รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

----

1. **ชุดโครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนากาแฟ
2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีการแปรรูปกาแฟ
   กิจกรรม : ชุดเครื่องมือการแปรรูปสดกาแฟและถ่ายทอดให้เกษตรกรนำไปใช้
   กิจกรรมย่อย : ศึกษาและพัฒนาเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด
3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : ศึกษาและพัฒนาเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด
   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Development of Coffee Cherry Pulper
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง : นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

ผู้ร่วมงาน
- พิมล วุฒิสินธุ์ สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
- วิบูลย์ เทเพนทร์ สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
- เวียง อากรชี[1] สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
- ปรีชา อานันท์รัตนกุล สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
- ยงยุทธ คงซ่าน สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
- สุภัทร หนูสวัสดิ์ สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

5. **บทคัดย่อ**

เครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดที่มีการผลิตในประเทศและใช้ทั่วไปมีความสามารถและประสิทธิภาพยังไม่เพียงพอในระดับที่กลุ่มเกษตรกร หรือผู้ประกอบการต้องการ เครื่องที่มีกำลังการผลิตสูงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ มีราคาแพงกว่าการผลิตในประเทศมาก วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด ให้มีความสามารถและประสิทธิภาพ เครื่องที่มีการผลิตทั่วไปมีรูปแบบคล้ายกันเป็นแบบลูกสีทรงกระบอกแนวนอน มีชุดขัดสีแบบ 2 ช่องทำด้วยเหล็กหล่อ เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพ ได้ออกแบบสร้างชุดควบคุมการสีแบบแผ่นยาง นำมาประยุกต์ใช้แทนชุดขัดสีเดิมแบบเหล็กหล่อของเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด ที่ลูกสีมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 196 มม. ยาว 272 มม. หมุนด้วยความเร็ว 260 รอบ/นาที (2.67 เมตร/วินาที) ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า ผลทดสอบชุดขัดสีเดิมแบบเหล็กหล่อกับแบบแผ่นยางปรากฏว่าเครื่องมีอัตราทำงานเพิ่มขึ้นจาก 846 กิโลกรัม/ชั่วโมง เป็น1456 กิโลกรัม/ชั่วโมง เมล็ดแตกลดลงจาก 4.5% เหลือ 0.9% แต่เปอร์เซ็นต์การสีลดลงจาก 80.8% เหลือ 64.1% รวมทั้งมีเปลือกปนในเมล็ดกาแฟเมือกมากขึ้นจาก 3.8% เป็น 15.0%

คำสำคัญ: กาแฟ การแปรรูปสด เครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด เครื่องสีเปลือกสด

---

[1]/ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

6. คำนำ

กาแฟที่ปลูกกันอยู่ในประเทศไทยมี 2 พันธุ์คือ กาแฟอาราบิก้า เจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่สูง พื้นที่ปลูกที่เหมาะสมคือ ภูเขาสูงทางภาคเหนือในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แพร่ และน่าน เป็นต้น กาแฟโรบัสต้าเจริญเติบโตดีบนพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมอยู่ทางภาคใต้ 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 ตันในปี 2539 เป็น 35,000–38,000 ตัน ในปี 2545 โดยเฉพาะปัจจุบันธุรกิจร้านกาแฟสดเติบโต และขยายตัวอย่างรวดเร็ว เชื่อว่าปริมาณความต้องการผลผลิตกาแฟภายในประเทศมีเพิ่มมากขึ้น (เอกสารวิชาการกาแฟ กรมวิชาการเกษตร , 2547)

กระบวนการผลิตเมล็ดกาแฟหรือกาแฟสารหลังการเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่มีความสุกแก่ที่เหมาะสมมีหลายขั้นตอนซึ่งแต่ละขั้นตอนก็มีความสำคัญต่อคุณภาพของสารกาแฟ โดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ แบบแห้งและแบบเปียก กระบวนการแบบแห้งนิยมใช้กับกาแฟโรบัสต้า จะนำผลกาแฟสดไปทำแห้งโดยวิธีตากลานแล้วนำไปสีได้กาแฟสาร (Green Coffee) ส่วนกระบวนการแบบเปียกนิยมใช้กับกาแฟอาราบิก้าซึ่งให้คุณภาพดีกว่า มีหลายขั้นตอนเริ่มต้นจากการลอกหรือสีแยกเปลือกผลสด การกำจัดเมือก (Demucilaging) การทำแห้งได้กาแฟกะลาแห้ง และสุดท้ายนำไปสีได้ผลิตผลเป็นกาแฟสาร ผลกาแฟสุกหลังจากเก็บเกี่ยว ควรได้รับการเอาเปลือกออกทันทีหรือไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 36 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการหมักของเปลือก (Fermentation) อันทำให้เกิดกลิ่นไม่ดี หรือเกิดสารพิษจากเชื้อราแก่สารกาแฟได้ (พงษ์ศักดิ์และบัณฑูรย์, 2542)

สำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีการแปรรูปสดกาแฟ จำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการแปรรูปกาแฟในขั้นตอนต่างๆ และจำเป็นต้องพัฒนาความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรกลให้เหมาะสมกับปริมาณการผลิตกาแฟของประเทศไทยในระดับที่กลุ่มเกษตรกรสามารถจัดการได้ ซึ่งจะช่วยในการปรับปรุงคุณภาพขั้นตอนการผลิตให้ได้สารกาแฟโรบัสต้าและอาราบิก้าที่มีคุณภาพ เครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดที่นิยมใช้ส่วนใหญ่ใช้กับกาแฟอาราบิก้า เป็นเครื่องที่ผลิตในประเทศ แกนลอกเปลือกเป็นแบบทรงกระบอกหมุนในแนวนอน ความสามารถในการลอกเปลือก 300-500 ก.ก./ชม.ของผลกาแฟสด ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 - 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง พบว่าความสามารถและประสิทธิภาพยังไม่เพียงพอในระดับที่กลุ่มเกษตรกร หรือผู้ประกอบการต้องการ เครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดที่มีกำลังการผลิตสูงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ มีราคาแพงกว่าการผลิตในประเทศมาก และอุปกรณ์ซ่อมบำรุงต้องสั่งจากต่างประเทศ

