ชม) | % สูญเสีย | ความสามารถ (กก./ชม) | % สูญเสีย |

| | | | | |
|--------|--------|--------|--------|------|
| 1* | 103.80 | 0.0005 | 44.40 | 0.00 |
| 2 | 68.40 | 0.0013 | 33.00 | 0.00 |
| 3 | 53.40 | 0.0010 | 39.60 | 0.00 |
| 4 | 63.00 | 0.0022 | 28.20 | 0.00 |
| 5* | 246.00 | 0.0002 | 108.00 | 0.00 |
| เฉลี่ย | 106.92 | 0.0010 | 50.64 | 0.00 |

*ผลผลิตต่อต้นค่อนข้างมาก

จากตารางที่ 1.3 ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพโดยวิธีรูด ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร ความสูงต้นกาแพ 1.6- 2 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.2-1.5 เมตร การทดสอบใช้วิธีเก็บเกี่ยวทั้งต้น เนื่องจากผลกาแพสุกแก่พร้อมกัน พบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 106.92 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกรองรับ 0.001 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 50.64 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ไม่มีสูญเสีย เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 2.11 เท่าและได้นำเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแพโดยวิธีรูดไปทดสอบการใช้งานในการเก็บเกี่ยว



เก็บเกี่ยวด้วยคน



เก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง

ภาพที่ 1.10 ทดสอบเบื้องต้นเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพโดยวิธีรูด ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร

ผลกาแพพันธุ์อะราบิกา ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องใช้ตาข่ายไนลอนขนาด 1.2 x 1.5 เมตร รองรับผลกาแพขณะเก็บเกี่ยว เปรียบเทียบกับวิธีเก็บเกี่ยวของเกษตรกร การทดสอบใช้วิธีเลือกเก็บเนื่องจากผลกาแพสุกแก่ไม่พร้อมกัน ผลการทดสอบดังตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพโดยวิธีรูด เปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยคน (พันธุ์กาแพอะราบิกา) ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

| ซ้ำที่ | เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องรูด | | | เก็บเกี่ยวด้วยคน | | |
|---------------|--------------------------|-------------|--------------|--------------------------|-------------|-------------|
| | ความสามารถทำงาน (กก./ชม) | % สูญเสีย | % ผลเขียวปน | ความสามารถทำงาน (กก./ชม) | % สูญเสีย | % ผลเขียวปน |
| 1 | 19.20 | 0.00 | 0.00 | 10.20 | 0.39 | 0.00 |
| 2 | 45.00 | 0.03 | 11.27 | 9.60 | 0.31 | 0.00 |
| 3 | 31.80 | 0.17 | 21.17 | 8.40 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 31.20 | 0.40 | 21.38 | 21.60 | 0.59 | 0.00 |
| 5 | 36.00 | 0.60 | 3.63 | 7.80 | 0.98 | 0.00 |
| เฉลี่ย | 32.64 | 0.24 | 11.49 | 11.52 | 0.45 | 0.00 |

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแพโดยวิธีรูด ในการเก็บเกี่ยวผลกาแพพันธุ์อะราบิกา ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ความสูงต้นกาแพ 1.7- 2 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.4-1.6 พบว่า เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 32.64 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกรองรับ 0.24 เปอร์เซ็นต์

มีกาแฟผลสีเขียวปนเฉลี่ย 11.49 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 11.52 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียร่วงหล่นนอกตะกร้า 0.45 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีกาแฟผลสีเขียวปน เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 2.83 เท่า



เก็บเกี่ยวด้วยแรงงาน



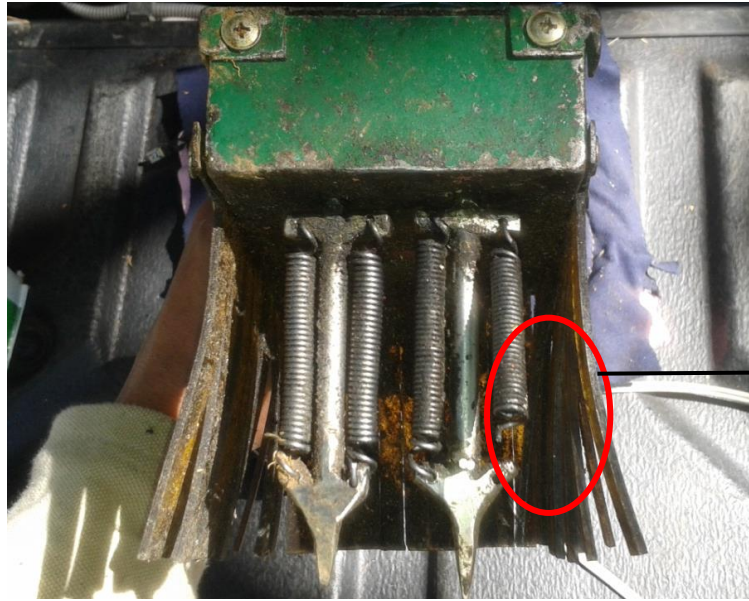
เก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง

ภาพที่ 1.11 ทดสอบการใช้งานเบื้องต้นเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)



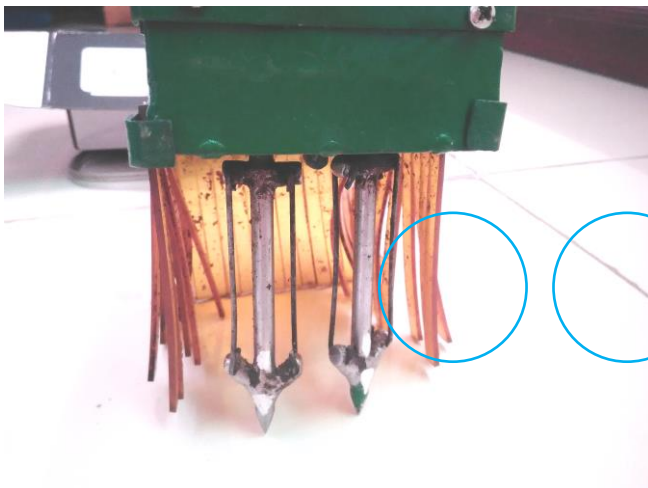
ภาพที่ 1.12 ผลกาแฟอะราบิกาที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง

จากการทดสอบการใช้งานเครื่องเบื้องต้น พบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคน เก็บเกี่ยวประมาณ 2 เท่า แต่พบปัญหาคือสปริงก้านรูดผลกาแฟขาดบ่อย ขณะใช้งานต่อเนื่อง (ภาพที่ 1.13) จึงได้ทำการออกแบบปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องโดยเปลี่ยนก้านรูดจากเดิมใช้สปริงดึง มาเป็นแบบใช้เส้นลวดสปริงและปรับเปลี่ยนตำแหน่งสวิทช์ปิด-เปิด จากอยู่ตำแหน่งนอกตัวเครื่องมาอยู่ที่ตำแหน่งด้ามจับของเครื่อง (ภาพที่ 1.14)



สปริงก้านรูดขาด

ภาพที่ 1.13 ปัญหาสปริงก้านรูดกาแพขาดขณะใช้งาน



ภาพที่ 1.14 ปรับปรุงก้านรูดแบบสปริงดึงเป็นแบบใช้เส้นลวดสปริง และเปลี่ยนตำแหน่งสวิทช์



ภาพที่ 1.15 ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพที่ทำการปรับปรุงแก้ไขแล้ว

4. ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ความสามารถในการทำงาน และศึกษาผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวต่อการให้ผลผลิตกาแพในฤดูต่อไป

เมื่อปรับปรุงแก้ไขเครื่องจนได้ต้นแบบที่สมบูรณ์แล้ว ได้นำต้นแบบเครื่องมือเกี่ยวผลกาแพโดยวิธีรูดไปทดสอบการใช้งานที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ใช้วิธีเก็บเกี่ยวทั้งต้นเนื่องจากผลกาแพสุกแก่พร้อมกัน ทำการทดลอง 10 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที ผลการทดสอบดังตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องมือเกี่ยวผลกาแพโดยวิธีรูดที่ปรับปรุงแก้ไข เทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน (พันธุ์กาแพโรบัสตา) ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร

| ซ้ำที่ | เก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง | | เก็บเกี่ยวด้วยคน | |
|---------------|------------------------|-------------|------------------------|-------------|
| | ความสามารถ (กก./ชม) | % สูญเสีย | ความสามารถ (กก./ชม) | % สูญเสีย |
| 1 | 78.00 | 0.78 | 47.76 | 0.75 |
| 2 | 82.80 | 0.49 | 60.75 | 1.19 |
| 3 | 77.14 | 0.93 | 50.09 | 1.03 |
| 4 | 82.80 | 2.18 | 51.89 | 0.84 |
| 5 | 95.29 | 3.00 | 41.74 | 0.59 |
| 6 | 88.16 | 1.68 | 45.78 | 0.82 |
| 7 | 91.91 | 2.50 | 43.57 | 0.73 |
| 8 | 94.74 | 1.27 | 38.73 | 0.51 |
| 9 | 80.00 | 0.81 | 48.81 | 0.76 |
| 10 | 81.00 | 1.06 | 40.00 | 0.46 |
| เฉลี่ย | 85.19 | 1.47 | 46.91 | 0.77 |

ตารางที่ 1.5 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีชุดที่ปรับปรุงแก้ไข ที่ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร ความสูงต้นกาแฟ 1.6- 2.2 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.2-1.5 เมตร เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 85.19 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.47 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 46.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.77 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 1.82 เท่า และนำเครื่องไปทดสอบการใช้งานในพื้นที่ไร้เกษตรกร บ้านปางม่วง ต. แจ้ซ้อ อ. เมือง ปาน จ.ลำปาง การทดสอบใช้วิธีการเลือกเก็บเนื่องจากผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกัน ผลการทดสอบดังตารางที่ 1.6



เก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง



เก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน

ภาพที่ 1.16 ทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร



ภาพที่ 1.17 ผลกาแฟโรบัสตาที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง

ตารางที่ 1.6 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีจุด เทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน (พันธุ์กาแฟอาราบิก้า) ที่ไร่เกษตรกร บ้านปางม่วง ต.แจ้ซอ อ.เมืองปาน จ.ลำปาง

| ซ้ำที่ | เก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง | | | เก็บเกี่ยวด้วยคน | | |
|---------------|------------------------|------------------|----------------|------------------------|------------------|----------------|
| | ความสามารถ (กก./ชม) | ผลเขียวปน (%) | สูญเสีย (%) | ความสามารถ (กก./ชม) | ผลเขียวปน (%) | สูญเสีย (%) |
| 1 | 29.10 | 2.58 | 1.11 | 16.20 | 2.79 | 0.91 |
| 2 | 36.60 | 2.29 | 1.26 | 13.20 | 1.65 | 0.80 |
| 3 | 32.40 | 1.80 | 1.48 | 14.70 | 1.66 | 0.69 |
| 4 | 28.80 | 3.01 | 1.43 | 15.90 | 1.16 | 0.39 |
| 5 | 25.80 | 3.60 | 1.38 | 15.00 | 1.15 | 0.51 |
| เฉลี่ย | 30.54 | 2.66 | 1.33 | 15.00 | 1.68 | 0.66 |

จากตารางที่ 1.6 ผลทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ที่บ้านปางม่วง ต.แจ้ซอ อ.เมืองปาน จ. ลำปาง ทำการทดสอบจำนวน 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที ความสูงต้นกาแฟ 1.6- 2.0 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.0-1.5 เมตร พบว่าเครื่องความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีผลเขียวปน 2.66 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.33 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 15.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีผลเขียวปน 1.68 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.66 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 2.04 เท่า

ทำการเก็บข้อมูลศึกษาผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีจุดที่จะให้ผลผลิตในฤดูกาลถัดไป พบว่า ต้นกาแฟที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องออกผลเป็นปกติ กิ่งก้านที่ออกผลไม่ได้รับความเสียหายจากการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง ดังภาพที่ 1.18



ภาพที่ 1.18 ต้นกาแฟที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องต้นแบบ

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่ออกแบบพัฒนาขึ้น ตัวเครื่องประกอบด้วยก้านรูดผลกาแฟ 2 ก้าน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างติดเส้นลวด 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากต้น ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อนาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟือง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห่ง 12 โวลต์ ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดตั้งพลาสติกเพื่อป้องกันผลกาแฟกระเด็นออกที่รองรับ

ผลการทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ใช้ตาข่ายไนลอนขนาด 1.2 x 1.5 เมตร รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว ในการเก็บเกี่ยวกาแฟพันธุ์โรบัสตา และพันธุ์อะราบิกา การเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์โรบัสตาใช้วิธีการเก็บเกี่ยวทั้งต้นเนื่องจากแปลงที่ทดสอบผลกาแฟสุกแก่พร้อมกัน ผลการทดสอบเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 85.19 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.47 เปอร์เซ็นต์ การเก็บด้วยแรงงานคนมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 46.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.77 เปอร์เซ็นต์ เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 1.82 เท่า และในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์อะราบิกาใช้วิธีการเลือกเก็บเนื่องจากแปลงที่ทดสอบผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกัน ผลการทดสอบพบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.33 เปอร์เซ็นต์ มีผลกาแฟสีเขียวปน 2.66 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 15.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.66 เปอร์เซ็นต์ มีกาแฟผลสีเขียวปน 1.68 เปอร์เซ็นต์ เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า ซึ่งถ้าเกษตรกรจะนำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟไปใช้งาน ควรใช้เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ผลกาแฟสุกแก่ทั้งต้นหรือสุกแก่มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ของต้น จะทำให้เก็บเกี่ยวได้รวดเร็ว ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และลดต้นทุนการผลิตกาแฟได้ ปัจจุบันได้นำต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดไปเผยแพร่ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟพันธุ์อะราบิกาในภาคเหนือ ผู้ปลูกกาแฟพันธุ์โรบัสตาในพื้นที่ภาคใต้ และปัจจุบันมีเกษตรกรสนใจนำเครื่องต้นแบบไปใช้งานระยะยาวในพื้นที่

