

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนากาแฟ
2. โครงการวิจัย : วิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร
กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกระดับเกษตรกร
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) :
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกระดับเกษตรกร
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Research and Development of Arabica coffee De-mucilage Machine for Farmer Group

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นายจิรวุฒิ เจียตระกูล	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
ผู้ร่วมงาน	นายปรีชา อานันท์รัตนกุล	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายมานพ รักญาติ	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายวิบูลย์ เทเพนทร์	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

5. บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิก้า มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกาให้เหมาะสมกับการใช้งานระดับเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็ก สำหรับใช้ในกระบวนการแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกาเพื่อผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ สามารถใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพ ต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟเป็นแบบแกนขัดเมือกแนวตั้งหมุนอยู่ในสื่อตะแกรงโดยมีการใช้น้ำช่วยในการขัดล้างเมือก ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า จากผลการทดสอบได้เลือกแบบแกนขัด P22T6 (ก้านทวนเป็นเหล็กกลมลบมุมความยาวก้าน 22 มิลลิเมตร จำนวน 6 ก้านต่อแถว) หมุนที่ความเร็ว 4.99 เมตรต่อวินาที มีอัตราการทำงานในการขัดเมล็ดกะลา เมือก 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นผลสดประมาณ 1,300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตก หลังจากขัดเมือก 1.9 เปอร์เซ็นต์ ได้เมล็ดกาแฟกะลาที่สะอาดปราศจากเมือก สามารถนำไปตากได้ทันที

Abstract

The prototype of the coffee de-mucilage machine was developed to more efficient and suitable for farmer group level. It is a vertical upward-flow type, de-mucilage by stirring rod inside the cylindrical sieve with water support cleaning of mucus and powered by 2-hp single phase electric motor. Various types of stirring rods were studied and tested in different conditions. The prototype of P22T6 (round end teeth length 22 mm. and has 6 stalks per row) with a rotation speed of 4.99 m/s was selected. The evaluation result shows a capacity of 701 kg/h, mucilage parchment equivalent to around 1,300 kg/h fresh cherry, 1.9 per cent of damage kernel and readily to sun drying.

6. คำนำ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทยที่ทำรายได้ให้เกษตรกรปีละประมาณ 3,000 ล้านบาท โดยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (ปี 2549-2553) ตลาดมีการขยายตัวอย่างมาก ทำให้ความต้องการใช้เมล็ดกาแฟของโรงงานแปรรูปกาแฟในประเทศไทยเพิ่มขึ้นจาก 47,000 ตัน ในปี 2549 เป็น 67,000 ตัน ในปี 2555 ในขณะที่เดียวกันผลผลิตกาแฟในประเทศกลับลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากราคาตกต่ำเป็นเวลานาน ทำให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่นแทน เช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมัน และไม้ผล เนื้อที่ที่ให้ผลจึงลดลงจาก 429,878 ไร่ ในปี 2549 เหลือเพียง 279,060 ไร่ ในปี 2556 ส่งผลให้ผลผลิตลดลงจาก 55,660 ตัน ในปี 2550 เหลือเพียง 38,140 ตัน ในปี 2556 โดยพันธุ์ที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์โรบัสต้าร้อยละ 78 แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคใต้ ได้แก่ จังหวัด ชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ นครศรีธรรมราช พังงา ส่วนพันธุ์อะราบิกามีเพียงร้อยละ 22 แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำปาง น่าน แพร่ ตาก จึงทำให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของโรงงานแปรรูปกาแฟที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีการนำเข้าจากต่างประเทศเพิ่มขึ้นด้วย

กาแฟไทยได้รับการยอมรับในด้านคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ แต่ต้นทุนการผลิตของไทยอยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับคู่แข่ง ทำให้แข่งขันกับประเทศคู่แข่งไม่ได้ในเรื่องราคาเมล็ดกาแฟ สาเหตุที่ต้นทุนของไทยสูงเนื่องจากมีผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่า ประกอบกับค่าแรงของไทยสูงกว่าของเวียดนามและประเทศเพื่อนบ้าน การเก็บเกี่ยวประสบปัญหาค่าแรงงานสูงและขาดแคลนแรงงาน การนำเครื่องจักรกลเข้ามาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการผลิตเป็นทางหนึ่งที่สามารถ

