สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก

MINI BROWN RICE CENTRIFUGAL HUSKER

โดย

นายเชาว์กุล สว่างลาภธรรม

นายบุญนริศ นิทัศน์เสถียร

นางสาวพัชรินทร์ ธีรสุนทรวัฒน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 45677
วัน, เดือน, ปี 13 ก.พ. 2546

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2544

เครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก

MINI BROWN RICE CENTRIFUGAL HUSKER

โดย

1.นายเชาว์กุล	สว่างลาภธรรม
2.นายบุญนริศ	นิทัศน์เสถียร
3.นางสาวพัชรินทร์	ธีรสุนทรวัฒน์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ พิชิต	กิตตินนท์
อาจารย์ สุดารัตน์	แคว้นเขาเม็ง
รศ.เกรียงศักดิ์	สุวรรณโพธิ์ศรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก

ผู้จัดทำ

1. นายเชาว์กุล สว่างลาภธรรม
2. นายบุญนริศ นิทัศน์เสถียร
3. นางสาวพัชรินทร์ ธีรสุนทรวัฒน์

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ พิชิต กิตตินนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ สุคารัตน์ แคว้นเขาเม็ง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก

เชาว์กุล	สว่างลาภธรรม	
บุญนริศ	นิทัศน์เสถียร	
พัชรินทร์	ธีรสุนทรวัฒน์	
อาจารย์พิชิต	กิตตินนท์	อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ สุดารัตน์	แคว้นเขาเม็ง	อาจารย์ที่ปรึกษา
ร.ศ. เกรียงศักดิ์	สุวรรณโพธิ์ศรี	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก โดยหลักการทำงานของเครื่องคือ ข้าวเปลือกจะถูกนำมาใส่ยังถังใส่ข้าวเปลือก(Hopper) แล้วไหลผ่านช่องเปิดเข้าสู่ชุดกระเทาะเปลือกที่อาศัยหลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งข้าวจะถูกเหวี่ยงโดยใบพัด(Impeller) ไปสัมผัสกับแผ่นเป้ากระทบ เป็นผลให้ข้าวจะถูกกะเทาะได้ ข้าวกล้องและแกลบ จะถูกส่งขึ้นไปยังชุดคัดแยก แกลบจะถูกดูดออกทางช่องดูดลมโดยโบล์เวอร์(Blower) เพื่อส่งไปยังไซโคลน(Cyclone) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำการคัดแยกแกลบออกจากลม โดยแกลบจะไหลลงสู่ด้านล่าง ส่วนลมจะลอยขึ้นทางด้านบน ข้าวกล้องที่ผ่านการคัดแยกแกลบออกแล้วก็จะไหลลงสู่ภาชนะรองรับที่จัดเตรียมไว้ ผลการทดสอบเครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็กนี้ ได้อัตราการกะเทาะ 54.22 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเครื่องมีประสิทธิภาพการกะเทาะ 79.15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก ที่กองเกษตรวิศวกรรม ได้เคยสร้างไว้ ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด 85 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าเครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็กที่สร้างได้ในโครงงานนี้ มีผลเป็นที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MINI BROWN RICE CENTRIFUGAL HUSKER

CHAOKUL	SAWANGLAPTHAM	
BOONNARIT	NITTHADSATHIAN	
PATCHARIN	THREERASOONTORNWAT	
PICHIT	KITTINON	ADVISOR
SUDARAT	KWANKAOMENG	ADVISOR
KRIENGSUKDI	SUWANPOSRI	ADVISOR

2001

Abstract

This project aimed to design and builds a mini brown centrifugal rice husker. The principal task was to move the paddy to the husker part after being taken into the hopper. The paddy was they centrifuged by the propeller to touch the lining. This process separated the brown rice grains from the husks.

Next, the blower sucked the husks and sent it to the cyclone, which forced them outside while the brown rice grains were dropped to the container.

The experiment revealed a husking rate of 54.22 kilogram per hour and husking efficiency of 79.15 percent. While the best mini brown centrifugal rice husker of agricultural engineering center has maximum efficiency of 85 percent. Hence this mini brown centrifugal rice husker is satisfy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

	หน้า
สารบาญ	ก
สารบาญรูปภาพ	ค
สารบาญตาราง	ฉ
สารบาญกราฟ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตโครงงาน	1
บทที่ 2 ขั้นตอนการตรวจเอกสาร	3
2.1 ความหมายของคำที่ใช้ในโครงงาน	3
2.2 สมการที่ใช้ในการคำนวณ	3
2.3 การกะเทาะข้าวเปลือก	4
2.4 หลักการทำงานของเครื่องสีข้าวแต่ละชนิด	4
2.5 ตารางและกราฟแสดงผลการทดสอบเครื่องสีข้าวชนิดต่างๆ	5
2.6 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยงจากแหล่งข้อมูลต่างๆ	9
บทที่ 3 ขั้นตอนการทดสอบวัสดุ	14
3.1 การทดสอบการกะเทาะเปลือกข้าวด้วยเป้ากระทบที่ทำมาจากวัสดุชนิดต่างๆ	14
3.2 การทดสอบกะเทาะเปลือกข้าวด้วยเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง รุ่น PM 400	19
3.3 การหาลักษณะข้าวที่ออกจาก impeller ของเครื่องสีข้าวรุ่น PM 400	22
บทที่ 4 การคำนวณและออกแบบ	23
4.1 การออกแบบพู่เล่ย์	23
4.2 การออกแบบไซโคลน	24
4.3 การคำนวณหาความเร็วเชิงเส้นของ impeller จากข้อมูลต่าง ๆ	25
บทที่ 5 การสร้างและประกอบเครื่อง	27
5.1 ขั้นตอนการสร้างส่วนต่างๆ ของเครื่อง	27
5.2 ขั้นตอนการประกอบเครื่อง	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 ผลการทดสอบเครื่อง	32
6.1 วิธีการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องสีข้าว	32
6.2 ผลการทดลองกะเทาะเปลือกข้าวด้วยเครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก	33
6.3 การวัดความเร็วลม	40
6.4 ผลการทดลองวัดความเร็วลม	41
6.5 สรุปผลการทดลอง	43
บทที่ 7 สรุปผลโครงงาน	44
7.1 ส่วนต่างๆ ของเครื่อง	44
7.2 การทดสอบ	46
ภาคผนวก	48
ภาคผนวก ก. เครื่องสีข้าวแรงเหวี่ยงแบบต่างๆ	49
ภาคผนวก ข. รูปเครื่องสีข้าวที่ใช้ทดลองในบทความวิจัยเรื่อง (Performance of the Japanese Impeller-Type Rice Husker)	51
ภาคผนวก ค. การตรวจสอบเอกสารเกี่ยวกับข้าว	53
ภาคผนวก ง. แสดงภาพเครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก ผลการทดลองและวิธีการทดสอบ	57
ภาคผนวก จ. แสดงแบบเครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก	63
ภาคผนวก ฉ. การประเมินราคา	69
กิตติกรรมประกาศ	70
เอกสารอ้างอิง	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงวิธีการกะเทาะข้าวเปลือกของ Impeller ที่ตั้งอยู่ในแนวระดับ	10
รูปที่ 2.2 แสดงการคัดแยกแกลบออกจากข้าวกล้อง	11
รูปที่ 3.1 แสดงภาพของแผ่นวัสดุที่นำมาทำเป้ากระทบ	14
รูปที่ 3.2 แสดงภาพของแผ่นวัสดุที่นำมาทำเป้ากระทบ	15
รูปที่ 3.3 แสดงรูป Impeller ที่ปิดด้วยแผ่นพลาสติกอะครีลิค เพื่อสังเกตลักษณะของที่ออกจาก Impeller	22
รูปที่ 3.4 แสดงส่วนกะเทาะเปลือกข้าวติดตั้งในแนวดิ่ง	22
รูปที่ 5.1 แสดงการประกอบ Blower	27
รูปที่ 5.2 โครง Blower	27
รูปที่ 5.3 ใบพัด Bolwer	27
รูปที่ 5.4 หน้าแปลน Blower	28
รูปที่ 5.5 หน้าแปลนที่ติดกับใบพัด Blower	28
รูปที่ 5.6 แสดงการประกอบ Impeller	29
รูปที่ 5.7 โครง Impeller	29
รูปที่ 5.8 เพลา Blower	29
รูปที่ 5.9 เพลา Impeller	30
รูปที่ 5.10 ท่อนำข้าว	30
รูปที่ 6.1 แสดงความเร็วลมที่จุดต่างๆ ของเครื่องสีข้าวรุ่น PM 400	41
รูปที่ 6.2 แสดงความเร็วลมที่จุดต่างๆ ของเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก	42
รูปภาพผนวก	
รูปที่ ก.1 แสดงเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยงรุ่น FC 2 K	49
รูปที่ ก.2 แสดงเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยงรุ่น FC4S-MS	49
รูปที่ ก.3 แสดงเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง (Mobile Mini Rice Mill) รุ่น FS281+VP222	50
รูปที่ ก.4 แสดงเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง (Mobile Mini Rice Mill) รุ่น FS281+MP-370F	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ ข.1 แสดงรูปเครื่องสีข้าว	51
รูปที่ ข.2 แสดงลักษณะของ Impeller ที่มีจำนวนครีบ 50 ครีบ	51
รูปที่ ข.3 แสดงลักษณะของใบครีบแบบต่าง ๆ	52
รูปที่ ง.1 การประกอบเครื่อง 1	57
รูปที่ ง.2 การประกอบเครื่อง 2	57
รูปที่ ง.3 การประกอบเครื่อง 3	57
รูปที่ ง.4 การประกอบเครื่อง 4	57
รูปที่ ง.5 แสดงภาพ Impeller	58
รูปที่ ง.6 แสดงภาพ Cyclone	58
รูปที่ ง.7 แสดงภาพ ชุดคัดแยก	58
รูปที่ ง.8 แสดงภาพ เครื่องด้านหน้า	59
รูปที่ ง.9 แสดงภาพ เครื่องด้านหลัง	59
รูปที่ ง.10 แสดงภาพ เครื่องด้านข้าง 1	60
รูปที่ ง.11 แสดงภาพ เครื่องด้านข้าง 2	60
รูปที่ ง.12 แสดงภาพการวัดความเร็วรอบ	61
รูปที่ ง.13 แสดงภาพการทำงานของชุดคัดแยก	61
รูปที่ ง.14 แสดงภาพเครื่อง Shore A	62
รูปที่ ง.15 แสดงการทดสอบความแข็งแผ่นยาง	62
รูปที่ จ.1 แสดงแบบ โครงเครื่อง	63
รูปที่ จ.2 แสดงแบบ ชุดคัดแยก	63
รูปที่ จ.3 แสดงแบบ Impeller	63
รูปที่ จ.4 แสดงแบบ Hopper	63
รูปที่ จ.5 แสดงแบบ Cyclone	64
รูปที่ จ.6 แสดงแบบ Blower	64
รูปที่ จ.7 แสดงแบบ โครง Impeller	64
รูปที่ จ.8 แสดงแบบ ใบพัด Blower	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ จ.9 แสดงแบบ เครื่องด้านหน้า	65
รูปที่ จ.10 แสดงแบบ เครื่องด้านบน	66
รูปที่ จ.11 แสดงแบบ เครื่องด้านข้าง	67
รูปที่ จ.12 แสดงแบบ การวางองค์ประกอบของเครื่อง	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงผลการทดสอบกะเทาะเปลือกข้าว ของเครื่องสีข้าวแบบต่าง ๆ ที่ความชื้น 13 %	5
ตารางที่ 2.2 แสดงผลการทดสอบกะเทาะเปลือกข้าว ของเครื่องสีข้าวแบบต่าง ๆ ที่ความชื้น 14 %	6
ตารางที่ 2.3 แสดงผลการทดสอบกะเทาะเปลือกข้าว ของเครื่องสีข้าวแบบต่าง ๆ ที่ความชื้น 15 %	7
ตารางที่ 2.4 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบของ impeller ต่างๆ	13
ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบการกะเทาะข้าวเปลือกด้วยเป้ากระทบ ที่ทำมาจากวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ความชื้นข้าวเปลือก 16.6 % wb	16
ตารางที่ 3.2 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซนข้าวเต็มเมล็ด + ต้นข้าว ของเป้ากระทบ ที่ทำมาจากวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ความชื้นข้าวเปลือก 16.6 % wb	17
ตารางที่ 3.3 แสดงผลการทดสอบกะเทาะเปลือกข้าวที่ความชื้นต่าง ๆ มีดังนี้	20
ตารางที่ 4.1 แสดงสรุปผลการคำนวณและการออกแบบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพู่เล่ย์	24
ตารางที่ 6.1 ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วรอบ 3500 rpm	33
ตารางที่ 6.2 ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วรอบ 4000 rpm	34
ตารางที่ 6.3 ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วรอบ 4500 rpm	35
ตารางที่ 6.4 ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วรอบ 4890 rpm	36
ตารางที่ 6.5 แสดง % ข้าวโดยมวล ที่ความเร็วรอบ 4350 rpm ของเครื่อง (ก่อนครีบ Impeller หัก)	37
ตารางที่ 6.6 แสดง % ข้าวโดยมวล ที่ความเร็วรอบ 4350 rpm ของเครื่อง (หลังครีบ Impeller หัก)	38
ตารางที่ 6.7 แสดง % ข้าวโดยมวล ของข้าวพันธุ์เรณู ที่ความเร็วรอบ 4350 rpm	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญกราฟ

