

รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนาพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเฉพาะพื้นที่ภาคเหนือตอนบน
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพมะขามป้อม
 - กิจกรรมที่ 3 : การพัฒนาเครื่องมือแปรรูปสำหรับผลิตภัณฑ์มะขามป้อม
 - กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -
3. ชื่อการทดลองที่ 3.1 : การพัฒนาเครื่องบีบผลมะขามป้อม
 - ชื่อการทดลองที่ 3.1 : Development of Press tool for Indian Gooseberry
4. คณะผู้ดำเนินงาน
 - หัวหน้าการทดลอง : นายสนอง อมฤกษ์ ศวศ.ชม.
 - ผู้ร่วมงาน : นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ ศวศ.ชม.
นายประพัฒน์ ทองจันทร์ ศวศ.ชม.
นายมานพ คันธามารัตน์ ศวศ.ชม.
5. บทคัดย่อ

การทำมะขามป้อมแช่อิ่ม เริ่มจากนำผลมะขามป้อมสดมาล้างทำความสะอาดแล้วทำการบีบ เมื่อบีบเสร็จ นำมะขามป้อมมาลวกในน้ำร้อน จากนั้นเติมน้ำเชื่อมใส่ให้ท่วมมะขามป้อม เก็บรักษาไว้ในห้องเย็น ประมาณ 3-4 วัน แล้วนำไปอบแห้ง การบีบผลมะขามป้อมโดยใช้แรงงานคนอยู่ที่ 10-15 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งได้ปริมาณการบีบน้อยและเกิดความเมื่อยล้า จึงดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบบีบผลมะขามป้อม ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1)ชุดลูกกลิ้ง ประกอบด้วยลูกกลิ้งจำนวน 3 อัน โดยลูกกลิ้งที่ 1 และ 2 มีระยะห่าง 13.0 มิลลิเมตร วางเยื้องกัน 30 องศา และลูกกลิ้งที่ 2 และ 3 มีระยะห่าง 10.5 มิลลิเมตร วางเยื้องกัน 30 องศา 2)โครงเครื่อง มีขนาด ก x ย x ส คือ 720 x 720 x 900 มิลลิเมตร พร้อมมีล้อสำหรับการเคลื่อนย้าย และ 3)ชุดถ่ายทอดกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.746 กิโลวัตต์ เป็นต้นกำลัง ทำงานที่ความเร็วรอบ 40 รอบ/นาที ผล

การทดสอบเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง พบว่ามีความสามารถในการบีบ 250.90 ± 10.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บีบสมบูรณ์ 95.23 ± 2.32 % บีบแตก 2.92 ± 2.84 % ไม่บีบ 1.84 ± 0.98 % นั้นหมายความว่าเครื่องต้นแบบมีความสามารถบีบผลมะขามป้อม ได้เร็วกว่าประมาณ 17 เท่า เมื่อเทียบกับการบีบโดยใช้แรงงานคน โดยต้นแบบเครื่องบีบผลมะขามป้อมมีราคาประมาณ 45,000 บาท ซึ่งมีจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องอยู่ที่ 5,033 กก./ปี

คำสำคัญ: มะขามป้อม, เครื่องบีบผลมะขามป้อม, มะขามป้อมแช่อิ่ม

Abstract

Indian gooseberry compote, Start fresh indian gooseberry to wash and then press. When the press is done, bring indian gooseberry in hot water. Then add the sugar welding to indian gooseberry. Keep in the cold storage for 3-4 days and then dried. The press using human labor was 10-15 kilograms/hour. The amount of press is less and fatigue. The design and create of the prototype of the press tool for indian gooseberry consists of 3 main parts: 1) The roller consists of 3 rollers, 1 and 2 rollers has distance of 13.0 mm, drop 30 degrees apart and 2 and 3 rollers has distance of 10.5 mm, drop 30 degrees apart. 2) The structure was 720 x 720 x 900 mm with wheel for movement and 3) power set using a 0.746 kilowatt electric motor. Working at a speed of 40 rpm. The result after that develop showed that the prototype has capacity at 250.90 ± 10.91 kilograms/hour. The percent of complete press was $95.23 \pm 2.32\%$, the percent of crack press was $2.92 \pm 2.84\%$ and the percent of uncompleted press was $1.84 \pm 0.98\%$. The prototype has the ability to press the indian gooseberry about 17 times faster than manual labor. The prototype was about 45,000 baht, which has a breakeven point of use at 5,033 kilogram/year.

Keywords: Indian Gooseberry, Press tool for Indian Gooseberry, Indian Gooseberry Compote

6. คำนำ

มะขามป้อม (Indian Gooseberry) มีลักษณะ ผลกลม ผิวเรียบ สีเขียวอ่อนค่อนข้างใส มีเส้นพาดตามยาว 6 เส้น เมล็ดภายในสีเขียวเข้ม เนื้อฉ่ำน้ำ รสฝาด เปรี้ยว ขม อมหวาน และมะขามป้อม 1 ผล จะมีวิตามินซีสูงเทียบเท่าส้มสดถึง 2 ผล มะขามป้อมจึงจัดอยู่ในอันดับต้น ๆ ของผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง ทั้งยังมีสารป้องกันการเกิดออกซิเดชันวิตามินซี วิตามินซีจึงคงตัวอยู่ได้นาน ส่วนสารกลุ่มแทนนิน ชื่อ Emplicanins A และ B ที่มีอยู่ใน

มะขามป้อมมีฤทธิ์เหมือนวิตามินซี มีสรรพคุณทางยาทั้งผลสดและผลแห้ง ช่วยแก้ไอและขับเสมหะ รากนำมาต้มน้ำดื่มแก้ไข้ (prayod.com/มะขามป้อม-malacca-tree/, 7/8/2560)

มะขามป้อมเป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้น ขนาดกลาง สูง 8 - 20 เมตร เปลือกนอกสีน้ำตาลอมเทา ใบมีขนาดเล็ก กว้าง 2-3 มม. ยาว 0.8-1.2 ซม. ดอกมีขนาดเล็กแยกเพศติดตามกิ่งก้าน บริเวณโคนกิ่งจะเป็นกระจุกของดอกเพศผู้ ส่วนบนมีดอกเพศเมียออกเดี่ยวๆ ก้านดอกย่อยยาว 0.5-0.6 มม. ผลมีลักษณะกลม ผิวเรียบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 ซม. ผลแก่จะมีสีเขียวอมเหลือง ผิวใส ชุ่มน้ำ มีรสเปรี้ยวและฝาด ชั้นหุ้มเมล็ดแข็ง 3 หน่วย แต่ละหน่วยหุ้ม 2 เมล็ด พบตามป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าสนผสมก่อ ความสูงตั้งแต่ใกล้ระดับน้ำทะเลจนถึงประมาณ 1,500 เมตร ออกดอกและเป็นผลระหว่าง เดือน มกราคม-สิงหาคม (<http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=258>, 7/8/2560)