บทที่ 2

วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน

ปรีชา อานันท์รัตนกุล¹

มานพ รักญาติ²

จิรวีรส จีเยตระกุล¹

นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล¹

คำสำคัญ: กาแฟผลอ่อน, เครื่องคัดแยกกาแฟ, ผลกาแฟสุก

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกกาแฟผลอ่อนก่อนที่จะนำผลกาแฟไปสีลอกเปลือกสด เครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนที่พัฒนาขึ้นมีหลักการทำงานด้วยการรูดผลกาแฟให้ผ่านช่องตะแกรง โดยผลกาแฟสุกที่มีเปลือกนิ่มจะถูกรูดให้ลอดผ่านช่องตะแกรง ส่วนผลกาแฟอ่อนที่มีเปลือกแข็งจะไม่สามารถลอดผ่านช่องตะแกรงได้ และถูกคัดแยกออกทางช่องด้านปลายของเครื่อง ตัวเครื่องประกอบด้วยแกนรูดผลกาแฟทรงกระบอกเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ยาว 460 มิลลิเมตร หมุนอยู่ภายในเสื้อตะแกรงทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 128 มิลลิเมตร ซึ่งทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรงมีระยะระหว่างช่อง 7 มิลลิเมตร(แบบแนวตั้งและแบบแนวนอน) ใช้มอเตอร์ 1.5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบ รูปแบบของเสื้อตะแกรงแบบแนวตั้งและแนวนอน รูปแบบของแกนรูดผล 3 แบบได้แก่ 1)แบบมีฟันมีเกลียวย้อนกันซ้าย 2)แบบไม่มีฟันมีเกลียวย้อนกันซ้าย และ 3)แบบไม่มีฟันไม่มีเกลียวย้อนกันซ้าย ที่ความเร็วเชิงเส้นของแกนรูดผลกาแฟ 2.22 เมตร/วินาที และ 2.66 เมตร/วินาที ผลการทดสอบพบว่าแบบแกนรูดไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวย้อนกันซ้าย เสื้อตะแกรงแนวนอนที่ความเร็วเชิงเส้นแกนรูดผลกาแฟ 2.66 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุดโดยสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้เฉลี่ย 90.50% ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 929.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

¹ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

² ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

Chapter 2

Research and Development of Green Coffee Separator

Preecha Ananrattanakul¹ Manop Rakyat² Jirawat Chiatrakul¹ Nitat Tangpinitkul¹

Keywords: Green Coffee, Coffee Separator, Cherry Coffee

Abstract

Green coffee separator was developed to separate green cherry from ripe cherry before the pulping process. The separator consisted of a steel roller having diameter of 76 mm. and 470 mm long rotating inside a cylindrical slotted housing, having 128 mm in diameter and made of steel rod with 7 mm spacing. In operation, coffee cherry was pressed against the slotted perforations. The softer ripe cherry was forced through the slotted perforations while the harder green cherry was conveyed along with the cylinder roller to the exit port at the end of housing. The machine was driven by a 1.5-horsepower motor. To find the suitable condition of this machine, three comparative studies were conducted. Firstly, vertical and horizontal slotted perforation arrangement. Secondly, 3 different types of the steel roll unit; 1) with teeth and reverse end thread, 2) without teeth but with reverse end thread, and 3) without teeth and reverse end thread. Thirdly, two peripheral speed of the steel roll unit; 2.22 m/s and 2.66 m/s. The best results show that the roller without teeth and without reverse end thread at speed of 2.66 m/s in a horizontal slotted housing can separate 90.50% of the green cherry with average working capacity of 929.62 kg/h.

¹ Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok.

² Agricultural Engineer Research Center Chiang Mai, Department of Agriculture, Muaeng, Mae Hea, Chiang Mai.

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ปลูกกาแฟและผลิตกาแฟที่สำคัญประเทศหนึ่งของโลก ปัจจุบันมีเนื้อที่ปลูกกาแฟ 253,054 ไร่ ผลผลิต 25,909 ตัน/ปี แต่ผลผลิตไม่เพียงพอต่อการบริโภคและแปรรูปในประเทศ จึงต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ ปี 2560 นำเข้ากาแฟมูลค่า 4,772 ล้านบาท (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560ข) สาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกาแฟจำกัดและขาดเครื่องจักรกลที่ทันสมัยในการผลิต

กาแฟที่ปลูกกันอยู่ในประเทศไทย มี 2 พันธุ์ คือ 1) กาแฟพันธุ์โรบัสต้า เจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่ราบ พื้นที่ปลูกที่เหมาะสมอยู่ทางภาคใต้ บริเวณจังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ นครศรีธรรมราช และพังงา 2) กาแฟพันธุ์อะราบิกา เจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่สูง พื้นที่ปลูกที่เหมาะสมคือ ภูเขาสูงทางภาคเหนือในจังหวัดเชียงราย แพร่ และน่าน ฯลฯ การผลิตกาแฟของไทยร้อยละ 98 เป็นพันธุ์โรบัสต้า มีเพียงร้อยละ 2 เป็นพันธุ์อะราบิกา ทั้งนี้ไทยผลิตกาแฟโรบัสต้าได้ปีละประมาณ 75,000 – 85,000 ตัน ในจำนวนนี้ใช้บริโภคภายในประเทศร้อยละ 30 ส่งออกร้อยละ 70 อย่างไรก็ตามปริมาณความต้องการใช้เมล็ดกาแฟสำหรับอุตสาหกรรมกาแฟสำเร็จรูป และกาแฟคั่วบดภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจาก 70,000 ตัน ในปี 2556 เป็น 90,000 ตันในปี 2560 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560ก) โดยเฉพาะในปัจจุบันธุรกิจร้านกาแฟสด เติบโตและขยายตัวอย่างรวดเร็วเชื่อว่าปริมาณความต้องการผลิตกาแฟภายในประเทศมีเพิ่มมากขึ้น

กรรมวิธีการผลิตสารกาแฟมี 2 วิธีคือ **วิธีแห้ง** (Dry Method or Natural Method) ใช้กับกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้า เป็นวิธีการทำสารกาแฟที่ง่าย มีขั้นตอนน้อย ประหยัดแรงงานและไม่ต้องการเครื่องมือที่ซับซ้อน โดยการนำผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้มาตากแดดทิ้งผล ประมาณ 15-20 วัน จนผลกาแฟแห้ง หลังจากนั้นจึงนำผลกาแฟแห้งเข้าเครื่องสีกะเทาะเมล็ด (huller) ได้สารกาแฟที่ต้องการ **วิธีเปียก** (Wet Method or Parchment Method) เป็นวิธีที่นิยมในการผลิตสารกาแฟอะราบิกา เพราะสามารถผลิตสารกาแฟที่มีกลิ่นและรสชาติดีกว่าวิธีแห้ง แต่ต้องการแรงงานมากกว่า มีขั้นตอนดังนี้ นำผลกาแฟสุกที่เก็บเกี่ยวได้แช่น้ำ เพื่อแยกผลกาแฟที่ฝ่อลอยน้ำออกจากผลกาแฟที่ดี ทำการลอกเปลือกผลกาแฟ (pulping) โดยใช้เครื่องลอกเปลือกบีบให้เปลือกนอกของผลหลุดออกมา กาแฟที่ลอกเปลือกแล้วจะยังมีเมือกห่อหุ้มเมล็ดกาแฟ ซึ่งจำเป็นต้องลอกออกมิฉะนั้นจะเกิดการหมัก โดยการลอกออกด้วยเครื่องขัดเมือก หรือโดยหมักในบ่อให้เมือกหลุดออก ก่อนนำไปทำให้แห้งได้กาแฟกะลาแห้ง แล้วจึงนำกาแฟกะลาแห้งไปเข้าเครื่องสีกะเทาะเมล็ด ได้สารกาแฟที่ต้องการ

หลังการเก็บเกี่ยวผลกาแฟสุก ขั้นตอนแรกของการแปรรูปกาแฟอะราบิกาผลสดเพื่อผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ จำเป็นต้องมีการคัดแยกกาแฟที่มีคุณภาพต่ำออกไป ได้แก่ กาแฟที่มีความสุกแก่ไม่เหมาะสม ผลอ่อน ผลเขียว ผลกาแฟแห้ง และผลกาแฟที่มีร่องรอยการเข้าทำลายของมอดเจาะผลเมล็ดกาแฟ รวมทั้งสิ่งเจือปนอื่นๆ เช่น ใบไม้ กิ่งไม้ เศษหิน ดิน ทราาย เป็นต้น ผลกาแฟคุณภาพต่ำที่คัดทิ้งเหล่านี้จะถูกนำไปตาก

แห้งบนลานทั้งเปลือกจนแห้งและนำไปสีกได้เมล็ดกาแฟเกรดต่ำ ส่วนผลกาแฟสุกที่มีคุณภาพจะถูกนำไปแปรรูปสดในขั้นตอนการลอกเปลือก การกำจัดเมือก การทำแห้ง และการสี ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ

การทำความสะดวกผลกาแฟเบื้องต้นโดยทั่วไปสามารถใช้ตะแกรงโยกเพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนขนาดเล็กเช่น เศษดิน หิน ทราย และคัดแยกสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ เช่น ใบไม้ กิ่งไม้ ก้อนหิน ก้อนดิน เป็นต้น วิธีปฏิบัติในการคัดแยกผลกาแฟของเกษตรกรเริ่มจากลำเลียงหรือเทผลกาแฟจากกระสอบลงในบ่อที่บรรจุน้ำสะอาด ทำการกวนน้ำ และใช้ตะแกรงซ้อนตักแยกผลกาแฟที่ลอยน้ำออกไป หลังจากนั้นปล่อยน้ำออกจากบ่อและทำการลำเลียงผลกาแฟที่จมน้ำเข้าสู่ขั้นตอนการลอกเปลือก ผลกาแฟที่ลอยน้ำส่วนใหญ่มีคุณภาพต่ำได้แก่ ผลกาแฟที่ถูกมอดเจาะผลเมล็ดกาแฟเข้าทำลาย ผลฝ่อ และผลแห้งซึ่งเกิดจากเก็บเกี่ยวล่าช้า เป็นต้น ส่วนผลกาแฟที่จมน้ำส่วนใหญ่เป็นผลสุกมีคุณภาพดี อย่างไรก็ตามผลกาแฟที่สุกแก่ไม่เหมาะสม เช่น ผลกาแฟอ่อนและผลเขียว ซึ่งจัดเป็นกาแฟคุณภาพต่ำนั้น มีคุณสมบัติด้านน้ำหนักจำเพาะใกล้เคียงกับผลกาแฟสุก ทำให้ส่วนใหญ่จมน้ำปะปนกับกาแฟสุกด้วย โดยมีบางส่วนลอยน้ำ และนอกจากนี้ผลกาแฟสุกเมล็ดเดี่ยว (Pea berry) ถึงแม้จะมีปริมาณไม่มาก แต่มีคุณภาพดีเช่นเดียวกับผลกาแฟสุกทั่วไปที่มี 2 เมล็ดและมีราคาสูงแต่ส่วนใหญ่ลอยน้ำ จึงทำให้สูญเสียโดยถูกคัดแยกออกไปปะปนกับผลกาแฟที่ลอยน้ำ

เครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อน ผลเขียว มีการใช้ในต่างประเทศ อาศัยคุณสมบัติที่แตกต่างด้านความแข็งของผลกาแฟ ผลกาแฟสุกมีลักษณะนิ่มจะถูกรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงที่มีขนาดเหมาะสมออกไป ส่วนผลกาแฟอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านปลาย ดังนั้นการใช้เครื่องแยกกาแฟผลอ่อนจึงช่วยทำให้กาแฟมีคุณภาพ สามารถลดการสูญเสียของผลกาแฟสุกเมล็ดเดี่ยวที่ลอยน้ำได้ และยังมีส่วนช่วยทำให้เครื่องลอกเปลือกทำงานได้เร็วขึ้น เนื่องจากผลกาแฟสุกบางส่วนจะถูกลอกเปลือกออกไปแล้ว นอกจากนี้หากได้มีการพัฒนาให้สามารถคัดแยกผลกาแฟที่ลอยน้ำออกไปได้ภายในเครื่องเดียวกัน จะช่วยลดขั้นตอนและความจำเป็นที่ต้องมีบ่อลอยน้ำได้

ระเบียบวิธีการวิจัย

1) วิธีดำเนินการ :

- สิ่งที่ใช้ในการทดลอง
 - วัสดุสำหรับสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน
 - ผลกาแฟสด
 - เครื่องวัดความเร็วรอบ
 - นาฬิกาจับเวลา
 - เครื่องชั่ง
 - เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า
 - เวอร์เนียคาลิปเปอร์
- วิธีปฏิบัติการทดลอง

การทดลองนี้ ออกแบบสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อน ผลเขียว
นำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปรรูปสดกาแฟเพื่อผลิตเมล็ดกาแฟคุณภาพ โดยคัดแยกผลกาแฟคุณภาพต่ำ
ได้แก่ ผลอ่อน ผลเขียว และอาจรวมทั้งผลกาแฟเสียที่ลอยน้ำออกก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการลอกเปลือก

1. ออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแพอ่อน ผลเขียว ที่อาศัยคุณสมบัติด้านความแข็งของผลกาแพ โดยผลกาแพสุกมีลักษณะอ่อนนุ่มกว่าผลกาแพอ่อนหรือผลเขียว จำนวน 2 แบบ คือ แบบรีดผลกาแพ และแบบตีผลกาแพ เพื่อใช้ทดสอบเปรียบเทียบ รายละเอียดมีดังนี้

แบบรีดผลกาแพ ประกอบด้วยลูกกลิ้งรีดผลกาแพทรงกระบอก ติดรีวหรือครีบทตามความยาว ลูกกลิ้งหมุนอยู่ในเสื้อตะแกรงทรงกระบอกทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตร (พิจารณาจากขนาดเมล็ดกะลาเมือกและผลกาแพ) หลักการทำงานของผลกาแพสุกมีลักษณะนุ่มจะถูกลูกกลิ้งรีดให้ลอดผ่านช่องตะแกรง โดยผลกาแพสุกส่วนใหญ่จะถูกรีดจนเมล็ดกะลาเมือกปลิ้นออกจากเปลือก ส่วนผลกาแพอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านปลายของเครื่อง

แบบตีผลกาแพ ประกอบด้วยลูกกลิ้งหมุน มีลักษณะทรงกระบอกติดครีบทตามความยาว ทำหน้าที่ตีผลกาแพไปกระทบกับผนัง ผลกาแพสุกซึ่งมีลักษณะนุ่มจะกระดอนกลับและตกลงในระยะที่ใกล้กับผนัง ส่วนผลกาแพอ่อนที่มีลักษณะแข็งจะกระดอนกลับไปไกลกว่า แผ่นกั้นช่องแยกผลกาแพสุกและผลกาแพอ่อน และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งตีผลกาแพกับผนังกระทบสามารถปรับระยะได้

