SWU Engineering Journal (2010) 5(2), 29-37
วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม พ.ศ.2553

การพัฒนาเครื่องขัดผิวถั่วลิสงแบบสายพานเสียดสี

Development of Friction-Belt Peanut De-hulling Machine

ประชา บุณยวานิชกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อ.องครักษ์ จ.นครนายก
E-mail: prachabu@swu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งหมายพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับขัดผิวเมล็ดถั่วลิสงโดยอาศัยแรงเสียดทานจากการทำงานของสายพานแบน เครื่องจักรต้นแบบนี้ทำงานโดยการป้อนเมล็ดถั่วลิสงที่ยังไม่ผ่านการขัดผิวลงไปยังชุดขัดซึ่งประกอบไปด้วยสายพานแบนสองเส้นที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ต่างกันเพื่อขัดผิวของเมล็ดถั่ว จากนั้นผิวเมล็ดถั่วจะถูกแยกออก โดยอาศัยการเป่าออกทางด้านหลังของเครื่องในขณะที่เมล็ดถั่วที่ถูกขัดผิวแล้วจะร่วงหล่นไปยังกะบะรองรับที่ด้านล่างของเครื่องต้นแบบ เครื่องต้นแบบนี้ถูกสร้างและทดสอบเพื่อหาสภาพการทำงานที่เหมาะสมที่สุด โดยทำการทดสอบหาประสิทธิภาพการขัดผิว และอัตราการทำงานที่ระดับความเร็ว และการปรับตั้งระยะห่างระหว่างสายพานที่ต่างกันของสายพานขัดผิว จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบดังกล่าวมีอัตราการทำงาน 113 kg/h ประสิทธิภาพการขัดผิวที่ 96 % เมื่อสายพานขัดผิวมีระยะห่างระหว่างกัน 7 มิลลิเมตร โดยมีความแตกต่างของความเร็วรอบระหว่างสายพานด้านบนและด้านล่าง 650 รอบต่อนาที จากการประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบนี้ที่สภาพการทำงานดังกล่าว โดยการเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการใช้แรงงานคนสีผิวถั่วลิสง พบว่าจุดคุ้มทุนของเครื่องต้นแบบอยู่ที่ 76 วัน เมื่อกำหนดให้เครื่องทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน

คำสำคัญ: ถั่วลิสง เครื่องขัดผิว ประสิทธิภาพการขัดผิว

ABSTRACT

This research aims to develop the prototype of peanut de-hulling machine using friction force generated by flat-belts. Operation principles of prototype machine start when un-hulled peanut was fed to de-hulling unit that consist of couple of flat-belt operated at different speed. Peanut-hull was separated and blown out at rare side of the machine while hulled-peanut fallen down to peanut container underneath of the machine. The prototype machine was fabricated and tested to identify the optimum operating condition. Test results in terms of de-hulling efficiency and working capacity were calculated and compared for different operating speed and clearance of belt. It was found that the prototype machine have 96 % de-hulling efficiency with working capacity of 113 kg/h when working at 7 mm clearance with 650 rpm different between upper and lower belt speed. Economical evaluation of the prototype machine of this condition shown that break-point event of machine was reached at 76 day when machine operate 8 h/day compare to human worker.

Keyword: Peanut, De-hulling Machine, De-hulling efficiency

1. บทนำ

ถั่วลิสง เป็นหนึ่งในพืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการปลูกกระจายในพื้นที่ต่างๆของทุกภาคในประเทศ และสามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล การปลูกโดยส่วนใหญ่เป็นการปลูกเพื่อเป็นพืชหมุนเวียน หรือปลูกแซมกับพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ เช่น ข้าวโพด ทานตะวัน ละหุ่ง เป็นต้น เพื่อช่วยเพิ่มรายได้ และเป็นการบำรุงดินอีกทางหนึ่ง โดยในปีการผลิต 2551/52 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกถั่วลิสง 211,587 ไร่ ผลผลิต 53,015 ตัน คิดเป็นผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยแล้ว 260 กิโลกรัม [5] ผลผลิตที่ได้มีการใช้ประโยชน์ทั้งในประเทศ และส่งออก ซึ่งผลผลิตที่ได้ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ สำหรับการใช้ประโยชน์ภายในประเทศนั้นจะมีด้วยกันหลายลักษณะ เช่น การนำไปบริโภคโดยตรง นำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงต่าง ๆ การสกัดน้ำมัน และการทำเมล็ดพันธุ์ เป็นต้น