การแปรรูปมะขามป้อมแช่อิ่มอบแห้ง เริ่มจากนำผลมะขามป้อมสดมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า แล้วทำการบีบด้วยที่บีบกล้วย เมื่อบีบเสร็จให้นำมะขามป้อมไปแช่น้ำสะอาดเพื่อกันการเกิดสีดำ นำมะขามป้อมมาลวกในน้ำเดือดประมาณ 5 นาที ตักขึ้นแช่น้ำเย็น ทำประมาณ 3 ครั้ง เพื่อลดรสฝาด จากนั้นทำน้ำเชื่อมโดยใส่น้ำน้ำตาล เกลือป่น ต้มให้เดือด แล้วยกลงทิ้งไว้ให้เย็น นำมะขามป้อมใส่ภาชนะแช่ แล้วเอาน้ำเชื่อมใส่ให้ท่วมมะขามป้อม เก็บรักษาไว้ในห้องเย็น 3-5 องศาเซลเซียส รุ่งขึ้นเอามะขามป้อมออกจากน้ำเชื่อม แล้วเอาน้ำเชื่อมมาอุ่นและเพิ่มน้ำตาล พอน้ำเชื่อมเดือด แล้วยกลงทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเทน้ำเชื่อมใส่มะขามป้อม ทำทุกวันประมาณ 3-4 วัน และนำมะขามป้อมที่แช่อิ่มได้แล้วที่นำไปอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ประมาณ 6-8 ชั่วโมง (จากการสอบถามกลุ่มเกษตรกรในเขตจังหวัดแพร่) ซึ่งการบีบผลมะขามป้อมโดยใช้แรงงานคน ได้ปริมาณการบีบน้อยและล่าช้า เมื่อบีบผลมะขามป้อมต่อเนื่องจะเกิดความเมื่อยล้า หากผลผลิตมีจำนวนมากจะบีบไม่ทันและอาจเน่าเสียได้ ดังนั้นการวิจัยพัฒนาเครื่องบีบผลมะขามป้อมจึงมีความสำคัญ สามารถเพิ่มปริมาณการบีบผลมะขามป้อมให้มากขึ้น และช่วยลดความเมื่อยล้าจากการบีบ และการพัฒนาเครื่องมือแปรรูปมะขามป้อม เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพและได้ผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิต ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. เครื่องบีบผลมะขามป้อม
2. ผงมะขามป้อมสด
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. ตาชั่ง
5. นาฬิกาจับเวลา

- วิธีการ

1. ศึกษาวิธีปฏิบัติของเกษตรกร และเครื่องมือที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยการสำรวจและสอบถามข้อมูลจากกลุ่มเกษตรกร

2. นำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบบีบผลมะขามป้อม โดยมีหลักการทำงาน เริ่มจากการป้อนผลมะขามป้อมใส่ถาดป้อนซึ่งตั้งอยู่ด้านบนของเครื่อง และผลมะขามป้อมจะถูกบีบด้วยชุดลูกกลิ้งบีบที่หมุนด้วยความเร็วเดียวกัน เมื่อบีบเสร็จแล้วผลมะขามป้อมจะตกลงถาดรองด้านล่าง

3. ทดสอบการทำงานเบื้องต้นเครื่องต้นแบบบีบผลมะขามป้อม ที่ความเร็วรอบต่างกัน 3 ระดับ คือ 30, 40 และ 50 รอบต่อนาที จำนวน 5 ซ้ำๆ ละ 5 กิโลกรัม เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมกับการใช้งาน และทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ กับกลุ่มเกษตรกรในเขตจังหวัดแพร่ ที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 10 กิโลกรัม พร้อมเก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์การบีบและความสามารถในการทำงานของเครื่อง

4. ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบบีบผลมะขามป้อม โดยเพิ่มชุดลูกกลิ้ง จากเดิม 2 ลูกกลิ้ง เป็น 3 ลูกกลิ้ง เพื่อทำการบีบ 2 ครั้ง โดยบีบครั้งแรกจะบีบผลมะขามป้อมที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงก่อน แล้วบีบครั้งที่สองจะบีบมะขามป้อมที่มีขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่ถูกบีบให้เล็กลง

5. ทดสอบเครื่องต้นแบบบีบผลมะขามป้อมหลังปรับปรุง กับกลุ่มเกษตรกรในเขตจังหวัดแพร่ ที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 20 กิโลกรัม พร้อมเก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์การบีบและความสามารถในการทำงานของเครื่อง

6. เผยแพร่การใช้งานกับกลุ่มเกษตรกร และหน่วยงานของรัฐ โดยร่วมจัดโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “การปลุกมะขามป้อมร่วมกับป่า และการใช้เครื่องมือในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว” ณ โครงการศูนย์เรียนรู้พัฒนาอมก๋อยตามพระราชดำริ อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่

7. วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้เครื่องมือที่ออกแบบเปรียบเทียบกับวิธีของเกษตรกร

- การบันทึกข้อมูล

ลักษณะการบีบผลมะขามป้อม แบ่งออกเป็น 3 แบบ (ภาพที่1) คือ

- 1) บีบสมบูรณ์ คือ ผลมะขามป้อมถูกบีบจนเนื้อมีรอยแตกและไม่แยกเป็นชิ้น
- 2) บีบแตก คือ ผลมะขามป้อมถูกบีบจนเนื้อแตกและแยกออกจากกันเป็นชิ้นๆ
- 3) ไม่บีบ คือ เนื้อผลมะขามป้อมไม่ถูกบีบหรือไม่มีรอยแตก



ภาพที่ 1 ลักษณะการบีบผลมะขามป้อม ทั้ง 3 แบบ

เปอร์เซ็นต์การบีบ คือ
$$\frac{\text{น้ำหนักผลมะขามป้อมตามลักษณะการบีบ (กิโลกรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักผลมะขามป้อมทั้งหมด (กิโลกรัม)}}$$

ความสามารถในการบีบ คือ
$$\frac{\text{น้ำหนักผลมะขามป้อม (กิโลกรัม)}}{\text{เวลาที่ใช้บีบ (ชั่วโมง)}}$$

- เวลาและสถานที่

- ดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2558 – กันยายน 2560
- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแพร่ จ.แพร่
- สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 จ.เชียงใหม่

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 จากการศึกษาวิธีปฏิบัติของเกษตรกรและเครื่องมือที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ในการทำมะขามป้อมแช่อิ่ม มีขั้นตอนดังนี้

8.1.1 นำผลมะขามป้อมสด มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า แล้วทำการบีบ ด้วยที่บีบกล้วย ซึ่งมี แผ่นกดและแผ่นรองกด ที่ทำจากไม้แผ่นขนาด 130 x 200 มิลลิเมตรหนา 40 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่นประกบ กันและมีจุดหมุนที่ปลายด้านหัว แผ่นกดด้านท้ายมีด้ามจับ เส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาด 40 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร และแผ่นรองกดมีการเจาะรูสี่เหลี่ยม ขนาด 35 x 90 มิลลิเมตร ลึก 5 มิลลิเมตร เพื่อกันผล มะขามป้อมกลิ้ง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 เครื่องมือบีบผลมะขามป้อมที่เกษตรกรใช้

8.1.2 เมื่อบีบเสร็จ ให้นำมะขามป้อมไปแช่น้ำสะอาด เพื่อป้องกันการเกิดสีดำ

8.1.3 ตั้งกระทะต้มน้ำให้เดือด แล้วนำมะขามป้อมมาลวกประมาณ 5 นาที ตักขึ้นแช่น้ำเย็น ทำ ประมาณ 3 ครั้ง เพื่อลดรสฝาด

8.1.4 ทำน้ำเชื่อมโดยใส่น้ำ น้ำตาล เกลือป่น ต้มให้เดือด แล้วยกลงทิ้งไว้ให้เย็น

8.1.5 นำมะขามป้อมใส่ภาชนะแช่ แล้วเอาน้ำเชื่อมใส่ให้ท่วมมะขามป้อม เก็บรักษาไว้ในห้องเย็น 3-5 องศาเซลเซียส

8.1.6 รุ่งขึ้นเอามะขามป้อมออกจากน้ำเชื่อม แล้วเอาน้ำเชื่อมมาอุ่นและเติมน้ำตาล พอน้ำเชื่อม เดือด แล้วยกลงทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเทน้ำเชื่อมใส่มะขามป้อม ทำทุกวันประมาณ 3-4 วัน

8.1.7 นำมะขามป้อมที่แช่ได้แล้วที่นำไปอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ประมาณ 6-8 ชั่วโมง

