

รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย วิจัยและพัฒนากาแฟ
2. โครงการวิจัย วิจัยและพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีการแปรรูปกาแฟ
กิจกรรม ชุดเครื่องมือการแปรรูปสดกาแฟและถ่ายทอดให้เกษตรกรนำไปใช้
3. ชื่อการทดลอง ศึกษาและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟกะลา
Development of Mucilage Removing Machine for Coffee

4. คณะผู้ดำเนินงาน

| | | | |
|-----------------|----------------------|--------|--------------------------|
| หัวหน้าการทดลอง | พิมล วุฒิสินธุ์ | สังกัด | สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม |
| ผู้ร่วมงาน | นิทัศน์ ตั้งพิณิจกุล | สังกัด | สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม |
| | วิบูลย์ เทเพนทร์ | สังกัด | สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม |
| | ปรีชา อนันต์รัตนกุล | สังกัด | สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม |
| | สุภัทร หนูสวัสดิ์ | สังกัด | สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม |

5. บทคัดย่อ

การแปรรูปกาแฟโดยกรรมวิธีเปียก (Wet Method or Parchments Method) ทำให้ได้สารกาแฟที่มีคุณภาพดีกว่าแบบแห้ง (Dry Method or Natural Method) ในการแปรรูปกาแฟโดยกรรมวิธีเปียก การใช้เครื่องขัดล้างเมือกสามารถลดการเน่าเสียของน้ำในบ่อหมักลดแรงงานและเวลาในการหมักลงได้และกาแฟที่ได้มีคุณภาพดีงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟกะลาแบบแกนหมุนในแนวตั้งตัวเครื่องประกอบด้วยซี่แกนหมุนและเสื้อตะแกรงแกนหมุนแบบแกนกลวงติดซี่รอบแกน เป็นซี่กลวงให้น้ำไหลผ่านสลับกับซี่ตัน จำนวน 66 ซี่ แกนหมุนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ยาว 680 มิลลิเมตร ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า ผลการทดสอบพบว่า ความเร็ว รอบ หมุน แกนขัดล้างเมือกที่เหมาะสมที่ 580 รอบ/นาที มีอัตราการทำงาน 898 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้ปริมาณน้ำ 3 ลิตร/กิโลกรัมกาแฟ สิ้นเปลืองพลังงาน 31 วัตต์/กิโลกรัมกาแฟ มีระยะเวลาการคืนทุนที่ 4.7 ปี อัตราผลตอบแทนเงินทุน 21.17 เปอร์เซ็นต์/ปี ที่ราคาเครื่อง 65,000 บาท

คำสำคัญ: กาแฟ การแปรรูปสด เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ

6. คำนำ

กาแฟที่ปลูกกันอยู่ในประเทศไทยมี 2 พันธุ์คือ กาแฟอาราบิก้า เจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่สูง พื้นที่ปลูกที่เหมาะสมคือ ภูเขาสูงทางภาคเหนือในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แพร่ และน่าน เป็นต้น กาแฟโรบัสต้า เจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมอยู่ทางภาคใต้ บริเวณจังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ นครศรีธรรมราช และพังงา การผลิตกาแฟของไทยร้อยละ 98 เป็นพันธุ์โรบัสต้า มีเพียงร้อยละ 2 เป็นพันธุ์อาราบิก้า ทั้งนี้ไทยผลิตกาแฟโรบัสต้าได้ปีละประมาณ 75,000 – 85,000 ตัน ในจำนวนนี้ใช้บริโภคภายในประเทศร้อยละ 30 ส่งออกร้อยละ 70 อย่างไรก็ตามปริมาณต้องการใช้เมล็ดกาแฟสำหรับอุตสาหกรรมกาแฟผลสำเร็จรูป และกาแฟคั่วบดภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจาก 20,000 ตัน ในปี 2539 เป็น 35,000 – 38,000 ตัน ในปี 2545 โดยเฉพาะปัจจุบันธุรกิจร้านกาแฟสดเติบโต และขยายตัวอย่างรวดเร็ว เชื่อว่าปริมาณความต้องการผลผลิตกาแฟภายในประเทศมีเพิ่มมากขึ้น (เอกสารวิชาการกาแฟ กรมวิชาการเกษตร , 2547)

การผลิตกาแฟวิธีแห้งเป็นวิธีทำสารกาแฟที่ง่าย มีขั้นตอนน้อยประหยัดแรงงาน และไม่ต้องการเครื่องมือที่ซับซ้อน แต่มีข้อเสียคือ อาจเกิดกลิ่นจากการหมักที่เกิดจากเมือกหุ้มรอบกะลา (Mucilage) ได้เปลือกกาแฟ ซึ่งมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ ทำให้รสชาติ และกลิ่นของสารกาแฟที่ได้ผิดไปจากปกติ สารกาแฟที่ได้จึงมีคุณภาพต่ำและผลกาแฟตากแห้งไม่สามารถเก็บไว้ได้นานต้องสีกะเทาะเปลือกทันทีก่อนที่จะเกิดการหมัก วิธีเปียกเป็นวิธีที่นิยมในการผลิตสารกาแฟอาราบิก้า เพราะสามารถผลิตสารกาแฟที่มีกลิ่น และรสชาติดีกว่าวิธีแห้ง แต่ต้องการแรงงานมากกว่า มีขั้นตอนมากกว่าและต้องมีน้ำในการทำความสะดวกอย่างพอเพียง (เพิ่มพูน 2531 : พงษ์ศักดิ์และบัณฑิต 2542)

