



ความสามารถในการทำงานเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง พบว่าความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด ผลการคัดขนาดแป้งข้าวเขียว ที่ความชื้น 9% เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 84.04 % สูญเสียออกช่องระบายลมสะอาด 0.94% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 11.30% หลังคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.30% และการคัดขนาดแป้งบัวหลวงที่ความชื้น 8.5% เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 83.94 % สูญเสียออกช่องระบายลมสะอาด 1.03% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 13.32% หลังคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.31% ซึ่งการปนของแป้งหยาบ (ขนาดมากกว่า 180 ไมครอน) ในแป้งละเอียดที่คัดได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ มอก. แป้งธัญพืช คือ ไม่เกิน 2.5 % (สัดส่วนโดยน้ำหนัก)

### Abstract

Flour production process from grains such as Mung bean flour and Lotus flour needs sizing process before using the flour in food industry or before using them as food following grain flour standard. The objective of this research is to develop a prototype of flour cyclone separator for farmers or farmer clusters, enhancing flour production quality and standard. The main parts of the prototype separator are pneumatic sorter, dust cyclone, rough flour supporting tray, fan and fan speed controller. The experiment of both kind of flour conducted at 1.5, 2.0, 2.5, and 3.0 m/s of wind speeds with a working capacity of flour at 150 kg/h resulted that at 2.5 m/s of wind speed gave the best result. Sizing Mung bean flour at 9.0 %wb, the separator efficiency is 84.04%, lost at clean air exhaust 0.94%, there was 11.30% of rough flow before using the separator then there was 1.30% after using the separator. Sizing Lotus flour at 8.5 %wb, the separator efficiency is 83.94%, lost at clean air exhaust 1.03%, there was 13.32% of rough flow before using the separator then there was 1.31% after using the separator. Refer to Thai industrial standard; the contamination of rough flour (greater than 180 micron) in fine flour of grain must not over than 2.5% (by weight).

## 6. คำนำ

การนำผลผลิตทางการเกษตรมาแปรรูปจะช่วยป้องกันการล้นตลาดของผลิตผลสด ซึ่งช่วยยกระดับราคาผลิตผล ไม่ให้ตกต่ำ การเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตรโดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บได้นานและมีมูลค่าสูงขึ้นโดยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในชุมชน เช่น แป้งข้าวเขียว และแป้งบัวหลวง เป็นต้น

เกษตรกรสามารถรวมตัวกันในรูปของกลุ่มหรือวิสาหกิจชุมชนเพื่อผลิตจำหน่ายได้ ในขั้นตอนการแปรรูปแป้ง จำเป็นต้องมีการคัดขนาดแป้งซึ่งโดยทั่วไปใช้การร่อน เพื่อให้ได้ขนาดของเม็ดแป้งตามต้องการ ปัญหาที่พบสำหรับการใช้ตะแกรงร่อนคือ ตะแกรงมีการอุดตันทำให้ประสิทธิภาพลดลงต้องทำความสะอาดบ่อยๆ

เครื่องร่อนแป้งแบบตะแกรงโยกที่มีจำหน่ายจะมีลักษณะดังรูปที่ 1 เป็นเครื่องที่ผลิตในประเทศใช้สำหรับ ร่อนแป้ง ยา และผงเครื่องปรุงต่างๆ ตัวเครื่องทำด้วยสแตนเลสมีฝาปิดกั้นการฟุ้งกระจาย ตัวตะแกรงถอดทำความสะอาดหรือเปลี่ยนขนาดได้ ใช้มอเตอร์ขนาด 1/2-1/3 แรงม้า ปัญหาที่พบบ่อยคือการอุดตันของรู ตะแกรง



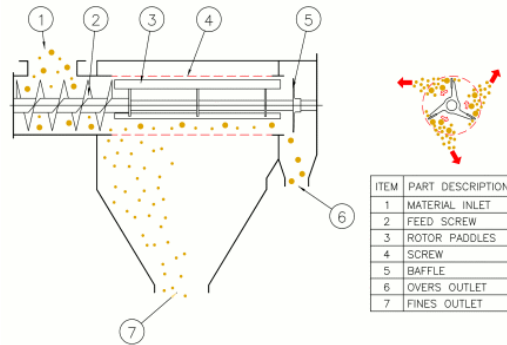
รูปที่ 1 เครื่องร่อนแป้งแบบตะแกรงโยกที่ผลิตในประเทศ (เซียะเฮงฮวด, 2557)

เครื่องร่อนแป้งแบบสั่นที่มีการผลิตและจำหน่ายจะมีลักษณะดังรูปที่ 2 ใช้ตะแกรงในการคัดขนาด เช่นเดียวกับแบบตะแกรงโยก แต่ใช้ระบบสั่นแทนการโยก ปัญหาที่เช่นเดียวกันกับแบบตะแกรงโยกคือการอุดตันของรูตะแกรง



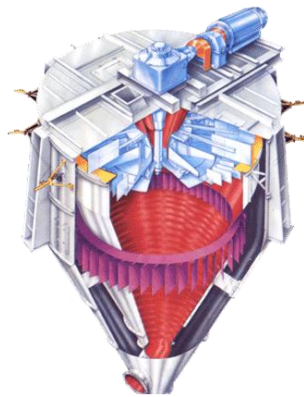
รูปที่ 2 เครื่องร่อนแป้งแบบสั่น (บริษัท เอ็ม.เค. ยูนิกรุ๊ป คอร์ปอเรชั่น จำกัด, 2557)

เครื่องร่อนแบบโรตารี รูปที่ 3 ตัวตะแกรงเป็นรูปทรงกระบอกหมุนในแนวนอน ส่วนใหญ่แล้วจะใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม จึงไม่เหมาะสำหรับกลุ่มเกษตรกร



รูปที่ 3 เครื่องร่อนแบ่งแบบโรตารี (GEA Nu-Con Ltd, 2557)

เครื่องคัดขนาดแบ่งแบบใช้ลม รูปที่ 4 ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมีขนาดใหญ่ใช้หลักการของไซโคลนในการคัดขนาดแบ่ง ซึ่งเป็นแนวคิดในงานวิจัยนี้



รูปที่ 4 เครื่องคัดขนาดแบ่งแบบใช้ลม Whirlwind air classifier (N.N.Zoubov Engineers SMCE, 2557)

การออกแบบพัฒนาเครื่องคัดขนาดแบ่งโดยใช้ลมแบบไซโคลนโดยอาศัยความเร็วลม ในการแยกขนาดจะสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ทำให้เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร สามารถเพิ่มคุณภาพ ลดต้นทุนการผลิต จะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร

## 7. วิธีดำเนินการ :

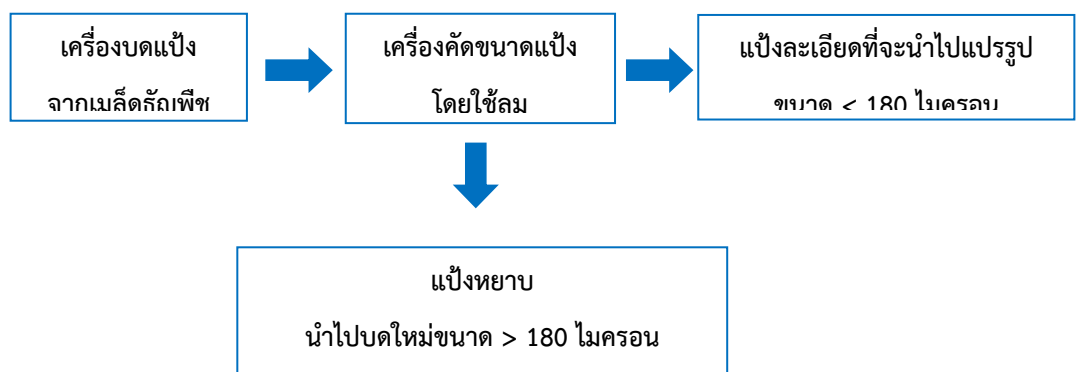
### 7.1 อุปกรณ์

- 1) เครื่องวัดความเร็วลม
- 2) เครื่องวัดความเร็วรอบ

- 3) เครื่องบดแป้งจากเมล็ดธัญพืช
- 4) เครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงร่อนสำหรับห้องปฏิบัติการ
- 5) แป้งถั่วเขียว
- 6) แป้งบัวหลวง
- 7) เครื่องวัดความชื้นแป้ง
- 8) วัสดุสำหรับสร้างเครื่องต้นแบบ
- 9) นาฬิกาจับเวลา
- 10) แอมป์มิเตอร์
- 11) เครื่องชั่งดิจิตอล
- 12) เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Invertor)

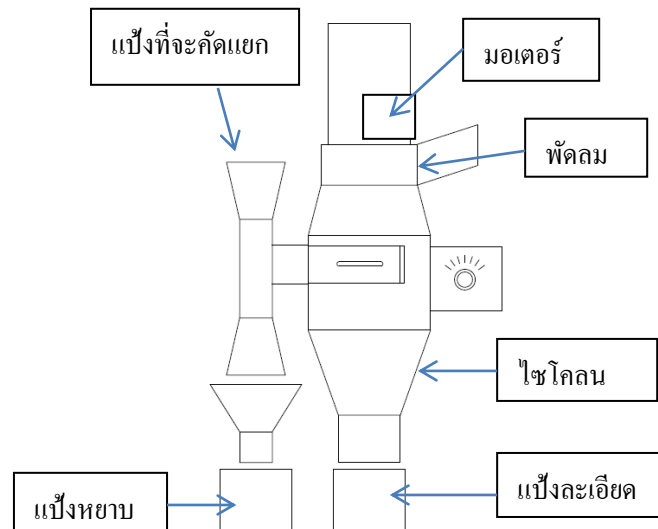
## 7.2 วิธีการ

- 1) ศึกษาข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่อง ได้แก่ ค่าความเร็วลมที่ใช้ในการคัดแยกขนาดแป้งถั่วเขียว และ แป้งบัวหลวง
- 2) ออกแบบพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม อาศัยหลักการของไซโคลนดักฝุ่น ให้เครื่องมีความสามารถในการทำงานประมาณ 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งเหมาะสมกับระดับเกษตรกร และกลุ่มเกษตรกร การคัดแยกแป้งเมล็ดธัญพืชด้วยเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมมีกระบวนการดังนี้



รูปที่ 5 กระบวนการคัดแยกแป้งเมล็ดธัญพืชด้วยเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม

จากรูปที่ 5 นำเมล็ดธัญพืชมาบดด้วยเครื่องบดแป้งแล้วนำแป้งธัญพืชที่ได้มาคัดด้วยเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม โดยเครื่องสามารถแยกแป้งได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นแป้งละเอียดขนาด  $\leq 180$  ไมครอน (อ้างอิงตาม มอก. แป้งธัญพืช) นำไปแปรรูปต่อไป และส่วนที่เป็นแป้งหยาบขนาด  $> 180$  ไมครอน จะนำกลับไปบดใหม่



รูปที่ 6 แสดงแนวความคิดเครื่องคัดขนาดแป้ง

- 3) ทดสอบเก็บข้อมูลความเร็วลมที่รอบพัดลมต่างๆ ทำการแก้ไขข้อบกพร่อง ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องต้นแบบ และสรุปผล

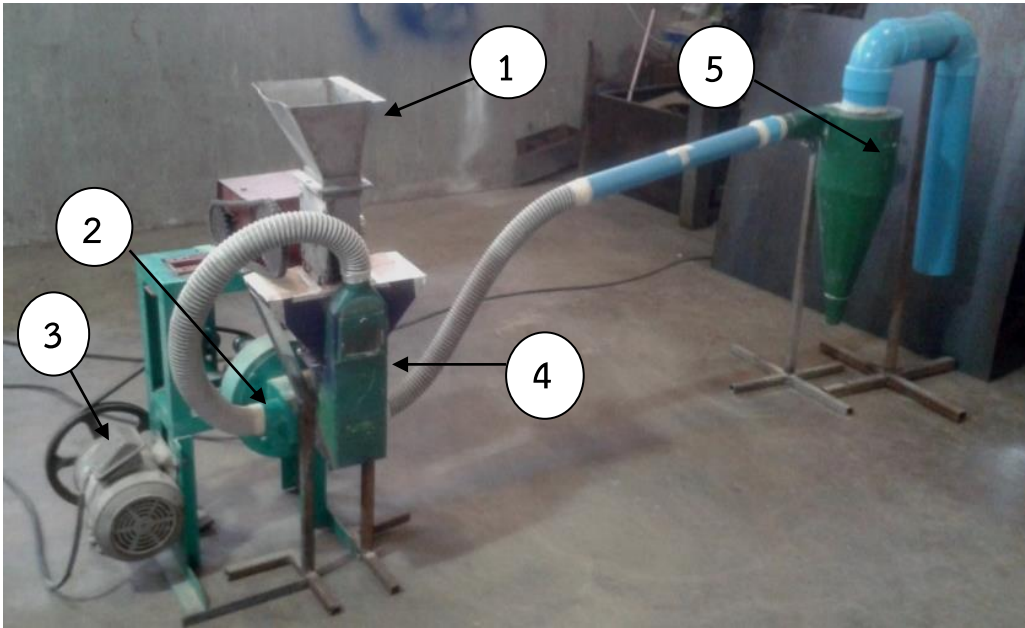
### 7.3 เวลาและสถานที่ ตุลาคม 2559 – กันยายน 2561

- กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
- ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

