รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม
Research and Development on a Pneumatic Flour Separating Machine

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายมานพ รักญาติ

ปี พ.ศ. 2561

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม
Research and Development on a Pneumatic Flour Separating Machine

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายมานพ รักญาติ

ปี พ.ศ. 2561

ผู้วิจัย

นายมานพ รักญาติ	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
นายปรีชา อานันท์รัตนกุล	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายจิรวัสส์ เจียตระกูล	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายสมเดช ไทยแท้	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายสุเมธ กาศสกุล	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
นายวิบูลย์ เทเพนทร์	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายชูชาติ บุญศักดิ์	ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท

คำนำ

การนำผลผลิตทางการเกษตรมาแปรรูปจะช่วยป้องกันการล้นตลาดของผลิตผลสด ซึ่งช่วยยกระดับราคาผลิตผล ไม่ให้ตกต่ำ การเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตรโดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บได้นานและมีมูลค่าสูงขึ้นโดยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในชุมชน เช่น แป้งถั่วเขียว และแป้งบัวหลวง เป็นต้น เกษตรกรสามารถรวมตัวกันในรูปของกลุ่มหรือวิสาหกิจชุมชนเพื่อผลิตจำหน่ายได้ ในขั้นตอนการแปรรูปแป้งจำเป็นต้องมีการคัดขนาดแป้งซึ่งโดยทั่วไปใช้การร่อน เพื่อให้ได้ขนาดของเม็ดแป้งตามต้องการ ปัญหาที่พบสำหรับการใช้ตะแกรงร่อนคือ ตะแกรงมีการอุดตันทำให้ประสิทธิภาพลดลงต้องทำความสะอาดบ่อยๆ

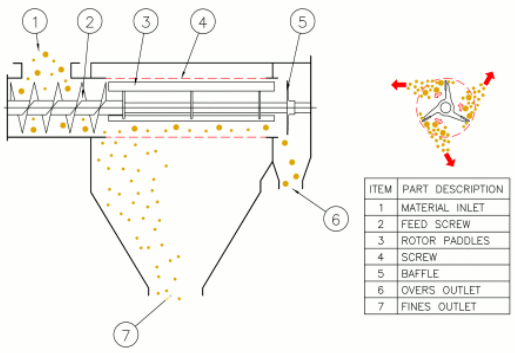
เครื่องร่อนแป้งแบบตะแกรงโยกที่มีจำหน่ายจะมีลักษณะดังรูปที่ 1 เป็นเครื่องที่ผลิตในประเทศใช้สำหรับร่อนแป้ง ยา และผงเครื่องปรุงต่างๆ ตัวเครื่องทำด้วยสแตนเลสมีฝาปิดกันการฟุ้งกระจาย ตัวตะแกรงถอดทำความสะอาดหรือเปลี่ยนขนาดได้ ใช้มอเตอร์ขนาด 1/2-1/3 แรงม้า ปัญหาที่พบบ่อยคือการอุดตันของรูตะแกรง

รูปที่ 1 เครื่องร่อนแป้งแบบตะแกรงโยกที่ผลิตในประเทศ (เซียวเฮงฮวด, 2557)

เครื่องร่อนแป้งแบบสั่นที่มีการผลิตและจำหน่ายจะมีลักษณะดังรูปที่ 2 ใช้ตะแกรงในการคัดขนาดเช่นเดียวกับแบบตะแกรงโยก แต่ใช้ระบบสั่นแทนการโยก ปัญหาก็เช่นเดียวกันกับแบบตะแกรงโยกคือการอุดตันของรูตะแกรง

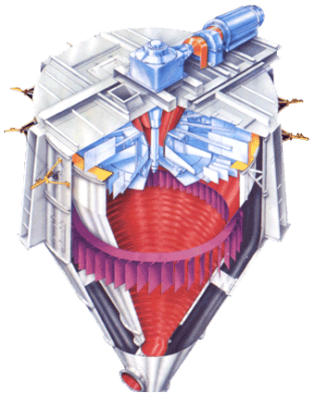
รูปที่ 2 เครื่องร่อนแป้งแบบสั่น (บริษัท เอ็ม.เค. ยูนิกรุ๊ป คอร์ปอเรชั่น จำกัด, 2557)

เครื่องร่อนแบบโรตารี่ รูปที่ 3 ตัวตะแกรงเป็นรูปทรงกระบอกหมุนในแนวนอน ส่วนใหญ่แล้วจะใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม จึงไม่เหมาะสำหรับกลุ่มเกษตรกร



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

เครื่องคัดขนาดแป้งแบบใช้ลม รูปที่ 4 ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมีขนาดใหญ่ใช้หลักการของไซโคลนในการคัดขนาดแป้ง ซึ่งเป็นแนวคิดในงานวิจัยนี้



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

การออกแบบพัฒนาเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมแบบไซโคลนโดยอาศัยความเร็วลม ในการแยกขนาดจะสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ทำให้เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร สามารถเพิ่มคุณภาพ ลดต้นทุนการผลิต จะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตแป้งจากเมล็ดธัญพืช ได้แก่ แป้งถั่วเขียวและแป้งบัวหลวง ก่อนนำไปผลิตเป็นอาหารหรือใช้ในอุตสาหกรรมอาหารจำเป็นต้องมีการคัดขนาดเพื่อให้ได้เม็ดแป้งละเอียดตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์แป้งธัญพืช โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมแบบไซโคลนสำหรับเกษตรกรและกลุ่มเกษตรกร ให้สามารถผลิตแป้งที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด เครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยส่วนประกอบหลักคือ ชุดคัดแป้ง ไซโคลนดักเก็บแป้งละเอียด ถาดรองรับแป้งหยาบ พัดลมและชุดควบคุมความเร็วรอบของพัดลม ผลการทดสอบที่ความเร็วลม 1.5 , 2.0, 2.5 และ 3.0 เมตร/วินาที ในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว และแป้งบัวหลวง ที่ความสามารถในการทำงานเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง พบว่าความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด ผลการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว 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).