Vincent. 1989.Gitimu 1995. Bui Hai Nhi 1997. พบว่า การผลิตเมล็ดกาแฟโรบัสต้านิยมใช้การผลิตแบบแห้งคือ นำผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้มาตากแดดให้แห้ง ซึ่งอาจใช้เวลาประมาณ 15-20 วัน ขึ้นกับสภาวะอากาศ และปริมาณแสงแดด เมื่อผลกาแฟแห้งดีมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 นำมากะเทาะเปลือกนอกออกจะได้เมล็ดกาแฟ ในขณะที่ผลิตแบบเปียกนั้นใช้สำหรับกาแฟอาราบิก้า ซึ่งจะทำให้โดยการกำจัดเปลือก และเยื่อที่หุ้มเมล็ดออกโดยใช้เครื่องสีสดกาแฟ จากนั้นอาศัยปฏิบัติการหมักโดยเอนไซม์ภายในผลกาแฟ และจุลินทรีย์ภายนอกเพื่อย่อยสลายเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟ ซึ่งจะใช้เวลา 36 - 72 ชั่วโมง ล้างทำความสะอาด ทำให้แห้ง สีกะลาออกจะได้เมล็ดสารกาแฟ การผลิตแบบเปียกมีขั้นตอนที่ยุ้งยากมากกว่า แต่เป็นที่ยอมรับว่าการผลิตแบบเปียกทำให้ได้สารกาแฟที่มีคุณภาพดีกว่าแบบแห้ง

Silvetz and Desrosier (1979) ได้ศึกษาพบว่า การหมักโดยใช้เวลานั้นลงจะสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของสารกาแฟได้ (การหมักแบบธรรมชาติจะทำให้สูญเสียน้ำหนัก 2-5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งใน 48 ชั่วโมง) ซึ่งจะมีผลต่อค่าใช้จ่ายที่ลดลงอย่างมากในขบวนการผลิตสารกาแฟ

การขัดล้างเมือกกาแฟเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญของการผลิตเมล็ดสารกาแฟในกระบวนการผลิตแบบเปียก ปัจจุบันเกษตรกรใช้วิธีการหมักกาแฟในบ่อหมักเพื่อสลายเมือก ซึ่งเป็นวิธีการที่จำเป็นต้องได้รับการปฏิบัติที่ถูกต้อง หากหมักไม่ถูกวิธีหรือใช้เวลาในการหมักนานเกินไป จะทำให้กาแฟเกิดกลิ่นจากการหมัก ความหอมและรสชาติของกาแฟเสียไป การออกแบบและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟเป็นส่วนหนึ่งในการนำเครื่องจักรกลเข้ามาประยุกต์ใช้แทนการล้างเมือกแบบวิธีหมักธรรมชาติ ช่วยลดต้นทุนการผลิต เช่นเวลาในการหมัก แรงงานและอุปกรณ์ ลดขั้นตอนในการปฏิบัติงานและได้กาแฟที่มีคุณภาพ

7. อุปกรณ์และวิธีการ

การลอกเปลือกสดและล้างเมือกเป็นขั้นตอนหนึ่งของการผลิตสารกาแฟแบบวิธีเปียก การออกแบบและพัฒนาเครื่องลอกเปลือกสดพร้อมล้างเมือกเป็นส่วนหนึ่งในการนำเครื่องจักรกลการเกษตรมาประยุกต์ใช้แทนวิธีการหมักตามธรรมชาติในบ่อหมัก ซึ่งต้องใช้เวลานานประมาณ 36-72 ชั่วโมง เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต ลดขั้นตอนในการปฏิบัติงานและได้สารกาแฟที่มีคุณภาพ ได้ทำการสำรวจศึกษาเครื่องลอกเปลือกสดเครื่องขัดล้างเมือกที่มีใช้กับกาแฟ จากนั้นทำการออกแบบพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องขัดล้างล้างเมือกและทำการทดสอบเบื้องต้น ปรับปรุงแก้ไข หาจุดบกพร่องและประสิทธิภาพการขัดล้างเมือกกาแฟ ทำการทดสอบในพื้นที่ปลูกกาแฟที่จังหวัดชุมพรสำหรับกาแฟโรบัสต้า และจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่สำหรับกาแฟอาราบิก้า ในการทดลองใช้ผลกาแฟที่แก่จะออกสีแดง ทำการลอยน้ำเพื่อคัดแยกเมล็ดเสีย เมล็ดที่จมน้ำเป็นเมล็ดดีทำการล้างและเก็บตัวอย่างเพื่อหาประสิทธิภาพด้านการแตกหักเสียหายทั้งก่อนและหลังผ่านเครื่องต้นแบบเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาเครื่องต้นแบบให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ระหว่างการทดสอบมีการจับเวลาการทำงานของเครื่องในแต่ละตัวอย่างเพื่อหาความสามารถในการทำงาน ตรวจสอบที่ปัจจัยอื่นๆ เช่น ปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับเครื่องลอกเปลือกสดและเครื่องขัดล้างเมือก พลังงานไฟฟ้า ทุกการทดสอบจะทำซ้ำไม่ต่ำกว่า 3 ครั้ง เก็บรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ผลการด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมและรายงานผล

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี เริ่มต้น ตุลาคม 2553 สิ้นสุด กันยายน 2556

สถานที่ดำเนินการ

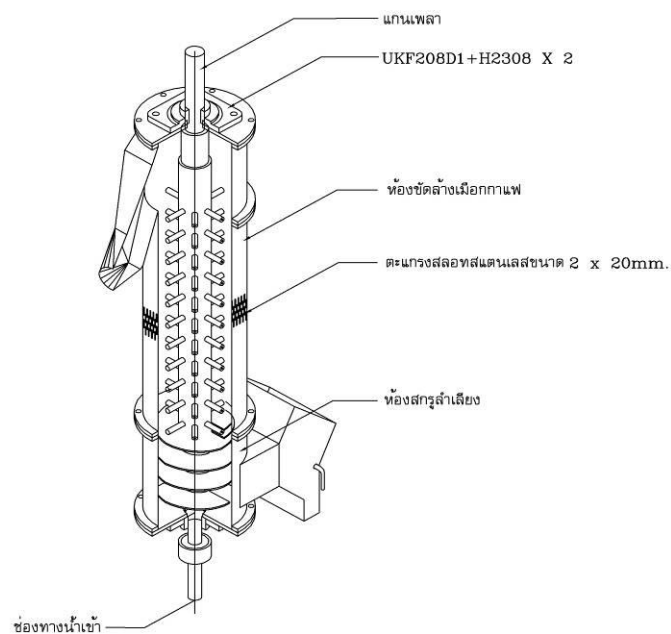
- กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.ปทุมธานี
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย จ. เชียงราย

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาเอกสารและสำรวจการใช้เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ไม่พบเครื่องขัดล้างเมือกที่ใช้กับกาแฟ ในพื้นที่ปลูกกาแฟโรบัสต้าเพราะเป็นการผลิตแบบแห้ง นอกจากนี้ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จังหวัดชุมพร ซึ่งมีเครื่องลอกเปลือกสด พร้อมขัดล้างเมือกจากเวียดนาม ส่วนกาแฟอาราบิก้าส่วนใหญ่เป็นการผลิตแบบเปียกโดยการลอกเปลือกผลสด (สีสด) แล้วทำการหมักในบ่อหมักกับน้ำ หรือหมักในถุงปุ๋ยเพื่อย่อยสลายเมือก 2-3 วัน แล้วจึงทำการล้างน้ำกำจัดเมือกอีกครั้งก่อนนำออกตากแห้ง ไม่พบว่ามีการใช้เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟทั่วไป ในระดับเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร และผู้ประกอบการแปรรูปกาแฟ นอกจากโรงผลิตของดอยตุงและเนสเลย์ จากข้อมูลงานวิจัยพบว่า พุทธิพันธ์ (2546) ได้ทำการพัฒนาเครื่องขัดเมือกกาแฟอาราบิก้าศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีการหมักกาแฟธรรมชาติในบ่อหมักทั่วไป หลักการทำงานให้เมล็ดเคลื่อนขึ้นในแนวตั้งโดยสกรูลำเลียง ระหว่างการเคลื่อนที่จะเกิดการขัดสีกันระหว่างเมล็ดกาแฟกับผนังเครื่องและเมล็ดกาแฟด้วยกัน จากแรงเหวี่ยงของแกนเพลาลำเลียงซึ่งมีซี่เหล็กติดอยู่ที่แกน ผลการทำงานได้ความสามารถในการขัดล้างเมือกเมล็ดกาแฟ 468.11 กิโลกรัม/ชั่วโมง การแตกหักของเมล็ดหลังการขัดล้าง 5.90 เปอร์เซ็นต์ และทำการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีการชิม (cup test) พบว่ามีคุณภาพใกล้เคียงกับการหมักธรรมชาติและเป็นที่ยอมรับของโรงงานผู้ผลิตกาแฟคั่วสด น้ำที่ใช้แล้วสามารถนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตได้ ในขณะที่น้ำจากวิธีการ

หมักธรรมชาติมีกลิ่นเหม็นไม่สามารถใช้ได้ พิมลและคณะ (2553) ได้พัฒนาเครื่องลอกเปลือกสดพร้อมขัดล้างเมือกกาแฟ โรบัสต้า หลักการทำงานของชุดขัดล้างเมือกคล้ายกันแต่ฟวงต่อเครื่องลอกเปลือกสดด้วยกัน แตกต่างกันในซี สแตนเลสติดแกนหมุนและผนังตัวเครื่องที่เป็นตะแกรงสแตนเลสแทนกรงเหล็กทำจากเหล็กเส้นหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ผลการทดสอบได้ความสามารถในการลอกเปลือกและขัดล้างเมือก 423.68 กิโลกรัม/ชั่วโมง การแตกของกะลา ก่อนและหลังการขัดล้าง 2.56 และ 7.24 เปอร์เซ็นต์