ลดต้นทุนได้ เครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการแปรรูปกาแฟผลสดบางส่วนต้องปรับปรุงพัฒนาให้มีประสิทธิภาพ และบางส่วนยังขาดอยู่ในการผลิตเมล็ดกาแฟคุณภาพ

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

อย่างไรก็ตามยังมีเกษตรกรและกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟขนาดเล็กจำนวนมากที่ทำการแปรรูปสดอยู่ในปัจจุบัน การนำเครื่องจักรดังกล่าวข้างต้นมาใช้ไม่เหมาะสมเพราะราคาสูง ไม่คุ้มทุน และมีข้อจำกัดเรื่องแหล่งจ่ายไฟฟ้า เครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟที่ผลิตในประเทศเป็นเครื่องขนาดเล็ก ราคาถูก ที่นิยมใช้แพร่หลาย คือเครื่องลอกเปลือกสด สำหรับเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟมีการผลิตจำหน่ายแต่ไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากทำให้เมล็ดกาแฟแตกเสียหายมาก ดังนั้นการพัฒนาเครื่องให้เหมาะสมมีประสิทธิภาพและราคาถูก เกษตรกรสามารถลงทุนได้ ก็จะมีส่วนช่วยส่งเสริมให้มีการแปรรูปผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพโดยรวม และเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือเครื่องจักรกลที่มีการผลิตและใช้ในต่างประเทศ ที่ช่วยลดต้นทุนการผลิต หรือช่วยเสริมในกระบวนการแปรรูปผลสดกาแฟเพื่อผลิตเมล็ดกาแฟคุณภาพ แต่ยังไม่มีการนำเข้ามาใช้หรือศึกษา เช่น เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ และ เครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน/ผลเขียว เป็นต้น

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ
2. เครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด ขนาด 400 -500 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง
3. ผลกาแฟสด
4. เครื่องวัดความเร็วรอบ
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องชั่ง
7. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า

วิธีการ

วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแพะราบิการะดับเกษตรกร

การทดลองนี้คือการออกแบบสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแพะราบิการให้เหมาะสมกับการใช้งานระดับเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็ก ที่สามารถใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่าย มีประสิทธิภาพ ราคาถูก ใช้แรงงานน้อย และจำกัดขนาดต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าไม่เกิน 2 แรงม้า มีความสามารถในการทำงานประมาณ 400 กิโลกรัมต่อชั่วโมง รวมทั้งมุ่งเน้นให้มีการใช้น้ำช่วยในกระบวนการผลิตน้อย ทำให้เครื่องสามารถใช้งานได้แม้ว่าสถานที่ตั้งจะมีแหล่งน้ำจำกัด

1) ออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแพะแบบแกนขัดหมุนในแนวตั้ง โดยป้อนกาแพะเข้าทางด้านล่างและไหลออกทางด้านบน แกนขัดทำด้วยท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร ยาว 570 มิลลิเมตร และติดด้วยก้านกวนเมล็ดกาแพะรอบแกน ส่วนล่างของแกนขัดเป็นใบเกลียวทำหน้าที่ลำเลียงเมล็ดกาแพะจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน แกนขัดหมุนอยู่ในเสื้อตะแกรงทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตร ทำด้วยแผ่นตะแกรงสแตนเลส ขนาดรู 2 x 20 มิลลิเมตร โดยจัดวางรูตะแกรงในแนวตั้ง มีท่อน้ำเจาะรูติดกับผนังตะแกรงด้านบนสำหรับการให้น้ำช่วยในการขัดล้างเมือกโดยไม่ใช้ปั๊มน้ำ ความสูงของช่องทางออกของเมล็ดกะลาที่ขัดล้างเมือกแล้วสามารถปรับระยะได้ ทำให้สามารถควบคุมระดับการขัดล้างเมือกได้

2) ทดสอบเบื้องต้น แกะไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ

3) ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องต้นแบบ วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการขัดล้างเมือก คุณภาพเมล็ดกาแพะกะลา ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน และปริมาณการใช้น้ำ โดยทำการทดลองเปรียบเทียบปัจจัยศึกษาต่างๆ 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

ความสูงของช่องทางออกของเมล็ดกะลาหลังขัดล้างเมือก

4) ปรับปรุงต้นแบบและทดสอบการ ใช้งานในพื้นที่เป้าหมาย โดยเลือกต้นแบบที่มีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากผลทดสอบมาทำการปรับปรุง และทดสอบการใช้งานระยะยาว

5) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

การบันทึกข้อมูล

น้ำหนักผลกาแฟสุกก่อนทำการลอกเปลือกด้วยเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด
เวลาที่ใช้ในลอกเปลือกด้วยเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด
น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาเมื่อ
น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาเมื่อแตก
เวลาที่ใช้ในขัดล้างเมล็ดด้วยต้นแบบเครื่องขัดล้างเมื่อ
น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาหลังการขัดล้างเมล็ดด้วยต้นแบบ
คุณภาพและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาแตกหลังการขัดล้างเมล็ดด้วยต้นแบบ
ปริมาณน้ำที่ใช้ในการขัดล้างเมล็ดด้วยต้นแบบ
กระแสไฟฟ้าใช้ในการขัดล้างเมล็ดด้วยต้นแบบ (แอมแปร์)
ความเร็วของแกนขัดล้างเมล็ดต้นแบบ (เมตรต่อวินาที)
ระดับความสูงของช่องทางออกของเมล็ดกะลาที่ขัดล้างเมล็ดแล้ว (มิลลิเมตร)

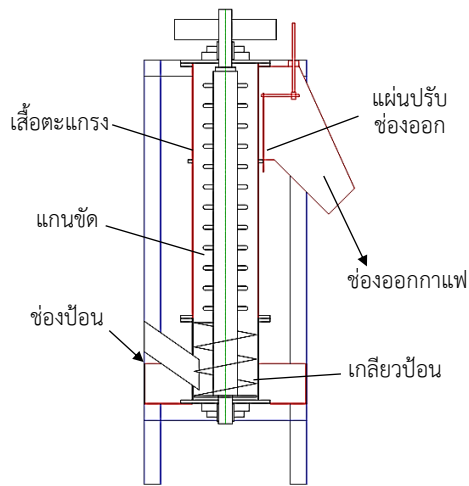
เวลาและสถานที่

เริ่มดำเนินการวิจัย ตุลาคม 2558 - กันยายน 2561
สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล
กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ชุนวาง
ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย
กลุ่มเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ได้ดำเนินการออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องขัดล้างเมล็ดกาแฟให้มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานระดับเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็ก ทดสอบเบื้องต้น ปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องต้นแบบเครื่องขัดล้างเมล็ดกาแฟเป็นแบบแกนขัดหมุนในแนวตั้ง (รูปที่ 1) โดยป้อนกาแฟเข้าทางด้านล่างและไหลออกทางด้านบน แกนขัดทำด้วยท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร ยาว 570 มิลลิเมตร และติดด้วยก้านกวนเมล็ดกาแฟรอบแกน ส่วนล่างของแกนขัดเป็นใบเกลียวทำหน้าที่ลำเลียงเมล็ดกาแฟจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน แกนขัดหมุนอยู่ภายในเสื้อตะแกรงทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตร ทำด้วยแผ่นตะแกรงสแตนเลส ขนาดรู 2 x 20 มิลลิเมตร โดยจัด

วางรูตะแกรงในแนวตั้ง มีท่อน้ำเจาะรูติดกับผนังตะแกรงด้านนอกสำหรับการให้น้ำช่วยในการขัดล้าง
 เมื่อกโดยไม่ใช่ใช้ปั้มน้ำ ความสูงของช่องทางออกของเมล็ดกะลาที่ขัดล้างเมื่อกแล้วสามารถปรับระยะ
 ได้ระหว่าง 40 -140 มิลลิเมตร ทำให้สามารถควบคุมระดับการขัดล้างเมื่อกได้



