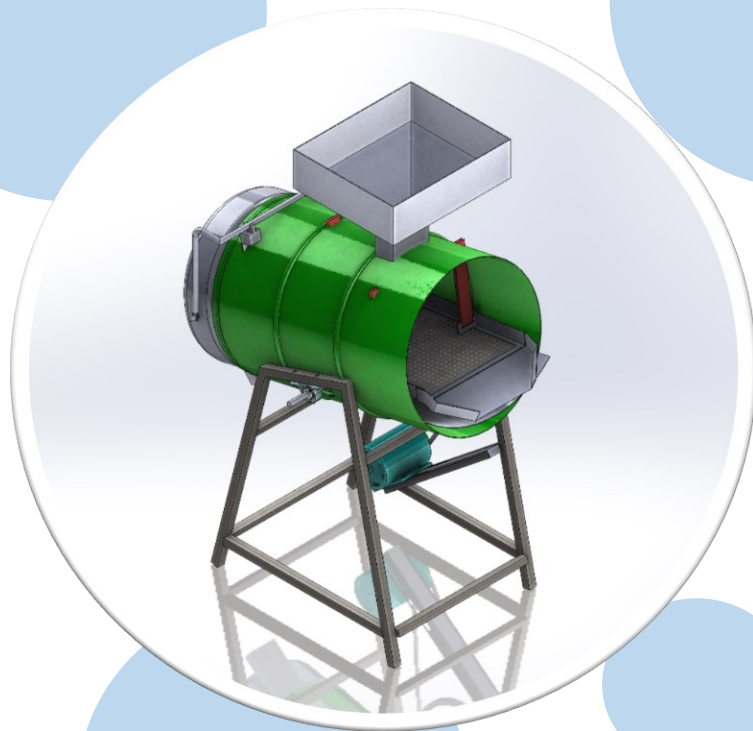




เครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์



นายวิสุทธิ์ เลิศไกร

นางสาวโชติวรรณ พัฒนจันทร์

นายวุฒิชัย แพงคำรัก

สำนักพัฒนาพื้นที่ปฏิรูปที่ดิน

กลุ่มวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตร



เครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์

กลุ่มวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตร

สำนักพัฒนาพื้นที่ปฏิรูปที่ดิน

สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม

มีนาคม 2565

คำนำ

โครงการศึกษาและพัฒนาเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ได้ดำเนินการวิจัย ภายใต้กลุ่มวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตร สำนักพัฒนาพื้นที่ปฏิรูปที่ดิน โดยดำเนินการวิจัย ตั้งแต่ ตุลาคม 2564 - มีนาคม 2565 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำความสะอาดข้าวเปลือกและนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกที่เหมาะสมกับการใช้งานของเกษตรกรรายย่อย ในการทำการวิจัยนี้จะเริ่มตั้งแต่การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบ วางแผนการทำการทดสอบและเก็บข้อมูล และสรุปผลการทดสอบ

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยชิ้นนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย ตลอดจนเกษตรกร ในเขตปฏิรูปที่ดิน และ ผู้สนใจโดยทั่วไป ที่จะได้ศึกษาและนำเทคโนโลยีทางการเกษตรนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

คณะผู้วิจัย

มีนาคม 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้การศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ เพื่อศึกษาข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำความสะอาดข้าวเปลือก ที่จะนำสู่การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบและทดสอบเก็บข้อมูล โดยออกแบบให้เครื่องมีลักษณะการทำงานแบบพัดลมเป่าผ่านอุโมงค์และมีตะแกรงโยกเพื่อแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวเปลือก ผลการทดสอบพบว่าเครื่องสามารถใช้งานได้ดี โดยทำการทดสอบตามความเร็วลมของเบอร์พัดลม 1, 2 และ 3 ซึ่งมีความเร็วลม 2.54, 3 และ 3.5 เมตรต่อวินาที และทำการทดสอบหาปริมาณความลาดเอียงของตะแกรงโยก เพื่อหามุมเอียงที่เหมาะสมที่สุดของของตะแกรงโยก ในการทดสอบจะใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ กข 41 จำนวน 11 กิโลกรัม ซึ่งเป็นข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาดจำนวน 10 กิโลกรัม มาผสมกับวัสดุเจือปนประเภทเกลบ เศษฟางข้าวและอื่น ๆ จำนวน 1 กิโลกรัม จากการทดลองพบว่ามุมลาดเอียงของตะแกรงโยกที่ 8.06 องศา และความเร็วลมที่ 3.5 เมตรต่อวินาที (พัดลมเบอร์ 3) มีประสิทธิภาพในการคัดแยกข้าวเปลือกมากที่สุด คือ 99.22% ความสามารถการทำงานของเครื่อง 181.82 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการใช้พลังงานต่อปี 514.74 หน่วย ราคาการลงทุนสร้างเครื่องฯ 7,100 บาท หากกำหนดการจ้างแรงงาน 300 บาทต่อวัน ทำงาน 230 วันต่อปี เวลาการทำงานวันละ 6 ชั่วโมง เมื่อคิดมูลค่ากำไรจากการรับจ้างในราคา 0.5 บาทต่อกิโลกรัมจะมีจุดคุ้มทุนในระยะเวลา 1.62 เดือน หรือประมาณ 2 เดือน

คำสำคัญ: ข้าวเปลือก, เครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก

Abstract

This research aims to involves and development of a rice screening machine to study information related to cleaning paddy. Lead to design, prototype, and collection of test data. The machine is designed to have a fan blowing through a wind tunnel and a rocking sieve to separate the contaminants from the paddy. The test results showed that the device can be used well. The test was carried out according to the wind speed of fan No. 1, 2 and 3, which had a wind speed of 2.54, 3.00 and 3.50 m/s, respectively. And do a test to find the slope angle of the rocker sieve to find the optimal tilt angle of the rocker grate. In the test, 11 kilograms of RD 41 paddy, which is 10 kilograms of clean paddy, were mixed with 1 kilogram of rice husk impurities, rice straw, and others. From the test, it was found that the slope angle of the sieve at 8.06 degrees and the wind speed of 3.5 m/s (the wind speed of fan No.3) were the most effective in screening the paddy, 99.22%. The working capacity of the machine is 181.82 kg per hour. The energy consumption rate is 514.74 units per year, the investment cost for building a machine is 7,100 Baht, if the labor schedule is 300 Baht per day, works 230 days per year, the working time is 6 hours per day, when calculating the profit from the contract at the price of 0.5 Baht per kg. There will be a break-even point in the period of 1.62 months or about 2 months.

Key words: Paddy, a rice screening machine

สารบัญเรื่อง

	หน้า
คำนำ.....	(1)
บทคัดย่อ	(2)
Abstract.....	(3)
สารบัญเรื่อง.....	(4)
สารบัญตาราง.....	(6)
สารบัญภาพ.....	(7)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย.....	(10)
1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากผลการวิจัย.....	2
1.5 แผนการดำเนินการวิจัย.....	3
2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ลักษณะทั่วไปของข้าว.....	4
2.2 วิธีการคัดแยกและทำความสะอาดข้าวเปลือก.....	11
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก.....	20
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	33
3.1 วางแผนกระบวนการวิจัย.....	33
3.2 ขั้นตอน / วิธีดำเนินการ.....	33
3.3 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ.....	35
4 ผลการทดสอบ.....	41
4.1 ผลการสร้างเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์.....	41
4.2 ขั้นตอนการทดสอบและผลการทดสอบ.....	42

สารบัญเรื่อง

	หน้า
4.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน.....	49
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	51
5.1 สรุปและอภิปรายผล.....	51
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	52
บรรณานุกรม.....	53
ภาคผนวก	55

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางแผนการดำเนินงานวิจัย.....	3
2.1 แสดงลักษณะรูปร่างของเมล็ดข้าว (อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง).....	6
2.2 ตัวอย่างคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ดีทางกายภาพ.....	6
2.3 ข้าวและสิ่งที่มีปนได้ในข้าวเปลือกสดของข้าวไทย.....	8
2.4 ข้าวและสิ่งที่มีปนได้ในข้าวเปลือกข้าวเจ้าแห่งของข้าวไทย.....	8
2.5 ข้าวและสิ่งที่มีปนได้ในข้าวเปลือกข้าวเหนียวแห่งของข้าวไทย.....	9
2.6 ชั้นคุณภาพข้าวเปลือกของข้าวไทยตามความยาวของข้าวกล้อง และเกณฑ์ยอมรับ.....	9
2.7 ลักษณะต่าง ๆ ทางกายภาพและเครื่องจักรที่ใช้ในการคัดแยก.....	13
2.8 ข้อดี – ข้อด้อยของการส่งกำลังด้วยสายพาน.....	20
2.9 ระยะกวดจมสำหรับปรับการตั้งสายพานวี.....	26
2.10 ค่าคงที่ C เพื่อหาเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยสำหรับสายพานร่อน B.....	29
4.1 ผลการทดสอบหาความเร็วลมที่เหมาะสม ที่มุมเอียงของตะแกรงโยก 10.01 องศา.....	43
4.2 ผลการทดสอบหามุมเอียงของตะแกรงโยกที่เหมาะสม ที่ความเร็วลม 3.5 m/s.....	44
4.3 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์.....	50
<u>ภาคผนวก</u>	
ผ.1 รายการวัสดุอุปกรณ์สำหรับสร้างเครื่องชุดร่อนวางท่อเกษตร.....	56

สารบัญภาพ

รูปภาพที่	หน้า
2.1 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าว.....	5
2.2 รูปร่างของเมล็ดข้าว.....	6
2.3 ลักษณะข้าวเปลือกที่ยังไม่ผ่านการคัดขนาดและทำความสะอาด.....	7
2.4 ลักษณะพันธุ์ข้าว กข 41.....	10
2.5 การคัดแยกข้าวเปลือกโดยใช้ลม (เครื่องสีผัดข้าว).....	11
2.6 การคัดแยกข้าวเปลือกโดยใช้น้ำเกลือ.....	12
2.7 แสดงการใช้แม่เหล็กในการคัดแยกสิ่งเจือปนที่เป็นเหล็กออก.....	12
2.8 เครื่องคัดแยกด้วยตะแกรงและลม (Air screen cleaner).....	14
2.9 รูปตะแกรงลักษณะรูปแบบต่าง ๆ.....	16
2.10 เครื่องคัดแยกด้วยความถี่จำเพาะ.....	17
2.11 เครื่องคัดแยกและทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบตะแกรงโยก.....	18
2.12 เครื่องคัดแยกและทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบตะแกรงโยกและลมเป่า.....	19
2.13 เครื่องคัดแยกและทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบตะแกรงกลมหมุนและลมเป่า.....	19
2.14 การวางข้อส่งกำลังของสายพานแบบปกติ.....	21
2.15 การใช้งานสายพานกลม.....	21
2.16 การส่งถ่ายกำลังด้วยสายพานวี.....	22
2.17 ลักษณะโครงสร้างสายพานวี.....	23
2.18 ลักษณะสายพานวีหน้าตัดปกติ.....	23
2.19 ลักษณะสายพานวีหน้าตัดแคบ.....	24
2.20 ลักษณะสายพานวีหน้าตัดแคบท้องพื้นเป็นซี่.....	24
2.21 ลักษณะสายพานวีหน้าตัดวีคู่.....	25
2.22 ลักษณะสายพานวีแบบหลายแถว.....	25
2.23 ลักษณะสายพานไทมิ่ง หรือ สายพานชิงโครนัส.....	26
2.24 การปรับความตึงสายพานวี.....	27
2.25 โค้ดสัญลักษณ์สายพานวีมาตรฐาน ISO.....	28
2.26 โค้ดสัญลักษณ์สายพานวีมาตรฐานอังกฤษ.....	28

สารบัญภาพ

รูปภาพที่	หน้า
2.27 การหาค่าเฉลี่ยของมู่เล่สายพานวี.....	28
2.28 มู่เล่รื่องวี V-Pulley.....	30
2.29 มู่เล่ไทม์มิ่ง Timing Pulley.....	31
3.1 สรุปขั้นตอนการศึกษาและพัฒนาเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก.....	34
3.2 แสดงชุดโครงสร้างหลักในส่วนของชุดขาตั้งเครื่อง.....	35
3.3 แสดงการติดตั้งตะแกรง.....	36
3.4 แสดงการติดตั้งตะแกรงโยกชั้นที่ 1.....	36
3.5 เพลาลูกเบี้ยว.....	37
3.6 แสดงบริเวณที่ติดตั้งชุดพัดลม.....	37
3.7 ระบบส่งกำลังให้เพลาลูกเบี้ยว.....	38
3.8 แสดงการสร้างประกอบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ต้นแบบ.....	39
3.9 เครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ต้นแบบ.....	40
4.1 รายละเอียดเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ (ต้นแบบ).....	41
4.2 ข้าวเปลือกที่ยังไม่ผ่านการทำความสะอาดที่ใช้ในการทดสอบ.....	43
4.3 การทดสอบหาความเร็วลมที่เหมาะสม ที่มุมลาดเอียงของตะแกรงโยก 10.01 องศา.....	44
4.4 สิ่งเจือปนที่ถูกทำความสะอาดออกจากเครื่อง.....	44
4.5 ลักษณะข้าวเปลือกที่มากองบริเวณด้านหน้าตะแกรงโยก.....	47
4.6 ลักษณะข้าวเปลือกที่มากองบริเวณด้านหลังตะแกรงโยก.....	47
4.7 สิ่งเจือปนที่ติดค้างบนตะแกรงโยก.....	48
4.8 ลักษณะการกระจายตัวของข้าวเปลือก ที่มุมเอียงตะแกรงโยก 8.06 องศา.....	48
<u>ภาคผนวก</u>	
ผ.1 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นปก.....	57
ผ.2 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 1.....	58
ผ.3 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 2.....	59
ผ.4 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 3.....	60
ผ.5 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 4.....	61

สารบัญภาพ

รูปภาพที่	หน้า
ผ.6 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 5.....	62
ผ.7 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 6.....	63
ผ.8 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 7.....	64
ผ.9 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 8.....	65
ผ.10 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 9.....	66
ผ.11 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 10.....	67

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

สัญลักษณ์และอักษรย่อ

A	แทน	สายพานหน้าตัดฟอร์ม A
C	แทน	ค่าคงที่สำหรับหาเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย
D	แทน	เส้นผ่านศูนย์กลางมู่เล่
d_m	แทน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย
d_{m1}	แทน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยล้อขับ
d_{m2}	แทน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยล้อตาม
hr.	แทน	ชั่วโมง
i	แทน	อัตราทด
ISO	แทน	International Organization for Standardization, องค์การมาตรฐานสากล
kg	แทน	กิโลกรัม
L	แทน	ความยาวของสายพาน
La	แทน	ความยาววัดขอบนอกของสายพาน
m/s	แทน	เมตรต่อวินาที
n_1	แทน	ความเร็วรอบล้อขับ
n_2	แทน	ความเร็วรอบล้อตาม
R	แทน	ระยะห่างระหว่างเพลามู่เล่ตัวขับและตัวตาม
rpm	แทน	รอบต่อนาที
W	แทน	วัตต์ (หน่วยไฟฟ้า)
ซม.	แทน	เซนติเมตร (หน่วยวัด)
ม.	แทน	เมตร (หน่วยวัด)
มม.	แทน	มิลลิเมตร (หน่วยวัด)
]ลบ.ม.	แทน	ลูกบาศก์เมตร (หน่วยวัด)
ส.ป.ก.	แทน	สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ข้าว เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและเกี่ยวเนื่องกับเกษตรกรส่วนใหญ่ของประเทศ เกษตรกรแทบทุกครัวเรือนหากมีพื้นที่เหมาะสมจะมีพื้นที่ส่วนหนึ่งปลูกข้าวไว้บริโภค ในปัจจุบันการผลิตข้าวเปลี่ยนวัตถุประสงค์ไปจากเดิม จากการเพาะปลูกเพื่อการบริโภคมาเป็นการปลูกเพื่อการค้าขายมากขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคกลางจะพบว่าการทำงานจะมีทั้งนาปรังและนาปี แต่อาชีพทำนายังประสบกับปัญหาราคาข้าวตกต่ำส่งผลให้ได้ผลตอบแทนต่ำตามมา ยังมีเกษตรกรบางพื้นที่ได้ปรับตัวให้อยู่รอดกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นโดยการแปรรูปข้าวขายเป็นข้าวสารทำให้ได้รับรายได้มากขึ้นตามมา ในกระบวนการผลิตข้าวมีการนำเทคโนโลยีและเครื่องจักรกลการเกษตรมาช่วยในการผลิตเพิ่มมากขึ้น เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนด้านแรงงานภาคการเกษตรโดยเฉพาะกระบวนการผลิตในด้านการเก็บเกี่ยว เกษตรกรนิยมใช้รถเกี่ยวขนาดข้าวในการปฏิบัติงาน เพราะสามารถเก็บเกี่ยวได้อย่างรวดเร็วทันต่อเวลาลดเวลาในการทำงาน เนื่องจากได้หลายขั้นตอนอยู่ในเครื่องเดียวโดยเกี่ยวและนวดในครั้งเดียว แต่ในการปฏิบัติงานของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวจะพบสิ่งเจือปน ได้แก่ เศษฟาง เมล็ดข้าวลีบ เศษหิน ดินทราย เมล็ดวัชพืช เจือปนเพิ่มมากขึ้นตามมามากด้วย เนื่องด้วยความสามารถการทำงานของเครื่องจักรในการเก็บเกี่ยวที่สูง จึงเป็นจุดด้อยในการกำจัดสิ่งเจือปนที่ปะปนมาพร้อมกับเมล็ดข้าว เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใช้แรงงานคนและเครื่องนวด เกษตรกรจึงต้องหาวิธีการจัดการกับสิ่งเจือปนเหล่านี้ก่อนนำไปเก็บรักษา หรือขายให้กับโรงสี หรือลานรับซื้อข้าว เพื่อให้ได้ข้าวเปลือกมีคุณภาพดี ซึ่งส่งผลกระทบต่อราคาในการรับซื้อเมล็ดข้าวเปลือกด้วยเช่นกัน ในการทำความสะอาดข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยว เกษตรกรทำความสะอาดข้าวเปลือกโดยนำข้าวเปลือกมาผ่านการคัดแยกด้วยมือด้วยใช้กระดังงัดฟัด หรือใช้เครื่องสีฟัดเป็นเครื่องทุ่นแรงเพื่อนำสิ่งเจือปนออกจากข้าวเปลือก ซึ่งการทำความสะอาดดังกล่าว มีการใช้แรงงานคนและระยะเวลาการทำงานค่อนข้างมาก อีกทั้งยังไม่สามารถคัดสิ่งเจือปนทำให้ข้าวเปลือกบริสุทธิ์ โดยเฉพาะสิ่งเจือปนที่มีขนาดและน้ำหนักใกล้เคียงกับเมล็ดข้าวเปลือก

ในการลงพื้นที่เขตปฏิรูปที่ดินของเจ้าหน้าที่ทั้งจาก ส.ป.ก. ส่วนกลางและ ส.ป.ก. จังหวัดได้รับทราบข้อมูลและได้รับทราบปัญหาจากเกษตรกร ซึ่งปัจจุบันมีการรวมกลุ่มจัดตั้งเป็นสหกรณ์หรือวิสาหกิจกระจายไปแทบทุกจังหวัด มีการผลิตข้าวอินทรีย์หรือข้าวปลอดภัยและแปรรูปเป็นข้าวสารขายเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตข้าว แต่ในการสีข้าวมักพบปัญหาสิ่งเจือปนในข้าวเปลือกทำให้ระบบสีข้าวทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ และในกระบวนการทำความสะอาดข้าวเปลือกที่มีประสิทธิภาพในปัจจุบัน

มักจะมากับระบบการสีข้าวขนาดใหญ่ที่มีค่าการลงทุนที่สูงมาก ส่วนเครื่องทำความสะอาดข้าวขนาดเล็กในท้องตลาดปัจจุบันยังไม่แพร่หลายมากนัก และราคาการลงทุนยังเกินกำลังของเกษตรกร จึงมีการเรียกร้องและมีความต้องการเครื่องมืออุปกรณ์ที่สามารถใช้ทำความสะอาดข้าวเปลือกจากเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นแนวทางหนึ่งในการเข้าไปแก้ปัญหาความเดือดร้อนที่เกิดขึ้นกับกลุ่มเกษตรกรที่มีการสีข้าวจากการเจือปน กลุ่มวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตร สำนักพัฒนาพื้นที่ปฏิรูปที่ดิน ส.ป.ก. จึงมีแนวคิดในการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ โดยการใช้ตะแกรงโยกคัดแยกวัสดุร่วมกับพัดลมเป่าทำความสะอาดเพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดข้าวเปลือกในการออกแบบมุ่งหวังให้เป็นเครื่องมือที่มีต้นทุนต่ำ กลไกการทำงานไม่ซับซ้อน และสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งคาดหวังจะให้เกษตรกรรายย่อยอย่างแท้จริง

