

### บทที่ 3

## ออกแบบและพัฒนาเครื่องมือแปรรูปและอุปกรณ์ในการผลิตแป้งถั่วเขียว เพื่อใช้ในการผลิตวุ้นเส้น

### Design and Development of Mungbean Starch Equipment for Vermicelli

เวียง อากรชี

พุทธินันท์ จารวัฒน์

ปรีชา อานันท์รัตนกุล

Weang Arekornchee

Puttinun Jarruwat

Preecha Ananratanakul

นิวัต อารวิล

อนุชา เชาว์โชติ

สุวิมล ถนอมทรัพย์

Niwat Arawin

Anucha Chaochot

Suwimol Thanomsub

จิราลักษ์ณ์ ภูมิไชสง

เชาวนาถ พฤทธิเทพ

Jiraluck Phoomthaisong

Chaowanart Phruetthithep

คำสำคัญ : ถั่วเขียว แป้งถั่วเขียว วุ้นเส้น เครื่องมือแปรรูป

**Keywords :** Mungbean, Mungbean Mungbean Starch Vermicelli, Mungbean Starch Equipment

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือแปรรูปเพื่อผลิตแป้งถั่วเขียวซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะเตรียมวัตถุดิบเพื่อนำไปผลิตเป็นวุ้นเส้น โดยเครื่องบดแป้งถั่วเขียวที่ออกแบบพัฒนาขึ้นนี้เป็นแบบ Pin mill มีขนาดจานบดเส้นผ่าศูนย์กลาง 240 มิลลิเมตร มีซี่ฟันบดเรียงเป็นวงกลมบนจานหมุน 3 แถว (Rotor) วางสลับกับซี่ฟันบดยึดอยู่กับที่ 2 แถว (Stator) จานบดหมุนด้วยความเร็ว 2,900 รอบต่อนาที มอเตอร์ต้นกำลัง 3 แรงม้า จากการทดสอบบดแป้งถั่วเขียวพบว่ามีอัตราการบด 300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แป้งถั่วเขียวที่ได้จากการบดมีความละเอียด 125 เมช เมื่อนำไปแปรรูปผลิตเป็นวุ้นเส้นได้วุ้นเส้นคุณภาพดีไม่แตกต่างจากการใช้วิธีบดแบบเดิมซึ่งใช้แรงงานคนในการบด

## Abstract

The aim of this research is to design and develop the equipment for producing mungbean starch. The mungbean starch milling is the important process for preparing raw material for vermicelli. The mungbean starch milling machine is designed and developed by using a pin mill type. The pin mill has diameter 240 mm of rotating disc (rotor) with milling-tooth 3 rounds. The rotating disc is fixed with tooth 2 rounds on stator plate. The rotor powered by a single phase 3 hp electric-motor rotates with the rate 2,900 rpm. Our testing shows that the milling machine can produce mungbeen starch 300 kg/hr with the starch size 125 mesh. The mungbean starch obtaining from our machine is used to produce to vermicelli. The resulting vermicelli has as good quality as those produced by using mungbean starch that is produced manually.

## บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัยถั่วเขียวเป็นพืชที่มีศักยภาพการผลิตสูง ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการนำไปแปรรูปเพิ่มมากขึ้น เช่น เพาะถั่วออก รุ้นเส้น แป้งถั่วเขียว และขนมหวานต่าง ๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนอกจากใช้ภายในประเทศแล้ว ยังสามารถส่งไปจำหน่ายในตลาดต่างประเทศได้เป็นจำนวนมาก ทำให้การส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ความต้องการถั่วเขียวในตลาดโลกมีปีละประมาณ 3 ล้านตัน แต่ปริมาณผลผลิตก็ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ประเทศไทยจัดเป็น 1 ใน 6 ประเทศผู้ผลิตและส่งออกรายใหญ่ และศักยภาพของถั่วเขียวไทยในตลาดโลก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร คาดคะเนถั่วเขียว ปี 2550/51 เมื่อเดือนพฤษภาคม 2550 ว่ามีพื้นที่เพาะปลูก 1.021 ล้านไร่ ผลผลิต 0.116 ล้านตัน และผลผลิตต่อไร่ 114 กิโลกรัม เทียบกับปี 2549/50 ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูก 1.019 ล้านไร่ ผลผลิต 0.112 ล้านตัน และผลผลิตต่อไร่ 112 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.20 3.57 และ 1.79 ตามลำดับ การปลูกถั่วเขียว มักใช้เป็นพืชเสริมในระบบการปลูกข้าว และข้าวโพด โดยจะแยกเป็นถั่วเขียวผิวมันและถั่วเขียวผิวดำ ถั่วเขียวผิวมันจะปลูกได้ทั้งต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน และในฤดูแล้งสำหรับในประเทศไทย ถั่วเขียวผิวมันสามารถปลูกได้ในทุกภาค ภาคเหนือ แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ เพชรบูรณ์ สุโขทัย นครสวรรค์ อุทัยธานี กำแพงเพชร น่าน พิษณุโลก พิจิตร ตาก อุตรดิตถ์ ภาคกลาง แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ ลพบุรี สระบุรี ชัยนาท อ่างทอง สิงห์บุรี และอยุธยา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ นครราชสีมา ชัยภูมิ ขอนแก่น เลย อุตรธานี และภาคใต้ แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ปัตตานี นราธิวาส ส่วนถั่วเขียวผิวดำจะปลูกได้เพียงปีละ 1 ครั้ง ซึ่งปลูกพร้อมกับถั่วเขียวผิวมันรุ่นปลายฤดูฝน แต่ถั่วเขียวผิวดำมีความทนทานต่อความแห้งแล้งมากกว่าถั่วเขียวผิวมัน แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ สุโขทัย เพชรบูรณ์ ตาก พิจิตร พิษณุโลก กำแพงเพชร น่าน และลพบุรี ปัจจุบันยังขาดเทคโนโลยีในการผลิตและแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าของถั่วเขียวอยู่อีกมาก เช่นอุปกรณ์ในการแปรรูปถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์รุ้นเส้น ซึ่งเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำรุ้นเส้นประกอบด้วยเครื่องกะเทาะถั่วชิก เครื่องบด/โม่พร้อมชิ้นส่วนอุปกรณ์การกรองและแยกกาก เครื่องแยกแป้งแรงเหวี่ยง เครื่องนวดแป้ง เตาร้อนภาชนะหุงต้ม เครื่องโรยเส้น และเครื่องจักรและอุปกรณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้องสำหรับการแปรรูปถั่วเขียว และผลพลอยได้เป็นผลิตภัณฑ์อื่น ซึ่งจากสำรวจและการตรวจเอกสารพบว่าการทำแป้งถั่วเขียว และรุ้นเส้นจากถั่วเขียวนั้นอยู่ในระบบอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ใช้เครื่องจักรนำเข้าที่มีราคาแพง ส่วนระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือน หรือกลุ่มแม่บ้าน กลุ่มเกษตรกรมีจำนวนน้อย เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้เป็นเครื่องที่พัฒนาในอดีต บางเครื่องยังคงมีลักษณะคล้ายเครื่องต้นแบบยังไม่ได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม และยังขาดเครื่องจักรอุปกรณ์ที่จำเป็นในการผลิตอีกหลายขั้นตอน ทำให้ขบวนการผลิตทำได้ยาก ต้องใช้แรงงานที่มีประสบการณ์จำนวนมาก ทำให้ต้นทุนการ