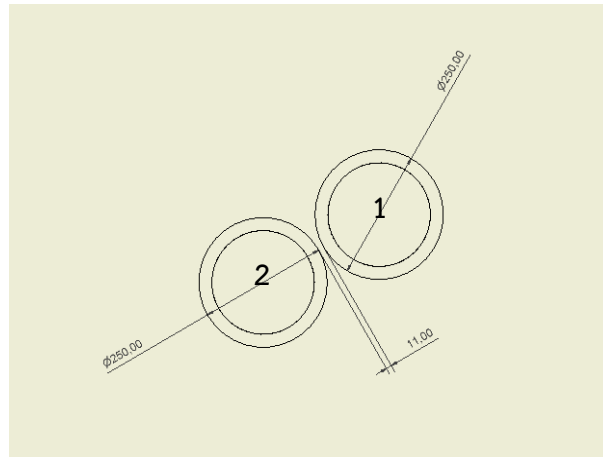
ผลการทดสอบความสามารถในการบีบผลมะขามป้อมโดยใช้แรงงานคน พบว่า มีความสามารถในการทำงาน 10-15 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อบีบผลมะขามป้อมต่อเนื่องจะเกิดความเมื่อยล้า หากผลผลิตมีจำนวนมากจะบีบไม่ทันและอาจเน่าเสียได้



ภาพที่ 3 การบีบผลมะขามป้อมโดยใช้แรงงานคน

8.2 ดำเนินการออกแบบ และสร้างเครื่องต้นแบบบีบผลมะขามป้อมก่อนปรับปรุง ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1)ชุดลูกกลิ้งบีบ 2)โครงเครื่อง และ3)ชุดถ่ายทอดกำลัง (ภาพที่ 5)

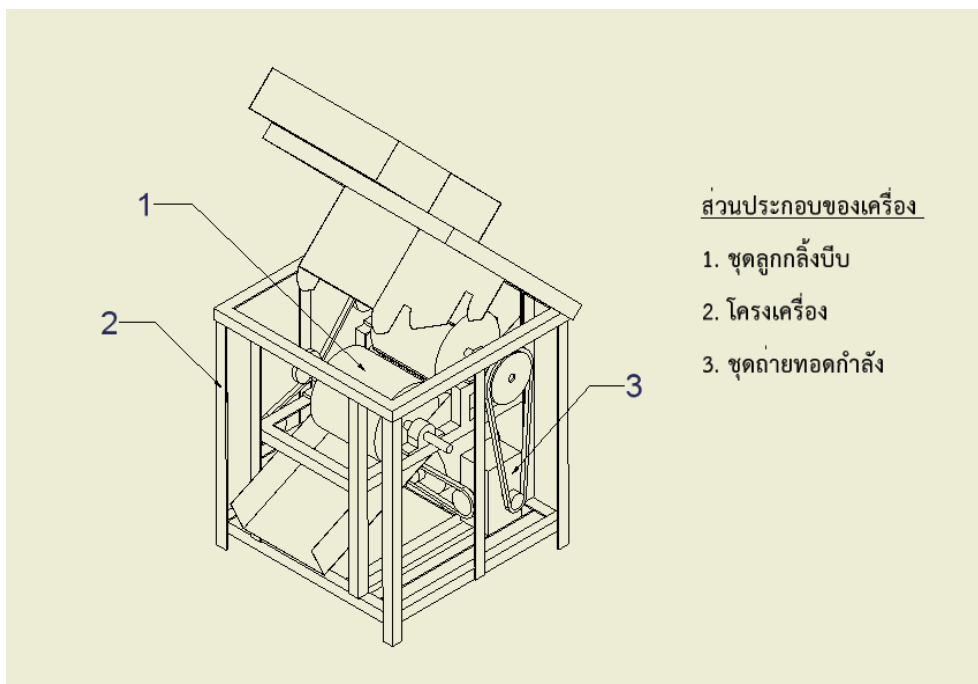
8.2.1 ชุดลูกกลิ้งบีบ ประกอบด้วยลูกกลิ้งทำจากแผ่นสแตนเลส จำนวน 2 อัน คือ 1)ลูกกลิ้งหลัก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 254 มิลลิเมตร ยาว 254 มิลลิเมตร กัดลายกันลื่น มีซี่กวาด 4 ซี่ และ2)ลูกกลิ้งรอง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 254 มิลลิเมตร ยาว 254 มิลลิเมตร กัดลายกันลื่น ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 11.5 มิลลิเมตร วางเยื้องกัน 30 องศา โดยลูกกลิ้งที่ 1 และ 2 มีระยะห่าง 11.0 มิลลิเมตร วางเยื้องกัน 30 องศา (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 แบบลูกกลิ้งของต้นแบบเครื่องบีบผลมะขามป้อมก่อนปรับปรุง

8.2.2 โครงเครื่อง ทำจากแอสตันเลสสติก ขนาด 38.1 x 38.1 x 5 มิลลิเมตร มีขนาด ก x ย x ส คือ 720 x 720 x 800 มิลลิเมตร พร้อมมีล้อ ขนาด 76.2 มิลลิเมตร สำหรับการเคลื่อนย้าย

8.2.3 ชุดถ่ายทอดกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.746 กิโลวัตต์ (1 แรงม้า) เป็นต้นกำลังขับผ่านเกียร์ทดรอบ อัตราทด 1:10 และส่งผ่านกำลังต่อดังด้วยเฟืองโซ่ ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 30 40 และ 50 รอบ/นาที ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การบีบสมบูรณ์ การบีบแตก และไม่ถูกบีบ พร้อมทั้งได้ความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการบีบที่ 40 รอบ/นาที



ภาพที่ 5 แบบเครื่องบีบผลมะขามป้อม

8.3 ดำเนินการทดสอบการทำงานเบื้องต้นเครื่องต้นแบบบีบผลมะขามป้อมก่อนปรับปรุง ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ (ตารางที่ 1) พบว่า ที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที เป็นความเร็วที่เหมาะสม สำหรับการบีบผลมะขามป้อม ความสามารถในการบีบ 170.26 ± 17.50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บีบสมบูรณ์ 91.81 ± 1.41 % บีบแตก 6.39 ± 17.40 % ไม่บีบ 1.80 ± 0.16 %

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานเบื้องต้นเครื่องต้นแบบบีบผลมะขามป้อมก่อนปรับปรุง ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง (รอบต่อนาที)	ความสามารถในการบีบ (กก./ชม.)	เปอร์เซ็นต์การบีบ		
		บีบสมบูรณ์	บีบแตก	ไม่บีบ
30	138.53 ± 3.80	91.23 ± 1.56	7.71 ± 0.51	1.06 ± 1.09
40	170.26 ± 17.50	91.81 ± 1.41	6.39 ± 17.40	1.80 ± 0.16
50	177.39 ± 19.97	87.66 ± 1.49	11.18 ± 1.23	1.16 ± 0.58

หมายเหตุ : \pm คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

และดำเนินการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบก่อนปรับปรุง กับกลุ่มเกษตรกรในเขตจังหวัดแพร่ ที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 10 กิโลกรัม (ตารางที่ 2) พบว่า เครื่องต้นแบบทำงานได้ดี มีความสามารถในการบีบ 172.04 ± 4.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บีบสมบูรณ์ 90.86 ± 2.62 % บีบแตก 8.07 ± 3.08 % ไม่บีบ 1.07 ± 0.59 % เครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีระดับหนึ่ง แต่ยังมีปัญหาในขั้นตอนการตั้งระยะห่างของลูกกลิ้ง ให้เหมาะสมกับขนาดมะขามป้อม

ตารางที่ 2 ทดสอบต้นแบบเครื่องบีบผลมะขามป้อมก่อนปรับปรุง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแพร่

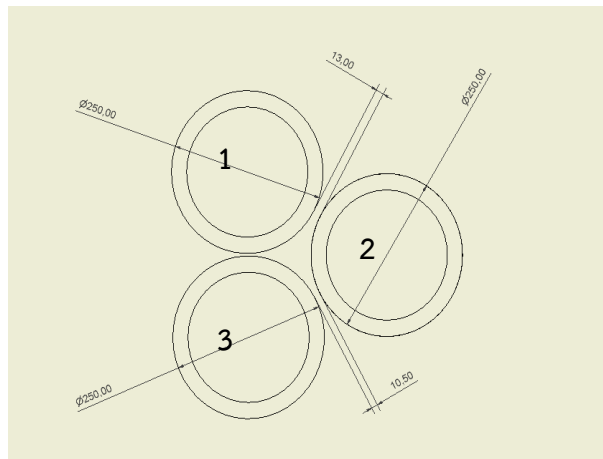
ซ้ำที่	ความสามารถในการบีบ (กก./ชม.)	เปอร์เซ็นต์การบีบ		
		บีบสมบูรณ์	บีบแตก	ไม่บีบ
1	167.44	88.1	11.5	0.4
2	173.08	93.3	5.5	1.3
3	175.61	91.2	7.3	1.5
เฉลี่ย	172.04 ± 4.18	90.86 ± 2.62	8.07 ± 3.08	1.07 ± 0.59