7. วิธีดำเนินการ

7.1 อุปกรณ์

- เครื่องจักรพื้นฐานในโรงงาน เพื่อการสร้างชิ้นส่วน และเครื่องต้นแบบ
- เครื่องลอกเปลือกกาแฟแบบลูกสีทรงกระบอกหมุนในแนวนอน
- เครื่องชั่งน้ำหนักตัวอย่าง
- มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า
- อุปกรณ์ และเครื่องมือวัดต่างๆ

7.2 วิธีการ

1) ตรวจเอกสารและศึกษาสำรวจ เครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดที่มีการพัฒนาและใช้งานอยู่ในปัจจุบัน
2) ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด
3) ทดสอบการทำงานเบื้องต้น
4) เวียนปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบ และทดสอบการทำงาน จนได้เครื่องต้นแบบตามต้องการ โดยมี
5) วิเคราะห์ สรุปผล

ขั้นตอนการทดสอบเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด

- ชั่งน้ำหนักตัวอย่างกาแฟผลสดที่ผ่านการลอยน้ำและคัดแยกผลกาแฟที่ลอยน้ำออก
- เทตัวอย่างกาแฟผลสดลงในถังพักของเครื่อง เริ่มทำการทดสอบและจับเวลา
- ระหว่างทดสอบสุ่มเก็บตัวอย่างกาแฟกะลาเมือกตรงช่องทางออก ประมาณ 300 กรัม เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพ และวัดค่ากระแสไฟฟ้า (หน่วยเป็น แอมแปร์)
- เมื่อผลกาแฟหมดถังพัก หยุดเวลา และชั่งน้ำหนักผลได้เมล็ดกาแฟกะลาเมือกรวม
- นำตัวอย่างที่เก็บมาคัดแยกและชั่งน้ำหนัก โดยแยกเป็น เมล็ดกาแฟกะลาเมือกดี เมล็ดแตก ผลกาแฟที่ไม่ลอกเปลือกและลอกเปลือกไม่สมบูรณ์ และเปลือกที่ปนในเมล็ดกาแฟเมือก
- ค่าชี้ผลการทำงานของเครื่อง ได้แก่ อัตราการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง, kg/h) เปอร์เซ็นต์การสี (%) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟแตก (%) เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปนในเมล็ดกาแฟเมือก (%) และความสามารถการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลกรัม/หน่วยไฟฟ้า, kg/kW-h) โดยคำนวณตามสมการดังนี้

อัตราการสี (กก./ชม.) $= A / T$

เปอร์เซ็นต์การสี (%) $= 100[1 - (D / A)]$

เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก (%) $= C / (B + C)$

เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปนในเมล็ดกาแฟเมือก (%) $= E / (B + C + E)$

ความสามารถการใช้พลังงานไฟฟ้า (kg/kW-h) $= (A / T) \times 1000 / (V \times I)$

โดย

A = น้ำหนักกาแฟผลสด (กิโลกรัม)

B = น้ำหนักเมล็ดกาแฟเมือกดี (กิโลกรัม)

C = น้ำหนักเมล็ดกาแฟเมือกแตก (กิโลกรัม)

D = น้ำหนักผลกาแฟที่ไม่ลอกเปลือกและลอกเปลือกไม่สมบูรณ์ (กิโลกรัม)

E = น้ำหนักเปลือกปนในเมล็ดกาแฟเมือก (กิโลกรัม)

T = เวลา (ชั่วโมง)

I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V = ความต่างศักย์ (โวลต์) = 220 (โวลต์)

ความสามารถการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นการคำนวณความสามารถในการทำงานหรืออัตราการสีต่อหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลกรัม/หน่วยไฟฟ้า, kg/kW-h)

7.3 เวลาและสถานที่

เวลาดำเนินงาน:ปีงบประมาณ 2554-2556

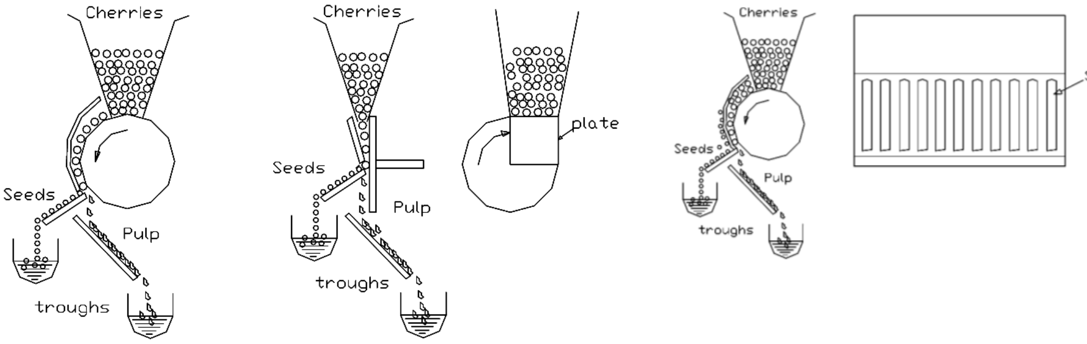
สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

- กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย
- ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ขุนวาง
- ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร
- กลุ่มเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย กลุ่มแปรรูปกาแฟสวนยาหลวง บ้านสันเจริญ จ.น่าน

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การลอกหรือสีเปลือกผลกาแฟสด (Pulping) มี 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการลอกหรือสีเอาเปลือก-เนื้อออก และขั้นตอนการแยกเปลือก-เนื้อ ออกจากเมล็ดกะลาเมือก ในการผลิตเมล็ดกาแฟแบบเปียก การเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่มีความสุกแก่ที่เหมาะสมมีความสำคัญมาก ผลกาแฟอ่อนที่ไม่สุกและผลกาแฟแห้งมีเปลือกแข็งยากต่อการสีแยกเปลือก รูปแบบพื้นฐานของเครื่องสีเปลือกสดกาแฟมี 3 แบบ (รูปที่ 1) คือ แบบทรงกระบอกหมุนแนวนอน (Drum Pulper) แบบจานหมุน (Disc Pulper) และ แบบเสื้อตะแกรงรูยาว (Slotted Plate Pulper)

