รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ

ปรีชา อานันท์รัตนกุล

Preecha Ananrattanakul

ปี พ.ศ. 2559

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ

ปรีชา อานันท์รัตนกุล

Preecha Ananrattanakul

ปี พ.ศ. 2559

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
บทนำ	3
การทบทวนวรรณกรรม	4
ระเบียบวิธีการวิจัย	6
ผลการวิจัยและอภิปราย	8
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	16
เอกสารอ้างอิง	17

วิจัยและพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ

Research and Development on a Mung Bean Seed Coat Separator in Wet Process

ผู้วิจัย

ปรีชา อานันท์รัตนกุล
Preecha Ananrattanakul

วิบูลย์ เทเพนทร์
Viboon Thepent

มานพ รักญาติ
Manop rakyat

จิรวัสส์ เจียตระกูล
Jirawat Chiatrakul

คำสำคัญ : แปรรูปแป้ง เครื่องคัดขนาดแป้ง แปรรูปถั่วเขียว เครื่องแยกเปลือกถั่วเขียว
flour processing, flour separating machine, mung bean processing, mung bean seed

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 ½ แรงม้า และส่วนของชุดลอยแยกเปลือก ซึ่งพบว่า การลอยแยกเปลือก แบบสวนทิศทางกระแสน้ำให้ผลการทดสอบที่ดี จากการทดสอบเครื่องต้นแบบ พบว่า มีความสามารถในการทำงาน 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยถั่วเขียวที่ได้มีการแตกหักเพิ่ม 2.11 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบในการขัด 500 รอบต่อนาที มีเปลือกเจือปนในถุงเก็บเนื้อถั่วเขียว 1.33 เปอร์เซ็นต์

Abstract

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.

บทนำ

ถั่วเขียวเป็นพืชอายุสั้น ใช้น้ำน้อยกว่าพืชไร่อื่นหลายชนิด สามารถใช้ในระบบปลูกพืช เช่น ทดแทนข้าวนาปรัง ปลูกก่อนข้าวโพดในพื้นที่ประสพภัยแล้ง 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) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานว่า 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 เครื่องกะเทาะถั่วซีก เครื่องบด/โม่ เครื่องกรองและแยกกาก เครื่องนวดแป้ง เตาพร้อมภาชนะหุงต้ม และ อุปกรณ์โรยเส้น เป็นต้น

ขั้นตอนแรกของการแปรรูปถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ ส่วนใหญ่คือ การกะเทาะเปลือก เพื่อแยกเอาเปลือกออก ส่วนเนื้อถั่วเขียวนำไปแปรรูปในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากเปลือกมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งด้านสี กลิ่น และอาจรวมถึงรสชาติ นอกจากนี้เปลือกถั่วเขียวเป็นสาเหตุที่ทำให้โปรตีนถั่วเขียวมีคุณภาพไม่ดีในด้านสีและกลิ่น (สิริชัยและคณะ, 2535) ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท แนะนำวิธีเตรียมวัตถุดิบถั่วเขียวสำหรับแปรรูปเป็นวุ้นเส้น หรือถั่วเขียวทอด โดยนำถั่วเขียวมากะเทาะให้แตกเป็น 2 ซีก โดยใช้เครื่องโม่/บด ปรับแต่งชุดลูกหินกะเทาะให้ห่างพอเหมาะที่จะกะเทาะถั่วให้แตกเป็นสองซีก นำถั่วซีกไปแช่น้ำประมาณ 2-3 ชั่วโมง พอให้เมล็ดถั่วซีกนิ่มและแยกเปลือกออกได้ง่าย จากนั้นทำการล้างแยกเปลือกออกจนได้เนื้อถั่วเขียวสะอาดปราศจากเปลือก ขั้นตอนนี้ใช้แรงงานคนและเสียเวลา ยังไม่มีเครื่องจักรที่ใช้ในการแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ โดยใช้มือขยี้เมล็ดถั่วเขียวให้เปลือกบางส่วนที่ติดเมล็ดถั่วเขียวหลุดออก ค่อยๆ กวนน้ำและรินน้ำทิ้ง เปลือกซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าจะไหลออกมากับน้ำทิ้ง เติมน้ำและทำการแยกเปลือกซ้ำจนกว่าจะแยกเปลือกหมด ซึ่งใช้เวลาและทำได้ครั้งละน้อยๆ ดังนั้น หากมีการพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกน้ำให้มีประสิทธิภาพราคาถูกและนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต จะช่วยลดเวลา ประหยัดแรงงาน และลดต้นทุนการผลิต