### 8.1 ศึกษาข้อมูลในการออกแบบเครื่องได้แก่ ค่าความเร็วลมสำหรับใช้ในการคัดแยกขนาดแป้งข้าวเขียว และแป้งบัวหลวง

ได้ทำการออกแบบและสร้างชุดทดสอบเบื้องต้นเพื่อหาค่าความเร็วลมเพื่อใช้ในการคัดขนาดแป้งข้าวเขียว และแป้งบัวหลวง โดยกำหนดอัตราการป้อนที่ 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยขนาดเม็ดแป้งที่ต้องการคัดแยกอ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แป้งข้าวเขียว (มอก. 948-2556) ได้กำหนดให้แป้งละเอียดที่ใช้ประกอบอาหารและอุตสาหกรรมผลิตอาหารต้องมีขนาดน้อยกว่า 180 ไมครอน



รูปที่ 7 ชุดทดสอบเพื่อหาค่าความเร็วลมที่ใช้ในการตัดแยกแบ่งละเอียด

หมายเลข 1 ถังป้อนวัตถุดิบที่ 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง

หมายเลข 2 ชุดพัดลม

หมายเลข 3 มอเตอร์ปรับความเร็วรอบโดยใช้อินเวอร์เตอร์

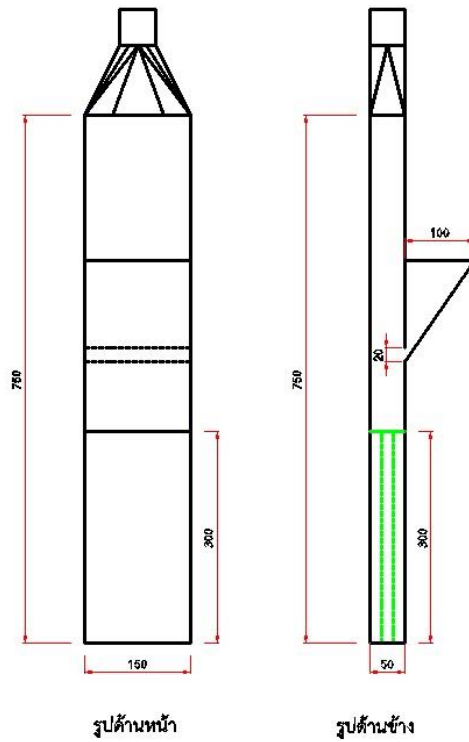
หมายเลข 4 ชุดทดสอบหาค่าความเร็วลมในการตัดแยกแบ่งเอียง พื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

หมายเลข 5 ไซโคลนเก็บแบ่งละเอียด

ผลการทดสอบหาค่าความเร็วลมในการตัดแยกขนาดแบ่งละเอียดขนาดน้อยกว่า 180 ไมครอนโดยใช้แบ่งถั่วเขียวและแบ่งบัวหลวง พบว่าความเร็วลมที่จะใช้ในการตัดแยกแบ่งละเอียดของแบ่งถั่วเขียวและแบ่งบัวหลวงจะอยู่ที่ประมาณ 1.5 เมตร/วินาที ถึง 3.0 เมตร/วินาที

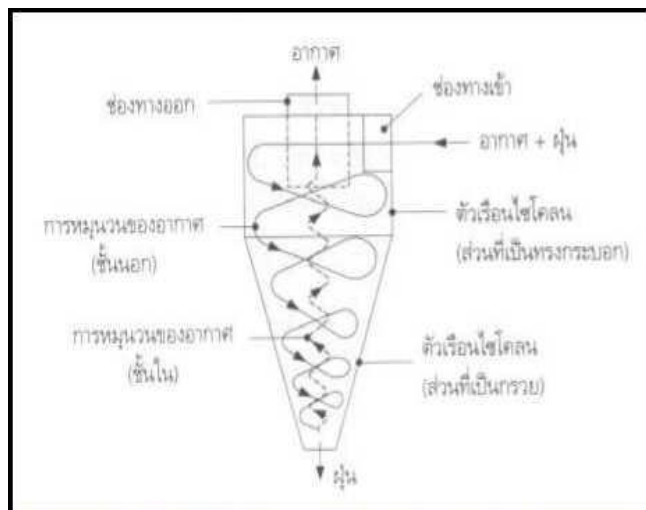
8.2 ออกแบบพัฒนา และสร้างต้นแบบเครื่องคัดขนาดแบ่งโดยใช้ลม อาศัยหลักการของไซโคลนดักฝุ่น ให้เครื่องมีความสามารถในการทำงานประมาณ 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งเหมาะสมกับระดับเกษตรกร และกลุ่มเกษตรกร

1) ชุดคัดแบ่ง ออกแบบโดยเลือกใช้น้ำตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งจะให้อัตราการไหล และความเร็วของอากาศไหลเข้าได้สม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัด มากกว่าพื้นที่หน้าตัดรูปทรงอื่นๆ งานวิจัยนี้เลือกพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร ความสูงของชุดคัดแบ่ง 750 มิลลิเมตร และแบ่งพื้นที่หน้าตัดชุดคัดแบ่งบริเวณช่องทางเข้าอากาศด้านล่าง เป็นช่องเล็กจำนวน 3 ช่อง เพื่อลดการปั่นป่วนของลมขาเข้าและให้ความเร็วลมของพื้นที่หน้าตัดชุดคัดแบ่งมีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 8 แบบชุดคัดแป้ง

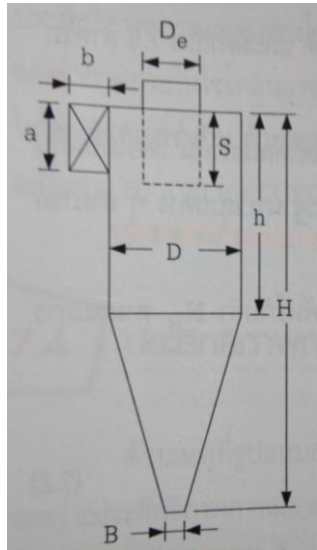
2) ออกแบบไซโคลนดักเก็บแป้งละเอียด การแยกแป้งละเอียดออกจากอากาศของเครื่องต้นแบบจะใช้หลักการของไซโคลนซึ่งจะอาศัยหลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal force) โดยอากาศและเม็ดแป้งที่ไหลเข้าสู่ไซโคลนจะถูกทำให้เกิดการหมุนวนโดยอาศัยการทำงานของพัดลม การหมุนวนของอากาศจะทำให้เม็ดแป้งอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งจะทำให้เม็ดแป้งเคลื่อนที่มุ่งหน้าสู่ผนังของไซโคลน เมื่อเม็ดแป้งละเอียดเคลื่อนที่จนถึงผนังของไซโคลนก็จะตกลงสู่ด้านล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ดังรูปที่ 9