1.2 วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำความสะอาดข้าวเปลือก
- 2.2 เพื่อสร้างต้นแบบเครื่องทำความสะอาดเมล็ดข้าวเปลือกที่เหมาะสมกับการใช้งานของเกษตรกรรายย่อย
- 2.3 เพื่อทดสอบเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ผลการทำงานของเครื่องต้นแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ขอบเขตการศึกษาข้อมูล

- 1) ข้อมูลลักษณะทั่วไปของข้าวและข้าววัชพืช
- 2) การคัดแยกขนาดข้าวเปลือก
- 3) รูปแบบเครื่องทำความสะอาดเมล็ดข้าวเปลือกในท้องตลาดทั่วไป

1.3.2 ขอบเขตการทดสอบและเก็บข้อมูล

ความสามารถในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับ ความบริสุทธิ์ของข้าวเปลือกหลังการทดสอบเปรียบเทียบโดยน้ำหนัก และอัตราการทำงาน หน่วยเป็นนาที่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำความสะอาดเมล็ดข้าวเปลือกของเกษตรกร
- 2) ต้นแบบเครื่องทำความสะอาดเมล็ดข้าวเปลือกที่สามารถใช้งานได้จริง

1.5 แผนการดำเนินการวิจัย

ตารางที่ 1.1 ตารางแผนการดำเนินงานวิจัย

รายละเอียดแผนงาน	ระยะเวลาดำเนินการ					
	พ.ศ. 2564			พ.ศ. 2565		
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับด้านอาชีพของเกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดิน	↔					
2. วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดหัวข้องานวิจัย	↔					
3. วางแผนการวิจัยและกำหนดเป้าหมายวิจัย		↔				
4. จัดหาข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและออกแบบร่างต้นแบบของชิ้นงาน			↔			
5. ออกแบบและจัดทำแบบรูปชิ้นงาน				↔		
6. สร้างชิ้นงานต้นแบบ					↔	
7. ทดสอบเก็บข้อมูล					↔	
8. สรุปผลการทดสอบและจัดทำเล่มวิจัย						↔

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและพัฒนาเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ มีการศึกษาทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

- ลักษณะทั่วไปของข้าว
 - คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว
 - มาตรฐานสินค้าเกษตรข้าวไทย (ข้าวเปลือก)
 - ข้าวพันธุ์ กข 41
- วิธีการทำความสะอาดและคัดแยกข้าวเปลือก
 - รูปแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก
- ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของข้าว

2.1.1 คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว

คุณภาพทางกายภาพ (Grain physical quality) หมายถึง คุณสมบัติภายนอกของเมล็ดที่เห็นได้ง่ายสามารถตรวจสอบด้วยสายตาได้เช่น ชั่ง ตวง วัด การซื้อขายข้าวยังใช้คุณสมบัติเมล็ดข้าวทางกายภาพในการจำแนกเกรดข้าวทุกชนิด ทั้งนี้มีความชัดเจนและตรวจสอบได้รวดเร็วซึ่งจำแนกเป็น

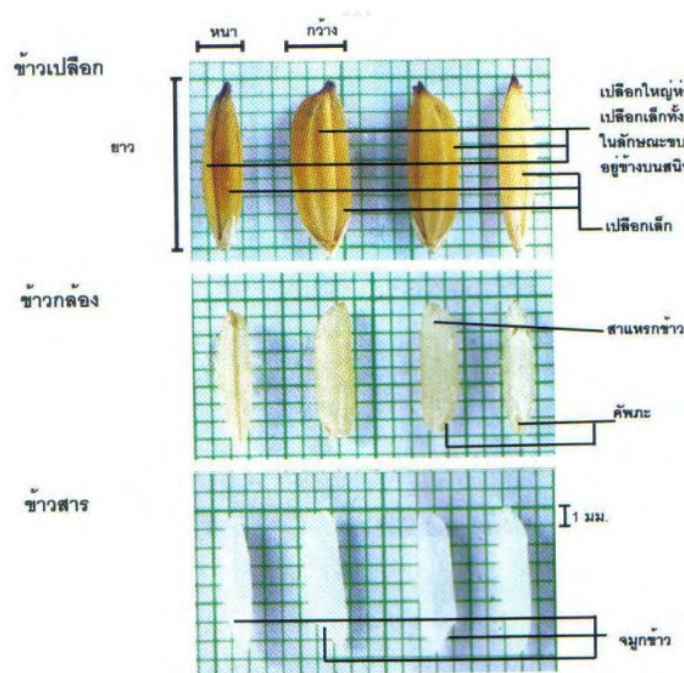
1. น้ำหนักเมล็ด สามารถกำหนดได้ 2 รูปแบบ คือ น้ำหนักต่อปริมาตร เช่น กรัม/ลิตร หรือ กิโลกรัม/ถัง และน้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด เช่น น้ำหนัก 100 เมล็ด หรือน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เป็นต้น น้ำหนักเมล็ดเป็นลักษณะหนึ่งที่ใช้จำแนกพันธุ์ข้าว

2. สีของเมล็ดข้าวเปลือก เป็นลักษณะประจำพันธุ์ ในสมัยก่อนมีส่วนในการตั้งชื่อพันธุ์ข้าว เช่น ขาวพวง ขาวนางเอย เนื่องจากเปลือกมีสีฟางหรือสีขาว หรือเหลืองข้างรั้ว เหลืองหอม เนื่องจากเปลือกมีสีน้ำตาลหรือสีเหลือง เป็นต้น

3. สีข้าวกล้อง เมื่อกะเทาะเปลือกข้าวออกจะพบข้าวกล้องที่มีสีขาเป็นส่วนใหญ่นอกจากนี้ข้าวบางพันธุ์มีข้าวกล้องสีแดงหรือสีม่วงจนเกือบดำ ข้าวกล้องที่มีสีเหล่านี้ถือเป็นข้าวคุณภาพเฉพาะ และมักนิยมบริโภคเพื่อวัตถุประสงค์ทางด้านโภชนาการ หรือเป็นขนมหวาน เช่น ข้าวแดง ข้าวเหนียวดำ ข้าวกล้องที่มีสีนี้หากเป็นส่วนล้นจะมีราคาสูง แต่ถ้าปนในข้าวสารจะทำให้คุณภาพหรือราคาต่ำลง

4. ขนาดรูปร่างเมล็ด เป็นลักษณะประจำพันธุ์ เพื่อจำแนกพันธุ์ข้าว และใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการซื้อขายข้าวของประเทศไทย โดยวัดขนาดจากความยาว วัดรูปร่างจากอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง และการวัดความหนาของเมล็ด (แสดงดังรูปภาพที่ 2.1) ได้ดังนี้

ความยาวเมล็ด	หมายถึง	ระยะทางจากปลายยอดสุดเมล็ดถึงโคนเมล็ด
ความกว้างของเมล็ด	หมายถึง	ระยะทางส่วนที่กว้างที่สุดของเมล็ดระหว่างเปลือกใหญ่ (Lemma) ถึงเปลือกเล็ก (Palea)
ความหนาของเมล็ด	หมายถึง	ระยะทางที่มากที่สุดระหว่างเปลือกด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง



รูปภาพที่ 2.1 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าว

(ที่มา: อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

ลักษณะรูปร่างของเมล็ดข้าว ประเมินจากความยาวต่อความกว้าง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวกล้อง ข้าวสาร และข้าวเปลือก รูปร่างของเมล็ดข้าวสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ เรียว ปานกลาง ป้อม (USDA, 1982 อ้างถึงใน ไพศาล การถาง, 2556) ซึ่งผลที่ได้จะบอกถึงคุณภาพประสิทธิภาพของการขัดสีข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้องและข้าวสารแต่ละชนิด แสดงตัวอย่างคุณภาพเมล็ดข้าวพันธุ์ดีทางกายภาพ (เครือวัลย์, 2531 อ้างถึงใน ไพศาล การถาง, อ้างแล้ว) ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะรูปร่างของเมล็ดข้าว (อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง)

รูปร่าง	ข้าวเปลือก	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร
เรียวยาว	3.4 หรือ >	3.1 หรือ >	3.0 หรือ >
ปานกลาง	2.3 - 3.3	2.1 - 3.0	2.0 - 2.9
ป้อม	2.2 หรือ <	2.0 หรือ <	1.9 หรือ <

ที่มา: USDA, 1982 อ้างถึงใน ไพศาล การถาง



รูปภาพที่ 2.2 รูปร่างของเมล็ดข้าว

(ที่มา: องค์ความรู้เรื่องข้าว เวอร์ชัน 3.0, กรมการข้าว, www.ricethailand.go.th)

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ดีทางกายภาพ

ลำดับ ที่	ชื่อพันธุ์	สีเปลือก	ความยาว (มม.)	รูปร่าง	ค่าท้องไข	น.น. 100 เมล็ด (กรัม)	น.น เมล็ด/ ปริมาณ (กก./ถัง)
1	กข 1	ฟาง	7.1	เรียวยาว	น้อย	2.66	11.21
2	กข 2	ฟาง	7.4	ค่อนข้างป้อม	ข้าวเหนียว	3.59	10.32
3	กข 3	น้ำตาล	7.5	เรียวยาว	น้อย	2.72	11.51
4	กข 4	น้ำตาลเข้ม	7.3	เรียวยาว	ข้าวเหนียว	2.99	10.25
5	กข 5	ฟางก้นจุด	7.2	เรียวยาว	น้อย	2.34	10.74
6	กข 6	น้ำตาล	7.2	เรียวยาว	ข้าวเหนียว	2.70	10.48
7	กข 7	ฟาง	7.2	เรียวยาว	น้อย	2.82	11.04

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อพันธุ์	สีเปลือก	ความยาว (มม.)	รูปร่าง	ค่าทองไข	น.น. 100 เมล็ด (กรัม)	น.น เมล็ด/ ปริมาณ (กก./ถัง)
8	กข 8	น้ำตาล	7.1	ค่อนข้างป้อม	ข้าวเหนียว	3.36	10.54
9	กข 9	ฟาง	7.2	เรียวยาว	น้อย	2.68	11.08
10	กข 10	ฟาง	7.6	เรียวยาว	ข้าวเหนียว	3.07	10.12
11	เหมยนอง 62	ฟางกระน้ำตาล	6.7	ค่อนข้างป้อม	ข้าวเหนียว	3.17	10.54
12	ขาวดอกมะลิ 105	ฟาง	7.4	เรียวยาว	น้อย	2.77	10.64
13	เหลืองใหญ่ 148	น้ำตาล	7.3	เรียวยาว	น้อย	3.17	11.27
14	เหนียวสันป่าตอง	น้ำตาล	7.2	เรียวยาว	ข้าวเหนียว	2.96	10.16

ที่มา: เครือวัลย์, 2531 อ้างถึงใน ไพศาล การถาง, อ้างแล้ว

2.1.2 มาตรฐานสินค้าเกษตรข้าวไทย (ข้าวเปลือก)

มาตรฐานข้าวไทย (Thai rice) แบ่งประเภทข้าวไทยเป็น 3 ประเภทตามระดับการแปรสภาพข้าว คือ ข้าวเปลือก ข้าวกล้อง ข้าวขาวและข้าวเหนียวขาว ในการศึกษาครั้งนี้เป็นมุ่งเน้นการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพทางกายภาพของข้าวเปลือกเป็นหลัก ผลการศึกษาพบว่า

ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ. 4004-2560) ข้าวไทย (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2560) ได้นิยามความหมายของข้าวเปลือก (Paddy or rough rice or unhusked rice) หมายถึง ข้าวที่ยังไม่ได้กะเทาะเอาเปลือกออก โดยแบ่งออกเป็น 1) ข้าวเปลือกสด (Wet paddy or wet unhusked rice) หมายถึง ข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวและนวดทันทีโดยไม่ผ่านกระบวนการลดความชื้น 2) ข้าวเปลือกแห้ง (Dry paddy or dry unhusked rice) หมายถึง ข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการลดความชื้นจนมีค่าความชื้นไม่เกิน 15 %



รูปภาพที่ 2.3 ลักษณะข้าวเปลือกที่ยังไม่ผ่านการคัดขนาดและทำความสะอาด

คุณภาพข้าวเปลือกของข้าวไทยตามมาตรฐานต้องมีคุณลักษณะเฉพาะ ดังต่อไปนี้

- 1) มีความชื้นไม่เกิน 15% กรณีข้าวเปลือกที่จะนำไปเก็บรักษาจะต้องมีความชื้นไม่เกิน 14%
- 2) กรณีข้าวเปลือกแห้ง ให้มีคุณภาพการขัดสีได้ข้าวเต็มและตันข้าวของข้าวขาวตั้งแต่ 34% ขึ้นไป โดยน้ำหนัก
- 3) มีข้าวและวัตถุอื่นที่อาจมีปนในข้าวเปลือกสด ไม่เกินตามที่ระบุในตารางที่ 2.3
- 4) มีข้าวและวัตถุอื่นที่อาจมีปนได้ในข้าวเปลือกแห้ง ไม่เกินตามที่ระบุในตารางที่ 2.4 และ 2.5

ตารางที่ 2.3 ข้าวและสิ่งที่มีปนได้ในข้าวเปลือกสดของข้าวไทย

ข้าวและสิ่งที่มีปนได้	เกณฑ์การยอมรับ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	หมายเหตุ
ข้าวเมล็ดสี	≤ 1.0	ทดสอบจากข้าวกล้อง
ข้าวเมล็ดสีรวมวัตถุอื่น	≤ 2.0	ทดสอบจากข้าวเปลือก/หรือข้าวกล้อง
ข้าวเมล็ดอ่อน	≤ 6.0	ทดสอบจากข้าวเปลือก/หรือข้าวกล้อง

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2560)

ตารางที่ 2.4 ข้าวและสิ่งที่มีปนได้ในข้าวเปลือกข้าวเจ้าแห้งของข้าวไทย

ข้าวและสิ่งที่มีปนได้	เกณฑ์การยอมรับ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	หมายเหตุ
ข้าวเปลือกข้าวเจ้าแห้ง		
ข้าวเมล็ดสี	≤ 1.0	ทดสอบจากข้าวกล้อง
ข้าวเมล็ดเหลือง	≤ 1.0	ทดสอบจากข้าวกล้อง/หรือข้าวขาว
ข้าวเมล็ดเสีย	≤ 1.0	ทดสอบจากข้าวกล้อง/หรือข้าวขาว
ข้าวเมล็ดสีรวมวัตถุอื่น	≤ 2.0	ทดสอบจากข้าวเปลือก/หรือข้าวกล้อง
ข้าวเมล็ดอ่อน	≤ 6.0	ทดสอบจากข้าวเปลือก/หรือข้าวกล้อง
ข้าวเมล็ดท้องไข	≤ 7.0	ทดสอบจากข้าวขาว
ข้าวเหนียว	≤ 2.0	ทดสอบจากข้าวเปลือก และ/หรือข้าวกล้อง และ/หรือข้าวขาว

ตารางที่ 2.5 ข้าวและสิ่งที่มีปนได้ในข้าวเปลือกข้าวเหนียวแห้งของข้าวไทย

ข้าวและสิ่งที่มีปนได้	เกณฑ์การยอมรับ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	หมายเหตุ
ข้าวเปลือกข้าวเหนียวแห้ง		
ข้าวเมล็ดสี	≤ 1.0	ทดสอบจากข้าวกล้อง
ข้าวเมล็ดเหลือง	≤ 1.0	ทดสอบจากข้าวกล้อง/หรือข้าวขาว
ข้าวเมล็ดเสีย	≤ 1.0	ทดสอบจากข้าวกล้อง/หรือข้าวขาว
ข้าวเมล็ดลีบรวมวัตถุอื่น	≤ 2.0	ทดสอบจากข้าวเปลือก/หรือข้าวกล้อง
ข้าวเมล็ดอ่อน	≤ 6.0	ทดสอบจากข้าวเปลือก/หรือข้าวกล้อง
ข้าวเจ้า	≤ 5.0	ทดสอบจากข้าวเปลือก และ/หรือข้าวกล้อง และ/หรือข้าวขาว

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (อ้างแล้ว)

มาตรฐานข้าวไทย ได้แบ่งชั้นคุณภาพข้าวเปลือกของข้าวไทยโดยการวัดความยาวของข้าวกล้อง ออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ตามที่ระบุในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ชั้นคุณภาพข้าวเปลือกของข้าวไทยตามความยาวของข้าวกล้อง และเกณฑ์ยอมรับ

ประเภท	ความยาวเมล็ดข้าวกล้อง			
	≥ 7.2 มม.	6.8 - <7.2 มม.	<6.8 – 6.4 มม.	<6.4 มม.
ข้าวเปลือกชั้นคุณภาพที่ 1	≥ 75%	-	≤ 5%	≤ 5%
ข้าวเปลือกชั้นคุณภาพที่ 2	≥ 20%	-		≤ 10%
ข้าวเปลือกชั้นคุณภาพที่ 3	-			≤ 50%

หมายเหตุ: การทดสอบพิจารณาเฉพาะข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหัก ไม่รวมข้าวหัก

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (อ้างแล้ว)

2.1.3 ข้าวพันธุ์ กข 41 (RD41)

ข้าวพันธุ์ กข 41 (RD41) เป็นพันธุ์ข้าวเจ้า เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่ชลประทานภาคเหนือตอนล่าง เป็นพันธุ์ทางเลือกของเกษตรกรในการป้องกันการแพร่ระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล รายละเอียดของพันธุ์ข้าวมี่ดังนี้ (กรมการข้าว, 2559)

1) ประวัติพันธุ์ ข้าวพันธุ์ กข 41 ได้จากการผสม 3 ทางระหว่างลูกผสมชั่วที่ 1 ของ CNT85059-27-1-3-2 และสุพรรณบุรี 60 นำไปผสม RP217-635-8 ที่สถานีทดลองข้าวชัยนาทในฤดูนาปี 2539 ปลูกชั่วอายุที่ 1 ในฤดูนาปี 2540 และปลูกคัดเลือกชั่วอายุที่ 2 และ 3 จนได้เมล็ดชั่วอายุ

ที่ 4 ที่สถานีทดลองข้าวชัยนาท จากนั้นนำไปปลูกข้าวอายุที่ 5 – 6 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ตั้งแต่ฤดูนาปรัง 2541 ถึง ฤดูนาปรัง 2542 จนได้สายพันธุ์ CNT96028-21-1-PSL-1-1 ปลูกศึกษาพันธุ์ฤดูนาปรัง 2543 และเปรียบเทียบผลผลิตในสถานีฤดูนาปี 2544 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก

2) การรับรองพันธุ์ คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ข้าว กรมการข้าว มีมติรับรองพันธุ์ชื่อกข 41 เพื่อแนะนำให้เกษตรกรปลูก เมื่อวันที่ 17 กันยายน 2552

3) ลักษณะประจำพันธุ์

- เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ความสูงประมาณ 104 เซนติเมตร
- กอตั้ง ต้นแข็ง ใบและกาบใบสีเขียว ใบธงตั้งตรง คอรวงโผล่พ้นจากกาบใบธงเล็กน้อย ยอดเกสรตัวเมียสีขาว

- เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง เปลือกเมล็ดมีขนสั้น รูปร่างเรียวยาว
- เมล็ดข้าวเปลือก ยาว x กว้าง x หนา ประมาณ 10.10 x 2.5 x 2.0 มิลลิเมตร
- เมล็ดข้าวกล้อง ยาว x กว้าง x หนา ประมาณ 7.7 x 2.2 x 1.8 มิลลิเมตร
- ปริมาณอมิโลสสูง (27.5%)
- คุณภาพการสีดีได้ข้าวเต็มเมล็ด
- ระยะพักตัวของเมล็ดพันธุ์ประมาณ 9 – 10 สัปดาห์

4) ผลผลิต ประมาณ 722 กิโลกรัมต่อไร่



รูปภาพที่ 2.4 ลักษณะพันธุ์ข้าว กข 41

ที่มา: กรมการข้าว (อ้างแล้ว)