หมายเหตุ : \pm คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

8.4. ดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาต้นแบบเครื่องบีบผลมะขามป้อม จากเดิม 2 ลูกกลิ้ง เป็น 3 ลูกกลิ้ง เพื่อทำการบีบ 2 ครั้ง โดยบีบครั้งแรกจะบีบผลมะขามป้อมที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงก่อน แล้วบีบครั้งที่สอง จะบีบมะขามป้อมที่มีขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่ถูกลูกบีบให้เล็กลง

เครื่องต้นแบบบีบผลมะขามป้อมหลังปรับปรุง ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1)ชุดลูกกลิ้งบีบ 2)โครงเครื่อง และ3)ชุดถ่ายทอดกำลัง (ภาพที่ 7)

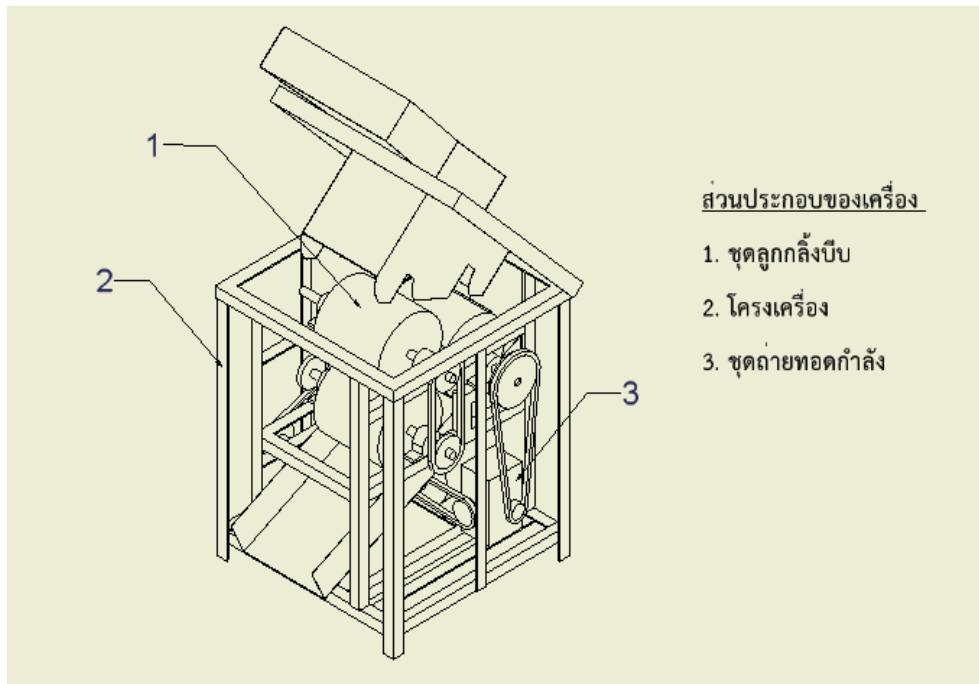
8.2.1 ชุดลูกกลิ้งบีบ ประกอบด้วยลูกกลิ้งทำจากแผ่นสแตนเลส จำนวน 3 อัน คือ 1)ลูกกลิ้งที่ 1 มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 254 มิลลิเมตร ยาว 254 มิลลิเมตร กัดลายกันลื่น 2)ลูกกลิ้งที่ 2 มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 254 มิลลิเมตร ยาว 254 มิลลิเมตร กัดลายกันลื่นและมีซี่กวาง 4 ซี่ และลูกกลิ้งที่ 3 มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 254 มิลลิเมตร ยาว 254 มิลลิเมตร กัดลายกันลื่น โดยลูกกลิ้งที่ 1 และ 2 มีระยะห่าง 13.0 มิลลิเมตร วางเยื้องกัน 30 องศา และลูกกลิ้งที่ 2 และ 3 มีระยะห่าง 10.5 มิลลิเมตร วางเยื้องกัน 30 องศา (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 แบบลูกกลิ้งของต้นแบบเครื่องบีบผลมะขามป้อมหลังปรับปรุง

8.2.2 โครงเครื่อง ทำจากสแตนเลสฉาก ขนาด 38.1 x 38.1 x 5 มิลลิเมตร มีขนาด ก x ย x ส คือ 720 x 720 x 900 มิลลิเมตร พร้อมมีล้อ ขนาด 76.2 มิลลิเมตร สำหรับการเคลื่อนย้าย

8.2.3 ชุดถ่ายทอดกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.746 กิโลวัตต์ (1 แรงม้า) เป็นต้นกำลังขับผ่านเกียร์ทดรอบ อัตราทด 1:10 และส่งผ่านกำลังต่อด้วยด้วยเฟืองโซ่



ภาพที่ 7 แบบเครื่องบีบผลมะขามป้อมหลังปรับปรุง

8.5 ดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องบีบผลมะขามป้อมหลังปรับปรุง ที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที กับกลุ่มเกษตรกรในเขตจังหวัดแพร่ จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 20 กิโลกรัม (ตารางที่ 3) พบว่า เครื่องต้นแบบสามารถทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีความสามารถในการบีบ 250.90 ± 10.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บีบสมบูรณ์ 95.23 ± 2.32 % บีบแตก 2.92 ± 2.84 % ไม่บีบ 1.84 ± 0.98 %

ตารางที่ 3 ทดสอบต้นแบบเครื่องบีบผลมะขามป้อมหลังปรับปรุง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแพร่

ซ้ำที่	อัตราการป้อน (kg/hr)	เปอร์เซ็นต์การบีบ		
		บีบสมบูรณ์	บีบแตก	ไม่บีบ
1	240.00	97.7	0.5	1.8
2	250.87	94.9	2.3	2.8
3	261.82	93.1	6.0	0.9
เฉลี่ย	250.90 ± 10.91	95.23 ± 2.32	2.92 ± 2.84	1.84 ± 0.98

หมายเหตุ : \pm คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 8 ทดสอบต้นแบบเครื่องบีบผลมะขามป้อมหลังปรับปรุง

8.6 ดำเนินการบรรยายและสาธิตการใช้งานเครื่องบีบผลมะขามป้อม ให้กับกลุ่มเกษตรกรและหน่วยงานของรัฐ จำนวน 100 ราย ในโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “การปลูกมะขามป้อมร่วมกับป่า และการใช้เครื่องมือในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว” ณ โครงการศูนย์เรียนรู้พัฒนาอมก๋อยตามพระราชดำริ อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่



ภาพที่ 9 โครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “การปลูกมะขามป้อมร่วมกับป่า และการใช้เครื่องมือในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว”

8.7 วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้เครื่องมือที่ออกแบบเปรียบเทียบกับวิธีของเกษตรกร การวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนของเครื่องบีบผลมะขามป้อม ใช้สมการในการคำนวณ ดังนี้

$$A_c = (F_c/A) + (1/C_t) [R\&M+E+L] \dots\dots\dots \text{สมการที่ 1}$$

$$F_c = D + I \dots\dots\dots \text{สมการที่ 2}$$

$$D = (P - S) / N \dots\dots\dots \text{สมการที่ 3}$$

$$I = [(P + S) / 2 \times (r / 100)] \dots\dots\dots \text{สมการที่ 4}$$

โดย D = ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)

P = ราคาเครื่อง (บาท)

N = อายุการใช้งานของเครื่อง (ปี)

Ac = ต้นทุนการใช้แรงงานคน (บาท/กิโลกรัม)

Fc = ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)

A = ปริมาณการใช้งานในหนึ่งปี (กิโลกรัม)

E = ค่ากระแสไฟฟ้า (บาท/ชั่วโมง)

Ct = ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)

I = ดอกเบี้ย (บาท/ปี)

S = มูลค่าซาก (บาท)

r = อัตราดอกเบี้ย (เปอร์เซ็นต์/ปี)

R&M = ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (บาท/ชั่วโมง)

L = ค่าแรงคนงาน (บาท/ชั่วโมง)

1. การวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนของเครื่องบีบผสมมะขามป้อม ใช้ข้อมูล ดังต่อไปนี้

ราคาเครื่อง (P) = 45,000 บาท

อายุการใช้งาน (N) = 5 ปี

มูลค่าซาก (S) = 4,500 บาท (คิด 10% ของราคาเครื่อง)

อัตราดอกเบี้ย (r) = 15 %

ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (R&M)

= 1.2% ของราคาเครื่อง/100 ชั่วโมงทำงาน

= (0.012 × 45,000/100)

= 5.4 บาท/ชม.

