

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. **แผนงานวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปในกระบวนการทำแบ่งจากธัญพืชผลผลิตเกษตร
ระดับกลุ่มเกษตรกร
2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ
กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ
3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : วิจัยและพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Research and Development on a Mung Bean Seed Coat Separator in Wet Process
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**
หัวหน้าการทดลอง : นายปรีชา อานันท์รัตนกุล สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
ผู้ร่วมงาน นายวิบูลย์ เทเพนทร์ สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
 นายมานพ รักญาติ สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
 นายจิรวุฒิส จีเยตระกุล สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

5. บทคัดย่อ

การแปรรูปถั่วเขียว เป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ส่วนใหญ่ขั้นตอนแรก คือ การกะเทาะเปลือก เพื่อแยกเอาเปลือกออก เนื่องจากเปลือกมีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ทั้งทางด้าน สี กลิ่น และอาจรวมถึงรสชาติ และเปลือกถั่วเขียวเป็นสาเหตุที่ทำให้โปรตีนถั่วเขียวมีคุณภาพไม่ดีในด้านสี และกลิ่น

การกะเทาะเปลือกออก เป็นขั้นตอนที่ใช้ทั้งเวลาและแรงงานอย่างมาก โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้แรงงานและเวลาในการล้างเปลือกถั่วเขียวผ่าซีก ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนชุดขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ ใช้วิธีการขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกในเสื้อทรงกระบอก โดยใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/2 แรงม้า และส่วนของชุดลอยแยกเปลือก ซึ่งพบว่า การลอยแยกเปลือก แบบสวนทิศทางการกระแสน้ำให้ผลการทดสอบที่ดี จากการทดสอบเครื่องต้นแบบ พบว่า มีความสามารถในการทำงาน 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยถั่วเขียวที่ได้มีการแตกหักเพิ่ม 2.11 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบในการขัด 500 รอบต่อนาที มีเปลือกเจือปนในถั่วเก็บเนื้อถั่วเขียว 1.33 เปอร์เซ็นต์

The first step for mung bean processing to mung is shelling mung bean to remove seed coat. Mung bean seed coat affects to the product both in color and result in poor quality of mung bean protein. Mung bean shelling is a time consuming and labor intensive process. The Research and Development on a Mung Bean Seed Coat Separator in Wet Process aim to reduce labor and time spent washing mung bean seed coat in wet

process. The design and construction of the prototype consists of two main parts. Firstly, polishing the mung bean seed coat in the cylinder. The power is a ½ horsepower electric motor and secondly, the floating part of the seed coat to separate the seed coat by using water flow.

In the seed coat saperating part, it was found that counter current flow is the best method. The prototype was found to have a working capacity of 30 kilograms of mung bean per hour. The shelled mung bean was 2.11 percent broken at 500 rpm of polisher speed and 1.33 percent of mung bean seed coat could not saperate.

6. คำนำ

ถั่วเขียวเป็นพืชอายุสั้น ใช้น้ำน้อยกว่าพืชไร่อื่นหลายชนิด สามารถใช้ในระบบปลูกพืช เช่น ทดแทนข้าวนาปรัง ปลูกก่อนข้าวโพดในพื้นที่ประสบภัยแล้ง ใช้ปลูกก่อนหรือหลังการทำนาหรือทำไร่ เพื่อตัดวงจรการระบาดของศัตรูพืช ช่วยบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน ตรึงไนโตรเจนได้ดี สามารถใช้เป็นปุ๋ยพืชสดให้ปริมาณไนโตรเจนสูง ถั่วเขียวใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งวุ้นเส้น เพาะถั่วงอก และประกอบอาหารอื่นๆ ปริมาณความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ถั่วเขียวในประเทศ และส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ในปี 2544 ปริมาณความต้องการถั่วเขียวผิวมันและผิวดำรวม 230,000 ตัน โดยนำไปเพาะถั่วงอก 70,000 ตัน ทำวุ้นเส้น 50,000 ตัน ทำแป้ง 20,000 ตัน ทำขนม 30,000 ตัน ใช้บริโภคโดยตรง 10,000 ตัน และ ใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ 15,000 ตัน ซึ่งประเทศไทยจัดเป็น 1 ใน 6 ประเทศผู้ส่งออกรายใหญ่ (สมจินตนา และอิสระ, 2549) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรรายงานว่า ในปี 2553 และ 2554 ประเทศไทยส่งออกถั่วเขียว 22,773 และ 32,613 ตัน มูลค่า 1,008 และ 1,085 ล้านบาท ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ถั่วเขียว 3,557 และ 3,175 ตัน มูลค่า 334 และ 337 ล้านบาท ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555)

การแปรรูปเมล็ดถั่วเขียวที่สำคัญ และทำกันในระดับอุตสาหกรรมในปัจจุบันก็คือการทำวุ้นเส้น ทำแป้งถั่วเขียว ใช้เครื่องจักรนำเข้าที่มีราคาแพง สำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการแปรรูปถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์วุ้นเส้นในระดับอุตสาหกรรมครัวเรือน ส่วนใหญ่มีการพัฒนาและผลิตจำหน่ายได้ภายในประเทศ ได้แก่ เครื่องกะเทาะถั่วชิก เครื่องบด/โม่ เครื่องกรองและแยกกาก เครื่องนวดแป้ง เตารวมภาชนะหุงต้ม และ อุปกรณ์โรยเส้น เป็นต้น

ขั้นตอนแรกของการแปรรูปถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ ส่วนใหญ่คือ การกะเทาะเปลือก เพื่อแยกเอาเปลือกออก ส่วนเนื้อถั่วเขียวนำไปแปรรูปในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากเปลือกมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งด้านสี กลิ่น และอาจรวมถึงรสชาติ นอกจากนี้เปลือกถั่วเขียวเป็นสาเหตุที่ทำให้โปรตีนถั่วเขียวมีคุณภาพไม่ดีในด้านสีและกลิ่น (สิริชัยและคณะ, 2535) ศูนย์วิจัยพืชไร่ชยันตแนะนำวิธีเตรียมวัตถุดิบถั่วเขียวสำหรับแปรรูปเป็นวุ้นเส้น หรือถั่วเขียวทอด โดยนำถั่วเขียวมากะเทาะให้แตกเป็น 2 ชีก โดยใช้เครื่องมือ/บด ปรับแต่งชุดลูกหินกะเทาะให้ห่างพอเหมาะที่จะกะเทาะถั่วให้แตกเป็นสองชีก นำถั่วชีกไปแช่น้ำประมาณ 2-3 ชั่วโมง พอให้เมล็ดถั่วชีกนึ่มและแยกเปลือกออกได้ง่าย จากนั้นทำการล้าง

แยกเปลือกออกจนได้เนื้อถั่วเขียวสะอาดปราศจากเปลือก ขั้นตอนนี้ใช้แรงงานคนและเสียเวลา ยังไม่มีเครื่องจักรที่ใช้ในการแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ โดยใช้มือขยี้เมล็ดถั่วเขียวให้เปลือกบางส่วนที่ติดเมล็ด ถั่วเขียวหลุดออก ค่อยๆ กวนน้ำและรินน้ำทิ้ง เปลือกซึ่งมีน้ำหนักเบาว่าจะไหลออกมากับน้ำทิ้ง เติมน้ำและทำการแยกเปลือกซ้ำจนกว่าจะแยกเปลือกหมด ซึ่งใช้เวลาและทำได้ครั้งละน้อยๆ ดังนั้น หากมีการพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกน้ำให้มีประสิทธิภาพราคาถูกลงและนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต จะช่วยลดเวลา ประหยัดแรงงาน และลดต้นทุนการผลิต

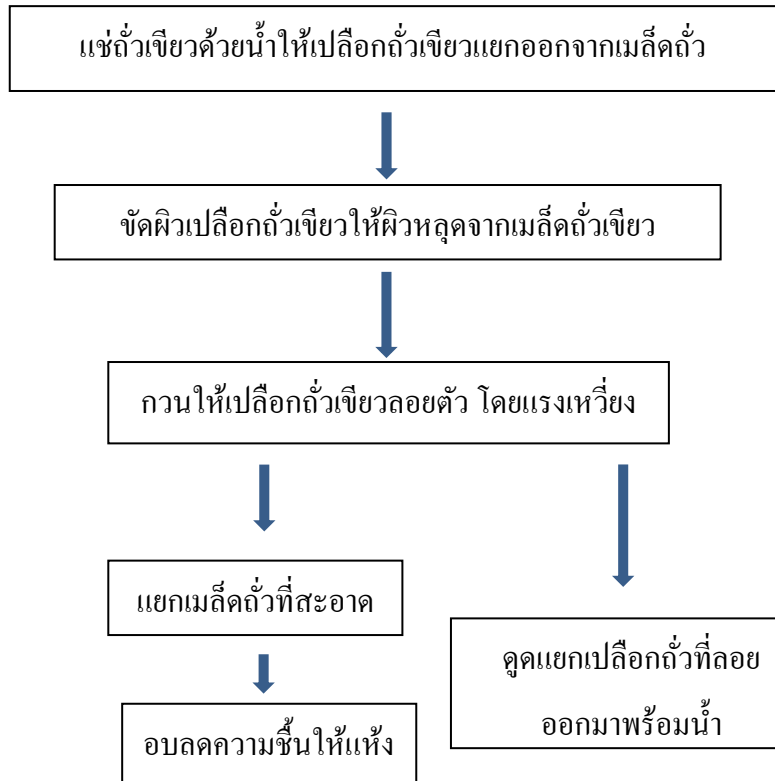
7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

- เม็ดถั่วเขียวซีก
- วัสดุสำหรับสร้างเครื่องต้นแบบ
- เครื่องวัดความเร็วรอบ
- นาฬิกาจับเวลา
- แอมป์มิเตอร์
- เครื่องชั่งดิจิตอล
- เวอร์เนียคาลิปเปอร์

- วิธีดำเนินการ

- 1) ศึกษาข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบเครื่อง เช่น คุณสมบัติด้านน้ำหนักจำเพาะของเมล็ดถั่วเขียว และเปลือกถั่วเขียวแช่น้ำ
- 2) ออกแบบพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำโดยอาศัยหลักการของการลอยตัวหรือแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ภาชนะบรรจุทรงกรวย และใบกวน รูปแบบเครื่องต้นแบบเบื้องต้น มีการทำงานดังนี้