2.2 วิธีการคัดแยกและทำความสะอาดข้าวเปลือก

โดยปกติข้าวเปลือกที่ผ่านการกระบวนการเกี่ยวนวด มักจะพบสิ่งอื่น ๆ เจือปนอยู่ เช่น เมล็ดพืชอื่น ๆ เมล็ดวัชพืช เมล็ดข้าวที่เสียหาย ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของข้าว เช่น ส่วนใบ ลำต้น กระจัง เมล็ดข้าวลีบ ข้าวไม่สมบูรณ์ ตลอดจนวัตถุอื่น ๆ เช่น กรวด หิน ทราย เศษดิน เป็นต้น ซึ่งสิ่งปะปนเหล่านี้ ส่วนใหญ่มาจากแปลงนา แต่มีบางอย่างอาจปะปนมาจากเครื่องมือ เครื่องใช้รวมทั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและขั้นตอนการนวดข้าว สิ่งเจือปนเหล่านี้จะต้องถูกกำจัดออกให้หมดหรือให้มากที่สุด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับข้าวในขณะเก็บรักษา รวมทั้งป้องกันไม่ให้สิ่งปะปน เช่น เศษโลหะ ก้อนหิน ทำความเสียหายกับเครื่องสีข้าวหรืออุปกรณ์อื่น ๆ เมื่อนำข้าวไปแปรรูปหรือใช้ประโยชน์

หลักการคัดแยกและทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ จะอาศัยความแตกต่างในเรื่องลักษณะทางกายภาพของเมล็ด

การคัดแยกและทำความสะอาดข้าวเปลือกมีกรรมวิธีการคัดแยกได้หลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น

1) การคัดแยกโดยใช้ลม (Pneumatic separation) จะใช้หลักการความแตกต่างของน้ำหนัก รูปร่าง ขนาด และความต้านทานต่ออากาศเนื่องจากผิวของวัสดุ มาเป็นปัจจัยในการคัดแยก อากาศที่ใช้แยกมาจากพัดลมที่สามารถควบคุมปริมาณลมได้ การคัดแยกนิยมทำในแนวดิ่ง โดยลมหรืออากาศจะถูกบังคับให้ผ่านข้าวเปลือกที่ไหลเข้าไปในทางเดินของกระแสลม ข้าวเปลือกที่มีน้ำหนักมากจะร่วงลงมาด้านล่าง ส่วนข้าวเปลือกที่มีน้ำหนักเบาจะถูกเป่าหรือพัดออกไป ยกตัวอย่างเครื่องมือและอุปกรณ์ เช่น เครื่องสีฟัดข้าว เป็นต้น



รูปภาพที่ 2.5 การคัดแยกข้าวเปลือกโดยใช้ลม (เครื่องสีฟัดข้าว)

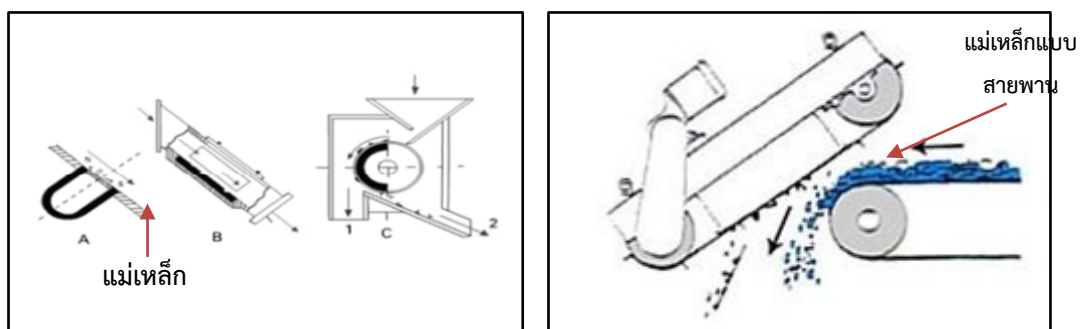
2) การคัดแยกโดยใช้น้ำเกลือ เป็นอีกกรรมวิธีที่เกษตรกรใช้คัดแยกข้าวเปลือกที่จะนำไปใช้เป็นพันธุ์ข้าวสำหรับเพาะปลูก ด้วยวิธีการนำเกลือแกงละลายในน้ำเปล่าให้ความเข้มข้นของน้ำเกลือสามารถทำให้ไขโคลอยพ้นจากน้ำได้เท่าขนาดเหรียญ 10 บาท จากนั้นเทข้าวเปลือกและกวนข้าวเปลือกให้จมลงในน้ำเกลือ พันธุ์ข้าวที่ลอยบนผิวน้ำจะถูกช้อนออกเนื่องจากเป็นเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์

เมล็ดพันธุ์ที่จมอยู่ด้านล่างจะถูกนำออกมาทำการล้างน้ำธรรมดาด้วยความรวดเร็ว การคัดแยกด้วยน้ำลักษณะนี้ ต้องทำในช่วงก่อนการเพาะปลูกเท่านั้นเนื่องจากเมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงจึงไม่สามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ได้นาน



รูปภาพที่ 2.6 การคัดแยกข้าวเปลือกโดยใช้น้ำเกลือ

3) การคัดแยกใช้แม่เหล็ก เป็นการคัดแยกสิ่งเจือปนที่เป็นผงเหล็ก เศษเหล็ก ออกจากข้าวเปลือกโดยใช้แม่เหล็กในการคัดแยก (Magnetic Separator) หลักการ คือ ข้าวเปลือกจะถูกลำเลียงตัวผ่านบริเวณที่ติดตั้งแม่เหล็กคัดแยก ผงเหล็กและเศษเหล็กจะถูกแม่เหล็กดูดและถูกนำออกจากเครื่องเป็นช่วง ๆ ด้วยแรงงานคนหรือระบบอัตโนมัติ การคัดแยกประเภทนี้มักพบในโรงสีข้าวขนาดใหญ่ที่มีอัตราการกำลังการผลิตสูง และมีราคาเครื่องที่ค่อนข้างแพง



รูปภาพที่ 2.7 แสดงการใช้แม่เหล็กในการคัดแยกสิ่งเจือปนที่เป็นเหล็กออก

4) การคัดแยกโดยใช้ตะแกรง เป็นการใช้ตะแกรงที่มีช่องเปิดหรือแผ่นเจาะรูให้มีขนาดเท่ากับขนาดของข้าวเปลือกที่คัดแยกตามเกณฑ์ที่ต้องการ ข้าวเปลือกหรือสิ่งปะปนที่มีขนาดใหญ่กว่าจะค้างอยู่บนตะแกรง ข้าวเปลือกที่มีขนาดเล็กกว่าจะหลุดรอดตะแกรงได้ ลักษณะของตะแกรงเป็นแผ่นแบนที่เรียงต่อกันเป็นชุด หรือเรียงซ้อนกันเป็นชั้นมีรูเปิดไล่ขนาดกัน เพื่อให้คัดได้หลายขนาด การคัดแยกด้วยตะแกรง มีการใช้แรงงานกลเขย่าโยก หรือหมุนให้ข้าวเปลือกเคลื่อนที่ การคัดแยกด้วยตะแกรง

เหมาะสำหรับวัตถุดิบที่มีขนาดเล็ก ทนต่อแรงกระแทกได้ดี ได้แก่ ข้าวเปลือก ถั่วเมล็ดแห้ง กระเทียม เมล็ดกาแฟ โกโก้ เป็นต้น

2.2.1 รูปแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก

วันชัย จันทร์ประเสริฐ (2542) ได้กล่าวถึงหลักการในการคัดแยกและทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ จะอาศัยความแตกต่างในเรื่องลักษณะทางกายภาพของเมล็ด เช่น ขนาด น้ำหนัก รูปร่าง ลักษณะผิว (Surface texture) สี การดูดซับน้ำหรือของเหลว (Affinity for liquid) และคุณสมบัติการนำไฟฟ้า โดยทั่วไปการใช้เครื่องจักรเพียงชนิดเดียว ไม่สามารถแยกทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ได้ โดยสมบูรณ์ เนื่องจากความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพในเมล็ดแต่ละกอง (Lot) มีหลายลักษณะ ตารางที่ 2.7 แสดงชื่อเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้คัดแยกและทำความสะอาดเมล็ด โดยเครื่องจักรชนิดหนึ่งอาจคัดแยกหรือทำความสะอาดเมล็ดโดยอาศัยความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพมากกว่า 1 ลักษณะ เช่น เครื่องคัดแยกด้วยตะแกรงลม (Air screen cleaner) ซึ่งสามารถคัดแยกได้ตามความแตกต่างของขนาด (โดยตะแกรงขนาดต่าง ๆ) รูปร่าง (โดยอาศัยรูปร่างของรูตะแกรง) และน้ำหนัก (โดยอาศัยพัลลมเป้า) เป็นต้น

ตารางที่ 2.7 ลักษณะต่าง ๆ ทางกายภาพและเครื่องจักรที่ใช้ในการคัดแยก

ลักษณะทางกายภาพของเมล็ด	เครื่องมือที่ใช้ในการคัดแยก
ขนาด (Size)	เครื่องคัดแยกด้วยตะแกรงและลม (Air screen cleaner)
น้ำหนัก, ความถ่วงจำเพาะ (Weight, specific gravity)	เครื่องคัดแยกด้วยคุณสมบัติน้ำหนักจำเพาะ (Specific gravity separator)
ยาว (Length)	เครื่องคัดแยกด้วยจาน (Disc separator) และ เครื่องคัดแยกด้วยกระบอก (Cylinder separator)
รูปร่าง (Shape)	เครื่องคัดแยกด้วยเกลียวสว่าน (Spiral separator)
ลักษณะผิว (Surface texture)	เครื่องคัดแยกด้วยม้วนกำมะหยี่ (Roll mill)
สี (Color)	เครื่องแยกสีไฟฟ้า (Electronic color sorter)
คุณสมบัติการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)	เครื่องคัดแยกด้วยประจุไฟฟ้า (Electrostatic separator)

ที่มา: วันชัย จันทร์ประเสริฐ (อ้างแล้ว)

เครื่องคัดแยกทำความสะอาดข้าวเปลือกที่เกษตรกรรายย่อยนิยมใช้งานในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ เครื่องคัดแยกด้วยตะแกรงและลม (Air screen cleaner) และเครื่องคัดแยกโดยอาศัยความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity separator) เนื่องจากกลไกการทำงานไม่ซับซ้อนและราคาไม่แพง

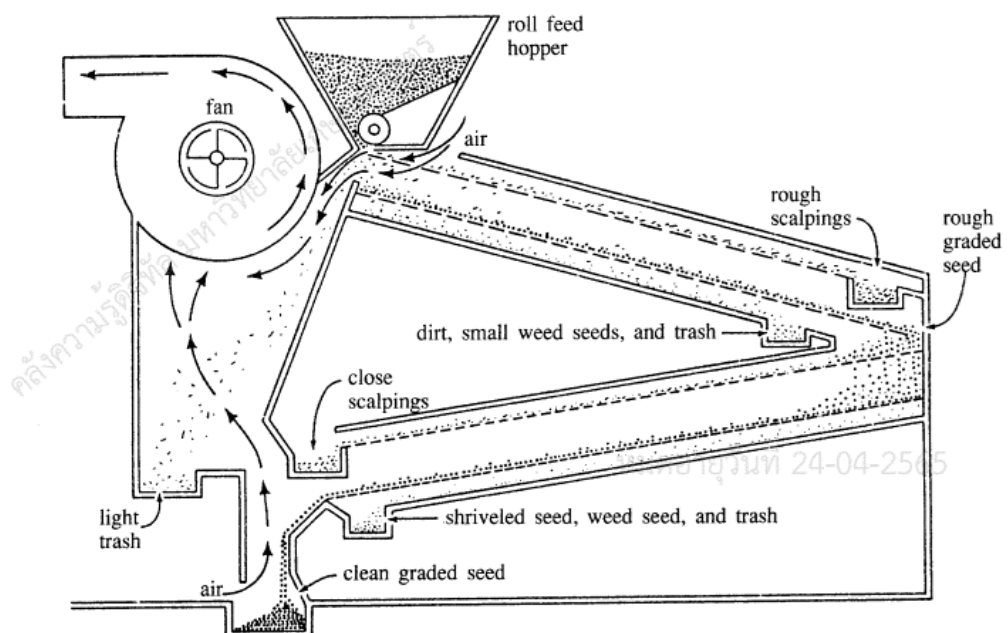
2.2.1.1 เครื่องคัดแยกด้วยตะแกรงและลม (Air screen cleaner)

เครื่องคัดแยกด้วยตะแกรงและลมเป็นที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในการคัดแยกข้าวเปลือกและเมล็ดพืชอื่น ๆ ในการคัดแยกและทำความสะอาดด้วยเครื่องคัดแยกด้วยตะแกรงและลมเป็นการคัดแยกความแตกต่างของขนาดและน้ำหนัก มีหลักการทำงาน ดังนี้

1) Aspiration เป็นการใช้พัดลมเป่าแยกวัตถุที่ไม่พึงประสงค์ที่มีน้ำหนักเบาออกไปจากเมล็ดข้าวเปลือก

2) Scalping เป็นการใช้ตะแกรงที่มีรูขนาดใหญ่กว่าเมล็ดข้าวเปลือก เมื่อเมล็ดผ่านตะแกรงจะลอดรูตะแกรงลงไป ส่วนวัตถุไม่พึงประสงค์ เช่น เศษฟาง ใบไม้ ฯลฯ ที่มีขนาดใหญ่กว่ารูจะเคลื่อนไปบนตะแกรงและถูกแยกทิ้งไป ตะแกรงนี้เรียกว่า Scalper

3) Grading เป็นการใช้ตะแกรงที่มีรูขนาดเล็กกว่าเมล็ดให้เมล็ดผ่านไปบนตะแกรง ส่วนวัสดุไม่พึงประสงค์ที่มีขนาดเล็กกว่าเมล็ดจะลอดผ่านรูตะแกรงและถูกทิ้งไป ตะแกรงนี้เรียก Grader



รูปภาพที่ 2.8 เครื่องคัดแยกด้วยตะแกรงและลม (Air screen cleaner)

ที่มา: วันชัย จันทรประเสริฐ (อ้างแล้ว)

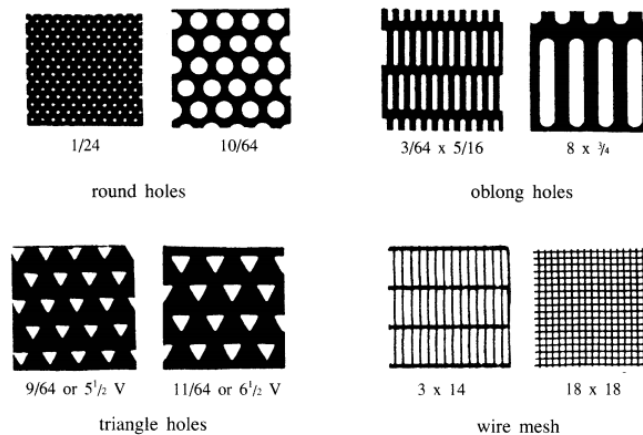
การเลือกใช้ตะแกรงเป็นสิ่งสำคัญในการใช้เครื่องคัดแยกด้วยตะแกรงและลม โดยตะแกรงมีให้เลือกหลายแบบหลายขนาดดังรูปภาพที่ 2.9 ซึ่งตะแกรงจะมีตัวเลขกำกับไว้บ่งบอกถึงขนาดและรูปร่างของรูตะแกรง ลักษณะของการระบุขนาดและรูตะแกรงมีดังนี้

1) รุกกลม (Round opening) จะแสดงขนาดเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของรูตะแกรง รูตะแกรงที่มีขนาดใหญ่กว่า $5.5/64$ นิ้ว จะระบุตัวเลขเพียงตัวเดียว เช่น 6, 7, 8, ..., 72, 80 หมายถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูตะแกรง $6/64, 7/64, \dots, 72/64, 80/64$ ซึ่งมีหน่วยเป็นนิ้ว ส่วนขนาดรูตะแกรงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า $5.5/64$ นิ้ว จะระบุตัวเลขที่เป็นเศษด้วย 1 ตลอดและมีส่วนเป็นนิ้ว มีตั้งแต่ $1/12$ นิ้ว จนถึง $1/25$ นิ้ว

2) รูรี (Oblong opening) จะแสดงขนาดเป็นตัวเลขด้านกว้างและยาว ด้านกว้างใช้ระบบเดียวกับรูกกลมในการแสดงขนาด ส่วนด้านยาวจะแสดงเป็นเศษส่วนของนิ้ว ขนาดของด้านยาวที่ใช้โดยทั่วไปไม่มีที่ขนาด ได้แก่ $1/4, 5/16, 1/2$ หรือ $3/4$ นิ้ว ตัวเลขที่ปรากฏที่ตะแกรงจะเป็นกว้าง $\times$ ยาว ได้แก่ $5.5 \times 3/4, 6 \times 3/4$ หรือ $1/22 \times 1/2$ เป็นต้น

3) รูสามเหลี่ยม (triangular opening) จะแสดงขนาดได้ 2 วิธี คือ แสดงเป็นตัวเลขเศษของส่วน 64 มีหน่วยเป็นนิ้ว เป็นความยาวของสามเหลี่ยมด้านเท่า เช่น 7 Tri., 8 Tri. และ 12 Tri ซึ่งหมายถึง แต่ละด้านของสามเหลี่ยมด้านเท่ามีความยาว $7/64, 8/64$ และ $12/64$ นิ้ว ตามลำดับ และอีกวิธีจะแสดงเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลมที่บรรจุพอดีในรูสามเหลี่ยมนั้น โดยแสดงเป็นเศษของส่วน 64 มีหน่วยเป็นนิ้ว หลังตัวเลขจะตามด้วยอักษร V เช่น 4 V, 5V, 7V เป็นต้น

4) ตะแกรงลวดหรือลวดตาข่าย (Wire mesh screen) มี 2 แบบ คือ แบบตารางจัตุรัส (Square mesh) แสดงขนาดโดยบอกตัวเลขของจำนวนช่องใน 1 นิ้วของแต่ละทิศทาง เช่น ตะแกรงขนาด 9×9 หมายถึงจะมีช่องตะแกรง 9 ช่องต่อ 1 นิ้วในแต่ละทิศทาง ซึ่งมี 27 ขนาด ตั้งแต่ 3×3 ถึง 60×60 ส่วนแบบที่ 2 เป็นแบบตารางสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular mesh) แสดงขนาดโดยบอกตัวเลขของจำนวนช่องใน 1 นิ้วของแต่ละทิศทาง เช่น ตะแกรงขนาด 3×6 คือ ตะแกรงที่มี 3 ช่องต่อ 1 นิ้ว ในหนึ่งทิศทาง และอีก 6 ช่องต่อ 1 นิ้ว ในหนึ่งทิศทาง ซึ่งมี 50 ขนาด เช่น $2 \times 8, 2 \times 12, 3 \times 14, 4 \times 36, 6 \times 14, 18 \times 20, 20 \times 22$ เป็นต้น



รูปภาพที่ 2.9 รูปตะแกรงลักษณะรูปแบบต่าง ๆ
ที่มา: วันชัย จันทรประเสริฐ (อ้างแล้ว)

2.2.1.2 เครื่องคัดแยกโดยอาศัยความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity separator)

เครื่องคัดแยกข้าวเปลือกด้วยความถ่วงจำเพาะ เป็นการคัดแยกเมล็ดพืชหรือสิ่งเจือปนที่มีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกับข้าวเปลือก อาจมีความแตกต่างในด้านน้ำหนักต่อหน่วยและความถ่วงจำเพาะ เช่น ข้าวเปลือกที่ถูกแมลงเจาะทำลาย เมล็ดเน่าเสีย เสื่อมคุณภาพ และเมล็ดลีบ ซึ่งข้าวเปลือกเหล่านี้จะมี ค่าถ่วงจำเพาะต่ำกว่าข้าวเปลือกเต็มเมล็ด เครื่องคัดแยกเมล็ดพืชด้วยความถ่วงจำเพาะ (specific gravity separator) จะใช้หลักการแยกตามความถ่วงจำเพาะของวัสดุขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ ความสามารถในการไหลของวัสดุไปตามพื้นเอียงและการลอยตัวของวัสดุ การแยกวัสดุด้วยวิธีนี้มีความแม่นยำสูง เครื่องแยกความถ่วงจำเพาะประกอบด้วยตะแกรงให้ลมจากพัดลมผ่านได้ ลมจะเป่าวัสดุแยกชั้นตามน้ำหนักของวัสดุ โดยวางลาดเอียงจากด้านป้อนวัสดุเข้ามาด้านที่วัสดุออกและเอียงจากทางซ้ายขึ้นไปขวา ถาดจะเขย่าจากด้านซ้ายไปขวา จากด้านต่ำกว่าไปด้านสูงกว่าเพื่อให้วัสดุที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าซึ่งอยู่ติดกับพื้นเคลื่อนที่ไปด้านที่สูงกว่าวัสดุที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำจะอยู่ชั้นบนและเคลื่อนที่ลงทางด้านหน้าถาดที่ต่ำกว่าตามความลาดเอียง ทำให้วัสดุที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยสุดอยู่ด้านต่ำไล่ขึ้นไปจนวัสดุที่มีความถ่วงจำเพาะสูงสุดอยู่ด้านบนสุด