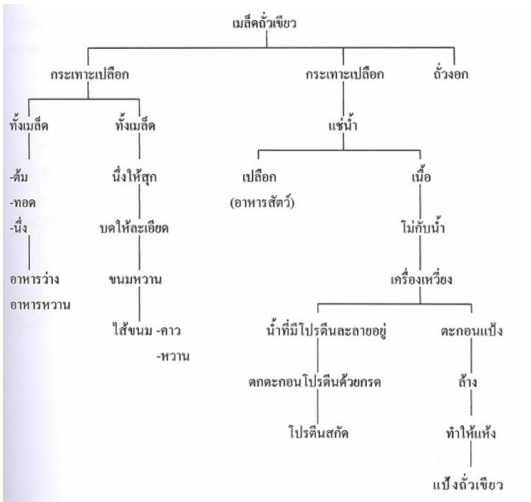
การทบทวนวรรณกรรม

การแปรรูปเมล็ดถั่วเขียวที่สำคัญและทำกันในระดับอุตสาหกรรมในปัจจุบันก็คือการทำวุ้นเส้น ทำแป้งถั่วเขียว และนำแป้งมาทำซาหริ่ม (อรอนงค์และลินดา, 2537) ถ้าจะลำดับขั้นตอนการแปรรูปถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ ก็จะเป็นดังภาพที่ 1

ขั้นตอนแรกของการแปรรูปถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ ส่วนใหญ่ คือการกะเทาะเปลือก เพื่อแยกเอาเปลือกออกก่อน ส่วนเนื้อถั่วเขียวนำไปแปรรูปในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากเปลือกมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งด้านสี กลิ่น และอาจรวมถึงรสชาติ

การกะเทาะเปลือกถั่วเขียวหรือเลาะเปลือกออกอาจทำได้หลายวิธี สิริชัย และคณะ (2537) ได้นำเครื่องสีข้าวแบบแกนลูกหินมาประยุกต์ใช้กะเทาะเปลือกถั่วเขียว สามารถสีแยกเปลือกและจมูกถั่วเขียวออกจากเนื้อถั่วเขียว และทำให้ถั่วแตกเป็นสองซีก ก่อนกะเทาะเปลือกถั่วเขียวต้องปรับสภาพเปลือกถั่วเขียวให้สามารถหลุดออกง่าย โดยแช่ถั่วเขียวในน้ำนาน 1 ชั่วโมง แล้วตากแดด 1 วัน จึงนำมากะเทาะเปลือก วิธีนี้สะดวกรวดเร็วในขั้นตอนกะเทาะและแยกเปลือก เพราะเครื่องมีพัดลมดูดแยกเปลือกและจมูกถั่วเขียวออกไป แต่มีการสูญเสียของเนื้อถั่วเขียว เนื่องจากผิวเนื้อถั่วเขียวบางส่วนถูกขัดสีออกไปด้วย ทำให้เมล็ดถั่วเขียวมีขนาดเล็กลง รวมทั้งมีเมล็ดแตกมาก นอกจากนี้ต้องเสียเวลาและแรงงานในการปรับสภาพเปลือกถั่วเขียวก่อนกะเทาะ

ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท แนะนำวิธีการเตรียมวัตถุดิบถั่วเขียวสำหรับแปรรูปเป็นวุ้นเส้น หรือถั่วเขียวทอด โดยนำถั่วเขียวมากะเทาะให้แตกเป็น 2 ซีก โดยใช้เครื่องโม่/บด (แบบจานหิน) ปรับแต่งชุดลูกหินกะเทาะให้ห่างพอเหมาะที่จะกะเทาะถั่วให้แตกเป็นสองซีก แล้วนำถั่วซีกมาฝัดทำความสะอาด เอาเปลือกป่นออก จากนั้นนำถั่วซีกไปแช่น้ำประมาณ 2-3 ชั่วโมง พอให้เมล็ดถั่วซีกนิ่มและแยกเปลือกออกได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีวิธีใช้ถั่วเขียวทั้งเมล็ดแช่น้ำทิ้งไว้ประมาณ 15 - 19 ชั่วโมง จากนั้นทำการล้างแยกเปลือกออกจนได้เนื้อถั่วเขียวสะอาดปราศจากเปลือก ขั้นตอนนี้ใช้แรงงานคนและเสียเวลา เนื่องจากยังไม่มีเครื่องจักรในการแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ โดยใช้มือขยี้เมล็ดถั่วเขียวให้เปลือกบางส่วนที่ติดเมล็ดถั่วเขียวหลุดออก ค่อยๆ กวนน้ำและรินน้ำทิ้ง เปลือกซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าจะไหลออกมากับน้ำทิ้ง เติมน้ำและทำการแยกเปลือกซ้ำจนกว่าจะแยกเปลือกหมด ซึ่งใช้เวลาและทำได้ครั้งละน้อยๆ



ภาพที่ 1 การแปรรูปเมล็ดถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ (อรอนงค์และลินดา, 2537)

โครงการวิจัยการทำวุ้นเส้นจากถั่วเขียวเป็นโครงการพระราชดำริ ซึ่งโครงการนี้ได้เริ่มขึ้นเมื่อปี 2527 จุดประสงค์เพื่อหากรรมวิธีและเครื่องมือในการผลิตวุ้นเส้นที่เหมาะสมกับระดับหมู่บ้าน โดยได้ออกแบบสร้างและปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ พร้อมกรรมวิธีการทำวุ้นเส้น จนบรรลุผลสำเร็จ พบว่า ขั้นตอนการผลิตประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่ ๆ 2 ตอนคือ การทำแป้งและทำเส้น เครื่องมือและอุปกรณ์การทำแป้งประกอบด้วย เครื่องบดและกรองแยกกากถั่วเขียวได้ชั่วโมงละ 30 กิโลกรัม ขับด้วยมอเตอร์ 3 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที ตามลำดับ เครื่องมือและอุปกรณ์การทำเส้นประกอบด้วย เครื่องนวดผสมแป้ง นวดแป้งได้ครั้งละ 5-7 กิโลกรัม ขับด้วยมอเตอร์ 1 ½ แรงม้า ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เตาและอุปกรณ์โรยเส้น โดยให้แป้งไหลผ่านภาชนะที่เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร (เอื้อย และคณะ, 2531)

