

การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกแบบต่อเนื่อง

Design and Fabrication of Continuous Type Barking

Deer's Mango Nut Sheller

รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์^{1*} วุฒิชัย ชาวสวนแพ² และจตุรงค์ ลังกาพินธุ์³

Roongruang Kalsirisilp^{1*} Wootichai Chawsuanpair² Jaturong Langkapin³

Roongruang.k@en.rmutt.ac.th^{1*}, wootichai_c@mail.rmutt.ac.th², Jaturong.L@en.rmutt.ac.th³

¹⁻³ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

¹⁻³ Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received: July 24, 2018
Revised: August 1, 2018
Accepted: August 20, 2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเป็นเครื่องทุ่นแรงและช่วยเพิ่มความสามารถในการผลิตเมล็ดกระบกในชุมชนเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ โครงสร้างเครื่อง ชุดลำเลียง ชุดกะเทาะ และระบบส่งกำลังโดยการทดสอบได้แบ่งขั้นตอนการทดสอบออกเป็น 2 ขั้นตอน ในขั้นตอนแรกเป็นการทดสอบเพื่อหาลักษณะของหัวเจาะที่ให้สมรรถนะและประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีที่สุด และขั้นตอนที่สองเป็นการทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก ผลการทดสอบในขั้นตอนแรก ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,000 รอบต่อนาที พบว่าหัวเจาะชนิด แบบเรียบเป็นหัวเจาะที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาจากสมรรถนะและเมล็ดที่กะเทาะได้ ผลการทดสอบขั้นตอนที่สองพบว่าที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,000 รอบต่อนาที และอัตราการป้อน 30 เมล็ดต่อนาที เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกมีความสามารถในการทำงาน 10.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมล็ดที่กะเทาะได้ 1.04 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.87 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกพบว่าค่าใช้จ่ายในการทำงาน 4.5 บาทต่อกิโลกรัม และมีจุดคุ้มทุนในการทำงาน 393 ชั่วโมงต่อปี เมื่อพิจารณาชั่วโมงการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก 720 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 0.3 ปี

คำสำคัญ: เมล็ดกระบก, เครื่องกะเทาะ, หัวเจาะเมล็ดกระบกแบบเรียบ

Abstract

This research was aimed to increase the production of barking deer's mango in the community. The machine consisted of four main parts namely, steel frame, conveying unit, shelling unit and power transmission unit. Experiments were divided into two parts. The first part was aimed to evaluate the optimum shape of shelling unit. The second part was aimed to evaluate the performance and efficiency of continuous type barking deer's mango nut sheller. Based on the tests results, it was found that the flat shape of shelling unit performed the best in terms of capacity and efficiency of the machine at the revolution speed of 1,000 rpm. The performance tests of the machine further showed that the machine had its capacity as 10.4 kg.nuts per hour or 1.04 kg.kernels per hour at the speed and feed rate of 1,000 rpm and 30 nuts/min, respectively. The electrical consumption was found as 0.87 kW-hr. The economic analysis showed that the operation cost of the machine was approximately 4.5 Baht per kg with the break even point of 393 hour per year. Considering the working hour per year as 720, the pay back period of the machine was found to be 0.3 year.

Keywords: barking deer's mango, nut sheller, flat shape of shelling unit

1. บทนำ

กระบกเป็นพืชที่สามารถพบได้ทั่วไป ในเขตภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งในประเทศไทยจะพบมากที่สุดในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กระบกเป็นพืชยืนต้น ซึ่งทุกส่วนของกระบกล้วนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้น ขนาดของต้นกระบกในพื้นที่นาเกษตรกรรมมีความสูงอยู่ระหว่าง 10-30 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยวขนาดกว้างอยู่ระหว่าง 2.5-3 เซนติเมตร ความยาวของใบอยู่ระหว่าง 7-12 เซนติเมตร ใบเรียงสลับรูปวงรี ขอบขนาน ผลสดของกระบก จะมีเนื้อออกในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ทรงกลมรี สีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อสุกผลแห้งภายในเนื้อจะเป็นสีส้ม ขึ้นหุ้มเมล็ดเปลือกในแข็ง ภายในจะมีเมล็ดสีขาว 1 เมล็ด รสมัน [1] ประโยชน์ของเมล็ดกระบกด้านสมุนไพรสามารถใช้ปรุงยาถ่ายพยาธิ บำรุงไขข้อ บำรุงตับ แก้เส้นเอ็นพิการ และให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย ซึ่งเนื้อกระบกจะมีคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ธาตุเหล็ก และแคลเซียม [2] น้ำมันเมล็ดกระบก ประกอบไปด้วย กรดไขมันอิ่มตัว ซึ่งได้แก่ กรดปาล์มิติก 4.5 เปอร์เซ็นต์ กรดลอริก 40.11 เปอร์เซ็นต์ ไมริสติก 50.12 เปอร์เซ็นต์ และกรดสเตียริก 0.55% ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดไลโนเลอิก 1.46 เปอร์เซ็นต์ กรดโอเลอิก 3.12 เปอร์เซ็นต์ และกรดปาล์มิโตเลอิก 0.12 เปอร์เซ็นต์ [3] และในด้านการแปรรูปสามารถนำไปใช้ในการทำเครื่องสำอาง สบู่ สกัดเป็นน้ำมันเมล็ดกระบก และสามารถนำมาแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยว [4]