ส่วนประกอบเครื่องคัดแยกข้าวเปลือกด้วยความถ่วงจำเพาะดังแสดงในรูปภาพที่ 2.10 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- 1) กรอบตัวเครื่อง (Base and frame) เป็นตัวเครื่องที่ปิดบังส่วนต่าง ๆ ภายใน เช่น ห้องลม (Air chest) พัดลม และเป็นตัวรองรับส่วนที่อยู่ด้านบนคือถาดสั่นเมล็ด (Deck)
- 2) พัดลม (Fan) มักติดอยู่ในกรอบตัวเครื่อง ดูดลมจากนอกเครื่องเป่าสู่ห้องลม (Air Chest)

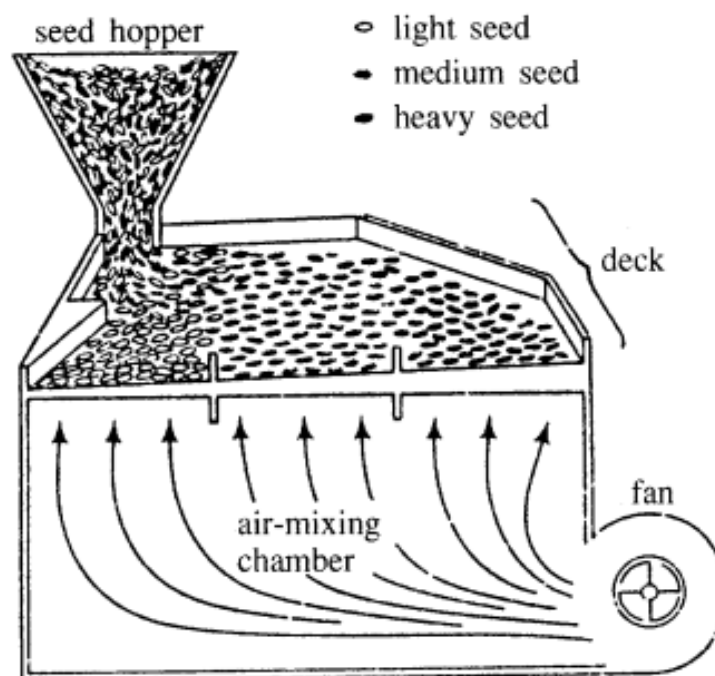
3) ห้องลม (Air Chest) เป็นท่อลมหรือห้องลมให้ลมผ่านตะแกรงหรือถาดสั่น (Deck) ขึ้นไป ที่เมล็ด

4) ถาดสั่นเมล็ดหรือตะแกรงสั่นสะเทือน (Porous deck) เป็นถาดที่มีลักษณะคล้ายตะแกรงถาดนี้คลุมด้วยผ้า หรือตะแกรงลวด หรือตะแกรงโลหะมีรูเล็ก ๆ เพื่อให้ลมจากห้องลมผ่านขึ้นมาเป็นถาดที่สามารถถอดได้ มีน้ำหนักเบา แต่ละมุนของถาดสูงจากพื้นระนาบไม่เท่ากัน

5) ช่องป้อนเมล็ด (Feed hopper) เป็นช่องใส่เมล็ดลงไปถาด (Deck) ปรับอัตราเร็วของการไหลของเมล็ดได้

6) ระบบให้กำลัง (Drive system) เป็นมอเตอร์ที่อยู่ใต้ถาด (Deck) การเคลื่อนของถาดจะเคลื่อนไปข้างหน้าและข้างหลัง ซึ่งความเร็วของการเคลื่อนสามารถควบคุมได้

7) ระบบช่องแยกเมล็ด (Seed discharge system) เป็นช่องเปิดให้เมล็ดที่มีความถ่วงจำเพาะหรือน้ำหนักต่างกันออกจากเครื่องตามช่องต่าง ๆ กัน มีตัวแบ่งที่ปรับได้เรียก Finger



รูปภาพที่ 2.10 เครื่องคัดแยกด้วยความถ่วงจำเพาะ

ที่มา: วันชัย จันทรประเสริฐ (อ้างแล้ว)

2.2.1.3 รูปแบบเครื่องคัดแยกและทำความสะอาดข้าวเปลือกที่จำหน่ายในท้องตลาด

เครื่องคัดแยกและทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่วางจำหน่ายในท้องตลาดปัจจุบันมี 3 รูปแบบหลัก ๆ ดังนี้

1) เครื่องทำความสะอาดแบบตะแกรงโยก ประกอบด้วยถังรับข้าวเปลือกและชั้นตะแกรงโยก ประมาณ 2 – 3 ชั้น ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/4 – 2 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ราคาจำหน่ายประมาณ 10,000 – 14,500 บาท (ราคาขึ้นอยู่กับขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า)



รูปภาพที่ 2.11 เครื่องคัดแยกและทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบตะแกรงโยก

2) เครื่องทำความสะอาดแบบตะแกรงโยกและลมเป่า ประกอบด้วย

2.1) ถังรับข้าวเปลือกสำหรับรองรับข้าวเปลือก ซึ่งบริเวณด้านล่างสุดของถังรับข้าวเปลือกจะมีลิ้นปิด-เปิดเพื่อปรับอัตราการไหลของข้าวเปลือกที่จะเข้าสู่ตุ่ม ในบางเครื่องอาจออกแบบให้มีกระพ้อเพื่อนำข้าวไหลจากหลุมข้าวมายังถังรับข้าวเปลือก ซึ่งทำให้การทำงานของเครื่องเป็นไปอย่างสิ้นไหลและต่อเนื่อง แต่ราคาจำหน่ายจะมีราคาสูงกว่าแบบไม่มีกระพ้อ

2.2) ตุ้ม เป็นบริเวณที่ติดตั้งพัดลมสำหรับดูดเมล็ดลีบ แกลบ เศษฟางออกจากกระบวนการทำความสะอาดข้าวเปลือก ภายในตุ้มจะถูกออกแบบให้เป็นขั้นเพื่อให้การไหลของข้าวเปลือกมีการสลับทิศทางไปมาซึ่งจะช่วยชะลอความเร็วของอัตราการไหลของข้าวเปลือกทำให้แรงลมสัมผัสกับข้าวเปลือกได้ดีขึ้นทำให้สามารถดูดสิ่งเจือปนที่มีขนาดเล็กกว่าข้าวเปลือกได้เพิ่มมากขึ้น ให้บริเวณช่องทางออกจากตุ้มอาจจะติดไซโคลนเพื่อช่วยรวบรวมเศษสิ่งเจือปน

2.3) ชั้นตะแกรงโยก ประมาณ 2 – 3 ชั้น สำหรับแยกเศษดิน เศษหิน หรือวัสดุชิ้นใหญ่ที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกับข้าวเปลือกแต่มีรูปร่างไม่เหมือนข้าวเปลือก

2.4) มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/4 – 2 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ในการขับเคลื่อนกลไกของตะแกรงโยกและพัดลมสำหรับดูดสิ่งเจือปน

ราคาจำหน่ายประมาณ 16,500 – 22,000 บาท (ราคาขึ้นอยู่กับขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ เช่น กระพ้อตักข้าว เป็นต้น)



(ก) แบบไม่มีกระพ้อลำเลียงข้าว



(ข) แบบมีกระพ้อลำเลียงข้าว

รูปภาพที่ 2.12 เครื่องคัดแยกและทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบตะแกรงโยกและลมเป่า

3) เครื่องคัดแยกและทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบตะแกรงกลมและระบบลม ประกอบด้วยกระพ้อสำหรับลำเลียงข้าวเปลือก ตู้สีฟัดพัคลม ตะแกรงทำสะอาดเมล็ดข้าวเปลือก ตะแกรงกลมแบบหลุมหมุนสำหรับคัดขนาดความยาวข้าวเปลือก ตันกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 – 5 แรงม้า อัตราการทำงานสูง (ประมาณ 5 – 6 ตัน/วัน) เหมาะสำหรับลานรับซื้อข้าวหรือโรงสีข้าว ขนาดกลาง - ใหญ่ ไม่เหมาะกับเกษตรกรรายย่อย เนื่องจากราคาค่อนข้างสูง



รูปภาพที่ 2.13 เครื่องคัดแยกและทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบตะแกรงกลมหมุนและลมเป่า

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก

2.3.1 สายพาน (Belts)

สายพาน ทำหน้าที่ส่งถ่ายกำลังทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของเพลาชับและเพลาลูกตามตลอดจนเพิ่มหรือลดความเร็วรอบในการหมุนของเพลาลูก การส่งกำลังเป็นการส่งกำลังชนิดแบบอ่อนตัวได้มีข้อดีข้อเสียหลายอย่าง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการส่งกำลังแบบเฟืองและการส่งกำลังแบบโซ่แสดงดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ข้อดี – ข้อด้อยของการส่งกำลังด้วยสายพาน

ข้อดี	ข้อด้อย
1. ติดตั้งง่ายไม่ซับซ้อน 2. บริเวณทำงานสะอาดไม่ต้องหล่อลื่น 3. ส่งกำลังได้ดีกรณีเพลาวางตัวห่างกันมาก ๆ 4. ชับแรงกระทำที่จุดรองรับรับการสั่นสะเทือนได้ดี 5. ราคาถูก 6. ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง 7. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาค่อนข้างต่ำ	1. อัตราการทดที่ไม่แน่นอนเนื่องจากสลิป (Slip) ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน 2. มีแรงกระทำที่จุดรองรับสูง 3. ใช้พื้นที่การติดตั้งมาก 4. ต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลาลูกหรือปรับแรงตึงในสายพานระหว่างการใช้งาน 5. ไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดสูงมากได้

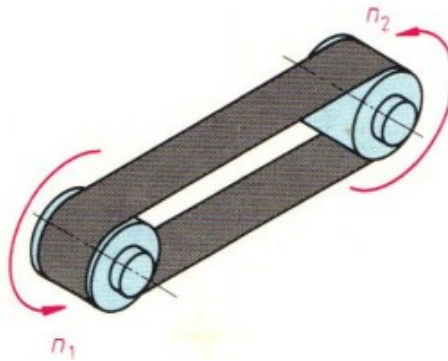
โดยทั่วไปสามารถแบ่งชนิดของสายพานตามลักษณะหน้าตัดของสายพานได้ 3 ลักษณะดังนี้

1. สายพานแบน (Flat Belts)

สายพานแบนมีลักษณะหน้าตัดของสายพานเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า การส่งถ่ายกำลังของสายพานจะอาศัยการส่งถ่ายกำลังโดยแรงเสียดทานระหว่างมู่กับสายพานเป็นหลัก สภาพการใช้งานของสายพานแบนสามารถใช้งานได้ที่ความเร็วรอบสูงถึง 120 เมตร/นาที อัตราทดที่เหมาะสม (i) < 20

ข้อดีของสายพานแบน คือ เพลาลูกมีการวางตัวห่างกันมาก ๆ การส่งถ่ายกำลังด้วยสายพานแบนจะส่งกำลังได้ดี

ข้อด้อยของสายพานแบน คือ เกิดการสิ้นเปลืองของสายพานได้ง่าย



รูปภาพที่ 2.14 การวางขับส่งกำลังของสายพานแบบแบบปกติ
ที่มา: ปรีชา ทิมทอง (2543)

2. สายพานกลม (Ropes Belts)

สายพานกลมมีลักษณะหน้าตัดของสายพานเป็นรูปวงกลม การส่งกำลังของสายพานกลมจะอาศัยการส่งถ่ายกำลังโดยแรงเสียดทานระหว่างมู่เล่กับสายพานเป็นหลัก การส่งกำลังด้วยสายพานกลมจะให้ความยืดหยุ่นสูงมาก และสามารถตั้งปรับทิศทางการหมุนได้หลายทิศทางตามความต้องการของผู้ใช้ สายพานกลมทำจากพลาสติกโพลียูรีเทน จะต้านทานน้ำ น้ำมัน จาระบี และน้ำมันเบนซิน ขณะทำงานจะไม่เกิดเสียงดัง สภาพการใช้งานของสายพานกลมใช้กับงานที่ต้องการส่งกำลังน้อย ๆ เช่น จักรเย็บผ้า ส่วนในเครื่องจักรไม่ค่อยนิยมนำมาใช้เพราะส่งกำลังได้น้อย

ข้อดีของสายพานกลม คือ ติดตั้งง่ายไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ

ข้อด้อยของสายพานกลม คือ ส่งกำลัง หรือลำเลียงได้ในรอบต่ำ มุมสัมผัสน้อยทำให้เกิดโอกาสสั่นไถลมาก



รูปภาพที่ 2.15 การใช้งานของสายพานกลม
ที่มา: ดำรง สัพโส (2559)

3. สายพานวี หรือสายพานลิ้ม (V- Belts)

สายพานวีหรือสายพานลิ้มมีลักษณะภาคหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู การส่งถ่ายกำลังอาศัยแรงเสียดทานผิวด้านข้างเป็นตัวขัดส่งกำลัง สายพานวีส่วนใหญ่ใช้กับเครื่องจักรกลตามโรงงานต่าง ๆ สามารถส่งกำลังได้ในตำแหน่งต่าง ๆ ได้ แต่ไม่สามารถส่งกำลังแบบไขว้เหมือนสายพานแบน สายพานวีเป็นสายพานที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากสามารถส่งกำลังได้ดีกว่าสายพานแบนอื่น ๆ และมีราคาถูก ลักษณะการใช้งานของสายพานวี เช่น สายพานของเครื่องกลึง สายพานของรถไถนา เดินตาม เป็นต้น

ข้อดีของสายพานวี คือ สามารถขับส่งกำลังด้วยขนาดอัตราทดที่สูงกว่าโดยมีมุมโอบเพียงเล็กน้อย เกิดการสั่นไถลน้อยกว่าสายพานแบน และเมื่อออกแรงตามแนวรัศมีเท่า ๆ กันกับสายพานแบน สายพานวีสามารถส่งถ่ายแรงขับได้มากกว่าสายพานแบน 3 เท่า

ข้อด้อยของสายพานวี คือ สายพานวีไม่เหมาะกับเพลลาที่วางตำแหน่งห่างกันมาก ๆ



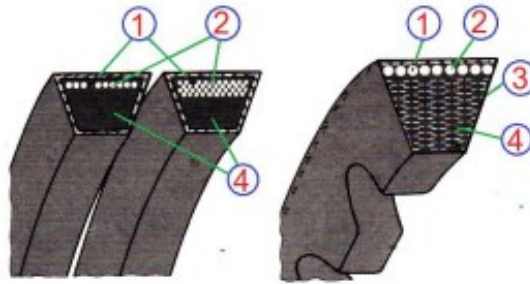
รูปภาพที่ 2.16 การส่งถ่ายกำลังด้วยสายพานวี

ที่มา: ดำรง สัพโส, (อ้างแล้ว)

ลักษณะโครงสร้างสายพานวี โครงสร้างสายพานวีมีส่วนต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2.17

ดังนี้

1. ผ้าใบ ทำหน้าที่ หุ้มส่วนประกอบต่าง ๆ ให้คงรูปและป้องกันการสึกหรอ
2. เส้นใยรับแรงดึง ทำจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ที่รับแรงดึงได้สูงและไม่ยืด
3. ยางยึดเส้นใย ทำหน้าที่ยึดเส้นใยรับแรงดึง
4. เบาะยางทำมาจากยางสังเคราะห์ทนความร้อน มีความอ่อนตัวดีเป็นตัวเสริมให้เต็มพื้นที่หน้าตัด



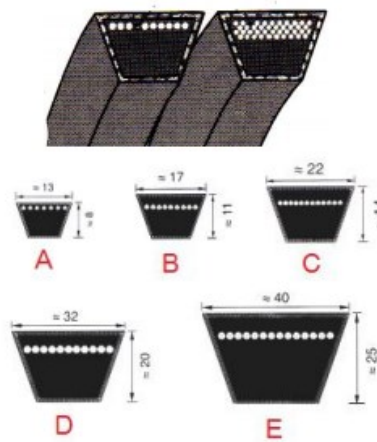
รูปภาพที่ 2.17 ลักษณะโครงสร้างสายพานวี

ที่มา: ปรีชา ทิมทอง (อ้างแล้ว)

สายพานวีสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะหน้าตัดได้ดังนี้

- สายพานลิ้นหน้าตัดปกติ (Classical V – Belt)

เป็นสายพานที่ใช้งานกันทั่วไปกับเครื่องจักรกลธรรมดา ที่ใช้ความเร็วรอบไม่มากนัก ทำด้วยแผ่นยางสลับกับผ้าใบเป็นชั้น ๆ การใช้งานจะใช้กับงานส่งกำลังหนัก สามารถรับแรงกระตุกได้ดี ทนอุณหภูมิสูงระหว่าง -30°C ถึง $+80^{\circ}\text{C}$ ความเร็วขอบหมุนส่งถ่ายกำลังสูงถึง 30 เมตร/วินาที และมีขนาดหน้าตัด 5 ขนาด โดยกำกับด้วยอักษร A B C D และ E โดยที่หน้าตัด A จะมีขนาดเล็กที่สุด และหน้าตัด E จะมีขนาดใหญ่ที่สุด



รูปภาพที่ 2.18 ลักษณะสายพานวีหน้าตัดปกติ

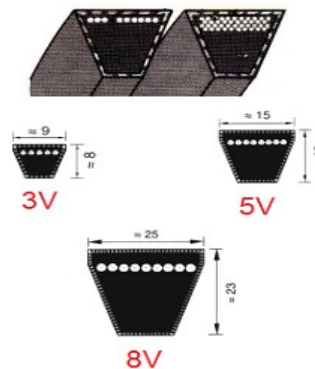
ที่มา: ปรีชา ทิมทอง (อ้างแล้ว)

- สายพานวีหน้าตัดแคบ (Narrow V – Belt)

เป็นสายพานที่สามารถส่งถ่ายกำลังได้สูงกว่าหน้าตัดปกติ 3 เท่า เนื่องจากมีผิวสัมผัสร่องมูเล่ลึกมากกว่าหน้าตัดปกติ ความเร็วขอบหมุนส่งถ่ายกำลังสูงถึง 40 เมตร/วินาที ขนาด

หน้าตัดสายพานมี 3 ขนาด คือ หน้าตัด 3V 5V 8V โดยการเทียบขนาดหน้าตัดระหว่างหน้าตัดธรรมดาหน้าตัดกับหน้าตัดแคบที่ใช้งานทดแทนกันชั่วคราวกรณีสายพานหน้าตัดปกติขาดฉุกเฉิน นั่นคือ

- 3V เทียบเท่าหน้าตัด A และ B
- 5V เทียบเท่าหน้าตัด B และ C และ D
- 8V เทียบเท่าหน้าตัด D และ E

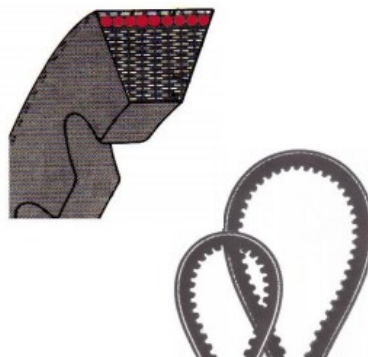


รูปภาพที่ 2.19 ลักษณะสายพานวีหน้าตัดแคบ

ที่มา: ปรีชา ทิมทอง (อ้างแล้ว)

- สายพานวีหน้าตัดแคบต้องเป็นซี่ฟัน

เป็นสายพานที่สามารถคล้องโอบมู่เล่ขนาดเล็กได้โดยไม่เกิดการปริแตก ทำให้สายพานสวมสัมผัสผิวร่องมู่เล่ได้แนบสนิทพอดี ซึ่งทำให้แรงตามแนวรัศมีถูกถ่ายเทไปยังด้านบนสายพาน ทำให้ไม่ต้องทำการทดสายพานหลายชั้น เหมาะกับงานที่มีอัตราทดสูงมาก ๆ ความเร็วขอบหมุนส่งถ่ายกำลังสูงถึง 50 เมตร/วินาที

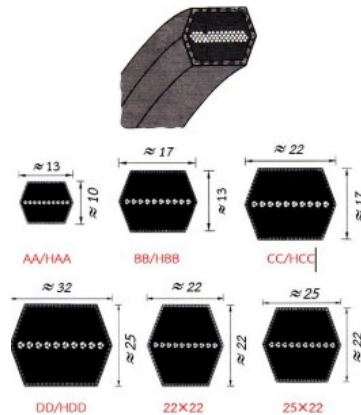


รูปภาพที่ 2.20 ลักษณะสายพานวีหน้าตัดแคบต้องเป็นซี่ฟัน

ที่มา: ปรีชา ทิมทอง (อ้างแล้ว)