- 3) ทดสอบเบื้องต้น แก๊ซข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ
- 4) ทำการทดลอง โดยนำถั่วเขียวมาแช่จนเปลือกถั่วแยกออกจากเมล็ด ทำการทดสอบการแยกเปลือกถั่วโดยแรงงานคน ทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ เวลาที่ใช้ อัตราการใช้ น้ำ ปริมาณถั่วเขียว เวลาที่แช่ถั่ว ทดสอบซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง นำข้อมูลมาหาอัตราการทำงาน
- 5) ทดสอบการแยกเปลือกถั่วเขียวโดยเครื่องต้นแบบทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ เวลาที่ใช้ อัตราการใช้ น้ำ ปริมาณถั่วเขียว เวลาที่แช่ถั่ว อัตราการป้อนวัสดุ พลังงานที่ใช้ ความเร็วรอบในการกวนในแต่ละรูปแบบ การทดสอบเครื่อง ทำอย่างน้อย 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาหาค่าประสิทธิภาพการแยกความสามารถในการทำงาน อัตราสิ้นเปลืองพลังงาน และอัตราการใช้ น้ำ
- 6) ปรับปรุงต้นแบบและทดสอบการใช้งานระยะยาวในพื้นที่เป้าหมาย เลือกต้นแบบที่มีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากผลทดสอบมาทำการปรับปรุง และทดสอบการใช้งาน
- 7) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

- เวลาและสถานที่ ตุลาคม 2558 สิ้นสุด กันยายน 2560 รวม 2 ปี

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

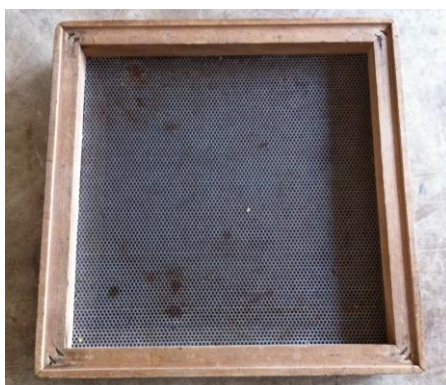
ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องล้างเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำ

วิธีการแยกเปลือกถั่วเขียว โดยแรงงานคนโดยวิธีของเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท มีดังนี้

นำถั่วเขียวเม็ดผ่าซีกด้วยมีดผ่าซีก ถั่วเขียวจะถูกผ่าเป็นซีก แล้วนำมาร่อนทำความสะอาดเพื่อแยกเศษผงเล็ก ๆ และถั่วเขียวเม็ดที่ไม่ถูกผ่าออก โดยในขั้นตอนนี้ใช้ตะแกรงรูลายขนาดรู 0.5 x 2 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1 ทำการแยกเม็ดถั่วที่ไม่ผ่าซีกออก และใช้ตะแกรงรูลมขนาด 4 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 2 ร่อนแยกเศษถั่วเขียวเล็กๆ ออกไป



ภาพที่ 2 ตะแกรงรูลาย 0.5 x 2 เซนติเมตร



ภาพที่ 3 ตะแกรงรูลมขนาด 4 มิลลิเมตร

ถั่วเขียวผ่าซีกที่ทำความสะอาดแล้ว นำไปแช่น้ำสะอาด เพื่อให้เปลือกหลุดออกจากเม็ดถั่วเขียวง่ายขึ้น โดยใช้เวลาแช่น้ำ ประมาณ 3 ชั่วโมง จึงทำการขัดล้างด้วยมือ เพื่อให้เปลือกถั่วเขียวหลุดออก ทำการกวนให้เปลือกถั่วเขียวลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน ค่อยๆ รินน้ำออกพร้อมเปลือกถั่วเขียว ถั่วเขียว 10 กิโลกรัม ใช้แรงงาน 3 คนช่วยกันล้าง ใช้เวลาประมาณ 1/2 ชั่วโมง คิดเป็นความสามารถในการล้างถั่ว ที่ 6.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อคน โดยใช้ น้ำประมาณ 300 ลิตร



ภาพที่ 4 แสดงวิธีล้างเปลือกถั่วเขียวผ่าซีก



ภาพที่ 5 แสดงถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านการล้าง เปลือก

1) การออกแบบเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ

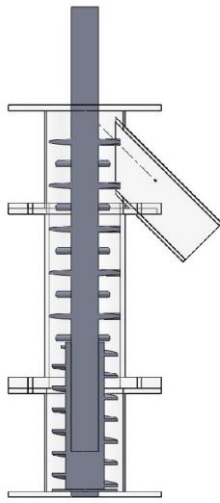
จากการศึกษาวิธีแยกเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำพบว่า มีขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำให้หลุดออกจากเมล็ดถั่วเขียว และขั้นตอนการลอยแยกเปลือกถั่วเขียว การออกแบบเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำจึงประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