การใช้ประโยชน์ถั่วลิสงในปัจจุบัน นอกจากการบริโภคเป็นฝักสดแล้ว ยังมีการใช้บริโภคในรูปเมล็ดแห้ง ที่มีการตากแห้งลดความชื้นให้อยู่ประมาณ 8% wb. ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร และ ของว่าง ที่มีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น ทอฟฟี่ถั่ว ถั่วตัด กระยาสารท ถั่วอบกะทิ ถั่วอบเกลือ และเนยถั่ว เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ถูกนำไปจำหน่ายทั้งในประเทศ และเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศ โดยปัจจุบันพันธุ์ถั่วลิสงไทนาน 9 และขอนแก่น 60-1 คือพันธุ์ที่นิยมสำหรับการบริโภคในรูปถั่วกะเทาะเมล็ดแห้ง

ปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องจักร เพื่อใช้งานสำหรับการผลิตและแปรรูปถั่วลิสง อาทิเช่น เครื่องปลูก เครื่องขุด เครื่องปลิดฝัก เครื่องกะเทาะเปลือก [3] และ เครื่องบีบน้ำมัน [4] สำหรับอุตสาหกรรมผลิตอาหารและ ของว่างนั้นถั่วลิสงเมล็ดเปลือยแบบดิบนับว่าเป็นวัตถุดิบที่สำคัญสำหรับการผลิต ดังนั้นกระบวนการในการขัดลอกเยื่อหุ้มเมล็ดของถั่วลิสง เพื่อให้ได้เมล็ดถั่วที่ปราศจากเยื่อหุ้มเมล็ด ซึ่งพร้อมสำหรับการนำแปรรูป จึงเป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่สำคัญช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับถั่วลิสง และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้กับอุตสาหกรรมอาหารและของว่าง ที่มีการใช้ถั่วลิสงเป็นวัตถุดิบตั้งต้นให้ดียิ่งขึ้น

ในอดีต การขัดผิวหรือเยื่อหุ้มเมล็ดถั่วลิสงนั้นทำโดยใช้แรงงานคนเป็นหลักโดยการอบ หรือคั่วเมล็ดถั่วให้แห้งแล้วนำมาถูด้วยมือแล้วทำการแยกเปลือกกับเมล็ดออกจากกันโดยการฝัดด้วยกระด้ง ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทั้งเวลา และแรงงานคนที่นับวันยิ่งขาดแคลน อีกทั้งยังไม่เหมาะกับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งต้องการใช้ถั่วลิสงดิบเมล็ดเปลือยในปริมาณมาก ด้วยเหตุดังกล่าว จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาเครื่องขัดผิวเมล็ดถั่วลิสงที่ทำงานโดยการขัดผิว หรือเยื่อหุ้มเมล็ดถั่วลิสงโดยไม่ต้องผ่านการอบ หรือคั่วให้ทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ และทำการทดสอบหาความสามารถในการทำงาน รวมทั้งวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบ

2. อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้มีขั้นตอน และวิธีการดำเนินงาน อยู่ด้วยกัน 3 ส่วนดังนี้

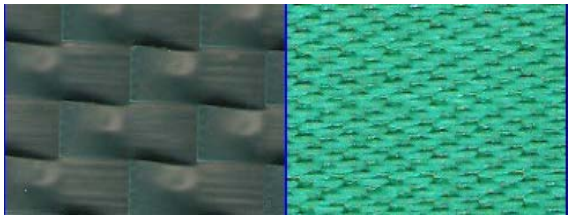
2.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของถั่วลิสงเพื่อใช้ในการออกแบบ

เป็นการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีความสำคัญกับการออกแบบชุดลูกกลิ้ง เพื่อขัดผิวเมล็ดถั่วลิสง ได้แก่ ขนาดความยาวใน 3 แนวแกนของเมล็ดถั่ว ค่าความเค้นเฉือนวิกฤติของเมล็ดถั่วที่มีเยื่อหุ้ม และไม่มีเยื่อหุ้ม ค่าความเร็วลมวิกฤตของเยื่อหุ้มเมล็ดและเมล็ดถั่วเปลือย โดยในที่นี้ใช้ถั่วลิสงพันธุ์ ไทนาน 9 เป็นวัสดุทดสอบหาค่าพารามิเตอร์เหล่านี้

ผลการวัดค่าขนาดความยาวใน 3 แนวแกน จากเมล็ดถั่วทั้งสิ้น 20 ตัวอย่าง ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่มีความละเอียด 0.01 mm แล้วหาค่าเฉลี่ย [6] ได้ผลเฉลี่ยของความยาวใน 3 แนวแกนในรูปค่าความยาว 12.01 mm ความกว้าง 7.41 mm และความหนา 6.44 mm

การทดสอบหาค่าความเค้นเฉือนวิกฤติ ของเมล็ดถั่วลิสงบนสายพานแบบ Grip VIO และ Multiflex chains ของบริษัทสายพานไทย (รูปที่ 1) เป็นการทดสอบความเป็นไปได้ในการเลือก ใช้สายพานแบบใด

