

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. **แผนงานวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปในกระบวนการทำแป้งจากธัญพืชและผลผลิตเกษตรระดับกลุ่มเกษตรกร
2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว
กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) :
3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Research and Development of Lotus Flour Processing Machine
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง	นายจิรวุฒิ เจียตระกูล	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
ผู้ร่วมงาน	นายปรีชา อานันท์รัตนกุล	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายนิทัศน์ ตั้งพินิจกุล	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายวิบูลย์ เทเพนทร์	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

5. บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับอุตสาหกรรมการแปรรูปเม็ดบัวแห้ง ประกอบไปด้วย 3 เครื่องต้นแบบได้แก่ เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง เครื่องแทงตีเม็ดบัวแห้ง และเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง เม็ดบัวแห้งที่นำมาทำการทดสอบมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 11.69 มิลลิเมตร ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบเครื่องต้นแบบทั้ง 3 เครื่อง เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้งต้นแบบ ใช้ลูกกลิ้งขึ้นลายแบบเกลียวสำหรับปอกเปลือกจำนวน 2 ลูก และมีลูกกลิ้งขนาดเล็กสำหรับกดเม็ดบัวอีก 1 ลูก เม็ดบัวแห้งเคลื่อนที่เข้าหาชุดลูกกลิ้งด้วยเกลียวลำเลียง สามารถกะเทาะเปลือกได้เม็ดบัวที่สมบูรณ์เฉลี่ย 78.2 เปอร์เซ็นต์ เม็ดแตกเสียหายเฉลี่ย 12.6 เปอร์เซ็นต์ และเม็ดบัวที่ไม่ถูกกะเทาะเฉลี่ย 9.2 เปอร์เซ็นต์ เครื่องแทงตีบัวแห้งมีหลักการทำงานด้วยการเจาะรูที่บริเวณหัวของเม็ดบัวแห้งด้วยดอกสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร เม็ดบัวแห้งหลังผ่านการกะเทาะเปลือกถูกบรรจุลงในถาดเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 95 มิ

ลิเมตร ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ที่ความเร็ว 6.5 รอบต่อนาที (1.94 เมตรต่อนาที) มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1.04 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เม็ดบัวที่ผ่านการเจาะโดยสมบูรณ์เฉลี่ย 69.5 เปอร์เซ็นต์ เม็ดแตกเสียหาย และเจาะไม่ตรงตำแหน่งรวมกัน 30.5 เปอร์เซ็นต์ เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห่งที่ผ่านการกะเทาะเปลือกและแทงตีบัวออกแล้วมีส่วนประกอบของถังบรรจุเม็ดบัวที่ติดกระดาศทรายไว้บริเวณผนัง และมีชุดจานหมุนบริเวณด้านล่างทำหน้าที่หมุนให้เม็ดบัวเคลื่อนที่ โดยอาศัยหลักการของแรงเสียดทานระหว่างเม็ดบัว และผนังทำให้เกิดการขัดผิวของเม็ดบัว เลือกใช้กระดาศทรายเบอร์ 100 ใช้เวลาในการขัดเฉลี่ย 35 นาที ส่วนที่ถูกขัดออกไปคิดเป็นสัดส่วนน้ำหนักเฉลี่ย 7.5 เปอร์เซ็นต์

Abstract

The Objective was to research and development of processing prototype machines for producing of lotus flour from dried lotus seeds to increase their value. Three prototypes of machines in the processing system were developed which are dried lotus seed shelling machine, dried lotus seed drilling machine and dried lotus seed polishing machine. Physical properties of dried lotus seed and designing, fabrication and testing of these machines were conducted, the average seed diameter of 11.69 mm is used as design criteria and testing and evaluation of the prototype machines. Dried lotus seed shelling machine function is screw under the hopper feed the dried seeds to the shelling unit which consist of two threat rollers horizontal installed and revolve alternative direction as well as pressed by small roller for shelling. Its performance was 78.2 percent of good kernel shelling, 12.6 percent damage kernel and 9.2 percent unshelled. Dried lotus seed drilling machine function is a dried lotus seed on a hole of the rotating pan was drill by electrical auger with a hole diameter of 2.5 mm at a top pole of that dried lotus seed. The diameter of rotating pan is 95 mm and drive by an electrical motor with a rotation speed of 6.5 rpm (1.94 m/sec). The average capacity was 1.04 kilograms per hour. The completely drilled seeds were 69.5 percent, broken and not drilled were 30.5 percent. The dried lotus seed polishing machine function is the dried seed on the bottom rotation plate will be thrown hit to the wall of the circular bucket of the

machine which attached with sandpaper No. 100. The lotus seeds have been polished based on the principle of friction between the seed and the friction wall. The average polishing time was 35 minutes, the average degree of percentage of whole kernel polishing is 7.5 percent.