1.1 ค่าไฟฟ้า (E) = (มอเตอร์ 1 HP 0.746 Kw)

= 0.746 × 3

= 2.238 บาท/ชม. (คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท)

$$\begin{aligned}
1.2 \text{ ค่าแรงงาน (L)} &= 3 \text{ คน/วัน} \\
&= (3 \times 300)/8 \\
&= 112.5 \text{ บาท/ชม. (ค่าแรงคนละ 300 บาท ทำงาน 8 ชม./วัน)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{ความสามารถในการทำงานของเครื่อง(Ct)} \\
&= 250.90 \text{ กก./ชม.}
\end{aligned}$$

1.3 คำนวณค่าเสื่อมราคาจาก สมการที่ 3

$$\begin{aligned}
D &= (P-S)/N \\
&= (45,000 - 4,500)/5 \\
&= 8,100 \text{ บาท/ปี}
\end{aligned}$$

1.4 คำนวณดอกเบี้ยจาก สมการที่ 4

$$\begin{aligned}
I &= [(P + S) / 2 \times (r / 100)] \\
&= [(45,000+4,500)/2 \times (15/100)] \\
&= 3,713 \text{ บาท/ปี}
\end{aligned}$$

แทนค่าในสมการที่ 2

$$\begin{aligned}
F_c &= D + I \\
&= 8,100 + 3,713 \\
&= 11,813 \text{ บาท/ปี}
\end{aligned}$$

แทนค่าต่าง ๆ ในสมการที่ 1

$$\begin{aligned}
A_c &= (F_c/A) + (1/Ct) [R\&M+E+L] \\
&= (11,813/A) + (1/250.90) [5.4+2.238+112.5] \\
A_c &= (11,813/A) + 0.48 \dots \dots \dots \text{สมการที่ 5}
\end{aligned}$$

2. การคำนวณหาต้นทุนการบีบผลมะขามป้อม

ในการศึกษาการบีบผลมะขามป้อมโดยใช้แรงงานคน พบว่า 1 คน สามารถบีบได้เฉลี่ย

13.27 กก./ชม. ถ้าทำงาน 8 ชม./วัน และค่าแรง 300 บาท ต้นทุนการบีบผลมะขามป้อมเมื่อใช้แรงงานคน(A_c)

$$\begin{aligned}
A_c &= 300/(13.27 \times 8) \\
&= 2.83 \text{ บาท/กก.}
\end{aligned}$$

3. การคำนวณหาจุดคุ้มทุน

สามารถคำนวณหาได้โดยแทนค่าลงในสมการที่ 5

$$A_c = (11,813/A) + 0.48$$

แทนค่า $2.83 = (11,813/A) + 0.48$

เพราะฉะนั้น $A = 5,033$ กก./ปี

แสดงว่าจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องอยู่ที่ 5,033 กก./ปี ซึ่งเครื่องดังกล่าวมีอายุการใช้งาน 5 ปี มีความสามารถในการทำงาน 250.90 กก./ชม. ซึ่งใน 1 วัน ถ้าทำงาน 8 ชม. จะสามารถทำงานได้ 2,007 กก. ซึ่งถ้ามีผลมะขามป้อมมากพอ เครื่องดังกล่าวทำงาน 2 - 3 วัน ก็คุ้มทุนแล้ว ส่วนที่เหลือเป็นผลกำไรที่ตามมา

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การทำมะขามป้อมแช่หิม เริ่มจากนำผลมะขามป้อมสดมาล้างทำความสะอาด แล้วทำการบีบด้วยที่บีบกล้วย ซึ่งมีแผ่นกดและแผ่นรองกดประกบกันและมีจุดหมุนที่ปลายด้านหัว แผ่นกดซ้ายซ้ายมีด้ามจับ และแผ่นรองกดมีการเจาะรูสี่เหลี่ยมเพื่อกันผลมะขามป้อมกลิ้ง เมื่อบีบเสร็จนำมะขามป้อมมาลวกในน้ำร้อนเพื่อลบลินิน จากนั้นเติมน้ำเชื่อมใส่ให้ท่วมมะขามป้อม เก็บรักษาไว้ในห้องเย็น 3-5 องศาเซลเซียส ประมาณ 3-4 วัน แล้วนำมะขามป้อมที่แช่หิมได้แล้วที่นำไปอบแห้ง ผลการทดสอบความสามารถในการบีบผลมะขามป้อมโดยใช้แรงงานคน พบว่า มีความสามารถในการทำงาน 10-15 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อบีบผลมะขามป้อมต่อเนื่องจะเกิดความเมื่อยล้า หากผลผลิตมีจำนวนมากจะบีบไม่ทันและอาจเน่าเสียได้ จึงดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบบีบผลมะขามป้อม โดยมีหลักการการทำงานเริ่มจากการป้อนผลมะขามป้อมใส่ถาดป้อนซึ่งตั้งอยู่ด้านบนของเครื่อง และผลมะขามป้อมจะถูกบีบด้วยชุดลูกกลิ้งบีบที่หมุนด้วยความเร็วเดียวกัน เมื่อบีบเสร็จแล้วผลมะขามป้อมจะตกลงถาดรองด้านล่าง โดยต้นแบบเครื่องบีบผลมะขามป้อมก่อนปรับปรุง ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1)ชุดลูกกลิ้งบีบ ประกอบด้วยลูกกลิ้งจำนวน 2 อัน มีระยะห่าง 11.5 มิลลิเมตร วางเยื้องกัน 30 องศา 2)โครงเครื่อง ทำจากสแตนเลสฉาก ขนาด ก x ย x ส คือ 720 x 720 x 800 มิลลิเมตร พร้อมมีล้อสำหรับการเคลื่อนย้าย และ 3)ชุดถ่ายทอดกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.746 กิโลวัตต์ (1 แรงม้า) เป็นต้นกำลัง ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องบีบผลมะขามป้อมก่อนปรับปรุง ที่ความเร็วรอบ 30 40 และ 50 รอบ/นาที พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการบีบผลมะขามป้อมอยู่ที่ 40 รอบ/นาที มีความสามารถในการบีบ 172.04 ± 4.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บีบสมบูรณ์ 90.86 ± 2.62 % บีบแตก 8.07 ± 3.08 % ไม่บีบ 1.07 ± 0.59 % เครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีระดับหนึ่ง แต่ยังมีปัญหาในขั้นตอนการตั้งระยะห่างของลูกกลิ้ง ให้เหมาะสมกับขนาดมะขามป้อม จึงดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาต้นแบบเครื่องบีบผลมะขามป้อม โดยต้นแบบเครื่องบีบผลมะขามป้อมหลังปรับปรุง ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1)ชุดลูกกลิ้ง ประกอบด้วยลูกกลิ้งจำนวน 3 อัน โดยลูกกลิ้งที่ 1 และ 2 มีระยะห่าง