รูปที่ 1 ต้นแบบเครื่องขัดล้างเมื่อกกาแฟ

แกนขัดล้างเมื่อกที่สร้างมาเพื่อใช้ศึกษาทดสอบเบื้องต้นมี 5 แบบ (รูปที่ 2) แตกต่างกันใน
 ลักษณะก้านกวนของแกนขัด เช่น ก้านกวนแบบเหล็กกลม และแบบเหล็กเหลี่ยม จำนวนก้านกวน
 เมล็ด 6 และ 8 ก้านต่อแถว (ระยะระหว่างแถวก้านกวน 28 มิลลิเมตร) และความยาวก้านกวนเมล็ด
 2 ขนาด คือ 17 และ 22 มิลลิเมตร รายละเอียดของแกนขัดแบบต่างๆดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 2 แกนขัดแบบต่างๆ ของต้นแบบเครื่องขัดล้างเมื่อกกาแฟที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 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 ผลิตผลเม็ดกะลาเมือกจากเครื่องลอกเปลือกไหลเข้าเครื่องต้นแบบโดยตรงเพื่อทำการขัดล้างเมือก (รูปที่ 3) พบว่า สามารถทำการปรับความสูงของช่องทางออกของเมล็ดจนได้เมล็ดกาแฟกะลาที่สะอาดได้ และทำงานได้ทันกับการทำงานของเครื่องลอกเปลือก ซึ่งมีอัตราการทำงาน 500 - 700 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการขัดล้างเมือกขึ้นอยู่กับอัตราการป้อน ความสูงของช่องออก แบบและความเร็วของแกนขัด อัตราการทำงานของเครื่องลอกเปลือกเปลี่ยนแปลงไปทั้งที่ไม่มีการปรับเครื่อง โดยการลอกเปลือกกาแฟผลใหญ่มีอัตราการทำงานช้ากว่ากาแฟผลเล็ก ก้านกวนแบบเหล็กเหลี่ยมพบว่าเมล็ดกาแฟยังคงมีเมือกหลงเหลืออยู่ และมีเมล็ดกาแฟแตกหักเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีสาเหตุมาจากความคมของเหลี่ยมที่ก้านขัด ดังนั้นจึงเลือกก้านกวนแบบกลมในการพัฒนาและทดสอบ



รูปที่ 3 การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟเบื้องต้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมื่อกกาแพอะราบิก้า ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแฟ บ้านแม่แจ่ม อ.เมืองปาน จ.ลำปาง (รูปที่ 4) โดยเลือกใช้ก้านกวนแบบกลมมีผลการทดสอบดังนี้

แบบแกน P17T6 ที่ความเร็วแกนขัด 4.45m/s เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 848.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 5.53% ความเร็วแกนขัด 4.67 m/s เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 768.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 1.78% ความเร็วแกนขัด 5.19 m/s เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 779.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 3.23%

แบบแกน P17T8 ที่ความเร็วแกนขัด 4.45m/s เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 719.58 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 2.92% ความเร็วแกนขัด 4.67 m/s เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 776.03 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 3.52% ความเร็วแกนขัด 5.19 m/s เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 751.17 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 4.93%

แบบแกน P22T6 ที่ความเร็วแกนขัด 4.66 m/s เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 807.01 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 3.95% ความเร็วแกนขัด 4.99 m/s เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 842.84 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 1.23% ความเร็วแกนขัด 5.24 m/s เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 838.47 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 2.75%

แบบแกน P22T8 ที่ความเร็วแกนขัด 4.66 m/s เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 852.41 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 1.63% ความเร็วแกนขัด 4.99 m/s เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 851.86 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 4.95% ความเร็วแกนขัด 5.24 m/s เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 844.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ตกหลังจากขัดเมือก 3.96% ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเครื่องขัดล้างเมือกกาแพะราบิก้า ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแฟบ้านแม่แจ่ม อ.เมืองปาน จ.ลำปาง

แบบแกนขัด	ความเร็วแกนขัด (m/s)	ความสามารถ เฉลี่ย (กก./ชม.)	% เฉลี่ย เมือกแตกหลังขัดเมือก
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

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแพะราบิก้าทั้ง 4 แบบ แบบแกนที่ 3 (P22T6) ที่ความเร็วแกนขัด 4.99 m/s ให้ผลทดสอบดีกว่าแบบแกนอื่นๆ มีเปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 1.23% ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 842.84 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 4 ทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแพะราบิก้า ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแฟบ้านแม่แจ่ม อ.เมืองปาน จ.ลำปาง

จากผลการทดสอบเครื่องฯ ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแฟบ้านแม่แจ่ม อ.เมืองปาน จ.ลำปาง จึงเลือกใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขัด 4.99 m/s ที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดที่สุดมาทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ที่ไร่เกษตรกร บ้านป้อก อ.แม่ฮอน จ.เชียงใหม่ (รูปที่ 5) ผลการทดสอบพบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 701 กิโลกรัม/ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหลังขัดเมล็ด 1.90% ผลการทดสอบดังตารางที่ 3 และได้เมล็ดกะลาเมล็ดแห้งที่ได้จากการทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมล็ดกาแฟดังแสดงในรูปที่ 6

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเครื่องขัดล้างเมล็ดกาแฟอะราบิกา โดยใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขัด 4.99 m/s สถานที่ทดสอบ ไร่เกษตรกรบ้านป้อก อ.แม่ฮอน จ.เชียงใหม่