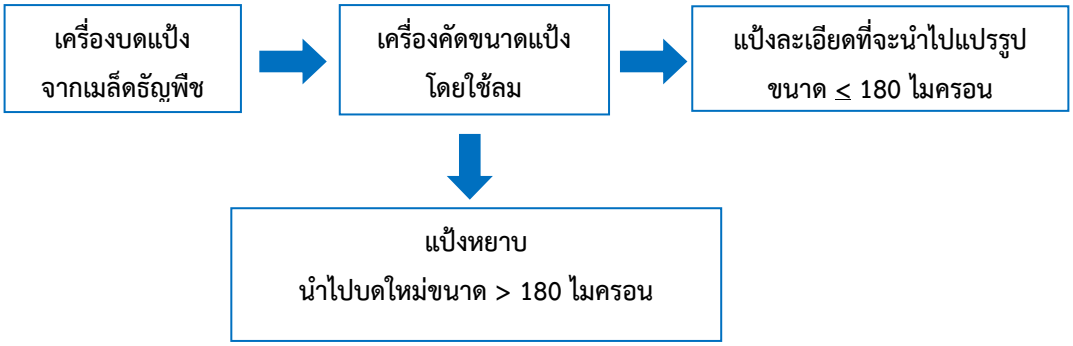
วิธีดำเนินการ

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)

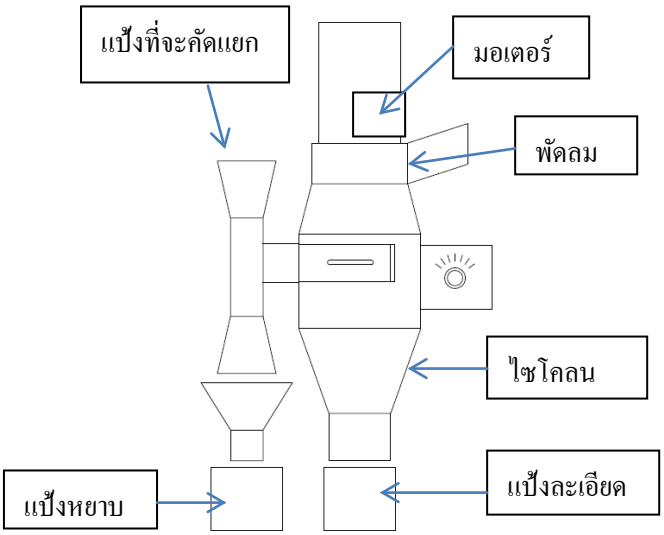
วิธีการ

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



รูปที่ 5 กระบวนการคัดแยกแป้งเมล็ดธัญพืชด้วยเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม

จากรูปที่ 5 นำเมล็ดธัญพืชมาบดด้วยเครื่องบดแป้งแล้วนำแป้งธัญพืชที่ได้มาคัดด้วยเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม โดยเครื่องสามารถแยกแป้งได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นแป้งละเอียดขนาด ≤ 180 ไมครอน (อ้างอิงตามมอก. แป้งธัญพืช) นำไปแปรรูปต่อไป และส่วนที่เป็นแป้งหยาบขนาด > 180 ไมครอน จะนำกลับไปบดใหม่



รูปที่ 6 แสดงแนวความคิดเครื่องคัดขนาดแป้ง

3) ทดสอบเก็บข้อมูลความเร็วลมที่รอบพัดลมต่างๆ ทำการแก้ไขข้อบกพร่อง ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องต้นแบบ และสรุปผล

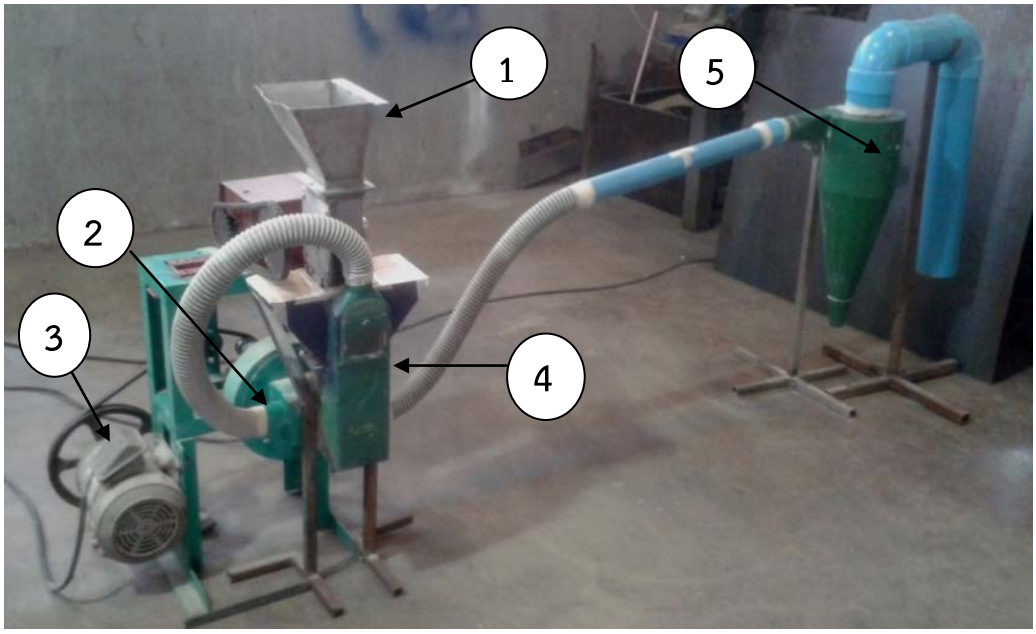
เวลาและสถานที่ ตุลาคม 2559 – กันยายน 2561