ผลิตสูง จึงไม่ได้รับความสนใจที่จะทำการผลิตเชิงพาณิชย์ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตด้วยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วเขียว ดังนั้น เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตในระดับเกษตรกร อุตสาหกรรมครัวเรือน หรือกลุ่มแม่บ้าน กลุ่มเกษตรกร การวิจัยพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การจัดหาอุปกรณ์หรือพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้ขบวนการผลิตมีความสมบูรณ์ ลดขั้นตอนการดำเนินงาน ลดแรงงาน โดยเฉพาะแรงงานที่ต้องมีทักษะและประสบการณ์ในการผลิต จะทำให้การแปรรูปผลผลิตถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์แป้ง และวุ้นเส้นได้รับความสนใจ เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเกษตรกร และผู้สนใจให้มีรายได้มากขึ้น ตลอดจนเป็นการแก้ปัญหาราคาตกต่ำจากการขายเป็นเมล็ดโดยตรง ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตในระดับเกษตรกร อุตสาหกรรมครัวเรือน หรือกลุ่มแม่บ้าน กลุ่มเกษตรกร จึงควรมีการวิจัยพัฒนา เครื่องมือและอุปกรณ์แปรรูปถั่วเขียวเพื่อผลิตแป้งถั่วเขียว และผลิตภัณฑ์วุ้นเส้นที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

### การทบทวนวรรณกรรม

กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการวิจัยและออกแบบเครื่องมือแปรรูปถั่วเขียวขนาดเล็กในระดับเกษตรกร ตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว โดยเน้นการผลิตแป้งและโปรตีนถั่วเขียว วุ้นเส้น และซีอิ๊วจากโปรตีนถั่วเขียว และได้เผยแพร่เครื่องมือแปรรูปและเทคโนโลยีการแปรรูปให้กับศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพาน จังหวัดสกลนคร ศูนย์ศึกษาพัฒนาพิภพทอง จังหวัดนราธิวาส และศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จังหวัดชัยนาท และถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีการแปรรูปถั่วเขียวให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจ (ศรีวิชัย และคณะ, 2532)

ทุเรียนดิบสดแห้ง ผลงานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย หรือ วว. เป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมมาจากทุเรียนดิบแก่จัดพันธุ์หมอนทองซึ่งตัดจากต้น ไม่นานเกิน 48 ชั่วโมง หรือ 2 วัน นำเนื้อทุเรียนมาหั่นเป็นแผ่นบางประมาณ 1 มิลลิเมตร แล้วอบให้แห้งความชื้น ประมาณ 6-8 เปอร์เซ็นต์ มีสีขาวนวล จากนั้นนำมาบดผ่านเครื่อง Hammer mill ตะแกรงที่มีรูเปิดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร หรือ บดผ่านตะแกรงที่มีรูเปิด 0.725 มิลลิเมตร ด้วยเครื่อง Pin mill และเนื่องจากการทำอาหารบางชนิดมีความจำเป็นต้องใช้ทุเรียนดิบสดแห้งที่มีความละเอียดมากกว่าปกติ เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ จึงได้นำทุเรียนดิบสดแห้งมาผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh ได้ทุเรียนดิบสดแห้งชนิดละเอียดประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก (สุวรรณ, 2541)

เวียงและคณะ, 2549 ออกแบบและพัฒนาเครื่องบดแห้งทุเรียนดิบเพื่อทำทุเรียนผง เนื่องจากชั้นทุเรียนดิบก่อนเข้าเครื่องบดมีขนาดใหญ่ เป็นปัญหาสำคัญในการป้อนเข้าเครื่องบดละเอียด เพราะไม่สามารถควบคุมอัตราการป้อนเข้าเครื่องบดได้อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องบดแห้งทุเรียนดิบแบบพร้อมอุปกรณ์การป้อนเพื่อควบคุมอัตราการบดละเอียดให้สามารถทำการบดได้อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง โดยเครื่องบดต้นแบบที่ออกแบบสร้าง

ประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ ชุดคดหยาบ ที่ออกแบบสร้างเป็นเครื่องบดแบบแฮมเมอร์มิลล์ใบมีดยึดติดกับเพลลา ตีผ่านตะแกรงรูกกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรู 3 มิลลิเมตร รอบการหมุนใบมีด 500 รอบต่อนาที ต้นกำลัง 2 แรงม้า บดทุเรียนที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กกว่า 3 มิลลิเมตร จากนั้นส่งเข้าอุปกรณ์การป้อนแบบเกลียวลำเลียงเข้าเครื่องบดละเอียด โดยเครื่องบดละเอียดต้นแบบที่ออกแบบพัฒนาเป็นเครื่องบดแบบ Pin mill มีอัตราการบดที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