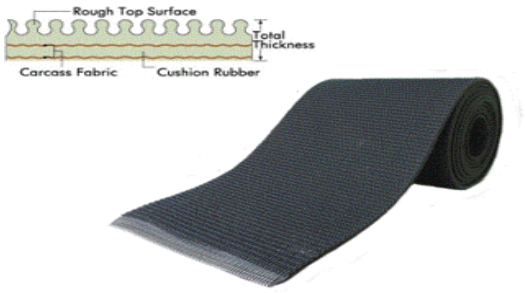
แบบหนึ่งสำหรับใช้ในการขัดผิวเมล็ดถั่วลิสง ทดสอบโดย เริ่มจากการนำเมล็ดถั่วตัวอย่างที่มีขนาดใกล้เคียงกันมาวางเรียงกัน แล้วยึดด้วยกาวติดกับแผ่นยางแข็ง จากนั้นนำแผ่นยางไปทาบกับสายพาน แล้วกดทับด้วยน้ำหนักขนาดต่าง ๆ แล้วทำการดึงผ่านตาชั่งสปริงจนสายพานเริ่มขยับ (รูปที่ 3) จากนั้นทำการทดสอบโดยเพิ่มน้ำหนักกดทับจนกระทั่งผิวถั่วลิสงเสียดสีและมีการหลุดร่อนออกจากเมล็ด จากการทดสอบในขั้นนี้พบว่าสายพานแบบ Grip VIO ซึ่งมีพื้นผิวเป็นปุ่มยาง (รูปที่ 2) เริ่มขัดผิวถั่วลิสงได้เมื่อมีการเพิ่มน้ำหนักกดทับจนมีความเค้นเฉือนกระทำ 7.8 N/cm^2 ในขณะที่สายพานแบบ Multiflex chains ไม่สามารถขัดผิวถั่วลิสงได้แม้ว่าจะเพิ่มน้ำหนักกัดทับมากขึ้น จนกระทั่งเมล็ดถั่วเกิดความเสียหาย



(a) (b)

รูปที่ 1 แสดงพื้นผิวของสายพานชนิดต่างๆ
(a) สายพาน Multiflex chains
(b) สายพาน Grip VIO

การทดสอบหาค่าความเร็วลมวิกฤติ ของผิวหรือเยื่อหุ้มเมล็ดถั่วลิสง และเมล็ดถั่วลิสง ทำโดยการนำเอาเมล็ดถั่วพร้อมเยื่อหุ้มเมล็ดหรือผิว บรรจุไว้ในกระบอกทดสอบที่มีการเป่าผ่าน ด้วยลมที่ควบคุมความเร็วต่าง ๆ กัน [1,6] แล้ววัดค่าความเร็วลมด้วยเครื่องวัดแบบ Turbine meter ที่มีความละเอียดในการวัด 0.1 m/s พบว่าที่ความเร็วลมประมาณ 4.5 - 5.5 m/s เยื่อหุ้มเมล็ดถั่วลิสงเริ่มลอยออกจากกระบอก โดยเมล็ดถั่วลิสงยังคงอยู่นิ่ง ดังนั้นค่าความเร็วลมวิกฤติที่ใช้ในการแยกผิวหรือเยื่อหุ้มเมล็ดถั่วลิสงออกจากเมล็ดถั่วมีค่าประมาณ 5.5 m/s



รูปที่ 2 แสดงลักษณะผิวของสายพาน Grip VIO

รูปที่ 3 แสดงการทดสอบหาค่าความเค้นเฉือนวิกฤติสำหรับสีผิวถั่วลิสง

2.2 การออกแบบพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับสีผิวถั่วลิสง

เครื่องต้นแบบที่พัฒนา สำหรับขัดผิวถั่วลิสงมีส่วนประกอบหลักๆ ดังแสดงในรูปที่ 4 การทำงานของเครื่องจะทำงานโดยใช้ผู้ควบคุม 1 คน ทำหน้าที่ป้อนถั่วลิสงที่ยังไม่ได้รับการขัดผิว ลงไปยังถังบรรจุด้านบน ให้ไหลลงมายังชุดขัดผิวที่ทำงานด้วยสายพานเคลื่อนที่ด้วยความเร็วรอบต่างกัน ทำให้เกิดการเสียดสีของเมล็ดถั่วกับสายพาน และมีแรงเฉือนที่มีเหมาะกับการ

ขัดผิวถั่วลิสงออกจากเมล็ด จากนั้นเมล็ดถั่วและเปลือกจะถูกปล่อยให้ไหลผ่านไปยังชุดพัดลม ที่ทำหน้าที่แยกเปลือกถั่วออกจากเมล็ดถั่วที่ได้รับการขัดผิวแล้ว โดยอาศัยแรงลมเป่าออกทางด้านหลังของเครื่อง และเมล็ดถั่วที่เหลือจะตกลงไปยังตะแกรงโยกที่รองรับที่ด้านล่าง ซึ่งช่วยในการคัดแยกขนาด และสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดถั่วลิสง