กราฟ	หน้า
กราฟที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบ % โดยมวลของข้าวเต็มเมล็ด ของเครื่องสีข้าวแบบต่างๆ ที่ความชื้นข้าวเปลือก 13 %	6
กราฟที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบ % โดยมวลของข้าวเต็มเมล็ด ของเครื่องสีข้าวแบบต่างๆ ที่ความชื้นข้าวเปลือก 14 %	7
กราฟที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบ % โดยมวลของข้าวเต็มเมล็ด ของเครื่องสีข้าวแบบต่างๆ ที่ความชื้นข้าวเปลือก 15 %	8
กราฟที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบ % โดยมวลของข้าวเต็มเมล็ด ของเครื่องสีข้าวแบบลูกยาง 2 ลูก ที่ความชื้นข้าวเปลือกต่างๆ กัน	8
กราฟที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบ % โดยมวลของข้าวเต็มเมล็ด ของเครื่องสีข้าวแบบลูกหินกับยาง ที่ความชื้นข้าวเปลือกต่าง ๆ กัน	9
กราฟที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % การกะเทาะ % ข้าวหัก กับจำนวนรอบการเหวี่ยง	12
กราฟที่ 3.1 แสดงผลการกะเทาะเปลือกข้าวด้วยเป้ากระทบแบบต่าง ๆ	16
กราฟที่ 3.2 แสดงผล % ข้าวเต็มเมล็ด + ต้นข้าว ของเป้ากระทบชนิดต่าง ๆ	17
กราฟที่ 3.3 แสดงผลการทดลองกะเทาะข้าวเปลือกที่ความชื้นต่าง ๆ	21
กราฟที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบ % ข้าวโดยมวลที่ความเร็วรอบ 3500 rpm	33
กราฟที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบ % ข้าวโดยมวลที่ความเร็วรอบ 4000 rpm	34
กราฟที่ 6.3 แสดงการเปรียบเทียบ % ข้าวโดยมวลที่ความเร็วรอบ 4500 rpm	35
กราฟที่ 6.4 แสดงการเปรียบเทียบ % ข้าวโดยมวลที่ความเร็วรอบ 4890 rpm	36
กราฟที่ 6.5 แสดงการเปรียบเทียบ % โดยมวลที่ความเร็วรอบต่าง ๆ	37
กราฟที่ 6.6 แสดงการเปรียบเทียบ % โดยมวลที่ความเร็วรอบ 4350 rpm (ก่อนครีบ Impeller หัก)	38
กราฟที่ 6.7 แสดงการเปรียบเทียบ % โดยมวลที่ความเร็วรอบ 4350 rpm (หลังครีบ Impeller หัก)	39
กราฟที่ 6.8 แสดงการเปรียบเทียบ % ข้าวโดยมวลของข้าวพันธุ์เรณู ที่ความเร็วรอบ 4350 rpm	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันมีผู้นิยมบริโภคข้าวกล้องกันมากขึ้น เพราะว่าข้าวกล้องมีคุณค่าทางโภชนาการ มีใยอาหารและวิตามินสูง แต่ข้าวกล้องที่มีขายตามท้องตลาดส่วนใหญ่นั้น จะผ่านการสีมาระยะเวลาหนึ่งแล้ว เมื่อนำมาหุงจะทำให้ความหอมและความนุ่มลดลง ไม่น่ารับประทาน โครงงานนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องสีข้าวกล้อง ที่มีขนาดและกำลังการผลิต ที่มีความเหมาะสมจะใช้สีข้าวไว้บริโภคเองภายในครัวเรือน โดยได้เลือกสร้างเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง เนื่องจากมีข้อได้เปรียบเครื่องแบบอื่นอยู่มาก ทั้งต้นทุนที่ต่ำ ประสิทธิภาพและอัตราการกะเทาะสูง สร้างง่าย มีชิ้นส่วนที่สึกหรอสิ้นเปลืองน้อย และการบำรุงรักษาไม่ยุ่งยาก อีกทั้งในปัจจุบันนี้ เครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยงยังไม่เป็นที่แพร่หลาย ในประเทศไทย และยังไม่มีการผลิตในเชิงการค้า โครงงานนี้จึงเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่จะทำการศึกษาต่อไปในอนาคตด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 สามารถสร้างเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยงที่มีขนาดเล็กเหมาะกับการใช้งานภายในครัวเรือน

1.2.2 สามารถสร้างเครื่องสีข้าวที่มีต้นทุนในการสร้างและบำรุงรักษาเครื่องที่ไม่สูงมาก

1.2.3 ได้เครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยงที่มีความเหมาะสมในการนำมาสีกับพันธุ์ข้าวในประเทศไทย

1.3 ขอบเขตโครงงาน

1.3.1 ศึกษาส่วนประกอบต่างๆ ที่สำคัญ หลักการทำงานของเครื่อง และประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสีข้าวแบบต่างๆ จากข้อมูลที่มีอยู่รวมทั้งข้อมูลของข้าวที่จะนำมาเป็นตัวอย่างในการกะเทาะ

1.3.2 หาวัสดุที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแผ่นยางที่นำมาทำเป้ากระทบและวัสดุที่นำมาทำ Impeller

1.3.3 ทดสอบวัสดุที่เลือกมาทำเป้ากระทบและวัสดุที่เลือกมาทำ Impeller เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับวัสดุต้นแบบ โดยทำการเปรียบเทียบจากการทดสอบความแข็ง (Hardness) ของวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.4 ออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก จากวัสดุที่เลือกไว้แล้ว

1.3.5 ออกแบบและสร้าง ชุดคัดแยก ซึ่งใช้ในการแยกข้าวกล้องและแกลบ โดยมีโบล์วเวอร์เป็นอุปกรณ์ที่ดูดแกลบออกจากชุดคัดแยก และส่งแกลบต่อไปยังไซโคลนเพื่อทำการแยกแกลบและลม

1.3.6 ทดสอบเครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็กที่ได้สร้างไว้และแก้ไขจุดบกพร่อง

1.3.7 สรุปและประเมินผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ขั้นตอนการตรวจเอกสาร

2.1 ความหมายของคำที่ใช้ในโครงงาน

2.1.1 **ข้าวเปลือก** (paddy) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีเปลือกหุ้มอยู่

2.1.2 **ข้าวกล้อง** (cargo rice, loonzain rice, brown rice or husked rice) หมายถึง ข้าวที่ได้จากการสีข้าวเปลือกเจ้าหรือข้าวเปลือกเหนียว เพื่อเอาเปลือกออกเท่านั้น ทั้งที่เป็น ข้าวเต็มเมล็ด (whole grain) ข้าวหัก (brokens) และปลายข้าว (small brokens)

2.1.3 **ข้าวเต็มเมล็ด** หมายถึง เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ดโดยมิได้มีส่วนใดหักออกเลย (ข้าวเต็มเมล็ดมี 10 ส่วน)

2.1.4 **ต้นข้าว** หมายถึง เมล็ดข้าวที่บางส่วนและเป็นหัวหรือท้าย หรือทั้งหัวทั้งท้ายของเมล็ดข้าวได้หัก และมีความยาวตั้งแต่ 8 ส่วนขึ้นไปของข้าวเต็มเมล็ด

2.1.5 **ข้าวหัก** หมายถึง เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไปของข้าวเต็มเมล็ด แต่ไม่ถึงความยาวของข้าวหักใหญ่

2.1.6 **แกลบ** (husk) หมายถึง เปลือกข้าวที่สีแตกออกจากเมล็ดข้าว

2.1.7 **รำ** (bran) หมายถึง ส่วนผิวของเมล็ดที่ถูกขัดสีออกไปให้เหลือแต่ส่วนที่เป็นแป้ง

2.2 สมการที่ใช้ในการคำนวณ

$$\%\text{ โดยมวลของข้าวหัก} = \frac{\text{น้ำหนักของข้าวหัก}}{\text{น้ำหนักของข้าวที่สุ่มมาทั้งหมด}} * 100$$

$$\%\text{ โดยมวลของข้าวเต็มเมล็ด} = \frac{\text{น้ำหนักของข้าวเต็มเมล็ด}}{\text{น้ำหนักของข้าวที่สุ่มมาทั้งหมด}} * 100$$

$$\%\text{โดยมวลของต้นข้าว} = \frac{\text{น้ำหนักของต้นข้าว}}{\text{น้ำหนักของข้าวที่สุ่มมาทั้งหมด}} * 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% \text{ โดยมวลของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ} = \frac{\text{น้ำหนักของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ}}{\text{น้ำหนักของข้าวที่สุ่มมาทั้งหมด}} *100$$

$$\text{อัตราการกะเทาะของข้าวเปลือก (kg/hr)} = \frac{\text{น้ำหนักของข้าวเปลือกทั้งหมด(kg)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการกะเทาะ(hr)}} *100$$

$$\text{ประสิทธิภาพการกะเทาะ (\%)} = \{1-\frac{\text{น้ำหนักของข้าวเปลือกที่ไม่ได้กะเทาะ}}{\text{น้ำหนักของข้าวเปลือกทั้งหมด}}\} *100$$