- สายพานวีหน้าตัดวีคู่ (Double V – Belt)

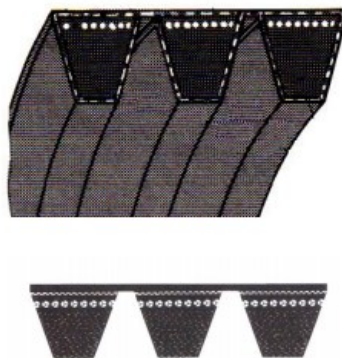
สายพานวีหน้าตัดวีคู่ เหมาะกับการรับภาระที่มีการหมุนเปลี่ยนทิศทางหรือภาระดันกลับ ไป – มา ความเร็วขอบหมุนส่งถ่ายกำลังสูงถึง 30 เมตร/วินาที มาตรฐานหน้าตัด มี 4 ขนาด คือ AA BB CC และ DD และหน้าตัดพิเศษ คือ 22 x 22 และ 25 x 22



รูปภาพที่ 2.21 ลักษณะสายพานวีหน้าตัดวีคู่
ที่มา: ปรีชา ทิมทอง (อ้างแล้ว)

- สายพานวีแบบหลายแถว

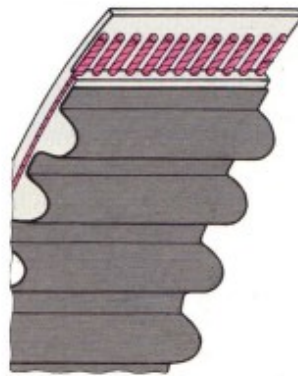
เป็นสายพานที่สร้างลิ้มหลายลิ้มมารวมกันในเส้นเดียว ปัจจุบันนิยมใช้กันมาก สายพานแบบนี้จะมีแผ่นปิดยางสังเคราะห์ สามารถกระจายภาระบนสายพานแต่ละเส้นได้ดี ซึมซับแรงกระแทกสะเทือนได้ดี จึงเหมาะสมกับงานที่มีการถ่ายเทโมเมนต์หมุนที่ไม่สม่ำเสมอ การส่งถ่ายกำลังที่เปลืองพลังงานมาก ๆ โดยไม่ต้องใช้ล้อช่วยกด ความเร็วขอบหมุนส่งถ่ายกำลังสูงถึง 30 เมตร/วินาที



รูปภาพที่ 2.22 ลักษณะสายพานวีแบบหลายแถว
ที่มา: ปรีชา ทิมทอง (อ้างแล้ว)

- สายพานไทมิ่ง หรือสายพานซิงโครนัส (Synchronous Belt)

สายพานไทมิ่งมีหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู และจะมีฟันเพื่องตลอดความยาวของสายพาน เป็นสายพานที่มีแกนรับแรงด้วยลวดเหล็กกล้า หรือทำด้วยลวดไฟเบอร์ฝังอยู่ในยางเทียม ฟันของสายพานทำด้วยยางเทียม มี 2 รูปทรง คือ แบบฟันคางหมูและแบบฟันโค้ง เหมาะสำหรับการส่งกำลังงานที่ต้องการอัตราทดที่เที่ยงตรงแน่นอน ส่งถ่ายกำลังได้สูง เสียงเงียบเบาไม่ต้องใช้สารหล่อลื่น ชีมซับแรงสั่นสะเทือนได้ดี



รูปภาพที่ 2.23 ลักษณะสายพานไทมิ่ง หรือ สายพานซิงโครนัส

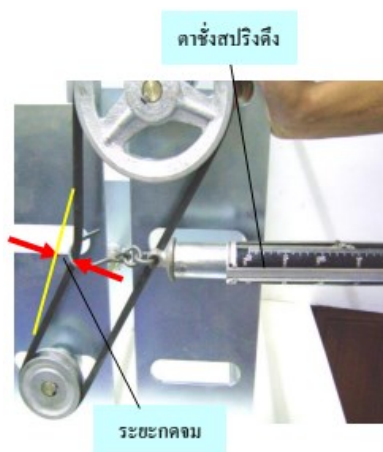
ที่มา: ปรีชา ทิมทอง (อ้างแล้ว)

การปรับตึงสายพานวี การปรับค่าความตึงในสายพาน หากทำการตึงมากเกินไปจะเกิดความร้อนสูงและส่งผลถึงแบร็กรองรับเพลายกการใช้งานจะสั้นกว่าปกติ แต่หากตึงน้อยไปสายพานจะลื่นไถล หรือสายพานพลิกในร่องมู่เล่ได้

การตรวจความตึง วัดจากระยะที่สายพานถูกกดจมลงไปจากหลังสายพานด้วยขนาดแรง 10 กิโลกรัม โดยระยะที่ถูกกดขึ้นอยู่กักระยะห่างศูนย์กลางของเพลาทิ้งสองดัง ตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ระยะกดจมสำหรับปรับการตึงสายพานวี

ระยะห่างศูนย์กลางเพลลา (มม.)	ระยะกดจม (มม.)
200 – 300	11 – 14
301 – 400	17 – 20
401 – 500	23 – 26
501 ขึ้นไป	28



รูปภาพที่ 2.24 การปรับความตึงสายพานวี

ที่มา: ดำรง สัพโส (อ้างแล้ว)

โค้ดสัญลักษณ์สายพานวีตามมาตรฐาน ISO และมาตรฐานอังกฤษ

- สายพานวีตามมาตรฐาน ISO นิยมใช้บอกขนาดหน้าตัดสายพานและความยาวสายพาน โดยมีสัญลักษณ์และความหมายดังนี้

ตัวอย่างโค้ดสัญลักษณ์สายพาน

12.5 x 1225 La

โดย 12.5 คือ ความกว้างหลังสายพาน (มม.)

1225 คือ ความยาวรวมสายพาน (มม.)

La คือ ความยาววัดขอบนอกของสายพาน



รูปภาพที่ 2.25 โค้ดสัญลักษณ์สายพานวีมาตรฐาน ISO

ที่มา: ดำรง สัพโส (อ้างแล้ว)

■ สายพานวีตามมาตรฐานอังกฤษ นิยมใช้บอกขนาดหน้าตัดสายพานและความยาวสายพาน โดยมีสัญลักษณ์และความหมายดังนี้

ตัวอย่างโค้ดสัญลักษณ์สายพาน

A - 87

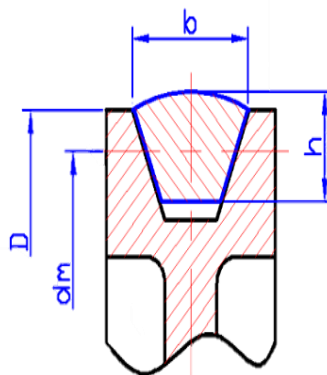
โดย A คือ สายพานหน้าตัดฟอร์ม A
87 คือ ความยาวรวมสายพาน (นิ้ว)



รูปที่ 2.26 โค้ดสัญลักษณ์สายพานวีมาตรฐานอังกฤษ

การคำนวณการส่งกำลังด้วยสายพานวี

การหาอัตราทดส่งกำลังด้วยสายพานวี เนื่องจากมู่เล่ที่ใช้กับสายพานวีมีลักษณะเป็นร่อง ทำให้พื้นที่บางส่วนของสายพานได้เข้าไปอยู่ในร่องมู่เล่ ดังนั้นการหาอัตราทดจากความโตล่อมู่เล่หาได้จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (d_m) โดยหาได้จากค่า C ซึ่งจะมีค่ามากขึ้นขึ้นอยู่กับความกว้างของสายพาน ดังแสดงในตาราง 2.10



รูปภาพที่ 2.27 การหาค่าเฉลี่ยของมู่เล่สายพานวี
ที่มา: วรวิทย์ อิงภากรณ์ และ ชาญ ถนังงาน, 2556

ตาราง 2.10 ค่าคงที่ C เพื่อหาเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยสำหรับสายพานร่อง B

ความกว้างสายพาน (mm)	10	13	17	20	22	25	32	40
ค่า C	3	4	5	6	7	8	10	12

ที่มา: วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนังงาน, 2556

การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทำงานสามารถหาได้จาก สมการ (1)

$$d_m = D - 2C$$

(2.1)

โดยที่ d_m คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย
 D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมู่เล่
 C คือ ค่าคงที่สำหรับหาเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย

$$\text{อัตราทด (i)} = \frac{\text{ความเร็วรอบล้อขับ}}{\text{ความเร็วรอบล้อตาม}} = n_1 / n_2$$

(2.2)

หรือ

$$\text{อัตราทด (i)} = \frac{\text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยล้อขับ}}{\text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยล้อตาม}} = d_{m1} / d_{m2}$$

(2.3)

หรือ

$$\text{อัตราทด (i)} = n_1 / n_2 = d_{m1} / d_{m2}$$

(2.4)

โดยที่ i คือ อัตราทด
 n_1 คือ ความเร็วรอบล้อขับ
 n_2 คือ ความเร็วรอบล้อตาม
 d_{m1} คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยล้อขับ
 d_{m2} คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยล้อตาม

การคำนวณหาความยาวสายพาน สามารถหาได้ดังสมการที่ (2.5)

$$L = [3.1416 (d_{m1} - d_{m2}) / 2] + 2R \quad (2.5)$$

โดยที่ L คือ ความยาวของสายพาน
R คือ ระยะห่างระหว่างเพลามู่เล่ตัวขับและตัวตาม

2.3.2 มู่เล่ (Pulley)

มู่เล่ เป็นชิ้นส่วนสำคัญชิ้นหนึ่งในระบบสายพานลำเลียง (Belt conveyor system) ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงทิศทาง (Direction) และควบคุม (Control) ความตึง (Tension) หรือความหย่อน (Slack) ของสายพานในระบบลำเลียง และในบางครั้งก็ทำหน้าที่ปรับสายพาน (train) เพื่อให้สายพานเดินได้แนวตลอดการเคลื่อนที่ของสายพาน

ในระบบสายพานส่งกำลัง การส่งถ่ายกำลังจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยผ่านมู่เล่ ตั้งแต่ 2 ลูกขึ้นไป มู่เล่ที่เป็นจุดกำเนิดต้นกำลัง เรียกว่า มู่เล่ขับ (Drive Pulley) และมู่เล่ที่รับแรงส่งผ่านมาจากสายพานส่งกำลัง เรียกว่า มู่เล่ตาม (Tail Pulley)

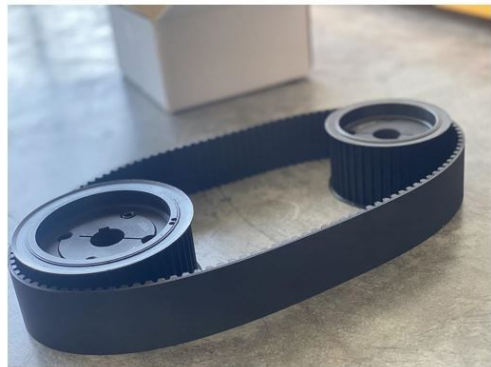
มู่เล่มี 2 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้

1) มู่เล่วี (V - Pulley) เป็นมู่เล่แบบใช้งานมาตรฐาน (Standard duty conveyor pulley) ซึ่งถูกเรียกตามลักษณะรูปลักษณะของสายพานคล้ายตัว “วี” ในยุคแรกเริ่มมู่เล่ไม่ได้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมคางหมูหรือรูปตัววี แต่เมื่อเกิดปัญหา การสลิป อันก่อให้เกิดเสียงดัง อาการไหม้ ซึ่งสร้างความเสียหายทั้งมู่เล่และสายพาน จึงมีการปรับเปลี่ยนมามีรูปลักษณะเหมือนในปัจจุบัน มู่เล่ชนิดนี้มีราคาถูก ย่อมเยา หาซื้อได้ง่าย และใช้กันอย่างแพร่หลาย เหมาะสำหรับงานรอบเร็วหรือเป็นการทดรอบครั้งแรกจากมอเตอร์โดยตรง ขนาดหรือชนิดของร่อง เช่น 3V, 5V, 8V, A, B, C, D, E, SPZ, SPA, SPB, SPC



รูปภาพที่ 2.28 มู่เล่ร่องวี V-Pulley

2) มู่เล่ไทม์มิ่ง (Timing Pulley) เป็นมู่เล่ที่มีลักษณะทางกายภาพที่เป็นฟัน และยังมีปีกประกบทำให้สายพานยึดติดและประกอบมู่เล่ได้อย่าง มู่เล่ไทม์มิ่งถูกนำไปใช้งานเพื่อเชื่อมต่อเพลลา 2 ชุด ซึ่งต้องการรอบที่แม่นยำจากสายพานส่งกำลังในเส้นเดียวกัน



รูปภาพที่ 2.29 มู่เล่ไทม์มิ่ง Timing Pulley

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุทธิพงษ์ จำรูญรัตน์ และ ภิรมย์ ตั้งจิตเพียรผล (2559) ได้ทำการพัฒนาเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนในเมล็ดข้าวปลูก จากเครื่องเดิมขนาด 140 x 150 x 160 ซม. น้ำหนักประมาณ 500 กก. โดยทำการพัฒนาเครื่องใหม่เป็นวัสดุสแตนเลส ขนาด 50 x 75 x 65 ซม. น้ำหนักประมาณ 60 กก. ชุดตะแกรงร่อนข้าวสร้างด้วยสแตนเลสโดย มีความกว้าง 470 มิลลิเมตร (มม.).หนา 1 มม. และตะแกรงสำหรับร่อนเป็นชนิดรูปกลม มีขนาดรู 9 มม.มีความกว้าง 470 มม. หนา 1 มม. สร้างด้วยสแตนเลส ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 1/4 แรงม้า โดยทำการทดสอบคัดแยกเมล็ดพันธุ์ข้าวปลูกสุพรรณบุรี 1 จำนวน 10 กิโลกรัม (kg) ซึ่งเป็นข้าวดี 9 kg และสิ่งเจือปน 1 kg ที่ความเร็วลม 1.9, 2.7, 3, 4.6, 4.9, 5.4, 6.6, 7.7 เมตรต่อวินาที (m/s) ผลการทดสอบพบว่า แรงลมที่ได้ประสิทธิภาพของเครื่องดีที่สุด เพื่อคัดแยกเมล็ดข้าวปลูก คือ 5.4 m/s สามารถคัดแยกได้ร้อยละ 99.30 โดยใช้เวลา 1.23 นาที

จาริณี จงปลื้มปิติ และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวสารในโรงสีข้าวระดับชุมชน โดยทำการสร้างและทดสอบเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดข้าวสารแบบตะแกรง 4 ชั้น ทำการทดสอบคัดแยกสิ่งเจือปนของข้าวพันธุ์ กข 15 ที่ความเร็วรอบ 4 ระดับ คือ 195.2 , 202.2, 208.7 และ 213.6 รอบต่อนาที และมุมเอียง 3 ระดับ คือ 8.63 9.63 และ 10.75 องศา กำหนดช่องปล่อยข้าวในตำแหน่งกว้างที่สุดคือ 30 ตารางเซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่าที่ความเร็วรอบต่ำเมื่อมุมเอียงของตะแกรงมากขึ้นจะทำให้ข้าวเต็มเมล็ดที่คัดได้มีจำนวนใกล้เคียงกัน แต่เมื่อความเร็วรอบสูงและมุมเอียงของตะแกรงมากขึ้นจะทำให้ข้าวเต็มเมล็ดที่คัดได้จำนวนน้อยลง สำหรับเวลาที่ใช้ในการคัดแยกจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่มมากขึ้น เวลาที่ใช้ในการคัดแยกเร็วที่สุดเท่ากับ 1.33 นาที ที่มุมเอียง 9.63 องศา ความเร็วรอบ 213.6 รอบต่อ

นาที่ และที่ความเร็วรอบที่ 213.6 รอบต่อนาที มุมเอียง 8.63 องศา สามารถคัดแยกข้าวสารเต็มเมล็ด ได้ใกล้เคียงกับแรงงานคนมากที่สุด คือ ร้อยละ 67.55 ในส่วนของสิ่งเจือปนรวมคิดเป็นร้อยละ 32.28 และการสูญเสียคิดเป็นร้อยละ 1.17

จาริณี จงปลื้มปิติ และพลเทพ เวงสูงเนิน (2561) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยก ข้าวตอก เพื่อใช้ในการคัดแยกข้าวตอกขนาดใหญ่สำหรับทำกระยาสาร โดยมีหลักการทำงานเป็น ตะแกรงโยก 3 ชั้น มีมิติ 600 มม. x 1,600 มม. x 530 มม. ประกอบด้วยชั้นที่ 1 เป็นตะแกรงรูกกลม ขนาด 6 มม. ข้าวตอกที่มีขนาดใหญ่จะไหลบนตะแกรงชั้นนี้แล้วออกไปยังช่องทางออก แต่ข้าวตอก ที่มีขนาดเล็กจะร่วงลงสู่ตะแกรงชั้นที่ 2 ข้าวตอกหักและสิ่งเจือปนขนาดเล็กกว่า 5 มม. จะไหลผ่าน รุตะแกรงตกลงยังถาดรอง ชุดตะแกรงโยกนี้ยึดสายพานกับโครงเครื่องขนาด 1,000 มม. x 1,600 มม. x 1,000 มม. ส่งกำลังโดยมอเตอร์ขนาด 746 W ปัจจัยที่ใช้ทดลองได้แก่ ความเร็วตะแกรงโยก 5.80, 6.08 และ 6.83 m/s และมุมเอียงของตะแกรงโยก 7, 15 และ 30 องศา จากผลการทดลองพบว่าที่ ความเร็วตะแกรงโยก 6.83 m/s มุมเอียง 30 องศา ได้สัดส่วนการคัดแยกข้าวตอกชั้นที่ 1, 2, เศษฝุ่น รวมสิ่งเจือปน และปริมาณการสูญเสีย คือ 92%, 3.52%, 4.65% และ 0.33% ตามลำดับ มีความสามารถในการคัดแยกต่ำกว่าการทดลองอื่น ๆ คือ 1.26 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (kg/hr.) แต่ มีอัตราส่วนประสิทธิภาพการคัดแยกเฉลี่ยสูง คือ 65.09%

รุ่งทิว ผดากาล (2561) ทำการทดลองเพื่อหาเวลาและอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสม สำหรับคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้กับครัวเรือน โดยทำการทดสอบอัตราการไหลของ อากาศผ่านเครื่องคัดแยกที่ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 ลูกบาศก์เมตรต่อ นาที่ (ลบ.ม./นาที่) ตามลำดับ และเวลาที่ใช้ในการทดลองที่ 5 นาที และ 10 นาที ผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าอัตราการไหลที่เหมาะสมของอากาศ 5 ลบ.ม./นาที่ ที่เวลา 10 นาที พบว่ามีสิ่งเจือปน ร้อยละ 1.98 นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการทำความสะอาดเมล็ดข้าวคิดเป็นร้อยละ 90.1

รพีพรรณ เหล็กหมื่นไวย (2562) ได้ศึกษาความเร็วลมที่เหมาะสมในการเป่าสิ่งเจือปนออกจาก เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ความเร็วลมระดับต่าง ๆ โดยทำการสร้างเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว ที่ใช้ มอเตอร์ 1/2 แรงม้า เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังในการขับเพลาลูกเบี้ยวและเพลาลูกเบี้ยวของตะแกรงคัดแยก ตะแกรงที่ใช้คัดแยกมี 2 ชั้น ทำการทดสอบเครื่อง ทำการคัดแยกข้างเปลือกจำนวน 1,000 กรัม โดย เป็นข้าวดี 900 ผสมกับสิ่งเจือปน 100 กรัม ทำการทดสอบความเร็วคือ 3.8, 4.2, 5.50, 6.30, 7.80 และ 9.30 เมตรต่อวินาที จากการทดสอบพบว่า ความเร็วลมที่เหมาะสมที่สุด คือ 6.30 เมตรต่อนาที โดยสามารถขจัดสิ่งเจือปนออกจากข้าวเปลือกได้ประมาณ 87.98 กรัม หรือคิดเป็นประสิทธิภาพใน การกำจัดสิ่งเจือปนได้ร้อยละ 87.98 โดยใช้เวลาเฉลี่ยในการกำจัดสิ่งเจือปนประมาณ 6.97 นาที

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาและพัฒนาเครื่องความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ มีรายละเอียดกระบวนการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 วางแผนกระบวนการงานวิจัย