13.0 มิลลิเมตร วางเยื้องกัน 30 องศา และลูกกลิ้งที่ 2 และ 3 มีระยะห่าง 10.5 มิลลิเมตร วางเยื้องกัน 30 องศา 2) โครงเครื่อง ทำจากสแตนเลสฉาก มีขนาด ก x ย x ส คือ 720 x 720 x 900 มิลลิเมตร พร้อมมีล้อ สำหรับการเคลื่อนย้าย และ 3) ชุดถ่ายทอดกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.746 กิโลวัตต์ (1 แรงม้า) เป็นต้นกำลัง ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องบีบผลมะขามป้อมหลังปรับปรุง พบว่า เครื่องต้นแบบสามารถทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีความสามารถในการบีบ 250.90 ± 10.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บีบสมบูรณ์ 95.23 ± 2.32 % บีบแตก 2.92 ± 2.84 % ไม่บีบ 1.84 ± 0.98 % นั้นหมายความว่าเครื่องต้นแบบดังกล่าว สามารถบีบผลมะขามป้อม ได้เร็วกว่าประมาณ 17 เท่า เมื่อเทียบกับการบีบผลมะขามป้อมโดยใช้แรงงานคน ซึ่งหากผลผลิตมีจำนวนมากจะบีบไม่ทันอาจทำเน่าเสียได้ และดำเนินการบรรยายและสาธิตการใช้งานเครื่องบีบผลมะขามป้อม ให้กับกลุ่มเกษตรกรและหน่วยงานของรัฐ จำนวน 100 ราย ในโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “การปลูกมะขามป้อมร่วมกับป่าและการใช้เครื่องมือในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว” ณ โครงการศูนย์เรียนรู้พัฒนาอมก๋อยตามพระราชดำริ อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่ โดยต้นแบบเครื่องบีบผลมะขามป้อมมีจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องอยู่ที่ 5,033 กก./ปี ซึ่งเครื่องดังกล่าวมีราคาประมาณ 45,000 บาทมีอายุการใช้งาน 5 ปี มีความสามารถในการทำงาน 250.90 กก./ชม. ซึ่งใน 1 วัน ถ้าทำงาน 8 ชม. จะสามารถทำงานได้ 2,007 กก. ซึ่งถ้ามีผลมะขามป้อมมากพอ เครื่องดังกล่าวทำงาน 2 - 3 วัน ก็คุ้มทุนแล้ว

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

10.1 เกษตรกรสามารถนำเครื่องต้นแบบบีบผลมะขามป้อมไปใช้ เพื่อลดแรงงานในการบีบผลมะขามป้อม โดยใช้แรงงานคน และเพิ่มปริมาณการบีบผลมะขามป้อมได้มากขึ้น

10.2 เผยแพร่ ด้วยการบรรยายและสาธิตการใช้งานเครื่องบีบผลมะขามป้อม ให้กับกลุ่มเกษตรกรและหน่วยงานของรัฐ จำนวน 100 ราย ในโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “การปลูกมะขามป้อมร่วมกับป่าและการใช้เครื่องมือในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว” ณ โครงการศูนย์เรียนรู้พัฒนาอมก๋อยตามพระราชดำริ อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่

11. คำขอขอบคุณ (ถ้ามี)

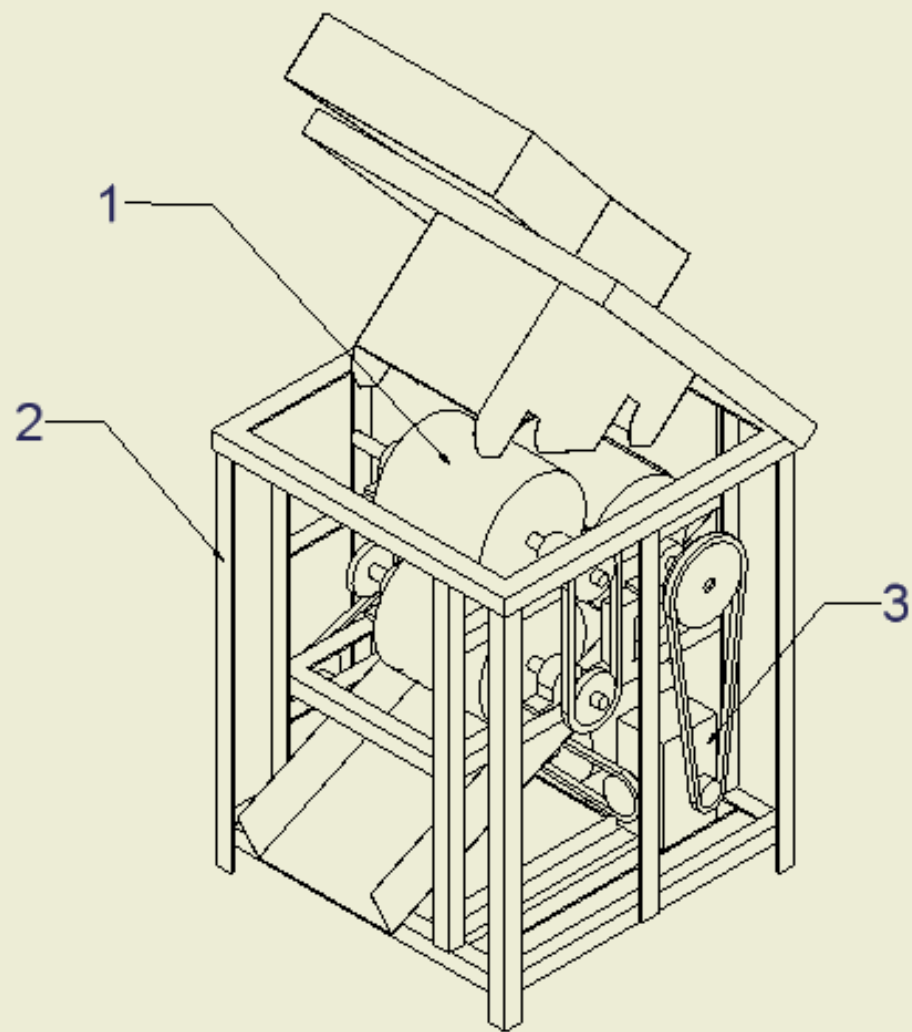
คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ กลุ่มเกษตรกรในเขตจังหวัดแพร่ที่ให้ความช่วยเหลือในการประสานงาน การปฏิบัติงานในการทดสอบเครื่องต้นแบบในพื้นที่และให้คำแนะนำเป็นอย่างดีจนงานนี้แล้วเสร็จ

12. เอกสารอ้างอิง

นิรนาม. 2556, มะขามป้อม (ออนไลน์) แหล่งที่มา : prayod.com/มะขามป้อม-malacca-tree/, 7/8/2560

ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, มะขามป้อม (ออนไลน์) แหล่งที่มา :
<http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=258 , 7/8/2560>