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

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาข้อมูลในการออกแบบเครื่องได้แก่ ค่าความเร็วลมสำหรับใช้ในการคัดแยกขนาดแป้งถั่วเขียว และแป้งบัวหลวง

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



รูปที่ 7 ชุดทดสอบเพื่อหาค่าความเร็วลมที่ใช้ในการคัดแยกแป้งละเอียด

หมายเลข 1 ถังป้อนวัตถุดิบที่ 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง

หมายเลข 2 ชุดพัดลม

หมายเลข 3 มอเตอร์ปรับความเร็วรอบโดยใช้อินเวอร์เตอร์

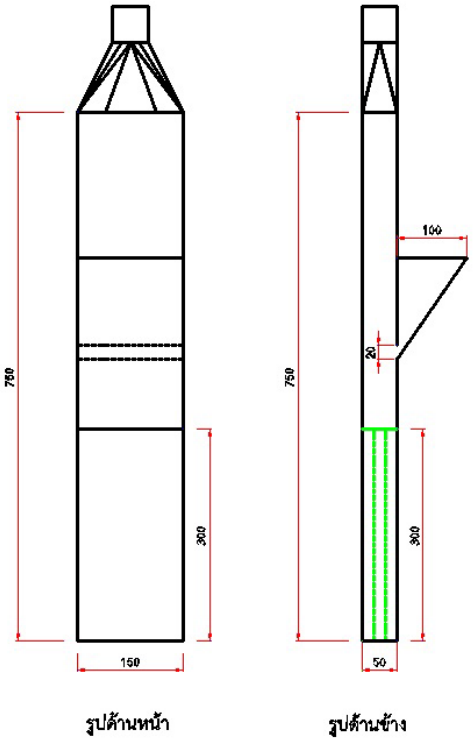
หมายเลข 4 ชุดทดสอบหาค่าความเร็วลมในการคัดแยกแป้งเอียด พื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

หมายเลข 5 ไซโคลนเก็บแป้งละเอียด

ผลการทดสอบหาค่าความเร็วลมในการคัดแยกขนาดแป้งละเอียดขนาดน้อยกว่า 180 ไมครอนโดยใช้แป้งถั่วเขียวและแป้งบัวหลวง พบว่าความเร็วลมที่จะใช้ในการคัดแยกแป้งละเอียดของแป้งถั่วเขียวและแป้งบัวหลวงจะอยู่ที่ประมาณ 1.5 เมตร/วินาที ถึง 3.0 เมตร/วินาที

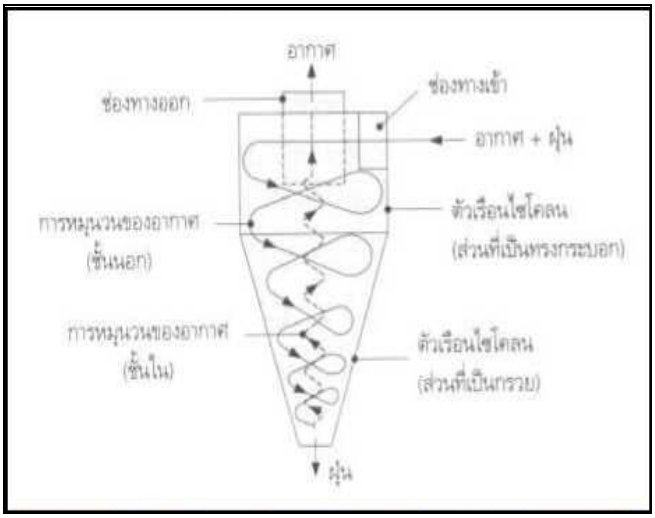
2. ออกแบบพัฒนา และสร้างต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม อาศัยหลักการของไซโคลนดักฝุ่น ให้เครื่องมีความสามารถในการทำงานประมาณ 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งเหมาะสมกับระดับเกษตรกร และกลุ่มเกษตรกร

1) ชุดคัดแป้ง ออกแบบโดยเลือกใช้หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้า ซึ่งจะให้อัตราการไหล และความเร็วของอากาศไหลเข้าได้สม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัด มากกว่าพื้นที่หน้าตัดรูปทรงอื่นๆ งานวิจัยนี้เลือกพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร ความสูงของชุดคัดแป้ง 750 มิลลิเมตร และแบ่งพื้นที่หน้าตัดชุดคัดแป้งบริเวณช่องทางเข้าอากาศด้านล่าง เป็นช่องเล็กจำนวน 3 ช่อง เพื่อลดการปั่นป่วนของลมขาเข้าและให้ความเร็วลมของพื้นที่หน้าตัดชุดคัดแป้งมีค่าใกล้เคียงกัน