1) ทดสอบเบื้องต้น แก๊วข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ

2) ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของต้นแบบทั้งสองแบบ คือ แบบรีดผลกาแพ และแบบตีผลกาแพ วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการคัดแยก ความสามารถในการทำงาน และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน โดยปัจจัยศึกษาสำหรับแบบรีดผลกาแพ ได้แก่ ความเร็วของลูกกลิ้งตีผลกาแพ และแบบช่องเสื้อตะแกรง (แบบแนวตั้ง และแบบแนวนอน) ปัจจัยศึกษาสำหรับแบบตีผลกาแพ ได้แก่ ความเร็วของลูกกลิ้งตีผลกาแพ ระยะห่างของผนังกระทบ และระยะห่างช่องแผ่นกั้นระหว่างผลกาแพสุกและผลกาแพอ่อน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3) ปรับปรุงต้นแบบและทดสอบการใช้งานในพื้นที่เป้าหมาย เลือกต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ โดยพิจารณาจากผลทดสอบมาทำการปรับปรุง และทดสอบการใช้งานระยะยาว

4) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

- การบันทึกข้อมูล

- น้ำหนักผลกาแพก่อนและหลังการคัดแยกผลอ่อนด้วยเครื่องต้นแบบ

- เวลาที่ใช้ในคัดแยกผลกาแพอ่อนด้วยเครื่องต้นแบบ

- คุณภาพผลกาแพหลังการคัดแยก

- น้ำหนักผลกาแพอ่อนที่ปนในผลกาแพสุกหลังการคัดแยก

- น้ำหนักผลกาแพสุกที่ปนในผลกาแพอ่อนหลังการคัดแยก

- กระแสไฟฟ้า (แอมป์)

- ความเร็วของลูกกลิ้งรีดผลกาแพ และลูกกลิ้งตีผลกาแพ (เมตรต่อวินาที)

- สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

- กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
 - ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ชุมนวาง
 - ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย
- ระยะเวลา เริ่มดำเนินการวิจัย ตุลาคม 2558 - กันยายน 2561

ผลการทดลองและอภิปราย

การออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อน

ดำเนินการออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อน ผลเขียว ที่อาศัยคุณสมบัติด้านความแข็งของผลกาแฟ โดยผลกาแฟสุกมีลักษณะอ่อนนิ่มกว่าผลกาแฟอ่อนหรือผลเขียว จำนวน 2 แบบ คือแบบรีดผลกาแฟ และแบบตีผลกาแฟ เพื่อใช้ทดสอบเปรียบเทียบ รายละเอียดมีดังนี้

1.1) ต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผลกาแฟ (ภาพที่ 2.1) ประกอบด้วยแกนรีดผลกาแฟทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ยาว 460 มิลลิเมตร ตัดรีวหรือครีบทำด้วยเหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 4 แนว ตามความยาวแกน แกนรีดผลกาแฟหมุนอยู่ภายในเสื้อตะแกรงทรงกระบอก ซึ่งทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตร โดยจัดวางเรียง 2 ลักษณะคือ แบบแนวนอน และแบบแนวตั้ง (ภาพที่ 2.2) เสื้อตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 128 มิลลิเมตร ช่องว่างระหว่างแกนรีดผลกาแฟกับเสื้อตะแกรงเท่ากับ 14 มิลลิเมตร ด้านนอกเสื้อตะแกรงมีท่อน้ำเจาะรูสำหรับการให้น้ำช่วยในการหล่อลื่น หลักการทำงานของเครื่องคือผลกาแฟสุกมีลักษณะนิ่มจะถูกแกนรีดผลกาแฟให้ลอดผ่านช่องตะแกรง ส่วนผลกาแฟอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านปลายของเครื่อง ซึ่งตรงช่องออกนี้มีส่วนควบคุมการทำงานแบบตุ้มน้ำหนักถ่วง



ภาพที่ 2.1 ลักษณะแกนรีดผลกาแฟ



ภาพที่ 2.2 ลักษณะเสื้อตะแกรงแบบแนวนอน (ซ้าย) และแบบแนวตั้ง (ขวา)

เบื้องต้นได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบความเร็วของแกนรีดผล 3 ระดับ คือ 1.90 2.28 และ 2.85 เมตรต่อวินาที โดยใช้เสื่อตะแกรงแบบแนวนอน และมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1 พบว่า ผลกาแพสุกส่วนใหญ่จะถูกรีตจนเมล็ดทะลาลาเมื่อกลิ้งออกจากเปลือก และลอดผ่านช่องตะแกรงออกมา ผลผลิตที่ได้เป็นเมล็ดทะลาลาเมื่อกปนกับเปลือก มีผลเขียวขนาดเล็กปะปนมาน้อยมาก ประสิทธิภาพการคัดแยกผลอ่อนใกล้เคียงกัน ผลผลิตที่ออกช่องปลายทางมีผลกาแพสุก เมล็ดทะลาลาเมื่อก และเปลือกไหลปะปนออกมาด้วย โดยเป็นผลกาแพอ่อน/ผลเขียว 73.06 - 79.81 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็ว 1.90 และ 2.28 เมตรต่อวินาที ไม่พบเมล็ดทะลาลาเมื่อกแตก และพบเล็กน้อย 0.83 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็ว 2.85 เมตรต่อวินาที ขณะที่เมล็ดกาแพทะลาลาเมื่อกที่ได้จากการใช้เครื่องลอกเปลือกกาแพผลสดซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติทั่วไป มีปริมาณเมล็ดแตกรวม 3.8 เปอร์เซ็นต์ อัตราการทำงานของเครื่องเพิ่มขึ้นตามระดับความเร็วของแกนรีดผล โดยที่ความเร็ว 2.85 เมตรต่อวินาที มีอัตราการทำงาน 833 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง

ตารางที่ 2.1 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความเร็วของแกนรีดผลกาแพ

| ความเร็ว แกนรีดผล (m/s) | อัตรา การทำงาน (kg/hr) | ผลเขียว | | หลังคัดผลเขียว | | |
|-------------------------------|------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------|---------------|
| | | ก่อนคัด (%) | หลังคัด (%) | ถลอก (%) | แตก (%) | แตกรวม (%) |
| 1.90 | 750 | 14.16 | 74.22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.28 | 833 | 10.69 | 79.81 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.85 | 938 | 8.73 | 73.06 | 0.73 | 0.10 | 0.83 |
| เครื่องสีเปลือก | - | - | - | 2.13 | 1.67 | 3.80 |

ตารางที่ 2.2 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบเสื่อตะแกรงแบบแนวนอนและแบบแนวตั้ง โดยใช้ความเร็วแกนรีดผลกาแพ 2.28 เมตรต่อวินาที พบว่า เสื่อตะแกรงแบบแนวนอนมีอัตราการทำงาน 1,029 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง สูงกว่าเสื่อตะแกรงแบบแนวตั้ง เสื่อตะแกรงแบบแนวตั้งมีประสิทธิภาพในการคัดแยกผลอ่อนสูงกว่าเสื่อตะแกรงแบบแนวนอน แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณผลกาแพอ่อนและการปรับน้ำหนักถ่วงตรงช่องทางออกด้วย ผลผลิตเมล็ดทะลาลาเมื่อกที่ได้ไม่พบเมล็ดแตก โดยมีปริมาณเมล็ดถลอกเล็กน้อย 0.32 เปอร์เซ็นต์ และ 1.72 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำผลผลิตเมล็ดทะลาลาเมื่อกที่ได้ซึ่งมีเปลือกปนอยู่ไปผ่านเครื่องลอกเปลือกผลสดโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการแยกเปลือก ทำให้เมล็ดกาแพทะลาลาเมื่อกถลอกและแตกเพิ่มขึ้นรวมเป็น 4.16 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การลอกเปลือกกาแพผลสดด้วยเครื่องสีเปลือกซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติทั่วไป ได้เมล็ดทะลาลาเมื่อกมีปริมาณเมล็ดแตกรวมสูงกว่าคือ 5.24 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.2 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบเสื่อตะแกรงแบบแนวนอนและแบบแนวตั้ง

| เสื่อตะแกรง | อัตรา การทำงาน (kg/hr) | ผลอ่อน | | หลังคัดผลเขียว | | | หลังลอกเปลือก | | |
|-----------------|------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------|---------------|---------------|------------|---------------|
| | | ก่อนคัด (%) | หลังคัด (%) | ถลอก (%) | แตก (%) | แตกรวม (%) | ถลอก (%) | แตก (%) | แตกรวม (%) |
| แนวตั้ง | 612 | 17.81 | 74.92 | 1.78 | 0.00 | 1.78 | 2.96 | 0.84 | 3.80 |
| แนวนอน | 1029 | 12.35 | 56.41 | 0.32 | 0.00 | 0.32 | 3.03 | 1.14 | 4.16 |
| เครื่องสีเปลือก | 846 | - | - | - | - | - | 4.37 | 0.87 | 5.24 |



ภาพที่ 2.3 การทดสอบต้นแบบเครื่องตัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบปรีดผลกาแฟเบื้องต้น



ภาพที่ 2.4 ผลผลิตจากต้นแบบเครื่องตัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบปรีดผลกาแฟ

1.2) ต้นแบบเครื่องตัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบตีผลกาแฟ (ภาพที่ 2.5) มีลักษณะคล้ายพัดลมแบบ หอยโข่ง ประกอบด้วยส่วนตีผลกาแฟ และส่วนผนังกระแทก ส่วนตีผลกาแฟประกอบด้วยจานใบตี มีลักษณะ เหมือนใบพัดลมใบตรง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 220 มิลลิเมตร กว้าง 50 มิลลิเมตร หมุนอยู่ในเสื้อ ผล กาแฟถูกป้อนเข้าส่วนกลางของจานใบตี และถูกใบพัดซึ่งหมุนตีไปกระทบกับผนังด้านนอก ผลกาแฟสุกซึ่งมี ลักษณะนี้มักจะกระดอนกลับและตกลงในระยะที่ใกล้กับผนัง ส่วนผลกาแฟอ่อนที่มีลักษณะแข็งกว่าจะกระดอน กลับไปไกลกว่า ส่วนของผนังกระแทก และแผ่นกันช่องแยกผลกาแฟสุกและผลกาแฟอ่อน สามารถปรับระยะได้



ภาพที่ 2.5 ต้นแบบเครื่องตัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบตีผลกาแฟเบื้องต้น

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบตีผลกาแฟเบื้องต้น พบว่าที่ความเร็วของใบตีประมาณ 4.2 เมตรต่อวินาที สามารถตีส่งผลกาแฟไปกระบอกผนังในแนวตั้งฉากได้ แต่ประสิทธิภาพการคัดแยกยังต่ำอยู่ เนื่องจากความแข็งของผลกาแฟอ่อนและผลที่สุกห่ามไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้ผลกาแฟที่มีขี้ผลติดมาด้วยรวมทั้งกาแฟที่เก็บมาเป็นพวงมีผลกระทบต่อเครื่องคัดแยกด้วย ข้อดีของการคัดแยกด้วยวิธีนี้จะได้กาแฟผลสุกที่ยังไม่ถูกลอกเปลือกและนำไปลอกเปลือกด้วยเครื่องสีเปลือกซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติทั่วไป

2) ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องต้นแบบ

จากผลการทดสอบเบื้องต้น เลือกต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผลกาแฟ นำมาพัฒนาปรับปรุงต่อและทำการทดสอบเก็บข้อมูล หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบนี้ใช้เกลียวตันรีดให้ผลกาแฟสุกผ่านช่องรูตะแกรง กาแฟผลอ่อนที่แข็งกว่าไม่สามารถรีดออกได้ และจะไหลไปออกทางด้านทางออกท้ายเครื่อง ปัจจัยศึกษาสำหรับเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนแบบรีดผลกาแฟ ได้แก่ รูปแบบแกนรีดผลกาแฟ ความเร็วของแกนรีดผลกาแฟ และแบบช่องสี่เหลี่ยม (แบบแนวตั้ง และแบบแนวนอน) รูปแบบแกนรีดผลกาแฟ ได้ดำเนินการออกแบบ 3 แบบคือ

1. แบบมีฟันและมีเกลียวกันท้าย



ภาพที่ 2.6 แกนรีดผลกาแฟแบบมีฟันและมีเกลียวกันท้าย

2. แบบไม่มีฟัน และมีเกลียวกันท้าย



ภาพที่ 2.7 แกนรีดผลกาแฟแบบไม่มีฟันและมีเกลียวกันท้าย

3. แบบไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวกันท้าย



ภาพที่ 2.8 แกนรีดผลกาแฟแบบไม่มีฟันและไม่มีเกลียวกันท้าย

แบบช่องเสื่อตะแกรง ได้ดำเนินการออกแบบ 2 รูปแบบ คือ แบบแนวตั้งและแบบแนวนอนดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ลักษณะเสื่อตะแกรงแบบแนวนอน (ซ้าย) และแบบแนวตั้ง (ขวา)

ปี 2560 ได้นำต้นแบบเครื่องคัดแยกผลอ่อนไปทำการทดสอบที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) โดยใช้แบบแกนรีดผลกาแฟ 5 แบบ คือ

แบบแกนที่ 1 เป็นแบบเสื่อตะแกรงคัดแนวนอน แกนรีดผลกาแฟ มีฟัน มีเกลียวกันท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที และทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที

แบบแกนที่ 2 เป็นแบบเสื่อตะแกรงคัดแนวตั้ง แกนรีดผลกาแฟ มีฟัน มีเกลียวกันท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที และทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที

แบบแกนที่ 3 เป็นแบบเสื่อตะแกรงคัดแนวนอน แกนรีดผลกาแฟ ไม่มีฟัน มีเกลียวกันท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที และความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที

แบบแกนที่ 4 เป็นแบบเสื่อตะแกรงคัดแนวตั้ง แกนรีดผลกาแฟ ไม่มีฟัน มีเกลียวกันท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที และความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที

แบบแกนที่ 5 เป็นแบบเสื่อตะแกรงคัดแนวนอน แกนรีดผลกาแฟ ไม่มีฟัน และไม่มีเกลียวกันท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที และความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที ผลการทดสอบแบบแกนทั้ง 5 แบบ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงผลการทดสอบเครื่องคัดผลอ่อนกาแฟแบบต่างๆ

| แบบแกน | แบบ ตะแกรง | ความเร็ว ทำงาน | ความสามารถ ทำงานเฉลี่ย (kg./hr) | ส้อมก่อนคัด | | ส้อมหลังคัด | | คัดผล เขียวได้ |
|--------------------------------|---------------|-------------------|---------------------------------------|--------------|------------|------------------|------------|-------------------|
| | | | | % ผลเขียว | % ผลแดง | % ผล เขียว | % ผลแดง | |
| มีฟัน มีเกลียวกันท้าย | แนวนอน | 2.22 | 1069.63 | 6.1 | 93.9 | 3.93 | 96.07 | 35.57% |
| มีฟัน มีเกลียวกันท้าย | แนวนอน | 2.66 | 1145.02 | 8.6 | 91.4 | 3.53 | 96.47 | 59.06% |
| มีฟัน มีเกลียวกันท้าย | แนวตั้ง | 2.22 | 649.73 | 7.98 | 92.02 | 4.75 | 95.25 | 40.47% |
| มีฟัน มีเกลียวกันท้าย | แนวตั้ง | 2.66 | 745.16 | 7.26 | 92.74 | 2.41 | 97.59 | 66.80% |
| ไม่มีฟัน มีเกลียวกันท้าย | แนวนอน | 2.22 | 862.66 | 9.54 | 90.46 | 1.69 | 98.31 | 82.22% |
| ไม่มีฟัน มีเกลียวกันท้าย | แนวนอน | 2.66 | 954.32 | 6.98 | 93.02 | 1.27 | 98.73 | 81.80% |
| ไม่มีฟัน มีเกลียวกันท้าย | แนวตั้ง | 2.22 | 438.17 | 8.77 | 91.23 | 5.96 | 94.04 | 32.04% |
| ไม่มีฟัน มีเกลียวกันท้าย | แนวตั้ง | 2.66 | 523.07 | 9.55 | 90.45 | 4.35 | 95.65 | 54.45% |
| ไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวกันท้าย | แนวนอน | 2.22 | 942.97 | 11.03 | 88.97 | 1.76 | 98.24 | 84.04% |
| ไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวกันท้าย | แนวนอน | 2.66 | 929.62 | 12.84 | 87.16 | 1.22 | 98.78 | 90.50% |

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนทั้ง 5 แบบ แบบแกนที่ 5 เสื่อตะแกรงคัดแนวนอน (H) แกนคัดไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวกันท้าย ที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที (ใช้พู่เล่ย์ตัวขั้วขนาด 3.5 นิ้ว ตัวตามขนาด 10 นิ้ว) ให้ผลการทดสอบดีที่สุด หลังคัดเครื่องสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.50 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 929.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ปี 2561 ได้ทำการสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน โดยใช้แบบแกนที่ 5 เสื่อตะแกรงเป็นแบบแนวนอน แกนรีดผลกาแฟ ไม่มีฟัน และไม่มีเกลียวกันท้าย ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที (ใช้พู่เล่ย์ตัวขั้ว 3.5 นิ้ว ตัวตาม 10 นิ้ว) ที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดมาทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ที่ไร่เกษตรกรบ้านป้อก อ.แม่อน จ.เชียงใหม่ ผลการทดสอบดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ผลการทดสอบการใช้งานเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน โดยใช้แบบแกนที่ 5

ความเร็วแกนคัด 2.66 m/s สถานที่ทดสอบ ไร่เกษตรกรบ้านป๊อก อ.แม่ฮอน จ.เชียงใหม่

| ซ้ำที่ | ความสามารถ (kg./hr) | ส้อมก่อนคัด | | ส้อมหลังคัด | | ความสามารถ การคัดผลอ่อน (%) |
|--------|------------------------|-------------|-------|-------------|-------|-----------------------------------|
| | | % | % | % | % | |
| | | ผลอ่อน | ผลแดง | ผลอ่อน | ผลแดง | |
| 1 | 1279.6 | 11.96 | 88.04 | 0.56 | 99.44 | 95.32 |
| 2 | 1245.88 | 11.42 | 88.58 | 0.98 | 99.02 | 91.42 |
| 3 | 1260.00 | 12.05 | 87.95 | 1.75 | 98.25 | 85.48 |
| 4 | 1210.30 | 11.00 | 89.00 | 1.05 | 98.95 | 90.45 |
| 5 | 1235.77 | 11.69 | 88.31 | 1.24 | 98.76 | 89.39 |
| เฉลี่ย | 1246.31 | 11.62 | 88.38 | 1.12 | 98.88 | 90.41 |



ภาพที่ 2.10 ทดสอบเครื่องคัดแยกผลอ่อนที่ไร่เกษตรกร บ้านป๊อก อ.แม่ฮอน จ.เชียงใหม่

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผลกาแฟ ประกอบด้วยแกนรีดผลกาแฟทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ยาว 460 มิลลิเมตร ติดรีวหรือครีบบำด้วยเหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 4 แนว ตามความยาวแกน แกนรีดผลกาแฟหมุนอยู่ในเสื้อตะแกรงทรงกระบอก ซึ่งทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตร โดยจัดวางเรียง 2 ลักษณะ คือ แบบแนวนอน และแบบแนวตั้ง เสื้อตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 128 มิลลิเมตร ช่องว่างระหว่างแกนรีดผลกาแฟกับเสื้อตะแกรงเท่ากับ 14 มิลลิเมตร ด้านนอกเสื้อตะแกรงมีท่อน้ำเจาะรูสำหรับการให้น้ำช่วยในการหล่อลื่น หลักการทำงานของเครื่องคือผลกาแฟสุกมีลักษณะนิ่มจะถูกแกนรีดผลกาแฟให้ลอดผ่านช่องตะแกรง ส่วนผลกาแฟอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านท้ายเครื่อง

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำงาน กลุ่มเกษตรกรแปรรูปกาแฟควรมีปริมาณการใช้เครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนไม่ต่ำกว่า 211,810.35 กิโลกรัมต่อปี เป็นเวลา 1.06 ปี จึงจะคุ้มทุน การคัดแยกผลอ่อนผลเขียวนอกจากทำให้ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ เครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผลกาแฟอาจนำไปใช้งานแทนเครื่องลอกเปลือกในการลอกเปลือกกาแฟได้ เมล็ดกาแฟสุกส่วนใหญ่ถูกปลิ้นออกจากเปลือก ทำให้เมล็ดแตงน้อย ได้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเมือกปนกับเปลือก แต่ต้องหาวิธีกำจัดแยกเปลือกออกจากผลผลิตเมล็ดกาแฟเมือกที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีเมล็ดกาแฟส่วนหนึ่งยังฝังอยู่ในเปลือกที่ฉีกขาดแล้ว การคัดแยกเปลือกด้วยตะแกรงโยก หรือตะแกรงกลมหมุนที่ใช้กันทั่วไป คัดแยกเมล็ดกาแฟส่วนนี้ไม่ออก ทำให้สูญเสียปะปนไปกับกับเปลือก

บทที่ 3

วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแพะราบิการะดับเกษตรกร

จิรวีสส์ เจียรตระกูล¹

ปรีชา อานันท์รัตนกุล¹

มานพ รักญาติ²

วิบูลย์ เทพนนท์¹

คำสำคัญ : เครื่องขัดล้างเมือกกาแพ, กาแพะราบิการ, เมล็ดกาแพะลา

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแพะราบิการ มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแพะราบิการให้เหมาะสมกับการใช้งานระดับเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็ก สำหรับใช้ในกระบวนการรูปผลสดกาแพะราบิการเพื่อผลิตเมล็ดกาแพะที่มีคุณภาพ สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ ต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแพะเป็นแบบแกนขัดเมือกแนวตั้งหมุนอยู่ภายในเสื้อตะแกรง มีส่วนควบคุมระดับการขัดเมือกโดยปรับความสูงของช่องทางออกของเมล็ด ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า จากผลการทดสอบได้เลือกแบบแกนขัด P22T6 หมุนที่ความเร็ว 4.99 เมตรต่อวินาที มีอัตราการทำงานในการขัดเมล็ดกะลาเมือก 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นผลสดประมาณ 1,300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 1.9 เปอร์เซ็นต์ ได้เมล็ดกาแพะลาที่สะอาดปราศจากเมือก สามารถนำไปตากได้ทันที

¹ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

² ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

Chapter 3

Research and Development of Arabica coffee De-mucilage Machine for Farmer Group

Jirawat Chiatrakul ¹ Preecha Ananrattanakul¹ Manop Rakyat ² Viboon Thepent¹

Keyword: Coffee de-mucilage machine, Arabica coffee, Parchment coffee

Abstract

The Objective was to development of the coffee de-mucilage machine prototype more efficient and suitable for farmer group level. Prototypes, vertical upward-flow type, were fabricated and tested. This prototype consisted of a stirrer rotating inside surrounding screen with adjustable outlet height control. The selected prototype type P22T6 with stirrer run at 4.99 m/s and be driven by 2-hp motor had a capacity of 701 kg/h mucilage parchment equivalent to around 1,300 kg/h fresh cherry, 1.9 percent of damage kernel and readily to sun drying.

¹ Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok.

² Agricultural Engineer Research Center Chiang Mai, Department of Agriculture, Muaeng, Mae Hea, Chiang Mai.

บทนำ

หลังจากทำการลอกเปลือกจะได้เมล็ดกาแฟเมือก เกษตรกรจะทำการหมักเมล็ดกาแฟเมือกในบ่อน้ำ เพื่อให้เมือกย่อยสลายโดยวิธีธรรมชาติ ใช้เวลา นาน 24 – 48 ชั่วโมง จากนั้นทำการล้างเมล็ดกาแฟกลาให้สะอาดแล้วนำไปตาก การขัดล้างเมือกด้วยเครื่องช่วยลดขั้นตอนและประหยัดเวลาการทำงานได้มาก เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟมีการผลิตจำหน่ายแต่ไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากทำให้เมล็ดกาแฟแตกเสียหายมาก

พุทธินันท์ (2546) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องลอกเมือกกาแฟอะราบิก้าพบว่า เครื่องมีความสามารถในการลอกเมือกเมล็ดกาแฟ 468 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (น้ำหนักเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก) ที่ความเร็วรอบของแกนเพลลา 750 รอบต่อนาที ใช้พลังงานไฟฟ้า 2.61 กิโลวัตต์ และปริมาณน้ำ 3.09×10^{-4} ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม ผลการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือกพบว่า มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่แตกหัก 5.90 เปอร์เซ็นต์ ของเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือก เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟที่ลอกเมือกได้หมด 98.20 เปอร์เซ็นต์ ของเมล็ดกาแฟหลังการลอกเมือกและไม่แตกหัก เศษตกค้างปะปนกับเมล็ดกาแฟที่ออกจากเครื่อง 1.97 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

พิมล และคณะ (2555) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟกะลาแบบหมุนในแนวตั้ง ตัวเครื่องประกอบด้วยซี่แกนหมุนและเสื่อตะแกรง แกนหมุนแบบแกนกลางติดซี่รอบแกนเป็นซี่กลวงให้น้ำไหลผ่านสลับกับซี่ตัน จำนวน 66 ซี่ แกนหมุนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ยาว 680 มิลลิเมตร ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า ผลการทดสอบพบว่า ความเร็วรอบหมุนแกนขัดล้างเมือกที่เหมาะสมที่ 580 รอบต่อนาที มีอัตราการทำงาน 898 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้ปริมาณน้ำ 3 ลิตรต่อกิโลกรัมกาแฟ สิ้นเปลืองพลังงาน 31 วัตต์ต่อกิโลกรัมกาแฟ

เครื่องลอกเมือกหรือเครื่องขัดล้างเมือกที่กล่าวมาเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพ แต่มีข้อจำกัดในการใช้งานต้องมีอัตราป้อนที่เหมาะสม และเนื่องจากมีอัตราการทำงานสูง ทำให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามาก รวมทั้งต้องใช้น้ำ ทำให้เครื่องมีราคาสูงขึ้น จึงไม่เหมาะกับการใช้งานระดับเกษตรกร

หลังจากขัดล้างเมือก เกษตรกรทำการตากเมล็ดกาแฟกะลาบนลาน หรือบนแคร่ยกพื้นใช้เวลา 10 - 15 วัน สำหรับการนำเครื่องลดความชื้นมาใช้ในระดับเกษตรกรไม่มีเหมาะสม เนื่องจากมีราคาสูงไม่คุ้มทุน

โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีการแปรรูปกาแฟ ที่ดำเนินการในช่วงปี พ.ศ. 2554 - 2557 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาเทคโนโลยีและเครื่องมือแปรรูปสดกาแฟที่เหมาะสมให้ได้สารกาแฟที่มีคุณภาพดี เป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับกลุ่มเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้อง ได้ต้นแบบเครื่องมือ อุปกรณ์ กระบวนการในการแปรรูปสดกาแฟ ซึ่งประกอบด้วย เครื่องลอกเปลือกสดผลกาแฟ และเครื่องขัดล้างเมือก เครื่องอบแห้งกาแฟกะลาพร้อมเตาที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเป็นต้นกำเนิดความร้อนที่นำไปอบแห้ง ที่เหมาะกับกลุ่มเกษตรกรขนาดใหญ่ มีปริมาณผลผลิตมาก มีความพร้อมทั้งด้านเงินทุน บุคลากร สถานที่ อยู่ใกล้แหล่งน้ำ และมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เพียงพอ

อย่างไรก็ตามยังมีเกษตรกรและกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟขนาดเล็กจำนวนมากที่ทำการแปรรูปสดอยู่ในปัจจุบัน การนำเครื่องจักรดังกล่าวข้างต้นมาใช้ไม่เหมาะสมเพราะราคาสูง ไม่คุ้มทุน และมีข้อจำกัดเรื่องแหล่งจ่ายไฟฟ้า เครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟที่ผลิตในประเทศเป็นเครื่องขนาดเล็ก ราคาถูก ที่นิยม

ใช้แพร่หลาย คือเครื่องลอกเปลือกสด สำหรับเครื่องขัดล้างเมื่อกกาแพมีการผลิตจำหน่ายแต่ไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากทำให้เมล็ดกกาแพแตกเสียหายมาก ดังนั้นการพัฒนาเครื่องให้เหมาะสมมีประสิทธิภาพและราคาถูก เกษตรกรสามารถลงทุนได้ ก็จะมีส่วนช่วยส่งเสริมให้มีการแปรรูปผลิตเมล็ดกกาแพที่มีคุณภาพโดยรวม และเป็น การเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือเครื่องจักรกลที่มีการผลิตและใช้ในต่างประเทศ ที่ช่วยลดต้นทุนการผลิต หรือช่วยเสริมในกระบวนการแปรรูปผลสดกกาแพเพื่อผลิตเมล็ดกกาแพคุณภาพ แต่ยังไม่มีการ นำเข้ามาใช้หรือศึกษา เช่น เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกกาแพ และ เครื่องคัดแยกกกาแพผลอ่อน/ผลเขียว เป็นต้น