## ระเบียบวิธีการวิจัย

### อุปกรณ์

1. เครื่องมืออุปกรณ์ ที่ใช้ในการเตรียมแป้งถั่วเขียว(ก่อนถึงขั้นตอนการบดละเอียด) ได้แก่ เครื่องกะเทาะเปลือกถั่วเขียว เครื่องโม่และกรองแยกกาก เป็นต้น
2. เครื่องวัดความเร็วรอบ
3. นาฬิกาจับเวลา
4. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. เครื่องร่อนแป้งแบบตะแกรงกลม
7. วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบ เช่นเหล็กสแตนเลสชนิดและขนาดต่างๆ ลูกปืนตุ๊กตา พู่เลี่ยม สายพาน มอเตอร์ต้นกำลัง ฯลฯ
8. วัสดุทดลอง เมล็ดถั่วเขียว

### วิธีการ

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการและเครื่องมืออุปกรณ์การผลิตแป้งถั่วเขียวที่มีใช้อยู่เดิม
2. ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีใช้อยู่เดิม เก็บข้อมูล
3. ออกแบบพัฒนาปรับปรุงแก้ไขเครื่องมืออุปกรณ์
4. ทดสอบเครื่องมืออุปกรณ์ในการผลิตแป้งถั่วเขียว เก็บข้อมูล แก้ไขปรับปรุง
5. ทดสอบและประเมินผลขั้นสุดท้าย
6. รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผลประเมินประสิทธิภาพ
7. สรุปผล
8. จัดทำรายงานผลและเตรียมเอกสารเผยแพร่ เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมาย

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2553 สิ้นสุด กันยายน 2555

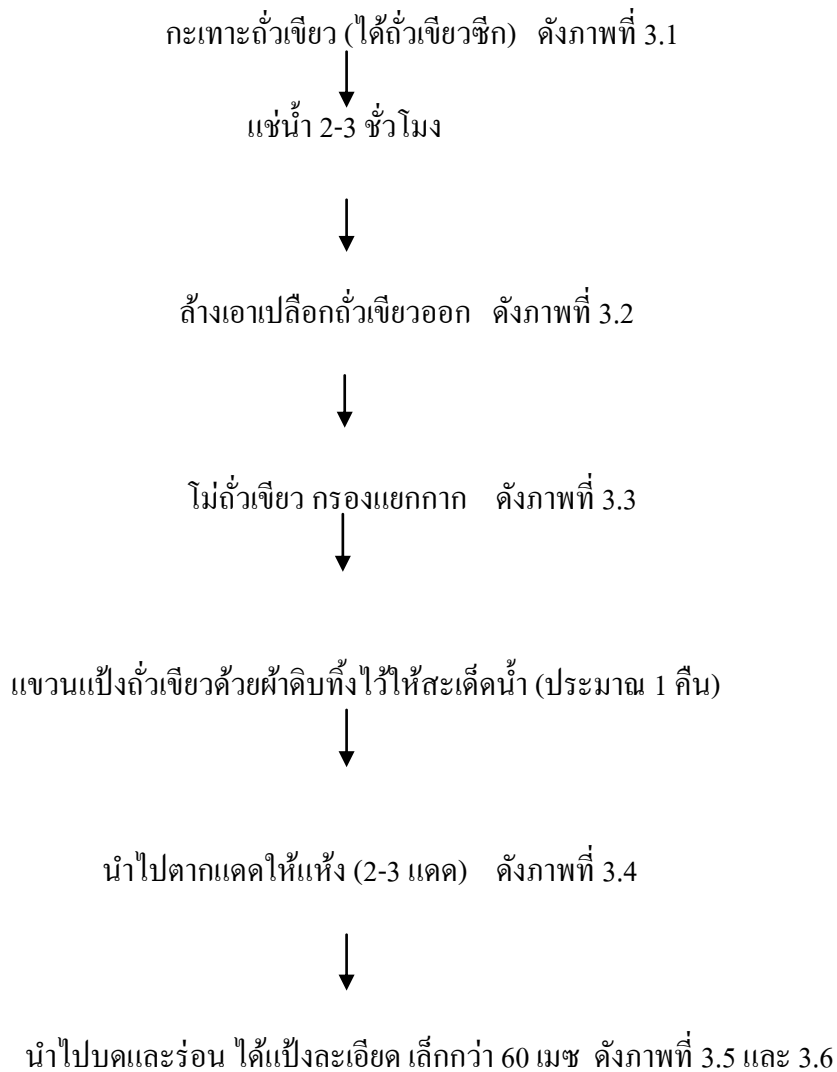
สถานที่ - กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว หมู่ 13 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี  
- ศูนย์วิจัยพืชไร่จังหวัดชัยนาท