รูปที่ 9 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของไซโคลน (ฉัตรชัย นิยมล, 2555 : 86)

ปัจจุบันมาตรฐานไซโคลน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ไซโคลนประสิทธิภาพสูง และไซโคลนสำหรับงานทั่วไป การออกแบบไซโคลนดัดแปลงละเอียดในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไซโคลนประสิทธิภาพสูงของ Stairmand ซึ่งมีสัดส่วนมาตรฐานตามรูป



รูปที่ 10 สัดส่วนไซโคลนมาตรฐานประสิทธิภาพ

ขนาด	สัดส่วน
D	1.0
a	0.5
b	0.2
S	0.5
De	0.5
h	1.5
H	4.0
B	0.375

สูงของ

Stairmand (ฉัตรชัย นิยมล, 2555 : 165)

จากรูปที่ 10 แสดงขนาดของไซโคลนมาตรฐานของ Stairmand ซึ่งขนาดของแต่ละส่วนสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตัวเรือนไซโคลน  $D$  โดยที่

$a$  คือ ความสูงของช่องทางเข้า

$b$  คือ ความกว้างของช่องทางเข้า

$S$  คือ ความยาวของช่องทางออก

$De$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องทางออก

$h$  คือ ความสูงของไซโคลนช่วงที่เป็นทรงกระบอก

$H$  คือ ความสูงทั้งหมดของไซโคลน

B คือ เส้นผ่านศูนย์กลางด้านล่างของช่องระบายแป้งละเอียด

โดยเครื่องต้นแบบในงานวิจัยนี้ออกแบบโดยกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตัวเรือนไซโคลน (D) 250 มิลลิเมตร ซึ่งเหมาะสมกับชุดคัดแยกแป้งที่ได้ออกแบบ สามารถคำนวณหาระยะต่างๆของไซโคลนได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ความสูงของช่องทางเข้า (a)} &= 0.5 \times D \\ &= 0.5 \times 250 \text{ mm} \\ &= 125 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความกว้างของช่องทางออก (b)} &= 0.2 \times D \\ &= 0.2 \times 250 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความยาวของช่องทางออก (S)} &= 0.5 \times D \\ &= 0.5 \times 250 \text{ mm} \\ &= 125 \text{ mm.} \end{aligned}$$

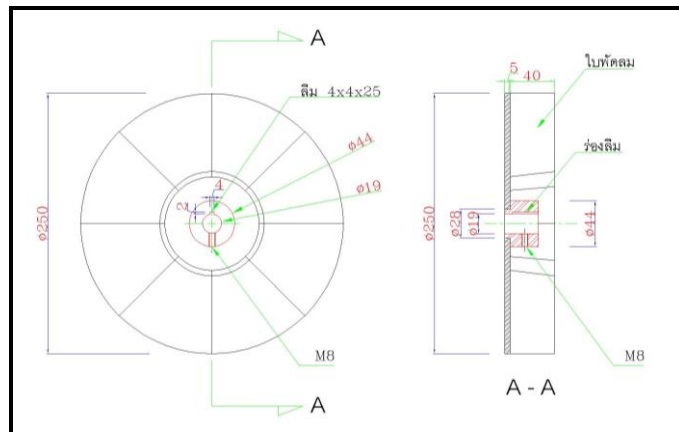
$$\begin{aligned} \text{เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องทางออก (De)} &= 0.5 \times D \\ &= 0.5 \times 250 \text{ mm} \\ &= 125 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความสูงของไซโคลนช่วงที่เป็นทรงกระบอก (h)} &= 1.5 \times D \\ &= 1.5 \times 250 \text{ mm} \\ &= 375 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความสูงทั้งหมดของไซโคลน (H)} &= 4 \times D \\ &= 4 \times 250 \text{ mm} \\ &= 1000 \text{ mm.} \end{aligned}$$

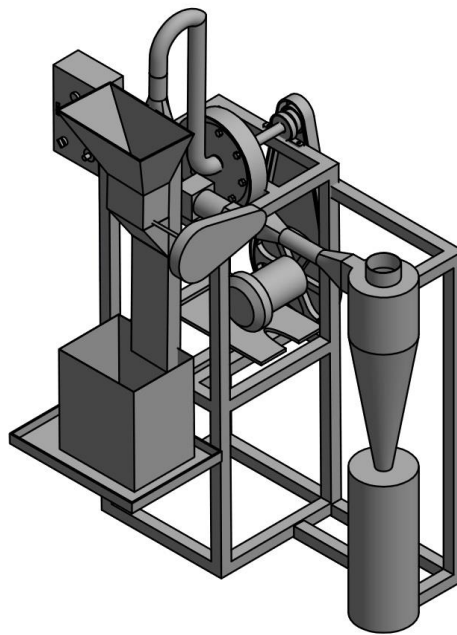
$$\begin{aligned} \text{เส้นผ่านศูนย์กลางด้านล่างของช่องระบายแป้งละเอียด (H)} &= 0.375 \times D \\ &= 0.375 \times 250 \text{ mm} \\ &= 93.75 \text{ mm.} \end{aligned}$$





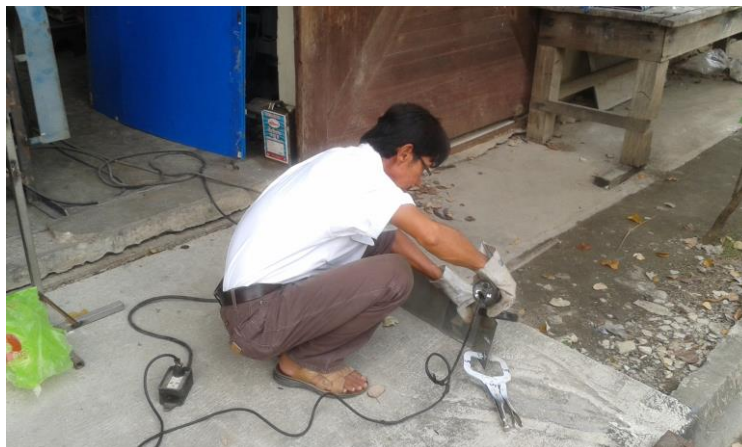
รูปที่ 13 แบบใบพัดและล้อพัคลม

4) เขียนแบบตัวเครื่องโดยใช้โปรแกรมเขียนแบบ 3 มิติ เพื่อประกอบชิ้นส่วนเครื่องต้นแบบ ก่อนการสร้างเครื่องต้นแบบ