ชุดสายพานขัดผิว ถูกออกแบบทำงานอย่างอิสระจากกันทำให้สามารถปรับระยะห่างระหว่างกันได้ การส่งกำลังของเครื่องต้นแบบชุดนี้ แบ่งออกเป็นสองส่วนแยกกัน ส่วนที่ต้องการให้ความเร็วรอบคงที่ได้แก่ สายพานความเร็วต่ำด้านล่าง ชุดพัดลม และตะแกรงโยกซึ่งทั้งหมดขับโดยมอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า ในขณะที่สายพานความเร็วสูงด้านบน ขับโดยมอเตอร์ขนาด 0.25 แรงม้าซึ่งถูกควบคุมความเร็วรอบผ่านชุดอินเวอร์เตอร์ เพื่อความสะดวกในการทดสอบประสิทธิภาพการขัดผิวถั่วลิสงเพื่อหาจุดทำงานที่เหมาะสม ที่ระยะห่างระหว่างสายพาน และระดับแรงเฉือนที่แตกต่าง ด้วยการปรับความเร็วรอบการทำงานของสายพานบน

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องต้นแบบ และประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

การทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบเพื่อหาระยะห่างระหว่างสายพานขัดผิว และระดับความเร็วรอบที่เหมาะสมของสายพาน ทำโดยการปรับตั้งระยะห่างระหว่างสายพานทั้งหมดสามระดับคือ 6, 7, และ 8 mm แล้วทำการทดสอบแต่ละระดับของระยะห่างโดยปรับความแตกต่างของความเร็วรอบ ระหว่างสายพานทั้งสองสามระดับคือ 500, 650 และ 800 rpm ทำการทดสอบแต่ละกรณีซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งของการทดสอบ ป้อนถั่วลิสงดิบที่ยังไม่ผ่านการขัดผิว 5 กิโลกรัม ทำการจับเวลาเพื่อหาอัตราการทำงาน และประเมินประสิทธิภาพการขัดผิว ด้วยการเก็บตัวอย่างถั่วที่ผ่านการขัดผิวทั้งหมด มาคัดแยกเมล็ดที่ขัดผิวโดยสมบูรณ์ และไม่สมบูรณ์ออกจากกัน แล้วชั่งน้ำหนักหาค่าเฉลี่ย แล้วคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบในรูป เปอร์เซนต์การขัดผิว (De-hulling percentage, η_1) และประสิทธิภาพการขัดผิว (De-hulling efficiency, η_2) ดังสมการ

$$\eta_1 = \left(1 - \frac{m_r}{m_t}\right) \times 100 \qquad (1)$$

$$\eta_2 = \left(\frac{m_p}{m_p + m_b}\right) \times 100 \qquad (2)$$

โดย m_r คือน้ำหนักของถั่วลิสงที่ขัดผิวไม่หมด m_t คือน้ำหนักของถั่วลิสงที่ใช้ในการทดสอบ m_p คือน้ำหนักของถั่วลิสงสมบูรณ์ที่ขัดผิวหมด และ m_b คือน้ำหนักของถั่วลิสงที่เมล็ดแตกหัก

การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบทำโดย การการปรับตั้งระยะห่างระหว่างสายพาน และระดับความเร็วรอบที่แตกต่างของชุดสายพานที่ให้ประสิทธิภาพการขัดผิวสูงสุด แล้วทำการทดสอบการขัดผิวเมล็ดถั่วลิสงแบบต่อเนื่อง เก็บข้อมูลการใช้งานในรูปค่าใช้จ่ายต่างๆ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการขัดผิวโดยใช้แรงงานคน เพื่อคำนวณหาจุดคุ้มทุนของเครื่องต้นแบบ

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบสำหรับขัดผิวถั่วลิสง

จากการทดสอบการทำงานของเครื่อง รูปที่ 5 แสดงลักษณะถั่วลิสงก่อน และหลังจากที่ผ่านการขัดผิวด้วยเครื่องต้นแบบ คัดแยกเป็นถั่วที่ขัดผิวสมบูรณ์ และถั่วที่ขัดผิวไม่สมบูรณ์

ระยะเวลาในการขัดผิว น้ำหนักของถั่วที่คัดแยกเป็นเมล็ดที่ขัดผิวสมบูรณ์ เมล็ดที่แตกหัก และเมล็ดที่ไม่ผ่านการขัดผิว สำหรับการขัดผิวโดยเครื่องต้นแบบที่ระดับต่างๆ ของระยะห่าง และความเร็ว

รูปที่ 4 แสดงด้านข้างเครื่องต้นแบบสำหรับขัดผิวถั่วลิสง

ก่อนการขัดผิว หลังการขัดผิว

รูปที่ 5 เมล็ดถั่วลิสงก่อนและหลังจากผ่านการขัดผิวด้วยเครื่องต้นแบบ

รอบที่แตกต่างระหว่างสายพาน แสดงดังตารางที่ 1 อัตราการทำงานของเครื่องแสดงดังกราฟในรูปที่ 6 โดยเปอร์เซนต์ และประสิทธิภาพการขัดผิวที่คำนวณจากสมการ (1) และ (2) ถูกพล็อตเทียบกับความเร็วรอบในการทำงานที่ระยะห่างระหว่างสายพาน ดังแสดงในรูปที่ 7 และ 8 ตามลำดับ