วัตถุประสงค์

เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลสด กกาแพอะราบิกาให้มีประสิทธิภาพ ราคาถูก สามารถผลิตเมล็ดกกาแพที่มีคุณภาพ และเหมาะสมกับระดับ เกษตรกรที่ โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

- 1) วิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องขัดล้างเมื่อกกาแพอะราบิการะดับเกษตรกร

ระเบียบวิธีการวิจัย

ประเด็นวิจัย

การทดลองนี้คือการออกแบบสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงต้นแบบเครื่องขัดล้างเมื่อกกาแพอะราบิกา ให้เหมาะสมกับการใช้งานระดับเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็ก ที่สามารถใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่าย มีประสิทธิภาพ ราคาถูก ใช้แรงงานน้อย และจำกัดขนาดต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าไม่เกิน 2 แรงม้า มีความสามารถในการทำงานประมาณ 400 กิโลกรัมต่อชั่วโมง รวมทั้งมุ่งเน้นให้มีการใช้น้ำช่วยในกระบวนการ ผลิตน้อย ทำให้เครื่องสามารถใช้งานได้แม้ว่าสถานที่ตั้งจะมีแหล่งน้ำจำกัด

สถานที่ทำการวิจัย

กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ชุนวาง

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย

กลุ่มเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย

ระยะเวลาดำเนินงาน

เริ่มดำเนินการวิจัย ตุลาคม 2558 - กันยายน 2561

วิธีดำเนินการ

1) ออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องขัดล้างเมื่อกกาแพแบบแกนขัดหมุนในแนวตั้ง โดยบ่อนกกาแพเข้าทาง ด้านล่างและไหลออกทางด้านบน แกนขัดทำด้วยท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร ยาว 570 มิลลิเมตร และติดด้วยก้านกวนเมล็ดกกาแพรอบแกน ส่วนล่างของแกนขัดเป็นใบเกลียวทำหน้าที่ลำเลียงเมล็ด

กาแฟจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน แกนขัดหมุนอยู่ภายในเสื้อตะแกรงทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตร ทำด้วยแผ่นตะแกรงสแตนเลส ขนาดรู 2 x 20 มิลลิเมตร โดยจัดวางรูตะแกรงในแนวตั้ง มีท่อน้ำ เจาะรูติดกับผนังตะแกรงด้านบนสำหรับการให้น้ำช่วยในการขัดล้างเมือกโดยไม่ใช้ปั๊มน้ำ ความสูงของช่อง ทางออกของเมล็ดกาแฟที่ขัดล้างเมือกแล้วสามารถปรับระยะได้ ทำให้สามารถควบคุมระดับการขัดล้างเมือกได้

2) ทดสอบเบื้องต้น แก๊วข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ

3) ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องต้นแบบ วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการขัดล้างเมือก คุณภาพเมล็ดกาแฟกะลา ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน และปริมาณการใช้น้ำ โดย ทำการทดลองเปรียบเทียบปัจจัยศึกษาต่างๆ จำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่

ความเร็วของแกนขัด 3 ระดับ ระหว่าง 3 - 5 เมตรต่อวินาที

ความยาวก้านกวนเมล็ด 2 ขนาด คือ 17 และ 22 มิลลิเมตร

จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 และ 8 ก้านต่อแถว (ระยะระหว่างแถวก้านกวน 28 มิลลิเมตร)

ก้านกวนเมล็ดแบบเหล็กกลม และแบบเหล็กเหลี่ยม

ความสูงของช่องทางออกของเมล็ดกาแฟหลังขัดล้างเมือก

4) ปรับปรุงต้นแบบและทดสอบการใช้งานในพื้นที่เป้าหมาย โดยเลือกต้นแบบที่มีประสิทธิภาพโดย พิจารณาจากผลทดสอบมาทำการปรับปรุง และทดสอบการใช้งานระยะยาว

5) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

การบันทึกข้อมูล

น้ำหนักผลกาแฟสุกก่อนทำการลอกเปลือกด้วยเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด

เวลาที่ใช้ในลอกเปลือกด้วยเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด

น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาเมือก

น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาเมือกแตก

เวลาที่ใช้ในขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือก

น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาหลังการขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบ

คุณภาพและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาแตกหลังการขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบ

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบ

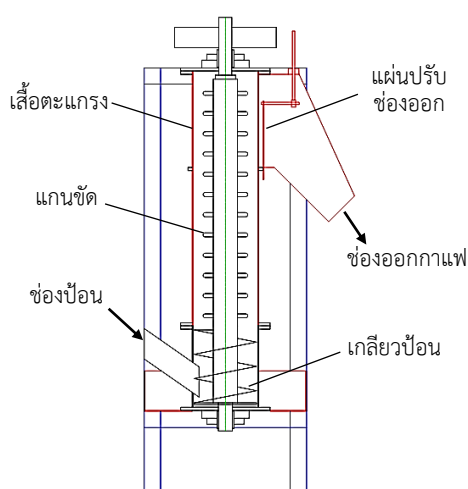
กระแสไฟฟ้าใช้ในการขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบ (แอมแปร์)

ความเร็วของแกนขัดล้างเมือกต้นแบบ (เมตรต่อวินาที)

ระดับความสูงของช่องทางออกของเมล็ดกาแฟที่ขัดล้างเมือกแล้ว (มิลลิเมตร)

ผลการทดลองและอภิปราย

ได้ดำเนินการออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องขจัดล้างเมือกกาแพให้มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานระดับเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็ก ทดสอบเบื้องต้น ปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องต้นแบบเครื่องขจัดล้างเมือกกาแพเป็นแบบแกนขัดหมุนในแนวตั้ง (ภาพที่ 3.1) โดยป้อนกาแพเข้าทางด้านล่างและไหลออกทางด้านบน แกนขัดทำด้วยท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร ยาว 570 มิลลิเมตร และติดด้วยก้านกวนเมธิลกาแพรอบแกน ส่วนล่างของแกนขัดเป็นใบเกลียวทำหน้าที่ลำเลียงเมธิลกาแพจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน แกนขัดหมุนอยู่ในเสื้อตะแกรงทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตร ทำด้วยแผ่นตะแกรงสแตนเลส ขนาดรู 2 x 20 มิลลิเมตร โดยจัดวางรูตะแกรงในแนวตั้ง มีที่อน้ำเจาะรูติดกับผนังตะแกรงด้านนอก สำหรับการให้น้ำช่วยในการขจัดล้างเมือกโดยไม่ใช้ปั๊มน้ำ ความสูงของช่องทางออกของเมธิลกาแพที่ขจัดล้างเมือกแล้วสามารถปรับระยะได้ระหว่าง 40 -140 มิลลิเมตร ทำให้สามารถควบคุมระดับการขจัดล้างเมือกได้



ภาพที่ 3.1 ต้นแบบเครื่องขจัดล้างเมือกกาแพ

แกนขัดล้างเมือกที่สร้างมาเพื่อใช้ศึกษาทดสอบเบื้องต้นมี 5 แบบ (ภาพที่ 3.2) แตกต่างกันในลักษณะก้านกวนของแกนขัด เช่น ก้านกวนแบบเหล็กกลม และแบบเหล็กเหลี่ยม จำนวนก้านกวนเมธิล 6 และ 8 ก้านต่อแถว (ระยะระหว่างแถวก้านกวน 28 มิลลิเมตร) และความยาวก้านกวนเมธิล 2 ขนาด คือ 17 และ 22 มิลลิเมตร รายละเอียดของแกนขัดแบบต่างๆดังแสดงในตารางที่ 3.1



ภาพที่ 3.2 แกนขัดแบบต่างๆ ของต้นแบบเครื่องขจัดล้างเมือกกาแพที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดแกนขัดล้างเมือกกาแฟแบบต่างๆ

| รายการ | แบบแกนขัด | | | | |
|---------------------------------|-----------|-------|-------|-------|----------|
| | P17T6 | P17T8 | P22T6 | P22T8 | P22T8(S) |
| เส้นผ่านศูนย์กลางล้อตะแกรง (MM) | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| เส้นผ่านศูนย์กลางแกนขัด (MM) | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 |
| ความยาวแกนขัด (MM) | 570 | 570 | 570 | 570 | 570 |
| ความยาวก้านกวน (MM) | 17 | 17 | 22 | 22 | 22 |
| ระยะก้านกวน-ตะแกรง (MM) | 21 | 21 | 16 | 16 | 16 |
| ระยะแกนขัด-ตะแกรง (MM) | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 |
| จำนวนก้านกวนต่อแถว | 6 | 8 | 6 | 8 | 8 |

การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟเบื้องต้นใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยต่อตรงเข้ากับเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ซึ่งเป็นเครื่องที่ผลิตในประเทศและเกษตรกรใช้ทั่วไป และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ผลผลิตเมล็ดกาแฟเมือกจากเครื่องลอกเปลือกไหลเข้าเครื่องต้นแบบโดยตรงเพื่อทำการขัดล้างเมือก (ภาพที่ 3.3) พบว่า สามารถทำการปรับความสูงของช่องทางออกของเมล็ดจนได้เมล็ดกาแฟกลาที่สะอาดได้ และทำงานได้ทันกับการทำงานของเครื่องลอกเปลือก ซึ่งมีอัตราการทำงาน 500 - 700 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับขนาดของเมล็ดกาแฟ) ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการขัดล้างเมือกขึ้นอยู่กับอัตราการป้อน ความสูงของช่องทางออก แบบและความเร็วของแกนขัด อัตราการทำงานของเครื่องลอกเปลือกเปลี่ยนแปลงไปทั้งที่ไม่มีการปรับเครื่อง โดยการขัดเมือกกาแฟผลใหญ่มีอัตราการทำงานช้ากว่ากาแฟผลเล็ก ก้านกวนแบบเหล็กเหลี่ยมพบว่าเมล็ดกาแฟยังคงมีเมือกหลงเหลืออยู่ และมีเมล็ดกาแฟแตกหักเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีสาเหตุมาจากความคมของเหลี่ยมที่ก้านขัด ดังนั้นจึงเลือกก้านกวนแบบกลมในการพัฒนาและทดสอบ



ภาพที่ 3.3 การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟเบื้องต้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแพะราบิก้า ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแพบ้านแม่แจ่ม อ.เมืองปาน จ.ลำปาง (ภาพที่ 3.4) โดยเลือกใช้ก้านกวนแบบกลมมีผลการทดสอบดังนี้

แบบแกน P17T6 ที่ความเร็วแกนขัด 4.45 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 848.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 5.53 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 4.67 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 768.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 1.78 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 5.19 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 779.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 3.23 เปอร์เซ็นต์

แบบแกน P17T8 ที่ความเร็วแกนขัด 4.45 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 719.58 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 2.92% ความเร็วแกนขัด 4.67 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 776.03 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 3.52 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 5.19 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 751.17 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 4.93%

แบบแกน P22T6 ที่ความเร็วแกนขัด 4.66 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 807.01 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 3.95 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 842.84 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 1.23 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 5.24 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 838.47 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 2.75 เปอร์เซ็นต์

แบบแกน P22T8 ที่ความเร็วแกนขัด 4.66 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 852.41 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 1.63 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 851.86 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 4.95 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 5.24 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 844.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 3.96% ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบเครื่องขัดล้างเมือกกาแพะราบิก้า ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแพบ้านแม่แจ่ม อ.เมืองปาน จ.ลำปาง

| แบบแกนขัด | ความเร็วแกนขัด (m/s) | ความสามารถเฉลี่ย (กก./ชม.) | % เฉลี่ย เมล็ดตกหลังขัดเมือก |
|-----------|----------------------|----------------------------|------------------------------|
| P17T6 | 4.45 | 848.39 | 5.53 |
| P17T6 | 4.67 | 768.88 | 1.78 |
| P17T6 | 5.19 | 779.62 | 3.23 |
| P17T8 | 4.45 | 719.58 | 2.92 |

| | | | |
|-------|------|--------|------|
| P17T8 | 4.67 | 776.03 | 3.52 |
| P17T8 | 5.19 | 751.17 | 4.93 |
| P22T6 | 4.66 | 807.01 | 3.95 |
| P22T6 | 4.99 | 842.84 | 1.23 |
| P22T6 | 5.24 | 838.47 | 2.75 |
| P22T8 | 4.66 | 852.41 | 1.63 |
| P22T8 | 4.99 | 851.86 | 4.95 |
| P22T8 | 5.24 | 844.91 | 3.96 |

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องขุดล้างเมือกกาแพะราบีก้าทั้ง 4 แบบ แบบแกนที่ 3 (P22T6) ที่ความเร็วแกนขุด 4.99 เมตรต่อวินาที ให้ผลทดสอบดีกว่าแบบแกนอื่นๆ มีเปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขุดเมือก 1.23 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 842.84 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 3.4 ทดสอบต้นแบบเครื่องขุดล้างเมือกกาแพะราบีก้า ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแพบ้านแม่แจ่ม อ.เมืองปาน จ.ลำปาง

จากผลการทดสอบเครื่องฯ ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแพบ้านแม่แจ่ม อ.เมืองปาน จ.ลำปาง จึงเลือกใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขุด 4.99 เมตรต่อวินาที ที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดที่สุดมาทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ที่ไร้เกษตรกร บ้านป้อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ (ภาพที่ 3.5) ผลการทดสอบพบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 701 กิโลกรัม/ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหลังขุดเมือก 1.90

เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบดังตารางที่ 3.3 และได้เมล็ดกะลาเมือกแห้งที่ได้จากการทดสอบต้นแบบเครื่องขั้ด
ล้างเมือกกาแฟดังแสดงในภาพที่ 3.6

ตารางที่ 3.3 ผลการทดสอบเครื่องขั้ดล้างเมือกกาแฟอะราบิกา โดยใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขั้ด
4.99 เมตรต่อวินาที สถานที่ทดสอบ ไร่เกษตรบ้านป้อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่

| ซ้ำที่ | ความสามารถในการทำงาน (กก./ชม.) | เมล็ดตกหลังขั้ดเมือก (%) |
|--------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 925 | 2.20 |
| 2 | 569 | 1.20 |
| 3 | 570 | 1.70 |
| 4 | 660 | 0.50 |
| 5 | 780 | 3.90 |
| เฉลี่ย | 701 | 1.90 |