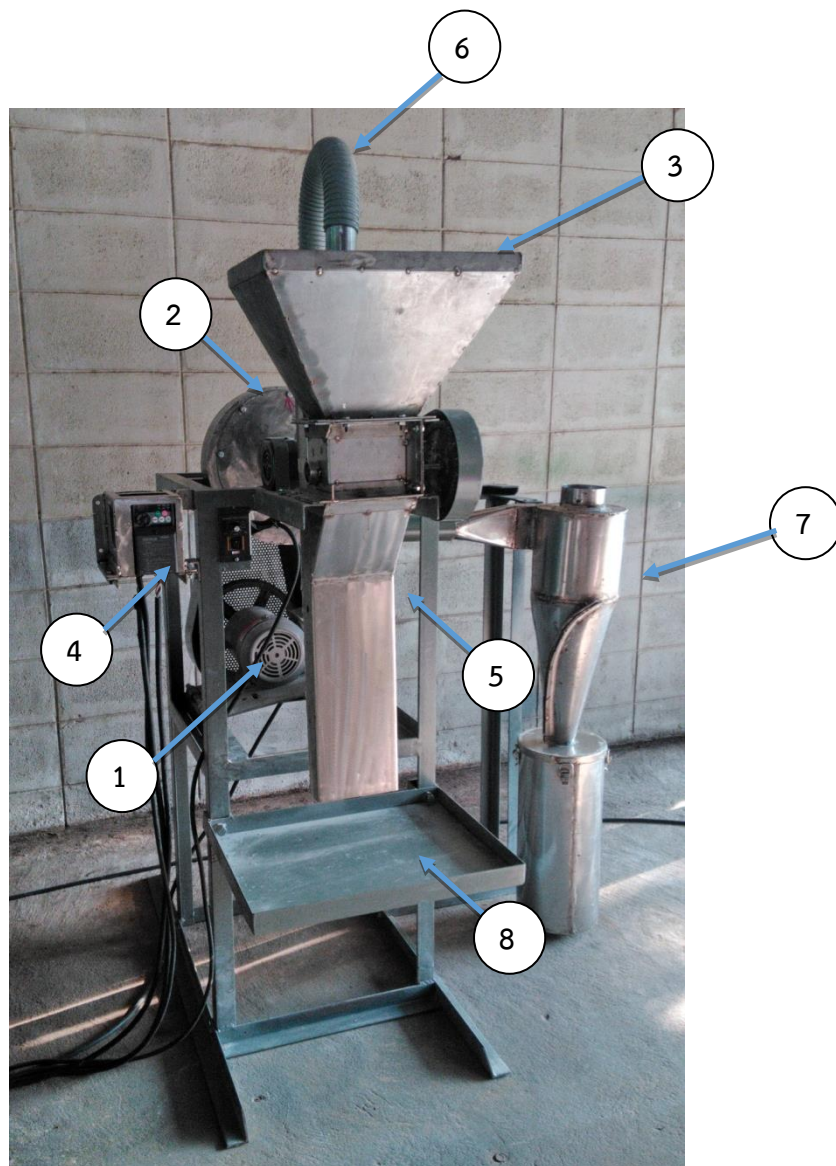


รูปที่ 14 แบบมุมมอง 3 มิติ ต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม

5) ทำการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งแบบใช้ลม



รูปที่ 15 สร้างเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 16 ต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมเป็องต้น

โดยต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งแบบใช้ลมเป็องต้นมีส่วนประกอบดังนี้

- |   |  |
|---|--|
| 1. มอเตอร์ต้นกำลัง                      | 2. ชุดพัดลม                            |
| 3. ถังพักวัสดุดิบ (แป้งธัญพืชขบละเอียด) | 4. อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบพัดลม   |
| 5. ชุดคัดแป้ง                           | 6. ท่อส่งแป้งละเอียด                   |
| 7. ไซโคลนเก็บแป้งละเอียดที่จะนำไปแปรรูป | 8. ที่วางถาดรองแป้งหยาบเพื่อนำไปบดใหม่ |

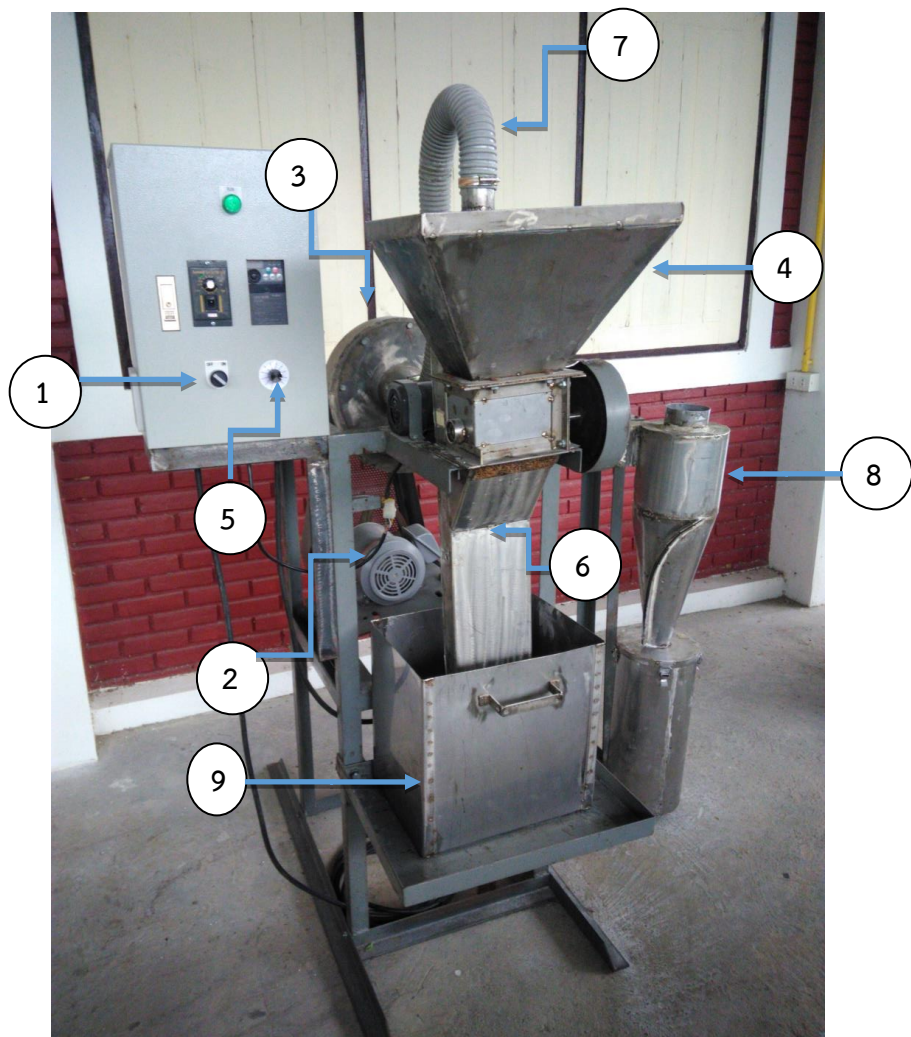
8.3 ทดสอบเก็บข้อมูลความเร็วลมที่รอบพัดลมต่างๆ ทำการแก้ไขข้อบกพร่อง ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานของเครื่องต้นแบบ และสรุปผล