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการและเครื่องมืออุปกรณ์การผลิตแป้งถั่วเขียวที่มีใช้อยู่เดิม

ได้ข้อมูลวิธีการและขั้นตอนการทำแป้งถั่วเขียวและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแต่ละขั้นตอนได้แก่ การกะเทาะเป็นถั่วเขียวซีก (เครื่องกะเทาะ) นำถั่วเขียวซีกไปแช่น้ำ 2-3 ชั่วโมง นำมาชาน้ำแยกเปลือก ออก นำไปโม่เอาน้ำแป้งโดยเครื่องโม่และกรองแยกกาก ที่น้ำแป้งในผ้าดิบให้แห้งหมาด นำไปตากแห้ง แล้วนำก้อนแป้งถั่วเขียวแห้งไปบดและร่อนให้ได้แป้งเป็นผงละเอียด เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบเข้าสู่ขั้นตอนการทำวุ้นเส้นต่อไป

#### ขั้นตอนการผลิตแป้งถั่วเขียวแบบเดิม





ภาพที่ 3.1 กะเทาะถั่วเขียว ภาพที่ 3.2 ล้างเอาเปลือกถั่วเขียวออก ภาพที่ 3.3 โม่ถั่วเขียวกรองแยกกาก



ภาพที่ 3.4 ใส่ถุงผ้าแขวนไว้ 1 คืน ภาพที่ 3.5 บดแป้งให้ละเอียด ภาพที่ 3.6 ร่อนแป้งไปทำเส้น แล้วนำไปตากจนแห้ง (3 แดง)

### ปัญหาที่พบ

การบดแป้งถั่วเขียวแบบเดิมยังใช้แรงงานคนในการบดและร่อนแป้งซึ่งต้องใช้เวลาและทำหลายครั้งเพราะทำได้ครั้งละไม่มาก จึงมีปัญหาเรื่องแรงงานและระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนนี้

### **2. การออกแบบพัฒนา สร้างเครื่องต้นแบบ**

จากการศึกษาข้อมูลที่ได้จึงเลือกออกแบบและพัฒนาต่อการใช้เครื่องบดแบบ Pin mill ซึ่งน่าจะมีคุณสมบัติตรงตามที่ต้องการใช้งานในการบดละเอียดแป้งถั่วเขียว จึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบได้ผลดังนี้ เครื่องบดแป้งถั่วเขียวแบบ Pin mill ดังภาพที่ 3.7 และ 3.8 ประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ ชุดจานบด มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 240 มิลลิเมตร มีซี่ฟันบนจานบดหมุน (Rotor) 3 วงรอบ วางสลับลักษณะวงกลมกับซี่ฟันบดยึดอยู่กับที่ (Stator) 2 วงรอบ ลักษณะซี่ฟันบดเป็นแท่งสี่เหลี่ยม มีการทำงานในส่วนจานบด หมุนด้วยความเร็ว 2,900 รอบต่อนาที มอเตอร์ต้นกำลัง 3 แรงม้า ดังภาพที่ 3.9, 3.10 และ 3.11 และตะแกรงละเอียด ดังภาพที่ 3.12