2.3 การกะเทาะข้าวเปลือก

การกะเทาะข้าวเปลือกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กิจกรรมหลักคือ การกะเทาะเปลือกออกจากเมล็ดข้าว (hull) และการขัดข้าวกล้องให้ขาว ซึ่งกิจกรรมทั้ง 2 ขั้นตอนนี้ อาจทำได้โดยเครื่องสีข้าวเพียงเครื่องเดียวหรือหลายเครื่องรวมกันก็ได้ กิจกรรมเหล่านี้เป็นการเปลี่ยนข้าวเปลือก ให้มีสภาพเหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์

2.3.1 กิจกรรมการกะเทาะเปลือกออกจากเมล็ดข้าว

อุปกรณ์ที่ใช้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ลูกหินขัด (Stone Roller)
2. จานหิน (The Under Run Disc Roller)
3. ลูกยาง (Rubber Roller)

ข้าวเปลือกที่ผ่านการกะเทาะแล้วจะถูกแยกออกเป็นแกลบ รำหยาบ และข้าวกล้อง ทั้งเป็นเมล็ดเต็มและเมล็ดหัก ส่วนที่เป็นข้าวกล้องจะถูกแยกออกมาโดย อุปกรณ์คัดแยก และนำไปขัดขาวต่อ

2.3.2 กิจกรรมการขัดข้าวกล้องให้ขาว

การขัดข้าวกล้องให้ขาว คือ การขัดเอารำออกจากเมล็ดข้าว และอาจจะมีขั้นตอนการขัดขาว และขัดเงาด้วย เพื่อให้ข้าวที่ได้ออกมามีลักษณะน่านำไปบริโภค

2.4 หลักการทำงานของเครื่องสีข้าวแต่ละชนิด

2.4.1 เครื่องสีข้าวแบบลูกยาง 2 ชุด

เครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 2 ชุดนี้ ใช้มอเตอร์ขนาด **2 HP** ความเร็วรอบเท่ากับ **1420 rpm** โดยมีหลักการทำงาน คือเมล็ดข้าวจะถูกปล่อยลงผ่านระหว่างลูกยาง 2 ลูก ซึ่งมีความเร็วรอบไม่เท่ากัน ทำให้เปลือกถูกกะเทาะ หลังจากผ่านการกะเทาะครั้งแรกที่ลูกยางชุดที่ 1 แล้ว ข้าวเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับข้าวทั้งหมดที่กระเทาะแล้วจะร่วงต่อลงมาที่ลูกยางชุดที่ 2 ทางด้านล่าง และถูก Blower คัดแยกเอาแกลบออกไปอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งระยะห่างระหว่างลูกยางในชุดที่ 2 นี้ จะน้อยกว่าลูกยางในชุดแรก ทำให้ข้าวเปลือกที่ยังไม่ถูกกะเทาะในชุดแรกจะถูกกะเทาะในขั้นตอนนี้

2.4.2 เครื่องสีข้าวแบบลูกหินกับยาง

เป็นการกะเทาะข้าวเปลือกโดยใช้ลูกหินกับยาง โดยยางจะอยู่กับที่แต่ลูกหินจะเป็นตัวหมุนด้วยความเร็วรอบที่เหมาะสม ซึ่งเมล็ดข้าวจะถูกปล่อยให้ไหลลงมาผ่านชุดกะเทาะเปลือก เมื่อถูกกะเทาะแล้วจะมี Blower เป็นตัวคัดแยกอีกที

2.4.3 เครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง

เป็นการกะเทาะเปลือกข้าวที่อาศัยหลักการเหวี่ยงข้าวเปลือก ด้วยแรงหนีศูนย์ (centrifugal) ไปชนเป้ากระทบ ทำให้เปลือกข้าวแตกออก หลังจากนั้น ทั้งแกลบและข้าวกล้องจะถูกส่งไปยังชุดคัดแยก เพื่อทำการแยกแกลบและข้าวกล้องออกจากกัน แกลบซึ่งเบากว่าข้าวกล้องจะถูกดูดโดยโบล์วเวอร์ ส่งต่อไปยังไซโคลน เพื่อ แยกแกลบกับลมต่อไป

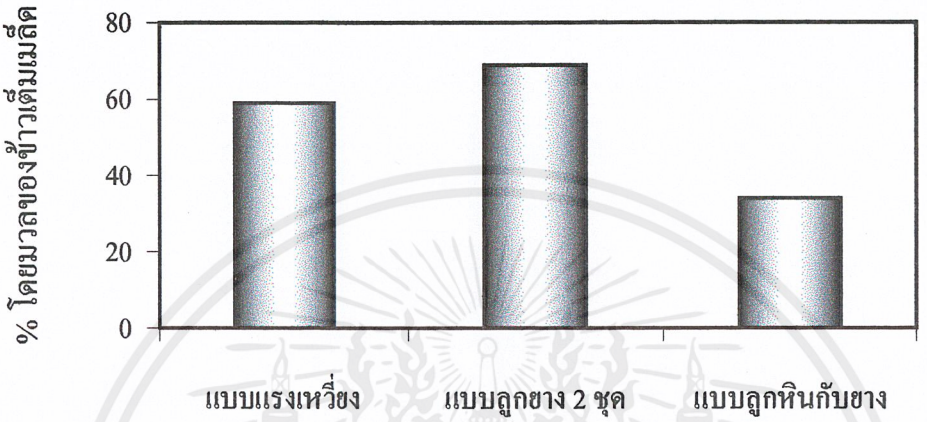
2.5 ตารางและกราฟแสดงผลการทดสอบเครื่องสีข้าวชนิดต่างๆ

ตารางที่ 2.1 แสดงผลการทดสอบกะเทาะเปลือกข้าวของเครื่องสีข้าวแบบต่างๆ ที่ความชื้นของข้าวเปลือก 13%

ชนิดของเครื่องสีข้าว	ข้าวกล้อง			ข้าวเปลือก (g)	แกลบ (g)	เวลาที่ใช้ (s)	ประสิทธิภาพการกะเทาะ (%)	อัตราการกะเทาะ (kg/hr)
	น.น (g)	ข้าวหัก (%โดยมวล)	ข้าวเต็มเมล็ด (%โดยมวล)					
แบบแรงเหวี่ยง	724.2	39.0	59.0	14.5	275.8	30	98.55	120
แบบลูกยาง 2 ชุด	644.51	31.25	68.75	14.09	341.4	90	98.55	40
แบบลูกหินกับยาง	552.2	34	66	260	187.8	285	74	12.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบ % โดยมวลของข้าวเต็มเมล็ด ของเครื่องสีข้าวแบบต่างๆ ที่ความชื้นข้าวเปลือก 13%

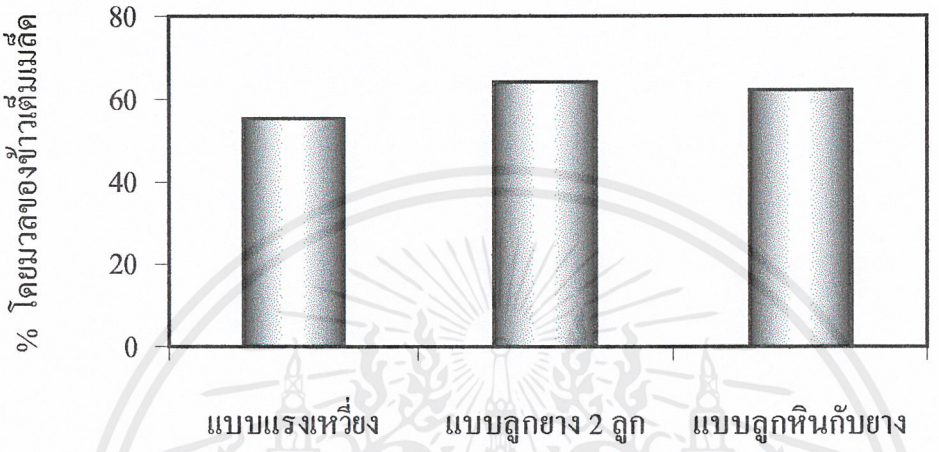


ตารางที่ 2.2 แสดงผลการทดสอบกะเทาะเปลือกข้าวของเครื่องสีข้าวแบบต่างๆ ที่ความชื้นของข้าวเปลือก 14%

ชนิดของเครื่องสีข้าว	ข้าวกล้อง (g)			ข้าวเปลือก (g)	แกลบ (g)	เวลาที่ใช้ (s)	ประสิทธิภาพการกะเทาะ (%)	อัตราการกะเทาะ (kg/hr)
	น.น (g)	ข้าวหัก (%โดยมวล)	ข้าวเต็มเมล็ด (%โดยมวล)					
แบบแรงเหวี่ยง	754.2	42.4	55.2	18.1	245.8	27.94	98.2	128.85
แบบลูกยาง 2 ชุด	625.9	35.78	64.22	118.51	256.5	79	88.18	45.75
แบบลูกหินกับยาง	653.8	37.73	62.27	171.5	174.7	293	82.83	12.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบ % โดยมวลของข้าวเต็มเมล็ด ของเครื่องสีข้าวแบบต่างๆ ที่ความชื้นข้าวเปลือก 14%

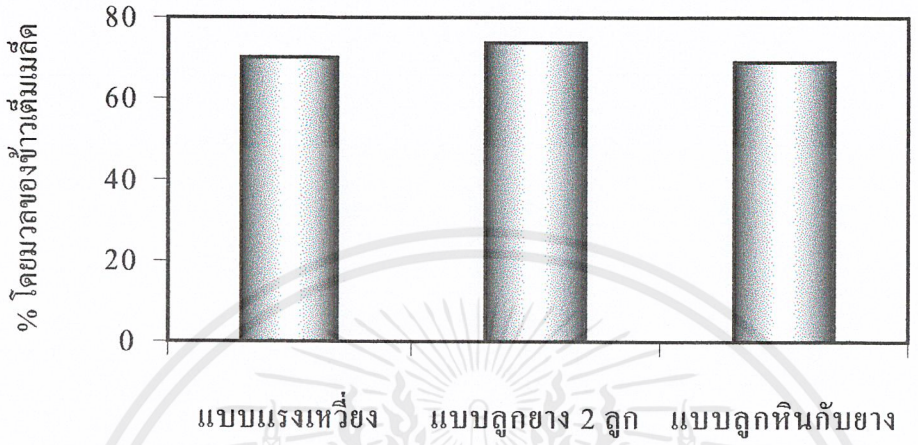


ตารางที่ 2.3 แสดงผลการทดสอบกะเทาะเปลือกข้าวของเครื่องสีข้าวแบบต่างๆ ที่ระดับความชื้นของข้าวเปลือก 15%