อัตราการทำงานของเครื่อง ที่การปรับตั้งค่าระยะห่างระหว่างสายพานคงที่ค่าหนึ่ง มีค่ามากขึ้นตามความเร็วรอบที่แตกต่าง ระหว่างสายพานขัดผิวที่มีค่ามากขึ้น และเมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการทำงานของเครื่องที่ระยะห่างระหว่างสายพานที่ระดับ 6 7 และ 8 mm พบว่าอัตราการทำงานมีค่ามากขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างสายพานลดลง แต่อัตราการทำงานของเครื่องที่ทำงานโดยปรับตั้งระยะห่างระหว่างสายพาน 6 และ 7 mm โดยมีความเร็วรอบที่แตกต่างของสายพาน 800 rpm นั้น จะมีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 6

ที่ระดับความเร็วรอบที่แตกต่าง ระหว่างสายพานขัดผิวเดียวกัน เปอร์เซนต์การขัดผิวเมล็ดถั่วลิสงมี

ค่าสูงขึ้น เมื่อทำการปรับตั้งระยะห่างระหว่างสายพานขัดผิวให้มีค่าลดลง และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซนต์การขัดผิวเมล็ดถั่วลิสง ที่ระดับการปรับตั้งระยะห่างระหว่างสายพานค่าเดียวกัน พบว่าสำหรับสายพานที่ปรับตั้งระยะห่างระหว่างสายพาน 8 mm มีเปอร์เซนต์การขัดผิวสูงขึ้น เมื่อความเร็วรอบที่แตกต่างระหว่างสายพานมากขึ้น ในขณะที่สายพานที่ปรับตั้งระยะห่างระหว่างสายพาน 6 และ 7 mm มีเปอร์เซนต์การขัดผิวเพิ่มขึ้น ในช่วงแรกของการเพิ่มระดับความเร็วรอบที่แตกต่างระหว่างสายพาน (500-650 rpm) จนกระทั่งมีค่าสูงสุดอยู่ที่ระดับความเร็วรอบที่แตกต่างระหว่างสายพาน 650 rpm และเริ่มมีเปอร์เซ็นต์ลดลงในช่วงหลังของการเพิ่มระดับความเร็วรอบที่แตกต่าง ระหว่างสายพาน (650-800 rpm) ดังแสดงในรูปที่ 7

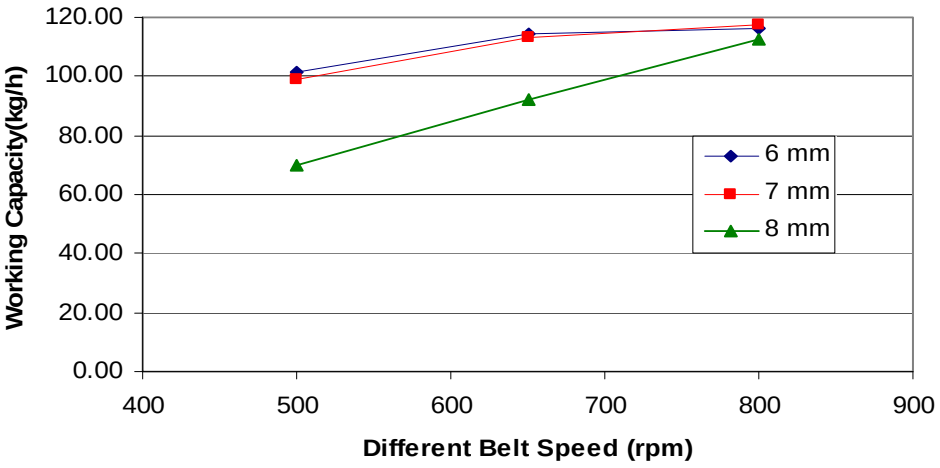
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบที่ระดับต่างๆ ของระยะห่างระหว่างสายพาน (Clearance) และความเร็วรอบที่แตกต่าง (Speed different) ระหว่างสายพาน

Clearance (mm)	Speed Different (rpm)	เวลา (s)	ถั่วเมล็ดสมบูรณ์ที่ขัดผิวหมด (g)	ถั่วที่แตกหัก (g)	ถั่วที่ขัดผิวไม่หมด (g)
6	500	177	3,788	243.4	967.8
	650	154	4,401	333.6	165
	800	155	4,501	359.1	139
7	500	182	3,706.2	155.3	1,137
	650	159	4,343.8	166.2	489.4
	800	153	4177.1	148.7	674.1
8	500	258	1,557.6	152.8	3,289
	650	200	2,106.5	238.9	2,654
	800	160	2,453.4	266.4	2,280