วิธีการกะเทาะเมล็ดกระบกในปัจจุบันสามารถทำได้ 2 วิธีได้แก่ 1. เกษตรกรจะใช้มีดผ่าหรือใช้ค้อนทุบให้เปลือกนอกของเมล็ดกระบกที่แข็งแยกออกจากกัน 2. การใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกแบบใช้แรงอัดกับแรงกระแทกซึ่งต้องใช้แรงงานคนในการทำงานเป็นหลัก และก่อให้เกิดอาการเมื่อยล้าแก่ผู้ปฏิบัติงาน [5] จากปัญหาดังกล่าว จึงได้ดำเนินการจัดทำโครงการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกแบบต่อเนื่อง โดยใช้หลักการของ

กลไกเจนีวาเป็นอุปกรณ์กำหนดอัตราการป้อนของเมล็ดกระบก (Geneva mechanism) และหลักการของลูกเบี้ยวในการขับเคลื่อนหัวเจาะเมล็ดกระบก (Cam mechanism) จากผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ากลไกแบบเจนีวา และลูกเบี้ยว เป็นกลไกสำหรับการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก โดยกลไกเจนีวาเป็นตัวกำหนดการเคลื่อนที่ของโซ่ลำเลียงดอกกระเจียบเข้าสู่ชุดหัวเจาะเมล็ด และใช้หลักการของลูกเบี้ยวเป็นอุปกรณ์ถ่ายทอดกำลังไปยังชุดหัวเจาะเมล็ดกระเจียบ ซึ่งผลการศึกษาพบว่ามีประสิทธิภาพในการกะเทาะเมล็ดกระเจียบ 95 เปอร์เซ็นต์ [6] ผลการศึกษาเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องตัดใบบัวหลวง ใช้หลักการของเจนีวาในการออกแบบชุดป้อนลำเลียงใบบัวหลวง โดยผลการทดสอบพบว่าเปอร์เซ็นต์การตัดใบบัวหลวง 98 เปอร์เซ็นต์ [7]

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการดำเนินโครงการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกแบบต่อเนื่องสำหรับใช้ทดแทนแรงงานคนในการกะเทาะ และเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ที่ยาเมล็ดกระบกเป็นอาชีพเสริม และเป็นโอกาสให้กับชุมชนที่จะรวมกลุ่มเกษตรกรผู้จำหน่ายเมล็ดกระบกที่กะเทาะแล้วทำการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตต่อไป (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 เนื้อในเมล็ดกระบก

2. อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญในการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะก ซึ่งมีวิธีการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบะก

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบะก ได้แก่ ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของผลกระบะกและเมล็ดกระบะกสำหรับเป็นเกณฑ์ในการออกแบบ ชุดกะเทาะ และระบบป้อนเมล็ดกระบะกดำเนินการศึกษาโดยการวัดผลและเมล็ดกระบะกด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ จำนวน 100 เมล็ด ซึ่งตำแหน่งในการวัดจะแสดงดังรูปที่ 1 แล้วนำค่าที่ได้จากการวัดมาวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าเฉลี่ย (average) ค่าต่ำสุด (minimum) และค่าสูงสุด (maximum) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบะก พบว่า ขนาดความกว้างของเมล็ดกระบะกทั้งเปลือกอยู่ระหว่าง 18.8-31.8 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.1 ± 2.2 มิลลิเมตร ความยาวของเมล็ดกระบะกทั้งเปลือกอยู่ระหว่าง 26.6-40 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33 ± 2.6 มิลลิเมตร ความหนาของเมล็ดกระบะกอยู่ระหว่าง 10.5-20 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.5 ± 1.8 มิลลิเมตร ความหนาของเปลือกเมล็ดกระบะกอยู่ระหว่าง 4.1-6.8 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.5 ± 2.7 มิลลิเมตร จากลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบะกที่ได้ศึกษานำไปใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบชุดป้อนและชุดกะเทาะเมล็ดกระบะกตามลำดับ