ภาพที่ 3.5 ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องขั้ดล้างเมือกกาแฟอะราบิกา
ที่ไร่เกษตรกร บ้านป้อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่



ภาพที่ 3.6 เมล็ดกาแฟที่ผ่านการทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมื่อกาแฟ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมื่อกาแฟอะราบิก้า จำนวน 4 แบบ ได้แก่ แบบแกนที่ 1 (P17T6) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 17 มิลลิเมตร จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 ก้าน แบบแกนที่ 2 (P17T8) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 17 มิลลิเมตร จำนวนก้านกวนเมล็ด 8 ก้านทดสอบที่ แบบแกนที่ 3 (P22T6) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 22 มิลลิเมตร จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 ก้านทดสอบ และแบบแกนที่ 4 (P22T8) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 22 มิลลิเมตร จำนวนก้านกวนเมล็ด 8 ก้านทดสอบ ที่ความเร็วแกนขัดระหว่าง 4.45-5.24 เมตรต่อวินาที พบว่า แบบแกนที่ 3 (P22T6) ที่ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมื่อก 1.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าแกนขัดแบบอื่นๆ (ทั้งนี้ความสามารถในการทำงานและเปอร์เซ็นต์แตกขึ้นอยู่กับขนาดของเมล็ดกาแฟด้วย) ซึ่งทำงานได้ทันกับการทำงานของเครื่องลอกเปลือก ซึ่งมีอัตราการทำงาน 500 - 700 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง ได้เมล็ดกาแฟสะอาด สามารถนำไปตากได้ทันที ช่วยลดขั้นตอน ประหยัดแรงงานและเวลาในการกำจัดเมื่อกโดยวิธีหมักตามธรรมชาติในบ่อหมักซึ่งใช้เวลานาน ทำให้ลดต้นทุนการผลิตได้ การแตกหักของเมล็ดกาแฟส่วนมากเกิดขึ้นในขั้นตอนการลอกเปลือกด้วยเครื่องสีเปลือกสด มากกว่าในขั้นตอนขัดล้างเมื่อกด้วยเครื่อง มีสาเหตุมาจากการปรับตั้งระยะของเครื่องลอกเปลือกกาแฟไม่เหมาะสมกับขนาดของผลกาแฟ จากการสังเกตกาแฟผลใหญ่จะมีปริมาณเมล็ดแตกในขั้นตอนนี้สูงกว่ากาแฟผลเล็ก รวมทั้งมีอัตราการทำงานต่ำกว่ากาแฟผลเล็ก ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการขัดเมื่อกของเครื่องขัดล้างเมื่อกด้วย ดังนั้นจึงควรมีคัดขนาดของผลกาแฟก่อนการลอกเปลือก และทำการปรับตั้งระยะของเครื่องลอกเปลือกให้เหมาะสม รวมทั้งมีการจัดการคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่ดี เช่น การเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่สุกแก่สม่ำเสมอ การลอยน้ำผลกาแฟ เป็นต้น จากการศึกษาวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำงาน กลุ่มเกษตรกรแปรรูปกาแฟควรมีปริมาณการขัดล้างเมื่อกาแฟไม่ต่ำกว่า 134,550 กิโลกรัมต่อปี เป็นเวลา 1.05 ปีจึงจะคุ้มทุน การใช้งานเครื่องขัดล้างเมื่อกสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้โดยเพิ่มชั่วโมงการทำงาน ขณะที่วิธีหมักไม่สามารถกระทำได้อีกหากบ่อหมักมีจำนวนจำกัด

บทที่ 4

วิจัยและพัฒนาชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกา

ระดับเกษตรกร

จิรวีส์ส เจียตระกูล¹

ปรีชา อานันท์รัตนกุล¹

มานพ รักญาติ²

อนุชิต ฉ่ำสิงห์¹

คำสำคัญ: อะราบิกา, กาแฟผลสด, แปรรูปผลสดกาแฟ

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกาให้มีประสิทธิภาพ ราคาถูก สามารถผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับระดับเกษตรกร ประกอบด้วยเครื่องคัดผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดกะลาเมือก และเครื่องขัดเมือกทำการต่อโดยใช้รางให้สามารถแปรรูปได้อย่างต่อเนื่อง ผลการทดสอบพบว่า มีความสามารถทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขัดเมือก 2.63 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลูกบาศก์ต่อชั่วโมง

¹ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

² ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

Chapter 4

Research and development of fresh fruit Arabica coffee processing machinery

Jirawat Chiatrakul¹

Preecha Ananrattanakul¹

Manop Rakyat²

Anuchit Chamsing¹

Keywords: Arabica, coffee cherry, coffee wet processing

Abstact

The objective of this experiment is to research and develop prototype machine for post-harvest and processing fresh Arabica coffee to be more efficient, cheap, able to produce good quality coffee beans and suitable for farmers. The processing machinery consisting of Green coffee separator, pulping machine, coffee bean cleaning machine, and de-mucilage machine. Test results showed that the average work rate was 802.65 kilograms of fresh fruit per hour. The fracture of coffee bean after de-mucilage is 2.63%, the average water consumption is 1.65 cubic meters / hour.

¹ Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok.

² Agricultural Engineer Research Center Chiang Mai, Department of Agriculture, Mae Hea, Mueang, Chiang Mai.

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ปลูกกาแฟและผลิตกาแฟที่สำคัญประเทศหนึ่งของโลก ปัจจุบันมีเนื้อที่ปลูกกาแฟ 253,054 ไร่ ผลผลิต 25,909 ตันต่อปี แต่ผลผลิตไม่เพียงพอต่อการบริโภคและแปรรูปในประเทศ จึงต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ ปี 2560 นำเข้ากาแฟมูลค่า 4,772 ล้านบาท (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560ข) สาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกาแฟจำกัดและขาดเครื่องจักรกลที่ทันสมัยในการผลิต

กาแฟที่ปลูกกันอยู่ในประเทศไทย มี 2 พันธุ์ คือ 1) กาแฟพันธุ์โรบัสต้า เจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่ราบ พื้นที่ปลูกที่เหมาะสมอยู่ทางภาคใต้ บริเวณจังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ นครศรีธรรมราช และพังงา 2) กาแฟพันธุ์อะราบิกา เจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่สูง พื้นที่ปลูกที่เหมาะสมคือ ภูเขาสูงทางภาคเหนือในจังหวัดเชียงราย แพร่ และน่าน ฯลฯ การผลิตกาแฟของไทยร้อยละ 98 เป็นพันธุ์โรบัสต้า มีเพียงร้อยละ 2 เป็นพันธุ์อะราบิกา ทั้งนี้ไทยผลิตกาแฟโรบัสต้าได้ปีละประมาณ 75,000 – 85,000 ตัน ในจำนวนนี้ใช้บริโภคภายในประเทศร้อยละ 30 ส่งออกร้อยละ 70 อย่างไรก็ตามปริมาณความต้องการใช้เมล็ดกาแฟสำหรับอุตสาหกรรมกาแฟสำเร็จรูป และกาแฟคั่วบดภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจาก 70,000 ตัน ในปี 2556 เป็น 90,000 ตันในปี 2560 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560ก) โดยเฉพาะในปัจจุบันธุรกิจร้านกาแฟสด เติบโตและขยายตัวอย่างรวดเร็วเชื่อว่าปริมาณความต้องการผลผลิตกาแฟภายในประเทศมีเพิ่มมากขึ้น

กรรมวิธีการผลิตสารกาแฟมี 2 วิธีคือ **วิธีแห้ง** (Dry Method or Natural Method) ใช้กับกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้า เป็นวิธีการทำสารกาแฟที่ง่าย มีขั้นตอนน้อย ประหยัดแรงงานและไม่ต้องการเครื่องมือที่ซับซ้อน โดยการนำผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้มาตากแดดทิ้งผล ประมาณ 15-20 วัน จนผลกาแฟแห้ง หลังจากนั้นจึงนำผลกาแฟแห้งเข้าเครื่องสีกะเทาะเมล็ด (huller) ได้สารกาแฟที่ต้องการ **วิธีเปียก** (Wet Method or Parchment Method) เป็นวิธีที่นิยมในการผลิตสารกาแฟอะราบิกา เพราะสามารถผลิตสารกาแฟที่มีกลิ่นและรสชาติดีกว่าวิธีแห้ง แต่ต้องการแรงงานมากกว่า มีขั้นตอนดังนี้ นำผลกาแฟสุกที่เก็บเกี่ยวได้แช่น้ำ เพื่อแยกผลกาแฟที่ผลลอยน้ำออกจากผลกาแฟที่ติด ทำการลอกเปลือกผลกาแฟ (pulping) โดยใช้เครื่องลอกเปลือกบีบให้เปลือกนอกของผลหลุดออกมา กาแฟที่ลอกเปลือกแล้วจะยังมีเมือกห่อหุ้มเมล็ดกาแฟ ซึ่งจำเป็นต้องลอกออกมิฉะนั้นจะเกิดการหมัก โดยการลอกออกด้วยเครื่องขัดเมือก หรือโดยหมักในบ่อให้เมือกหลุดออก ก่อนนำไปทำให้แห้งได้กาแฟกะลาแห้ง แล้วจึงนำกาแฟกะลาแห้งไปเข้าเครื่องสีกะเทาะเมล็ด ได้สารกาแฟที่ต้องการ

อย่างไรก็ตามยังมีเกษตรกรและกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟขนาดเล็กจำนวนมากที่ทำการแปรรูปสดอยู่ในปัจจุบัน การนำเครื่องจักรดังกล่าวข้างต้นมาใช้ไม่เหมาะสมเพราะราคาสูง ไม่คุ้มทุน และมีข้อจำกัดเรื่องแหล่งจ่ายไฟฟ้า เครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟที่ผลิตในประเทศเป็นเครื่องขนาดเล็ก ราคาถูก ที่นิยมใช้แพร่หลาย คือเครื่องลอกเปลือกสด สำหรับเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟมีการผลิตจำหน่ายแต่ไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากทำให้เมล็ดกาแฟแตกเสียหายมาก ดังนั้นการพัฒนาเครื่องให้เหมาะสมมีประสิทธิภาพและราคาถูก เกษตรกรสามารถลงทุนได้ ก็จะมีส่วนช่วยส่งเสริมให้มีการแปรรูปผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพโดยรวม และเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร

ระเบียบวิธีวิจัย

การทดสอบและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการแปรรูปผลสดกาแฟอาราบิการะดับเกษตรกรเป็นการนำเครื่องจักรกลที่เกษตรกรใช้อยู่คือ เครื่องลอกเปลือกผลสด และต้นแบบเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปสดกาแฟที่วิจัยสำเร็จในโครงการนี้ คือเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อน และ เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ รวมทั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมที่จำเป็นในการผลิตกาแฟคุณภาพ มาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้ใช้งานได้สะดวกแบบต่อเนื่องและลดแรงงาน

- ระยะเวลา เริ่มดำเนินการวิจัย ตุลาคม 2560 - กันยายน 2562
- สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล
 - กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
 - ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ชุนวาง
- สิ่งที่ใช้ในการทดลอง
 - วัสดุสำหรับสร้างต้นแบบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟ
 - เครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด ขนาด 400 -500 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง
 - ต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อน และ ต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ
 - ผลกาแฟสด
 - เครื่องวัดความเร็วรอบ
 - นาฬิกาจับเวลา
 - เครื่องชั่ง
 - เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า
- วิธีปฏิบัติการทดลอง

1) ออกแบบสร้างต้นแบบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟ มีส่วนประกอบดังนี้

- เครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนต้นแบบจากการทดลองที่ 2 ใช้คัดแยกผลกาแฟอ่อนออกจากกาแฟสุก
- เครื่องลอกเปลือกผลสด โดยเลือกใช้เครื่องที่ผลิตในประเทศที่มีประสิทธิภาพ และเกษตรกรนิยมใช้ (โรงงานเพชรศรี จังหวัดชุมพร) ใช้ลอกเปลือกผลสด ได้เมล็ดกะลาเมือก ส่วนเปลือกถูกแยกออกไป
- เครื่องคัดแยกเมล็ดกะลาเมือก ออกแบบให้มีขนาดเหมาะสม เป็นแบบทรงกระบอกหมุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 380 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 800 มิลลิเมตร ทำด้วยเหล็กแผ่นตะแกรง ขนาดรู 8 x 20 มิลลิเมตร ใช้สำหรับคัดแยกกาแฟหลังจากผ่านเครื่องลอกเปลือก เพื่อคัดแยกผลที่ไม่ถูกลอกเปลือกและเปลือกบางส่วน ออกไปจากเมล็ดกะลาเมือก ซึ่งเมล็ดกะลาเมือกจะไหลลงสู่เครื่องขัดล้างเมือกต่อไป
- เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ต้นแบบจากการทดลองที่ 3 ได้เมล็ดกะลาขึ้นที่พร้อมนำไปตากแห้ง
- ออกแบบสร้างโครงสร้างสำหรับยึดประกอบเครื่อง

2) ติดตั้งต้นแบบทดสอบการใช้งานบันทึกข้อมูล คุณภาพของเมล็ดกาแฟ ความสามารถในการทำงาน ปริมาณการใช้น้ำ และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน

3) ปรับปรุงแก้ไขทดสอบการใช้งานในพื้นที่ และทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเปรียบเทียบกับวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ

4) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

- การบันทึกข้อมูล

- น้ำหนักและคุณภาพของผลกาแฟสุก
- เวลาที่ใช้ในการแปรรูปด้วยต้นแบบชุดเครื่องจักรกลแปรรูปผลสดกาแฟระดับเกษตรกร
- น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาเมื่อแยกตากหลังการลอกเปลือก
- น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาหลังการขัดล้างเมือก
- คุณภาพและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาแยกตากหลังการขัดล้างเมือก
- ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปด้วยต้นแบบ
- กระแสไฟฟ้าใช้ในกระบวนการแปรรูปด้วยต้นแบบ (แอมแปร์)
- ค่าใช้จ่ายในการแปรรูปกาแฟผลสดตามวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติและการแปรรูปด้วยต้นแบบ
- คุณภาพเมล็ดกาแฟจากการแปรรูปกาแฟผลสดตามวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติและการแปรรูปด้วยต้นแบบ