เครื่องสีเปลือกสดแบบทรงกระบอกหมุนแนวนอน (รูปที่ 2) ประกอบด้วยแกนหรือลูกสีทรงกระบอกหุ้มค้วยแผ่นตะแกรงลอกเปลือกทำจากแผ่นทองแดง ทองเหลือง หรือสแตนเลส ปั๊มขึ้นรูปลักษณะคล้ายๆ เล็บมือ และส่วนช่องขัดสีซึ่งสามารถปรับระยะห่างจากตะแกรงลอกเปลือกเพื่อควบคุมการสีได้ แผ่นตะแกรงลอกเปลือกมีรูปแบบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดหรือพันธุ์กาแฟ (รูปที่ 3) ส่วนช่องขัดสีทำจากเหล็กหล่อ (Iron breast) จำนวนช่องสีขึ้นอยู่กับขนาดความสามารถของเครื่อง ด้านบนของช่องสีซึ่งเป็นทางเข้าของผลกาแฟสดมีขนาดกว้างและมีระยะระหว่างผนังช่องสีกับตะแกรงลูกสีมากกว่าด้านล่างซึ่งเป็นช่องทางออกของเมล็ดกาแฟที่ลอกเปลือกแล้ว (กาแฟกะลาเมือก) โดยขนาดค่อยๆ แคบเล็กเรียวลง การทำงานเริ่มจากผลสดถูกป้อนเข้าด้านบนของเครื่อง ตะแกรงเล็บของลูกสีทำหน้าที่พาจิกฉีกเปลือกกาแฟออก ขณะเคลื่อนที่อยู่ในช่องขัดสีผลกาแฟจะถูกบีบ ทำให้เมล็ดกาแฟเมือกปลิ้นหลุดแยกออกจากเปลือกและไหลออกทางช่องด้านล่างทางด้านหน้าเครื่อง ส่วนเปลือกจะถูกเล็บตะแกรงจิกดึงผ่านช่องแคบๆลงสู่ด้านล่างและไหลออกทางด้านหลังเครื่อง

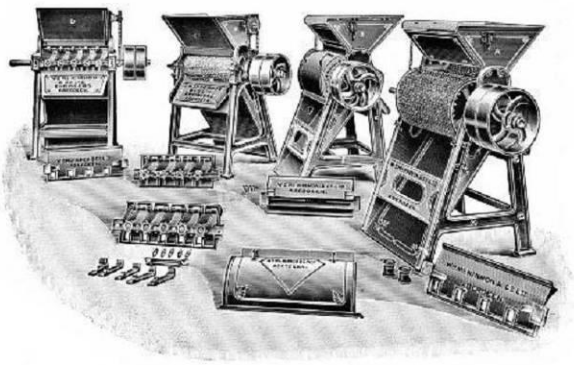


Drum Pulper　　Disc Pulper　　Slotted Plate Pulper

รูปที่ 1 รูปแบบพื้นฐานของเครื่องสีเปลือกสดกาแฟ (Sivetz and Desrosier, 1979)

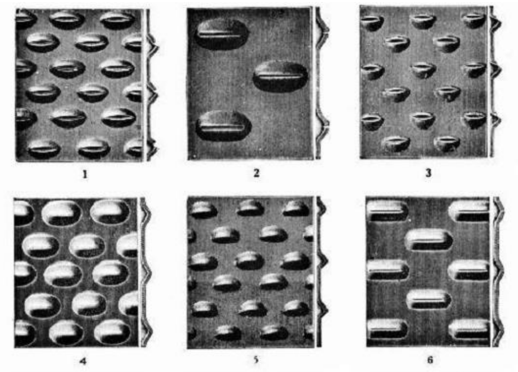
ช่องขัดสีโดยทั่วไปทำจากเหล็กหล่อ แต่ในประเทศบราซิล นิคารากัว และ อื่นๆ ซึ่งมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวสั้นและขาดแคลนแรงงาน เกษตรกรมักเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่มีความสุกแก่ ตั้งแต่ผลอ่อน สุก และแก่จัดหรือผลแห้งพร้อมกันในคราวเดียวกัน นิยมใช้เครื่องสีเปลือกสดแบบทรงกระบอกหมุนแนวนอนที่มีช่องขัดสีแบบแผ่นยาง (Rubber breast) บริษัท Bendig ในประเทศคอสตาริกา ผลิตและจำหน่ายเครื่องสีเปลือกสดกาแฟ อาราบิก้าแบบช่องขัดสีเหล็ก และแบบช่องขัดสีแผ่นยาง ดังรูปที่ 4 (Bendig, 2001)

เครื่องสีเปลือกสดแบบจานหมุน (Disc Pulper) เครื่องสีแบบนี้มีหลักการทำงานเหมือนกับเครื่องสีเปลือกสดแบบทรงกระบอกหมุน มีจานเหล็กวางในแนวตั้ง จำนวน 1 - 4 จาน ขึ้นอยู่กับขนาดความสามารถของเครื่อง หน้าจานเหล็กทั้ง 2 ด้านถูกปิดทับด้วยแผ่นตะแกรงลอกเปลือกทำจากแผ่นทองแดงปั๊มนูนขึ้นรูปลักษณะคล้ายๆ เล็บมือ และมีช่องขัดสีที่สามารถปรับระยะห่างจากตะแกรงลอกเปลือกได้ประกบอยู่ด้านข้างของจานทั้ง 2 ด้าน รูปที่ 5 แสดงเครื่องสีเปลือกสดกาแฟแบบจานกลมหลายจาน (Clarke and Macrae, 1987)



GROUP OF ENGLISH CYLINDER COFFEE-PULPING MACHINES

รูปที่ 2 เครื่องสีเปลือกสดกาแฟแบบทรงกระบอกมีช่องขัดสีเหล็ก (William H. Ukers, 1922)



SPECIMENS OF COPPER COVERS FOR PULPER CYLINDERS

1—For Arabian coffee (*Coffea arabica*). 2—For Liberian coffee (*Coffea liberica*). 3—Also for Arabian. 4—For*Coffea canephora*. 5—For *Coffea robusta*. 6—For larger Arabian, and for *Coffea Maragogipe*.