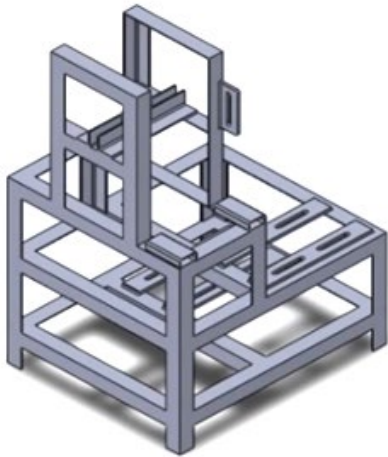


รูปที่ 2 การวัดขนาดของเมล็ดกระบะก

2.2 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

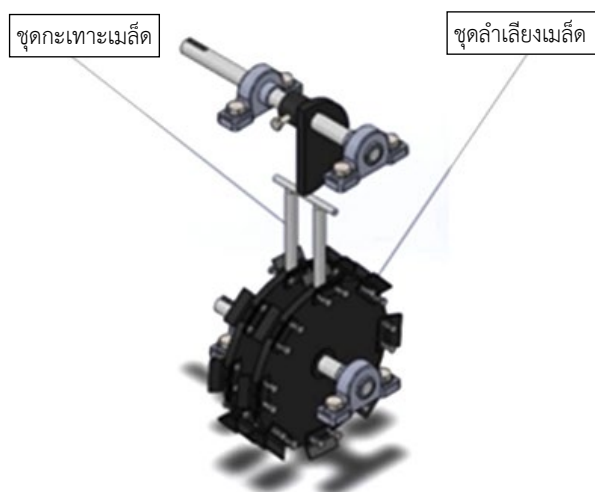
การออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะกต้นแบบนั้นนอกจากจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบะกแล้ว ยังได้ประยุกต์ใช้ความรู้และหลักการออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร [8] รวมทั้งใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบและเขียนแบบ ซึ่งส่วนประกอบหลักคือ โครงสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะก ชุดลำเลียงเมล็ด ชุดกะเทาะเมล็ด และระบบส่งกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง โดยแต่ละส่วนประกอบมีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้ โครงสร้างของเครื่องใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบทำจาก เหล็กฉากขนาด 40x40x4 มิลลิเมตร ทำการเชื่อม

ประกอบกันเป็นโครงดังรูปที่ 3 โครงเครื่องมีขนาด ความกว้าง ความยาว และความสูง เท่ากับ 500 x 600 x 900 มิลลิเมตร



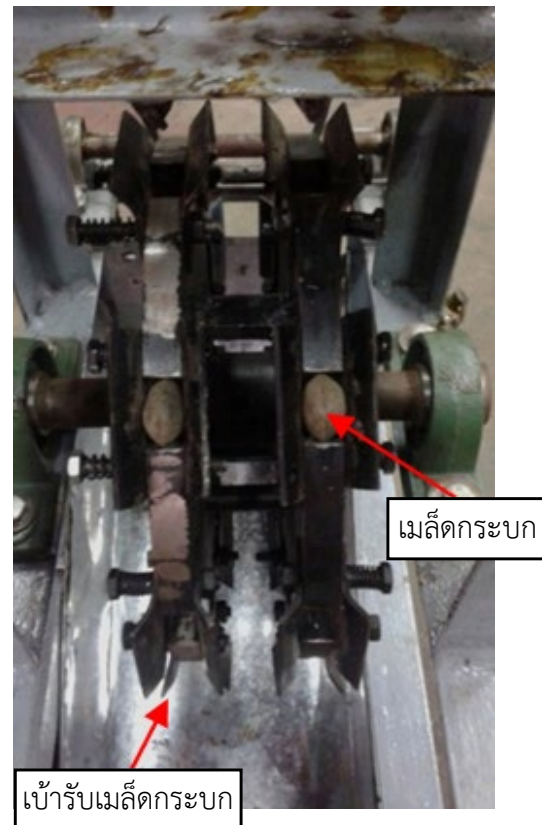
รูปที่ 3 โครงสร้างเครื่องกะเทาะกระบอก

ชุดหัวเจาะเม็ล็ดกระบอกทำหน้าที่ในการกะเทาะเม็ล็ดที่ถูกลำเลียงมายังชุดกะเทาะ ซึ่งมีลักษณะการทำงาน คือ เคลื่อนที่ขึ้นลงในบูชที่เป็นตัวประกอบให้ตรงกับเบ้า และลูกเบี้ยวจะต่อยึดเข้ากับเพลาลูกเบี้ยว 21 ฟัน เป็นตัวขับ โดยหัวเจาะจะมีจังหวะเคลื่อนที่ขึ้น-ลง ตามการเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยว มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ 1. ก้านหัวเจาะ ทำจากเหล็กเพลลา มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17 มิลลิเมตร ยาว 140 มิลลิเมตร 2. ลูกเบี้ยว 3. เฟืองโซ่ และ 4. เพลาลูกเบี้ยว (รูปที่ 4)