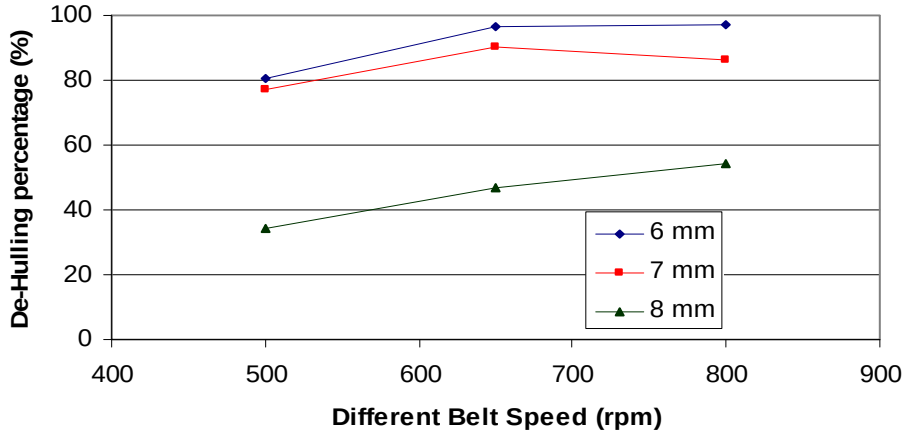
จากผลการทดสอบนี้ พบว่าระยะห่างระหว่างสายพานมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การขัดผิวเมล็ดถั่วลิสง โดยระยะห่างระหว่างสายพานที่ลดลง มีผลให้เปอร์เซนต์การขัดผิวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเร็วรอบที่แตกต่างระหว่างสายพาน ทำให้เปอร์เซนต์การขัดผิวเมล็ดเพิ่มขึ้นได้ในช่วงแรกของการทดสอบ จนกระทั่งถึงระดับหนึ่งที่ไม่เกิน 650 – 800 rpm ซึ่งเป็นระดับความแตกต่างระหว่างความเร็วรอบไม่มีอิทธิพลทำให้เปอร์เซนต์การขัดผิวมีค่าเพิ่มขึ้น (เฉพาะเครื่องที่ระดับระยะห่างระหว่างสายพานที่ 6 และ 7 mm ซึ่งพิจารณาว่ามีอัตราการทำงานสูงและมีเปอร์เซนต์การขัดผิวใกล้เคียงกัน) และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการขัดผิวเมล็ดถั่วจากรูปที่ 8 พบว่าประสิทธิภาพในการขัดผิวของเครื่องที่มีการปรับตั้งระยะห่างระหว่างสายพาน 7 mm มีค่าสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบเครื่อง ซึ่งทำงานที่ระดับความเร็วรอบที่แตกต่างระหว่างสายพานที่ระดับเดียวกัน โดยมีการปรับตั้งระยะห่างระหว่างสายพานที่ระดับ 6 และ 8 mm

3.2 การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ในการใช้เครื่องต้นแบบสำหรับขัดผิวถั่วลิสง

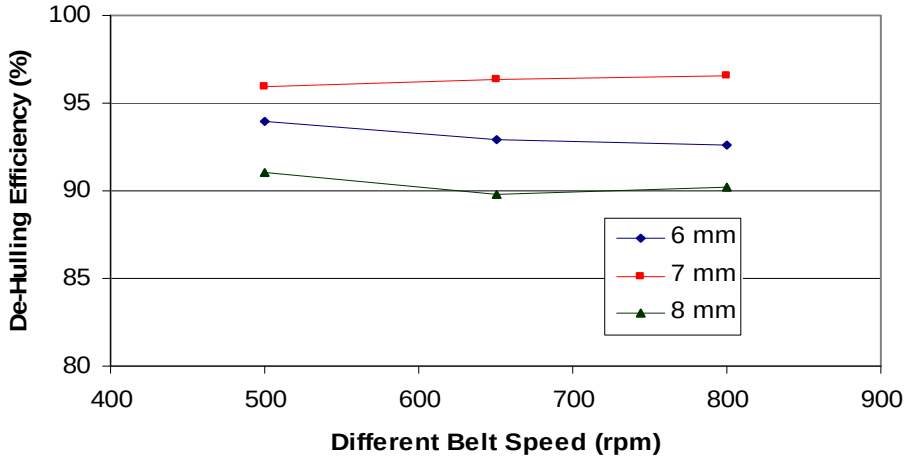
การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบสำหรับขัดผิวถั่วลิสง ใช้หลักการของ Donnell Hunt [2] เมื่อคิดค่าเสื่อมราคาเป็นแบบเส้นตรง (Straight-Line Method) โดยการคำนวณหาต้นทุนการใช้เครื่อง และจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับการขัดผิวเมล็ดถั่วลิสงโดยใช้แรงงานคนซึ่งจากการประเมินการทำงาน พบว่าแรง