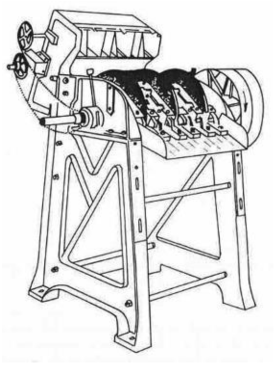
รูปที่ 3 รูปแบบแผ่นตะแกรงหุ้มลูกสีของเครื่องสีเปลือกสดกาแฟ (William H. Ukers, 1922)

รูปที่ 4 เครื่องสีเปลือกสดแบบช่องขัดสีเหล็ก (ซ้าย) และแบบช่องขัดสีแผ่นยาง (ขวา) ของบริษัท Bendig (Bendig, 2001)

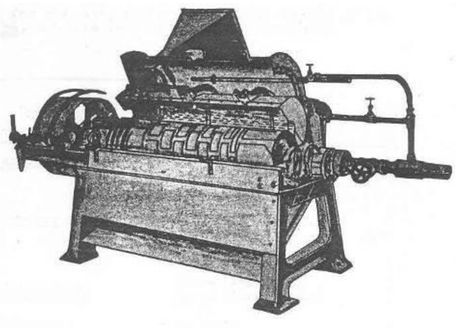
เครื่องสีเปลือกสดแบบเสื้อตะแกรงรูยาว เครื่องสีแบบนี้ทำการลอกเปลือก โดยมีลูกสีทรงกระบอกหุ้มค้วยแผ่นตะแกรงลอกเปลือกปั๊มขึ้นรูปลักษณะคล้ายๆ เล็บมือ ซึ่งหมุน และฉีกเปลือกผลกาแฟ ผ่านแผ่นเสื้อตะแกรงรูยาว เมื่อเปลือกถูกฉีกออก เมล็ดกาแฟจะถูกบีบให้ลอดผ่านรูของเสื้อตะแกรง ส่วนเปลือกถูกพาให้แยกออกทางด้านล่างผ่านช่องแคบระหว่างเสื้อตะแกรงและลูกสี

การลอกเปลือกกาแฟผลสดด้วยเครื่องทุกแบบมีการใช้น้ำเพื่อช่วยหล่อลื่นในการบีบปลิ้นเมล็ดกาแฟออกจากเปลือกและการลำเลียงผลผลิตสู่ขั้นตอนต่อไป

นอกจากนี้ ยังมีเครื่องที่มีระบบการสีเปลือกสดพร้อมกับการกำจัดเมือกไปพร้อมๆกันด้วย คือ Raoeng Pulper ดังรูปที่ 6 (Sivetz and Desrosier,1979)



รูปที่ 5 เครื่องสีเปลือกสดกาแฟแบบจานกลมหลายจาน (Clarke and Macrae, 1987)



รูปที่ 6 เครื่องสีเปลือกสดและกำจัดเมือก Raoeng Pulper (Sivetz and Desrosier,1979)

จากการสำรวจและศึกษาค้นคว้าข้อมูลการใช้เครื่องสีเปลือกสดกาแฟที่มีการใช้ในประเทศมีดังนี้

เครื่องสีเปลือกกาแฟผลสดที่ผลิตในประเทศไทยมีรูปแบบคล้าย ๆ กันเป็นเครื่องขนาดเล็ก มีลูกสีทรงกระบอกหมุนในแนวนอน มีช่องขัดสีทำด้วยเหล็กหล่อจำนวน 2 ช่อง (รูปที่ 7) ต้นกำลังส่วนใหญ่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 - 1 แรงม้า โดยกำลังการสีจะขึ้นอยู่กับขนาดของลูกสี ความเร็วรอบและอัตราการป้อน ลูกสีที่ใช้กันอยู่มีขนาดแตกต่างกัน เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. ยาว 254 มม. หมุนด้วยความเร็ว 360 รอบ/นาที ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 0.5 แรงม้า และขนาดเล้นผ่านศูนย์กลาง 196 มม. ยาว 272 มม. หมุนด้วยความเร็ว 260 รอบ/นาที ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า เป็นต้น กำลังการสี 300-500 กก./ชม. ส่วนควบคุมการสีทำด้วยเหล็กหล่อมีการผลิต 2 แบบคือ แบบหล่อส่วนปรับการสีและส่วนปรับการแยกเปลือกแยกกัน (รูปที่ 8) และแบบหล่อส่วนปรับการสีและส่วนปรับการแยกเปลือกเป็นชิ้นเดียวกัน (รูปที่ 9) เครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดอาจมีการติดตั้งชุดตะแกรงโยกเพื่อคัดแยกเปลือกและผลกาแฟที่ลอกเปลือกไม่สมบูรณ์จากเมล็ดกาแฟ และนำมาสีซ้ำอีกรอบหนึ่ง (รูปที่ 10) ผู้ผลิตเครื่องสีกาแฟสดส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ปลูกกาแฟ เช่น ชุมพร เชียงราย และเชียงใหม่ ปัจจุบันผู้ผลิตบางรายได้ขยายขนาดของลูกสีเพื่อเพิ่มอัตราการทำงานและใช้ต้นกำลัง 1.5 - 2 แรงม้า เวียง อากรชี (2548) สรุปผลทดสอบเครื่องที่ใช้ต้นกำลัง 1 แรงม้า ว่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดมีมากโดยเฉพาะเมื่อป้อนกาแฟเข้าไปในอัตราสูง ใช้น้ำในขั้นตอนการสีมาก มีอัตราการสี 470 กก./ชม. เปอร์เซ็นต์การสี 96% ใช้ต้นกำลัง 1 แรงม้า เปลือกและเมล็ดเมือกกาแฟปนกัน