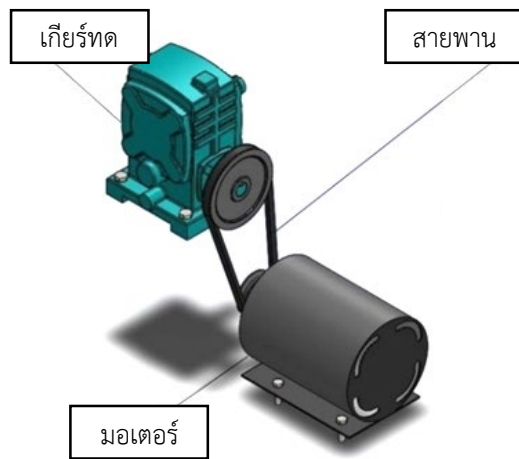
รูปที่ 4 กลไกชุดกะเทาะเม็ล็ดกระบอก

ชุดลำเลียงเม็ล็ดกระบอกจะทำหน้าที่ลำเลียง เม็ล็ดกระบอกจากการป้อนที่ใส่ลงมาให้มายังตำแหน่ง ตรงกับหัวเจาะและลำเลียงเม็ล็ดกระบอกที่กะเทาะแล้ว ให้ไปตกยังถาดรองเม็ล็ด โดยจะทำงานเป็นจังหวะ ซึ่งกำหนดจังหวะโดยกลไกเจนิวา ชุดลำเลียงเม็ล็ด กระบอกประกอบด้วย เบ้าสำหรับรองรับเม็ล็ดกระบอก เฟืองโซ่ และกลไกเจนิวา (รูปที่ 5)



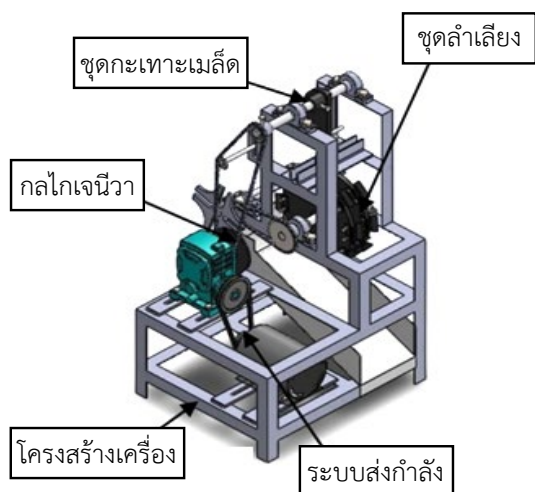
รูปที่ 5 ชุดลำเลียงเม็ล็ดกระบอก

ระบบส่งกำลังของเครื่องกะเทาะเม็ล็ดกระบอก จะใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลังและมีชุด เกียร์ทด 1:30 ในการทดรอบความเร็ว และทำงาน สัมพันธ์กับตัวชุดกะเทาะเม็ล็ด (รูปที่ 6)

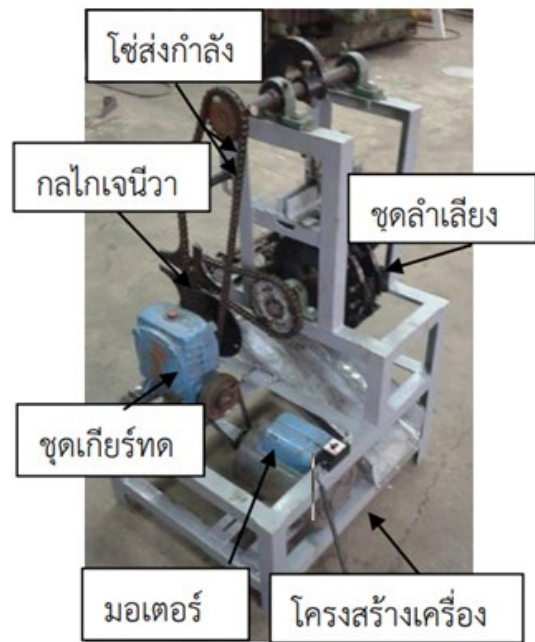


รูปที่ 6 ระบบส่งกำลังของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะก

หลักการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะก ที่สร้างขึ้นทำงานโดยอาศัยมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ส่งถ่ายกำลังไปยังไปยังชุดเกียร์ทด ชุดป้อน และชุดกะเทาะเมล็ดกระบะกตามลำดับ ผู้ควบคุมเครื่อง ทำการป้อนเมล็ดกระบะกที่ชุดป้อนเมล็ดกระบะก เมื่อเครื่องเริ่มทำงาน ทำให้ชุดกะเทาะเคลื่อนที่ลงมากด เมล็ดกระบะกที่ตำแหน่งจุดกึ่งกลางตามแนวตั้งของ เมล็ดกระบะก ทำให้เปลือกเมล็ดกระบะกแยกออกจากกัน ฐานรองเมล็ดก็จะหมุนให้เมล็ดกระบะกหลุดออกไป ยังถาดรองรับเมล็ด แท่งเหล็กที่เป็นชุดกะเทาะก็จะ เคลื่อนที่ขึ้นเพื่อทำการกะเทาะเมล็ดกระบะกเมล็ดถัดไป โดยมีกลไกชุดเจนิวา เป็นกลไกในการป้อนเมล็ดเข้าสู่ ชุดกะเทาะเมล็ดถัดไป รูปที่ 7 แสดงเครื่องต้นแบบ เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะก



1) แบบเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะก ด้วยโปรแกรมด้าน CAD

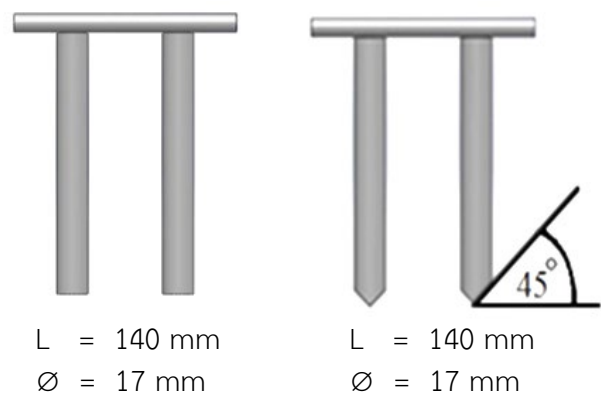


2) เครื่องต้นแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะก

รูปที่ 7 แบบและเครื่องต้นแบบเครื่องกะเทาะ เมล็ดกระบะก

2.3 การทดสอบและประเมินสมรรถนะการ ทำงาน

ศึกษาชนิดของหัวกะเทาะ 2 แบบ ได้แก่ ชนิดที่ 1 หัวเจาะแบบเรียบ และชนิดที่ 2 หัวเจาะ แบบแหลม (รูปที่ 8) ผลการศึกษาชนิดของหัวเจาะที่ เหมาะสมพบว่าหัวเจาะที่ดีที่สุดจากการทดสอบพบว่า หัวเจาะชนิดที่ 1 แบบเรียบ ให้ความสามารถในการ ทำงาน และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด ได้สูงกว่า หัวเจาะชนิดที่ 2 แบบแหลม



1) หัวเจาะแบบเรียบ 2) หัวเจาะแบบแหลม

รูปที่ 8 หัวเจาะเมล็ดกระบะก

โดยผลการทดสอบพบว่า หัวเจาะชนิดหัวเรียบ มีความสามารถในการกะเทาะเมล็ดในหน่วยกิโกรัมต่อชั่วโมงมากกว่าหัวเจาะแบบแหลม ร้อยละ 17 ความเสียหายของเมล็ดกระบะบของหัวเจาะแบบเรียบน้อยกว่าหัวเจาะแบบแหลมร้อยละ 32 เนื่องจากหัวเจาะแบบแหลม เมื่อเจาะลงไปจะทำให้หัวเจาะไม่ตรงเมล็ด การกะเทาะเมล็ดจึงผิดตำแหน่งทำให้ส่วนที่เป็นเปลือกของเมล็ดกระบะบไม่ถูกผ่าแยกออกจากกัน และทำให้เมล็ดในของเมล็ดกระบะบเสียหาย ในขณะที่หัวเจาะแบบหัวเรียบ จะมีความกว้างมาก มีพื้นที่ในการสัมผัสกับเปลือกเมล็ดกระบะบมากกว่าหัวเจาะแบบแหลม ทำให้ตำแหน่งการเจาะของหัวเจาะแบบเรียบมีความถูกต้องมากกว่า และหัวเจาะแบบหัวเรียบมีกรรมวิธีการผลิตที่ง่ายและสะดวกกว่าหัวเจาะแบบแหลม ดังนั้นจึงเลือกชนิดของหัวเจาะแบบหัวเรียบในการทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะบ ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 800, 1,000 และ 1,200 รอบต่อนาที ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ อัตราการป้อนเมล็ดกระบะบที่ทดสอบ ได้แก่ 24, 30 และ 38 เมล็ดต่อนาที ตามลำดับ โดยพิจารณาจากจำนวนเมล็ดที่ชุดกะเทาะสามารถกะเทาะได้ต่อนาที โดยประเมินจากค่าสัมผลการศึกษาดังนี้

ก) ความสามารถในการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะบ (กิโกรัมต่อชั่วโมง) คำนวณได้จากสมการที่ 1

$$C_a = \frac{W}{t} \quad (1)$$

C_a = ความสามารถในการกะเทาะของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะบ (กิโกรัมต่อชั่วโมง)

W = น้ำหนักของเมล็ดกระบะบที่กะเทาะได้ทั้งหมด (กิโกรัม)

T = เวลาที่ใช้ในการทำงาน (ชั่วโมง)

ข) เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดกระบะบ คำนวณได้จากสมการที่ 2

$$S_i = \frac{G}{W} \times 100 \quad (2)$$

S_i = เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดกระบะบ (เปอร์เซ็นต์)

G = น้ำหนักของเมล็ดกระบะบที่กะเทาะได้โดยไม่เสียหาย (กิโกรัม)