6. คำนำ

แป้งบัวหลวง หรือแป้งที่แปรรูปมาจากเมล็ดบัว สามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ได้หลากหลายชนิด เช่น เค้ก โดนัท คุกกี้ ไส้ขนม เป็นต้น โดยแป้งบัวหลวงจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแป้งมันเทศ แต่มีเนื้อเบากว่าแป้งมันเทศและสามารถที่จะใช้แป้งบัวหลวงทดแทนแป้งสาลีได้อย่างสมบูรณ์ (ร้อยละ 100) เนื่องจากจากปัญหาการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศที่มีมูลค่าสูงประมาณ 2 หมื่นล้านบาท/ปี และจากการที่ผู้บริโภคเกิดการโปรตีนกลูเตน (Gluten) ที่มีอยู่ในแป้งสาลี จึงได้มีการศึกษาวิจัย เพื่อหาผลผลิตทางการเกษตรที่จะสามารถนำมาทดแทนการใช้แป้งสาลี เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้มีอาการแพ้โปรตีนกลูเตน และเป็นการลดการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศ สอดคล้องกับแผนงานวิจัยบัวหลวงให้เป็นพืชเศรษฐกิจในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากของกรมวิชาการเกษตร โดยในปี 2552 จัดทำโครงการอนุรักษ์ และปรับปรุงพันธุ์บัวหลวงและโครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าบัว และในปี 2554 เริ่มทำงานวิจัยเร่งด่วนเพื่อรวบรวมและศึกษาพันธุ์บัวหลวงในประเทศไทย ทั้งพันธุ์พื้นเมืองและนำเข้าอนุรักษ์และศึกษาการใช้ประโยชน์จากพันธุ์บัวหลวงในประเทศไทย ศึกษาวิจัยแนวทางสร้าง และเพิ่มมูลค่าบัวท้องถิ่นให้เป็นพืชสร้างรายได้ต่อเกษตรกร และเป็นพืชทางเลือกในพื้นที่เสี่ยงภัย วิจัยและศึกษาการแปรรูปแป้งเมล็ดบัวซึ่งจะเป็นแป้งที่มีราคาสูง วิจัยและพัฒนาให้มีการใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของบัวให้ได้ประโยชน์สูงสุดทั้งในรูปแบบวัตถุดิบพื้นฐานทางเกษตรอุตสาหกรรมไปจนถึงผลิตภัณฑ์การใช้ประโยชน์จากบัวหลวง เช่นนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ส่วนต่างๆ ของบัวหลวงสามารถนำมาพัฒนาเพิ่มมูลค่าได้แทบทั้งสิ้น เช่น เกสรบัวหลวงสามารถนำไปสกัดเป็นน้ำหอม ยาต้ม ยาหม่อง หรือชา เมล็ดบัว นำไปรับประทานเป็นของกินเล่น เมล็ดบัวอบแห้งสำหรับนำไปเป็นส่วนประกอบในอาหารคาวหวาน สกัดเป็นแป้งบัว (กรมวิชาการเกษตร, 2555)

แป้งบัวหลวงจะอยู่ในลักษณะของแป้งทำขนมเพื่อสุขภาพ เกรดสูง ราคาแพงซึ่งในการทำผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ต้องใช้แป้งที่บดจากเมล็ดบัวที่ผ่านการตากแดดลดความชื้นให้เหลือประมาณร้อยละ 10 แล้วนำมาบดละเอียดเป็นแป้ง ซึ่งในปัจจุบันนี้เมล็ดบัวยังมีราคาที่ไม่สูงมาก แต่มีปัญหาในเรื่องของการจ้างแรงงานในการแกะเปลือกมาก ถ้าเมล็ดบัวแก่มากเปลือกจะแข็งและเหนียว เปลือกที่ติดกับเมล็ด

จะทำให้แกะยาก ขนาดของเม็ดบัวก็มีความแตกต่างกัน บางพันธุ์เม็ดบัวมีขนาดเล็กมาก ทำให้แกะเปลือกยาก ดังนั้น เครื่องมือที่ช่วยในกระบวนการแปรรูปเป็นแป้งได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง เนื่องจากเม็ดบัวไทยมีปริมาณน้อย นาบัวส่วนมากมักจะตัดขายดอกมากกว่าที่จะรอจนได้เม็ดบัว โดยจากการหาข้อมูลพบว่า ในต่างประเทศ เช่น ประเทศจีน ได้มีการใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วยในเรื่องของการแกะและกะเทาะเปลือกเม็ดบัว มีความสามารถในการทำงาน 15-60 กิโลกรัม/ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องจักร แต่เนื่องจากชนิดพันธุ์บัวของจีนกับไทยนั้นมีความแตกต่างกันในลักษณะทางกายภาพ (ขนาดของเม็ด) หากมีการนำเครื่องจักรมาใช้งานต้องมีการดัดแปลงเครื่องจักรให้สามารถใช้ได้กับบัวสายพันธุ์ไทย อีกทั้งการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศนั้นมีราคาที่ย่อมแพง สำหรับในประเทศไทยได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องทุ่นแรงต้นแบบสำหรับการแปรรูปเม็ดบัว เช่น เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัว เครื่องแทงดีบัว เป็นต้นแต่ก็ยังเป็นเครื่องต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น ความสามารถในการทำงานยังไม่แตกต่างจากการใช้แรงงานคนมากนัก และตัวเครื่องสามารถใช้ได้กับเฉพาะเม็ดบัวที่มีขนาดใหญ่เท่านั้น จึงทำให้ไม่สามารถใช้ได้กับเม็ดขนาดเล็กได้ จำเป็นที่จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขให้สามารถทำงานได้กับเม็ดบัวทุกขนาด และมีความสามารถในการทำงานที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้รองรับกับการขยายตัวกับการแปรรูปเม็ดบัวในอนาคต

ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรสำหรับการแปรรูปผลิตภัณฑ์แป้งบัวหลวงจึงจะเป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์ที่จะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับเม็ดบัวไทย ซึ่งจะสอดคล้องกับแผนงานวิจัยบัวหลวงให้เป็นพืชเศรษฐกิจในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากของกรมวิชาการเกษตร เพื่อเพิ่มความสนใจ ความต้องการบริโภคเม็ดบัวไทยที่มากขึ้น แก้ปัญหาจากขาดแคลนแรงงาน ลดการนำเข้าเครื่องจักร แนวทางในการพัฒนาเครื่องจักรสำหรับกระบวนการแปรรูปเม็ดบัวคือ การเพิ่มประสิทธิภาพ ตั้งแต่ขั้นตอนของการคัดขนาดเม็ดบัว การกะเทาะเปลือก การนำดีบัวออกจากเม็ด การลอกเยื่อที่ติดกับเม็ด และบดเป็นแป้งเม็ดบัวต่อไป

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เม็ดบัวหลวงแห้ง
2. เครื่องต้นแบบฯ
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. นาฬิกาจับเวลา
5. แอมป์มิเตอร์
6. เครื่องชั่งดิจิตอล
7. เวอร์เนียคาลิปเปอร์

วิธีดำเนินการ

กิจกรรมนี้ออกแบบสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงต้นแบบเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัวที่สามารถใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่าย มีประสิทธิภาพ ราคาถูก ใช้แรงงานน้อย

- 1) ตรวจสอบเอกสาร และศึกษาหาข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ
- 2) ออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว โดยจะอาศัย

หลักการ

- 3) ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเบื้องต้นของเครื่องต้นแบบที่ได้สร้างขึ้นมา และปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่องการทำงานของเครื่องต้นแบบ

- 4) ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ได้แก่ ประสิทธิภาพการทำงาน ความสามารถในการทำงาน เป็นต้น

- 5) วิเคราะห์ผลการทดสอบ เขียนแบบ และสรุปผล

การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูล ความเร็วรอบ ความสามารถในการทำงาน และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน เป็นต้น

สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จตุจักร กทม. 10900

โทรศัพท์ 0-2529-0663 โทรสาร 0-2529-0664

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 ศึกษาข้อมูลสมบัติทางกายภาพของเม็ดบัวหลวงแห้ง เครื่องมือในกระบวนการแปรรูปแป้งบัว เครื่องจักรอื่น ๆ ที่มีหลักการการทำงานเกี่ยวข้อง และมีลักษณะกลไกการทำงานที่คล้ายกัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องต้นแบบ

การศึกษาศสมบัติทางกายภาพของเม็ดบัวหลวงแห้ง พบว่า เม็ดบัวหลวงแห้งมีค่าความชื้นเริ่มต้นที่ 4.94 เปอร์เซ็นต์จากการวัดขนาด (Size) พบว่าความยาว, ความหนา และความกว้าง มีค่าเฉลี่ยคือ 15.51, 11.63 และ 11.71 มิลลิเมตร ตามลำดับ เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (GMD) 11.69 มิลลิเมตร และมีค่าน้ำหนักต่อ 100 เมล็ดเฉลี่ย 106.27 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดบัวแห้ง

คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดบัวหลวงแห้ง.

ความชื้นเริ่มต้น (%Wb)	4.94
ความยาว (mm.)	15.51
ความหนา (mm.)	11.63
ความกว้าง (mm.)	11.71
เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต(GMD) (mm.)	11.69
น้ำหนักต่อ 100 เมล็ด (g.)	106.27

8.2 ออกแบบสร้างต้นแบบชุดเครื่องมือสำหรับกระบวนการแปรรูปแป้งจากเม็ดบัวหลวงแห้ง ประกอบด้วย เครื่องกะเทาะเปลือก เครื่องแท่งตีบัว และเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัว

เครื่องต้นแบบเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง

มีส่วนประกอบหลักคือ ชุดลูกกลิ้งขึ้นลายสำหรับกะเทาะเปลือกประกอบไปด้วยลูกกลิ้งขึ้นลายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร จำนวน 2 ลูก และลูกกลิ้งขึ้นลายขนาดเล็กสำหรับกดเม็ดบัวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร จำนวน 1 ลูก ชุดเกลียวลำเลียงเม็ดบัว มีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 2 แรงม้า ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5



รูปที่ 4 ชุดลูกกลิ้งขึ้นลายสำหรับกะเทาะเปลือกเม็ดบัว



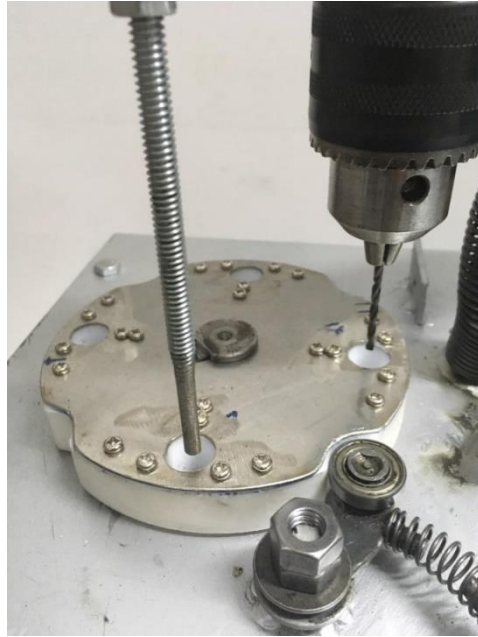
รูปที่ 5 ต้นแบบเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัว

เครื่องต้นแบบเครื่องแทงตีบัว

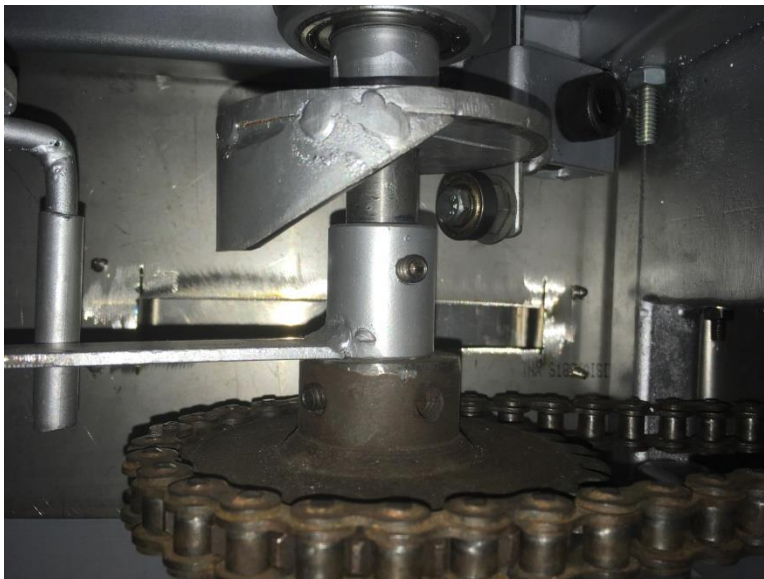
ประกอบไปด้วย ชุดแทง (เจาะ) เม็ดบัวแห้งด้วยดอกสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร (รูปที่ 6) และถาดบรรจุเม็ดบัวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร (รูปที่ 7) ที่ถูกขับเคลื่อนให้หมุนเข้าหาตำแหน่งแทงเม็ดบัวด้วยกลไกของชุดลูกเบี้ยวด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (รูปที่ 8) เครื่องต้นแบบเครื่องแทงตีบัวดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 6 ดอกสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 7 ถาดบรรจุเม็ดบัวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร



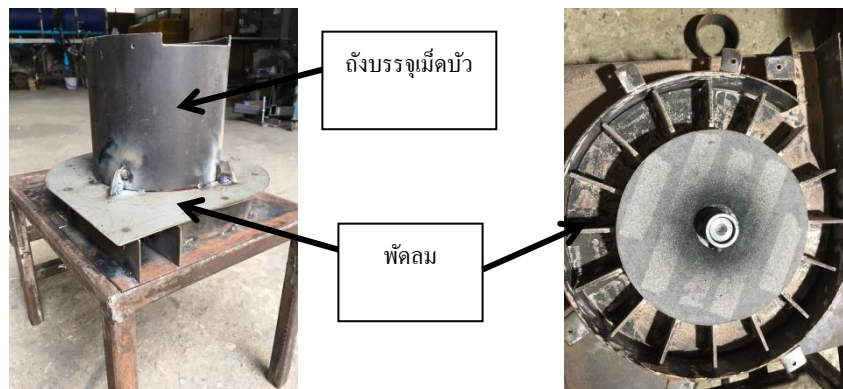
รูปที่ 8 กลไกของชุดลูกเบี้ยว



รูปที่ 9 ต้นแบบเครื่องแทงตีบัว

เครื่องต้นแบบเครื่องขจัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง

ประกอบไปด้วยถังบรรจุเม็ดบัวที่ถูกติดกระดาษทรายไว้บริเวณผนัง งานหมุน และพัดลมดูดเศษฝุ่นจากการขัด (รูปที่ 10) บริเวณด้านล่างของตัวเครื่อง เครื่องต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 10 บรรจุเม็ดบัวและพัดลมดูดเศษฝุ่นจากการขัด



รูปที่ 11 ต้นแบบเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง

8.3 ทดสอบประสิทธิภาพ และบันทึกผลการทำงานของเครื่องต้นแบบเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง

ลักษณะการทำงานของเครื่องคือ เม็ดบัวจะถูกป้อนลงในถังบรรจุเม็ดบัว และถูกลำเลียงออกด้วยชุดเกลียวลำเลียงเม็ดที่อยู่ด้านในเครื่องออกมายังชุดกะเทาะเปลือกด้วยลูกกลิ้งขึ้น เม็ดบัวที่ผ่านลูกกลิ้งจะมีความเร็วในการหมุน 360 รอบต่อนาที โดยจะมีทั้งเม็ดบัวที่กะเทาะได้สมบูรณ์ แตกเสียหาย และไม่ถูกกะเทาะโดยเฉลี่ย 78.2% ,12.6% และ 9.2% ตามลำดับ ความสามารถในการกะเทาะเปลือกเฉลี่ย 2.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2 เม็ดบัวแห้งที่ผ่านการกะเทาะเปลือกดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 12 แสดงลักษณะของเปลือกเม็ดบัวที่ถูกกะเทาะโดยลูกกลิ้ง