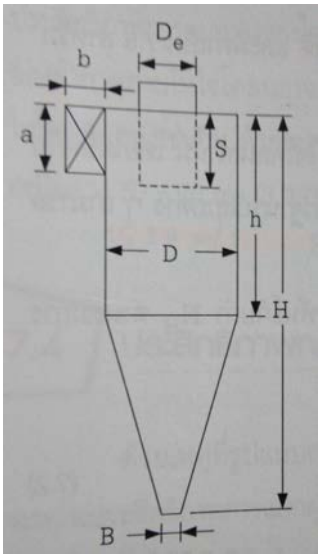
รูปที่ 8 แบบชุดคัดแป้ง

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



รูปที่ 9 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของไซโคลน (ฉัตรชัย นิมมล, 2555 : 86)

ปัจจุบันมาตรฐานไซโคลน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ไซโคลนประสิทธิภาพสูง และไซโคลนสำหรับงานทั่วไป การออกแบบไซโคลนดักแป้งละเอียดในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไซโคลนประสิทธิภาพสูงของ Stairmand ซึ่งมีสัดส่วนมาตรฐานตามรูป



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

รูปที่ 10 สัดส่วนไซโคลนมาตรฐานประสิทธิภาพสูงของ Stairmand (ฉัตรชัย นิมมล, 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

ความสูงของช่องทางเข้า (a) = 0.5 x D

= 0.5 x 250 mm

= 125 mm.

ความกว้างของช่องทางออก (b) = 0.2 x D

= 0.2 x 250 mm

= 50 mm.

ความยาวของช่องทางออก (S) = 0.5 x D

= 0.5 x 250 mm

= 125 mm.

เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องทางออก (De) = 0.5 x D

= 0.5 x 250 mm

= 125 mm.

ความสูงของไซโคลนช่วงที่เป็นทรงกระบอก (h) = 1.5 x D

= 1.5 x 250 mm

= 375 mm.

ความสูงทั้งหมดของไซโคลน (H) = 4 x D

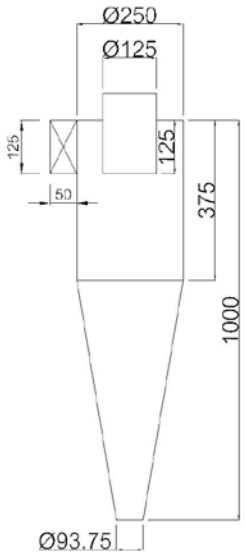
= 4 x 250 mm

= 1000 mm.

เส้นผ่านศูนย์กลางด้านล่างของช่องระบายแป้งละเอียด (H) = 0.375 x D

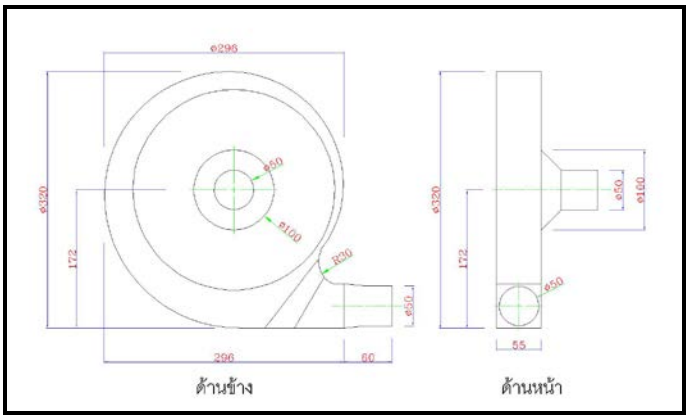
= 0.375 x 250 mm

= 93.75 mm.

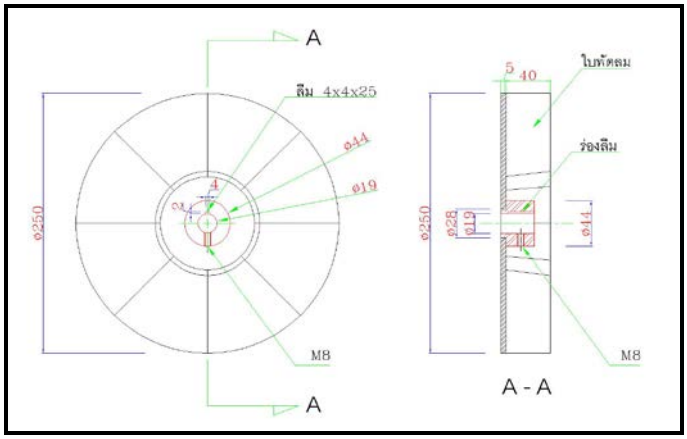


รูปที่ 11 สัดส่วนและขนาดไซโคลนในการดักแป้งละเอียดของเครื่องต้นแบบ

3) ออกแบบพัดลมโดยเลือกใช้พัดลมแบบแรงเหวี่ยง (พัดลมหอยโข่ง) เป็นพัดลมที่บำรุงรักษาและทำความสะอาดได้ง่าย ซึ่งจะอาศัยกลไกลของแรงเหวี่ยงซึ่งเกิดจากการหมุนของใบพัด (blade) ที่ติดตั้งอยู่บนล้อพัดลม (fan wheel) การหมุนของล้อพัดลมจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้า อากาศจากภายนอกจะถูกดึงเข้าตัวพัดลมในแนวแกนหมุน และถูกเร่งให้มีความเร็วสูงขึ้น จากนั้นอากาศจะถูกเหวี่ยงออกไปปะทะกับตัวเรือนพัดลม (fan housing) ที่มีลักษณะคล้ายก้นหอย และไหลออกจากพัดลมในแนวรัศมีของใบพัด ซึ่งพลังงานจลน์ของอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปของความดันที่ช่องทางออกของพัดลม