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ปี 2561 ได้ทำการสร้างชุดเครื่องจักรกลแปรรูปกาแฟ ซึ่งได้แก่ เครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟเมือก เครื่องคัดผลอ่อน/ผลเขียว เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกา และได้นำไปติดตั้งที่ไร่กาแฟเกษตรกร อ.แม่ฮ่อม จ.เชียงใหม่ และทดสอบการใช้งานเบื้องต้น

ต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน เสื่อตะแกรงเป็นแบบแนวนอน แขนคัดไม่มีฟัน และไม่มีเกลียวกันท้าย ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที (ใช้มุมเลย์ตัวขับ 3.5 นิ้ว ตัวตาม 10 นิ้ว) ที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดมาทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ที่ไร่เกษตรกร บ้านปือก อ.แม่ฮ่อม

จ.เชียงใหม่ ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการใช้งานเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน โดยใช้แบบแกนที่ 5 ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตร/วินาที สถานที่ทดสอบ ไร่เกษตรกรบ้านปือก อ.แม่ฮ่อม จ.เชียงใหม่

| ซ้ำที่ | ความสามารถ (กก./ชม) | สุ่มก่อนคัด | | สุ่มหลังคัด | | ผลอ่อนที่คัด ได้ (%) |
|--------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|
| | | ปริมาณผล อ่อน (%) | ปริมาณผล แดง (%) | ปริมาณผล อ่อน (%) | ปริมาณผล แดง (%) | |
| 1 | 1279.6 | 11.96 | 88.04 | 0.56 | 99.44 | 95.32 |

| | | | | | | |
|---------------|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 2 | 1245.88 | 11.42 | 88.58 | 0.98 | 99.02 | 91.42 |
| 3 | 1260.00 | 12.05 | 87.95 | 1.75 | 98.25 | 85.48 |
| 4 | 1210.30 | 11.00 | 89.00 | 1.05 | 98.95 | 90.45 |
| 5 | 1235.77 | 11.69 | 88.31 | 1.24 | 98.76 | 89.39 |
| เฉลี่ย | 1246.31 | 11.62 | 88.38 | 1.12 | 98.88 | 90.41 |

ผลการทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนที่ไร่เกษตรกร บ้านป๊อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ จำนวน 5 ซ้ำ ผลการทดสอบเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1246.31 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เครื่องสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.41 เปอร์เซ็นต์

เครื่องขั้ดล้างเมือกกาแฟอะราบิก้า โดยเลือกใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขั้ด 4.99 เมตรต่อวินาที ที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดมาทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ที่ไร่เกษตรกร บ้านป๊อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบเครื่องขั้ดล้างเมือกกาแฟอะราบิก้า โดยใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขั้ด 4.99 เมตร/วินาที สถานที่ทดสอบ ไร่เกษตรบ้านป๊อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่

| ซ้ำที่ | ความสามารถ (กก./ชม.) | ปริมาณเมล็ดแตกหลังขั้ดเมือก (%) |
|---------------|-------------------------|------------------------------------|
| 1 | 925 | 2.20 |
| 2 | 569 | 1.20 |
| 3 | 570 | 6.60 |
| 4 | 660 | 0.50 |
| 5 | 780 | 3.90 |
| เฉลี่ย | 701 | 2.88 |

ผลการทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องขั้ดล้างเมือกกาแฟอะราบิก้า ที่ไร่เกษตรกร บ้านป๊อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ ทดสอบจำนวน 5 ซ้ำ โดยใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขั้ด 4.99 เมตรต่อวินาที ผลการทดสอบเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหลังขั้ดเมือก 2.88 เปอร์เซ็นต์

ไตรมาส 2 ปี 2562 ได้ทำการทดสอบเก็บข้อมูลชุดเครื่องจักรกลแปรรูปกาแฟอะราบิก้าเพิ่มเติมโดยได้ทำการทดสอบที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวง (ขุนวาง) ชุดเครื่องจักรกลแปรรูปที่ติดตั้ง ประกอบด้วยเครื่องคัดแยกผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟเมือก เครื่องขั้ดล้างเมือกกาแฟ ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ ครั้งละ 80 กิโลกรัมผลสด แต่ระหว่างทดสอบประสบปัญหาการติดขัดของเครื่องคัดผลกาแฟอ่อน จึงทำการตัดเครื่องคัดกาแฟผลอ่อนออก คงเหลือ เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟเมือก เครื่องขั้ดล้างเมือกกาแฟ ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบชุดเครื่องจักรกลแปรรูปกาแฟผลสด

| ครั้งที่ | นน.ผล | เวลา | อัตราการ | ปริมาณเมล็ด | ปริมาณเมล็ด | ปริมาณ | กระแส |
|----------|-------|------|----------|-------------|-------------|--------|-------|
|----------|-------|------|----------|-------------|-------------|--------|-------|

| | กาแฟ | (วินาที) | ทำงาน (กก./ชม.) | แตกหักหลัง ลอกเปลือก (%) | แตกหักหลัง ขัดเปลือก(%) | น้ำ (ลบ.ม./ ชม.) | ไฟฟ้า (แอมแปร์) |
|--------|------|----------|--------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------|
| 1 | 80 | 355 | 811.27 | 0.43 | 2.82 | 1.63 | 10.5 |
| 2 | 80 | 345 | 834.78 | 1.04 | 3.11 | 1.67 | 11.3 |
| 3 | 80 | 378 | 761.9 | 1.01 | 1.96 | 1.64 | 10.1 |
| เฉลี่ย | | | 802.65 | 0.83 | 2.63 | 1.65 | 10.6 |

ผลการทดสอบชุดเครื่องจักรมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขัดเปลือก 2.63 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกาประกอบด้วยเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกกะลาเมือก และเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ผลการทดสอบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกา โดยเครื่องลอกเปลือกผลสดแบบ TLP ที่มีอัตราการทำงานประมาณ 400-450 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง เครื่องคัดผลอ่อนมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1246.31 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เครื่องสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.41 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่สามารถใช้เครื่องขัดเมือกได้ เนื่องจากปริมาณเมล็ดกะลาเมือก ไม่พอเพียงพอต่อการทำงานของเครื่อง

การทดสอบโดยใช้เครื่องลอกเปลือกผลสดแบบ wassun ที่มีอัตราการทำงานประมาณ 700-750 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง พบว่า เครื่องคัดผลอ่อนติดขัดทำให้ไม่สามารถทดสอบเครื่องจักรทั้งชุด 4 เครื่องได้ จึงทำการลดการทดสอบลงเหลือเพียงชุดเครื่องจักรกลกาแฟ 3 เครื่องคือ เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกเมล็ดกะลาเมือก และเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ผลการทดสอบพบว่า มีความสามารถทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขัดเมือก 2.63 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกาประกอบด้วยเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกกะลาเมือก และเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ผลการทดสอบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกา โดยเครื่องลอกเปลือกผลสดแบบ TLP ที่มีอัตราการทำงานประมาณ 400-450 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง เครื่องคัดผลอ่อนมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1246.31 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เครื่องสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.41 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่สามารถใช้เครื่องขัดเมือกได้ เนื่องจากปริมาณเมล็ดกะลาเมือก ไม่พอเพียงพอต่อการทำงานของเครื่อง

การทดสอบโดยใช้เครื่องลอกเปลือกผลสดแบบ wassun ที่มีอัตราการทำงานประมาณ 700-750 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมงพบว่าเครื่องคัดผลอ่อนติดขัดทำให้ไม่สามารถทดสอบเครื่องจักรทั้งชุด 4 เครื่องได้ จึงทำการลดการทดสอบลงเหลือเพียงชุดเครื่องจักรกลกาแฟ 3 เครื่องคือ เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกเมล็ดกะลาเมือก และเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ผลการทดสอบพบว่า มีความสามารถทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขัดเมือก 2.63 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ได้ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแพโดยวิธีรูดที่ออกแบบพัฒนาขึ้น ตัวเครื่องประกอบด้วยก้านรูดผลกาแพ 2 ก้าน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างติดเส้นลวด 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแพออกจากต้น ก้านรูดผลกาแพทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อนาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟือง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดรีวพลาสติกเพื่อป้องกันผลกาแพกระเด็นออกที่รองรับ

เครื่องคัดแยกผลกาแพอ่อนแบบรีดผลกาแพ ประกอบด้วยแกนรีดผลกาแพทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ยาว 460 มิลลิเมตร ติดรีวหรือครีบทำด้วยเหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 4 แนว ตามความยาวแกน แกนรีดผลกาแพหมุนอยู่ในเสื้อตะแกรงทรงกระบอก ซึ่งทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตร โดยจัดวางเรียง 2 ลักษณะคือ แบบแนวนอน และแบบแนวตั้ง เสื้อตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 128 มิลลิเมตร ช่องว่างระหว่างแกนรีดผลกาแพกับเสื้อตะแกรงเท่ากับ 14 มิลลิเมตร ด้านนอกเสื้อตะแกรงมีท่อน้ำเจาะรูสำหรับการให้น้ำช่วยในการหล่อลื่น หลักการทำงานของเครื่องคือผลกาแพสุกมีลักษณะนิ่มจะถูกแกนรีดผลกาแพให้ลอดผ่านช่องตะแกรง ส่วนผลกาแพอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านท้ายเครื่อง

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำงาน กลุ่มเกษตรกรแปรรูปกาแพควรมีปริมาณการใช้เครื่องคัดแยกกาแพผลอ่อนไม่ต่ำกว่า 211,810.35 กิโลกรัม/ปี เป็นเวลา 1.06 ปีจึงจะคุ้มทุน การคัดแยกผลอ่อนผลเขียวนอกจากทำให้ได้เมล็ดกาแพที่มีคุณภาพ เครื่องคัดแยกผลกาแพอ่อนแบบรีดผลกาแพอาจนำไปใช้งานแทนเครื่องลอกเปลือกในการลอกเปลือกกาแพได้ เมล็ดกาแพสุกส่วนใหญ่ถูกปลี่ยนออกจากเปลือก ทำให้เมล็ดแตกน้อย ได้ผลผลิตเมล็ดกาแพเมื่อกบกับเปลือก แต่ต้องหาวิธีกำจัดแยกเปลือกออกจากผลผลิตเมล็ดกาแพเมื่อกที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีเมล็ดกาแพส่วนหนึ่งยังฝังอยู่ในเปลือกที่ฉีกขาดแล้ว การคัดแยกเปลือกด้วยตะแกรงโยก หรือตะแกรงกลมหมุนที่ใช้กันทั่วไป คัดแยกเมล็ดกาแพส่วนนี้ไม่ออกทำให้สูญเสียปะปนไปกับกับเปลือก

การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมื่อกกาแพอะราบิก้า จำนวน 4 แบบ ได้แก่ แบบแกนที่ 1 (P17T6) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 17 มม. จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 ก้าน แบบแกนที่ 2 (P17T8) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 17 มม. จำนวนก้านกวนเมล็ด 8 ก้านทดสอบที่ แบบแกนที่ 3 (P22T6) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 22 มม. จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 ก้านทดสอบ และแบบแกนที่ 4 (P22T8) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 22 มม.จำนวนก้านกวนเมล็ด 8 ก้านทดสอบ ที่ความเร็วแกนขัดระหว่าง 4.45-5.24

เมตร/วินาที พบว่า แบบแกนที่ 3 (P22T6) ที่ความเร็วแกนชัด 4.99 m/s มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 1.9% ซึ่งน้อยกว่าแกนชัดแบบอื่นๆ (ทั้งนี้ ความสามารถในการทำงานและเปอร์เซ็นต์แตกขึ้นอยู่กับขนาดของเมล็ดกาแฟด้วย) ซึ่งทำงานได้ทันกับการทำงานของเครื่องลอกเปลือก ซึ่งมีอัตราการทำงาน 500 - 700 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง ได้เมล็ดกาแฟกะลาที่สะอาด สามารถนำไปตากได้ทันที ช่วยลดขั้นตอน ประหยัดแรงงานและเวลาในการกำจัดเมือกเมื่อเทียบกับวิธีหมักตามธรรมชาติในบ่อหมักซึ่งใช้เวลานาน

ชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกาประกอบด้วยเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกกะลาเมือก และเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ผลการทดสอบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกา โดยเครื่องลอกเปลือกผลสดแบบ TLP ที่มีอัตราการทำงานประมาณ 400-450 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง เครื่องคัดผลอ่อนมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1246.31 กิโลกรัม/ชั่วโมง เครื่องสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.41% แต่ไม่สามารถใช้เครื่องขัดเมือกได้เนื่องจากปริมาณเมล็ดกะลาเมือก ไม่พอเพียงต่อการทำงานของเครื่อง

การทดสอบโดยใช้เครื่องลอกเปลือกผลสดแบบ wassun ที่มีอัตราการทำงานประมาณ 700-750 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมงพบว่าเครื่องคัดผลอ่อนติดขัดทำให้ไม่สามารถทดสอบเครื่องจักรทั้งชุด 4 เครื่องได้ จึงทำการลดการทดสอบลงเหลือเพียงชุดเครื่องจักรกลกาแฟ 3 เครื่องคือ เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกเมล็ดกะลาเมือก และเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ผลการทดสอบพบว่า มีความสามารถทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขัดเมือก 2.63 % ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลบ.ม/ ชม.

บรรณานุกรม

กิจกรรมที่ 1

กรมวิชาการเกษตร. 2553. เทคโนโลยีการผลิตกาแฟแบบครบวงจร. เอกสารวิชาการการจัดการองค์ความรู้ของสถาบันวิจัยพืชสวนในปี 2553.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560ก. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร กาแฟ. แหล่งข้อมูล:

<http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/coffee.pdf>. (สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560ข. สถิติการส่งออกกาแฟ. แหล่งข้อมูล:

http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php. (สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561)

กิจกรรมที่ 2

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560ก. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร กาแฟ.

แหล่งข้อมูล:<http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/coffee.pdf>. (สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560ข. สถิติการส่งออกกาแฟ. แหล่งข้อมูล:

http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php. (สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561)

Efico Seabridge. 2010. Picking Methods Machines. แหล่งที่มา:

<https://www.youtube.com/watch?v=RjTNCa1ImD4&t=29s>. (สืบค้นเมื่อวันที่ 11 ต.ค. 2559)

Vinh Ha Thanh. 2013. Coffee Picker Latest Innovations. แหล่งที่มา:

<https://www.youtube.com/watch?v=qgC0kZ8qpx0&t=15s>. (สืบค้นเมื่อวันที่ 3 ธ.ค. 2561)

กิจกรรมที่ 3

พิมล วุฒิสินธุ์. 2555. ศึกษาและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมื่อกาแฟกะลา. เอกสารการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 10. วันที่ 22-24 กุมภาพันธ์ 2555. ณ โรงแรมคุ้มภูคำ เรสซิเดนซ์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่.