3.1.1 วางแผนกำหนดแนวทางการดำเนินงานวิจัย

3.1.2 กำหนดขอบเขตงานวิจัย

1) ขอบเขตด้านการศึกษาข้อมูล

- ข้อมูลลักษณะทั่วไปของข้าว ซึ่งประกอบด้วยคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว และมาตรฐานสินค้าเกษตรข้าวไทย (ข้าวเปลือก)

- วิธีการทำความสะอาดและคัดแยกข้าวเปลือก รวมถึงการศึกษารูปแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกในรูปแบบต่าง ๆ

- ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก

- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) ขอบเขตการทดสอบเก็บข้อมูล

3.2 ขั้นตอน / วิธีดำเนินงาน

1) ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เป็นการศึกษาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ คุณสมบัติของข้าวเปลือก สิ่งเจือปนที่จะเข้าปะปนอยู่กับข้าวเปลือก วิธีการทำความสะอาดข้าวเปลือก รวมถึง วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบ

2) วิเคราะห์ข้อมูล ถึงความเป็นไปได้ในวิธีการที่ทำความสะอาดข้าวเปลือกได้โดยง่ายที่สุด มีต้นทุนต่ำ เกษตรกรจะสามารถเข้าถึงได้ง่ายและเหมาะสม

3) ออกแบบและจัดทำแบบรูปของเครื่อง เป็นการกำหนดรูปร่างของเครื่องที่กะทัดรัด กลไกการทำงานไม่ซับซ้อน

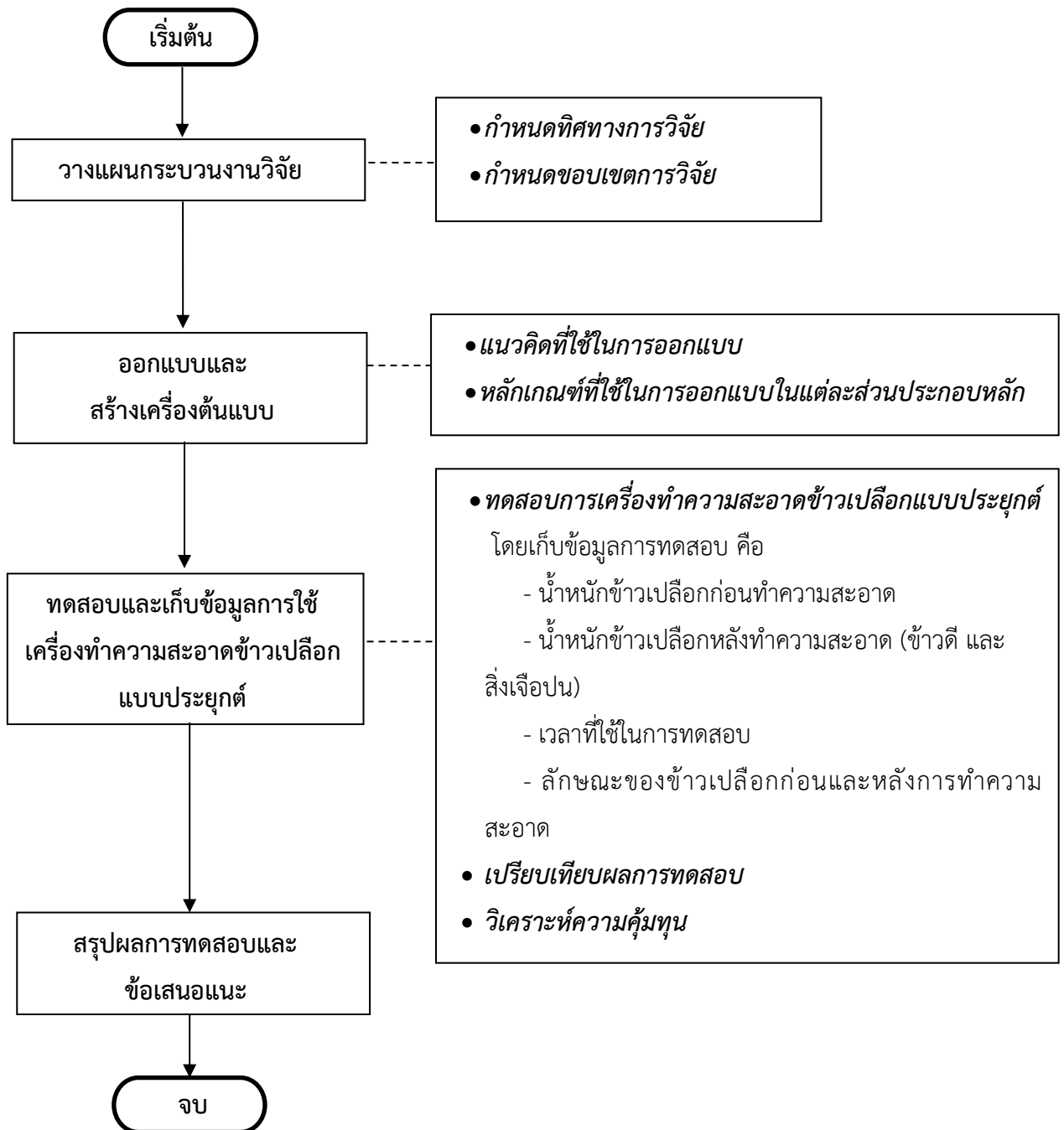
4) จัดหา/จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ โดยประยุกต์ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ทั่วไป ไม่มีความซับซ้อน

5) สร้างเครื่องต้นแบบ โดยสร้างจากรูปแบบแนวคิดที่กำหนดเป็นเครื่องต้นแบบสำหรับการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงาน

6) ทดสอบเก็บข้อมูล เป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการ แต่เป็นการทำงานเสมือนจริงของเครื่องเลือกใช้ข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยววนวด ผลการทดสอบซึ่งวัดความสามารถในการแยกปริมาณข้าวเปลือกและเศษวัสดุโดยน้ำหนัก

7) ปรับปรุงแก้ไข เป็นการปรับปรุงเครื่องต้นแบบภายหลังการทดสอบ หากมีจุดใดที่ควรปรับปรุงแก้ไขให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

8) จัดทำเอกสารที่เกี่ยวข้อง เป็นการจัดทำเอกสารการวิจัย เพื่อเผยแพร่ผลการวิจัยในช่องทางต่าง ๆ ให้เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจต่อไป



รูปภาพที่ 3.1 สรุปขั้นตอนการศึกษาและพัฒนาเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก

3.3 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

3.3.1 การออกแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ มีรายละเอียดดังนี้

1) แนวคิดที่ใช้ในการออกแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์

- กลไกการทำงานไม่ซับซ้อน เกษตรกรที่สนใจสามารถเรียนรู้ในการสร้างประกอบได้เอง
- วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ สามารถประยุกต์ใช้หรือหาซื้อได้โดยทั่วไป
- ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องต่ำ เกษตรกรสามารถเข้าถึงได้
- ต้นก้างที่ใช้ต้องจัดหาได้สะดวก เช่น มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/2 แรงม้า เป็นต้น

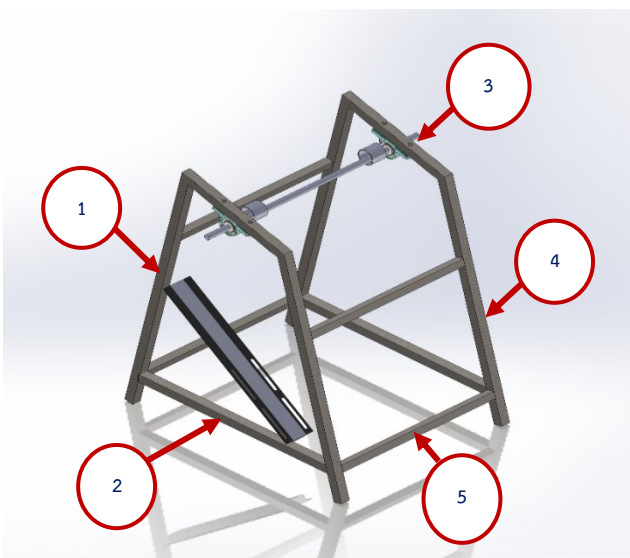
2) หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์

เครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ ประกอบด้วยอุปกรณ์และชิ้นส่วนหลัก ๆ คือ โครงสร้างหลัก ชุดตะแกรงโยก ชุดพัดลม และระบบส่งกำลัง หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบมีรายละเอียด ดังนี้

2.1) ชุดโครงสร้างหลัก (Structure) หรือโครงสร้างของเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ประกอบด้วย

- อุโมงค์ลม ที่สร้างจากถังเหล็กขนาด 200 ลิตร เป็นการประยุกต์ให้เป็นโครงเครื่องทำความสะอาดสำหรับการยึดโยกชุดตะแกรงโยก บริเวณด้านบนของถังจะถูกเจาะและติดตั้งกล่องเหล็กเพื่อรองรับข้าวเปลือก มีการติดตั้งลิ้นเปิด-ปิด เพื่อใช้ในการควบคุมอัตราการไหลของข้าวเปลือกสู่ชุดตะแกรงโยก

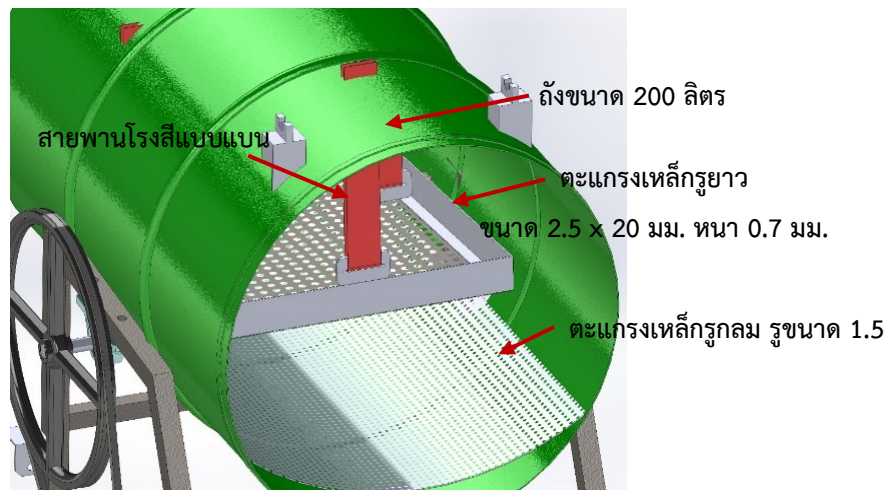
- ชุดขาตั้งเครื่องออกแบบโดยใช้เหล็กกล่องขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว หนา 2.0 มม. เพื่อใช้เป็นฐานรองรับถังเหล็กขนาด 200 ลิตร ดังแสดงไว้ในรูปภาพที่ 3.2



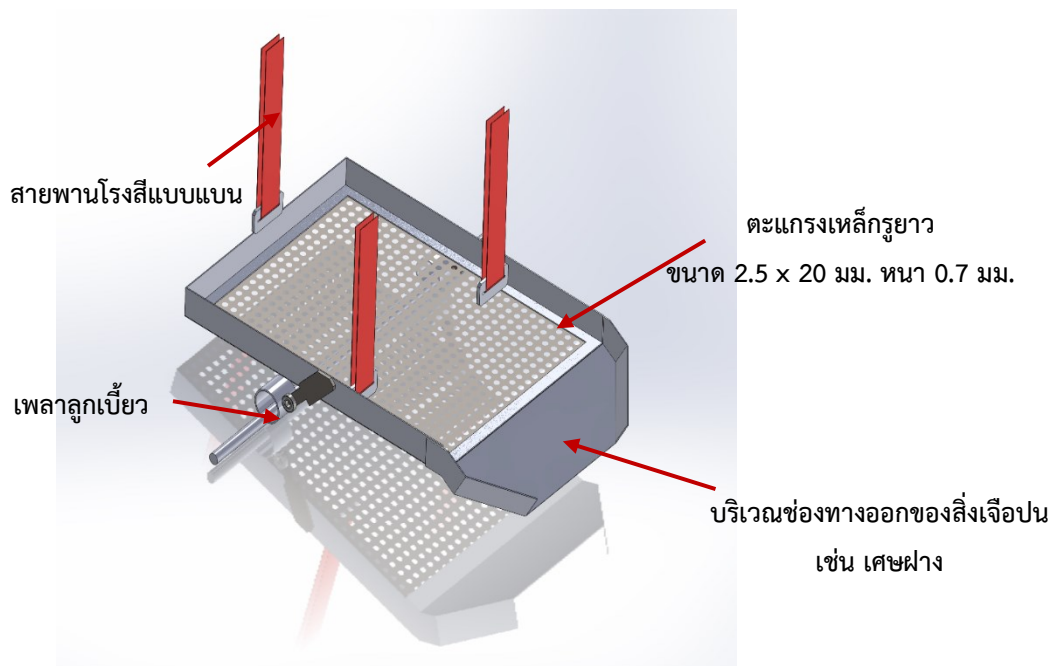
1. เหล็กกล่องขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว หนา 2.0 มม. ขนาด 105 ซม.
2. เหล็กกล่องขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว หนา 2.0 มม. ขนาด 72 ซม.
3. เหล็กกล่องขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว หนา 2.0 มม. ขนาด 40 ซม.
4. เหล็กกล่องขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว หนา 2.0 มม. ขนาด 88 ซม.
5. เหล็กกล่องขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว หนา 2.0 มม. ขนาด 64 ซม.

รูปภาพที่ 3.2 แสดงชุดโครงสร้างหลักในส่วนของชุดขาตั้งเครื่อง

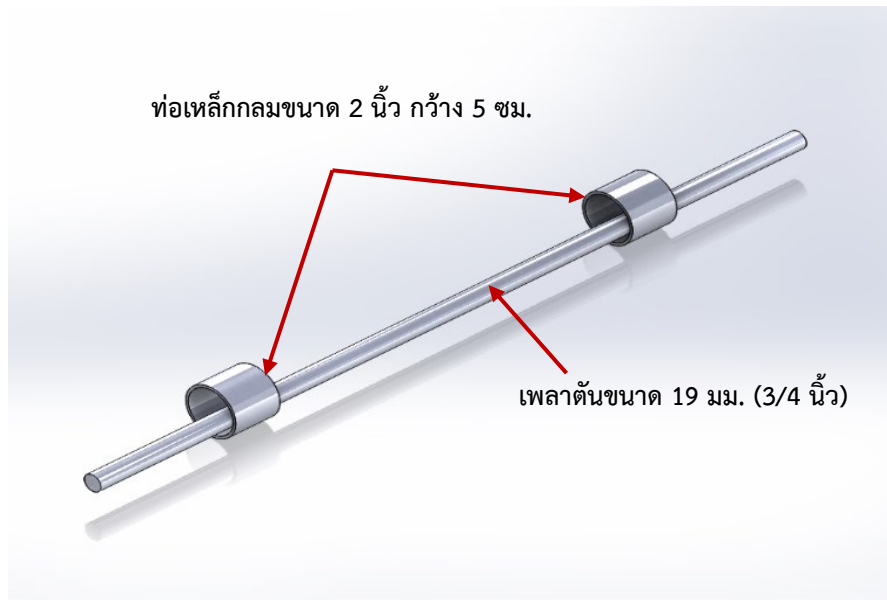
2.2) ชุดตะแกรง ออกแบบให้มี 2 ชั้น โดยชั้นที่ 1 เป็นตะแกรงเหล็กกรวยาวขนาด 2.5×20 มม. หนา 0.7 มม. สำหรับดักกรองสิ่งเจือปนที่มีขนาดใหญ่กว่าเม็ดข้าวเปลือก เช่น เศษฟางข้าว เป็นต้น ถูกติดตั้งยึดโยงกับถังเหล็ก 200 ลิตรด้วยสายพานโรงสีแบบแบน โดยออกแบบให้สามารถปรับระดับการเอียงของตะแกรงได้และโยกได้โดยใช้กลไกการทำงานของเพลาลูกเบี้ยว ชั้นที่ 2 เป็นตะแกรงกลมรูขนาด 1.5 มม. ยึดติดกับถัง 200 ลิตร เพื่อใช้เป็นตะแกรงรองรับข้าวเปลือกและใช้ร่อนกรองฝุ่นหรือดินขนาดเล็ก ดังแสดงไว้ในรูปภาพที่ 3.3 และ 3.4



รูปภาพที่ 3.3 แสดงการติดตั้งชุดตะแกรง

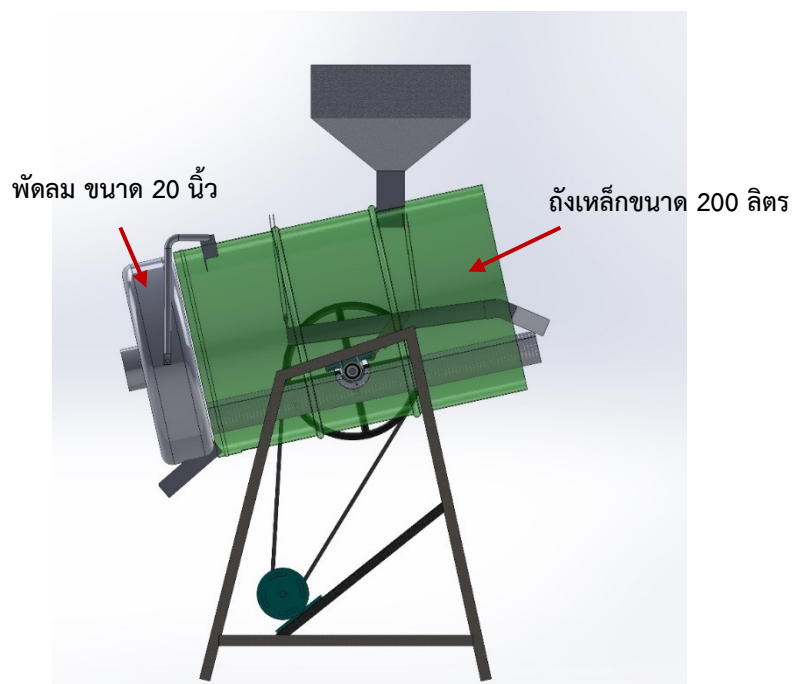


รูปภาพที่ 3.4 แสดงการติดตั้งตะแกรงโยกชั้นที่ 1



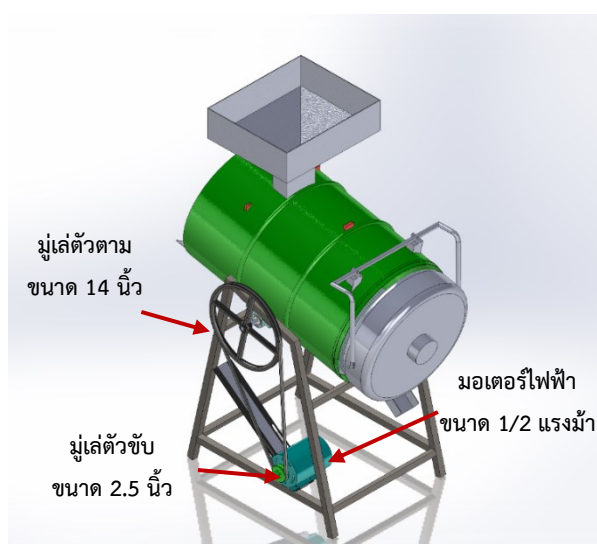
รูปภาพที่ 3.5 เพลาลูกเบี้ยว

2.3) ชุดพัดลม .ใช้พัดลมสำเร็จรูปขนาด 20 นิ้ว เพื่อใช้เป็นระบบทำความสะอาดด้วยลมเป่า เพื่อไล่สิ่งเจือปนที่มีน้ำหนักเบากว่าเมล็ดข้าวเปลือก เช่น ฝุ่นดิน เมล็ดข้าวลีบ เศษฟางขนาดเล็ก เป็นต้น ชุดพัดลมจะถูกติดตั้งกับถังเหล็ก 200 ลิตร ตรงตำแหน่งส่วนท้ายของเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก แบบประยุกต์



รูปภาพที่ 3.6 แสดงบริเวณที่ติดตั้งชุดพัดลม

2.4) ระบบส่งกำลัง เครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ออกแบบให้ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/2 แรงม้าที่ในการส่งกำลังขับเคลื่อนกลไกตะแกรงโยกสำหรับคัดแยกเมล็ดข้าวเปลือก กำลังจากต้นกลึงจะถูกส่งผ่านมู่เล่ตัวขับเคลื่อนขนาด 2.5 นิ้ว ผ่านสายพานไปยังมู่เล่ตัวตามขนาด 14 นิ้วที่ถูกติดตั้งบนเพลาลูกเบี้ยว เมื่อเพลาลูกเบี้ยวหมุนขยับจะทำให้เกิดการเตะกับชิ้นส่วนที่ถูกติดตั้งบนตะแกรงคัดแยกข้าวชั้นที่ 1 ทำให้ตะแกรงเกิดการโยกตามจังหวะของการเตะของเพลาลูกเบี้ยว