จึงได้ทำการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพโดยการลดความเสียหายจากการแตกหักของเมล็ดและกะลาที่ทำให้คุณภาพสารกาแฟด้อยลง ตัวเครื่องขัดล้างเมือกพัฒนาจากเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟโรบัสต้า ใช้หลักการให้เกิดการขัดสีกันเองที่ผิวของกาแฟกะลาที่มีเมือก และขัดสีกับผนัง ซึ่งเป็นตะแกรงเหล็กทำให้เมือกที่หุ้มเมล็ดหลุดออก โดยใช้ น้ำเป็นตัวช่วยในการขัดและล้างเมือกใช้สกรูลำเลียงด้านล่างเพื่อดันเมล็ดกาแฟขึ้นตามแนวแกน เพื่อขัดล้างและลำเลียงออก น้ำที่ขัดล้างจะพาเศษเมือกหลุดออกทางรอบ ๆ ผนังตะแกรงและไหลลงทางด้านล่าง ส่วนประกอบเครื่องลอกเมือกแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบภาพตัดเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟและแกนขัดล้าง

- ห้องสกรูลำเลียงกาแฟ ทำหน้าที่ลำเลียงเมล็ดกาแฟที่ป้อนเข้าเครื่องเข้าสู่ห้องลอกเมือกกาแฟในแนวตั้งทำจากท่อสแตนเลสหนา 2 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 165 มิลลิเมตร สูง 180 มิลลิเมตร
- สกรูลำเลียงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบสกรู 155 มิลลิเมตร ระยะห่างของใบสกรูเท่ากับ 60 มิลลิเมตร จากทฤษฎีการลำเลียงในแนวที่เอียงมากกว่า 20 องศา ขึ้นไประยะห่างที่ใช้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่งของเส้นผ่าศูนย์กลางใบสกรูลำเลียง ระยะห่างระหว่างขอบใบสกรูกับผนังห้องลำเลียง

ประมาณ 5 มิลลิเมตร ซึ่งน้อยกว่าขนาดความหนาของเม็ลต์กาแพ เพื่อป้องกันการไหลลงกลับของเม็ลต์กาแพ

- ห้องลอกเม็ลต์กาแพ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับห้องลำเลียงกาแพ เม็ลต์กาแพที่ถูกลำเลียงผ่านห้องลอกเม็ลต์กาแพ จะถูกซี่สแตนเลสที่ติดอยู่กับแกนสแตนเลสที่หมุน ทำให้เกิดการขัดสีกันของระหว่างเม็ลต์กาแพ และขัดสีกับผนังตะแกรงสแตนเลส ซึ่งเป็นตะแกรงรูยาว (slot) ขนาด กว้างxยาว (2x20 มิลลิเมตร) แกนสแตนเลส เป็นท่อกลวงเส้นผ่าศูนย์กลาง 50.8 มิลลิเมตร ต่อกับแกนเพลาด้านล่างที่เจาะรู สำหรับตัวท่อน้ำมาใช้ในการขัดล้างเม็ลต์ ความยาวแกนสแตนเลสรวม 800 มิลลิเมตร ความยาวในช่วงห้องลอกเม็ลต์ 620 มิลลิเมตร
- ซี่สแตนเลสที่ติดกับแกนเป็นสแตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตร จำนวน 66 ซี่ เจาะรูทะลุความยาวซี่สลับซี่ เพื่อพ่นน้ำผ่านจากแกนกลางสำหรับหล่อลื่น และล้างเม็ลต์กาแพออก ซี่สแตนเลสติดรอบแกนในลักษณะเดียวกับในสกรู เพื่อช่วยในการพ่นกาแพออกสู่ทางออกด้านบน

เครื่องขัดล้างเม็ลต์ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า 1 เฟส สามารถใช้งานได้ทั่วไป นำมาประกอบต่อกับเครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องลอกเปลือกผลสดมีการผลิตขึ้นมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยโรงงานท้องถิ่นที่จังหวัดชุมพร ซึ่งเป็นที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันแล้ว ลักษณะเครื่องตัวลอกเปลือกผลสดเป็นลูกทรงกระบอก วางแนวอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 195 มิลลิเมตร ยาว 275 มิลลิเมตร บังให้เป็นรอยนูนครึ่งเดียว สำหรับขัดเปลือกนอกผลกาแพ เปลือกและกาแพะเวลาที่ยังมีเม็ลต์ อยู่จะถูกรีดออกคนละด้านของตัวเครื่องที่ กระบะบรรจุผลกาแพมีกลไกการป้อนเป็นครีบบยาวตลอดความยาวกระบะหมุน จะต้องใช้น้ำเป็นตัวช่วยในการลอกเปลือก เพื่อให้ไหลลื่น และทำงานได้ประสิทธิภาพการลอกเปลือกดีขึ้น ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า รอบลูกเหล็กลอกเปลือกประมาณ 200 รอบ/นาที