รูปที่ 13 เม็ดบัวแห้งที่ผ่านการกะเทาะมีทั้งเม็ดที่กะเทาะได้สมบูรณ์ เม็ดที่ถูกบีบจนแตกเสียหายและเม็ดที่ไม่ถูกกะเทาะ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง

ความเร็วรอบของลูกกะเทาะ (rpm.)	เม็ดสมบูรณ์ (%)	เม็ดแตกหัก (%)	เม็ดที่ไม่ถูกกะเทาะ (%)	ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย (kg-hr ⁻¹)
360	78.2	12.6	9.2	2.7

เครื่องแท่งตีบัว

ทดสอบการทำงานด้วยความเร็วรอบในการหมุน 3 ระดับ ได้แก่ 4.5 ,5.5 และ 6.5 รอบต่อนาทีซึ่งเป็นความเร็วที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำการบรรจุเม็ดบัวแห้งได้ทัน พบว่าที่ความเร็วในการหมุน 4.5 รอบต่อนาที มีเม็ดบัวที่เจาะได้สมบูรณ์ 63.5% เจาะไม่ตรงและแตกเสียหาย 36.5% ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.71 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วในการหมุน 5.5 รอบต่อนาที มีเม็ดบัวที่เจาะได้สมบูรณ์ 59.5% เจาะไม่ตรงและแตกเสียหาย 39.5% ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วในการหมุน 6.5 รอบต่อนาที มีเม็ดบัวที่เจาะได้สมบูรณ์ 69.5% เจาะไม่ตรงและแตกเสียหาย 29.5% ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1.04 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สาเหตุที่ทำให้เกิดการเจาะไม่ตรงตำแหน่งส่วนหนึ่งเกิดจากการบรรจุเม็ดบัวของผู้ปฏิบัติงานที่วางเม็ดบัวลงในถาดหมุนไม่ตรงกับตำแหน่งการเจาะ เม็ดบัวแห้งที่ผ่านการเจาะได้สมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 14 ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3



รูปที่ 14 เม็ดบัวที่ผ่านการเจาะรู

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเครื่องแท่งดีบัว

ความเร็วจานหมุน (rpm.)	เม็ดที่ถูกเจาะสมบูรณ์ (%)	เม็ดแตกเสียหายและไม่ ถูกเจาะ (%)	ความสามารถในการทำงาน เฉลี่ย (kg-hr ⁻¹)
4.5	63.5	36.5	0.71
5.5	59.5	39.5	0.88
6.5	69.5	29.5	1.04

เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง

ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้งด้วยกระดาษทรายที่มีความละเอียดต่างกันที่สามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาดจพนวน 6 ขนาด คือ 24 ,100 ,180 ,240 ,360 และ 500 (ขนาด 24 คือหยาบ 500 คือละเอียด) ใช้ความเร็วในการทดสอบคือ 436 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบสูงสุดที่ไม่ทำให้เม็ดบัวกระเด็นออกจากถังบรรจุ ทำการขัดเม็ดบัวแห้งด้วยระยะเวลา 60 นาที พบว่าที่กระดาษทรายความหยาบเบอร์ 24 มีค่าน้ำหนักที่หายไปจากการขัดเฉลี่ย 12.0 เปอร์เซ็นต์ ความหยาบเบอร์ 100 มีค่าน้ำหนักที่หายไปจากการขัดเฉลี่ย 10.8 เปอร์เซ็นต์ ความหยาบเบอร์ 180 มีค่าน้ำหนักที่หายไปจากการขัดเฉลี่ย 24.5 เปอร์เซ็นต์ ความหยาบเบอร์ 240 มีค่าน้ำหนักที่หายไปจากการขัดเฉลี่ย 14.8 เปอร์เซ็นต์ ความหยาบเบอร์ 360 มีค่าน้ำหนักที่หายไปจากการขัดเฉลี่ย 12.1 เปอร์เซ็นต์ ความหยาบเบอร์ 500 มีค่าน้ำหนักที่หายไปจากการขัดเฉลี่ย 10 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4 และการใช้กระดาษทรายเบอร์ 100 ในการทดสอบ ทำการขัดจนเยื่อสีน้ำตาลส่วนมากถูกขัดออกไป ใช้ระยะเวลาในการขัดโดยประมาณ 35 นาที ส่วนที่ถูกขัดออกไปคิดเป็นสัดส่วนน้ำหนักเฉลี่ย 7.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเม็ดบัวมีลักษณะใกล้เคียงกับเม็ดบัวจากประเทศจีนที่มีขายอยู่ในท้องตลาด ดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 15 เม็ดบัวที่ผ่านการขัดลอกเยื่อเปรียบเทียบระหว่างเม็ดบัวจีน (บน) และเม็ดบัวไทย (ล่าง)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง

เบอร์ กระดาษ ทราย (No.)	น้ำหนักที่หายไปเป็นเวลาต่างๆ (%)													ผลต่างของ น้ำหนัก (%)
	0 (min)	5 (min)	10 (min)	15 (min)	20 (min)	25 (min)	30 (min)	35 (min)	40 (min)	45 (min)	50 (min)	55 (min)	60 (min)	
#24	100.0	98.1	97.5	96.7	95.9	95.0	94.4	93.4	92.5	91.3	90.3	89.2	88.0	12.0
#100	100.0	97.3	96.3	95.6	94.6	94.2	93.4	92.5	92.3	90.5	90.1	89.7	89.2	10.8
#180	100.0	97.0	95.5	93.4	92.0	90.4	88.8	87.1	84.8	82.0	80.1	78.6	75.5	24.5
#240	100.0	98.6	96.5	95.9	94.8	93.6	92.5	91.6	90.1	89.0	87.8	86.1	85.2	14.8
#360	100.0	98.3	97.1	96.2	95.4	94.5	93.6	93.1	105.8	90.2	90.2	89.3	87.9	12.1
#500	100.0	98.9	98.0	97.4	96.6	96.0	94.9	94.0	93.7	92.6	91.7	90.9	90.0	10.0