สิริชัยและคณะ (2537) ได้ดำเนินการวิจัยออกแบบและพัฒนาสร้างเครื่องมือแปรรูปถั่วเขียว 6 ชนิด ได้แก่เครื่องกะเทาะเปลือกถั่วเขียว เครื่องโม่และกรองแยกกาก เครื่องแยกแป้งแรงเหวี่ยง เครื่องผสมแป้ง เครื่องโรยวุ้นเส้น และเครื่องกรองซีอิ้ว เพื่อใช้ในการผลิตแป้งถั่วเขียว โปรตีนถั่วเขียว วุ้นเส้นจากแป้งถั่วเขียว ซีอิ้วหมักจากโปรตีนถั่วเขียวตามลำดับ นอกจากนี้ ยังได้วิจัยเทคนิคและวิธีการผลิตวุ้นเส้น และซีอิ้วหมักจากโปรตีนถั่วเขียวให้มีคุณภาพ จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนพบว่า ในการแปรรูปถั่วเขียว จำนวน 100 กิโลกรัมต่อวัน ลงทุน 319,000 บาท จะคุ้มทุนภายใน 9 เดือน และได้กำไรมากกว่าเงินทุน 112 เปอร์เซ็นต์ งานวิจัยนี้ได้เผยแพร่ให้โครงการส่วนพระองค์ ณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน จ.ฉะเชิงเทรา โครงการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร ณ ศูนย์ศึกษาพัฒนาภูพาน จ.สกลนคร ศูนย์ศึกษาพัฒนาพิกุลทอง จ.นราธิวาส และศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ.ชัยนาท โดยได้สร้างเครื่องมือดังกล่าว พร้อมอบรมวิธีการแปรรูปถั่วเขียวให้เจ้าหน้าที่ของศูนย์ดำเนินการเองได้ และได้เผยแพร่งานการใช้เครื่องสีข้าวเกษตร 60-1 สีถั่วเขียวให้เป็นถั่วซีก สามารถสีแยกเปลือกและจมูกถั่วเขียวออกจากเนื้อถั่วเขียว และทำให้ถั่วแตกเป็นสองซีก ด้วยชุดลูกหินกะเทาะ 2 ชุด ซึ่งประกอบด้วยลูกหินและแท่งยาง มีพัดลมดูดเปลือกและจมูกถั่วเขียวออกไป ถั่วซีกจะถูกคัดขนาดโดยตะแกรงร่อนเป็น 3 ขนาด คือ เต็มเมล็ด เมล็ดแตกใหญ่ และเมล็ดแตกเล็ก ก่อนกะเทาะเปลือกถั่วเขียวต้องปรับสภาพเปลือกถั่วเขียวให้สามารถหลุดออกง่าย โดยแช่ถั่วเขียวในน้ำ นาน 1 ชั่วโมง แล้วตากแดด 1 วัน จึงนำมากะเทาะเปลือก เกษตรกรสามารถกะเทาะเปลือกโดยใช้เครื่องโม่ โดยตั้งระยะห่างของหินโม่ให้พอเหมาะที่จะกะเทาะถั่วแตกเป็นสองซีก นำถั่วซีกไปแช่ในน้ำให้เปลือกลอยขึ้นมาแล้วแยกเปลือกออก วิธีนี้จะช้าเนื่องจากต้องเสียเวลาในการแยกเปลือก

สิริชัยและคณะ (2535) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของโปรตีนที่สกัดจากถั่วเขียวทั้งเมล็ดและถั่วซีก พบว่า โปรตีนที่สกัดได้จากถั่วซีกมีคุณภาพดีกว่าโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวทั้งเมล็ดในด้านสีและกลิ่น โปรตีนจากถั่วซีกจะมีสีเหลืองอ่อนและกลิ่นไม่เหม็นเขียว ส่วนโปรตีนที่สกัดจากถั่วเขียวทั้งเมล็ดมีสีเข้มและมีกลิ่นเหม็นเขียวมาก จึงกล่าวได้ว่าเปลือกถั่วเขียวเป็นสาเหตุที่ทำให้โปรตีนถั่วเขียวมีคุณภาพไม่ดีในด้านสีและกลิ่น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเพิ่มกระบวนการกะเทาะเปลือกถั่วเขียวก่อนที่จะโม่เนื้อถั่วเพื่อให้ได้โปรตีนคุณภาพดี