ซ้ำที่	ความสามารถในการทำงาน (กก./ชม.)	เมล็ดแตกหลังขัดเมล็ด (%)
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 5 ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องขัดล้างเมล็ดกาแฟอะราบิกา ที่ไร่เกษตรกร บ้านป้อก อ.แม่ฮอน จ.เชียงใหม่



รูปที่ 6 เมล็ดกาแฟเขียวแห้งที่ได้จากการทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมล็ดกาแฟ

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมล็ดกาแฟอาราบิก้า 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) ที่ความเร็วแกนขัด 4.99 m/s มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมล็ด 1.9% ซึ่งน้อยกว่าแกนขัดแบบอื่นๆ (ทั้งนี้ความสามารถในการทำงานและเปอร์เซ็นต์แตกขึ้นอยู่กับขนาดของเมล็ดกาแฟด้วย) ซึ่งทำงานได้ทันกับการทำงานของเครื่องลอกเปลือก ซึ่งมีอัตราการทำงาน 500 - 700 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง ได้เมล็ดกาแฟกะลาที่สะอาดสามารถนำไปตากได้ทันที ช่วยลดขั้นตอน ประหยัดแรงงานและเวลาในการกำจัดเมล็ดเมื่อเทียบกับวิธีหมักตามธรรมชาติในบ่อหมักซึ่งใช้เวลานาน

การแตกหักของเมล็ดกาแฟส่วนมากเกิดขึ้นในขั้นตอนการลอกเปลือกด้วยเครื่องสีเปลือกสดมากกว่าในขั้นตอนขัดล้างเมล็ดด้วยเครื่อง มีสาเหตุมาจากการปรับตั้งระยะของเครื่องลอกเปลือกกาแฟไม่เหมาะสมกับขนาดของผลกาแฟ จากการสังเกตกาแฟผลใหญ่จะมีปริมาณเมล็ดแตกในขั้นตอนนี้สูงกว่ากาแฟผลเล็ก รวมทั้งมีอัตราทำงานต่ำกว่ากาแฟผลเล็ก ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการขัดเมล็ดของเครื่องขัดล้างเมล็ดด้วย ดังนั้นจึงควรมีคัดขนาดของผลกาแฟก่อนการลอกเปลือก และทำการปรับตั้งระยะของเครื่องลอกเปลือกให้เหมาะสม รวมทั้งมีการจัดการคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่ดี

เช่น การเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่สุกแก่สม่ำเสมอ การลายน้ําผลกาแฟ เป็นต้น จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำงาน พบว่าเครื่องต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิก้ามีราคาเครื่องที่ 45,000 บาท มีต้นทุนค่าใช้จ่าย 0.23 บาทต่อกิโลกรัมกาแฟ ดังนั้นกลุ่มเกษตรกรแปรรูปกาแฟควรมีปริมาณการขัดล้างเมือกกาแฟด้วยเครื่องต้นแบบฯไม่ต่ำกว่า 134,550 กิโลกรัม/ปี หรือคิดเป็นการใช้งานเครื่องต้นแบบฯเป็นเวลา 1.05 ปีจึงจะคุ้มทุน (1 ฤดูกาล) การใช้งานเครื่องขัดล้างเมือกสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้โดยเพิ่มชั่วโมงการทำงาน ขณะที่วิธีหมักไม่สามารถกระทำได้อากบ่อหมักมีจำนวนจำกัด

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยนี้คาดว่าจะนำไปใช้ประโยชน์ในปี 2563 กลุ่มเป้าหมายคือ เกษตรกร กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ ผู้รวบรวมเมล็ดกาแฟ ผู้ประกอบการแปรรูปสดกาแฟ และโรงงานผู้ผลิตเครื่องจักรกล

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.ปทุมธานี สำหรับการสร้างและทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ศูนย์วิจัยพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแฟบ้านแม่แจ่ม อ.เมืองปาน จ.ลำปาง และเกษตรกร บ้านปือก อ.แม่ฮอน จ.เชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ วัสดุทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทดสอบเครื่องในพื้นที่ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

12. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. เทคโนโลยีการผลิตกาแฟแบบครบวงจร. เอกสารวิชาการการจัดการองค์ความรู้ของสถาบันวิจัยพืชสวนในปี 2553.

พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์ และบัณฑิต วาฤทธิ. 2542. การปลูกและผลิตกาแฟอะราบิกาที่สูง. ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 229 หน้า.