8.4 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวหลวงแห้ง ที่มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 2.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน มีอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1.1 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง เมื่อกำหนดให้ใช้เวลาในการทำงาน 5 ชั่วโมงต่อวัน ทำงานปีละ 180 วัน เครื่องต้นแบบมีราคา 25,000 บาท จะสามารถคิดต้นทุนค่าใช้จ่ายจากการใช้งานเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวหลวงแห้งได้เท่ากับ 25.7 บาทต่อกิโลกรัม มีปริมาณเม็ดบัวต่อปีเท่ากับ 2,430 กิโลกรัม หากคิดค่าจ้างในการกะเทาะเปลือก 100 บาทต่อกิโลกรัม จุดคุ้มทุนในการทำงานของเครื่องเท่ากับ 624.51 กิโลกรัมต่อปี หรือคิดเป็นระยะเวลาคืนทุน 0.18 ปี หรือประมาณ 2.2 เดือน สำหรับเครื่องต้นแบบเครื่องแห้งดีบัวแห้ง ที่มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1.04 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน มีอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 0.08 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง เมื่อกำหนดให้ใช้เวลาในการทำงาน 5 ชั่วโมงต่อวัน ทำงานปีละ 180 วัน เครื่องต้นแบบมีราคา 23,000 บาท จะสามารถคิดต้นทุนค่าใช้จ่ายจากการใช้งานเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวหลวงแห้งได้เท่ากับ 62.87 บาทต่อกิโลกรัม มีปริมาณเม็ดบัวต่อปีเท่ากับ 936 กิโลกรัม หากคิดค่าจ้างในการแห้งดีบัว 100 บาทต่อกิโลกรัม จุดคุ้มทุนในการทำงานของเครื่องเท่ากับ 588.46 กิโลกรัมต่อปี หรือคิดเป็นระยะเวลาคืนทุน 1.78 ปี หรือประมาณ 21.4 เดือน สำหรับเครื่องขัดลอกเยื่อ ไม่สามารถวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมได้ เนื่องจากเครื่องต้นแบบต้องมีการพัฒนาต่อยอดให้ใช้ได้เหมาะสมกับปริมาณเม็ดบัวแห้ง

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวแห้งสามารถกะเทาะเปลือกได้เมล็ดบัวที่สมบูรณ์เฉลี่ย 78.2 เปอร์เซ็นต์ เม็ดแตกเสียหายเฉลี่ย 12.6 เปอร์เซ็นต์ เม็ดที่แตกเสียหายเกิดจากการถูกเบียดอัดบริเวณเกลียวลำเลียงเมล็ดบัว ด้านในตัวเครื่อง เม็ดบัวที่ไม่ถูกกะเทาะเฉลี่ย 9.2 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุมาจากเมล็ดบัวมีขนาดเล็กกว่าระยะกวดของ ลูกกลิ้งตัวบน มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 2.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งสูงกว่าใช้แรงงานคนในการ กะเทาะที่ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เครื่องต้นแบบมีราคา 25,000 บาท จะ สามารถคิดต้นทุนค่าใช้จ่ายจากการใช้งานเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งได้เท่ากับ 25.7 บาทต่อ กิโลกรัม มีปริมาณเมล็ดบัวต่อปีเท่ากับ 2,430 กิโลกรัม หากคิดค่าจ้างในการกะเทาะเปลือก 100 บาทต่อ กิโลกรัม จุดคุ้มทุนในการทำงานของเครื่องเท่ากับ 624.51 กิโลกรัมต่อปี หรือคิดเป็นระยะเวลาคืนทุน 0.18 ปี หรือประมาณ 2.2 เดือน

เครื่องแท่งตีบัวมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1.04 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบของจาน บรจุเมล็ดบัว 6.5 รอบต่อนาที (1.94 เมตรต่อนาที) ซึ่งเป็นความเร็วที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถบรรจุเมล็ดบัวได้ทัน เม็ดบัวที่ผ่านการเจาะโดยสมบูรณ์เฉลี่ย 69.5 เปอร์เซ็นต์ เม็ดแตกเสียหายและเจาะไม่ตรงตำแหน่งรวมกัน 30.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลมาจากการบรรจุเมล็ดบัวลงในจานหมุนไม่ตรงตำแหน่ง เครื่องต้นแบบมีราคา 23,000 บาท จะสามารถคิดต้นทุนค่าใช้จ่ายจากการใช้งานเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งได้เท่ากับ 62.87 บาท ต่อกิโลกรัม มีปริมาณเมล็ดบัวต่อปีเท่ากับ 936 กิโลกรัม หากคิดค่าจ้างในการแท่งตีบัว 100 บาทต่อกิโลกรัม จุดคุ้มทุนในการทำงานของเครื่องเท่ากับ 588.46 กิโลกรัมต่อปี หรือคิดเป็นระยะเวลาคืนทุน 1.78 ปี หรือ ประมาณ 21.4 เดือน