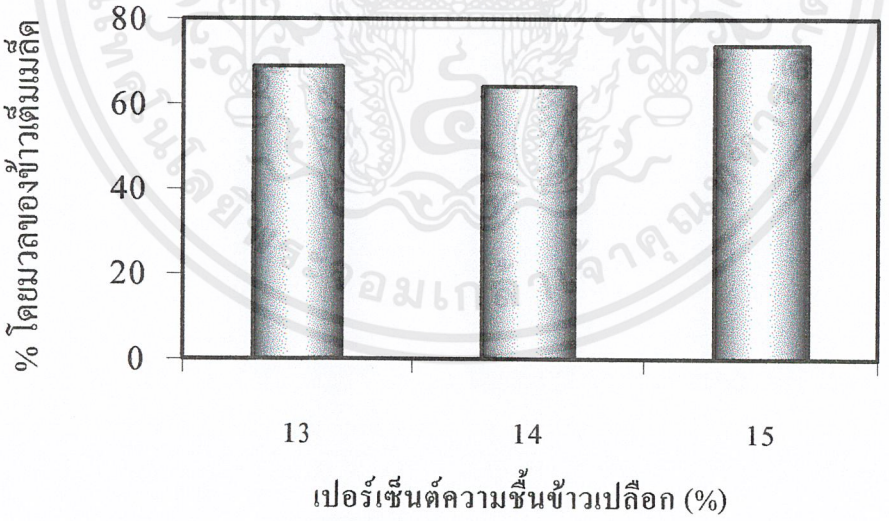
ชนิดของเครื่องสีข้าว	ข้าวกล้อง (g)			ข้าวเปลือก (g)	แกลบ (g)	เวลาที่ใช้ (s)	ประสิทธิภาพการกะเทาะ (%)	อัตราการกะเทาะ (kg/hr)
	น.น (g)	ข้าวหัก (%โดยมวล)	ข้าวเต็มเมล็ด (%โดยมวล)					
แบบแรงเหวี่ยง	751.9	26.5	70.2	24.81	248.1	30.4	97.52	118.42
แบบลูกยาง 2 ชุด	601.75	26.24	73.76	84.86	313.4	77	91.49	46.75
แบบลูกหินกับยาง	586.96	31.04	68.96	233.04	180	290	76.71	12.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบ % โดยมวลของข้าวเต็มเมล็ด ของเครื่องสีข้าวแบบต่างๆ ที่ความชื้นข้าวเปลือก 15%



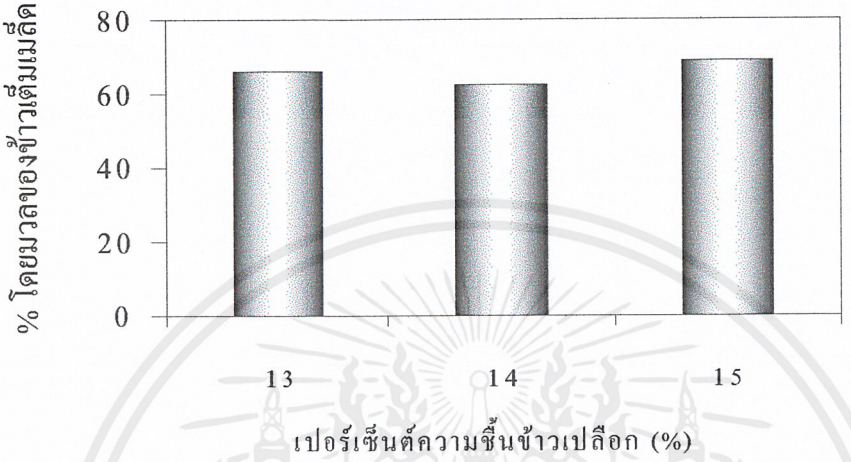
กราฟที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบ % โดยมวลของข้าวเต็มเมล็ด ของเครื่องสีข้าวแบบลูกยาง 2 ลูก ที่ความชื้นข้าวเปลือกต่างๆ กัน



ความชื้นที่เหมาะกับเครื่องกะเทาะแบบลูกยาง 2 ลูกอยู่ที่ระดับความชื้น 15% ถึงแม้ว่าเครื่องกะเทาะแบบลูกยาง 2 ลูก จะถูกพัฒนาต่อมาเพื่อแก้ปัญหาที่ลูกยาง 1 ลูก มีข้าวเปลือกปนออกมากับข้าวที่กะเทาะมากเกินไป การเพิ่มลูกยางเข้าอีกชุดหนึ่งทำให้ข้าวที่กะเทาะออกมามีข้าวที่แตกหักเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบ % โดยมวลของข้าวเต็มเมล็ด ของเครื่องสีข้าวแบบลูกหินกับยางที่ความชื้นข้าวเปลือกต่างๆ กัน



เครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกหินกับแผ่นยางมีความชื้นที่เหมาะสมที่ระดับ 15% จะเห็นได้ว่าเครื่องสีข้าวแบบนี้มีอัตราการกะเทาะที่ต่ำมาก ต่ำกว่าเครื่องสีข้าวแบบอื่นๆ ที่ได้ศึกษามา อีกทั้งยังมีข้าวแตกหักในปริมาณที่มาก แล้วยังมีข้าวเปลือกปนออกมากับข้าวเปลือกที่ถูกกะเทาะแล้วในปริมาณที่มาก

สรุป

1. ความชื้นที่เหมาะสมกับการสีข้าวนั้นกำหนดแน่นอนไม่ได้ เนื่องจากเครื่องสีข้าวแต่ละแบบก็มีความชื้นที่เหมาะสมแตกต่างกันไป แต่สามารถที่จะกำหนดเป็นช่วงได้อยู่ในช่วง 13- 15%

2. ข้าวเปลือกที่ถูกกะเทาะแล้วในแต่ละเครื่องยังมีข้าวที่แตกหักในปริมาณที่มาก

3. อัตราการขัดสีของเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยงนั้นสูงกว่าทุกเครื่องที่ได้ศึกษา และยังมีประสิทธิภาพการกะเทาะที่สูงกว่าเครื่องแบบอื่นอีกด้วย

2.6 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง จากแหล่งข้อมูลต่างๆ

2.6.1 **"เครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง"** ศึกษาโดย นายพิศิษฐ์ เอกศิลป์ ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี 2519

ลักษณะของเครื่อง เป็นเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวจานเหวี่ยงข้าวเปลือกขนาด 41 ซ.ม ติดตั้งอยู่ในแนวระดับ (Horizontal)

ต้นกำลัง ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ความเร็วรอบ 1450 rpm แรงดันไฟฟ้า 220V

อัตราการกะเทาะ 42 kg / hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเครื่อง กว้าง 47 ซ.ม

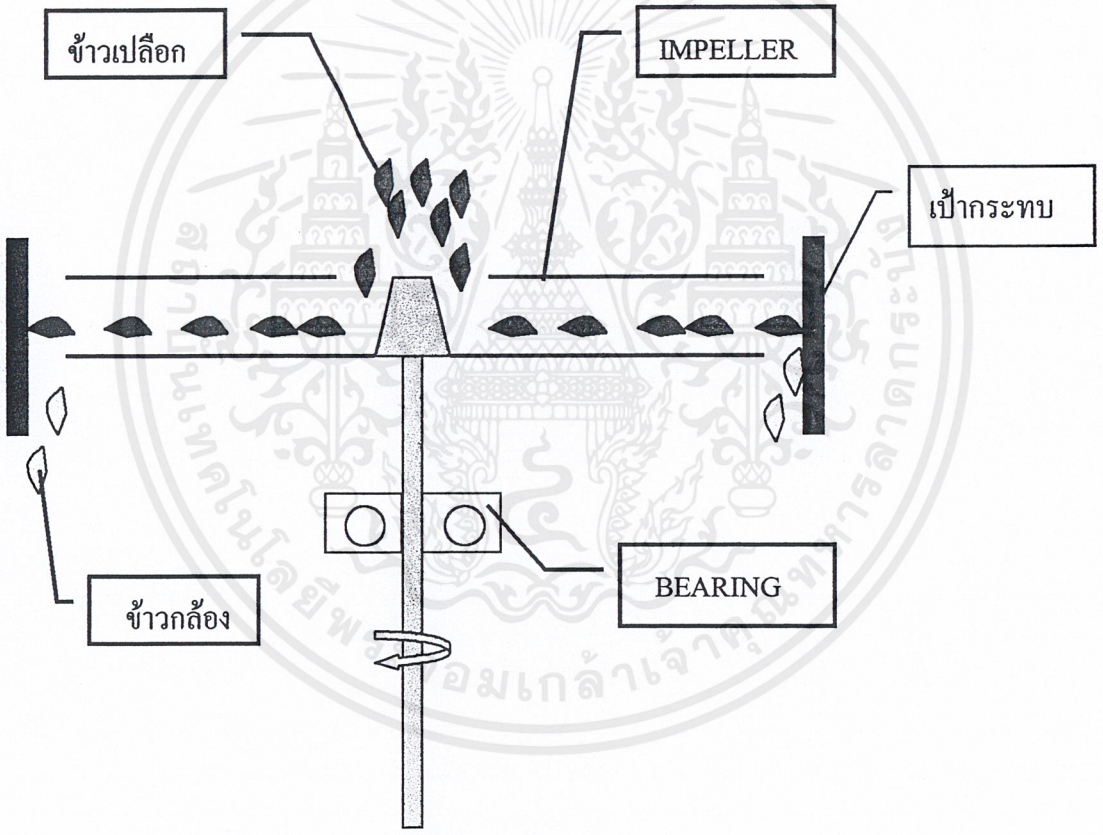
ยาว 47 ซ.ม

สูง 150 ซ.ม

เป้ากระทบ ทำมาจากเหล็ก ขนาด 2 นิ้ว หนา ¼ นิ้ว

ร้อยละโดยมวลของข้าวเต็มเมล็ด 20 %

ร้อยละโดยมวลของข้าวแตกหัก 80 %



รูปที่ 2.1 แสดงวิธีการกะเทาะข้าวเปลือกของ Impeller ที่ตั้งอยู่ในแนวระดับ

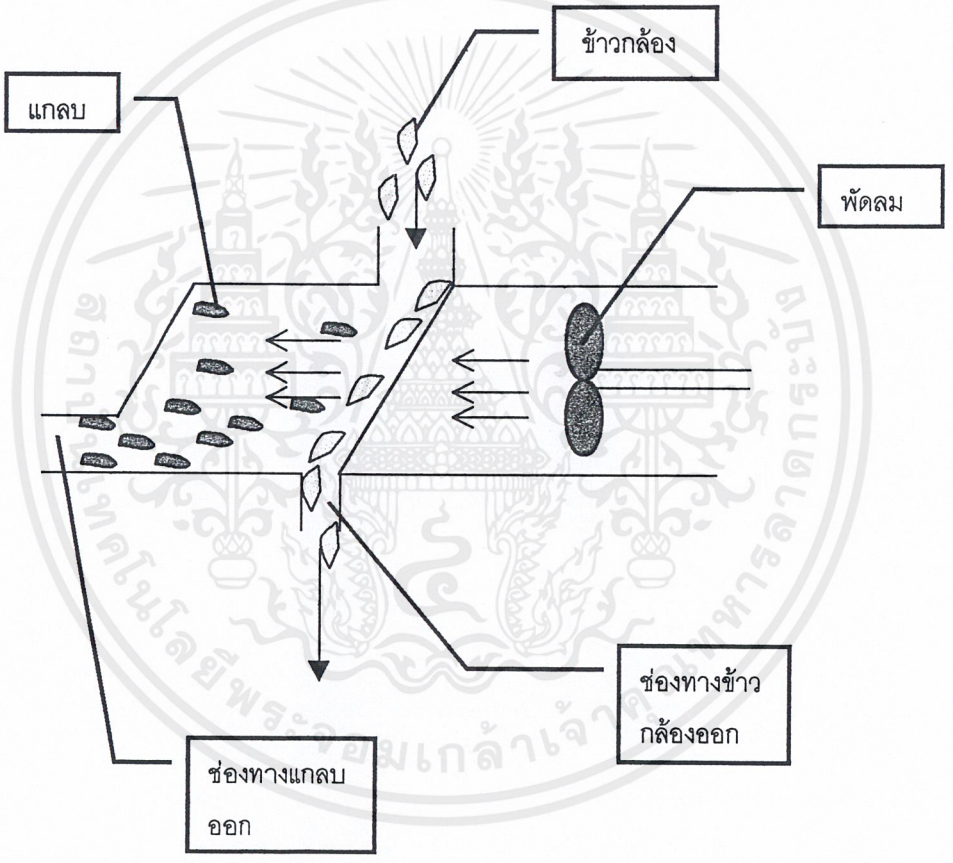
ชุดแยกแกลบ ใช้ต้นกำลังตัวเดียวกับ Impeller เป็นตัวขับเคลื่อนพัดลมเพื่อแยกแกลบออกจากข้าวที่ผ่านการกะเทาะแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่พบ