พิมล วุฒิสินธุ์. 2555. ศึกษาและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟกะลา. เอกสารการประชุมวิชาการ อารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 10. วันที่ 22-24 กุมภาพันธ์ 2555. ณ โรงแรมคุ้มภูคำ เรสซิเดนซ์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่.

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

เวียง อากรชี. 2548. การออกแบบและพัฒนาเครื่องสีเปลือกสดกาแฟอะราบิกา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เวียง อากรชี พิมล วุฒิสินธุ์ และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2542. การพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟอะราบิกาแบบถังกลมทรงกระบอกหมุนในแนวนอน. เอกสารรายงานผลการวิจัย. กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

_____. 2011. Coffee Picking Machine. แหล่งที่มา : <http://giacaphe.com/23598/video-buoi-thu-nghiem-may-hai-ca-phe-bang-tay/> (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

IMSA Villa Rica. ม.ป.ป. Greens and Dry Separator. แหล่งที่มา : <http://www.imsacafe.com/ingles/separadorasdecafe.html> (สืบค้นเมื่อวันที่ 18 มี.ค. 2557)

Marshall Fowler Engineers India (P) Ltd.. ม.ป.ป. Green Cherry Separator Machinery. แหล่งที่มา : <http://www.dryermanufacturer.com/coffee-wetprocessing-machinery.html> (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

Pinhalense. ม.ป.ป. Green Cherry Separator. แหล่งที่มา : http://www.pinhalense.com.br/en equipments.php?subcategoria=90&nome_subcategoria=Pulping&id_segmento=1&segmento=Coffee (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

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

Vinanhtrang Engineering. ม.ป.ป. Cherry Pulper and Separator. แหล่งที่มา : <http://www.vinanhtrang.vn/wet-coffee-processing-system/cherry-pulper-and-separator/296/349> (สืบค้นเมื่อวันที่ 18 มี.ค. 2557)

13. ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

- ค่าเสื่อมราคาเครื่องขัดล้างเมือก

มูลค่าเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ (P) 45,000 บาท

อายุการใช้งาน (N) 10 ปี

มูลค่าเครื่องมือหมดอายุการใช้งาน (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

ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม = $4,500+2,250$ 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 = 4.5×701 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 × 5 × 90	กิโลกรัม/ปี
	= 292,500	กิโลกรัม/ปี
-ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 67,968.5/292,500	กิโลกรัม/ปี
	= 0.23	บาท/กิโลกรัม
<u>การคำนวณจุดคุ้มทุน</u>		
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	= $(\text{มูลค่าเพิ่มสุทธิ/มูลค่าเครื่อง}) \times 100$	%

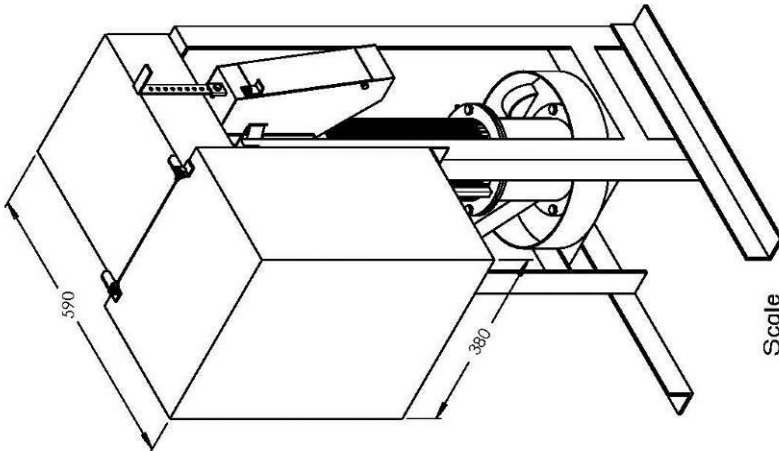
$$= (42,646.5/45,000) \times 100 \quad \%$$

$$= 94.77 \quad \%/ปี$$

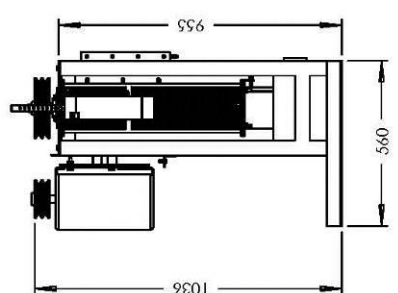
หมายเหตุ: คุ้่มทุนเมื่อเครื่องทำการขัดล้างเมล็ดกาแฟเมื่อ 134,550 กิโลกรัม/ปี คิดเป็นกาแฟผลสด
236,053 กิโลกรัม/ปี