จากการทดสอบหาค่าความเร็วลมที่ใช้ในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียวและแป้งบัวหลวง พบว่าความเร็วลมที่เหมาะสมในการคัดขนาดแป้งจะอยู่ที่ความเร็วลม 1.5 ถึง 3.0 เมตร/วินาที จึงได้ทำการทดสอบเก็บข้อมูลความเร็วลมที่รอบพัดลมต่างๆ ของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นโดยใช้อินเวอร์เตอร์เป็นตัวควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ทดสอบเก็บข้อมูลความเร็วลมของเครื่องต้นแบบที่รอบพัดลมต่างๆ

ความเร็วรอบพัดลม (รอบต่อนาที)	ความเร็วลมของชุดคัดแป้ง (เมตร/วินาที)
700	1.5
1,300	2.0
2,000	2.5
2,600	3.0

จากการทดสอบเครื่องเบื้องต้นพบว่าตัวเครื่องยังมีปัญหาในเรื่องการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลมจากเดิมใช้อินเวอร์เตอร์ระบบ Manual ทำให้ไม่สะดวกในการทำงานจึงได้ทำการปรับปรุงตัวเครื่องโดยติดตั้งชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เป็นระบบอัตโนมัติ ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 ต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม

ต้นแบบเครื่องที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว มีส่วนประกอบ ดังนี้

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1. สวิตช์เปิด-ปิดตัวเครื่อง      | 2. มอเตอร์ต้นกำลัง                       |
| 3. ชุดพัดลม                      | 4. ถังป้อนวัตถุดิบ (แป้งธัญพืชบดละเอียด) |
| 5. สวิตช์ปรับความเร็วลมอัตโนมัติ | 6. ชุดคัดแป้ง                            |



7. ท่อส่งแป้งละเอียด

8. โซโคลอนเก็บแป้งละเอียดที่จะนำไปแปรรูป

9. ถาดรองรับแป้งหยาบเพื่อนำไปบดใหม่

ทำการทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องต้นแบบ มีวิธีการดังนี้

1) นำเมล็ดธัญพืชบดด้วยเครื่องบดแป้ง ทำการวัดความชื้นแป้ง ความชื้นแป้งต้องไม่เกิน 13% จากนั้นสุ่มก่อนคัด ประมาณ 200 กรัม มาคัดด้วยเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงร้อน เพื่อตรวจเช็คเปอร์เซ็นต์แป้งละเอียดและแป้งหยาบที่ปน ก่อนเข้าคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบ โดยแป้งละเอียดจะต้องร้อนผ่านตะแกรงขนาด 180 ไมครอน ได้ (อ้างอิงตาม มอก. แป้งธัญพืช)



รูปที่ 18 นำเมล็ดธัญพืชมาบดด้วยเครื่องบดแป้ง



รูปที่ 19 วัดความชื้นแ่ง



รูปที่ 20 เครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงร่อนสำหรับตรวจเช็คเปอร์เซ็นต์แ่งละเอียดและแ่งหยาบ

2) นำแ่งธัญพืช เข้าคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดแ่งโดยใช้ลมต้นแบบ

3) ทำการทดสอบ จำนวน 3 ซ้ำ ต่อ 1 ความเร็วลม และบันทึกผลการทดสอบ

สูตรคำนวณ

$$\text{ประสิทธิภาพการตัด (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแบ่งละเอียดที่ตัดได้}}{\text{น้ำหนักแบ่งทั้งหมดก่อนตัด}} \times 100$$

4) ทำการส่มแบ่งละเอียดที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องต้นแบบ ตัวอย่างละประมาณ 200 กรัม มาตัดด้วยเครื่องตัดขนาดแบบตะแกรงร่อน เพื่อตรวจเช็คเปอร์เซ็นต์แบ่งละเอียดที่ตัดได้ และแบ่งหยาบที่ปน เลือกความเร็วลมที่เหมาะสม ที่ให้ประสิทธิภาพการตัดสูงสุด โดยแบ่งหยาบที่ปนต้องไม่เกิน 2.5 % สัดส่วนโดยน้ำหนัก (อ้างอิงตาม มอก. แบ่งธัญพืช)

ผลการทดสอบหาค่าความเร็วลมในการคัดแยกแบ่งละเอียดเบื้องต้น พบว่าความเร็วลมที่เหมาะสมในการคัดขนาด จะอยู่ที่ความเร็วลม 1.5-3.0 เมตร/วินาที นำต้นแบบเครื่องคัดขนาดแบ่งโดยใช้ลมไปทดสอบเก็บข้อมูลในการคัดขนาดแบ่งถั่วเขียว ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ.ชัยนาท วัดความชื้นแบ่งก่อนได้ 9% และได้ส่มตัวอย่างแบ่งเพื่อตรวจเช็คเปอร์เซ็นต์แบ่งละเอียด และแบ่งหยาบที่ปนก่อนและหลังคัด ผลการทดสอบดังตาราง 2-3

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดขนาดแบ่งที่ความเร็วลมต่างกัน ทดสอบจำนวน 3 ซ้ำต่อ 1 ความเร็วลม ที่ความสามารถในการทำงานของเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ความเร็วลม (m/s)	น้ำหนักแบ่ง ก่อนตัด (กรัม)	แบ่งละเอียด ที่ตัดได้เฉลี่ย (กรัม)	ปนกับแบ่งหยาบ ที่จะนำไปบด ใหม่ (กรัม)	สูญเสียออก ปล่อง ระบายลม (กรัม)	ประสิทธิภาพ การคัดแบ่ง ละเอียด (%)	สูญเสียออก ปล่องระบาย ลม (%)
1.50	1000	220.60	774.55	4.85	22.06	0.48
2.00	1000	423.21	568.39	8.40	42.32	0.84
2.50	1000	840.37	150.37	9.26	84.04	0.94

3.00	1000	923.68	62.94	13.38	92.37	1.34
------	------	--------	-------	-------	-------	------

ตารางที่ 3 ผลการสุ่มวิเคราะห์การปนของแป้งหยาบ ก่อนและหลังคัดขนาดเครื่องต้นแบบ จากการคัดแยกด้วยเครื่องแบบตะแกรงร่อนในห้องปฏิบัติการ