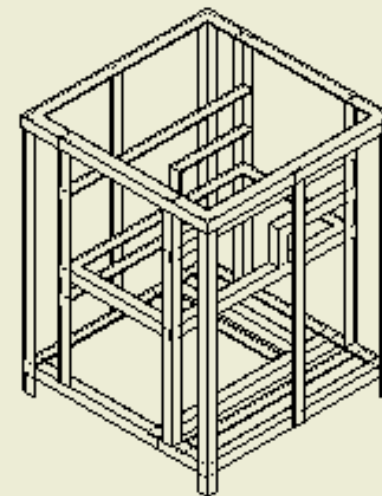
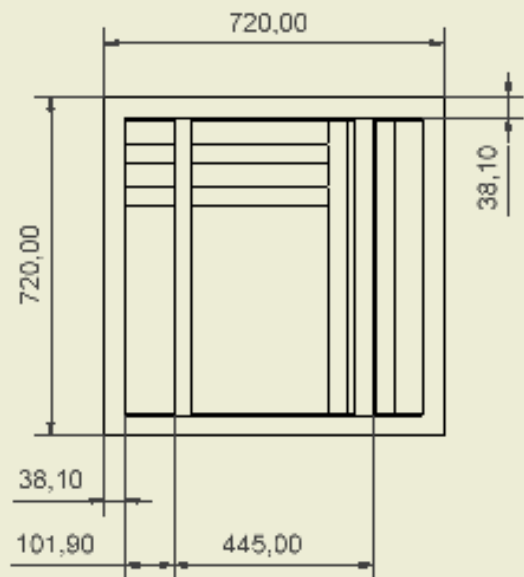
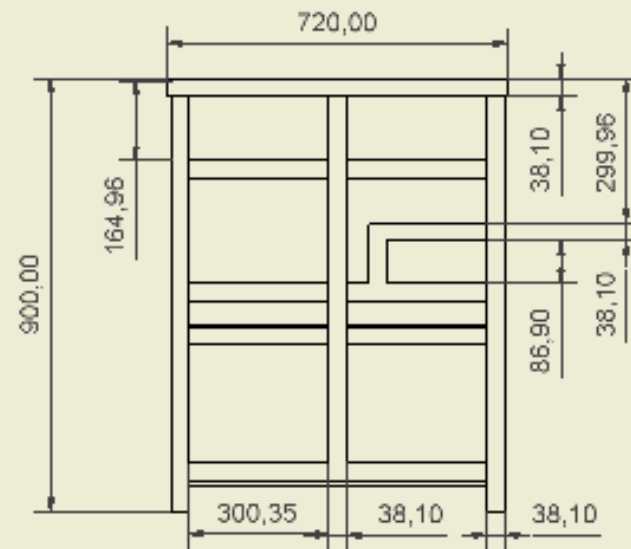
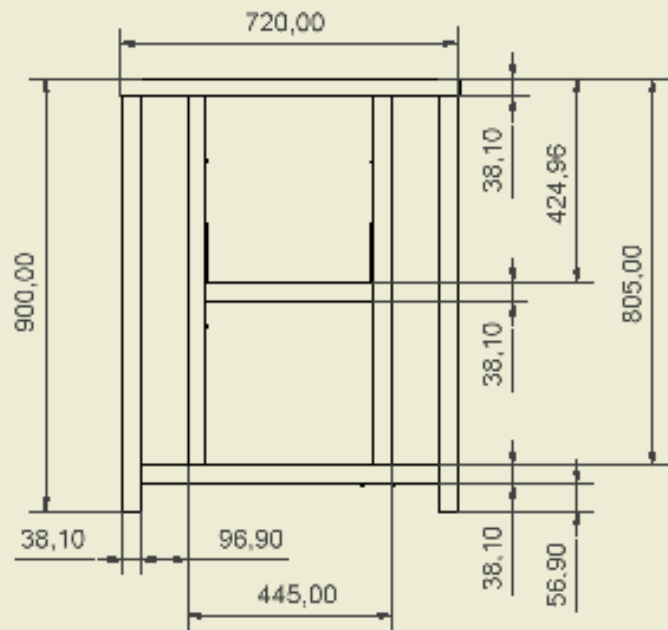
13. ภาคผนวก



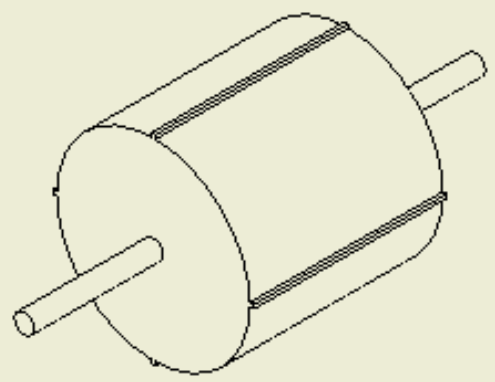
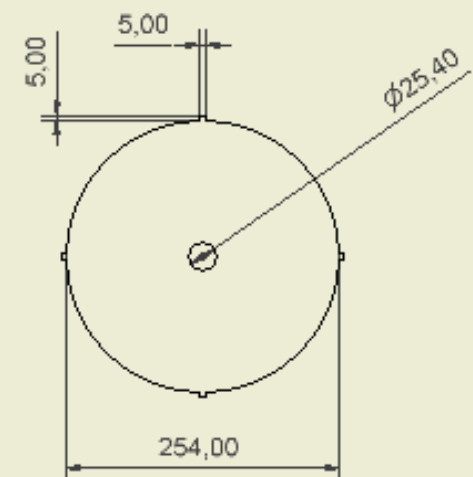
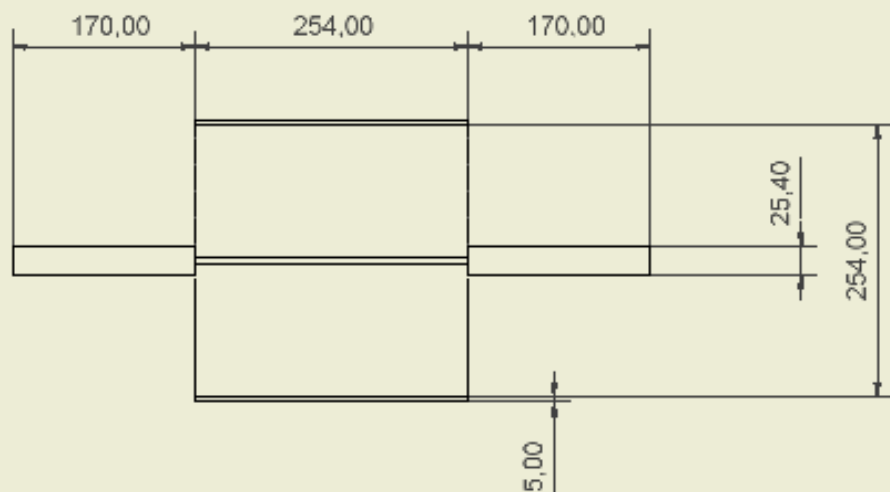
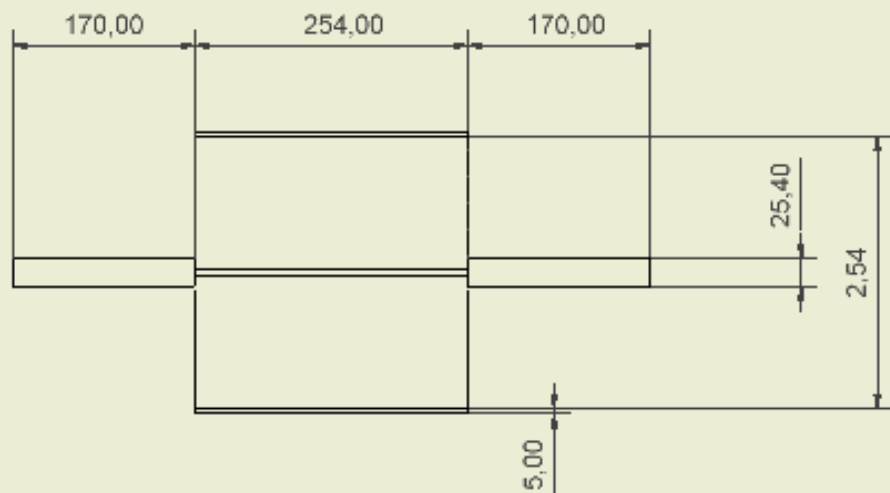
ส่วนประกอบของเครื่อง