พุทธอินันท์ จารุวัฒน์. 2546. การออกแบบและพัฒนาเครื่องลอกเมื่อกาแฟอะราบิกา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 124 หน้า.

กิจกรรมที่ 4

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560ก. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร กาแฟ.

แหล่งข้อมูล:<http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/coffee.pdf>. (สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560ข. สถิติการส่งออกกาแฟ. แหล่งข้อมูล:

http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php. (สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561)

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด

กำหนดให้ราคาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ เท่ากับ 7,000 บาท อายุการใช้งาน 5 ปีความสามารถในการทำงาน 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (คิดจากการเก็บเกี่ยวผลกาแฟอะราบิกา) การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \frac{P-S}{N}$$

$$\text{ค่าดอกเบี้ย} = \frac{P-S}{2} \times \frac{i}{100}$$

โดย P = ราคาซื้อของเครื่องจักร, บาท

S = ราคาซากของเครื่องจักร, บาท

N = อายุการใช้งาน, ปี

i = อัตราดอกเบี้ย, เปอร์เซ็นต์

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ

ราคาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ, P = 7,000 บาท

ราคาซาก, S = 10% ของ P บาท

อายุการใช้งาน, N = 5 ปี

อัตราดอกเบี้ย = 10 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

ค่าไฟฟ้า = 0.022 บาทต่อชั่วโมง

ค่าแรงคนงาน = 37.50 บาทต่อชั่วโมง

ค่าบำรุงรักษา = 0.5 % ของ P/100 บาทต่อชั่วโมง

ความสามารถในการทำงาน = 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

อัตราการทำงานต่อปี = A กิโลกรัม

ใช้งานเก็บเกี่ยวกาแฟ = 4 เดือนต่อปี (ฤดูกาลเก็บเกี่ยวกาแฟเดือน พย.-กพ.)

ค่าแรงคนงาน = 300 บาทต่อวัน หรือ 37.5 บาทต่อชั่วโมง

การคำนวณต้นทุนต่อปีของเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟ

ค่าต้นทุนคงที่

ค่าเสื่อมราคา 1,260 บาท/ปี

ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน 315 บาท/ปี

รวมต้นทุนคงที่ของเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟ 1,575 บาท/ปี

ค่าต้นทุนผันแปร

ค่าไฟฟ้า 22 บาท/ปี

(ค่าไฟฟ้า 0.022 บาท/ชั่วโมง x ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง x 30 วัน x 4 เดือน)

ค่าแรงคนงาน 36,000 บาท/ปี

(ค่าแรง 37.5 บาท/ชั่วโมง x ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง x 30 วัน x 4 เดือน)

ค่าบำรุงรักษา 336 บาท/ปี

(0.35 บาท/ชั่วโมง x ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง x 30 วัน x 4 เดือน)

รวมต้นทุนผันแปรของเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ 36,358 บาท/ปี

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนในการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ} &= \text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนผันแปร} \\ &= 1,575 + 36,358 \text{ บาท/ปี} \\ &= 37,933 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลา 1 ฤดูกาล เก็บผลกาแฟได้} &= 30.54 \times 8 \times 120 && \text{กิโลกรัม/ปี} \\ &= 29,318.40 && \text{กิโลกรัม/ปี} \\ \text{-ต้นทุนค่าใช้จ่าย} &= 37,933 / 29,318.40 && \text{บาท/กิโลกรัม} \\ &= 1.29 && \text{บาท/กิโลกรัม} \end{aligned}$$

การคำนวณจุดคุ้มทุน

$$\begin{aligned} \text{ราคาค่าจ้างในการเก็บกาแฟ} &= 5 && \text{บาท/กิโลกรัม} \\ \text{ต้นทุนค่าใช้จ่าย} &= 1.29 && \text{บาท/กิโลกรัม} \\ \text{มูลค่าเพิ่ม} &= 3.71 && \text{บาท/กิโลกรัม} \\ \text{ปริมาณผลกาแฟที่เก็บได้} &= 29,318.40 && \text{กิโลกรัม/ปี} \\ \text{จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่อง} & \text{รายรับ} = \text{ต้นทุนค่าใช้จ่าย} \\ \text{ดังนั้น} & 5 \times N = 1.29 \times 29,318.40 \\ \text{โดยที่ N คือปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน} &= 7,564.15 && \text{กิโลกรัม/ปี} \\ \text{คุ้มทุนเมื่อเครื่องเก็บเกี่ยวผลกาแฟได้} &= 7,564.15 && \text{กิโลกรัม/ปี} \\ \text{มูลค่าเพิ่มในการทำงานของเครื่อง} &= (29,318.40 - 7,564.15) \times 3.71 && \text{บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$= 80,708.26 \quad \text{บาท/ปี}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม} = 7,000/80,708.26 \quad \text{ปี}$$

$$= 0.0867 \quad \text{ปี}$$

$$= 1.04 \quad \text{เดือน}$$

ดังนั้นถ้าลงทุนใช้เครื่องเก็บเกี่ยวผลกาแฟจะมีระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 1.04 เดือน

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเครื่องตัดกาแฟผลอ่อน

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

| | | |
|---|-------------------------------|--------|
| - ค่าเสื่อมราคาเครื่องตัดแยกกาแฟผลอ่อน | | |
| มูลค่าเครื่องตัดแยกกาแฟผลอ่อน (P) | 25,000 | บาท |
| อายุการใช้งาน (N) | 10 | ปี |
| มูลค่าเครื่องเมื่อหมดอายุการใช้งาน (L) | 0 | บาท |
| ต้นทุนค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง | | |
| ต้นทุนค่าเสื่อมราคาของเครื่องตัดแยกกาแฟผลอ่อน | $= (P-L)/N$ | |
| | $= (25,000 - 0)/10$ | บาท/ปี |
| | $= 2,500$ | บาท/ปี |
| - ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน ดอกเบี้ย 10% (i) | | |
| ต้นทุนค่าเสียโอกาสเงินลงทุน | $= [(P+L)/2] \times i$ | |
| | $= [(25,000+0)/2] \times 0.1$ | บาท/ปี |
| | $= 1,250$ | บาท/ปี |
| ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม | $= 2,500+1,250$ | บาท/ปี |
| | $= 3,750$ | บาท/ปี |

ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)

| | | |
|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| - ค่าจ้างแรงงาน | | |
| แรงงาน 2 คน 300 บาท/คน เวลา 90 วัน | | |
| ต้นทุนค่าแรงงาน | = $2 \times 300 \times 90$ | บาท/ปี |
| | = 54,000 | บาท/ปี |
| - ค่าน้ำ | ไม่มีค่าใช้จ่าย | |
| - ค่าไฟฟ้า | | |
| พลังงานไฟฟ้าขณะทำงาน 1,119 วัตต์ | | |
| ทำงานวันละ 5 ชั่วโมง | = $1,119 \times 5$ | วัตต์×ชั่วโมง/วัน |
| | = 5.595 | กิโลวัตต์×ชั่วโมง/วัน |
| คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท | | |
| ต้นทุนค่าไฟฟ้า | = $5.595 \times 90 \times 3.5$ | บาท/ปี |
| - ค่าซ่อมบำรุง | = 1,762.43 | บาท/ปี |
| คิดคงที่เท่ากับร้อยละ 5 | = $0.05 \times 25,000$ | บาท/ปี |

| | | |
|--------------------------------|---------------------|--------------|
| - ต้นทุนผันแปรรวม | = 57,012.43 | บาท/ปี |
| - ต้นทุนรวมทั้งหมด | = 3,750 + 57,012.43 | บาท/ปี |
| | = 60,762.43 | บาท/ปี |
| ระยะเวลา 1 ฤดูกาล มีปริมาณกาแพ | = 650 × 5 × 90 | กิโลกรัม/ปี |
| - ต้นทุนค่าใช้จ่าย | = 60,762.43/292,500 | กิโลกรัม/ปี |
| | = 0.21 | บาท/กิโลกรัม |

การคำนวณจุดคุ้มทุน

| | | |
|---|--|--------------|
| ราคาต่อข้างในการตัดแยกกาแพผลอ่อน | = 0.5 | บาท/กิโลกรัม |
| ต้นทุนค่าใช้จ่าย | = 0.21 | บาท/กิโลกรัม |
| มูลค่าเพิ่ม | = 0.29 | บาท/กิโลกรัม |
| ปริมาณกาแพ | = 292,500 | กิโลกรัม/ปี |
| จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่อง | รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย | |
| ดังนั้น | $0.29 \times N = 0.21 \times 292,500$ | |
| โดยที่ N คือปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน | = 211810.35 | กิโลกรัม/ปี |
| คุ้มทุนเมื่อเครื่องทำการตัดแยกกาแพผลอ่อน* | = 211810.35 | กิโลกรัม/ปี |
| มูลค่าเพิ่มในการทำงานของเครื่อง | = $(292,500 - 211810.35) \times 0.29$ | บาท/ปี |
| | = 23,400 | บาท/ปี |
| ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม | = 25,000/23,400 | ปี |
| | = 1.06 | ปี |
| อัตราผลตอบแทนเงินทุน | = $(\text{มูลค่าเพิ่มสุทธิ/มูลค่าเครื่อง}) \times 100$ | % |
| | = $(23,400/25,000) \times 100$ | % |
| | = 93.60 | %/ปี |

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเครื่องขัดล้างเมือกกาแพ

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

| | | |
|---|-------------------------------|--------|
| - ค่าเสื่อมราคาเครื่องขัดล้างเมือก | | |
| มูลค่าเครื่องขัดล้างเมือกกาแพ (P) | 45,000 | บาท |
| อายุการใช้งาน (N) | 10 | ปี |
| มูลค่าเครื่องเมื่อหมดอายุการใช้งาน (L) | 0 | บาท |
| ต้นทุนค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง | | |
| ต้นทุนค่าเสื่อมราคาของเครื่องขัดล้างเมือก | $= (P-L)/N$ | |
| | $= (45,000 - 0)/10$ | บาท/ปี |
| | $= 4,500$ | บาท/ปี |
| - ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน ดอกเบี้ย 10% (i) | | |
| ต้นทุนค่าเสียโอกาสเงินลงทุน | $= [(P+L)/2] \times i$ | |
| | $= [(45,000+0)/2] \times 0.1$ | บาท/ปี |
| | $= 2,250$ | บาท/ปี |
| ดังนั้น ต้นทุนคงที่รวม | $= 4,500+2,250$ | บาท/ปี |
| | $= 6,750$ | บาท/ปี |

ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)

| | | |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| - ค่าจ้างแรงงาน | | |
| แรงงาน 2 คน 300 บาท/คน เวลา 90 วัน | | |
| ต้นทุนค่าแรงงาน | $= 2 \times 300 \times 90$ | บาท/ปี |
| | $= 54,000$ | บาท/ปี |
| - ค่าน้ำ | ไม่มีค่าใช้จ่าย | |
| - ค่าไฟฟ้า | | |
| พลังงานไฟฟ้าขณะทำงาน 4.5 W-h/Kg | | |
| มีอัตราการทำงานเฉลี่ย 701 Kg/h | | |
| พลังงานไฟฟ้า | $= 4.5 \times 701$ | วัตต์ |
| | $= 3,154.5$ | วัตต์ |
| ทำงานวันละ 5 ชั่วโมง | $= 3,154.5 \times 5$ | วัตต์×ชั่วโมง/วัน |
| | $= 15,773$ | กิโลวัตต์×ชั่วโมง/วัน |
| คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท | | |
| ต้นทุนค่าไฟฟ้า | $= 15,773 \times 90 \times 3.5$ | บาท/ปี |

= 4,968.5

บาท/ปี

| | | | |
|--------------------------------|----------------------------|--------------|--|
| - ค่าซ่อมบำรุง | | | |
| คิดคงที่เท่ากับร้อยละ 5 | = $0.05 \times 45,000$ | บาท/ปี | |
| | = 2,250 | บาท/ปี | |
| - ต้นทุนผันแปรรวม | = 61,218.5 | บาท/ปี | |
| - ต้นทุนรวมทั้งหมด | = $6,750 + 61,218.5$ | บาท/ปี | |
| | = 67,968.5 | บาท/ปี | |
| ระยะเวลา 1 ฤดูกาล มีปริมาณกาแพ | = $650 \times 5 \times 90$ | กิโลกรัม/ปี | |
| | = 292,500 | กิโลกรัม/ปี | |
| - ต้นทุนค่าใช้จ่าย | = $67,968.5/292,500$ | กิโลกรัม/ปี | |
| | = 0.23 | บาท/กิโลกรัม | |

การคำนวณจุดคุ้มทุน

| | | | |
|---|---|--------------|--|
| ราคาค่าจ้างในการขัดล้างเมือกกาแพ | = 0.5 | บาท/กิโลกรัม | |
| ต้นทุนค่าใช้จ่าย | = 0.23 | บาท/กิโลกรัม | |
| มูลค่าเพิ่ม | = 0.27 | บาท/กิโลกรัม | |
| ปริมาณกาแพ | = 292,500 | กิโลกรัม/ปี | |
| จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่อง | รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย | | |
| ดังนั้น | $0.5 \times N = 0.23 \times 292,500$ | | |
| โดยที่ N คือปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน | = 134,550 | กิโลกรัม/ปี | |
| คุ้มทุนเมื่อเครื่องทำการขัดล้างเมือกกาแพ* | = 134,550 | กิโลกรัม/ปี | |
| มูลค่าเพิ่มในการทำงานของเครื่อง | = $(292,500 - 134,550) \times 0.27$ | บาท/ปี | |
| | = 42,646.5 | บาท/ปี | |
| ระยะเวลาคืนทุน = ราคาค่าเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม | = $45,000/42,646.5$ | ปี | |
| | = 1.05 | ปี | |
| อัตราผลตอบแทนเงินทุน | = $(\text{มูลค่าเพิ่มสุทธิ}/\text{มูลค่าเครื่อง}) \times 100$ | % | |
| | = $(42,646.5/45,000) \times 100$ | % | |
| | = 94.77 | %/ปี | |

หมายเหตุ: คຸ້ມทຸນເມື່ອເຮັດການຂັດລຳເມັດກາຟເມືອກ 134,550 ກິໂລກຣຳມ/ປີ ຕິດເປັນກາຟຟລສຕ 236,053 ກິໂລກຣຳມ/ປີ