## การคำนวณ

ความเร็วเชิงเส้นในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องบดแป้ง คือระหว่าง 35–40 เมตร/วินาที

จากสมการ                      ความเร็วเชิงเส้น (V) =  $\pi \times D \times$  ความเร็วรอบ เมตรต่อวินาที

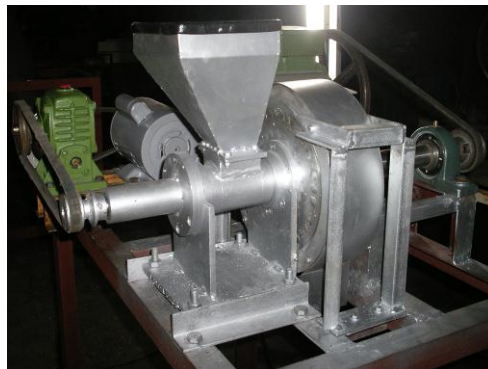
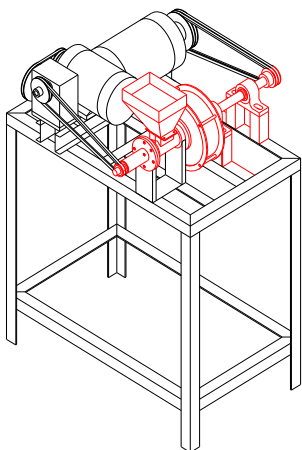
เส้นผ่าศูนย์กลาง(D) ชุดบด =  $0.12 \times 2 = 0.24$  เมตร

ความเร็วเชิงเส้น 35-40 เมตรต่อวินาที

ดังนั้นความเร็วรอบที่จะใช้อยู่ระหว่าง                      =  $35 / (\pi \times 0.24) \times 60 = 2,785$  รอบต่อนาที

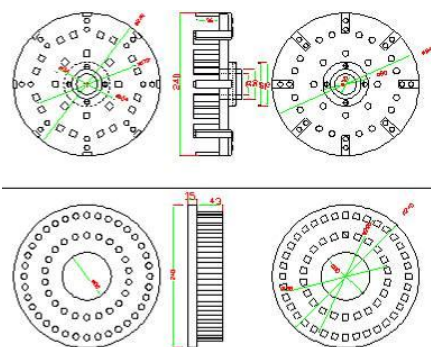
และ                      =  $40 / (\pi \times 0.24) \times 60 = 3,183$  รอบต่อนาที

เลือกใช้ รอบการบดที่ 2,900 รอบต่อนาที ทดหมู่เลยก็ได้พอดี



ภาพที่ 3.7 แบบเครื่องบดแป้งถั่วเขียวแบบ Pin mill

ภาพที่ 3.8 เครื่องบดแป้งถั่วเขียวที่สร้างขึ้น



ภาพที่ 3.9 งานบด (Stator) 2 วงรอบ

และ (Rotor) 3 วงรอบ



ภาพที่ 3.10 งานบดที่สร้างขึ้นตามแบบ





ภาพที่ 3.11 แสดงลักษณะการประกอบทำงานของจานบด ภาพที่ 3.12 ตะแกรงละเอียดครอบจานบด

### 3. ทดสอบ เก็บข้อมูล วิเคราะห์ผลการทดสอบ

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการทดสอบบดแป้งถั่วเขียวด้วยเครื่องบดที่สร้างขึ้น