โดยผลกาแพที่ผ่านการลอกเปลือกแล้วจะไหลลงสู่ห้องลำเลียง สารกาแพ รูปที่ 1 ชุดห้องลำเลียงจะมีลิ้นเปิด - ปิด สำหรับให้กาแพลำเลียงไปห้องล้างเม็ลต์หรือปล่อยกาแพที่ค้างออก เมื่อเสร็จสิ้นการล้างเม็ลต์ไม่ให้มีกาแพค้างอยู่ในเครื่อง



รูปที่ 2 เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟและแกนขัดล้าง

ได้ทำการทดสอบเบื้องต้นที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวิ) และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่พบว่าขนาดซี่สแตนเลสเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตรยาว 40 มิลลิเมตร จำนวน 66 ซี่และรอบหมุนแกน 750 รอบ/นาที ที่อัตราการป้อนผลกาแฟเฉลี่ย 417.83 กิโลกรัม/ชั่วโมง การแตกหักกะลาหลังการขัดล้าง 3.78 เปอร์เซ็นต์ อัตราการใช้น้ำและพลังงาน 0.011 ลบ.ม./กิโลกรัม และ 0.057 กิโลวัตต์/กิโลกรัม (ตารางที่ 1) เห็นว่าการแตกหักและอัตราการใช้น้ำยังค่อนข้างสูง ผลจากอัตราการป้อนกาแฟเข้าเกินไปกาแฟขัดสืออยู่ในเครื่องนานจึงยังแตกค่อนข้างมาก จึงได้ทำการลดแรงที่ใช้ในการขัดล้างโดยลดขนาดความยาวของซี่สแตนเลสที่ติดกับแกนหมุนลงจาก 40 มิลลิเมตร เหลือ 25 มิลลิเมตร จำนวน 33 ซี่ วางสลับกับซี่ที่มีความยาวเดิม ทำการทดสอบอีกครั้งที่ความเร็วรอบแกนขัดล้างเดิมคือ 750 รอบ/นาที พบว่าสามารถลดอัตราการแตกของกะลาหลังการขัดล้างลงได้ที่เฉลี่ย 1.21 เปอร์เซ็นต์ แต่ความสามารถยังน้อยและปริมาณการใช้น้ำค่อนข้างมากคือ 407.97 กิโลกรัม/ชั่วโมง และ 0.01 ลบ.ม./กิโลกรัม (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือก รอบหมุนแกนขัดล้าง 750 รอบ/นาที

ซี่สแตนเลส เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. ยาว 40 มม.จำนวน 66 ซี่

| ครั้งที่ | นน. ผลกาแพ กิโลกรัม | เวลา นาที | นน. กะลาหลังล้าง กิโลกรัม | ปริมาณน้ำ ลบ.ม./ กิโลกรัม | % กะลาแตก หลังล้าง | ความสามารถ กิโลกรัม/ ชั่วโมง | พลังงาน kw/กิโลกรัม |
|----------|---------------------------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------|
| 1 | 41.2 | 7.45 | 16.8 | 0.015 | 2.41 | 331.81 | 0.054 |
| 2 | 39.2 | 6.08 | 15.6 | 0.012 | 5.56 | 386.84 | 0.058 |
| 3 | 42.3 | 6.99 | 18.4 | 0.011 | 1.93 | 363.09 | 0.054 |
| 4 | 39 | 4.85 | 16.8 | 0.010 | 3.88 | 482.47 | 0.059 |
| 5 | 40 | 4.75 | 15.2 | 0.008 | 4.01 | 505.26 | 0.059 |
| 6 | 41.2 | 5.65 | 17 | 0.010 | 5.44 | 437.52 | 0.057 |
| เฉลี่ย | 40.5 | 5.95 | 16.63 | 0.011 | 3.87 | 417.83 | 0.057 |

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือก รอบหมุนแกนขัดล้าง 750 รอบ/นาที

ซี่สแตนเลส เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. ยาว 40 มม.จำนวน 33 ซี่สลับกับยาว 25 มม.จำนวน 33 ซี่

| ครั้งที่ | นน. ผลกาแพ กิโลกรัม | เวลา นาที | นน. กะลาหลังล้าง กิโลกรัม | ปริมาณน้ำ ลบ.ม./ กิโลกรัม | % กะลาแตก หลังล้าง | ความสามารถ กิโลกรัม/ ชั่วโมง | พลังงาน kw/กิโลกรัม |
|----------|---------------------------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------|
| 1 | 39 | 5.41 | 15 | 0.10 | 0.98 | 432.53 | 0.059 |
| 2 | 42 | 6.66 | 16.6 | 0.011 | 2.11 | 378.38 | 0.057 |
| 3 | 36.2 | 5.91 | 14.5 | 0.11 | 0.87 | 367.51 | 0.066 |
| 4 | 46.8 | 6.75 | 19.6 | 0.010 | 0.45 | 416.00 | 0.051 |
| 5 | 49 | 6.45 | 21.4 | 0.009 | 1.15 | 455.81 | 0.051 |
| 6 | 43.6 | 6.58 | 18.2 | 0.011 | 1.68 | 397.57 | 0.058 |
| เฉลี่ย | 42.8 | 6.29 | 17.6 | 0.010 | 1.21 | 407.97 | 0.056 |