W = น้ำหนักของเมล็ดกระบะบที่กะเทาะได้ทั้งหมด (กิโกรัม)

ค) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกระบะบที่เสียหาย คำนวณได้จากสมการที่ 3

$$D_g = \frac{F}{W} \quad (3)$$

D_g = เปอร์เซ็นต์เมล็ดกระบะบที่เสียหาย (เปอร์เซ็นต์)

F = น้ำหนักของเมล็ดกระบะบที่ไม่สามารถกะเทาะได้ (กิโกรัม)

W = น้ำหนักของเมล็ดกระบะบที่กะเทาะได้ทั้งหมด (กิโกรัม)

ง) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะบ (กิโวลต์-ชั่วโมง)

$$W_a = \frac{IVt}{1000} \quad (4)$$

W_a = อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโวลต์-ชั่วโมง)

I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

t = เวลา (ชั่วโมง)

2.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

2.4.1 การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม เกี่ยวข้องกับต้นทุนในการใช้งานเครื่องโดยพิจารณาจาก เกษตรกรซื้อเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะบไปกะเทาะแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วย

ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกเท่ากับ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการกะเทาะเมล็ดกระบก อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์จะไม่คิดต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่าประกันภัย ค่าภาษี ค่าโรงเรือน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องไปทำงานตามสถานที่ต่างๆ เป็นต้น สำหรับต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการกะเทาะเมล็ดกระบก ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานคนเพื่อทำงานร่วมกับเครื่อง ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา และค่าซ่อมแซม เป็นต้น [9]

2.4.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay-back period)

เป็นการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรว่ามีระยะเวลานานเท่าไรเมื่อลงทุนในเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี คำนวณได้จากสมการที่ 5 [9]

$$PBP = \left(\frac{P}{R} \right) \quad (5)$$

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)
 P = ราคาเครื่องจักร (บาท)
 R = กำไรสุทธิต่อปี (บาทต่อปี)

2.4.3 การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break-even point)

เป็นการคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่องต่อปีโดยคิดเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการกะเทาะเมล็ดกระบก ระหว่างแรงงานคนกับเครื่องต้นแบบโดยพิจารณาจากต้นทุนในการทำงานโดยใช้แรงงานคนเท่ากับต้นทุนในการทำงานโดยใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก ค่าใช้จ่ายคงที่ ได้แก่ค่าเสื่อมราคา และค่าเสียโอกาสในการลงทุน ค่าใช้จ่ายผันแปร ได้แก่ ค่าจ้าง

แรงงานในการควบคุมเครื่อง ค่าไฟฟ้า และค่าซ่อมแซม บำรุงรักษาเครื่อง จุดคุ้มทุนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6 [9]

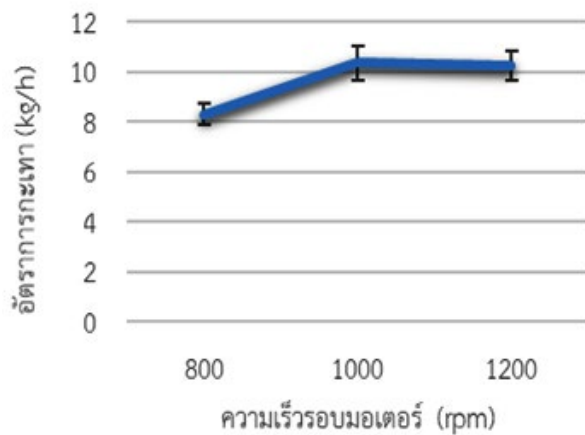
$$BEP = \left(\frac{F_c}{B - VC} \right) \quad (6)$$

BEP = จุดคุ้มทุน (ชั่วโมงต่อปี)
 F_c = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)
 B = อัตราการรับจ้าง (บาทต่อชั่วโมง)
 VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อชั่วโมง)