เครื่องขัดลอกเยื่อเมล็ดบัวแห้ง เลือกใช้กระดาษทรายเบอร์ 100 ในการทดสอบ ทำการขัดจนเยื่อสี น้ำตาลส่วนมากถูกขัดออกไป ที่ความเร็วรอบ 436 รอบต่อนาที (ความเร็วรอบสูงสุดที่ไม่ทำให้เมล็ดบัวกระเด็น ออกจากถังบรรจุ) ใช้ระยะเวลาในการขัดโดยประมาณ 35 นาที ส่วนที่ถูกขัดออกไปคิดเป็นสัดส่วนน้ำหนัก เฉลี่ย 7.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมล็ดบัวมีลักษณะใกล้เคียงกับเมล็ดบัวจากประเทศจีนที่มีขายอยู่ในท้องตลาด

หลังจากเมล็ดบัวแห้งผ่านกระบวนการขัดลอกเยื่อจนได้เมล็ดบัวแห้งที่มีสีขาวแล้ว ก็จะเข้าสู่ขั้นตอนของ การบดให้เป็นแป้งด้วยการใช้เครื่องบดแบบลูกหินที่มีใช้งานอยู่ในกลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว และ นำไปผ่านการคัดแยกแป้งด้วยเครื่องคัดแยกด้วยลมซึ่งเป็นงานวิจัยในชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกล แปรรูปในกระบวนการทำแป้งจากธัญพืชและผลผลิตเกษตรระดับกลุ่มเกษตรกรต่อไป

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยนี้คาดว่าจะนำไปใช้ประโยชน์โดยกลุ่มเป้าหมายคือ หน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร และกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปบัวหลวง

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

ขอขอบคุณกลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ที่ให้การสนับสนุนในเรื่องของสถานที่ และอุปกรณ์ที่ใช้ทำการวิจัย

12. เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2555. สัมมนาวิชาการการพัฒนาบัวให้เป็นพืชเศรษฐกิจ ครั้งที่ 10 “บัวไทย: การอนุรักษ์ ความหลากหลาย”. 17-18 สิงหาคม 2556. สวนสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ.
- ดารุณี ไพยราช และนิรมล ปัญญาบุศยกุล. 2552. คุณค่าทางโภชนาการและความเป็นไปได้ของการใช้เป็นส่วนประกอบอาหารของเมล็ดบัวไทย. หน้า 671-679 การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร กรุงเทพฯ, 2552 (838 หน้า).
- ฤดี อีระวนิช และคณะ, 2550, ศักยภาพการผลิต ต้นทุน และตลาดของผลิตภัณฑ์บัวหลวง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45. 30 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์ 2550 กรุงเทพฯ.
- พुरुวงค์ นาทอง และวิไลพร คำงาม. 2551. การออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเม็ดกระเจี๊ยบแดง. หน้า 77 - 83. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชชมงคลธัญบุรี. ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- สนอง อมฤกษ์ ประพัฒน์ ทองจันทร์ และวุฒิพล จันทร์สระคู. 2555, การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียโดยใช้กลไกกระแทกสำหรับการใช้งานของเกษตรกร. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. 4-5 เมษายน 2555. จังหวัดเชียงใหม่.
- อนุชา ทองประสม ธัญญา เสืออุดม และอักรินทร์ ว่องสิทธิโรจน์. 2553. การออกแบบและพัฒนาเครื่องแหวงตีบัว. การประชุมทางวิชาการโครงการงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 16. 29 มกราคม 2553. จังหวัดขอนแก่น.

เอกณรงค์ สาทิ กิตติ คำพวง และสรรพสิทธิ์ บุญคำ. 2556, การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือก
เมล็ดบัวหลวงแห้ง. การประชุมทางวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 19. 8
กุมภาพันธ์ 2556. จังหวัดชุมพร.

13. ภาคผนวก

ภาคผนวก

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง

- ค่าเสื่อมราคาเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัว

มูลค่าเครื่องกะเทาะเปลือกฯ (P) 25,000 บาท

อายุการใช้งาน (N) 10 ปี

มูลค่าเครื่องเมื่อหมดอายุการใช้งาน (L) 0 บาท

ต้นทุนค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนค่าเสื่อมราคาของเครื่องฯ} &= (P-L)/N \\ &= (25,000 - 0)/10 && \text{บาท/ปี} \\ &= 2,500 && \text{บาท/ปี}\end{aligned}$$

-ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน ดอกเบี้ย 10% (i)

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนค่าเสียโอกาสเงินลงทุน} &= [(P+L)/2] \times i \\ &= [(25,000+0)/2] \times 0.1 && \text{บาท/ปี} \\ &= 1,250 && \text{บาท/ปี}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม} &= 2,500+1,250 && \text{บาท/ปี} \\ &= 3,750 && \text{บาท/ปี}\end{aligned}$$

ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)