1. ร้อยละโดยมวลของข้าวที่แตกหักมีมากเกินไป เนื่องมาจากวัสดุที่เลือกใช้ทำเป้ากระทบเป็นเหล็กจึงมีความแข็งมาก ไม่ยืดหยุ่นเมื่อข้าวพุ่งมากระทบทำให้ข้าวแตกหักเป็นจำนวนมาก

2. ขนาดของตัวเครื่องที่ยังคงใหญ่เกินกว่าที่จะนำมาใช้ภายในครัวเรือนอัตราการกะเทาะก็อยู่ในระดับที่ต่ำ หากเทียบกับอัตราการกะเทาะของเครื่องแบบแรงเหวี่ยงแบบอื่นๆ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ายิ่งขึ้น



รูปที่ 2.2 แสดงการคัดแยกแกลบออกจากข้าวกล้อง

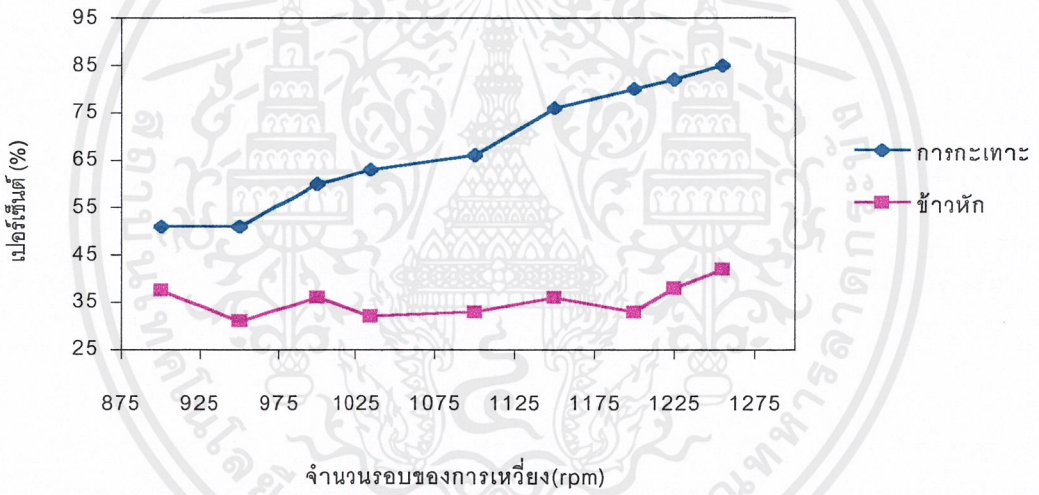
2.6.2 **“ <u>เครื่องสีข้าวแรงเหวี่ยง</u> “** จากวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี ปี 2525

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้กล่าวถึงการทดลองสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง ของกองเกษตรวิศวกรรม ที่มีการกำหนดขนาดและค่าต่างๆของ impeller ไว้ดังนี้

เส้นผ่าศูนย์กลางของ impeller	22	นิ้ว
ความกว้าง impeller	2	นิ้ว
จำนวนครีบของ impeller	24	ชิ้น(ทำด้วยยาง)
มุมที่ปลายครีบตั้งฉากกับเส้นสัมผัส	55	องศา
ระยะห่างของ impeller กับเป้ากระทบ	1.5	นิ้ว
ความเร็วรอบ	1100-1200	rpm
อัตราการป้อน	300	kg/hr

และจากผลการทดลองของกองเกษตรวิศวกรรม ได้ผลการทดลองดังกราฟที่ 2.6



กราฟที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %การกะเทาะ, %ข้าวหัก กับ จำนวนรอบของการเหวี่ยง

แต่ในการสร้างจริง ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ข้อมูลในการสร้างดังนี้

เส้นผ่าศูนย์กลางของ impeller	8,8.5,9	นิ้ว
ความกว้าง impeller	1/2	นิ้ว
จำนวนครีบของ impeller	12	ชิ้น
มุมของครีบที่เส้นรอบวง	50	องศา
ระยะห่างของ impeller กับเป้ากระทบ	1.25	นิ้ว
ความเร็วรอบ	3000-4000	rpm
อัตราการป้อน	300	kg/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีผลการทดสอบที่ใช้ impeller ขนาด 8,8.5 และ 9 นิ้ว ที่ความเร็วรอบ 2800 rpm ดังนี้

impeller ขนาด 8 นิ้ว มีข้าวเปลือกที่ไม่ได้สีปนออกมา 50%

impeller ขนาด 8.5 นิ้ว มีข้าวเปลือกที่ไม่ได้สีปนออกมา 30%

impeller ขนาด 9 นิ้ว มีข้าวเปลือกที่ไม่ได้สีปนออกมา 20%

และในวิทยานิพนธ์นี้ได้กล่าวอ้างว่าได้ข้อมูลเพิ่มเติมจากการทดลองคือ

1. ระยะระหว่าง เป้ากระทบกับ impeller ควรจะแคบที่สุด
2. ความกว้างและจำนวนใบของ impeller มีผลมากต่อการกำหนดอัตราป้อน

2.6.3 **บทความวิจัย เรื่อง (Centrifugal Rice Huller-An Active Device for Rice Processing)** จากบทความนี้ ได้ทำการทดสอบกะเทาะเปลือกข้าวที่ความชื้นข้าวเปลือก 12.2 % wb โดยใช้ข้าวพันธุ์ BR3.(พันธุ์ข้าวของประเทศบังกลาเทศ) ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบของ impeller ต่างๆ

ความเร็วรอบของ impeller (rpm)	อัตราป้อน (kg/hr)	ประสิทธิภาพการกะเทาะ (%)	ข้าวเปลือกที่ไม่ได้สี (%)	ข้าวหัก (%)
2750	400	85.29	14.71	28.56
2950	450	91.02	8.98	30.14
3250	491	96.33	3.67	36.95

2.6.4 **บทความวิจัยเรื่อง (Performance of the Japanese Impeller-Type Rice Husker)** ในบทความวิจัยนี้ ได้ทดสอบหาความเหมาะสมของรูปร่างใบ impeller แบบต่างๆ และจำนวนใบของ impeller ที่ทำให้สามารถสีข้าวได้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยใช้ข้าวญี่ปุ่น พันธุ์ Kiyonishiki และ พันธุ์Hanahikari ความชื้น 13.5-14.3 % wb ใช้ความเร็วรอบ impeller 1350-1750 rpm และอัตราการป้อนข้าว 540-1440 kg/hr จากผลการทดสอบนี้ สรุปว่า ลักษณะใบของ impeller นั้น ควรเป็นลักษณะแบบ ที่มีรัศมี ความโค้งของใบ 30 mm และรองลงมาคือ ลักษณะที่มี รัศมีความโค้ง 91 mm ความเร็วรอบที่เหมาะสม 1550 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการทดสอบวัสดุ

3.1 การทดสอบการกะเทาะเปลือกข้าวด้วยเป้ากระทบที่ทำมาจากวัสดุชนิดต่างๆ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกข้าวของเป้ากระทบ ที่ทำมาจากวัสดุชนิดต่างๆ
2. มีข้อมูลเพียงพอที่จะนำมาตัดสินใจเลือกวัสดุทำเป้ากระทบ

อุปกรณ์

1. เครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยงรุ่น PM 400
2. ข้าวเปลือกพันธุ์ สุพรรณ 01 ที่มีความชื้น 16.6 % wb
3. เครื่องวัดความชื้น shizuoka seiki รุ่น CR-2
4. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล
5. แผ่นเป้ากระทบที่ทำมาจาก ยางดำ , ยางสำหรับแกะตัวอักษรทำแม่พิมพ์ จำนวน 2 ชนิด , โพลียูรีเทน , ยางญี่ปุ่น

รูปที่ 3.1 แสดงภาพของแผ่นวัสดุ ที่นำมาทำเป้ากระทบ

ก. ยางสำหรับแกะตัวอักษรทำแม่พิมพ์ 1

ข. ยางสำหรับแกะตัวอักษรทำแม่พิมพ์ 2

ค. ยางดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก.) (ข.) (ค.)

รูปที่ 3.2 แสดงภาพของแผ่นวัสดุ ที่นำมาทำเป้ากระทบ

ก. แผ่นยางของญี่ปุ่น (ที่ใช้แล้ว)

ข. แผ่นยางของญี่ปุ่น (ยังไม่ผ่านการใช้งาน)

ค. โพลียูรีเทนที่สั่งทำ

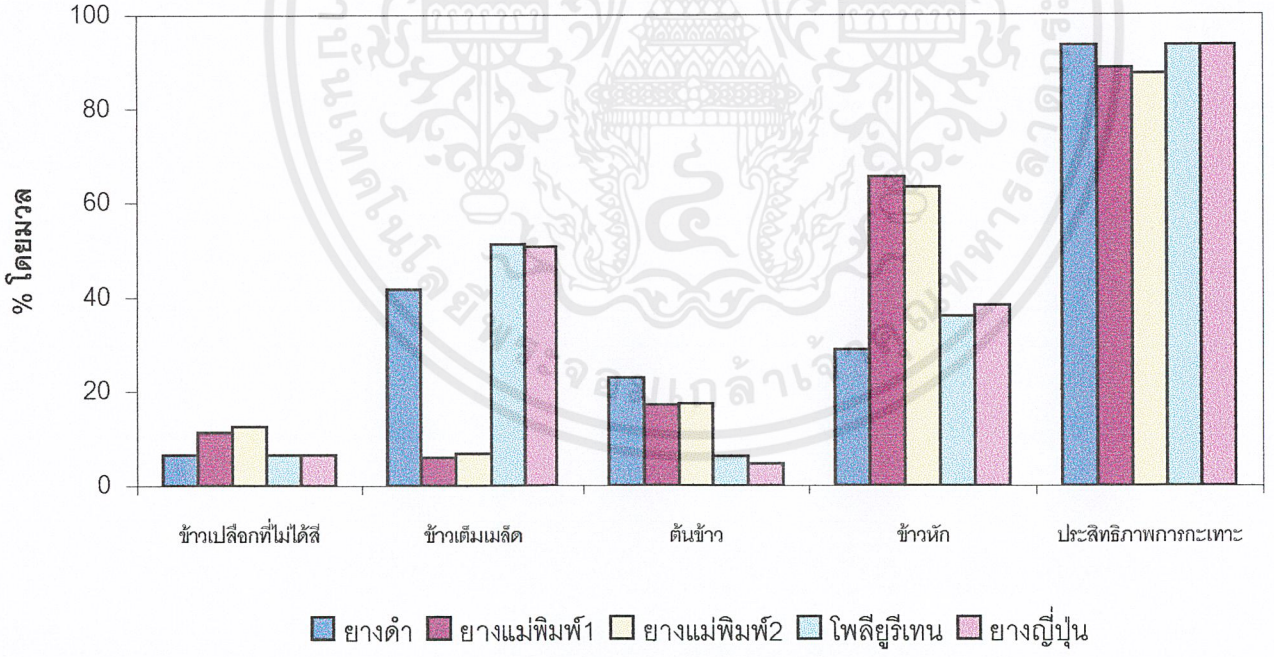
วิธีการทดลอง

1. ทดสอบหาค่าความแข็งของแผ่นยางแต่ละชนิด ด้วยเครื่องทดสอบความแข็ง Shore A ASTM D 2240 DIN 53505
2. นำข้าวเปลือกที่ความชื้น 16.6 % wb ใส่ถุงแล้วนำมาชั่งน้ำหนักให้ได้ ถุงละ 1 kg จำนวน 5 ถุง
3. นำข้าวเปลือกที่เตรียมไว้จำนวน 1 ถุงใส่ลงใน HOPPER แล้วเริ่มทำการกะเทาะเปลือกข้าว
4. เปลี่ยนเป้ากระทบไปเป็นวัสดุชนิดอื่น นำข้าวเปลือกใส่ลงใน HOPPER แล้วเริ่มทำการกะเทาะเปลือกอีกครั้ง ทดลองจนครบวัสดุทุกชนิด
5. นำข้าวกล้องที่กะเทาะได้มาหา % ข้าวเต็มเมล็ด , % ต้นข้าว , % ข้าวหัก และ % ประสิทธิภาพการกะเทาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบการกะเทาะเปลือกข้าวด้วยเป้ากระทบที่ทำมาจากวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ความชื้นข้าวเปลือก 16.6 % wb