รูปภาพที่ 3.7 ระบบส่งกำลังให้เพลาลูกเบี้ยว

3.3.2 การสร้างเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก

ทำการสร้างเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ต้นแบบ เพื่อให้นำมาทดสอบเก็บข้อมูล โครงสร้างต่างๆ ที่ไม่มีการเคลื่อนไหวใช้วิธีการยึดติดกันด้วยการเชื่อมไฟฟ้า ส่วนเครื่องต้นกำลังและชุดลูกปืนตูกตายึดติดด้วยน็อตและโบลท์ต่าง ๆ มีลำดับการสร้างดังนี้

- 1) พิจารณาแบบรูปให้ละเอียด โดยทำความเข้าใจในส่วนประกอบต่าง ๆ ให้ครบถ้วน
- 2) จัดเตรียม จัดหาวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องนำมาใช้ในการสร้างตามรายละเอียดที่ระบุตามแบบรูป
- 3) จัดสร้างโครงสร้างหลักโดยตัดเชื่อมเหล็กติดกันเพื่อขึ้นรูปโครงสร้างโดยใช้รูปแบบทรง A เพื่อให้โครงสร้างของเครื่องจักรมีขนาดกระทัดรัด ประหยัดเหล็ก และมีความสวยงาม
- 4) สร้างตะแกรงร่อนข้าวโดยสร้างให้สามารถเปลี่ยนแผ่นตะแกรงร่อนข้าวได้ หากมีพันธุ์ข้าวที่เปลี่ยนไปหรือต้องการใช้ตะแกรงขนาดเล็กกว่าเดิมก็สามารถเปลี่ยนได้โดยสะดวก

- 5). สร้างอุโมงค์ลม โดยใช้ถัง 200 ลิตร เป็นถังหลักแบบเปิดฝาได้ นำมาตัดท้ายถังให้ทะลุตามวงรอบของถัง เพื่อเป็นอุโมงค์ลม และสร้างทางเข้าของข้าวพร้อม ปากปล่องเทข้าวเพื่อรองรับการทำงานได้ ครั้งละ 10 กิโลกรัมขึ้นไป
- 6) สร้างระบบเคลื่อนที่ของตะแกรงร่อนข้าวโดยใช้กลไกแบบลูกเบี้ยวให้ตะแกรงเคลื่อนที่ไปมาโดยใช้แรงสปริงในการดึงกลับ
- 7) สร้างชิ้นส่วนเพื่อรองรับพัดลมขนาด 20 นิ้ว โดยสามารถถอดพัดลมออกจากเครื่องได้โดยง่าย การสร้างนี้ใช้ก๊วยล๊อคท่อ PVC ขนาดตามขาตั้งพัดลมอุตสาหกรรมแบบตั้งพื้น โดยทำการติดตั้งบริเวณกันถังหลักซึ่งเป็นบริเวณติดตั้งพัดลม
- 8) สร้างแท่นติดตั้งต้นกำลังของเครื่องจักรซึ่งเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า และสามารถดึงหรือหย่อนสายพานได้
- 9) ประกอบติดตั้งอุโมงค์ลม กับโครงสร้างเครื่องจักร พร้อมเสริมความแข็งแรงของอุโมงค์ลมด้วย
- 10) ติดตั้ง สายพานยึดตะแกรงชั้นที่ 1 ตะแกรงโยกร่อนข้าวให้สามารถปรับระยะสายพานได้ง่าย โดยใช้หลักการการดึงรััดดึงของเชือกสายพานคล้าย ๆ สายของกระเป๋ และติดตั้งตะแกรงชั้นที่ 2 สำหรับรองรับเมล็ดข้าว พร้อมทำทางออกของเมล็ดข้าวเมื่อผ่านการคัดแล้ว
- 11) ติดตั้งเพลานลูกเบี้ยวที่สร้างขึ้นเข้ากับตัวเครื่อง และติดตั้งสปริงดึงให้ลูกเบี้ยวชิดติดกันโดยใช้สปริงติดอย่าง 3 จุด โดยติดตั้งด้านท้ายจำนวน 2 จุด และด้านลางตรงกลางตะแกรงอีก 1 จุด
- 12) ติดตั้งชุดส่งกำลังโดยลูกปืนตึกตา ในตำแหน่งที่กำหนด โดยให้แนวสายพานตรงกับแนวมู่เล่ทั้งตัวขับและตัวตาม
- 13) ติดตั้งเครื่องต้นกำลังพร้อมใส่สายพานดึงสายพานให้ได้ตามมาตรฐาน และตรวจสอบระบบไฟฟ้าเนื่องจากโครงสร้างเป็นเหล็กจึงต้องระวังมากเป็นพิเศษ
- 14) ทดสอบเครื่องหากมีการแก้ไขให้ทำการแก้ไขให้แล้วเสร็จก่อนทำสีจริง
- 15) ถอดชิ้นส่วนต่าง ๆ ออกเพื่อทำสีของชุดโครงสร้างโดยการพ่นสีรองพื้นก่อนลงสีจริง



รูปภาพที่ 3.8 แสดงการสร้างประกอบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ต้นแบบ



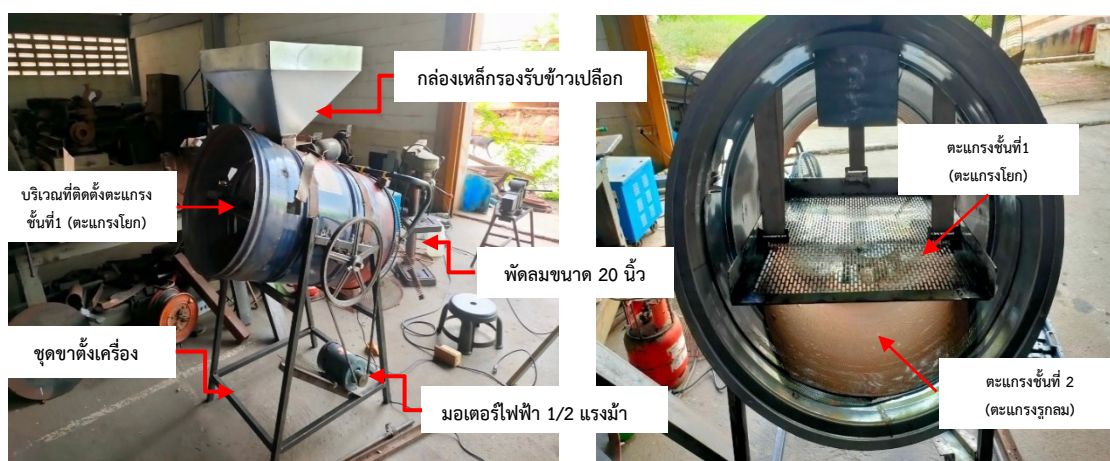
รูปภาพที่ 3.9 เครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ต้นแบบ

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 ผลการสร้างเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์

การทำงานของเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ ข้าวเปลือกจะถูกเทเข้าสู่เครื่องบริเวณด้านบนของเครื่องที่มีกล่องเหล็กรองรับข้าวเปลือก บริเวณใต้กล่องรองรับข้าวเปลือกจะติดตั้งลิ้นเปิด-ปิด เพื่อใช้ควบคุมอัตราการไหลของข้าวเปลือก ก่อนข้าวเปลือกจะไหลเข้าสู่ตะแกรงทำความสะอาดข้าวเปลือก ข้าวเปลือกจะถูกทำความสะอาดด้วยระบบลมเป่า เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนที่มีน้ำหนักเบากว่าเมล็ดข้าวเปลือก เช่นเศษฟ่อน เศษฟางขนาดเล็ก ข้าวเมล็ดลีบ เป็นต้น ระบบลมเป่าสามารถปรับระดับความเร็วลมได้ 3 ระดับ คือ 2.54, 3.00 และ 3.50 เมตรต่อวินาที (m/s) เมื่อข้าวเปลือกถูกทำความสะอาดด้วยระบบลมเป่าแล้ว จะไหลลงสู่ตะแกรงชั้นที่ 1 ตะแกรงโยก ซึ่งเป็นตะแกรงเหล็กแบบรูลาย ขนาดรู 2.5×20 มม. ที่สามารถปรับระดับ มุมเอียงของตะแกรงได้ โดยตะแกรงชั้นที่ 1 จะถูกโยกด้วยกลไกเพลาลูกเบี้ยวที่ส่งกำลังมาจากมอเตอร์ขนาด $1/2$ แรงม้า ข้าวเปลือกที่มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดรูตะแกรงจะถูกร่อนผ่านตะแกรงชั้นที่ 1 ลงสู่ตะแกรงชั้นที่ 2 ซึ่งเป็นตะแกรงรูลมขนาด 1.5 มม. ถูกติดตั้งให้มีความลาดเอียงในมุมมองที่พอเหมาะเพื่อรองรับและนำข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วออกจากตัวเครื่อง รูปภาพที่ 4.1 แสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ (ต้นแบบ)



รูปภาพที่ 4.1 รายละเอียดเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ (ต้นแบบ)

4.2 ขั้นตอนการทดสอบและผลการทดสอบ

4.2.1 ทดสอบความเร็วลมที่เหมาะสม

4.2.1.1 ขั้นตอนการทดสอบความเร็วลมของเครื่อง

การทดสอบหาความเร็วลมที่ใช้ในการแยกสิ่งเจือปนจากเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ กข 41 จำนวน 11 กิโลกรัม (kg) โดยเป็นข้าวดี 10 กก. และสิ่งเจือปน 1 กก. ทำการทดสอบโดยปรับความเร็วลมของพัดลม 3 ระดับ คือ 2.54, 3.00 และ 3.50 เมตรต่อวินาที (m/s) ในการทดสอบตะแกรงโยกจะมีมุมลาดเอียงของตะแกรงคงที่ คือ 10.01 องศาจากแนวนระดับ โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

- 1) ทำการชั่งข้าวเปลือกดีจำนวน 10 kg และสิ่งเจือปน 1 kg จากนั้นผสมข้าวเปลือกดีและสิ่งเจือปนให้คลุกเคล้ากัน
- 2) ปรับมุมลาดเอียงของตะแกรงโยกที่ระดับการเอียงประมาณ 9.54 องศาจากแนวนระดับ
- 3) เปิดมอเตอร์ไฟฟ้าส่งกำลังให้ตะแกรงโยกทำงาน
- 4) ปรับความเร็วลมของพัดลมที่ระดับ 2.54 m/s (ความเร็วพัดลมเบอร์ 1)
- 5) นำข้าวเปลือกที่ต้องการทดสอบใส่ในกล่องรองรับข้าวเปลือก เปิดลิ้นควบคุมอัตราการไหลข้าวเปลือกและจับเวลาการทำงานตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นการทำงาน
- 6) เมื่อข้าวเปลือกบนตะแกรงโยกหมด ปิดมอเตอร์ไฟฟ้าและพัดลม ทำการชั่งข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาด (ข้าวดี) และสิ่งเจือปน บันทึกผลการทดสอบ และทำการทดสอบซ้ำที่ความเร็วลมเดิมอีก 2 ครั้ง
- 7) ดำเนินการทดสอบตามข้อ 1) – 6) แต่ปรับเปลี่ยนความเร็วลมของพัดลมในข้อที่ 4) เป็น 3.00 m/s (ความเร็วพัดลมเบอร์ 2) และ 3.50 m/s (ความเร็วพัดลมเบอร์ 3) ตามลำดับ

4.2.1.2 ผลการทดสอบหาความเร็วลมที่เหมาะสม

การทดสอบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์จากอัตราการผสมข้าวเปลือกดี 10 กิโลกรัม (kg) กับสิ่งเจือปน 1 kg โดยสิ่งเจือปนประกอบไปด้วยกรวด หินขนาดเล็ก เศษฟางข้าว ข้าวเปลือกเมล็ดลีบ รวมทั้งหมด 11 kg โดยทดสอบที่ความเร็วลม 3 ระดับ ได้แก่ 2.54, 2.93 และ 3.18 m/s ตามลำดับ ที่มุมลาดเอียงของตะแกรงโยก 10.01 องศา ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.1



รูปภาพที่ 4.2 ข้าวเปลือกที่ยังไม่ผ่านการทำความสะอาดที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบหาความเร็วลมที่เหมาะสม ที่มุมเอียงของตะแกรงโยก 10.01 องศา

ความเร็วลม (m/s)	ครั้งที่	ทางเข้า	ทางออก			ประสิทธิภาพ การคัดแยก ข้าวเปลือก (%)	ประสิทธิภาพ การคัดแยก สิ่งเจือปน (%)	เวลาที่ใช้ (นาท)
		ข้าวเข้า (kg)	ข้าวออก สุทธิ (kg)	สิ่งเจือปน สุทธิ (kg)	การสูญเสีย ข้าวเปลือก (kg)			
2.54	1	11	9.707	0.873	0.293	97.07	87.30	5.55
	2	11	9.684	0.903	0.316	96.84	90.30	5.61
	3	11	9.698	0.895	0.302	96.98	89.50	5.44
	เฉลี่ย	11	9.696	0.890	0.304	96.96	89.03	5.53
	S.D.	-	0.008	0.011	0.008	0.08	1.10	0.06
3.00	1	11	9.687	0.895	0.313	96.87	89.50	5.39
	2	11	9.703	0.911	0.297	97.03	91.10	5.40
	3	11	9.712	0.906	0.288	97.12	90.60	5.33
	เฉลี่ย	11	9.701	0.904	0.299	97.01	90.40	5.37
	S.D.	-	0.010	0.010	0.009	0.09	0.58	0.03
3.5	1	11	9.721	0.912	0.279	97.21	91.20	5.36
	2	11	9.834	0.935	0.166	98.34	93.50	5.28
	3	11	9.798	0.941	0.202	97.98	94.10	5.38
	เฉลี่ย	11	9.784	0.929	0.216	97.84	92.93	5.34
	S.D.	-	0.041	0.011	0.041	0.41	1.08	0.04

จากตารางที่ 4.1 เป็นผลจากการทำการทดสอบทำความสะอาดข้าวเปลือกที่ 11 kg (ข้าวดี 10 kg และสิ่งเจือปน 1 kg) ที่มีมลัดเอียงของตะแกรงโยก 10.01 องศา พบว่า

1) ความเร็วลมทั้ง 3 ระดับ คือ 2.54, 3.00, 3.50 m/s มีการใช้เวลาในการคัดแยกใกล้เคียงกันที่ 5.53, 5.37 และ 5.34 ตามลำดับ

2) เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวเปลือก พบว่า ที่ความเร็วลม 2.54 m/s มีประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวเปลือกน้อยที่สุด คือ 96.96% และที่ความเร็วลม 3.50 m/s มีประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวเปลือกมากที่สุด คือ 97.84%

3) เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคัดแยกสิ่งเจือปน พบว่า ที่ความเร็วลม 2.54 m/s มีประสิทธิภาพการคัดแยกสิ่งเจือปนน้อยที่สุด คือ 89.03% และที่ความเร็วลม 3.50 m/s มีประสิทธิภาพการคัดแยกสิ่งเจือปนมากที่สุด คือ 92.93%

ความเร็วลมที่เหมาะสมในการทำความสะอาดข้าวเปลือกอยู่ที่ 3.5 m/s เนื่องจากสามารถคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวเปลือกได้ดีที่สุด ทำให้มีประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวเปลือกและสิ่งเจือปนมากที่สุด คือ 97.84% และ 92.93% ตามลำดับ



รูปภาพที่ 4.3 การทดสอบหาความเร็วลมที่เหมาะสม ที่มีมลัดเอียงของตะแกรงโยก 10.01 องศา



รูปภาพที่ 4.4 สิ่งเจือปนที่ถูกทำความสะอาดออกจากเครื่อง

4.2.2 ทดสอบมุมลาดเอียงของตะแกรงโยกที่เหมาะสม

4.2.2.1 ขั้นตอนการทดสอบมุมลาดเอียงของตะแกรงโยกของเครื่อง

จากการทดสอบความเร็วลมตามข้อ 4.2.1 ความเร็วลมที่เหมาะสม คือ 3.5 m/s ดังนั้นในการทดสอบหามุมเอียงของตะแกรงโยก จะใช้ความเร็วลมคงที่ที่ 3.5 m/s เพื่อใช้ทดสอบแยกสิ่งเจือปนจากเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์กข 41 จำนวน 11 กิโลกรัม (kg.) โดยเป็นข้าวดี 10 kg และสิ่งเจือปน 1 kg. ทำการปรับมุมลาดเอียงของตะแกรงโยกจากแนวระดับจำนวน 3 ระดับ คือ 6.23, 8.06 และ 10.01 องศา โดยการทดสอบมุมเอียงที่ 10.01 องศา จะใช้ผลการทดสอบเดียวกับผลการทดสอบข้อ 4.2.1 ในการทดสอบนี้จะทำการทดสอบเพิ่มเติมที่มุมเอียงของตะแกรงโยก 6.23 และ 8.06 องศา โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

- 1) ทำการชั่งข้าวเปลือกดีจำนวน 10 kg และสิ่งเจือปน 1 kg จากนั้นผสมข้าวเปลือกดีและสิ่งเจือปนให้คลุกเคล้ากัน
- 2) ปรับองศาความเอียงของตะแกรงโยกที่ระดับการเอียงประมาณ 6.23 องศาจากแนวระดับ
- 3) เปิดมอเตอร์ไฟฟ้าส่งกำลังให้ตะแกรงโยกทำงาน
- 4) ปรับความเร็วลมของพัดลมที่ระดับ 3.5 m/s (ความเร็วพัดลมเบอร์ 3)
- 5) นำข้าวเปลือกที่ต้องการทดสอบใส่ในกล่องรองรับข้าวเปลือก เปิดลิ้นควบคุมอัตราการไหลข้าวเปลือกและจับเวลาการทำงานตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นการทำงาน
- 6) เมื่อข้าวเปลือกในตะแกรงโยกหมด ปิดมอเตอร์ไฟฟ้าและพัดลม ทำการชั่งข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาด (ข้าวดี) และสิ่งเจือปน บันทึกผลการทดสอบ และทำการทดสอบซ้ำที่มุมลาดเอียงของตะแกรงโยกเดิมอีก 2 ครั้ง
- 7) ดำเนินการทดสอบตามข้อ 1) – 6) แต่ปรับเปลี่ยนมุมลาดเอียงของตะแกรงโยกในข้อที่ 2) เป็น 8.06 องศา

4.2.2.2 ผลการทดสอบหามุมลาดเอียงของตะแกรงโยกที่เหมาะสม

การทดสอบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์จากอัตราการผสมข้าวเปลือกดี 10 กิโลกรัม (kg) กับสิ่งเจือปน 1 kg โดยสิ่งเจือปนประกอบไปด้วยกรวด หินขนาดเล็ก เศษฟางข้าว ข้าวเปลือกเมล็ดลีบ รวมทั้งหมด 11 kg โดยทดสอบที่มุมลาดเอียงของตะแกรงโยก 3 ระดับ ได้แก่ 6.23, 8.06 และ 10.01 องศา ตามลำดับ ที่ความเร็วลมคงที่ 3.5 m/s ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบหามุมลาดเอียงของตะแกรงโยกที่เหมาะสม ที่ความเร็วลม 3.5 m/s

มุมเอียง ตะแกรงโยก (องศา)	ครั้งที่	ทางเข้า	ทางออก			ประสิทธิภาพ การคัดแยก ข้าวเปลือก (%)	ประสิทธิภาพ การคัดแยก สิ่งเจือปน (%)	เวลาที่ใช้ (นาท)
		ข้าวเข้า (kg)	ข้าวออก สุทธิ (kg)	สิ่งเจือปน สุทธิ (kg)	การสูญเสีย ข้าวเปลือก (kg)			
6.23	1	11	8.763	0.942	1.237	87.63	94.20	3.12
	2	11	8.965	0.945	1.035	89.65	94.50	2.97
	3	11	9.103	0.957	0.897	91.03	95.70	2.86
	เฉลี่ย	11	8.944	0.948	1.056	89.44	94.80	2.98
	S.D.	-	0.121	0.006	0.121	1.21	0.56	0.09
8.06	1	11	9.945	0.959	0.055	99.45	95.90	3.55
	2	11	9.899	0.968	0.101	98.99	96.80	3.72
	3	11	9.921	0.978	0.079	99.21	97.80	3.63
	เฉลี่ย	11	9.922	0.968	0.078	99.22	96.83	3.63
	S.D.	-	0.02	0.01	0.016	0.16	0.67	0.06
10.01	1	11	9.821	0.912	0.179	98.21	91.20	5.36
	2	11	9.834	0.935	0.166	98.34	93.50	5.28
	3	11	9.798	0.941	0.202	97.98	94.10	5.38
	เฉลี่ย	11	9.818	0.929	0.182	98.18	92.93	5.34
	S.D.	-	0.013	0.011	0.013	0.13	1.08	0.04