ภาคผนวก ข

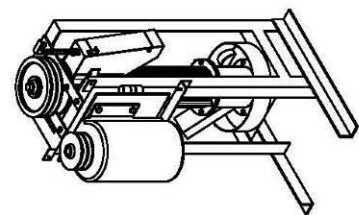
แบบทางวิศวกรรมเครื่องจักรกลล่างเมื่อกาแพ



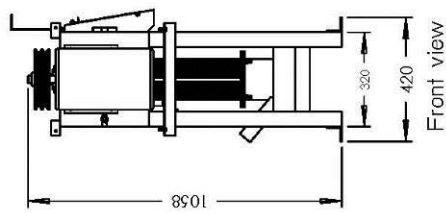
Scale
1:10



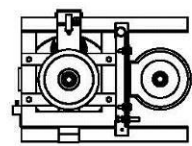
Right view



Isometric

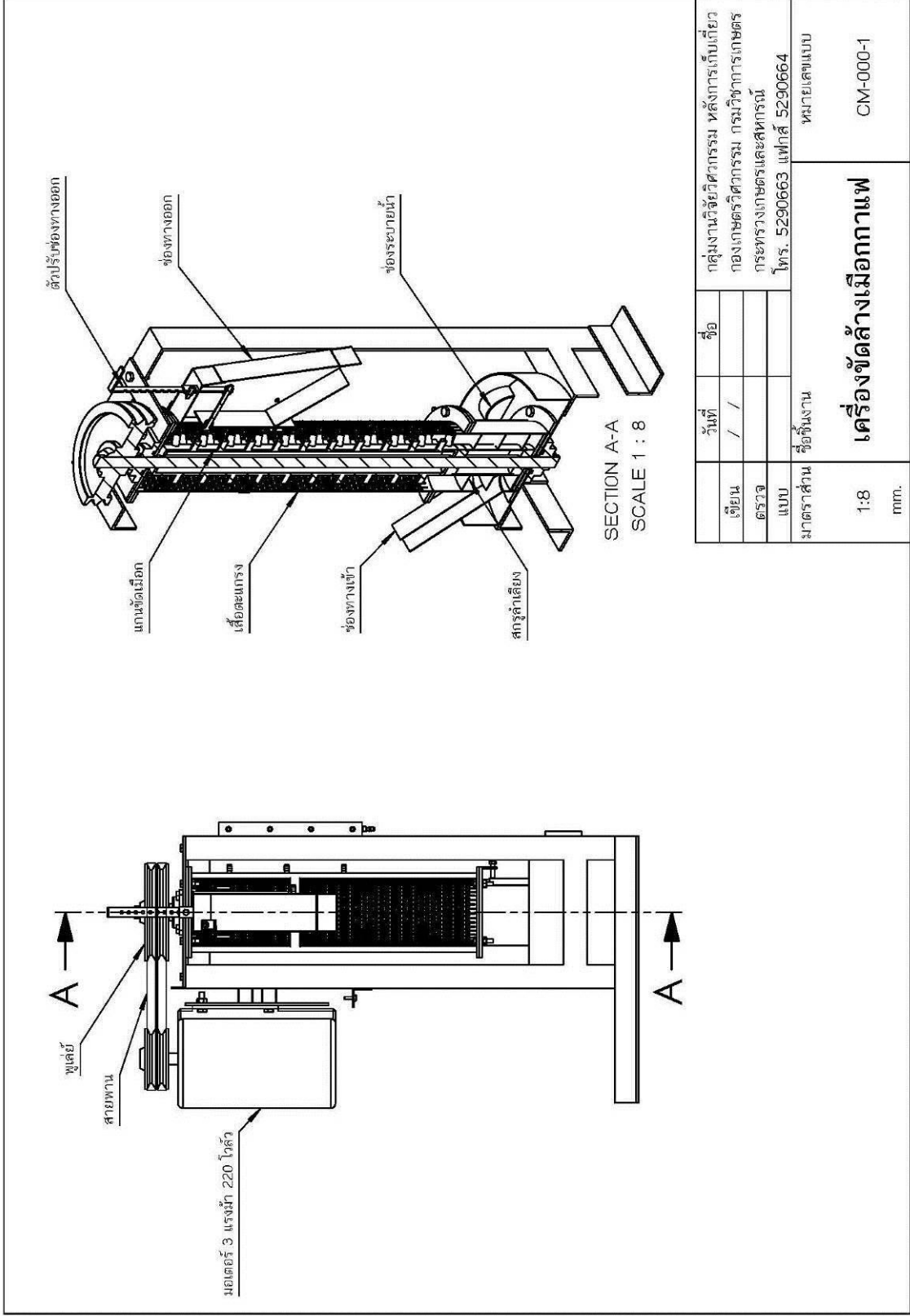


Front view

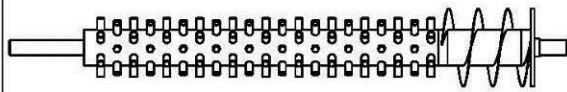


Top view

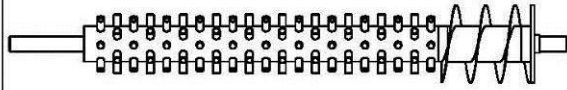
เขียน	วันที่	ชื่อ	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรม หลังการเก็บเกี่ยว กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 5290663 แฟกซ์ 5290664
ตรวจ	/ /		
แบบ			
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน		หมายเลขแบบ
1:20 mm.	เครื่องขัดล้างเมล็ดกาแฟ		CM-000



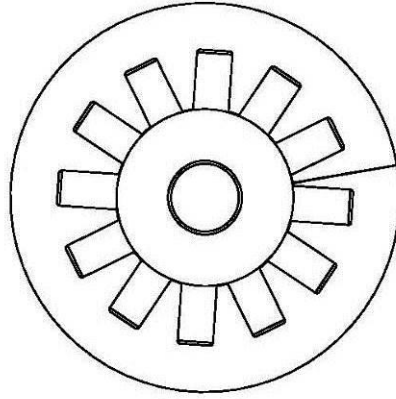
เขียน	วันที่	ชื่อ	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรม หลังการเก็บเกี่ยว กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 5290663 แฟกซ์ 5290664
ตรวจ	/		
แบบ			
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน		หมายเลขแบบ