ชนิดวัสดุ	ค่าความแข็ง (shore A)	ข้าวเปลือกที่ไม่ได้สี %	ข้าวเต็มเมล็ด %	ต้นข้าว %	ข้าวหัก %	ประสิทธิภาพการกะเทาะ %
ยางดำ	72.2	6.60	41.71	22.81	28.88	93.4
ยางแม่พิมพ์1	46.1	11.4	5.95	17.16	65.59	88.6
ยางแม่พิมพ์2	45	12.5	6.74	17.49	63.27	87.5
โพลียูรีเทน	85	6.52	51.24	6.33	35.91	93.48
ยางญี่ปุ่น	91	6.49	50.65	4.55	38.31	93.51



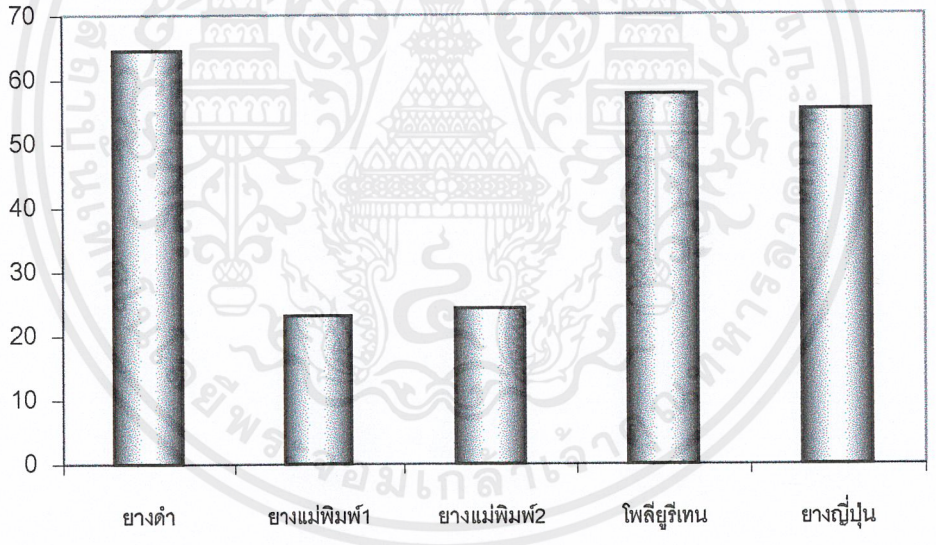
กราฟที่ 3.1 แสดงผลของการกะเทาะเปลือกข้าวด้วยเป้ากระทบชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง_พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 3.2 ผลการเปรียบเทียบ % ข้าวเต็มเมล็ด+ต้นข้าว ของเป้ากระทบที่ทำมาจากวัสดุชนิดต่างๆ ที่ความชื้นข้าวเปลือก 16.6 % wb

ชนิดวัสดุที่ทำเป้ากระทบ	%ข้าวเต็มเมล็ด+%ต้นข้าว
ยางดำ	64.52
ยางแม่พิมพ์1	23.11
ยางแม่พิมพ์2	24.23
โพลียูรีเทน	57.57
ยางญี่ปุ่น	55.2



กราฟที่ 3.2 แสดงผล %ข้าวเต็มเมล็ด+ต้นข้าว ของเป้ากระทบชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45677

สรุปผลการทดลอง

วัสดุ	ข้อดี	ข้อเสีย
ยางดำ	1.%ข้าวเต็มเมล็ดสูง ถ้าคิดรวมต้นข้าวเป็นข้าวเต็มเมล็ดด้วย จะได้ว่า % ข้าวเต็มเมล็ดของยางดำมี % สูงที่สุด โดยมากกว่ายางของญี่ปุ่น ซึ่งเป็นยางที่ใช้อยู่เดิม 9.32 % 2.ยางดำเป็นวัสดุที่ราคาถูก หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไป	1. ข้าวที่ได้จากการกะเทาะด้วยยางดำจะมีสีและกลิ่นของยางติดมาด้วย ทำให้ความหอมของข้าวลดลงไป 2. จมูกข้าวจะหักเป็นจำนวนมาก ถ้าคิดถึงคุณค่าทางด้านโภชนาการที่ข้าวกล้องควรมี จะทำให้คุณค่า ทางโภชนาการของข้าวกล้องที่กะเทาะด้วยยางดำ ต่ำกว่ายางญี่ปุ่น
ยางแม่พิมพ์ทั้ง 2 ชนิด	1.ข้าวกล้องที่กะเทาะแล้วไม่มีสีหรือกลิ่นของยางติดมา 2.เป็นวัสดุที่หาได้ภายในประเทศ ราคาถูกกว่ายางญี่ปุ่น และถูกกว่าโพลียูรีเทนที่สั่งทำ	1. % ข้าวหักสูง 2. % ข้าวเปลือกที่ไม่ได้กะเทาะสูง
โพลียูรีเทน	1.มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับยางของญี่ปุ่น โดย % ข้าวเต็มเมล็ดสูง 2.% ข้าวหักต่ำ 3.ประสิทธิภาพการกะเทาะสูง 4.เป็นวัสดุที่สั่งทำได้ภายในประเทศ ราคาถูกกว่ายางญี่ปุ่น	1. ไม่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป ต้องสั่งทำเป็นพิเศษ 2. ราคาสูงกว่ายางดำและยางแม่พิมพ์
ยางญี่ปุ่น	1.สามารถสีข้าวได้ดี 2.% ข้าวเต็มเมล็ดสูง ข้าวกล้องที่ได้จึงมีคุณค่าทางโภชนาการ 3.% ข้าวหักต่ำกว่ายางแม่พิมพ์ 4.ประสิทธิภาพการกะเทาะสูง	1. เป็นวัสดุที่ต้องนำเข้า ไม่สามารถหาซื้อได้ในประเทศ 2. ถ้าเทียบ % ข้าวหักแล้ว จะมี % สูงกว่าการกะเทาะเปลือกข้าวด้วยยางดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดสอบกะเทาะเปลือกข้าวด้วยเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง รุ่น PM 400

วัตถุประสงค์

เพื่อหาความชื้นของข้าวเปลือกที่เหมาะสมในการนำมาสีด้วยเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง

อุปกรณ์

1. เครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยงรุ่น PM 400
2. ข้าวเปลือกพันธุ์ สุพรรณ 01 ที่มีความชื้นระหว่าง 12.8-17.8 % wb
3. เครื่องวัดความชื้น shizuoka seiki รุ่น CR-2
4. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล

วิธีการทดลอง

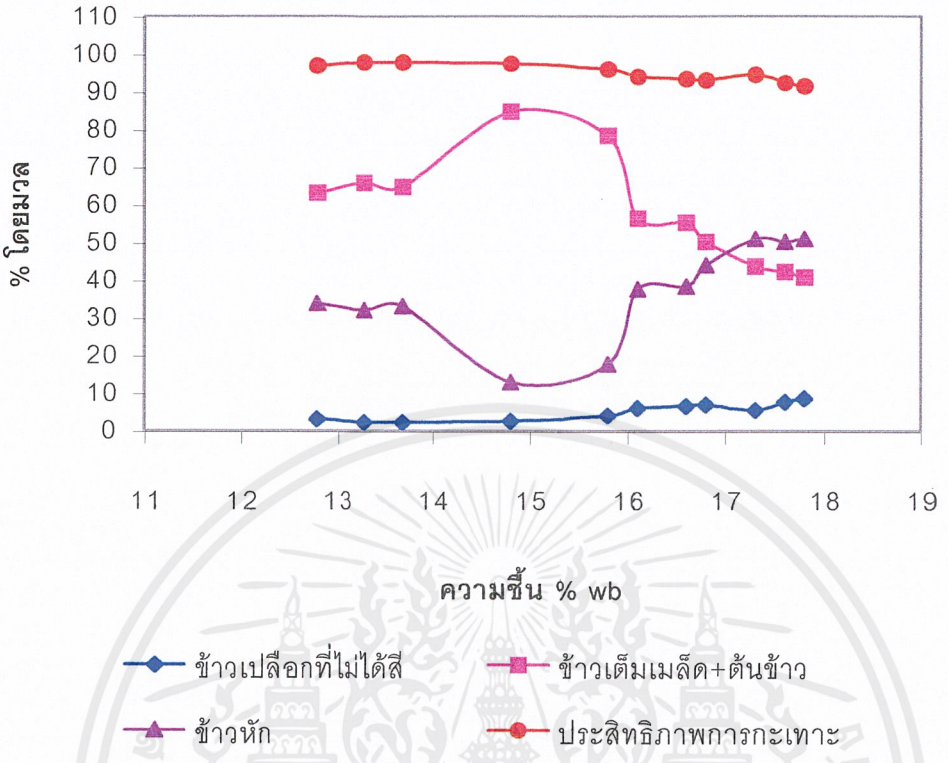
1. ทำการเตรียมความชื้นข้าวเปลือก ด้วยการนำข้าวเปลือกไปตากแดด ให้ความชื้นลดลง มีช่วงความชื้นอยู่ระหว่าง 12.8 -17.8 % wb ถ้าแดดแรง ให้ทำการวัดความชื้นทุกๆ 3 นาที
2. นำข้าวเปลือกที่ความชื้นต่างๆ มาชั่งให้ได้ความชื้นละ 500 กรัม
3. นำข้าวเปลือกที่เตรียมไว้ใส่ลงใน HOPPER แล้วเริ่มทำการกะเทาะเปลือกข้าวทีละความชื้น
4. นำข้าวกล้องที่กะเทาะได้ในแต่ละความชื้น มาหา % ข้าวเต็มเมล็ด+ต้นข้าว , % ข้าวหัก , %ประสิทธิภาพการกะเทาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการทดสอบกะเทาะเปลือกข้าวที่ความชื้นต่างๆ มีดังนี้