พอสมควร อัตราการสียังไม่ค่อยสูงมากนัก ความสะอาดของเมล็ดเมือกยังมีเปลือกปนออกมาค่อนข้างมาก เมล็ดแตกมีค่าสูง

รูปที่ 7 เครื่องสีเปลือกสดกาแฟแบบทรงกระบอกแนวนอนผลิตในประเทศ

รูปที่ 8 เครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด แบบมีส่วนปรับการสีและส่วนปรับการแยกเปลือกแยกกัน

รูปที่ 9 เครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด แบบมีส่วนปรับการสีและส่วนปรับการแยกเปลือกเป็นชิ้นเดียวกัน

รูปที่ 10 เครื่องลอกเปลือกกาแฟสด มีตะแกรงโยกคัดแยกเปลือกและผลกาแฟที่ลอกเปลือกไม่สมบูรณ์ (ขวา)

โครงการพัฒนากาแฟอาราบิก้าดอยตุง ได้นำเข้าเครื่องสีกาแฟเปลือกสดจากประเทศออสเตรเลีย รุ่น 253-CM ลักษณะลูกสีเปลือกทรงกรวยตัดหมุนในแนวตั้ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านบน 228 มม. ด้านล่าง 254 มม. สูง 114 มม. หมุนด้วยความเร็ว 310 รอบ/นาที ด้านข้างมีร่องการไหลของผลกาแฟเป็นรูปแนวโค้งจากบนลงล่าง ระยะห่างของร่องจากใหญ่ลงมาเล็กทำให้สามารถสีกาแฟได้ทุกขนาด มีทั้งหมด 3 ร่องด้วยกัน กำลังการสี 1,500 กก./ชม. มอเตอร์ขนาด 1.5 kW (รูปที่ 11) เวียง อากรชี (2548) รายงานผลทดสอบว่ามีเปอร์เซ็นต์การสี ประมาณ 99.20 % อัตราการสีสูง ความสะอาดของเมล็ดเมือกดีมาก แต่ยังไม่มีการผลิตในประเทศไทย ราคาแพงกว่าแบบลูกสีทรงกระบอกแนวนอนของไทยมาก อะไหล่ต้องนำเข้า

รูปที่ 11 เครื่องสีเปลือกสดกาแฟแบบลูกสีทรงกรวยตัดแนวตั้ง

เครื่องสีเปลือกสดกาแฟอาราบิก้าแบบลูกสีทรงกระบอกแนวนอน มีชุดควบคุมการสีแบบแผ่นยาง และชุดตะแกรงโยกสำหรับทำความสะอาดเมล็ดเมือกหรือแยกเปลือกจากเมล็ดเมือก (รูปที่ 12) เป็นเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศ ติดตั้งอยู่ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) และศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (ดอยมูเซอร์) ลูกสีหุ้มด้วยแผ่นตะแกรงลอกเปลือกทำด้วยแผ่นทองแดงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 380 มม. ยาว 305 มิลลิเมตร หมุนด้วยความเร็ว 160 รอบ/นาที (3.1 เมตร/วินาที) ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า 2.2 kW อัตราการสี 2,000 กก./ชม. ส่วนที่ทำการขัดสีเต็มความยาวของลูกสีปิดทับด้วยแผ่นยาง ปัจจุบันไม่ได้ใช้เนื่องจากแผ่นตะแกรงหุ้มลูกสีสึกหรอ เป็นผลให้การลอกเปลือกและการจิกดึงแยกเปลือกมีประสิทธิภาพต่ำลง มีเปลือกปะปนมากับเมล็ดกาแฟเมือกมาก ต้องใช้แรงงานคนคอยช่วยเกลี่ยแยกเปลือกบนตะแกรงโยก

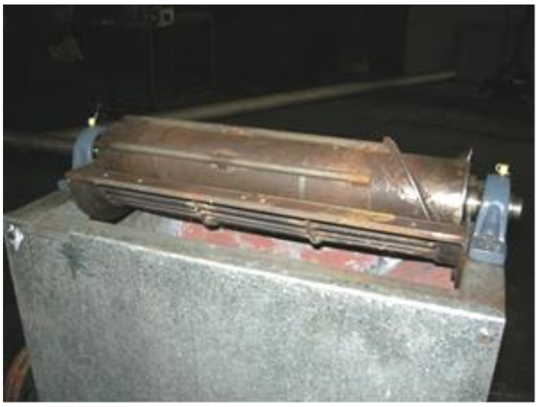
รูปที่ 12 เครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด มีชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบแผ่นยาง

เครื่องสีกาแฟด้วยระบบลูกกลิ้ง 2 ตัวของเวียดนาม (Le Trung Chau Masher and Pulp Separator) เปนเครื่องตนแบบที่นำเขามาทดสอบจากประเทศเวียดนาม ในปี 2547 - 2548 ของศูนยวิจัยพืชสวนชุมพร ทำงานวิจัยรวมกับ FAO ในโครงการพัฒนาคุณภาพและการปองกันออคราทอกซินเอในกาแฟโรบัสตา (รูปที่ 13) การทำงานของเครื่องมี 2 ส่วน คือ สวนแรกเปนการใชลูกกลิ้งตัวแรกขับเคลื่อนผลกาแฟสุกเขาสู่การบีบเพื่อให้เมล็ดแยกออกจากเปลือก จากนั้นเมล็ดเหล่านี้จะถูกขับเคลื่อนไปยังลูกกลิ้งที่ 2 ของเครื่องเพื่อขัดเมือกและแยกเปลือกออกจากเมล็ดกาแฟ เครื่องนี้จะใหผลผลิตกาแฟปราศจากเมือก การทำงานของเครื่องขับเคลื่อนดวยมอเตอร 3 เฟส ขนาด 15 แรงมา และตองการน้ำในการสีประมาณ 10 - 15 ลิตร ตอการสีกาแฟผลสุก 1 กก. อัตราการสีผลกาแฟ 331 กก./ชม. (เอกสารวิชาการกาแฟ กรมวิชาการเกษตร, 2553)

รูปที่ 13 เครื่องลอกเปลือกและขัดเมือกกาแฟ (Le Trung Chau) และผลผลิตที่ได้จากการสีกาแฟโรบัสต้า