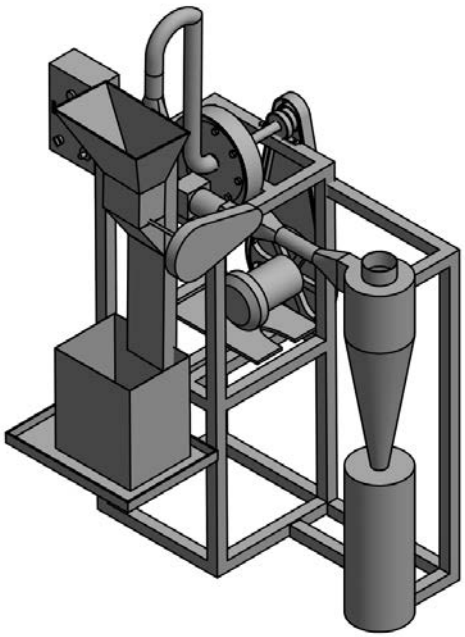


รูปที่ 12 แบบตัวเรือนพัดลม



รูปที่ 13 แบบใบพัดและล้อพัดลม

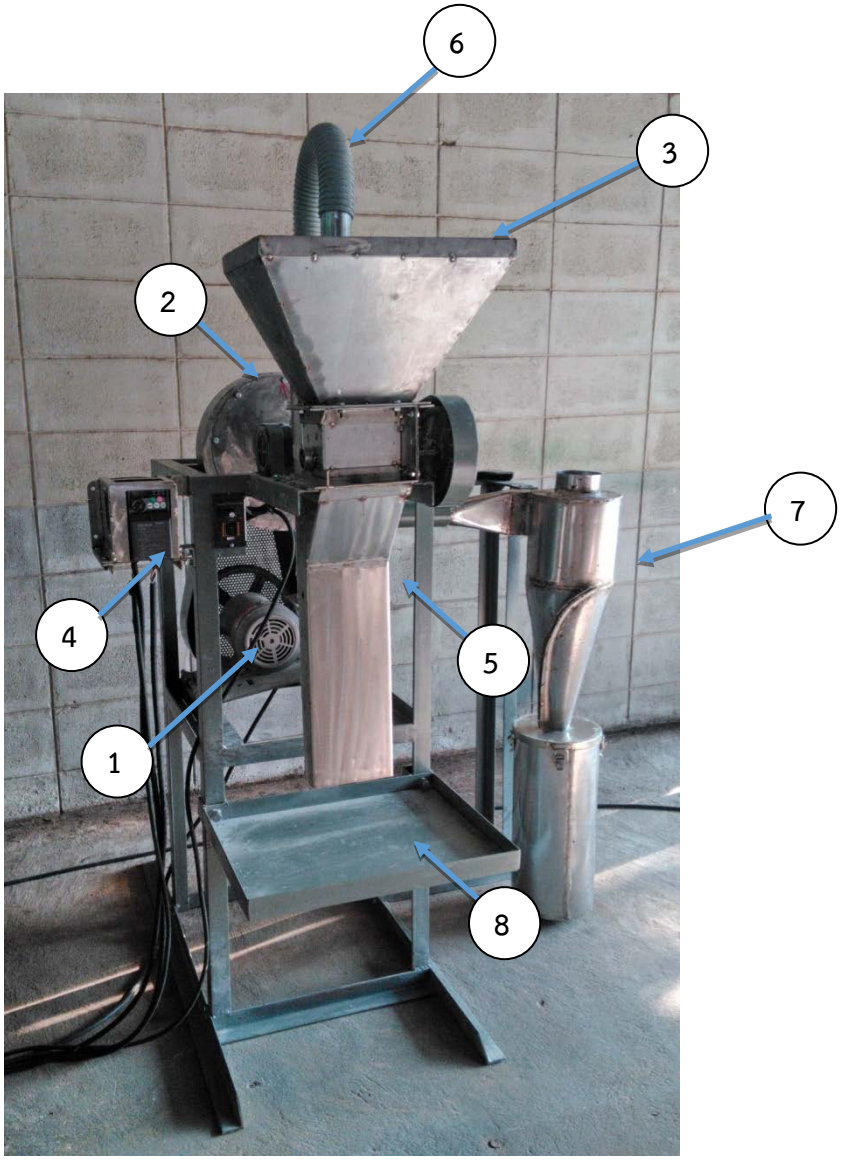
4) เขียนแบบตัวเครื่องโดยใช้โปรแกรมเขียนแบบ 3 มิติ เพื่อประกอบชิ้นส่วนเครื่องต้นแบบ ก่อนการสร้างเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 14 แบบมุมมอง 3 มิติ ต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม

5) ทำการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งแบบใช้ลม

รูปที่ 15 สร้างเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 16 ต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมเบื้องต้น

โดยต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งแบบใช้ลมเบื้องต้นมีส่วนประกอบดังนี้