ระเบียบวิธีการวิจัย

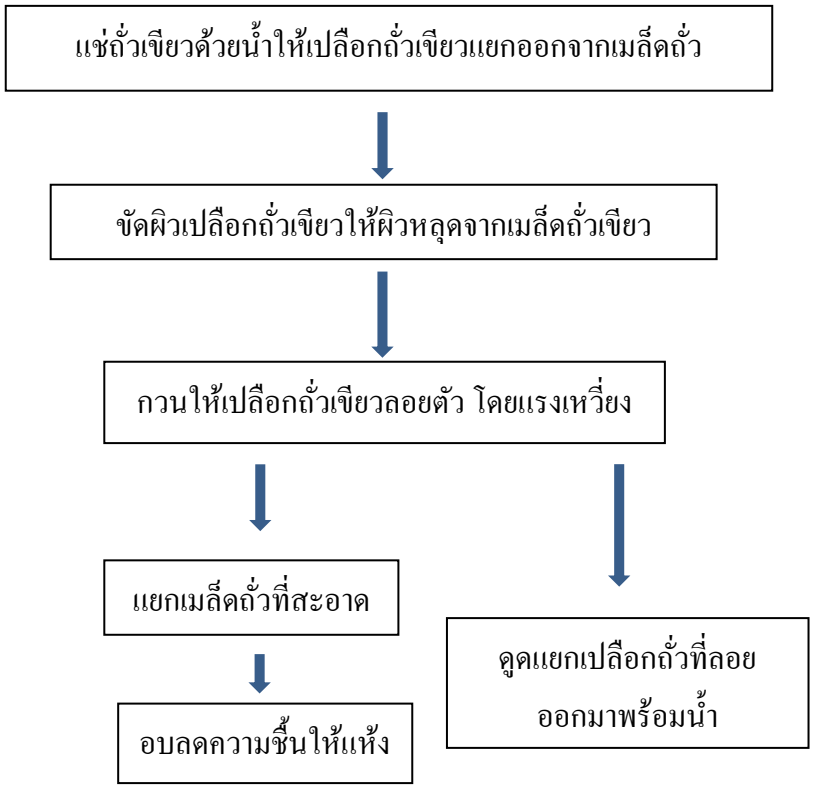
สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์

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

วิธีดำเนินการ

1) ศึกษาข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบเครื่อง เช่น คุณสมบัติด้านน้ำหนักจำเพาะของเมล็ดถั่วเขียวและเปลือกถั่วเขียวแช่น้ำ
2) ออกแบบพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำโดยอาศัยหลักการของการลอยตัวหรือแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ภาชนะบรรจุทรงกรวย และใบกวน รูปแบบเครื่องต้นแบบเบื้องต้น มีการทำงานดังนี้



3) ทดสอบเบื้องต้น แก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ
4) ทำการทดลอง โดยนำถั่วเขียวมาแช่จนเปลือกถั่วแยกออกจากเมล็ด ทำการทดสอบการแยกเปลือกถั่วโดยแรงงานคน ทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ เวลาที่ใช้ อัตราการใช้น้ำ ปริมาณถั่วเขียว เวลาที่แช่ถั่ว ทดสอบซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง นำข้อมูลมาหาอัตราการทำงาน
5) ทดสอบการแยกเปลือกถั่วเขียวโดยเครื่องต้นแบบทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ เวลาที่ใช้ อัตราการใช้น้ำ ปริมาณถั่วเขียว เวลาที่แช่ถั่ว อัตราการป้อนวัสดุ พลังงานที่ใช้ ความเร็วรอบในการกวนในแต่ละรูปแบบการทดสอบเครื่อง ทำอย่างน้อย 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาหาค่าประสิทธิภาพการแยกความสามารถในการทำงาน อัตราสิ้นเปลืองพลังงาน และอัตราการใช้น้ำ
6) ปรับปรุงต้นแบบและทดสอบการใช้งานระยะยาวในพื้นที่เป้าหมาย เลือกต้นแบบที่มีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากผลทดสอบมาทำการปรับปรุง และทดสอบการใช้งาน
7) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องล้างเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำ

วิธีการแยกเปลือกถั่วเขียว โดยแรงงานคนโดยวิธีของเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท มีดังนี้

นำถั่วเขียวเม็ดผ่าซีกด้วยโม่ผ่าซีก ถั่วเขียวจะถูกผ่าเป็นซีก แล้วนำมาร่อนทำความสะอาดเพื่อแยกเศษผงเล็ก ๆ และถั่วเขียวเม็ดที่ไม่ถูกผ่าออก โดยในขั้นตอนนี้ใช้ตะแกรงรูยาวขนาดรู 0.5 x 2 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1 ทำการแยกเม็ดถั่วที่ไม่ผ่าซีกออก และใช้ตะแกรงรูกลมขนาด 4 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 2 ร่อนแยกเศษถั่วเขียวเล็กๆ ออกไป