2.1 ส่วนที่ 1 ชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำ

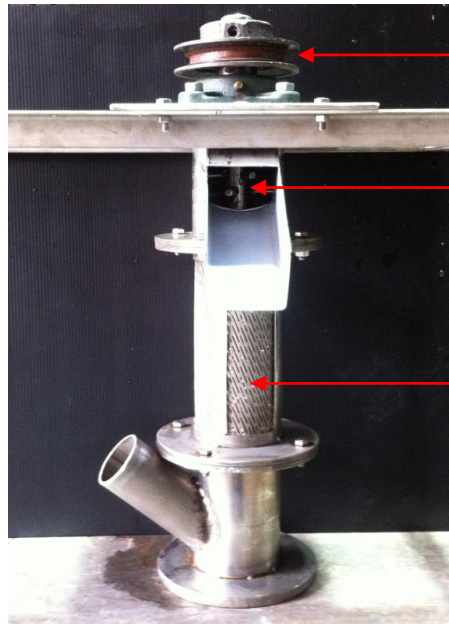
ถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านการแช่น้ำแล้ว ต้องมีการขัดถูให้เปลือกหลุดออกจากเมล็ดถั่วเขียว ได้ดำเนินการออกแบบชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำ โดยใช้วิธีการกวนด้วยก้านกวนซึ่งทำหน้าที่ในการขัดเปลือกถั่วด้วย

ชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำมีส่วนประกอบดัง ภาพที่ 6 ประกอบด้วย

- 1 เสื่อแกนขัด
- 2 แกนขัด
- 3 พู่เลย์ส่งกำลัง



6.1 ภาพตัดภายในชุดขับเคลื่อนปลีอกถั่วเขียว



3) พูเลย์ส่งกำลัง

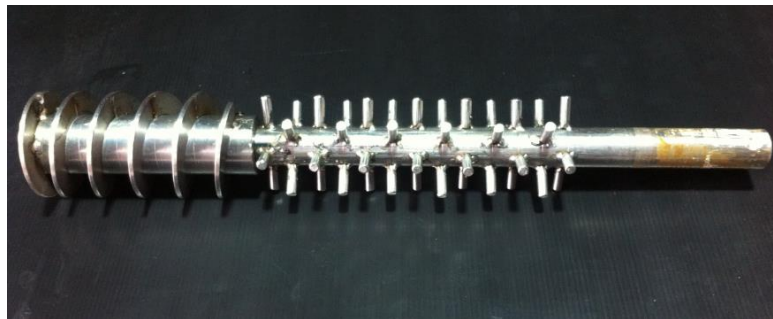
2) แกนขับ

1) เสื้อชุดขับเคลื่อน

6.2 แสดงส่วนประกอบชุดขับเคลื่อนปลีอกถั่วเขียว

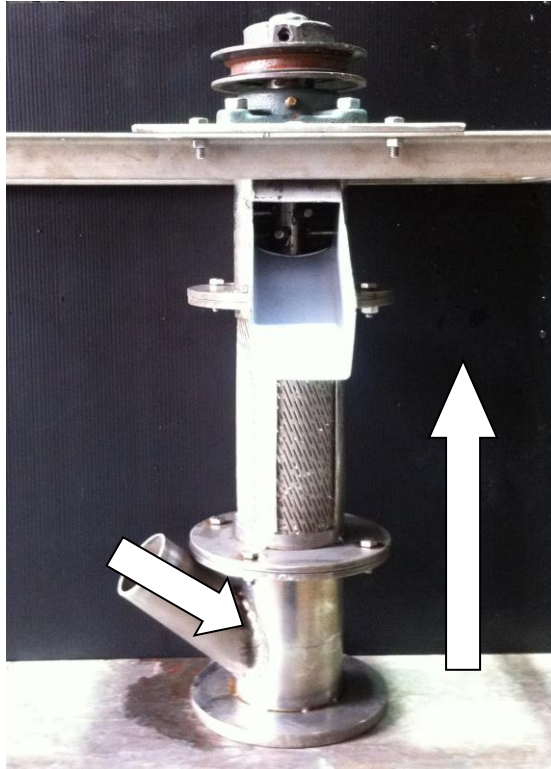
ภาพที่ 6 แสดงส่วนประกอบของชุดขับเคลื่อนปลีอกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ

แกนขับ ประกอบด้วย สกรูลำเลียง ทำหน้าที่ลำเลียงถั่วเขียวขึ้นสู่แกนขับเคลื่อนปลีอกถั่วเขียว และแกนขับเคลื่อนปลีอกถั่วเขียวซึ่งจะทำหน้าที่ขับเคลื่อนปลีอกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำให้หลุดออก ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงแกนขับเคลื่อนปลีอกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ

การทำงานของชุดขับเคลื่อนปลีอกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ ดังแสดงในภาพที่ 8 เริ่มจากป้อนถั่วเขียวผ่าซีกที่แช่น้ำ เข้าทางเข้าด้านล่าง สกรูลำเลียงที่ติดไว้ที่แกนขับ ซึ่งจะทำหน้าที่ขับเคลื่อนปลีอกถั่วเขียวให้หลุดออกจากเนื้อถั่ว และดันถั่วเขียวให้ออกทางช่องด้านบนสู่ชุดลอยเปลือกต่อไป



ภาพที่ 8 ชุดขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ

ได้ดำเนินการทดลองทดสอบและปรับปรุงแกนชุดเปลือกถั่ว แบบต่างๆ

แกนชุดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 1 ภาพที่ 9 ประกอบด้วยสกรูลำเลียงและเหล็กกลมสี่เหลี่ยมขนาด 1 ซม. x 1 ซม. ทำเป็นรูปเกลียว เพื่อทำหน้าที่ในการกวนปั่นให้เปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำหลุดออกจากเม็ดถั่วเขียวผ่าซีก ทำการทดสอบเบื้องต้น พบว่า ไม่สามารถขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกได้