จากผลการทดสอบทำความสะอาดข้าวเปลือกที่ 11 kg (ข้าวดี 10 kg และสิ่งเจือปน 1 kg) ที่ความเร็วลมคงที่ 3.5 m/s ปรับระดับมุมเอียงของตะแกรงโยก 3 ระดับ คือ 6.23, 8.06 และ 10.1 องศา พบว่า

1) เมื่อปรับมุมเอียงของตะแกรงโยกที่ระดับ 6.23 องศา จะใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด คือ 2.98 นาท แต่พบว่าเกิดการสูญเสียข้าวเปลือกมากที่สุด คือ 1.056 ± 0.121 kg เนื่องจากมุมของตะแกรงที่น้อยทำให้ลักษณะของตะแกรงที่ติดตั้งมีลักษณะกดลงในบริเวณด้านหน้า เมื่อตะแกรงเกิดการสั่นโยกจึงทำให้ข้าวเปลือกเกิดการเคลื่อนมากองบริเวณด้านหน้าของตะแกรงโยกจำนวนมาก และทำให้ข้าวเปลือกบางส่วนหลุดออกไปปะปนกับสิ่งเจือปนทางด้านหน้าเครื่อง (แสดงดังรูปภาพที่ 4.5) ทำให้ประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวเปลือกน้อยสุด คือ 89.44%



รูปภาพที่ 4.5 ลักษณะข้าวเปลือกที่มากองบริเวณด้านหน้าตะแกรงโยก

2) เมื่อปรับมุมเอียงของตะแกรงโยกที่ระดับ 10.1 องศา จะใช้เวลาในการทำงานมากที่สุด คือ 5.34 นาที เนื่องจากมุมของตะแกรงที่มากทำให้ลักษณะของตะแกรงที่ติดตั้งมีลักษณะเอียงกดไปบริเวณด้านหลังมาก เมื่อตะแกรงเกิดการสั่นโยกจึงทำให้ข้าวเปลือกเกิดการเคลื่อนไปกองบริเวณด้านหลังของตะแกรงโยกเป็นจำนวนมาก ข้าวเปลือกมีการกองซ้อนทับกันทำให้ใช้เวลาในการทำงานมากขึ้น อีกทั้งทำให้เกิดการตกค้างของสิ่งเจือปนบนตะแกรงโยก (แสดงดังรูปภาพที่ 4.6, 4.7) และจากการทดสอบพบว่าการสูญเสียข้าวเปลือก คือ 0.182 ± 0.013 kg ประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวเปลือก คือ 98.18%



รูปภาพที่ 4.6 ลักษณะข้าวเปลือกที่มากองบริเวณด้านหลังตะแกรงโยก



รูปภาพที่ 4.7 สิ่งเจือปนที่ติดค้างบนตะแกรงโยก

3) เมื่อปรับมุมเอียงของตะแกรงโยกที่ระดับ 8.06 องศา จะใช้เวลาในการทำงาน คือ 3.63 นาที จากการทดสอบพบว่าการสูญเสียข้าวเปลือกน้อยที่สุด คือ 0.078 ± 0.016 kg โดยประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวเปลือกและสิ่งเจือปนมากที่สุด คือ 99.22% และ 96.83% ตามลำดับ



รูปภาพที่ 4.8 ลักษณะการกระจายตัวของข้าวเปลือก ที่มุมเอียงตะแกรงโยก 8.06 องศา

ดังนั้นผลทดสอบมุมเอียงที่เหมาะสมของเครื่องฯ สำหรับทำความสะอาดข้าวเปลือกพันธุ์ กข 41 จำนวน 11 kg (ข้าวดี 10 kg และสิ่งเจือปน 1 kg) ที่ความเร็วลมคงที่ 3.5 m/s คือ มุมเอียงของตะแกรงโยกที่ 8.06 องศา ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวเปลือกและสิ่งเจือปนมากที่สุด คือ 99.22% และ 96.83% ตามลำดับ เวลาที่ใช้ทำงาน คือ 3.63 นาที

4.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

จากการทดสอบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ เมื่อใช้งานกับคนงาน 1 คน จะมีความสามารถในการทำงานของเครื่องประมาณ 181.82 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (kg/hr.) เมื่อกำหนดให้เครื่องทำงาน 6 ชั่วโมงต่อวัน ทำงานปีละ 230 วัน สามารถประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน และระยะเวลาคืนทุนของเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ได้

4.3.1 ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน

ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ คำนวณได้จากต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

ค่าเสื่อมราคา (Depreciation, DP) คิดค่าเสื่อมราคาแบบ Straight-line method เมื่อพิจารณามูลค่าซากของเครื่องเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือ 10% ของราคาเครื่องที่ทำการประเมินไว้ที่ตารางที่ 4.3 เท่ากับ 7,100 บาท

$$\text{ดังนั้นซากเครื่อง} = (10/100) \times 7,100 = 710 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (DP)} = (7,100 - 710)/10 = 639 \text{ บาท}$$

ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest on investment) โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปี เท่ากับ 0.25% (อัตราดอกเบี้ยเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารกรุงไทยวันที่ 15 มีนาคม 2565)

$$\text{ดังนั้น ค่าเสียโอกาสต่อปี} = ((7,100 + 710)/2) \times (0.25/100) = 9.76 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{รวมต้นทุนคงที่ต่อปี (Fixed cost)} = 639 + 9.76 = 648.76 \text{ บาทต่อปี}$$

2) ต้นทุนผันแปร (Variable cost)

ค่าบำรุงรักษา (Repair and Maintenance) คิดเฉลี่ยประมาณวันละ 5 บาท ทำงาน 230 วันต่อปี เท่ากับ $5 \times 230 = 1,150$ บาทต่อปี

ค่าไฟหน่วยละ 4.5 บาท อัตราสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า 0.088 หน่วยต่อชั่วโมง ทำงาน 1,380 ชั่วโมงต่อปี เท่ากับ $4.5 \times 0.088 \times 1,380 = 546.48$ บาทต่อปี

ค่าจ้างแรงงาน อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 300 จำนวน 1 คน ทำงาน 230 วัน คิดค่าจ้างแรงงานเท่ากับ $300 \times 230 = 69,000$ บาทต่อปี

$$\text{รวมต้นทุนผันแปร} = 1,150 + 546.48 + 69,000 = 70,696.48 \text{ บาทต่อปี}$$

3) ต้นทุนรวม (Total cost)

คิดต้นทุนในการใช้งานของเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ โดยรวมต้นทุนผันแปรเท่ากับ $648.76 + 70,696.48 = 71,345.24$ บาทต่อปี

ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ที่ทำงานใน 1 ปี คือ 1,380 ชั่วโมง ความสามารถในการทำงานเท่ากับ 181.82 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หากคิดค่ารับจ้างทำความสะอาดข้าวเปลือก 0.5 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นเครื่องทำงานได้ $181.82 \times 1,380 = 250,909.09$ กิโลกรัมต่อปี รายได้ที่จะได้รับเท่ากับ $0.5 \times 250,909.09 = 125,454.55$ บาทต่อปี

$$\begin{aligned}\text{โดย} \quad \text{กำไร} &= \text{รายได้} - \text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด} \\ &= 125,454.55 - 71,345.24 \\ &= 54,109.30 \text{ บาทต่อปี (กำไรวันละ 227.56 บาท)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น ระยะเวลาในการคืนทุน} &= \text{ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง} / \text{กำไร} \\ &= 7,100 / 54,109.30 \\ &= 0.131 \text{ ปี (1.575 เดือน)}\end{aligned}$$

ผลจากการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน การสร้างเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ ราคา 7,100 บาท และรับจ้างคัดแยกที่ราคา 0.5 บาทต่อกิโลกรัม พบว่ามีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 1.575 เดือน หรือประมาณ 2 เดือน

ตารางที่ 4.3 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	ราคารวม	หมายเหตุ
1	เหล็กกล่อง ขนาด 1 x 1 นิ้วหนา 1.6 มม.	18	เมตร	45	810	6 เมตร / 1 เส้น
2	เหล็กฉาก ขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว	6	เมตร	55	330	6 เมตร / 1 เส้น
3	เหล็กแผ่น 120 x 240 ซม. หนา 1.4 มม.	1	แผ่น	1,400	1,400	
4	ตะแกรงเหล็กรูลาย (Slot) ขนาด 40 x 80 ซม. หนา 0.7 มม. ขนาดรู 3 x 20 มม.	1	แผ่น	350	350	
5	มู่เล่ ขนาด 14 นิ้ว	1	อัน	800	800	
6	มู่เล่ ขนาด 2.5 นิ้ว	1	อัน	300	300	
7	สายพาน	1	เส้น	120	120	
8	ลูกป้อนตุ้กตา ขนาด 1 นิ้ว	2	ลูก	180	360	
9	พัดลม ขนาด 16 นิ้ว	1	ชิ้น	1,000	1,000	
10	มอเตอร์ไฟฟ้า	1	ชิ้น	1,400	1,400	
11	สีและอุปกรณ์	1	ชุด	230	230	
รวม					7,100	

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ มีการสร้างต้นแบบของตัวเครื่องและได้นำไปทดสอบการใช้งานตามที่ปรากฏในบทที่ 4 ซึ่งเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตามเป้าหมายที่วางไว้ จากการกำหนดรูปแบบในการทดลองประกอบด้วยความเร็วลม 3 ระดับ และแนวลาดเอียงเอียงองศาของตะแกรงโยก 3 ระดับ สรุปผลการทดลองดังนี้

5.1.1 ผลการทดสอบหาความเร็วลมที่เหมาะสม จากการใช้ความเร็วลมของพัดลมมาตรฐาน 20 นิ้ว ซึ่งมีความเร็วลมเรียงตามลำดับเบอร์พัดลม 2.54, 3.00 และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) พบว่าความเร็วลมมีผลต่อประสิทธิภาพของการทำความสะอาดข้าวเปลือก โดยประสิทธิภาพการทำงานมากที่สุดที่ความเร็วลม 3.5 m/s ประสิทธิภาพการคัดแยก 97.84 % และจะเรียงลดหลั่นกันไปตามความเร็วของลม รองลงมาคือ 97.01% และ 96.96 % ตามลำดับ

5.1.2 การทดสอบในมิติของมุมลาดเอียงของตะแกรงโยกจากผลการทดลองตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่ามุมลาดเอียงของตะแกรงโยก 3 ระดับ คือ 6.23, 8.06 และ 10.01 องศา ที่ความเร็วลม 3.5 m/s เมื่อทดสอบพบว่าการสูญเสียของข้าวเปลือกน้อยที่สุด คือ มุมลาดเอียงตะแกรงโยกที่ 8.06 องศา มีการสูญเสียข้าวเปลือก เฉลี่ย 0.078 กิโลกรัม (จากข้าวเปลือก 10 กิโลกรัม) มีประสิทธิภาพในการคัดแยกข้าวเปลือก ร้อยละ 99.22 ในขณะที่มุมลาดเอียงของตะแกรงโยกที่ 10.01 องศา มีประสิทธิภาพการคัดข้าวเปลือก รองลงมา ร้อยละ 98.18 การสูญเสียข้าวเปลือกเฉลี่ย 0.182 กิโลกรัม และมีประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวเปลือกน้อยที่สุด คือ มุมเอียงตะแกรงโยก 6.23 องศา ซึ่งในขณะทำการทดลองพบว่าตะแกรงโยกมีความลาดเอียงน้อยเกินไปทำให้เมล็ดข้าวเปลือกเต็มเมล็ดบางส่วนถูกตะแกรงโยกสลัดออกไปรวมกับสิ่งเจือปน และมุมเอียง 10.01 องศา พบว่าหลังจากการปล่อยข้าวเปลือกลงสู่ตะแกรงโยกข้าวเปลือกจะไปกองรวมกันที่ด้านท้ายตะแกรงทำให้เสียพื้นที่ในการคัดแยกข้าวเปลือกของตะแกรงโยก

5.1.3 ในการคิดวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนของต้นจากต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน เป็นการคิดในทางตรงเพื่อหาจุดคุ้มค่าในการสร้างเครื่อง ณ เวลาปัจจุบัน โดยประเมินราคาในการสร้างเครื่องเท่ากับ 7,100 บาท และใช้งานในระยะเวลา 10 ปี พบว่า จะมีมูลค่าซาก 710 บาท และมีค่าเสื่อมราคา 639 บาทต่อปี มีค่าเสียโอกาสจากอัตราดอกเบี้ย 9.76 บาทต่อปี (ธนาคารกรุงไทย ณ วันที่ 15 มีนาคม 2565

อัตราดอกเบี้ยเงินออมทรัพย์ร้อยละ 0.25 บาท) รวมต้นทุนคงที่ 648.76 บาทต่อปี และการวิเคราะห์ต้นทุนแปรผัน ประกอบด้วย ค่าบำรุงรักษา 1,150 บาทต่อปี ค่าไฟฟ้า 546.48 บาทต่อปี ค่าจ้างแรงงาน 69,000 บาทต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการรับจ้างซึ่งมีค่าบริการคัดแยก 0.5 บาทต่อกิโลกรัม พบว่ามีค่าใช้จ่ายรวม 70,696.48 บาทต่อปี เมื่อนำค่าใช้จ่ายต่าง ๆ มาวิเคราะห์จุดคุ้มทุน โดยมีกำไรต่อปี 54,109.30 บาท ราคาลงทุนสร้างเครื่องฯ 7,100 บาท จะมีระยะเวลาคืนทุน 1.575 เดือน หรือประมาณ 2 เดือน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในด้านเทคนิค เนื่องจากเป็นเครื่องที่ประยุกต์ใช้วัสดุอุปกรณ์ทำให้สามารถหาได้ง่าย โดยทั่วไป และกลไกการทำงานไม่มีความซับซ้อน ดังนั้นสามารถส่งเสริมหรือสนับสนุนให้เกษตรกรได้เรียนรู้ในการสร้างขึ้นมาใช้งานด้วยตัวเองจะเป็นการดี หากมีการชำรุดเสียหายจะซ่อมได้เอง ไม่ก่อให้เกิดการละทิ้งหรือละการใช้งานทำให้เสียโอกาส และไม่เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน

5.2.2 ในเครื่องต้นแบบสำหรับการทดลองใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ไม่สะดวกในการนำไปใช้งานในสถานที่ที่ไฟฟ้าพื้นฐานเข้าไม่ถึง สามารถปรับเปลี่ยนต้นกำลังไปเป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็กสูบเดียวที่มีตามท้องตลาดแทนเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานมากขึ้น

5.2.3 ผลงานวิจัยเป็นเครื่องต้นแบบที่มีศักยภาพการใช้งานในระดับหนึ่ง ยังสามารถพัฒนาให้มีศักยภาพและประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะหากต้องการกำลังในการผลิตที่สูง หรือให้มีความทันสมัย และมีความสวยงามมากขึ้น

5.2.4 ในการสร้างหรือจัดหาเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์สามารถใช้ในกิจกรรมกลุ่มหรือสำหรับเกษตรกรรายย่อยทั่วไปที่มีผลผลิตข้าวต่อปีจำนวนมาก หรือต้องการประกอบอาชีพเสริมในการรับจ้างสีข้าวหรือสีข้าวขายแทนการขายข้าวเปลือกแปรรูปจะมีความคุ้มค่า เพราะมีราคาไม่แพงและหากเป็นการทำงานในครัวเรือนโดยแรงงานในครัวเรือนจะทำให้เกษตรกรประหยัดต้นทุนจากค่าจ้างแรงงาน

บรรณานุกรม

- กรมการข้าว. (2559). **องค์ความรู้เรื่อง ข้าว เวอร์ชัน 3.0, พันธุ์ข้าว กข 41 (RD41)**. [ออนไลน์]. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2565 จาก <http://webold.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.phpfile=contentphp&id=121.htm>
- กรมการข้าว. (2560). **องค์ความรู้เรื่อง ข้าว เวอร์ชัน 3.0**. [ออนไลน์]. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2565 จาก <http://ricethailand.go.th>
- จาริณี จงปลื้มปิติ และคณะ (2559). **เครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวสารในโรงสีข้าวระดับชุมชน**. เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 7 (ME005) วันที่ 25 – 26 กรกฎาคม 2559 ณ โรงแรมดุสิตปรีนเซส จังหวัดนครราชสีมา.
- จาริณี จงปลื้มปิติ และ พลเทพ เวงสูงเนิน (2559). **การออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกข้าวตอก**. วารสารเกษตรพระวรุณ, ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2561. หน้า 229 - 237
- ดำรง สัฟโส. (2556). **เอกสารประกอบการสอน วิชาการระบบส่งกำลังเครื่องมืองล. หน่วยที่ 2: งานคำนวณระบบส่งกำลังเครื่องมืองลด้วยสายพาน**. วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์, สำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา, กระทรวงศึกษาธิการ. หน้า 13-33 สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2565 จาก <http://tl.ac.th/document/damrong/2.pdf>.
- ปรีชา ทิมทอง. (2543). **ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จักรวรรดิ.
- ไพศาล การถาง. (2556). **กระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาเมล็ดข้าวเปลือก: การจำแนกสายพันธุ์และการตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าว**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- รพีพรรณ เหล็กหมื่นไวย (2562). **การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวในครัวเรือน**. วารสารบริหารธุรกิจอุตสาหกรรม, ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2562. หน้า 36- 46.
- รุ่งทวี ผดากาล (2561). **ผลของเวลาและอัตราการไหลของอากาศ ต่อการแยกสิ่งเจือปนจากเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยใช้เครื่องคัดแยกสำหรับครัวเรือน**. วารสารเกษตร 46 ฉบับพิเศษ 1. หน้า 445-450.

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. (2556). **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2**. กรุงเทพมหานคร: บริษัทซีเอ็ดยูชั่น จำกัด.

สุทธิพงษ์ จำรูญรัตน์ และ ภิรมย์ ตั้งจิตเพียรผล (2559). **การพัฒนาเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนในเมล็ดข้าวปลูก**. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2560). **มาตรฐานสินค้าเกษตร, ข้าวไทย (THAI RICE)**. [ออนไลน์]. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2565 จาก <http://www.acfs.go.th>

วันชัย จันทร์ประเสริฐ (2542). **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืช**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 276 หน้า

ภาคผนวก

รายการวัสดุและรูปแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์

1. รายการวัสดุอุปกรณ์สำหรับสร้างเครื่องชุดร่องวางท่อเกษตร

ตารางที่ ผ.1 รายการวัสดุอุปกรณ์สำหรับสร้างเครื่องชุดร่องวางท่อเกษตร

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย
1	เหล็กกล่อง ขนาด 1 x 1 นิ้ว หนา 1.6 มม.	18	เมตร
2	เหล็กฉาก ขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว	6	เมตร
3	เหล็กแผ่น 120 x 240 ซม. หนา 1.4 มม.	1	แผ่น
4	ตะแกรงเหล็กรูลาย (Slot) ขนาด 40 x 80 ซม. หนา 0.7 มม. ขนาดรู 3 x 20 มม.	1	แผ่น
5	มู่เล่ ขนาด 14 นิ้ว	1	อัน
6	มู่เล่ ขนาด 2.5 นิ้ว	1	อัน
7	สายพาน	1	เส้น
8	ลูกปืนตุ้กตา ขนาด 1 นิ้ว	2	ลูก
9	พัดลม ขนาด 16 นิ้ว	1	ชิ้น
10	มอเตอร์ไฟฟ้า	1	ชิ้น
11	สีและอุปกรณ์	1	ชุด



เครื่องคัดเมล็ดพันธุ์ข้าว

แบบเลขที่ 0000901-010-65

สำนักพัฒนาพื้นที่ปฏิรูปที่ดิน

สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.)

รูปภาพที่ ผ 1 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นปก

[illegible]

รูปภาพที่ ผ 2 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 1

รูปภาพที่ ผ 5 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 4

[illegible]

รูปภาพที่ ผ 6 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 5

[illegible]

รูปภาพที่ ผ 9 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 8

60



รูปไมโครสโคป

9

96



รูปไมโครสโคป

9

1. แฉกตะแกรงขนาด กว้าง 2.5 มม.

2. แฉกตะแกรงขนาด กว้าง 1.5 มม.

รูปภาพที่ ผ 11 แบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกแบบประยุกต์ แผ่นที่ 10