1. มอเตอร์ต้นกำลัง
2. ชุดพัดลม
3. ถังพักวัตถุดิบ (แป้งธัญพืชบดละเอียด)
4. อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบพัดลม
5. ชุดคัดแป้ง
6. ท่อส่งแป้งละเอียด
7. ไซโคลนเก็บแป้งละเอียดที่จะนำไปแปรรูป
8. ที่วางถาดรองแป้งหยาบเพื่อนำไปบดใหม่

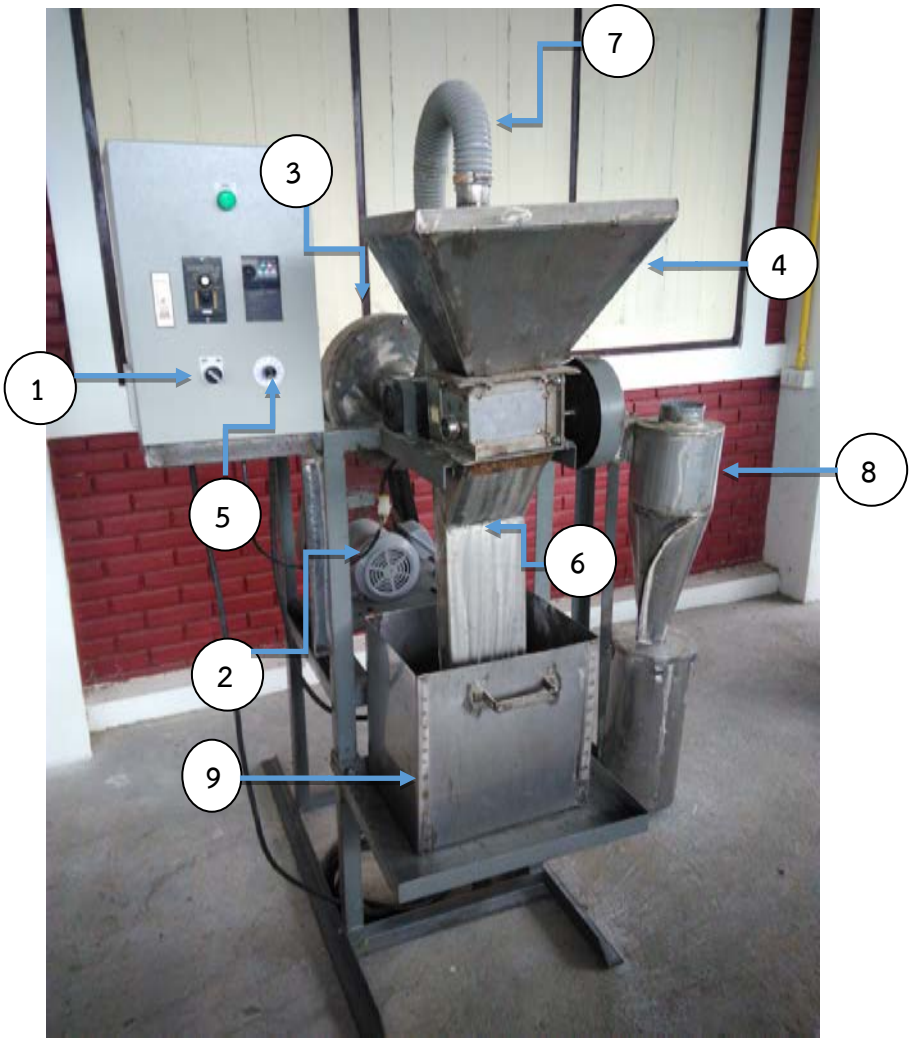
3. ทดสอบเก็บข้อมูลความเร็วลมที่รอบพัดลมต่างๆ ทำการแก้ไขข้อบกพร่อง ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานของเครื่องต้นแบบ และสรุปผล

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. สวิตซ์เปิด-ปิดตัวเครื่อง
2. มอเตอร์ต้นกำลัง
3. ชุดพัดลม
4. ถังป้อนวัตถุดิบ (แป้งธัญพืชบดละเอียด)
5. สวิตซ์ปรับความเร็วลมอัตโนมัติ
6. ชุดคัดแป้ง
7. ท่อส่งแป้งละเอียด
8. ไซโคลนเก็บแป้งละเอียดที่จะนำไปแปรรูป
9. ถาดรองรับแป้งหยาบเพื่อนำไปบดใหม่

ทำการทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องต้นแบบ มีวิธีการดังนี้

1) นำเมล็ดธัญพืชบดด้วยเครื่องบดแป้ง ทำการวัดความชื้นแป้ง ความชื้นแป้งต้องไม่เกิน 13% จากนั้นสุ่มก่อนคัด ประมาณ 200 กรัม มาคัดด้วยเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงร่อน เพื่อตรวจเช็คเปอร์เซ็นต์แป้งละเอียดและแป้งหยาบที่ปน ก่อนเข้าคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบ โดยแป้งละเอียดจะต้องร่อนผ่านตะแกรงขนาด 180 ไมครอนได้ (อ้างอิงตาม มอก. แป้งธัญพืช)

รูปที่ 18 นำเมล็ดธัญพืชมาบดด้วยเครื่องบดแป้ง

รูปที่ 19 วัดความชื้นแป้ง

รูปที่ 20 เครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงร่อนสำหรับตรวจเช็คเปอร์เซ็นต์แป้งละเอียดและแป้งหยาบ