ภาพที่ 9 แกนชุดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 1

แกนชุดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 2 ภาพที่ 10 ทำการปรับปรุงแกนชุดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแบบที่ 1 โดยเพิ่มแกนชดยาว 1.8 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร จำนวนแถวละ 2 ก้าน ระยะห่างระหว่างแถว 3 เซนติเมตร เพื่อช่วยให้การขัดเปลือกถั่วเขียวดีขึ้น



ภาพที่ 10 แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 2

แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 3 ภาพที่ 11 ทำการปรับปรุงโดยใช้ก้านขัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร แฉวละ 6 แกน ระยะห่างระหว่างแฉว 25 มิลลิเมตร จำนวน 9 แฉว

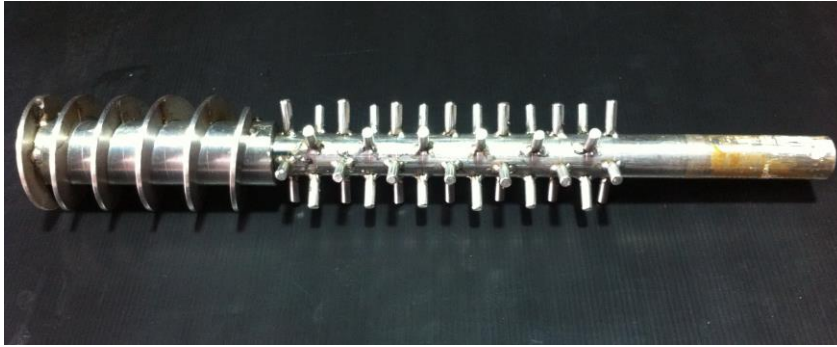


ภาพที่ 11 แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 3

แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 4 ภาพที่ 12 ทำการปรับปรุงแกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแบบที่ 3 โดยใช้ก้านขัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร แฉวละ 6 แกน ระยะห่างระหว่างแฉว 25 มิลลิเมตร จำนวน 9 แฉว และเพิ่มตุ่มระหว่างแฉวเรียงตัวเป็นรูปเกลียว จำนวน 2 เกลียว



ภาพที่ 12 แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 4



ภาพที่ 13 แกนชุดแบบที่ 5

ทำการทดสอบแบบแกนต่าง ๆ ที่ได้สร้างขึ้น โดยวิธีการทดสอบ

1. ทดสอบโดยใช้ถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำที่ 2 ชั่วโมง ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 500 รอบ/นาที
2. สุ่มตัวอย่างหลังการชดเปลือกถั่วเขียว ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเปรียบเทียบแกนชุดเปลือกถั่วเขียวแบบที่ 1 ถึง แบบที่ 5

แบบ	เม็ดถั่วเขียว ลอกเปลือก	เม็ดถั่วเขียว ไม่ลอกเปลือก	เม็ดถั่วเขียว แตก	เปลือก ถั่วเขียว
แบบที่ 1	10.50	74.18	13.22	2.10
แบบที่ 2	13.05	67.54	15.96	3.45
แบบที่ 3	30.65	50.97	14.22	4.16
แบบที่ 4	58.83	18.08	15.02	8.07
แบบที่ 5	66.35	1.85	21.08	10.72

จากการทดสอบแกนชุดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแบบต่างๆพบว่า แนวโน้มการพัฒนา พบว่า ต้องมี
ก้านชด ให้มีความยาว และมีจำนวนมาก พอที่จะให้การชดเปลือกดี จึงได้ทำการออกแบบสร้างแกนชุดแบบ
ที่ 5 เป็นรูปแบบแกนชุดถั่วที่ได้ผลดีที่สุด โดยส่วนประกอบ ดังภาพที่ 13 โดยแกนชุดประกอบด้วยสกรู
ลำเลียงทำหน้าที่ลำเลียงถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ ขึ้นสู่ด้านบน ก้านชดมี ความยาว 2 เซนติเมตร เส้นผ่าน
ศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จำนวน 4 ก้านต่อแถว ระยะระหว่างแถว 2 เซนติเมตร ได้ทำการทดสอบโดย
วิธีการทดสอบชุดชดเปลือก

- 1) การทดสอบใช้ถั่วเขียวผ่าซีกครั้งละ 1 กิโลกรัมต่อวิธีการทดสอบ ทำการแช่น้ำ โดยมีตัวแปรที่ต้องการหา
คือ ความเร็วรอบที่เหมาะสมกับเครื่อง กำหนดทดสอบความเร็วรอบที่ 400 500 600 700 800 และ
900 รอบต่อนาที และเวลาที่ใช้แช่ถั่วเขียวผ่าซีกกำหนดให้แช่ถั่วเขียวผ่าซีกที่ 2 และ 3 ชั่วโมง (ตารางที่ 2
และตารางที่ 3)
- 2) ทำการสุ่มตัวอย่างถั่วเขียวผ่าซีกระหว่างดำเนินการทดสอบ ทั้งก่อนเข้าสู่ชุดชดเปลือกและหลังเข้าสู่ชุดชด
เปลือก ทำการคัดแยกเม็ดถั่วที่มีการชดเปลือกสมบูรณ์ เม็ดถั่วที่แตกหักและเม็ดถั่วที่ไม่ชดเปลือก
คำนวณหาสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำที่เวลา 2 ชั่วโมง