1. ชุดลูกกลิ้งบีบ
2. โครงเครื่อง
3. ชุดถ่ายทอดกำลัง

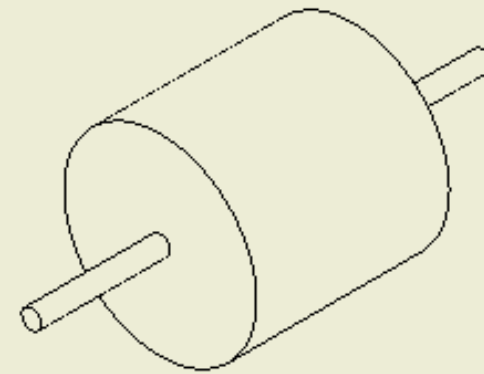
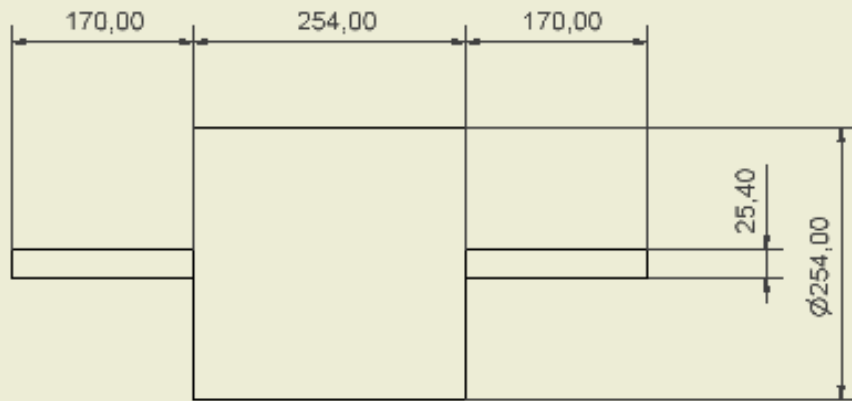
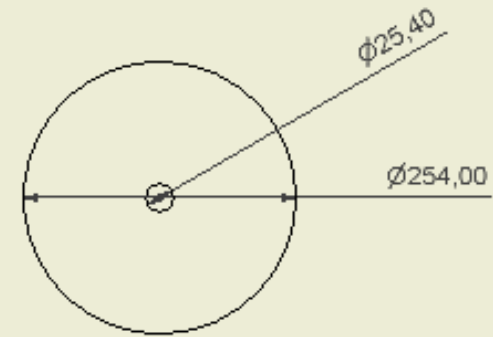
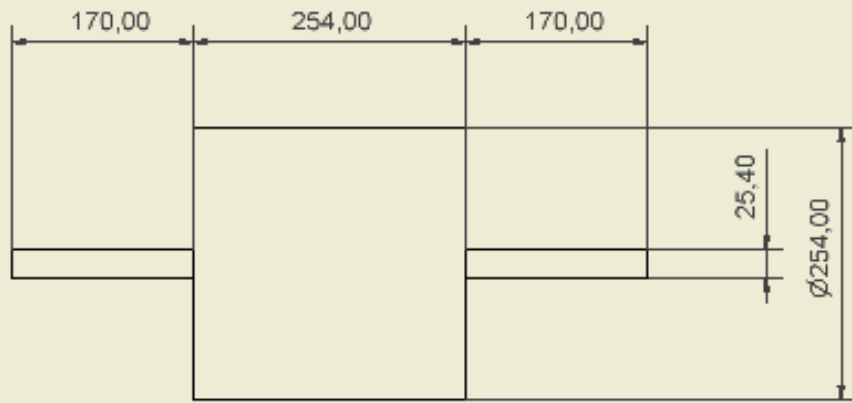
ผู้เขียน	นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรม, เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร
ผู้ตรวจ	นายสนอง อมฤกษ์	
ผู้ออกแบบ	นายสนอง อมฤกษ์	
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน เครื่องบีบผลมะขามป้อม	หมายเลขแบบ 1/6



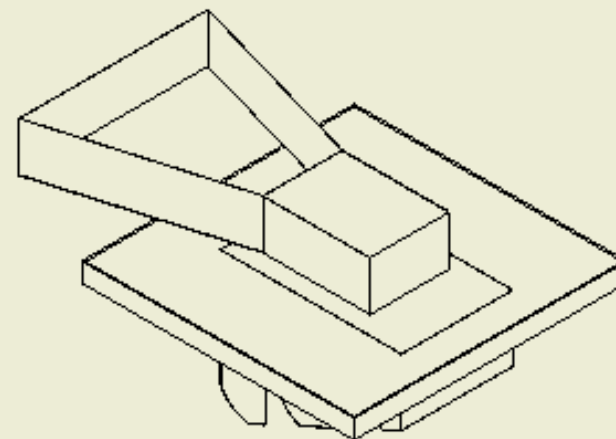
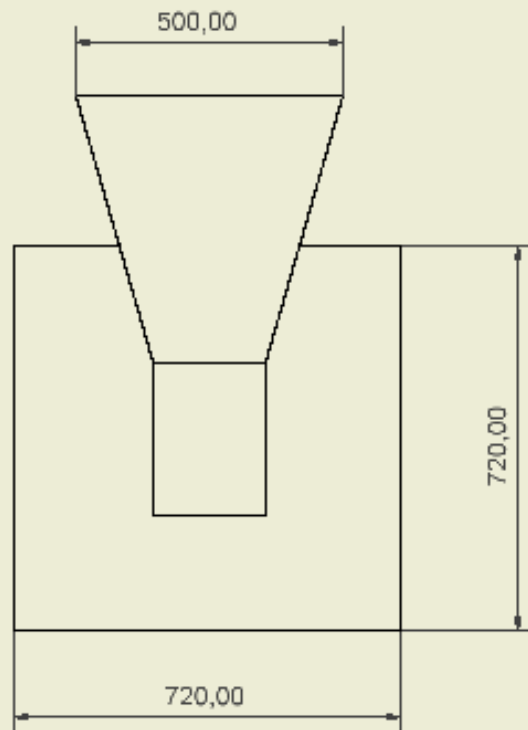
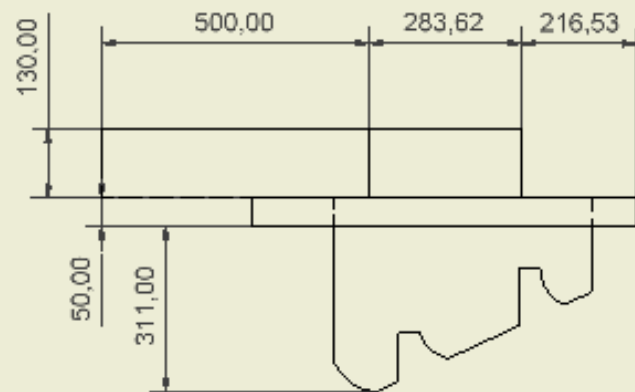
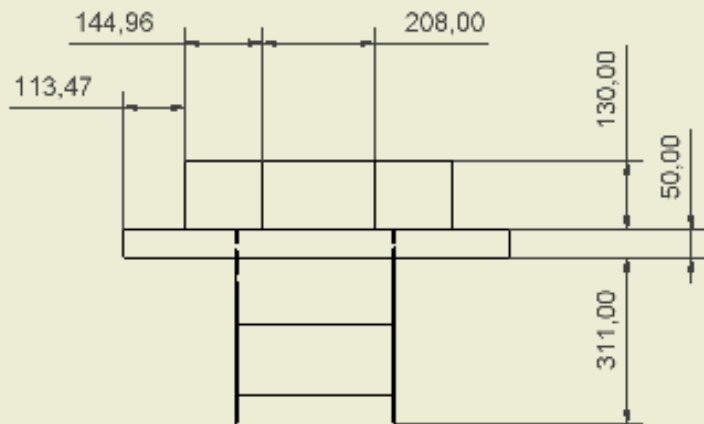
ผู้เขียน	นายสนิตย์พงศ์ รัตนคำ	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร
ผู้ตรวจ	นายสนอง อมฤกษ์	
ผู้ออกแบบ	นายสนอง อมฤกษ์	
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ตัวโครงเครื่อง	หมายเลขแบบ 2/6



ผู้เขียน	นายสตีฟพงศ์ รัตนคำ	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร
ผู้ตรวจ	นายสนอง อมฤกษ์	
ผู้ออกแบบ	นายสนอง อมฤกษ์	
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ลูกกลิ้งที่ 2	หมายเลขแบบ 3/6



ผู้เขียน	นายสตีฟพงศ์ รัตนคำ	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร
ผู้ตรวจ	นายสนอง อมฤกษ์	
ผู้ออกแบบ	นายสนอง อมฤกษ์	
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ลูกกลิ้งที่ 1 และ 3	หมายเลขแบบ 4/6



ผู้เขียน	นายสฤติย์พงศ์ รัตนคำ	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรม.เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร
ผู้ตรวจ	นายสนอง อมฤกษ์	
ผู้ออกแบบ	นายสนอง อมฤกษ์	
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ฝาครอบบนและจากดป้อน	หมายเลขแบบ 5/6