ข้อมูล	การทดสอบเครื่องบดแป้งถั่วเขียว			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ปริมาณแป้งที่ใช้ (กิโลกรัม)	5.000	5.000	5.000	5.000
ปริมาณความชื้นแป้งที่ใช้ทดสอบ (% w.b.)	2.00	2.00	2.00	2.00
เวลาที่ใช้ในการบด (นาที : วินาที)	0:57	1:03	1:01	-
ปริมาณขนาดแป้งที่เล็กกว่า 150 เมช (กิโลกรัม)	4.850	4.830	4.880	4.853
ปริมาณขนาดแป้งที่ใหญ่กว่า 150 เมช (กิโลกรัม)	0.090	0.099	0.044	0.078
ปริมาณแป้งที่หายไปขณะทำการบด (กิโลกรัม)	0.060	0.071	0.076	0.069
คำนวณอัตราการบดแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	315.789	285.714	295.082	298.862
การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าในการบด (kW/h)	4.10	4.51	4.22	4.28
ผลการทดสอบการทำวันเส้น (โดยผู้ชำนาญงาน การทำวันเส้น ของ สวร.ชัยนาท)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

จากข้อมูลการทดสอบเครื่องบดแป้งถั่วเขียวที่ออกแบบพัฒนาขึ้น โดยทำการทดสอบโดยใช้แป้งถั่วเขียวตากแห้งความชื้นประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ครั้ง 5.00 กิโลกรัม พบว่า สามารถผลิตแป้งถั่วเขียวได้ในอัตรา 298.862 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือประมาณ 300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อดูผลจากการร่อนแป้งคัดขนาดโดยใช้ตะแกรงร่อนขนาด 150 เมช พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ที่รอดผ่านตะแกรงไปได้ 97.06 เปอร์เซ็นต์ ค้างตะแกรงอยู่ประมาณ 1.56 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณแป้งที่หายไปขณะทำการบดประมาณ 1.38 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคิดค่าไฟฟ้าจากการใช้เครื่องบดแป้งพบว่าอยู่ที่ประมาณ 4.28 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง หรือ 4.28 ยูนิท และเมื่อนำแป้งถั่วเขียวที่บดได้ไปทดสอบแปรรูปโดยผู้ชำนาญงานการทำวุ้นเส้น ของศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท พบว่าสามารถทำวุ้นเส้นได้เหมือนกับแป้งถั่วเขียวที่ได้จากการบดและร่อนด้วยแรงงานคน



ภาพที่ 3.13 ทดสอบบดแป้งถั่วเขียว ภาพที่ 3.14 แป้งถั่วเขียวที่บดแล้ว ภาพที่ 3.15 นำแป้งไปทำวุ้นเส้น

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือแปรรูปเพื่อผลิตแป้งถั่วเขียว โดยทำการออกแบบพัฒนาเครื่องบดแป้งถั่วเขียวซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะเตรียมวัตถุดิบเพื่อนำไปผลิตเป็นวุ้นเส้นในขั้นตอนต่อไป โดยมีเป้าหมายให้เครื่องบดมี ขนาดเครื่องบด ประสิทธิภาพการใช้งาน ราคาเหมาะสมกับเกษตรกรและผู้ประกอบการรายย่อย จากผลการทดสอบการบดแป้งถั่วเขียวด้วยเครื่องบดแบบ Pin mill ที่ออกแบบพัฒนาขึ้น มีอัตราการบดที่มากพอสำหรับการผลิตแป้งถั่วเขียวในระดับเกษตรกร หรือผู้ประกอบการขนาดกลาง ทำให้ช่วยแก้ปัญหาการใช้แรงงานคนในการบดแป้ง และเป็นการประหยัดเวลาเพิ่มกำลังการผลิตแป้งถั่วเขียวซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการนำไปแปรรูปเป็นวุ้นเส้นต่อไป

ข้อเสนอแนะ ในการผลิตแป้งถั่วเขียวแต่ละครั้งต้องใช้เวลามาก มีขั้นตอนหลายขั้นตอนด้วยกัน จึงควรวางแผนการผลิตแป้งถั่วเขียวแต่ละครั้งให้มากพอสำหรับแผนการแปรรูปเป็นวุ้นเส้น โดยเก็บวัตถุดิบไว้ในรูปแป้งถั่วเขียวที่ผ่านการบดแล้ว และแป้งถั่วเขียวนี้ยังสามารถจำหน่ายได้สำหรับผู้ที่ไม่พร้อมจะจัดเตรียมด้วยตัวเอง