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที่)	ก่อนเข้าสู่ชุดขัดเปลือกถั่วเขียว				หลังเข้าสู่ชุดขัดเปลือกถั่วเขียว				ความแตกต่าง		อัตราการทำงาน	
	เม็ดถั่วเขียวลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวไม่ลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวแตก (%)	เปลือกถั่วเขียว (%)	เม็ดถั่วเขียวลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวไม่ลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวแตก (%)	เปลือกถั่วเขียว (%)	ถั่วเขียวแตกเพิ่ม (%)	ขัดเปลือกถั่วเขียวออก (%)	เวลาขัด (วินาที)	อัตราทำงาน (กก./ชม.)
400	43.46	34.10	15.37	7.07	73.77	2.73	17.35	6.15	1.98	91.99	150	24.00
500	37.23	36.50	18.97	7.30	66.35	1.85	21.08	10.72	2.11	94.93	120	30.00
600	32.87	52.12	12.08	2.93	71.56	3.52	15.60	9.32	3.52	93.25	100	36.00
700	27.06	50.14	14.11	8.69	63.49	8.81	15.13	12.57	1.02	82.43	97	37.11
800	21.54	58.84	15.01	4.61	65.41	7.92	17.48	9.19	2.47	86.54	90	40.00
900	43.13	40.83	13.54	2.50	63.18	7.29	16.89	12.64	3.35	82.15	90	40.00

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำที่เวลา 3 ชั่วโมง

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที่)	ก่อนเข้าสู่ชุดขัดเปลือกถั่วเขียว				หลังเข้าสู่ชุดขัดเปลือกถั่วเขียว				ความแตกต่าง		อัตราการทำงาน	
	เม็ดถั่วเขียวลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวไม่ลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวแตก (%)	เปลือกถั่วเขียว (%)	เม็ดถั่วเขียวลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวไม่ลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวแตก (%)	เปลือกถั่วเขียว (%)	ถั่วเขียวแตกเพิ่ม (%)	ขัดเปลือกถั่วเขียวออก (%)	เวลาขัด (วินาที)	อัตราทำงาน (กก./ชม.)
400	25.67	59.05	8.99	6.29	72.73	1.27	11.12	14.68	2.13	97.85	150	24.00
500	32.37	45.45	14.56	7.62	60.87	2.09	16.42	20.62	1.86	95.40	120	30.00
600	52.73	30.89	10.79	5.59	72.98	0.00	14.81	12.21	4.02	100.00	100	36.00
700	33.15	45.00	12.87	8.98	65.35	2.13	16.93	15.59	4.06	95.27	95	37.89
800	21.10	62.48	9.26	7.16	65.57	0.00	13.56	20.87	4.30	100.00	90	40.00
900	43.13	40.83	13.54	2.50	68.15	0.00	18.22	16.63	4.68	100.00	90	40.00

สรุปผลการทดสอบชุดขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีก

จากการทดลองชุดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำ พบว่า แช่ถั่วเขียวผ่าซีก 2 ชั่วโมง สามารถขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำออกได้ โดยที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ให้ผลการขัดที่ดีที่สุด สำหรับแกนขัดเปลือกถั่วแบบนี้

2.2 ส่วนที่ 2 ชุดลอยแยกเปลือก

หลังการขัดต้องลอยแยกเปลือก เพื่อให้ได้ถั่วเขียวผ่าซีกที่สะอาดไม่มีเปลือกเจือปน ได้ทดลองสร้างชุดลอยแยกเปลือก 2 แบบ ดังนี้

ชุดลอยแยกเปลือกแบบที่ 1 แบบแนวนอน (ไหลตามกระแสน้ำ) ชุดลอยแยกเปลือกแบบนี้ อาศัยกระแสน้ำในการแยกวัตถุ โดยใช้ป้อนน้ำเป็นต้นกำลังในการสร้างกระแสน้ำให้เปลือกลอยแยกออกจากเนื้อถั่ว กระแสน้ำจะไหลพัดพาเนื้อเม็ดถั่วและเปลือกไปตามกระแสน้ำ น้ำหนักของวัตถุที่แตกต่างกัน ทำให้เม็ดถั่วเขียวผ่าซีกไหลตกสองช่องทางออก เปลือกที่เบากว่าจะลอยออกทางท้ายราง ได้ทำการทดลองสร้างชุดลอยแยกเปลือกแบบที่ 1 ดังแสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 แสดงรางลอยเปลือกที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบจะทำโดยนำทั้งสองส่วนคือชุดขัดเปลือกถั่วเขียวและรางลอยเปลือกนำมาประกอบกัน ในถังน้ำขนาด กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร ได้เครื่องต้นแบบที่พร้อมจะใช้ทดสอบ ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 เครื่องล้างเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำแบบรางแนวนอน

วิธีการทดลองส่วนชุดลอยเปลือก

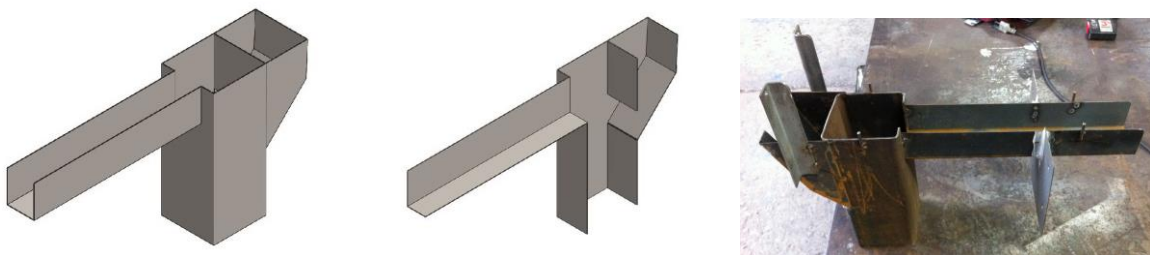
- 1) แช่ถั่วเขียวผ่าซีกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการขัดเปลือกโดยใช้รอบการขัดที่ 500 รอบต่อนาที ถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำที่ผ่านการขัดแล้ว ไหลลงสู่ชุดลอยเปลือก
- 2) ทำการสุ่มเก็บข้อมูล เพื่อหาสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ ของเนื้อถั่ว และเปลือกถั่วเขียว ในถั่วเนื้อถั่วเขียวและถั่วเปลือกถั่วเขียว แล้วนำมาคำนวณหา ความสามารถในการลอยแยกเปลือกและ ความสูญเสีย (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบรางลอยแยกเปลือกถั่วเขียวซีกแบบแนวนอน

ระดับน้ำในราง (เซนติเมตร)	สัดส่วนในถั่วเนื้อถั่วเขียว		สัดส่วนในถั่วเปลือกถั่วเขียว	
	เนื้อถั่วเขียว (%)	เปลือกถั่วเขียว (%)	เนื้อถั่วเขียว (%)	เปลือกถั่วเขียว (%)
7	76.93	13.07	1.06	8.94
8	77.76	10.98	2.31	8.95
9	73.96	12.19	6.05	7.80
10	77.82	6.39	7.13	8.66

สรุปผลการทดสอบชุดลอยเปลือกแบบแนวนอน

จากการทดสอบแบบรางลอยเปลือกที่สร้างขึ้น พบว่า ความสูงของแผ่นกัน 8 เซนติเมตร ให้ผลการทดสอบที่มีเนื้อถั่วเขียวปนออกมาน้อยที่สุด แต่เปลือกถั่วเขียวยังปะปนกับเนื้อถั่วเขียวอย่างมาก ขณะเดียวกัน ที่ระดับความสูงน้ำที่ 10 เซนติเมตร มีเปลือกปะปนในถั่วเนื้อถั่วเขียวน้อยกว่า แต่สูญเสียเนื้อถั่วเขียวไปมากเช่นกัน จำเป็นต้องแก้ไขข้อบกพร่องนี้



ภาพที่ 17 แสดงชุดรางลอยเปลือกแนวตั้ง

ชุดลอยแยกเปลือกแบบที่ 2 แบบแนวตั้ง (ไหลสวนกระแส) ดังแสดงในภาพที่ 17 การทำงานของชุดลอยแยกเปลือกแนวตั้ง เริ่มจากถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านการขัดเปลือกแล้วจะไหลลงทางเข้า โดยกระแสน้ำถูกบังคับให้ไหลจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน พัดพาเปลือกถั่วเขียวซึ่งเบาไหลออกไปตามรางน้ำสู่ถังเก็บ เปลือกถั่วเขียวทางด้านท้ายรางต่อไป ส่วนเม็ดถั่วเขียวผ่าซีกไหลตกลงสู่ถังเก็บด้านล่าง ได้ดำเนินการ

ติดตั้งกับชุดขัดเปลือกถั่ว ดังภาพที่ 18 และดำเนินการทดสอบโดยมีปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเครื่อง ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำ



ภาพที่ 18 เครื่องล้างเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำแบบรางแนวตั้ง

วิธีการทดสอบมีดังนี้

- 1) แช่ถั่วเขียวผ่าซีกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการขัดเปลือกโดยใช้รอบการขัดที่ 500 รอบต่อนาที ถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำที่ผ่านการขัดแล้ว ไหลลงสู่ชุดลอยเปลือก
- 2) ทำการสุ่มเก็บข้อมูล เพื่อหาสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ ของเนื้อถั่วเขียว และเปลือกถั่วเขียว ในถั่วเนื้อถั่วเขียว และถั่วเปลือกถั่วเขียว (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบบรจลยแยกเปลือกล้วเขียวซึกแบบแนวตั้ง

อัตราการไหลน้ำ ลิตร/นาที่	สัดส่วนในถุงเนื้อถ้วเขียว		สัดส่วนในถุงเปลือกล้วเขียว	
	เนื้อถ้วเขียว (%)	เปลือกล้ว เขียว(%)	เนื้อถ้วเขียว (%)	เปลือกล้วเขียว (%)
10	82.48	6.36	0.00	11.16
20	80.36	4.43	0.74	14.47
30	79.36	1.39	1.52	17.73

สรุปผลการทดสอบชุดลยแยกเปลือกล้วแบบแนวตั้ง

ผลการทดสอบพบว่า สามารถลยแยกเปลือกล้วออกได้ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดลยแยกเปลือกล้วแบบแนวอน โดยพบว่าที่อัตราการไหลน้ำ 30 ลิตร/นาที่ ให้ผลการทดสอบดีที่สุด โดยมีเปลือกล้วน 1.39 เปอร์เซ็นต์ และมีเนื้อที่สูญเสียไปในถุงเปลือกล้ว 1.52 เปอร์เซ็นต์