ภาพที่ 2 ตระแกรงรูยาว 0.5 x 2 เซนติเมตร

ภาพที่ 3 ตระแกรงกลมขนาด 4 มิลลิเมตร

ถั่วเขียวผ่าซีกที่ทำความสะอาดแล้ว นำไปแช่น้ำสะอาด เพื่อให้เปลือกหลุดออกจากเม็ดถั่วเขียวง่ายขึ้น โดยใช้เวลาแช่น้ำ ประมาณ 3 ชั่วโมง จึงทำการขัดล้างด้วยมือ เพื่อให้เปลือกถั่วเขียวหลุดออก ทำการกวนให้เปลือกถั่วเขียวลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน ค่อยๆ รินน้ำออกพร้อมเปลือกถั่วเขียว ถั่วเขียว10 กิโลกรัม ใช้แรงงาน 3 คน ช่วยกันล้าง ใช้เวลาประมาณ 1/2 ชั่วโมง คิดเป็นความสามารถในการล้างถั่ว ที่ 6.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อคน โดยใช้น้ำประมาณ 300 ลิตร

ภาพที่ 4 แสดงวิธีล้างเปลือกถั่วเขียวผ่าซีก

ภาพที่ 5 แสดงถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านการล้าง เปลือก

2) การออกแบบเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ

จากการศึกษาวิธีแยกเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำพบว่า มีขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำให้หลุดออกจากเม็ดถั่วเขียว และขั้นตอนการลอยแยกเปลือกถั่วเขียว การออกแบบเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำจึงประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

2.1 <u>ส่วนที่ 1 ชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำ</u>

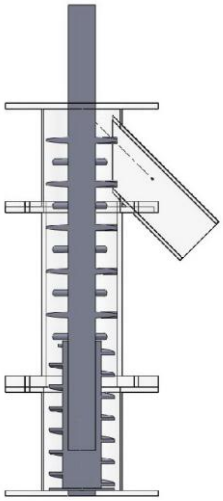
ถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านการแช่น้ำแล้ว ต้องมีการขัดถูให้เปลือกหลุดออกจากเม็ดถั่วเขียว ได้ดำเนินการออกแบบชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำ โดยใช้วิธีการกวนด้วยก้านกวนซึ่งทำหน้าที่ในการขัดเปลือกถั่วด้วย

ชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำมีส่วนประกอบดัง ภาพที่ 6 ประกอบด้วย

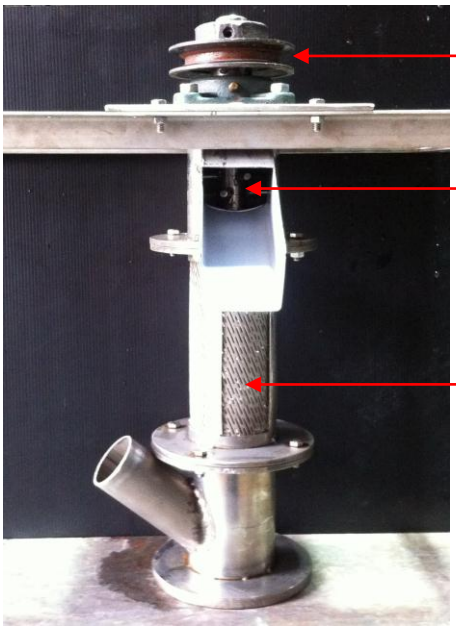
1 เสื้อแกนขัด

2 แกนขัด

3 พูเล่ย์ส่งกำลัง



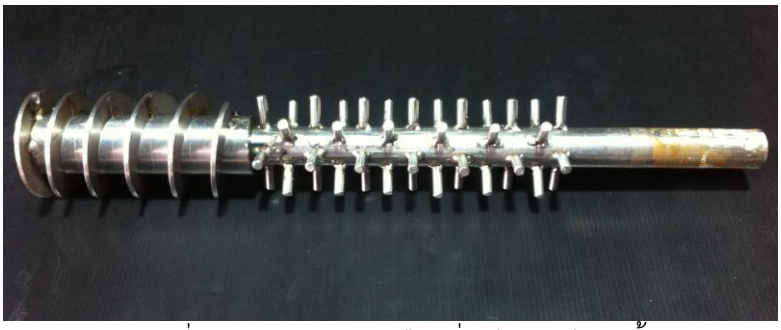
6.1 ภาพตัดภายในชุดขัดเปลือกถั่วเขียว



6.2 แสดงส่วนประกอบชุดขัดเปลือกถั่วเขียว

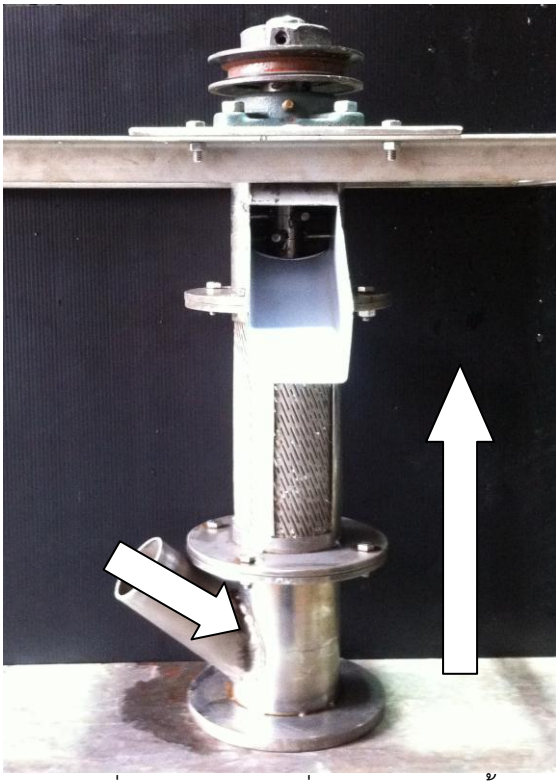
ภาพที่ 6 แสดงส่วนประกอบของชุดขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ

แกนขัด ประกอบด้วย สกรูลำเลียง ทำหน้าที่ลำเลียงถั่วเขียวขึ้นสู่ก้านขัดเปลือกถั่วเขียว และก้านขัดเปลือกถั่วเขียวซึ่งจะทำหน้าที่ขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำให้หลุดออก ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงแกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ

การทำงานของชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำ ดังแสดงในภาพที่ 8 เริ่มจากป้อนถั่วเขียวผ่าซีกที่แช่น้ำ เข้าทางเข้าด้านล่าง สกรูลำเลียงที่ติดไว้ที่แกนขัด ซึ่งจะทำหน้าที่ขัดเปลือกถั่วเขียวให้หลุดออกจากเนื้อถั่ว และดันถั่วเขียวให้ออกทางช่องด้านบนสู่ชุดลอยเปลือกต่อไป



ภาพที่ 8 ชุดขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ

ได้ดำเนินการทดลองทดสอบและปรับปรุงแกนขัดเปลือกถั่ว แบบต่างๆ

แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 1 ภาพที่ 9 ประกอบด้วยสกรูลำเลียงและเหล็กลิ่มสี่เหลี่ยมขนาด 1 ซม.x 1 ซม.ทำเป็นรูปเกลียว เพื่อทำหน้าที่ในการกวนปั่นให้เปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำหลุดออกจากเม็ดถั่วเขียวผ่าซีก ทำการทดสอบเบื้องต้น พบว่า ไม่สามารถขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกได้

ภาพที่ 9 แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 1

แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 2 ภาพที่ 10 ทำการปรับปรุงแกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแบบที่ 1 โดยเพิ่มแกนขัดยาว 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 แถวละ 6 แกน ระยะห่างระหว่างแถว 25 มิลลิเมตร จำนวน 9 แถว

ภาพที่ 11 แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 3

แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 4 ภาพที 12 ทำการปรับปรุงแกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแบบที่ 3 โดยใช้ก้านขัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร แถวละ 6 แกน ระยะห่างระหว่างแถว 25 มิลลิเมตร จำนวน 9 แถว และเพิ่มตุ่มระหว่างแถวเรียงตัวเป็นรูปเกลียว จำนวน 2 เกลียว

ภาพที่12 แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 4

ภาพที่ 13 แกนขัดแบบที่ 5

ทำการทดสอบแบบแกนต่าง ๆ ที่ได้สร้างขึ้น โดยวิธีการทดสอบ

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

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเปรียบเทียบแกนขัดเปลือกถั่วเขียวแบบที่ 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

จากการทดสอบแกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแบบต่างๆพบว่า แนวโน้มการพัฒนา พบว่า ต้องมีก้านขัด ให้มีความยาว และมีจำนวนมาก พอที่จะให้การขัดเปลือกดี จึงได้ทำการออกแบบสร้างแกนขัดแบบที่ 5 เป็นรูปแบบแกนขัดถั่วที่ได้ผลดีที่สุด โดยส่วนประกอบ ดังภาพที่ 13 โดยแกนขัดประกอบด้วยสกรูลำเลียงทำหน้าที่ลำเลียงถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ ขึ้นสู่ด้านบน ก้านขัดมี ความยาว 2 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จำนวน 4 ก้านต่อแถว ระยะระหว่างแถว 2 เซนติเมตร ได้ทำการทดสอบโดย

วิธีการทดสอบชุดขัดเปลือก

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 ทั้งก่อนเข้าชุดขัดเปลือกและหลังเข้าชุดขัดเปลือก ทำการคัดแยกเม็ดถั่วที่มีการขัดเปลือกสมบูรณ์ เม็ดถั่วที่แตกหักและเม็ดถั่วที่ไม่ขัดเปลือก คำนวณหาสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำที่เวลา 2 ชั่วโมง

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	ก่อนเข้าชุดขัดเปลือกถั่วเขียว				หลังเข้าชุดขัดเปลือกถั่วเขียว				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/นาที)	ก่อนเข้าชุดขัดเปลือกถั่วเขียว				หลังเข้าชุดขัดเปลือกถั่วเขียว				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

จากการทดลองขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำ พบว่า แช่ถั่วเขียวผ่าซีก 2 ชั่วโมง สามารถขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำออกได้ โดยที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ให้ผลการขัดที่ดีที่สุด สำหรับแกนขัดเปลือกถั่วแบบนี้

2.2 <u>ส่วนที่ 2 ชุดลอยแยกเปลือก</u>

หลังการขัดต้องลอยแยกเปลือก เพื่อให้ได้ถั่วเขียวผ่าซีกที่สะอาดไม่มีเปลือกเจือปน ได้ทดลองสร้างชุดลอยแยกเปลือก 2 แบบ ดังนี้