ทำการปรับปรุงเครื่องอีกครั้งเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานโดยการปรับเพิ่มความกว้างของใบสกรูเป็นเส้นผ่าศูนย์กลาง 161 มิลลิเมตร ทำให้ระยะห่างระหว่างใบสกรูกับผนังห้องลำเลียงข้างละ 2 มิลลิเมตร และทำการทดสอบที่ความเร็วรอบหมุนแกนขัดล้าง 750 และ 580 รอบ/นาที (ตามตารางที่ 3) พบว่าสามารถเพิ่มอัตราการทำงานเป็นเฉลี่ย 817.34 และ 898.54 กิโลกรัม/ชั่วโมง ลดการแตกของกะลาหลังขัดล้างเฉลี่ย 2.73 เปอร์เซ็นต์ และ 1.55 เปอร์เซ็นต์ การใช้พลังงานเฉลี่ย 0.059 กิโลวัตต์/กิโลกรัม และ 0.031 กิโลวัตต์/กิโลกรัม อัตราการใช้น้ำ 0.005 ลบ.ม./กิโลกรัม และ 0.003 ลบ.ม./กิโลกรัม ที่ความเร็วรอบหมุนแกนขัดล้าง 750 และ 580 รอบ/นาที ตามลำดับ จากการตรวจสอบด้วยสายตา สัมผัสด้วยมือได้รับการยอมรับโดยเจ้าหน้าที่ประจำงานแปรรูปกาแพและมีความชำนาญในการล้างเมือกกาแพ เมื่อนำไปตากแดดกาแพกะลาจะมีสีค่อนข้างขาวเหมือนการล้างเมือกด้วยการหมักในบ่อหมัก

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟที่พัฒนาขึ้น ได้ประเมินราคาเครื่องที่ 65,000 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี ใช้แรงงานปฏิบัติงาน 2 คน ระยะเวลาการเครื่อง 60 วัน/ปี พบว่า ระยะเวลาในการคืนทุน 4.7 ปี อัตราผลตอบแทนการลงทุน 21.17 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือก รอบหมุนแกนขัดล้าง 750 รอบ/นาที

ซี่สแตนเลส เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. ยาว 40 มม.จำนวน 33 ซี่สลับกับยาว 25 มม.จำนวน 33 ซี่
(ปรับระยะห่างใบสกรูกับผนังเป็น 2 มม.)

| ครั้งที่ | นน. ผลกาแพ กิโลกรัม | เวลา นาที | นน. กะลาหลังล้าง กิโลกรัม | ปริมาณน้ำ ลบ.ม./กก. | เปอร์เซ็นต์ กะลาแตก หลังล้าง | ความสามารถ กก./ชม. | พลังงาน กิโลวัตต์/ กิโลกรัม |
|----------|---------------------------|--------------|---------------------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1 | 37.0 | 2.66 | 15.0 | 0.005 | 3.32 | 834.59 | 0.064 |
| 2 | 37.5 | 2.83 | 16.0 | 0.006 | 1.61 | 795.05 | 0.062 |
| 3 | 33.3 | 2.50 | 13.5 | 0.006 | 3.42 | 799.20 | 0.071 |
| 4 | 40.4 | 2.95 | 17.0 | 0.006 | 2.29 | 821.69 | 0.056 |
| 5 | 33.3 | 2.55 | 14.0 | 0.006 | 3.74 | 783.53 | 0.066 |
| 6 | 49.3 | 3.40 | 19.6 | 0.005 | 1.99 | 870.00 | 0.045 |
| เฉลี่ย | 38.5 | 2.82 | 15.9 | 0.005 | 2.73 | 817.34 | 0.059 |

รอบหมุนแกนขัดล้าง 580 รอบ/นาที

| ครั้งที่ | นน. ผลกาแพ กิโลกรัม | เวลา นาที | นน. กะลาหลัง ล้าง | ปริมาณน้ำ ลบ.ม./กก. | เปอร์เซ็นต์ กะลาแตก หลังล้าง | ความสามารถ กก./ชม. | พลังงาน กิโลวัตต์/กก. |
|----------|---------------------------|--------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1 | 54.0 | 3.55 | 23.8 | 0.004 | 1.01 | 912.68 | 0.039 |
| 2 | 60.4 | 4.01 | 26.0 | 0.004 | 1.81 | 903.29 | 0.035 |
| 3 | 88.7 | 6.00 | 38.8 | 0.003 | 1.83 | 887.00 | 0.024 |
| เฉลี่ย | 67.7 | 4.52 | 29.5 | 0.003 | 1.55 | 898.54 | 0.031 |