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ต้นแบบเครื่องล้างเปลือกล้วจากถ้วเขียวซึกแช่น้ำ ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย ชุดซัดเปลือกล้วเขียว และชุดลยแยกเปลือกล้วเขียว ประกอบกันใช้งานในถ้งน้ำขนาด 1x0.5x0.47 เมตร ใช้น้ำ170 ลิตร ในการทำงาน ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/2 แรงม้า ในการขับเคลื่อน ชุดซัดเปลือกล้วเขียว และใช้ปั้มน้ำในการสร้างกระแส้น้ำ เพื่อใช้ในการลยแยกเปลือกล้วเขียว

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบ พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสม สำหรับใช้ในต้นแบบนี้คือ 500 รอบต่อนาที สามารถซัดเปลือกล้วเขียวให้หลุดออกได้ 94.93 เปอร์เซ็นต์ โดยเม็ดถ้วเขียวมีการแตกหักเพิ่มขึ้นประมาณ 2.11 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบชุดลยแยกได้ดำเนินการสร้างและทดสอบชุดลยแยกเปลือกล้ว 2 แบบคือชุดลยแยกเปลือกล้วแบบแนวอนและชุดลยแยกเปลือกล้วแบบแนวตั้ง โดยชุดลยแยกเปลือกล้วแบบแนวอน อาศัยกระแส้น้ำในการพัดพาวัตถุ เม็ดถ้วเขียวซึกที่น้ำหนักมากกว่าจะตกลงในช่องทางออกก่อน ส่วนเปลือกล้วที่เบาว่าจะถูกน้ำพัดพาออกไปทางท้ายรางสู่ถุงเก็บเปลือกล้วเขียว จากการทดสอบ พบว่า ให้ผลการแยกลยเปลือกล้วไม่ดี แยกเปลือกล้วได้ไม่สะอาด จึงทำการออกแบบและสร้างชุดลยแยกเปลือกล้วแบบที่ 2 เป็นแบบชุดลยแยกเปลือกล้วแนวตั้ง เป็นการทำงานแบบสวนทิศทางกระแส้น้ำ โดยเม็ดถ้วที่หนักกว่าจะจมลงสู่ถุงเก็บเนื้อถ้วเขียว ส่วนเปลือกล้วที่เบาว่าจะลยตามน้ำออกไปสู่ถุงเก็บเปลือกล้วเขียว ผลการทดสอบพบว่าสามารถทำงานได้ดี โดยใช้อัตราการไหลน้ำที่ 30 ลิตรต่อนาที จะให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด โดยมีเปลือกล้วเขียวปะปนเพียง 1.39 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียเนื้อถ้วเขียวเพียง 1.52 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามต้นแบบที่จัดสร้างขึ้นยังควรที่จะพัฒนาให้ดีขึ้นในหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะเรื่องความสามารถในการลยแยกเปลือกล้วให้สูงขึ้นอีก และความสะดวกในการใช้งาน ให้ใช้งานง่ายขึ้น

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ แก่หน่วยงานภาคเอกชน ผู้ประกอบการแปรรูปผลิตผลทางเกษตรและผลิตเครื่องมือ เกษตรกร กลุ่มแม่บ้านเกษตรและวิสาหกิจ ชุมชน นักวิจัย นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไป

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี) -

12. เอกสารอ้างอิง

นิรนาม. ม.ป.ป. แผ่นพับ การผลิตวันเส้นและการเพาะถั่วงอก. ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

นิรนาม. ม.ป.ป. แผ่นพับ ถั่วเขียวแปรรูป. ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

สมจินตนา ทุมแสน และอิสระ พุทธสิมมา. 2549. ถั่วเขียว. ระบบฐานข้อมูลงานวิจัยด้านพืชไร่ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 3 กรมวิชาการเกษตร. แหล่งที่มา : <http://oard3.doa.go.th/agriculture/> (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557).

สิริชัย ส่งเสริมพงศ์ ศรีวัย สิงหะคเชนทร์ ยงยุทธ คงชาน และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2535. การผลิตโปรตีนจากถั่วเขียวและซีอิ้วหมักจากโปรตีนถั่วเขียว. หน้า 403-411. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 30. 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2535. กรุงเทพฯ. 858 หน้า.

สิริชัย ส่งเสริมพงศ์ ศรีวัย สิงหะคเชนทร์ ยงยุทธ คงชาน และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2537. เครื่องมือแปรรูปถั่วเขียว. หน้า 186-207. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สถาบันวิจัยและพัฒนา นครปฐม. 271 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2555. เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 401. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อรอนงค์ นัยวิกุล และ ลินดา พงศมาสุก. 2537. อาหารเข้าจากธัญชาติ. อุตสาหกรรมเกษตร. 5 (3): 5-14.

เอื้อย สิงหกุล ไมตรี ทองสว่าง และศรีวัย สิงหะคเชนทร์. 2531. การผลิตวันเส้นจากถั่วเขียวระดับหมู่บ้าน. หน้า 324-331. ใน รายงานผลการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง งานวิจัยถั่วเขียว ครั้งที่ 3. กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยพืชไร่ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท.

13. ภาคผนวก -