จากข้อมูลการศึกษาและสำรวจ ได้เลือกแบบเครื่องลอกเปลือกมาทำการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพโดยการลดความเสียหายจากการแตกหักของเมล็ด 2 แบบ คือแบบแกนสีทรงกระบอกแนวนอนติดริ้ว และแบบลูกสีทรงกระบอกแนวนอนมีชุดควบคุมแบบแผ่นยาง แบบแกนสีทรงกระบอกแนวนอนติดริ้วเป็นแบบที่สร้างได้ง่ายและมีชิ้นส่วนสึกหรอน้อย ส่วนแบบลูกสีทรงกระบอกแนวนอนมีชุดควบคุมแบบแผ่นยางคาดว่าเป็นแบบที่มีความสามารถในการทำงานสูงเนื่องจากใช้พื้นที่การสีเปลือกตลอดความยาวของลูกสี การออกแบบสร้างและทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องลอกเปลือกแบบแกนสีทรงกระบอกแนวนอนติดริ้ว (รูปที่ 14) ประกอบด้วยแกนลอกเปลือกทรงกระบอกแนวนอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 89 มม. ยาว 460 มม. ติดริ้วด้วยเหล็กเส้นกลมตามแนวยาว 4 แนว หมุนอยู่ภายในเสื้อตะแกรงทำด้วยเหล็กเส้นกลม 6 มม. ขนาดช่องตะแกรง 8 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างแกนลอกเปลือกกับผนังตะแกรง 21 มม. ช่วงต้นทางของแกนเป็นเกลียวลำเลียงผลกาแฟจากถังพักป้อนเข้าห้องสี ริ้วของแกนลอกเปลือกจะหมุนพาผลกาแฟและบีบปลิ้นเมล็ดกาแฟเมือกให้หลุดออกจากเปลือกนอกและลอดผ่านเสื้อตะแกรงออกมา ช่วงปลายของเสื้อตะแกรงเป็นช่องทางออกเปลือกและผลกาแฟที่ไม่ถูกลอกเปลือก ขณะสีมีการใชน้ำเปนตัวชวยในการสี ผลการทดสอบโดยใช้ตัวอย่างกาแฟอาราบิก้าที่ความเร็วรอบของแกนลอกเปลือก 362 รอบ/นาที สามารถลอกเปลือกกาแฟได้ดีพอควร มีปริมาณเมล็ดแตกต่ำ แต่เปลือกปะปนมากับเมล็ดกาแฟกะลามีปริมาณมาก ไม่ไหลออกทางช่องออกเปลือกที่อยู่ปลายทาง ผลกาแฟสดที่ไม่สุกหรือเมล็ดเขียวที่ปะปนมาซึ่งค่อนข้างแข็งจะไม่ถูกลอกเปลือกจะไหลแยกออกมาทางช่องออกเปลือก ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องคัดแยกออกจากเมล็ดกาแฟเมือกอยู่แล้วเพื่อให้ได้กาแฟที่มีคุณภาพ จากปัญหาเปลือกกาแฟปะปนมากับเมล็ดกาแฟเมือก จึงได้ทำการออกแบบสร้างชุดตะแกรงโยกเพื่อแยกเปลือกจากกาแฟกะลาเมือก (รูปที่ 15) โดยใช้ตะแกรงรูยาว 8 x 20 มม. และนำไปติดตั้งเข้ากับเครื่อง ผลการทดสอบพบว่า ไม่สามารถแยกเปลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยังคงมีเปลือกปะปนกับกาแฟกะลาเมือกเป็นปริมาณมาก จึงได้หยุดการทดสอบต้นแบบนี้ อย่างไรก็ตามข้อดีของเครื่องลอกเปลือกแบบนี้มีปริมาณเมล็ดแตกค่อนข้างต่ำ จึงควรมีการศึกษาพัฒนาต่อไป



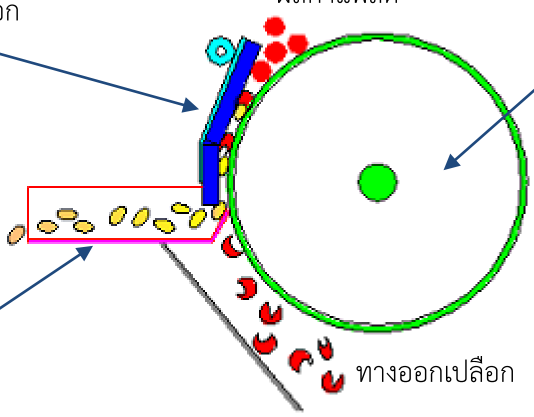
รูปที่ 14 ต้นแบบเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดแบบแกนทรงกระบอกแนวนอนติดริ้ว

รูปที่ 15 ต้นแบบเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดแบบแกนทรงกระบอกแนวนอนติดริ้วพร้อมตะแกรงโยก

2. เครื่องลอกเปลือกแบบลูกสีทรงกระบอกแนวนอนมีชุดควบคุมการสีแบบแผ่นยาง ได้ทำการออกแบบสร้างเฉพาะชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบแผ่นยาง และนำมาติดตั้งเข้ากับเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดที่เกษตรกรนิยมใช้ โดยแทนที่ชุดควบคุมการลอกเปลือกเดิมที่ติดมากับเครื่อง เครื่องลอกเปลือกที่เลือกไว้มีลูกสีทรงกระบอกหุ้มด้วยตะแกรงลอกเปลือก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 196 มม. ยาว 272 มม. หมุนด้วยความเร็ว 260 รอบ/นาที (2.67 เมตร/วินาที) ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า มีชุดควบคุมการสีหรือลอกเปลือกทำด้วยเหล็กหล่อ โดยมีช่องสีจำนวน 2 ช่อง ชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบแผ่นยาง ที่ออกแบบสร้างประกอบด้วย 2 ส่วน (รูปที่ 16) คือ ชุดแผ่นยางและช่องทางออกกาแฟเมือก ชุดแผ่นยางทำด้วยเหล็กติดเสริมด้วยยางแผ่นหนา 10 มม. ตลอดความยาวของลูกสี ทำให้ผลกาแฟถูกสีลอกเปลือกได้เต็มหน้าของลูกสี สามารถปรับระยะห่างระหว่างแผ่นยางกับลูกสีได้ ช่องทางออกกาแฟเมือกทำด้วยเหล็กพับลักษณะเป็นราง