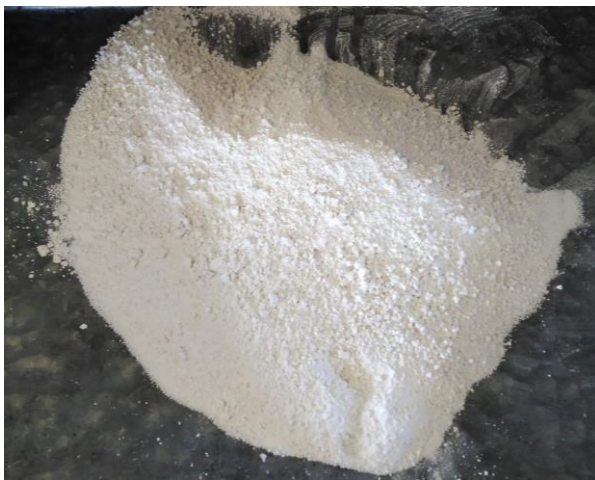
ความเร็วลม (m/s)	ก่อนเข้าคัดเครื่องต้นแบบ เฉลี่ย (%)		หลังคัดเครื่องต้นแบบ เฉลี่ย (%)	
	แป้งละเอียด ≤ 180 ไมครอน	แป้งหยาบ > 180 ไมครอน	แป้งละเอียด ≤ 180 ไมครอน	แป้งหยาบ > 180 ไมครอน
	1.50	88.46	11.54	99.71
2.00	88.71	11.29	99.56	0.44
2.50	88.70	11.30	98.70	1.30
3.00	88.52	11.48	96.87	3.13

หมายเหตุ สุ่มเก็บตัวอย่างแป้งก่อนและหลังคัด ตัวอย่างละ 200 กรัม

ตารางที่ 3 - 4 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ.ชัยนาท ในการคัดขนาดแป้งข้าวเหนียว ความชื้น 9% ความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีกว่าความเร็วลมอื่นๆ เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดแป้งละเอียดเฉลี่ย 84.04 % สูญเสียออกปล่องระบายลม 0.94% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 11.30% หลังคัดเหลือแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.30% ที่ความสามารถในการทำงานเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งการปนของแป้งหยาบในแป้งละเอียดที่คัดได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.แป้งธัญพืช คือไม่เกิน 2.5 % (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) ส่วนที่ความเร็วลมสูงกว่านี้จะทำให้มีแป้งหยาบปนเกินมาตรฐาน



รูปที่ 21 ทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมในการคัดขนาดแป้งข้าว  
ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ.ชัยนาท



ก่อนคัด



หลังคัด

รูปที่ 22 แป้งข้าวที่คัดได้จากเครื่องต้นแบบ

และได้ทำการทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องต้นแบบในการคัดขนาดแป้งบัวหลวง วัดความชื้นแป้ง  
ก่อนคัดได้ 8.5% ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งที่ความเร็วลมต่างกัน ทดสอบจำนวน 3 ซ้ำต่อ 1 ความเร็ว  
ลม วัตถุประสงค์ที่ใช้ทดสอบคือแป้งบัวหลวง ที่ความสามารถในการทำงานของเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ความเร็ว ลม (m/s)	น้ำหนักแป้ง ก่อนคัด (กรัม)	แป้งละเอียดที่ คัดได้เฉลี่ย (กรัม)	ปนกับแป้ง หยาบที่จะ นำไปดใหม่ (กรัม)	สูญเสียออก ปล่องระบายลม (กรัม)	ประสิทธิภาพ การคัดแป้ง ละเอียด (%)	สูญเสียออก ปล่องระบาย ลม (%)
1.50	1000	240.13	753.77	6.10	24.01	0.61
2.00	1000	416.65	575.14	8.21	41.67	0.82
2.50	1000	839.35	150.32	10.33	83.94	1.03
3.00	1000	909.51	76.91	13.58	90.95	1.36

ตารางที่ 5 ผลการสุ่มวิเคราะห์การปนของแป้งหยาบ ก่อนและหลังคัดขนาดเครื่องต้นแบบ จากการคัดแยกด้วย  
เครื่องแบบตะแกรงร้อนในห้องปฏิบัติการ

ความเร็วลม (m/s)	ก่อนเข้าคัดเครื่องต้นแบบ		หลังคัดเครื่องต้นแบบ	
	เฉลี่ย (%)		เฉลี่ย (%)	
	แป้งละเอียด ≤ 180 ไมครอน	แป้งหยาบ > 180 ไมครอน	แป้งละเอียด ≤ 180 ไมครอน	แป้งหยาบ > 180 ไมครอน
1.50	86.63	13.37	99.67	0.33
2.00	86.53	13.47	99.57	0.43
2.50	86.68	13.32	98.69	1.31
3.00	86.79	13.21	96.68	3.32

หมายเหตุ สุ่มเก็บตัวอย่างแป้งก่อนและหลังคัด ตัวอย่างละ 200 กรัม

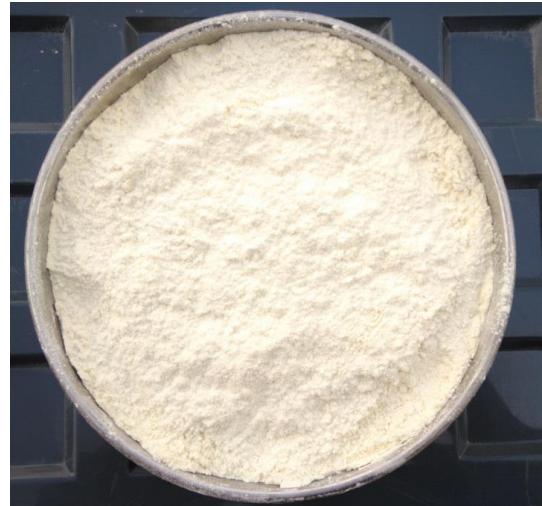
ตารางที่ 4 - 5 ผลการทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมในการคัดขนาดแป้งบัว  
หลวง ความชื้นแป้ง 8.5% ความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีกว่าความเร็วลมอื่นๆ เช่นกัน เครื่องมี  
ประสิทธิภาพการคัดแป้งละเอียดเฉลี่ย 83.94% สูญเสียออกปล่องระบายลม 1.03% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปน  
เฉลี่ย 13.32% หลังคัดเหลือแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.31% ที่ความสามารถเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งการปน  
ของแป้งหยาบในแป้งละเอียดที่คัดได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือไม่เกิน 2.5 % (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) ส่วนที่ความเร็ว  
ลมสูงกวานี้จะทำให้มีแป้งหยาบปนเกินมาตรฐาน



รูปที่ 23 ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องคัขนาดแบ่งโดยใช้ลม ในการคัขนาดแบ่งบัวหลวง