รูปที่ 6 อัตราการทำงานของเครื่องต้นแบบขัดผิวเมล็ดถั่วลิสง



รูปที่ 7 เปอร์เซนต์การขัดผิวของเครื่องต้นแบบขัดผิวเมล็ดถั่วลิสง



รูปที่ 8 ประสิทธิภาพการขัดผิวของเครื่องต้นแบบขัดผิวเมล็ดถั่วลิสง

งาน 1 คนสามารถทำการขัดผิวถั่วลิสงได้ประมาณ 17-22 กิโลกรัม/ชั่วโมง (ค่าเฉลี่ย = 20 กิโลกรัม/ชั่วโมง) ค่าจ้างแรงงานคนวันละประมาณ 184 บาท/วัน โดยทำงานวันละ 8 ชั่วโมง จึงคิดเป็นค่าใช้จ่ายสำหรับขัดผิวเมล็ดถั่วลิสง 1.15 บาท/กิโลกรัม

การทดสอบประสิทธิภาพ ในการทำงานของเครื่องขัดผิวถั่วลิสงแบบต่อเนื่อง โดยปรับตั้งระยะห่างระหว่างสายพาน 7 mm ความเร็วรอบที่แตกต่างระหว่างสายพานขัดผิวมีค่า 650 rpm ทำการขัดผิวเมล็ดถั่วลิสง 3 ครั้งแล้วเก็บข้อมูลสำหรับประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบ โดยมีรายละเอียดการประเมินดังต่อไปนี้

3.2.1 ต้นทุนการใช้งานเครื่องต้นแบบขัดผิวถั่วลิสง

$$A_c = (FC/A) + (VC/C_t) \quad (3)$$

$$FC = D + I \quad (4)$$

$$D = (P-S)/N \quad (5)$$

$$I = [(P+S)/2](r/100) \quad (6)$$

$$VC = R\&M + E + L \quad (7)$$

เมื่อ A_c คือต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/กิโลกรัม) FC คือค่าใช้จ่ายแบบคงที่ในการใช้เครื่อง (บาท/ปี) VC คือค่าใช้จ่ายแบบผันแปรในการใช้เครื่อง (บาท/ชั่วโมง) A คือกำลังการทำงานของเครื่องต่อปี (กิโลกรัม/ปี) C_t คือความสามารถในการทำงานของเครื่องต่อชั่วโมง (กิโลกรัม/ชั่วโมง) ซึ่งจากการเก็บข้อมูลในการทดสอบแบบต่อเนื่องมีค่าเฉลี่ยที่ 113 กิโลกรัม/ชั่วโมง D คือค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร I คือดอกเบี้ย P คือราคาเครื่องในที่นี้คิดที่ 77,000 บาท S คือมูลค่าซากเครื่องในที่นี้คิดที่ 10% ของราคาเครื่อง N คืออายุการใช้งานเครื่องในที่นี้ให้เท่ากับ 2 ปี r คืออัตราดอกเบี้ยในที่นี้คิดที่อัตรา 10 %/ปี R&M คือค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาเครื่อง (บาท/ชั่วโมง) คิดเป็น 5%ของราคาเครื่องต่อ 100 ชั่วโมงการทำงาน E คือค่าไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ต้นกำลังของเครื่อง (บาท/ชั่วโมง) คิดที่ 14.96 kWh เท่ากับ 4.884 บาท/ชั่วโมง กรณีคิดค่าไฟ 3 บาท/kWh และ L คือค่าแรงงานคนสำหรับคุมเครื่อง (บาท/ชั่วโมง) เท่ากับ 23 บาท/ชั่วโมง กรณีให้คนทำงานวันละ 8 ชั่วโมง และให้ค่าแรงขั้นต่ำมีอัตรา 184 บาท/วัน

จากสมการ (3) เมื่อกำหนดให้ต้นทุนการใช้เครื่องเท่ากับการใช้แรงงานคนคือที่ 1.15 บาท/กิโลกรัม แล้วแทนค่า จะได้กำลังการทำงานของเครื่องต่อปี (A) เท่ากับ 68,697 กิโลกรัม ซึ่งถือว่าเป็นจุดคุ้มทุนในการใช้งานเครื่องต้นแบบ เมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคนในการขัดผิวถั่วลิสง

3.2.2 ระยะเวลาคืนทุนของเครื่อง

จากการพิจารณาที่ระดับกำลังการทำงานของเครื่องต่อปีที่ 68,697 กิโลกรัม/ปี เมื่อนำมาคำนวณเป็นจำนวนชั่วโมงการทำงานต่อปี ที่จุดคุ้มทุนโดยคิดอัตราการทำงานที่ 113 กิโลกรัม/ชั่วโมง จะได้จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อปีเท่ากับ 608 ชั่วโมงหรือคิดเป็นจำนวนวันในการใช้งานต่อปี โดยคิดว่าเครื่องทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน จะได้จำนวนวันที่จุดคุ้มทุนเท่ากับ 76 วัน