การทดสอบเบื้องต้นเปรียบเทียบชุดควบคุมการลอกเปลือกทั้งสองแบบในการลอกเปลือกกาแฟผลสดโดยใช้ตัวอย่างกาแฟอาราบิก้า ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูง เชียงราย (รูปที่ 17) พบว่าเมื่อใช้ชุดควบคุมการสีแบบเดิมทำด้วยเหล็กหล่อ มีความสามารถในการทำงาน 768 กก./ชม. และมีเมล็ดแตก 2.32 % (ตารางที่ 1) ขณะที่ชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบแผ่นยาง สามารถเพิ่มอัตราการทำงานเป็น 1146 - 1407

กก./ชม. และมีเมล็ดแตกลดลงเหลือ 0.5 - 1.14 (อัตราการป้อนน้อยและมาก) อย่างไรก็ตามเมล็ดกาแฟเมือกที่ได้จากการใช้ชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบแผ่นยาง มีเปลือกปะปนออกมามากกว่าแบบเหล็กหล่อเล็กน้อย



รูปที่ 16 ชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบแผ่นยาง

รูปที่ 17 ทดสอบชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบแผ่นยางที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย

ตารางที่ 1 ผลทดสอบเปรียบเทียบชุดควบคุมการลอกเปลือก ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย

รายการ	**เหล็กหล่อ**	**แผ่นยาง (ป้อนมาก)**	**แผ่นยาง (ป้อนน้อย)**
ผลได้เมล็ดกาแฟเมือก (%)	59.38	57.71	57.41
เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก (%)	2.32	1.14	0.50
อัตราการทำงาน (กก./ชม.)	768	1408	1146
ความสามารถการใช้พลังงาน*	1058	1902	1612

* หน่วยเป็น กิโลกรัม/หน่วยไฟฟ้า (kg/kW-h)

ปรับปรุงชุดชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบแผ่นยางของเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดให้สามารถปรับใช้งานได้สะดวกขึ้น และนำไปทดสอบ ที่กลุ่มแปรรูปกาแฟสวนยาหลวง บ้านสันเจริญ จ.น่าน ผลการทดสอบมีเปอร์เซ็นต์การสีเฉลี่ย 76% ปริมาณเมล็ดแตก 2.5% เปลือกปนกาแฟเมือก 8.8% อัตราการทำงาน 1323 กก./ชม. และมีประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า 1,879 kg/kW-h

ตารางที่ 2 ผลทดสอบชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบแผ่นยาง ที่กลุ่มแปรรูปกาแฟสวนยาหลวง บ้านสันเจริญ จ. น่าน

รายการ	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**เฉลี่ย**
เปอร์เซ็นต์การสี (%)	88.7	75.1	73.8	83.4	73.2	74.7	76.0
เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก (%)	0.6	2.1	3.4	1.3	4.2	1.5	2.5
เปอร์เซ็นต์เปลือก (%)	12.4	10.0	7.9	8.1	9.4	8.7	8.8
อัตราการทำงาน (กก./ชม.)	1526	1241	1305	1188	1280	1397	1323
ความสามารถการใช้พลังงาน*	2102	1709	1853	1742	1818	2048	1879

* หน่วยเป็น กิโลกรัม/หน่วยไฟฟ้า (kg/kW-h)

รูปที่ 18 ทดสอบชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบแผ่นยางที่กลุ่มแปรรูปกาแฟสวนยาหลวง บ้านสันเจริญ จ.น่าน

การทดสอบเปรียบเทียบชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบแผ่นยางกับแบบเดิมที่ทำด้วยเหล็กหล่อ ที่วิสาหกิจชุมชน กลุ่มแปรรูปกาแฟสวนยาหลวง บ้านสันเจริญ จ.น่าน ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 3 ชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบเหล็กหล่อมีเปอร์เซ็นต์การสี 80.8% ขณะที่แบบแผ่นยางมีเปอร์เซ็นต์การสีเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ 64.1% สาเหตุหนึ่งมาจากตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองนี้มีผลกาแฟสดยังไม่สุกแก่เต็มที่มาก ซึ่งผลกาแฟเหล่านั้นมีเนื้อค่อนข้างแข็งทำให้การลอกเปลือกยากขึ้น โดยเฉพาะแบบแผ่นยางที่มีความยืดหยุ่น ขณะที่แบบเหล็กหล่อ ผลกาแฟถูกบังคับรีดไปตามช่องสีที่ขนาดแคบลงรวมทั้งมีผนังแข็ง ทำให้เกิดแรงบีบอัดผล

กาแฟมากกว่า จนทำให้เมล็ดกาแฟปลิ้นออกจากเปลือกได้ ข้อเสียอีกหนึ่งด้านของชุดลอกเปลือกแบบแผ่นยาง คือมีปริมาณเปลือกปนกาแฟเมือกมากกว่าแบบเหล็กหล่อ โดยมีเปอร์เซ็นต์เปลือกมากขึ้นจาก 3.8% เป็น 15.0% ทั้งนี้เพราะช่วงที่แยกเปลือกออกจากเมล็ดกาแฟที่ลอกเปลือกแล้วมีเพียงจุดเดียว ขณะที่แบบเหล็กหล่อ เปลือกจะถูกเล็บตะแกรงจิกดึงแยกออกไปตามทางของช่องสี ข้อดีของชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบแผ่นยางมีอัตราการทำงานสูง 1456 กก/ชม ส่วนแบบเหล็กหล่อมีอัตราการทำงาน 844 กก/ชม คิดเป็นอัตราการทำงานเพิ่ม 72% โดยมีความสามารถด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า 1,910 kg/kW-h ซึ่งทำให้ลดค่าไฟฟ้าลงได้ 62% และมีการสูญเสียเนื่องจากเมล็ดแตกน้อยกว่า โดยเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกลดลงจาก 4.5% เหลือ 0.9%