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องขัดล้างเมือกกาแพที่ออกแบบพัฒนาขึ้นมีความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีที่สุดคือ 898 กิโลกรัม/ชั่วโมง การแตกของกะลาภาแพหลังการขัดล้างเฉลี่ย 1.55 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบแกนขัดล้าง 580 รอบ/นาที ใช้พลังงานไฟฟ้า 0.031 กิโลวัตต์/กิโลกรัม (31 วัตต์/กิโลกรัม) และปริมาณน้ำ 0.003 ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัม (3 ลิตร/กิโลกรัม) สามารถขัดล้างได้สะอาดเมื่อตรวจด้วยสายตาและสัมผัสด้วยมือเป็นที่ยอมรับได้ เมื่อนำมาตากแดดจะไม่มีคาบสีน้ำตาลให้เห็นชัด จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่า ระยะเวลาในการคืนทุน 4.7 ปี เมื่อใช้แรงงานปฏิบัติงาน 2 คน ระยะเวลาในการใช้เครื่อง 60 วัน/ปี อัตราผลตอบแทนการลงทุน 21.17 เปอร์เซ็นต์

แต่จากที่ได้ดำเนินการทดสอบในพื้นที่ผลิตกาแพเกษตรกรเก็บผลกาแพเสร็จในตอนเย็นจึงสะดวกที่จะลอกเปลือกหรือสีสดแล้วหมักในบ่อหมัก 1 คืน จึงทำการขัดล้างในช่วงเช้าแล้วนำออกตากแดดในวันถัดไป เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องขัดล้างที่ใช้แรงในการขัดล้างน้อยลงโดยสามารถลดต้นทุนกำลังและรูปแบบของแกนขัดล้าง เพราะเมือกกาแพได้มีการย่อยสลายไปบ้างแล้วส่วนหนึ่ง

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ได้เครื่องขัดล้างเมือกที่มีประสิทธิภาพ นำไปทดสอบ สาธิต ใช้งานสำหรับเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร ผู้ประกอบการ ช่วยลดขั้นตอนและต้นทุนหมักล้างเมือกในกระบวนการแปรรูปสตกกาแฟ

11. คำขอบคุณ

เจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.ปทุมธานี สร้างและประกอบต้นแบบและช่วยดำเนินการทดสอบ ปรับปรุง เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย จ. เชียงรายให้ข้อมูล อนุเคราะห์วัสดุคือผลกาแฟและอำนวยความสะดวกเป็นอย่างดีในระหว่างการทดสอบ

12. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547.เอกสารวิชาการ “กาแฟ” ลำดับที่ 17 ปี พ.ศ.

2547. 80 หน้า.

พงษ์ศักดิ์ อังกลีสิทธิ์ และบัณฑิต วาฤทธิ. 2542. การปลูกและผลิตกาแฟอาราบิก้าที่สูง. ศูนย์วิจัยและพัฒนา
กาแฟบนที่สูง, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 229 หน้า.

เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม. 2531. กาแฟ. ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร, กรุงเทพฯ. 46 หน้า

พุทธอินันท์ จารุวัฒน์ 2546. การออกแบบและพัฒนาเครื่องลอกเมือกกาแฟ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์
มหาบัณฑิต ,มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พิมล วุฒิสินธุ์ 2553.การพัฒนาเครื่องลอกเปลือกสดพร้อมขัดเมือกขนาดที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มเกษตรกร
และผู้ประกอบการ,กรมวิชาการเกษตร,กรุงเทพฯ.

Bui Hai Nhi. 1997. Coffee Quality Improvement in LamdongProvince. Vietnam.

inLamdongProvince.Vietnam.M.S.thesis.Asian Institute of Technology School of
Environment,

Gitimu, C.W. 1995. Better coffee farming. Coffee processing. J. Kenya – Coffee. 60(703) : 1997 –
1998

Vincent 1989 Green coffee processing. pp. 1 – 33 In Coffee Volume 2 Technology Clarke. R.J.
and Macrae. R (eds). Elsevier Applied Science Publishers Ltd.

Sivetz, M., and Desrosier, N.W.. 1979. Coffee Technology. The AVI Publishing Company, Inc.,
Westport, Connecticut. 716 pp.

13. ภาคผนวก

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ วิศวกรรมเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ
การคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่าย

คิดระยะเวลาในการใช้เครื่องประมาณ 2 เดือน (60 วัน)

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

มูลค่าเครื่องขัดล้างเมือก 65,000 บาท

อายุการใช้งาน 10 ปี

มูลค่าเครื่องเมื่อหมดอายุการใช้งาน 0 บาท

คิดต้นทุนเป็นค่าเสื่อมราคาของเครื่อง แบบเส้นตรง (Straight tine Depreciation)

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนค่าเสื่อมราคา} &= (P-L) \\ &= (65,000 - 0) && \text{บาท/ปี} \\ &= 6,500 && \text{บาท/ปี} \end{aligned}$$

ค่าเสียโอกาสเงินทุน (ที่ดอกเบี้ย 5%/ปี)

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนค่าเสียโอกาสเงินทุน} &= [(P+L)/2] \times i \\ &= [(65,000+0)/2] \times 0.05 = 1,625 && \text{บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ต้นทุนคงที่รวม} &= 65,000 + 1,625 && \text{บาท/ปี} \\ &= 66,625 && \text{บาท/ปี} \end{aligned}$$

ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)

- ค่าจ้างแรงงาน 2 คน วันละ 200 บาท/คน ระยะเวลา 60 วัน/ปี

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนค่าแรงงาน} &= 2 \times 60 \times 200 && \text{บาท/ปี} \\ &= 24,000 && \text{บาท/ปี} \end{aligned} \quad (1)$$

- ค่าน้ำ

เครื่องขัดล้างเมือกใช้น้ำ 0.003 ม³/กิโลกรัม ทำงานได้ 898 กิโลกรัม/ชั่วโมง

คิดค่าน้ำ 14 บาท/ม³

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนค่าน้ำ} &= 0.003 \text{ ม}^3/\text{กก.} \times 898 \text{ กก./ชม.} \times 8 \text{ ชม./วัน} \times 60 \text{ วัน/ปี} \times 14 \text{ บาท/ม}^3 \\ &= 18,103.68 && \text{บาท/ปี} \end{aligned} \quad (2)$$

- ค่าไฟฟ้า ใช้พลังงานไฟฟ้าขณะทำงานเฉลี่ย 9.67 แอมป์ 220 โวลต์

$$\text{จากความสัมพันธ์ } P = IV$$

$$\text{ใช้พลังงาน} = 9.67 \times 220 / 1000 \quad \text{กิโลวัตต์}$$

$$\text{วันละ 8 ชั่วโมง} = 2.127 \times 8 \quad \text{กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง/วัน}$$

$$= 17.02 \quad \text{กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง/วัน}$$

คิดค่าไฟหน่วยละ 3 บาท 120 วัน/ปี

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนค่าไฟฟ้า} &= 17.02 \times 600 \times 3 && \text{บาท/ปี} \\ &= 3,063.6 && \text{บาท/ปี} \end{aligned} \quad (3)$$

- ค่าซ่อมบำรุง คิดคงที่เท่ากับร้อยละ 5 ของมูลค่าเครื่องตลอดอายุการใช้งาน

| | | | |
|---------|----------------------------------|---|-----|
| | การใช้งาน | = 0.05x65,000 บาท/ปี | |
| | | = 3,250 บาท/ปี | (4) |
| ดังนั้น | ต้นทุนผันแปรรวม | = 24,000+18,103.68+3,063.6+3,250 บาท/ปี | |
| | | = 48,417.28 บาท/ปี | |
| | ต้นทุนรวม (คงที่+ผันแปร) | = 48,417.28+66,625 บาท/ปี | |
| | | = 115,042.28 บาท/ปี | |
| | ระยะเวลา 1 ปี สามารถทำงานได้ | = 898 กิโลกรัม/ชั่วโมงx8x60 | |
| | | = 431,040 กิโลกรัม/ปี | |
| ดังนั้น | ต้นทุนค่าใช้จ่ายของการใช้เครื่อง | = บาท/ปี = 115,042.28 บาท/ปี | |
| | | กิโลกรัม/ปี 431,040 | |
| | | = 0.27 บาท/กิโลกรัม | |

การคำนวณจุดต้นทุน ระยะเวลาต้นทุนและอัตราผลตอบแทนเงินลงทุน

คิดการใช้เครื่องลอกเปลือกสตรอว์พร้อมขัดเมื่อกากาแฟโรบัสต้า 0.5 บาท/กิโลกรัม

ต้นทุนค่าใช้จ่าย = 0.27 บาท/กิโลกรัม

มูลค่าเพิ่ม = 0.5-0.27 บาท/กิโลกรัม

= 0.23 บาท/กิโลกรัม

หาจุดคุ้มทุนของเครื่องจากความสัมพันธ์ รายรับ = รายจ่าย

ดังนั้น $0.5 \times N$ = บาท/กิโลกรัม x กิโลกรัม/ปี

= 0.27x431,040

$N = \frac{0.27 \times 431,040}{0.5}$

0.5

โดยที่ N คือปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน (กิโลกรัม/ปี)

| | | | |
|---------|---|---|-------------|
| | | = 232,761.6 | กิโลกรัม/ปี |
| ดังนั้น | จะคุ้มทุนเมื่อเครื่องทำงาน | = 232,761.6 | กิโลกรัม/ปี |
| | มูลค่าเพิ่มในการทำงานของเครื่อง | = (431,040-232,761.60)x0.23 | กิโลกรัม/ปี |
| | | = 45,604 | บาท/ปี |
| | หารระยะเวลาคืนทุนจากความสัมพันธ์ | | |
| | ระยะเวลาคืนทุนเครื่อง | = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม | |
| | | = 65,000 บาท/45,604 | ปี |
| | | = 1.43 | ปี |
| | หาอัตราผลตอบแทนเงินลงทุนจากความสัมพันธ์ | = (มูลค่าเพิ่มสุทธิ/มูลค่าเครื่อง)x100% | |

$$= (45,604/65,000) \times 100\%$$

$$= 70.16 \quad \text{\%/\u0e4c}$$