1:8	เครื่องจัดล้างเมือกกาแฟ		CM-000-1
mm.			



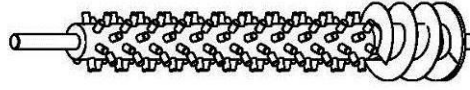
Front view



Right view

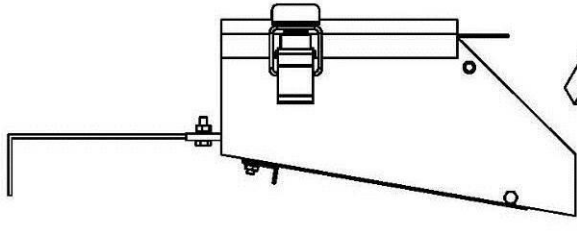


1:2
Top view

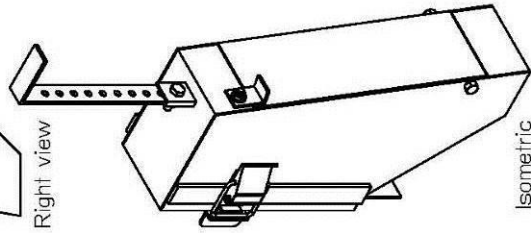


Isometric

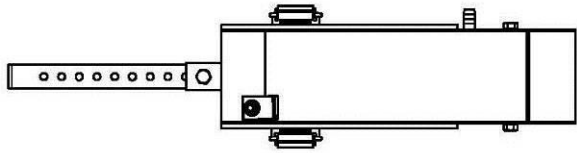
เขียน	วันที่	ชื่อ	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรม หลังการเก็บเกี่ยว กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 5290663 แฟกซ์ 5290664
ตรวจ	/ /		
แบบ			
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน		หมายเลขแบบ
1:10 mm.	แกนจัดเม็อก		CM-002



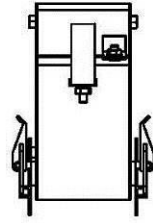
Right view



Isometric



Front view



Top view

เขียน	วันที่	ชื่อ	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรม หลังการเก็บเกี่ยว กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 5290663 แฟกซ์ 5290664
ตรวจ	/ /		
แบบ			
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน		หมายเลขแบบ
1:5 mm.	ช่องทางออก		CM-003