2) นำแป้งธัญพืช เข้าคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมต้นแบบ

3) ทำการทดสอบ จำนวน 3 ซ้ำ ต่อ 1 ความเร็วลม และบันทึกผลการทดสอบ

สูตรคำนวณ

$$\text{ประสิทธิภาพการคัด (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งละเอียดที่คัดได้}}{\text{น้ำหนักแป้งทั้งหมดก่อนคัด}} \times 100$$

4) ทำการสุ่มแป้งละเอียดที่ได้จากการคัดด้วยเครื่องต้นแบบ ตัวอย่างละประมาณ 200 กรัม มาคัดด้วยเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงร่อน เพื่อตรวจเช็คเปอร์เซ็นต์แป้งละเอียดที่คัดได้ และแป้งหยาบที่ปน เลือกความเร็วลมที่เหมาะสม ที่ให้ประสิทธิภาพการคัดสูงสุด โดยแป้งหยาบที่ปนต้องไม่เกิน 2.5 % สัดส่วนโดยน้ำหนัก (อ้างอิงตาม มอก. แป้งธัญพืช)

ผลการทดสอบหาค่าความเร็วลมในการคัดแยกแป้งละเอียดเบื้องต้น พบว่าความเร็วลมที่เหมาะสมในการคัดขนาด จะอยู่ที่ความเร็วลม 1.5-3.0 เมตร/วินาที นำต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมไปทดสอบเก็บข้อมูลในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ.ชัยนาท วัดความชื้นแป้งก่อนได้ 9% และได้สุ่มตัวอย่างแป้งเพื่อตรวจเช็คเปอร์เซ็นต์แป้งละเอียด และแป้งหยาบที่ปนก่อนและหลังคัด ผลการทดสอบดังตาราง 2-3

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

ความเร็วลม (m/s)	น้ำหนักแป้งก่อนคัด (กรัม)	แป้งละเอียดที่คัดได้เฉลี่ย (กรัม)	ปนกับแป้งหยาบที่จะนำไปบดใหม่ (กรัม)	สูญเสียออกปล่องระบายลม (กรัม)	ประสิทธิภาพการคัดแป้งละเอียด (%)	สูญเสียออกปล่องระบายลม (%)
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	0.29
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 ในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว ความชื้น 9% ความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีกว่าความเร็วลมอื่นๆ เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดแป้งละเอียดเฉลี่ย 84.04 % สูญเสียออกปล่องระบายลม 0.94% สุ่มก่อนคัดมีแป้ง

หยาบปนเฉลี่ย 11.30% หลังคัดเหลือแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.30% ที่ความสามารถในการทำงานเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งการปนของแป้งหยาบในแป้งละเอียดที่คัดได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.แป้งธัญพืช คือไม่เกิน 2.5 % (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) ส่วนที่ความเร็วลมสูงกว่านี้จะทำให้มีแป้งหยาบปนเกินมาตรฐาน

รูปที่ 21 ทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ.ชัยนาท

แป้งถั่วเขียวก่อนคัด แป้งถั่วเขียวหลังคัด

รูปที่ 22 แป้งถั่วเขียว ที่คัดได้จากเครื่องต้นแบบ

และได้ทำการทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องต้นแบบในการคัดขนาดแป้งบัวหลวง วัดความชื้นแป้งก่อนคัดได้ 8.5% ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งที่ความเร็วลมต่างกัน ทดสอบจำนวน 3 ซ้ำต่อ 1 ความเร็วลม วัตถุดิบที่ใช้ทดสอบคือแป้งบัวหลวง ที่ความสามารถในการทำงานของเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ความเร็วลม (m/s)	น้ำหนักแป้งก่อนคัด (กรัม)	แป้งละเอียดที่คัดได้เฉลี่ย (กรัม)	ปนกับแป้งหยาบที่จะนำไปบดใหม่ (กรัม)	สูญเสียออกปล่องระบายลม (กรัม)	ประสิทธิภาพการคัดแป้งละเอียด (%)	สูญเสียออกปล่องระบายลม (%)
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 จากการคัดแยกด้วยเครื่องแบบตะแกรงร่อนในห้องปฏิบัติการ

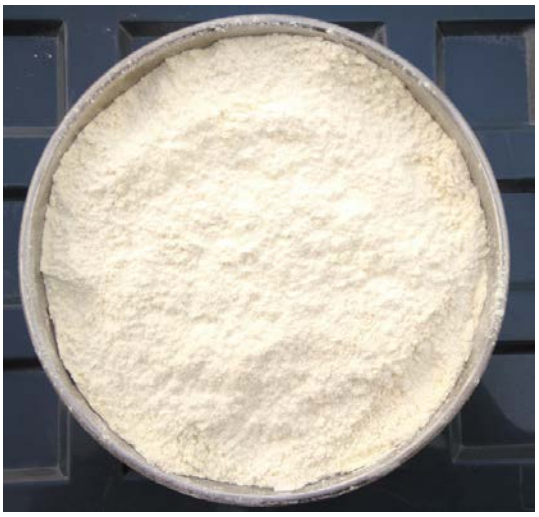
ความเร็วลม (m/s)	ก่อนเข้าคัดเครื่องต้นแบบ เฉลี่ย (%)		หลังคัดเครื่องต้นแบบ เฉลี่ย (%)	
	แป้งละเอียด ≤ 180 ไมครอน	แป้งหยาบ > 180 ไมครอน	แป้งละเอียด ≤ 180 ไมครอน	แป้งหยาบ > 180 ไมครอน
1.50	86.63	13.37	99.67	0.33
2.00	86.53	13.47	99.57	0.43
2.50	86.68	13.32	98.69	1.31
3.00	86.79	13.21	96.68	3.32