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบกทั้งเปลือก

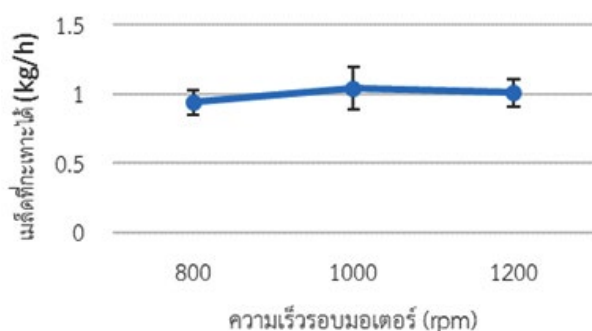
ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบกทั้งเปลือกพิจารณาในหน่วยกิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยทำการทดสอบที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 800, 1,000 และ 1,200 รอบต่อนาที ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่า ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 800 รอบต่อนาที มีอัตราการป้อนเมล็ดกระบกช้าเกินไปทำให้ผู้ปฏิบัติงานต้องเสียเวลาในการรอเพื่อป้อนเมล็ดกระบกเข้าสู่ชุดลำเลียง ดังนั้นจึงทำให้ใช้เวลาในการกะเทาะเมล็ดนาน ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบกจึงมีค่าต่ำ ส่วนที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,200 รอบต่อนาที มีอัตราการป้อนที่เร็วเมื่อมีผู้ปฏิบัติเพียง 1 คนจะทำให้การป้อนเมล็ดกระบกลงในเข้าหรือชุดป้อนเมล็ด ไม่ทันกับจังหวะการทำงาน จึงทำให้ความสามารถในการทำงานกะเทาะเมล็ดกระบกต่ำ ส่วนที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,000 รอบต่อนาที มีอัตราการป้อนที่เหมาะสมสามารถป้อนเมล็ดกระบกได้ทันและเหมาะสมกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของชุดกะเทาะเมล็ด จึงทำให้มีความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบก ที่สูงกว่าความเร็วรอบมอเตอร์ 8,00 และ 1,200 รอบต่อนาที ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,000 รอบต่อนาที ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบกทั้งเปลือก 10.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในขณะที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,200 รอบต่อนาที มีความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบกเท่ากับ 10.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (รูปที่ 9)



รูปที่ 9 อัตราการกะเทาะที่ความเร็วรอบมอเตอร์แตกต่างกัน

3.2 ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบะก

ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบะกเมื่อพิจารณาจากเนื้อในของเมล็ดกระบะกที่ได้จากการทดสอบ พบว่าเนื้อในของเมล็ดกระบะกที่กะเทาะได้ของเครื่องมีค่าเท่ากับ 1.04 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,000 รอบต่อนาที ในขณะที่ใช้แรงงานคนในการกะเทาะเมล็ดกระบะกจะสามารถกะเทาะได้ 0.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยการใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะกจะสามารถทำงานได้เร็วกว่าคนประมาณ 1.7 เท่า (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 อัตราการกะเทาะเมล็ดไม่รวมเปลือกที่ความเร็วรอบมอเตอร์แตกต่างกัน

3.3 เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย

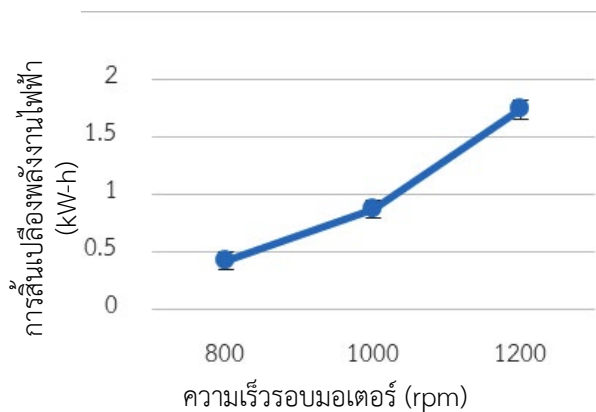
ความสามารถในการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะกมีค่าเท่ากับ 10.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในขณะที่ใช้แรงงานคนจะมีความสามารถในการทำงาน 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหายด้วยเครื่องมีค่าเท่ากับ 8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ใช้แรงงานคนจะมีค่าเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เป็นเพราะการใช้แรงงานคนจะกะเทาะด้วยมีดทำให้เวลากะเทาะเสร็จเมล็ดเกิดความเสียหายมากกว่าเครื่อง ส่วนเครื่องจะเกิดเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหายน้อยเพราะออกแบบหัวเจาะแบบหัวเรียบทำให้เมื่อกะเทาะในระยະที่เหมาะสมจะทำให้เมล็ดเสียหายน้อย รูปที่ 11 แสดงเมล็ดเนื้อในกระบะกที่กะเทาะได้จากการทดสอบ



รูปที่ 11 เมล็ดกระบะกที่กะเทาะได้

3.4 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบะกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการทำงานทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้นจึงจำเป็นต้องหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในแต่ละความเร็วรอบเพื่อเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ผลของการวิเคราะห์ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 12 โดยที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,000 รอบต่อนาที อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.87 กิโลวัตต์-ชั่วโมง



รูปที่ 12 การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ความเร็วรอบมอเตอร์แตกต่างกัน