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบแผ่นยางกับแบบเหล็กหล่อ ที่กลุ่มแปรรูปกาแฟสวนยาหลวง บ้านสันเจริญ จ.น่าน

รายการ	แบบเหล็กหล่อ				แบบแผ่นยาง			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
เปอร์เซ็นต์การสี (%)	77.7	79.7	85.0	80.8	61.6	68.0	62.7	64.1
เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก (%)	2.9	6.2	4.4	4.5	0.4	1.5	0.6	0.9
เปอร์เซ็นต์เปลือก (%)	2.7	3.6	5.2	3.8	12.8	12.6	19.7	15.0
อัตราการทำงาน (กก./ชม.)	871	829	832	844	1460	1431	1478	1456
ความสามารถการใช้พลังงาน*	1200	1142	1146	1162	1896	1913	1920	1910

* หน่วยเป็น กิโลกรัม/หน่วยไฟฟ้า (kg/kW-h)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดแบบเกษตรกรที่เป็นแบบทรงกระบอกหมุนแนวนอน โดยออกแบบสร้างชุดควบคุมการลอกเปลือกแบบแผ่นยางและนำมาประยุกต์ใช้แทนชุดควบคุมแบบเดิมที่เป็นช่องสีทำด้วยเหล็กหล่อ สามารถเพิ่มอัตราการทำงาน ประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ 62% และลดการสูญเสียจากเมล็ดกาแฟแตก แต่ก็มีข้อเสียด้านเปอร์เซ็นต์การสี โดยมีปริมาณผลกาแฟที่ไม่ลอกเปลือกหรือลอกเปลือกไม่หมด รวมทั้งมีเปลือกปะปนมากับเมล็ดกาแฟเมือกสูงกว่าแบบเดิม จากการสังเกตุถ้านำผลกาแฟสดที่มีความสุกแก่เหมาะสมมาทำการสี ปริมาณผลกาแฟที่ไม่ลอกเปลือกและลอกเปลือกไม่สมบูรณ์จะมีน้อย

ข้อเสนอแนะในการใช้เครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด นอกจากเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่มีความสุกแก่เหมาะสมควรมีการคัดผลสดกาแฟให้มีขนาดสม่ำเสมอก่อนนำมาสีด้วยเครื่องจะทำให้การปรับควบคุมการสีง่ายขึ้น ช่วยลดปริมาณเมล็ดแตก รวมทั้งควรติดตั้งตะแกรงหลังจากทำการสี เพื่อคัดแยกเปลือก ผลกาแฟที่ไม่ลอกเปลือกและลอกเปลือกไม่สมบูรณ์ออกจากเมล็ดกาแฟเมือก และนำไปสีซ้ำ จะช่วยลดปัญหาเปลือกปะปนกับเมล็ดกาแฟเมือก ทำให้ผลิตผลมีคุณภาพ ประหยัดเวลาและแรงงานในการคัดแยกในภายหลัง

ควรมีการพัฒนาเครื่องลอกเปลือกแบบทรงกระบอกแนวนอนที่มีชุดขัดสีแบบแผ่นยางโดยเฉพาะ ซึ่งในการทดลองนี้เป็นการออกแบบเฉพาะชุดขัดสีแบบแผ่นยางและนำมาประยุกต์ใช้แทนชุดขัดสีแบบเหล็กหล่อของเครื่องลอกเปลือกที่เกษตรกรใช้ และทำการทดสอบ ดังนั้นขนาดและลักษณะของลูกสีจึงเป็นข้อจำกัด นอกจากนี้ควรมีการศึกษาและพัฒนาเครื่องลอกเปลือกแบบแกนสีทรงกระบอกแนวนอนติดริ้วที่ให้ผลปริมาณเมล็ดแตกค่อนข้างต่ำ ให้มีประสิทธิภาพ สามารถลดปัญหาเปลือกปะปนมากับเมล็ดกาแฟเมือกที่มีปริมาณสูง

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ได้รูปแบบการปรับปรุงเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดที่ใช้ปัจจุบันให้มีความสามารถในการทำงานสูงขึ้น และประหยัดพลังงาน นำไปทดสอบ สาธิตการใช้งานที่กลุ่มเกษตรกร

11. คำขอบคุณ

ขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.ปทุมธานี ที่ช่วยในการสร้างและทดสอบเครื่องต้นแบบ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ขุนวาง ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย กลุ่มแปรรูปกาแฟสวนยาหลวง บ้านสันเจริญ จ.น่าน ที่อนุเคราะห์วัสดุทดลอง และอำนวยความสะดวกเป็นอย่างดีในระหว่างการทดสอบ

12. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547. เอกสารวิชาการ ”กาแฟ” ลำดับที่ 17 ปี พ.ศ. 2547. 80 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2553. เอกสารวิชาการ การจัดการองค์ความรู้ของสถาบันวิจัยพืชสวนในปี 2553 “เทคโนโลยีการผลิตกาแฟแบบครบวงจร”

พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์ และบัณฑูรย์ วาฤทธิ์. 2542. การปลูกและผลิตกาแฟอาราบิก้าที่สูง. ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 229 หน้า.

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

พิมล วุฒิสินธุ์. 2553.การพัฒนาเครื่องลอกเปลือกสดพร้อมขัดเมือกขนาดที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการ. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

เวียง อากรชี. 2548. การออกแบบและพัฒนาเครื่องสีเปลือกสดกาแฟอาราบิก้า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Bendig. 2001. “Wet Process” [Online]. Avilable:
http://www.bendig.co.cr/products/wet.html. (15 November 2001)

Clarke, R.J., and Macrae, R. 1987. COFFEE Volume 2 TECHNOLOGY. Elsevier Science Publishing, New York. 321 pp.

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

William H. Ukers. 1922. All About Coffee. The Tea and Coffee Trade Journal Company. Newyork. Web Books Publishing.
http://www.web-books.com/Classics/ON/B0/B701/26MB701.html. 24 มิถุนายน 2553.

13. ภาคผนวก

-