ก่อนคั



หลังคั

รูปที่ 24 แป้งบัวหลวง ที่คัได้จากเครื่องต้นแบบ

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องตัดขนาดแบ่งโดยใช้ลม ที่ความเร็วลม 1.5 , 2.0, 2.5 และ 3.0 เมตร/วินาที ในการตัดขนาดแบ่งถั่วเขียว และแบ่งบัวหลวง ความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด ที่ความสามารถในการทำงานเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ผลทดสอบการตัดขนาดแบ่งถั่วเขียว ที่ความชื้น 9% เครื่องมีประสิทธิภาพการตัดเฉลี่ย 84.04 % สูญเสียออกช่องระบายลมสะอาด 0.94% สุ่มก่อนคั้มีแบ่งหยาบปนเฉลี่ย 11.30% หลังคั้มีแบ่งหยาบปนเฉลี่ย 1.30% และผลทดสอบเครื่องในการตัดขนาดแบ่งบัวหลวงที่ความชื้น 8.5% เครื่องมีประสิทธิภาพการตัดเฉลี่ย 83.94 % สูญเสียออกช่องระบายลมสะอาด 1.03% สุ่มก่อนคั้มีแบ่งหยาบปนเฉลี่ย 13.32% หลังคั้มีแบ่งหยาบปนเฉลี่ย 1.31% ซึ่งการปนของแบ่งหยาบ (ขนาดมากกว่า 180 ไมครอน) ในแบ่งละเอียดที่คั้ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ มอก. แบ่งธัญพืช คือ ไม่เกิน 2.5 % (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) ส่วนที่ความเร็วลมสูงกวานี้จะทำให้มีแบ่งหยาบปนเกินมาตรฐาน จากผลการทดสอบการตัดขนาดแบ่งบัวหลวงประสิทธิภาพการคั้จะต่ำกว่าการคั้ขนาดแบ่งถั่วเขียวเล็กน้อย เนื่องจากแบ่งบัวหลวงเม็ดแบ่งจะจับตัวกันมากกว่าแบ่งถั่วเขียวจึงทำให้ประสิทธิภาพการคั้ขนาดลดลง

## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ต้นแบบเครื่องตัดขนาดแบ่งโดยใช้ลมที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยส่วนประกอบหลักคือ 1. ชุดคั้แบ่ง มีหน้าที่ในการคั้แยกแบ่งละเอียดและแบ่งหยาบออกจากกัน 2. พัดลมหอยโข่ง ใช้มอเตอร์ ขนาด 1/2 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ทำหน้าที่สร้างความเร็วลมให้กับชุดคั้แบ่ง และส่งแบ่งละเอียดไปเก็บไว้ที่ไซโคลน 3. ไซโคลน ทำหน้าที่ดักเก็บแบ่งละเอียดที่ได้จากการคั้ขนาด 4. ถาดรองแบ่งหยาบ ทำหน้าที่รองรับแบ่งหยาบที่ได้จากการคั้ขนาด 5.ชุดควบคุมความเร็วรอบของพัดลมทำหน้าที่ในการสั่งงานควบคุมความเร็วลมของเครื่องในการคั้ขนาด

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องตัดขนาดแบ่งโดยใช้ลม ที่ความเร็วลม 1.5 , 2.0, 2.5 และ 3.0 เมตร/วินาที ในการตัดขนาดแบ่งถั่วเขียว และแบ่งบัวหลวง ความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด ที่ความสามารถในการทำงานเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ผลทดสอบการคั้ขนาดแบ่งถั่วเขียว ความชื้น 9% เครื่องมีประสิทธิภาพการคั้เฉลี่ย 84.04 % สูญเสียออกช่องระบายลมสะอาด 0.94% สุ่มก่อนคั้มีแบ่งหยาบปนเฉลี่ย 11.30% หลังคั้มีแบ่งหยาบปนเฉลี่ย 1.30% และผลทดสอบเครื่องในการคั้ขนาดแบ่งบัวหลวงที่ความชื้น 8.5% เครื่องมีประสิทธิภาพการคั้เฉลี่ย 83.94 % สูญเสียออกช่องระบายลมสะอาด 1.03% สุ่มก่อนคั้มีแบ่งหยาบปนเฉลี่ย 13.32% หลังคั้มีแบ่งหยาบปนเฉลี่ย 1.31% ซึ่งการปนของแบ่งหยาบ (ขนาดมากกว่า 180 ไมครอน) ในแบ่งละเอียดที่คั้ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ มอก. แบ่งธัญพืช คือ ไม่เกิน 2.5 % (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) ส่วนที่ความเร็วลมสูงกวานี้จะทำให้มีแบ่งหยาบปนเกินมาตรฐาน ผลการทดสอบการคั้ขนาดแบ่งบัวหลวงประสิทธิภาพการคั้จะต่ำกว่าการคั้ขนาดแบ่งถั่วเขียว เนื่องจากแบ่งบัวหลวงเม็ดแบ่งจะจับตัวกันมากกว่าแบ่งถั่วเขียวจึงทำให้



ประสิทธิภาพการตัดขนาดลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามต้นแบบที่จัดสร้างขึ้นยังควรมีการพัฒนาให้ดีขึ้นในเรื่องการสูญเสียแป้งที่ออกไปทางช่องระบายลมสะอาดของไซโคลน และการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องให้สูงขึ้น

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

จะนำต้นแบบเครื่องตัดขนาดแป้งโดยใช้ลมแบบไซโคลน ไปถ่ายทอดเผยแพร่ให้กับเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร ที่สนใจในการผลิตแป้งจากเมล็ดธัญพืช เพื่อลดปัญหาผลิตผลเกษตรล้นตลาด และสร้างการเพิ่มมูลค่าแก่ผลิตผลเกษตร

## 11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.ปทุมธานี และศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ในการสร้างและทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทดสอบเครื่องให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

## 12. เอกสารอ้างอิง

ฉัตรชัย นิยมล. 2555. ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เชียวเฮงฮวด. 2557. เครื่องร่อนแป้งแบบตะแกรงโยก. เชียวเฮงฮวด. แหล่งที่มา :

<http://shh-foodmac.weloveshopping.com/store/index.php/product?ps=5> (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

บริษัท เอ็ม.เค. ยูนิกรุ๊ป คอร์ปอเรชั่น จำกัด. 2557. เครื่องร่อนแป้งแบบสั่น. บริษัท เอ็ม.เค. ยูนิกรุ๊ป คอร์ปอเรชั่น จำกัด. แหล่งที่มา :[http://www.mkunigroup.com/product\\_detail.php?product\\_id=402](http://www.mkunigroup.com/product_detail.php?product_id=402) (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

GEA Nu-Con Ltd. 2557. เครื่องร่อนแป้งแบบโรตารี. GEA Nu-Con Ltd. แหล่งที่มา :

<http://www.nucon.com/nu-con/cmsdoc.nsf/webdoc/webb8nftmk> (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

N.N.Zoubov Engineers SMCE. 2557. Whirlwind air classifier. N.N.Zoubov Engineers SMCE.

แหล่งที่มา : [http://www.airclassifier.com/how\\_works\\_air\\_classifiers\\_air\\_classification.html](http://www.airclassifier.com/how_works_air_classifiers_air_classification.html)

(สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

### 13. ภาคผนวก

-