3.5 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์

จากผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก ที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน สามารถวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องได้โดยมีรายละเอียดดังนี้ ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง 13,000 บาท กำหนดให้เครื่องทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ทำงานปีละ 90 วัน หรือคิดเป็นชั่วโมงการทำงานของเครื่องต่อปีเท่ากับ 720 ชั่วโมงต่อปี ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร พิจารณาอายุการใช้งานที่ 5 ปี เท่ากับ 2,340 บาทต่อปี ค่าเสียโอกาสในการลงทุน ที่อัตราดอกเบี้ย 10 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 715 บาทต่อปี รวมเป็นต้นทุนคงที่เท่ากับ 3,055 บาทต่อปี ค่าจ้างแรงงานในการควบคุมเครื่อง 300 บาทต่อวันต่อคน หรือคิดเป็น 27,000 บาทต่อปี ค่าบำรุงรักษาเครื่องเฉลี่ย 900 บาทต่อปี กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใช้งาน 0.87 กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือคิดเป็น 2,505 บาทต่อปี ค่าใช้จ่ายผันแปรรวมเท่ากับ 30,405 บาทต่อปี หรือคิดเป็น 42.2 บาทต่อชั่วโมง พิจารณาความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบกของเครื่องที่ 10.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการทำงานได้เท่ากับ 4.5 บาทต่อกิโลกรัม แต่เมื่อเกษตรกรนำเมล็ดกระบกที่กะเทาะแล้วไปจำหน่าย จะได้ราคากิโลกรัมละ 100 บาท ที่อัตราการรับจ้างกะเทาะเมล็ดกระบกโดยใช้แรงงานคนในการกะเทาะเท่ากับ 50 บาทต่อชั่วโมง จะมีจุดคุ้มทุนในการทำงานของเครื่องเท่ากับ 393

ชั่วโมงต่อปี เมื่อพิจารณาชั่วโมงการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกที่ 720 ชั่วโมงต่อปี กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปีจะมีค่าเท่ากับ 43,400 บาทต่อปี ดังนั้นระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกจะมีค่าเท่ากับ 0.3 ปี

4 สรุป

ขั้นตอนการกะเทาะเมล็ดกระบก โดยทั่วไปเกษตรกรใช้มีดผ่าหรือค้อนทุบ ซึ่งต้องกระทำเป็นจำนวนหลายๆ ครั้ง เนื่องจากส่วนที่เป็นกะลาหรือเปลือกหุ้มเมล็ดจะมีลักษณะหนาและแข็ง ก่อให้เกิดความไม่สะดวก และเสียเวลาในการกะเทาะ อีกทั้งก่อให้เกิดอันตรายต่อเกษตรกรด้วย เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกแบบต่อเนื่อง โดยเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกต้นแบบ ที่ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างประกอบด้วยโครงสร้าง 4 ส่วนหลักได้แก่ ชุดลำเลียง ชุดกะเทาะ และระบบส่งกำลัง สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ทำงานได้รวดเร็วและต่อเนื่องช่วยประหยัดเวลาและแรงงาน ในการกะเทาะเมล็ดกระบกรวมทั้งสามารถพัฒนาให้ใช้ทดแทนแรงงานคนได้ต่อไปในอนาคต โดยมีค่าซื้อผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหาย อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ซึ่งผลการทดสอบ ที่ความสามารถในการกะเทาะทั้งเปลือก 10.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง 1 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.87 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เมล็ดเนื้อในที่กะเทาะได้ 1.04 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหายเท่ากับ 8 และวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก พบว่ามีค่าใช้จ่าย 4.5 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อใช้เครื่องทำงาน 720 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาคืนทุน 0.3 ปี หรือ 3.6 เดือน การใช้เครื่องกะเทาะสามารถทำงานได้เร็วกว่าการใช้แรงงานคนประมาณ 1.7 เท่า ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรมีรายได้สูงขึ้น สามารถแข่งขันกับประเทศในกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนได้

5 กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปี 2560 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณ สถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบต่าง ๆ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Barking deer's mango nut. [Internet]. 2018. Jun. Available from: <https://medthai.com> (in Thai)
- [2] Wikipedia.free encyclopedia. [Internet]. 2018. Jun. Available from:<https://th.wikipedia.org/wiki> (in Thai)
- [3] Benefit and properties of barking deer's mango nut [Internet]. 2018. Jun. Available from: <http://www.vichakaset.com>. (in Thai)
- [4] Natural herb database, Faculty of Pharmaceutical Science, Ubon Ratchathani University [Internet]. 2018. Jun. Available from: <http://www.phargarden.com> (in Thai)
- [5] Sudajan S, Chusilp S. Development of a Irvingia Malayana Nut Sheller. KRU Research Journal 2004, 9(1) 61-74. (In Thai)
- [6] Kalsirisilp R, Nathong P, Khamngam W, Design and Development of Roselle Seed peeling Machine. Journal of Engineering, RMUTT. 2008 (12): 77-83. (In Thai)
- [7] Buaklee A, Langkapin J, Kalsirisilp, R, Pansakorn. Design and Fabrication of a Lotus Leaf Cutting Machine.Paper presented at the 18th TSAE National Conference and the 10th TSAE International Conference (TSAE 2017): 165-168. (In Thai)
- [8] Krutz, G, Thompsan, L and Claar, P. 1984. Design of Agricultural Machinery. John Wiley and Sons. New York, USA, 472p.
- [9] Hunt, D. 2001. Farm Power and Machinery Management. (10th edition) Ames, Iowa, USA. Iowa State University Press, 360 p.