ชุดลอยแยกเปลือกแบบที่ 1 แบบแนวนอน (ไหลตามกระแสน้ำ) ชุดลอยแยกเปลือกแบบนี้ อาศัยกระแสน้ำในการแยกวัตถุ โดยใช้ปั๊มน้ำเป็นต้นกำลังในการสร้างกระแสน้ำให้เปลือกลอยแยกออกจากเนื้อถั่ว กระแสน้ำจะไหลพัดพาเนื้อเม็ดถั่วและเปลือกไปตามกระแสน้ำ น้ำหนักของวัตถุที่แตกต่างกัน ทำให้เม็ดถั่วเขียวผ่าซีกไหลตกสงช่องทางออก เปลือกที่เบากว่าจะลอยออกทางท้ายราง ได้ทำการทดลองสร้างชุดลอยเปลือกแบบที่1 ดังแสดงในภาพที่ 15

ภาพที่ 15 แสดงรางลอยเปลือกที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบจะทำโดยนำทั้งสองส่วนคือชุดขัดเปลือกถั่วเขียวและรางลอยเปลือกนำมาประกอบกันในถังน้ำขนาด กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร ได้เครื่องต้นแบบที่พร้อมจะใช้ทดสอบ ดังภาพที่ 16

ภาพที่ 16 เครื่องล้างเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำแบบรางแนวนอน

วิธีการทดลองส่วนชุดลอยเปลือก

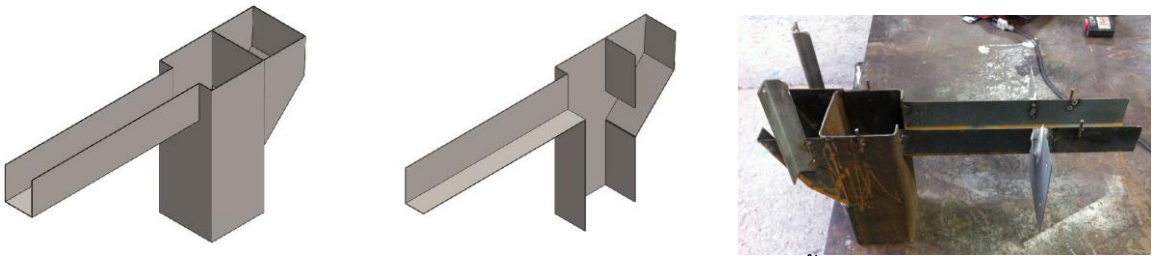
1) แช่ถั่วเขียวผ่าซีกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการขัดเปลือกโดยใช้รอบการขัดที่ 500 รอบต่อนาที ถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำที่ผ่านการขัดแล้ว ไหลลงสู่ชุดลอยเปลือก
2) ทำการสุ่มเก็บข้อมูล เพื่อหาสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ ของเนื้อถั่ว และเปลือกถั่วเขียว ในถุงเนื้อถั่วเขียวและถุงเปลือกถั่วเขียว แล้วนำมาคำนวณหา ความสามารถในการลอยแยกเปลือกและ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

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบรางลอยแยกเปลือกถั่วเขียวซีกแบบแนวนอน

ระดับน้ำในราง (เซนติเมตร)	สัดส่วนในถุงเนื้อถั่วเขียว		สัดส่วนในถุงเปลือกถั่วเขียว	
	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 ความสูงของแผ่นกั้น 8 เซนติเมตร ให้ผลการทดสอบที่มีเนื้อถั่วเขียวปนออกมาน้อยที่สุด แต่เปลือกถั่วเขียวยังปะปนกับเนื้อถั่วเขียวอย่างมาก ขณะเดียวกัน ที่ระดับความสูงน้ำที่ 10 เซนติเมตร มีเปลือกปะปนในถุงเนื้อถั่วเขียวน้อยกว่า แต่สูญเสียเนื้อถั่วเขียวไปมากเช่นกัน จำเป็นต้องแก้ไขข้อบกพร่องนี้



ภาพที่ 17 แสดงชุดรางลอยเปลือกแนวตั้ง

ชุดลอยแยกเปลือกแบบที่ 2 แบบแนวตั้ง (ไหลสวนกระแสน้ำ)ดังแสดงในภาพที่ 17 การทำงานของชุดลอยแยกเปลือกแนวตั้ง เริ่มจากถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านการขัดเปลือกแล้วจะไหลลงทางเข้า โดยกระแสน้ำถูกบังคับให้ไหลจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน พัดพาเปลือกถั่วเขียวซึ่งเบาไหลออกไปตามรางน้ำสู่ถุงเก็บ เปลือกถั่วเขียวทางด้านท้ายรางต่อไป ส่วนเม็ดถั่วเขียวผ่าซีกไหลตกลงสู่ถุงเก็บด้านล่าง ได้ดำเนินการติดตั้งกับชุดขัดเปลือกถั่ว ดังภาพที่ 18 และดำเนินการทดสอบโดยมีปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเครื่อง ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำ

ภาพที่ 18 เครื่องล้างเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำแบบรางแนวตั้ง

วิธีการทดสอบมีดังนี้

1) แช่ถั่วเขียวผ่าซีกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการขัดเปลือกโดยใช้รอบการขัดที่ 500 รอบต่อนาที ถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำที่ผ่านการขัดแล้ว ไหลลงสู่ชุดลอยเปลือก
2) ทำการสุ่มเก็บข้อมูล เพื่อหาสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ ของเนื้อถั่วเขียว และเปลือกถั่วเขียว ในถุงเนื้อถั่วเขียว และถุงเปลือกถั่วเขียว (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบรางลอยแยกเปลือกถั่วเขียวซีกแบบแนวตั้ง

อัตราการไหลน้ำ ลิตร/นาที	สัดส่วนในถุงเนื้อถั่วเขียว		สัดส่วนในถุงเปลือกถั่วเขียว	
	เนื้อถั่วเขียว (%)	เปลือกถั่วเขียว(%)	เนื้อถั่วเขียว (%)	เปลือกถั่วเขียว (%)
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

สรุปผลการทดสอบชุดลอยแยกเปลือกแบบแนวตั้ง

ผลการทดสอบพบว่า สามารถลอยแยกเปลือกออกได้ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดลอยแยกเปลือกแบบแนวนอน โดยพบว่าที่อัตราการไหลน้ำ 30 ลิตร/นาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด โดยมีเปลือกปน 1.39 เปอร์เซ็นต์ และมีเนื้อที่สูญเสียไปในถุงเปลือก 1.52 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ต้นแบบเครื่องล้างเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย ชุดขัดเปลือกถั่วเขียว และชุดลอยแยกเปลือกถั่วเขียว ประกอบกันใช้งานในถังน้ำขนาด 1x0.5x0.47 เมตร ใช้น้ำ170 ลิตร ในการทำงาน ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด ½ แรงม้า ในการขับเคลื่อน ชุดขัดเปลือกถั่วเขียว และใช้ปั๊มน้ำในการสร้างกระแสน้ำ เพื่อใช้ในการลอยแยกเปลือกถั่วเขียว

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบ พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสม สำหรับใช้ในต้นแบบนี้คือ 500 รอบต่อนาที สามารถขัดเปลือกถั่วเขียวให้หลุดออกได้ 94.93 เปอร์เซ็นต์ โดยเม็ดถั่วเขียวมีการแตกหักเพิ่มขึ้นประมาณ 2.11 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบชุดลอยแยกได้ดำเนินการสร้างและทดสอบชุดลอยแยกเปลือก 2 แบบคือชุดลอยแยกเปลือกแบบแนวนอนและชุดลอยแยกเปลือกแบบแนวตั้ง โดยชุดลอยแยกเปลือกแบบแนวนอน อาศัยกระแสน้ำในการพัดพาวัตถุ เม็ดถั่วเขียวซีกที่น้ำหนักมากกว่าจะตกลงในช่องทางออกก่อน ส่วนเปลือกที่เบากว่าจะถูกน้ำพัดพาออกไปทางท้ายรางสู่ถุงเก็บเปลือกถั่วเขียว จากการทดสอบ พบว่า ให้ผลการแยกลอยเปลือกไม่ดี แยกเปลือกถั่วได้ไม่สะอาด จึงทำการออกแบบและสร้างชุดลอยเปลือกแบบที่ 2 เป็นแบบชุดลอยแยกเปลือกแนวตั้ง เป็นการทำงานแบบสวนทิศทางกระแสน้ำ โดยเม็ดถั่วที่หนักกว่าจะจมลงสู่ถุงเก็บเนื้อถั่วเขียว ส่วนเปลือกที่เบากว่าจะลอยตามน้ำออกไปสู่ถุงเก็บเปลือกถั่วเขียว ผลการทดสอบพบว่าสามารถทำงานได้ดี โดยใช้อัตราการไหลน้ำที่ 30 ลิตรต่อนาที จะให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุดโดยมีเปลือกถั่วเขียวปะปนเพียง 1.39 เปอร์เซนต์ สูญเสียเนื้อถั่วเขียวเพียง 1.52 เปอร์เซนต์ อย่างไรก็ตามต้นแบบที่จัดสร้างขึ้นยังควรที่จะพัฒนาให้ดีขึ้นในหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะเรื่องความสามารถในการลอยแยกเปลือกให้สูงขึ้นอีก และความสะดวกในการใช้งาน ให้ใช้งานง่ายขึ้น

เอกสารอ้างอิง

นิรนาม. ม.ป.ป. **แผ่นพับ การผลิตวุ้นเส้นและการเพาะถั่วงอก.** 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 คงซ่าน และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2535. การผลิตโปรตีนจากถั่วเขียวและซีอิ้วหมักจากโปรตีนถั่วเขียว. หน้า 403-411. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 30. 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2535. กรุงเทพฯ. 858 หน้า.

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

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2555. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 401. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อรอนงค นัยวิกุล และ ลินดา พงศผาสุก. 2537. อาหารเช้าจากธัญชาติ. อุตสาหกรรมเกษตร. 5 (3): 5-14.

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