หมายเหตุ สุ่มเก็บตัวอย่างแป้งก่อนและหลังคัด ตัวอย่างละ 200 กรัม

ตารางที่ 4 - 5 ผลการทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมในการคัดขนาดแป้งบัวหลวง ความชื้นแป้ง 8.5% ความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีกว่าความเร็วลมอื่นๆ เช่นกัน เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดแป้งละเอียดเฉลี่ย 83.94% สูญเสียออกปล่องระบายลม 1.03% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 13.32% หลังคัดเหลือแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.31% ที่ความสามารถเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งการปนของแป้งหยาบในแป้งละเอียดที่คัดได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือไม่เกิน 2.5 % (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) ส่วนที่ความเร็วลมสูงกว่านี้จะทำให้มีแป้งหยาบปนเกินมาตรฐาน

รูปที่ 23 ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม ในการคัดขนาดแป้งบัวหลวง

แป้งบัวหลวงก่อนคัด



แป้งบัวหลวงหลังคัด

รูปที่ 24 แป้งบัวหลวง ที่คัดได้จากเครื่องต้นแบบ

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม ที่ความเร็วลม 1.5 , 2.0, 2.5 และ 3.0 เมตร/วินาที ในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว และแป้งบัวหลวง ความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด ที่ความสามารถในการทำงานเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ผลทดสอบการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว ที่ความชื้น 9% เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 84.04 % สูญเสียออกช่องระบายลมสะอาด 0.94% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 11.30% หลังคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.30% และผลทดสอบเครื่องในการคัดขนาดแป้งบัวหลวงที่ความชื้น 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) ส่วนที่ความเร็วลมสูงกว่านี้จะทำให้มีแป้งหยาบปนเกินมาตรฐาน จากผลการทดสอบการคัดขนาดแป้งบัวหลวงประสิทธิภาพการคัดจะต่ำกว่าการคัดขนาดแป้งถั่วเขียวเล็กน้อย เนื่องจากแป้งบัวหลวงเม็ดแป้งจะจับตัวกันมากกว่าแป้งถั่วเขียวจึงทำให้ประสิทธิภาพการคัดขนาดลดลง

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยส่วนประกอบหลักคือ 1. ชุดคัดแป้ง มีหน้าที่ในการคัดแยกแป้งละเอียดและแป้งหยาบออกจากกัน 2. พัดลมหอยโข่ง ใช้มอเตอร์ ขนาด ½ แรงม้าเป็นต้นกำลัง ทำหน้าที่สร้างความเร็วลมให้กับชุดคัดแป้ง และส่งแป้งละเอียดไปเก็บไว้ที่ไซโคลน 3. ไซโคลน ทำหน้าที่ดักเก็บแป้งละเอียดที่ได้จากการคัดขนาด 4. ถาดรองแป้งหยาบ ทำหน้าที่รองรับแป้งหยาบที่ได้จากการคัดขนาด 5.ชุดควบคุมความเร็วรอบของพัดลมทำหน้าที่ในการสั่งงานควบคุมความเร็วลมของเครื่องในการคัดขนาด

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม ที่ความเร็วลม 1.5 , 2.0, 2.5 และ 3.0 เมตร/วินาที ในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว และแป้งบัวหลวง ความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด ที่ความสามารถในการทำงานเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ผลทดสอบการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว ความชื้น 9% เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 84.04 % สูญเสียออกช่องระบายลมสะอาด 0.94% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 11.30% หลังคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.30% และผลทดสอบเครื่องในการคัดขนาดแป้งบัวหลวงที่ความชื้น 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) ส่วนที่ความเร็วลมสูงกว่านี้จะทำให้มีแป้งหยาบปนเกินมาตรฐาน ผลการทดสอบการคัดขนาดแป้งบัวหลวงประสิทธิภาพการคัดจะต่ำกว่าการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว เนื่องจากแป้งบัวหลวงเม็ดแป้งจะจับตัวกันมากกว่าแป้งถั่วเขียวจึงทำให้ประสิทธิภาพการคัดขนาดลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามต้นแบบที่จัดสร้างขึ้นยังควรมีการพัฒนาให้ดีขึ้นในเรื่องการสูญเสียแป้งที่ออกไปทางช่องระบายลมสะอาดของไซโคลน และการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องให้สูงขึ้น

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

จะนำต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมแบบไซโคลน ไปถ่ายทอดเผยแพร่ ให้กับเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร ที่สนใจในการผลิตแป้งจากเมล็ดธัญพืช เพื่อลดปัญหาผลิตผลเกษตรล้นตลาด และสร้างการเพิ่มมูลค่าแก่ผลิตผลเกษตร

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.ปทุมธานี และศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ในการสร้างและทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทดสอบเครื่องให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

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

เซียวเฮงฮวด. 2557. เครื่องร่อนแป้งแบบตะแกรงโยก. เซียวเฮงฮวด. 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 (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

GEA Nu-Con Ltd. 2557. เครื่องร่อนแป้งแบบโรตารี่. 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 (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)