-ค่าจ้างแรงงาน

แรงงาน 1 คน 300 บาท/คน เวลา 180 วัน

ต้นทุนค่าแรงงาน = $1 \times 300 \times 180$ บาท/ปี

= 54,000 บาท/ปี

-ค่าน้ำ

ไม่มีค่าใช้จ่าย

-ค่าไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าขณะทำงาน 1.1 kW-h

คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท

ต้นทุนค่าไฟฟ้า = $1.1 \times 5 \times 180 \times 3.5$ บาท/ปี

= 3,465 บาท/ปี

-ค่าซ่อมบำรุง

คิดคงที่เท่ากับร้อยละ 5 = $0.05 \times 25,000$ บาท/ปี

= 1,250 บาท/ปี

-ต้นทุนผันแปรรวม = 58,715 บาท/ปี

-ต้นทุนรวมทั้งหมด = $3,750 + 58,715$ บาท/ปี

= 62,465 บาท/ปี

ระยะเวลา 1 ปีใช้ปริมาณเม็ดบัว = $2.7 \times 5 \times 180$ กิโลกรัม/ปี

= 2,430 กิโลกรัม/ปี

-ต้นทุนค่าใช้จ่ย = $62,465 / 2,430$ กิโลกรัม/ปี

	= 25.7	บาท/กิโลกรัม
<u>การคำนวณจุดคุ้มทุน</u>		
ราคาค่าจ้างในกะเพาะเปลือก	= 100	บาท/กิโลกรัม
ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 25.7	บาท/กิโลกรัม
มูลค่าเพิ่ม	= 74.3	บาท/กิโลกรัม
ปริมาณเม็ดบัว	= 2,430	กิโลกรัม/ปี
จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่อง	รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย	
ดังนั้น	$100 \times N = 25.7 \times 2,430$	
โดยที่ N คือปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน	= 624.51	กิโลกรัม/ปี
มูลค่าเพิ่มในการทำงานของเครื่องฯ	$= (2,430 - 624.51) \times 74.3$	บาท/ปี
	= 134,147.9	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม	= $25,000 / 134,147.9$	ปี
	= 0.18 (2.2 เดือน)	ปี
อัตราผลตอบแทนเงินทุน	$= (\text{มูลค่าเพิ่มสุทธิ} / \text{มูลค่าเครื่อง}) \times 100$	%
	$= (134,147.9 / 25,000) \times 100$	%
	= 536	%/ปี

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) เครื่องแท่งตีบัวแห้ง

- ค่าเสื่อมราคาเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัว

มูลค่าเครื่องกะเทาะเปลือกฯ (P)	23,000	บาท
--------------------------------	--------	-----

อายุการใช้งาน (N)	10	ปี
-------------------	----	----

มูลค่าเครื่องเมื่อหมดอายุการใช้งาน (L)	0	บาท
--	---	-----

ต้นทุนค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง

ต้นทุนค่าเสื่อมราคาของเครื่องฯ	= (P-L)/N	
	= (23,000 - 0)/10	บาท/ปี
	= 2,300	บาท/ปี

-ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน ดอกเบี้ย 10% (i)

ต้นทุนค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	= [(P+L)/2] × i	
	= [(23,000+0)/2] × 0.1	บาท/ปี
	= 1,150	บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม	= 2,300+1,150	บาท/ปี
	= 3,450	บาท/ปี

ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)

-ค่าจ้างแรงงาน

แรงงาน 1 คน 300 บาท/คน เวลา 180 วัน

ต้นทุนค่าแรงงาน = $1 \times 300 \times 180$ บาท/ปี

= 54,000 บาท/ปี

-ค่าน้ำ

ไม่มีค่าใช้จ่าย

-ค่าไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าขณะทำงาน 0.08 kW-h

คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท

ต้นทุนค่าไฟฟ้า = $0.08 \times 5 \times 180 \times 3.5$ บาท/ปี

= 252 บาท/ปี

-ค่าซ่อมบำรุง

คิดคงที่เท่ากับร้อยละ 5 = $0.05 \times 23,000$ บาท/ปี

= 1,150 บาท/ปี

-ต้นทุนผันแปรรวม = 55,402 บาท/ปี

-ต้นทุนรวมทั้งหมด = $3,450 + 55,402$ บาท/ปี

= 58,852 บาท/ปี

ระยะเวลา 1 ปีมีปริมาณเมล็ดบัว = $1.04 \times 5 \times 180$ กิโลกรัม/ปี

= 936 กิโลกรัม/ปี

-ต้นทุนค่าใช้จ่าย = $58,852 / 936$ กิโลกรัม/ปี

	= 62.87	บาท/กิโลกรัม
<u>การคำนวณจุดคุ้มทุน</u>		
ราคาค่าจ้างในทางตีบัว	= 100	บาท/กิโลกรัม
ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 62.87	บาท/กิโลกรัม
มูลค่าเพิ่ม	= 37.13	บาท/กิโลกรัม
ปริมาณเม็ดบัวแห้ง	= 936	กิโลกรัม/ปี
จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่อง	รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย	
ดังนั้น	$100 \times N = 62.87 \times 936$	
โดยที่ N คือปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน	= 588.46	กิโลกรัม/ปี
มูลค่าเพิ่มในการทำงานของเครื่องฯ	$= (936 - 588.46) \times 37.13$	บาท/ปี
	= 12,904.16	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม	= 23,000/12,904.16	ปี
	= 1.78 (21.4 เดือน)	ปี
อัตราผลตอบแทนเงินทุน	$= (\text{มูลค่าเพิ่มสุทธิ} / \text{มูลค่าเครื่อง}) \times 100$	%
	$= (12,904.16 / 23,000) \times 100$	%
	= 56.1	%/ปี