ดังนั้นจุดคุ้มทุนของเครื่องต้นแบบมีค่าเท่ากับการทำงานขัดผิวเมล็ดถั่วลิสง 68,697 กิโลกรัม/ปี หรือคิดเป็นระยะเวลาการใช้งาน 608 ชั่วโมง/ปี ในกรณีที่เครื่องมีความสามารถในการทำงาน 113 กิโลกรัม/ชั่วโมงเป็นอย่างต่ำ และอาจคิดเป็นจำนวนวันในการใช้งาน 76 วัน/ปี ในกรณีที่เครื่องถูกใช้งานวันละ 8 ชั่วโมงเป็นอย่างต่ำ

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

เครื่องต้นแบบสำหรับขัดผิวถั่วลิสง ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการการเสียดสีของของสายพานซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วรอบที่แตกต่าง ทำให้เกิดแรงเฉือนที่เหมาะสมสำหรับขัดลอกเยื่อหุ้มหรือผิวของเมล็ดถั่วลิสงได้ถูกสร้าง และทดสอบการทำงานและพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถขัดผิวถั่วลิสงได้ 113 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีเปอร์เซนต์การขัดผิว 90% และมีประสิทธิภาพการขัดผิวอยู่ที่ 96 % เมื่อมีการปรับตั้ง ระยะห่างระหว่างสายพานที่ 7 mm และเครื่องทำงานโดยมีความเร็วรอบที่แตกต่าง

ระหว่างสายพานที่ 650 รอบต่อนาที และจากการประเมินความคุ้มค่าในการใช้งานเครื่องต้นแบบพบว่าจุดคุ้มทุนในการใช้งานเครื่องอยู่ที่การใช้งานขัดผิวถั่วลิสง 68,698 กิโลกรัม หรือถ้าเทียบเป็นจำนวนวันในการใช้งานในกรณีที่เครื่องมีอัตราการทำงานสูงสุดตามที่ทดสอบและใช้งานเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน จะเทียบได้ประมาณ 76 วัน

เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถให้กำลังการผลิตค่อนข้างสูง และมีประสิทธิภาพในการขัดผิวอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ อีกทั้งยังมีระยะเวลาคืนทุนที่ไม่ยาวนานนัก ดังนั้นจึงสามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมในระดับอุตสาหกรรมขนาดกลางถึงขนาดเล็ก หรือวิสาหกิจชุมชน ที่ต้องการกำลังการผลิตถั่วลิสงลอกเปลือกไม่เกิน 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อย่างไรก็ดียังพบว่าถั่วบางส่วนยังไม่ถูกขัดผิว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขนาดของถั่วเล็กเกินกว่าที่สายพานจะสามารถขัดผิวได้ หรือเนื่องจากระยะเวลาในการสัมผัสกับสายพานสั้นเกินไป เพื่อเป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบให้ดียิ่งขึ้นจึงควรดำเนินการพัฒนา

- ชุดคัดแยกขนาดของถั่วที่จะเข้าสู่ถังเก็บ
- ชุดคัดแยกถั่วที่ถูกลอกผิว ออกจากถั่วที่ไม่ถูกลอกผิว โดยอาศัยกลไกด้านขนาด
- ชุดขัดผิวแบบใหม่ที่สามารถใช้ได้กับถั่วทุกๆขนาด

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่สนับสนุนทุนวิจัยสำหรับโครงการนี้ผ่านสัญญาเลขที่ 298/2551 โดยได้รับเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2551

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Henderson, S.M., Perry, R.L., “Agricultural process engineering,” *The AVI Publishing Co., Inc*., Westport, 3rd ed., 1976.

[2] Hunt, D. “Farm Power and Machinery Management,” *Iowa State University Press*., Ames, 9th ed., 1995.

[3] กิตติคุณ ภูวงศ์เจริญ ปราโมทย์ คุณวุฒิวานิช ปราโมทย์ ศิริเพ่งไพฑูรย์ และพรชัย สุวรรณพานิช. *เครื่องกะเทาะเปลือกถั่วลิสง*. วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต. วิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, (2542).

[4] สุทธิพงษ์ พลอยสระศรี รัฐพล เกิดแก้ว และศิวพล สระนาค. *เครื่องบีบน้ำมันเมล็ดถั่วลิสง*. วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต. เทคโนโลยีวิศวกรรมยานยนต์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, (2550).

[5] ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. *สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูกปี 2552*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2553).

[6] ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ สาธิป รัตนภาสกร พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมวงศ์ มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงษ์ และจิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์. *บทปฏิบัติการสมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ*.พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : *คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*, (2547).