ความชื้น (%) wb	ข้าวเปลือกที่ไม่ได้สี (%) โดยมวล	ข้าวเต็มเมล็ด +ต้นข้าว (%) โดยมวล	ข้าวหัก (%) โดยมวล	ประสิทธิภาพการกะเทาะ (%) โดยมวล
17.8	8.53	40.65	50.82	91.47
17.6	7.61	42.16	50.23	92.39
17.3	5.54	43.57	50.89	94.46
16.8	6.89	50.10	44.01	93.11
16.6	6.49	55.20	38.31	93.51
16.1	5.98	56.45	37.57	94.02
15.8	4.00	78.34	17.66	96
14.8	2.5	84.67	12.83	97.5
13.7	2.12	64.80	33.08	97.88
13.3	2.15	65.77	32.08	97.85
12.8	3.09	63.15	33.76	96.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



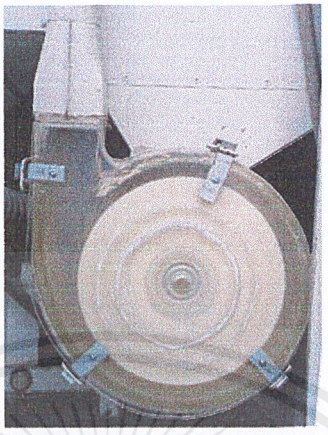
กราฟที่ 3.3 แสดงผลการทดลองกะเทาะเปลือกข้าวที่ความชื้นต่างๆ

สรุปผลการทดลอง

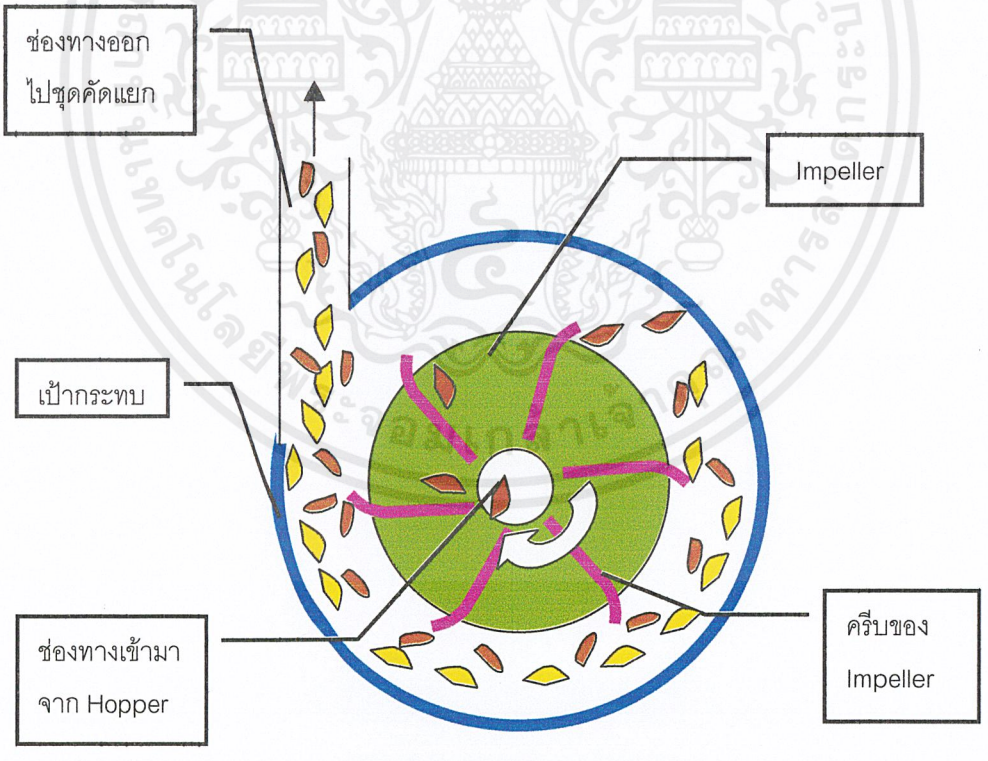
จากผลการทดลองเราพบว่า ที่ความชื้น 14.8 % wb จะมี % ของข้าวเต็มเมล็ด+ต้นข้าว มากที่สุด รองลงมาคือที่ ความชื้น 15.8 % ,13.3 % wb ตามลำดับ ดังนั้นเราสามารถสรุปผลการทดลองนี้ได้ว่า การสีข้าวแบบแรงเหวี่ยงนี้ เหมาะสมกับการสีข้าวเปลือกที่ความชื้น 13.3-15.8 % wb ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองที่โครงงานฯ ปี 2541 ได้สรุปไว้ ว่าการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยงนี้ ควรทำการกะเทาะเปลือกข้าวที่ความชื้น 15 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การหาลักษณะข้าวที่ออกจาก impeller ของเครื่องสีข้าว รุ่น PM 400



รูปที่ 3.3 แสดงรูป impeller ที่ปิดด้วยแผ่น พลาสติกอะครีลิค เพื่อสังเกตลักษณะของข้าวที่ออกจาก impeller



รูปที่ 3.4 แสดงส่วนกะเทาะข้าวเปลือกติดตั้งในแนวดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การคำนวณและออกแบบ

4.1 การออกแบบพู่เล่ย์

กำหนดให้ใช้พู่เล่ย์ของ Impeller และ Blower แยกกัน เพื่อจะได้สามารถปรับรอบหาความเร็วที่เหมาะสมของแต่ละส่วน โดยเริ่มต้นที่ ขนาดพู่เล่ย์เท่ากัน และหลังจากนั้น จึงเปลี่ยนขนาดของพู่เล่ย์ไปตามความเร็วรอบที่ต้องการ ดังนั้นในตอนแรก Impeller และ Blower จะมีความเร็วรอบเท่ากันที่ 4500 rpm และขนาดของต้นกำลังที่ใช้คือ มอเตอร์ 1 แรงม้า ความเร็วรอบ 1400 rpm

กำหนดให้ เส้นผ่านศูนย์กลางพู่เล่ย์ของมอเตอร์มีขนาด 6 นิ้ว ดังนั้นสามารถหาเส้นผ่านศูนย์กลางของ Impeller และ Blower ได้ดังนี้

ให้ d_1 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพู่เล่ย์ของมอเตอร์

d_2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพู่เล่ย์ของ Impeller และ Blower

n_1 คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์

n_2 คือ ความเร็วรอบของ Impeller และ Blower

จาก $n_1 * d_1 = n_2 * d_2$

$$d_2 = \frac{n_1 * d_1}{n_2}$$

$$= \frac{1400 * 6}{4500}$$

$$= 1.87 \approx 2 \text{ นิ้ว}$$

เพราะฉะนั้นเส้นผ่านศูนย์กลางพู่เล่ย์ของ Impeller และ Blower เท่ากับ 2 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงสรุปผลการคำนวณและการออกแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ย์

ตำแหน่งของพู่เล่ย์	เส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ย์ (นิ้ว)	ความเร็วรอบ (rpm)
พู่เล่ย์ของมอเตอร์	6	1400
พู่เล่ย์ของ Impeller และ Blower	2	4500

4.2 การออกแบบไซโคลน (Cyclone)

การเคลื่อนที่ของวัสดุที่อยู่ในกระแสอากาศภายในไซโคลนจะได้รับแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทำให้วัสดุเคลื่อนที่ออกไปตามแนวรัศมีของถังไปยังผิวผนังไซโคลนด้านใน ส่วนแรงดึงดูดของโลกทำให้วัสดุเคลื่อนที่ลงด้านล่างจึงมีลักษณะเป็นเกลียว การคำนวณหาแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง คำนวณจากสมการนี้.....อ้างอิง[7]

$$F_c = \frac{WV_c^2}{gr}$$

เมื่อ

W = น้ำหนักของวัสดุ

V_c = ความเร็วในแนวสัมผัสของวัสดุ

r = รัศมีของการหมุนวนของวัสดุ

g = ความเร่งสู่ศูนย์กลาง = 9.81 m/s^2

แรงต้านทานทางอากาศพลศาสตร์ F_r คำนวณได้จากสมการนี้

$$F_r = \frac{CA_p\rho_f V_r^2}{2}$$

C = สัมประสิทธิ์ความต้านทานของวัสดุ

V_r = ความเร็วในแนวรัศมี (เนื่องจากอากาศออกแรงกระทำกับวัสดุในแนวรัศมี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าวัสดุหมุนวนด้วยรัศมีคงที่จากสมการข้างต้นจะได้ว่า

$$F_c = F_r$$

$$\frac{WV_C^2}{gr} = \frac{CA_p\rho_f V_r^2}{2}$$

แต่ถ้า $F_c > F_r$ วัสดุจะเคลื่อนตัวออกไปตามแนวรัศมี แล้วตกลงด้านล่างด้วยน้ำหนักของวัสดุเอง และถ้า $F_c < F_r$ วัสดุจะเคลื่อนที่เข้าสู่ศูนย์กลางไปยังจุดศูนย์กลางของไซโคลน แล้วเคลื่อนที่ลงในแนวแกนกลาง

ค่า V_C/V_r เป็นค่าที่สามารถบอกได้ว่าการแยกแกลบออกจากลม นั้นจะทำได้ดีหรือไม่ โดยถ้าค่า V_c / V_r ของวัสดุและลม ต่างกันมากพอ จึงจะเป็นไปได้ที่จะใช้ ไซโคลนช่วยแยก อย่างไรก็ดี การแยกด้วยไซโคลนนั้น ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกวัสดุต่างชนิดออกจากกัน แต่จะใช้แยกวัสดุออกจากอากาศ ดังนั้นจึงออกแบบให้ F_c มากกว่า F_r มากๆ เพื่อที่จะให้ ค่า V_c / V_r ต่างกันมากๆ การแยกแกลบนั้นจึงจะทำได้ดี

จากการวัดค่าความเร็วลมที่ทางออกโบล์วเวอร์ ของเครื่องญี่ปุ่นนั้น เราได้ค่า ความเร็วลมที่ 14 m /s ดังนั้น ค่า V_C/V_r จะได้

$$V_c / V_r = (CA_p p_f gr /2W)^{1/2} \quad \text{..... 1}$$

$$C = 2mg / A_p p_f V_t^2 \quad \text{..... 2}$$

$$W = mg$$

แทนค่าต่างๆ ได้

$$V_c / V_r = [(2mg / A_p p_f V_t^2)\, A_p p_f gr / 2mg]^{1/2}$$

$$= (gr / V_t^2)^{1/2}$$

แทนค่าที่ $V_t = 14$ m /s $g = 9.81$ m /s^2 $D = 16$ cm

$$V_c / V_r = (9.81*0.08 / 14*14)^{1/2}$$

$$V_c / V_r = 0.063$$

จากการคำนวณ ถึงแม้ V_c / V_r จะมีค่าน้อยแต่ก็สามารถคัดแยกได้ในระดับหนึ่ง

4.3 การคำนวณหาความเร็วเชิงเส้นของ Impeller จากข้อมูลต่าง ๆ

จากสมการ $v = 2\pi rn$

v = ความเร็วเชิงเส้นของ Impeller (m/s)

r = รัศมีของ Impeller (m)

n = ความเร็วรอบของ Impeller (rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ข้อมูลจากเครื่องสีข้าว รุ่น PM 400

ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกะเทาะเปลือกข้าวคือ 5000 rpm เส้นผ่าศูนย์กลาง 14 cm

$$v = 2\pi rn$$

$$= 2\pi(0.07)(5000/60)$$

$$= 36.65 \text{ m/s}$$

ความเร็วเชิงเส้น = **36.65** m/s

4.3.2 ข้อมูลจากกองเกษตรวิศวกรรม.....อ้างอิง[3]

ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกะเทาะเปลือกข้าวคือ 1200 rpm เส้นผ่าศูนย์กลาง 22 นิ้ว

$$v = 2\pi rn$$

$$= 2\pi(11*0.0254)(1200/60)$$

$$= 35.11 \text{ m/s}$$

ความเร็วเชิงเส้น = **35.11** m/s

4.3.3 ข้อมูลจาก วิทยานิพนธ์ เรื่อง " เครื่องสีข้าวแรงเหวี่ยง" ปี 2525 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี..... อ้างอิง[3]

ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกะเทาะเปลือกข้าวคือ 2800 rpm เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 นิ้ว

$$v = 2\pi rn$$

$$= 2\pi(4.5*0.0254)(2800/60)$$

$$= 33.51 \text{ m/s}$$

ความเร็วเชิงเส้น = **33.51** m/s

4.3.4 ข้อมูลจาก บทความวิจัยเรื่อง Perfomance of the Japanese Impeller-Type Rice Husker.....อ้างอิง[6]

ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกะเทาะเปลือกข้าวคือ 1650 rpm เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 cm

$$v = 2\pi rn$$

$$= 2\pi(0.25)(1550/60)$$

$$= 40.58 \text{ m/s}$$

ความเร็วเชิงเส้น = **40.58** m/s

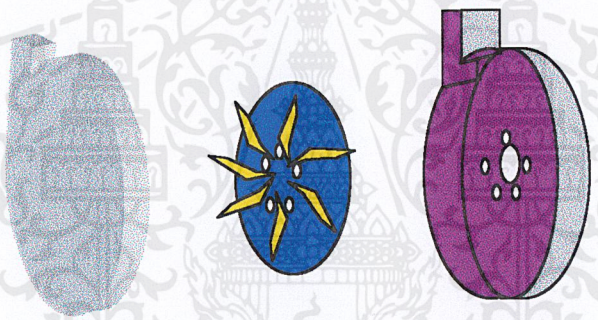
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การสร้างและประกอบเครื่อง

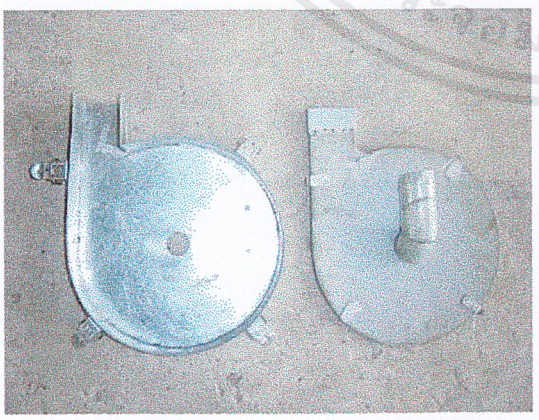
5.1 ขั้นตอนการสร้างส่วนต่างๆ ของเครื่อง

5.1.1 **โครง** ใช้เหล็กฉากขนาด 40 x40 mm หนา 4 mm เครื่องมีความสูงรวม 81 cm สูงจากพื้น 15 cm ใช้เหล็กความยาวประมาณ 10 m ในการสร้างโครง

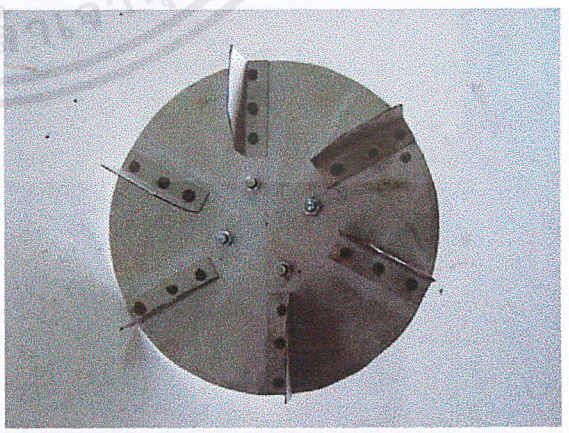
5.1.2 **Blower** โครงของ Blower ใช้สังกะสีแผ่นหนา 1 mm ตีขึ้นรูปตามแบบ ใบพัดของ Blower ใช้เหล็กแผ่นหนา 1 mm โดย spot ติดกับเหล็กแผ่นตัดเป็นวงกลม ที่ด้านหลังติดหน้าแปลนเพื่อใช้ยึดใบ Blower กับเพลา



รูปที่ 5.1 แสดงการประกอบ Blower



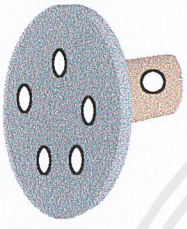
รูปที่ 5.2 โครง Blower



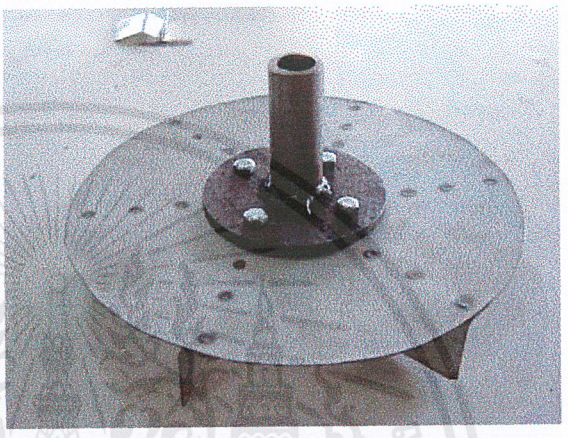
รูปที่ 5.3 ใบพัด Blower

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 **หน้าแปลน Blower** ใช้เหล็กหนา 6 mm ตัดเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 cm เชื่อมติดกับเพลากลวง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน เท่ากับเพลา Blower 19 mm แล้วนำไปกลึงหน้าให้เรียบ หลังจากนั้นนำไปเจาะรูเพื่อใส่น็อต รอบหน้าแปลน โดยรูน็อตหน้าแปลนจะต้องตรงกับรูน็อตของ Blower แล้วจึงนำไปเจาะรูลิ่มที่เพลา



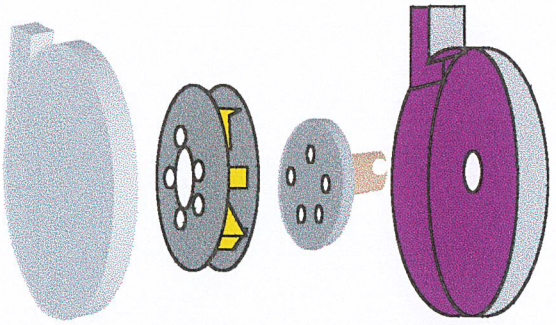
รูปที่ 5.4 หน้าแปลน Blower



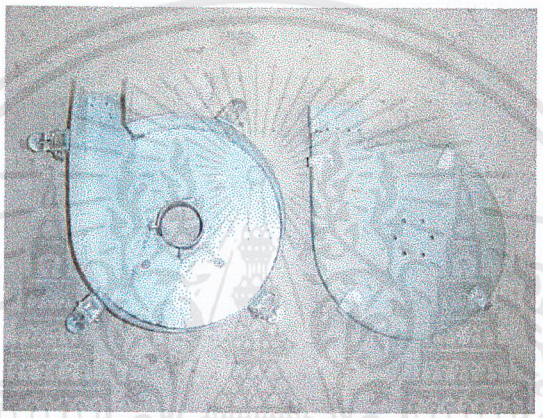
รูปที่ 5.5 หน้าแปลนที่ติดกับใบพัด Blower

5.1.4 **Impeller** โครง ใช้สังกะสี หนา 1 mm ตีขึ้นรูป ครีบของ Impeller และแผ่นประกบใช้เหล็กแผ่นหนา 0.5 mm ครีบของ impeller พับที่ปลายใบให้ได้มุม 50 องศา แผ่นประกบบนและล่าง เจาะให้เป็นรูที่ตรงกลาง ขนาดเท่ากับหน้าแปลนของ impeller และเจาะรู ขนาด 3 mm ตามแนวเส้นรัศมี ที่จะยึดแผ่นประกบกับ ครีบ และเจาะรูขนาดเดียวกัน บนครีบ หลังจากนั้น ยึดทั้ง 3 ส่วนเข้าด้วยกันด้วยน็อต สาเหตุที่ไม่ spot ทุกส่วนติดกันถาวรไปเลยนั้น เพื่อที่ว่า ครีบของ impeller จะเปลี่ยนออกได้ เมื่อใบสึก ไม่ต้องเปลี่ยนแผ่นประกบด้านหน้าและหลัง เป็นการลดส่วนที่เป็นวัสดุสิ้นเปลือง ทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาน้อยลง หลังจากนั้นทำหน้าแปลน impeller ลักษณะคล้ายรูปที่ 5.4 แล้วนำมาเจาะรูตรงกลางหน้าแปลน ให้ทะลุจนถึงปลายอีกด้านหนึ่ง โดยใช้เหล็กหน้าแปลนหนา 6 mm แล้วบากร่องลิ่มตรงปลายของเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 แสดงการประกอบ Impeller



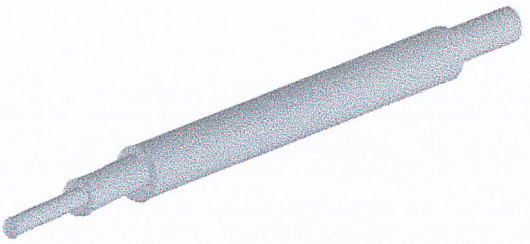
รูปที่ 5.7 โครง Impeller

5.1.5 **เพลา Blower** ใช้เหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 mm

รูปที่ 5.8 เพลา Blower

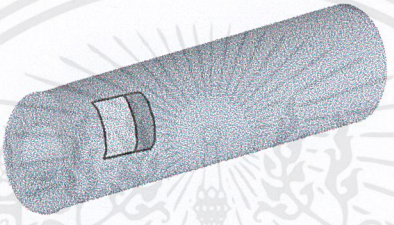
5.1.6 **เพลา Impeller** ใช้เหล็กกลมตัน มากลึงที่ปลายให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับพู่เล่ย์ และอีกด้าน กลึงให้มี เส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ รูเพลาของหน้าแปลน impeller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 เพลา Impeller

5.1.7 **ท่อนำข้าว** ใช้ท่อน้ำเส้นผ่าศูนย์กลางใน 42 เส้นผ่าศูนย์กลางนอก 47 mm เจาะรูสี่เหลี่ยมขนาด 4x3 cm ห่างจากปลายท่อ 10 mm



รูปที่ 5.10 ท่อนำข้าว

5.1.8 **ชุดคัดแยก** ใช้เหล็กแผ่นหนา 1 mm มุมต่างๆ ใช้มุมเดียวกับเครื่องรุ่น PM 400

5.1.9 **CYCLONE** ใช้สังกะสีหนา 1 mm

5.1.10 **HOPPER** ใช้เหล็กแผ่นหนา 0.5 mm

5.1.11 **กรวย** ใช้สังกะสีหนา 1 mm ม้วนขึ้นรูปทั้งหมด 3 ชิ้น

- ชิ้นที่ 1 สวมที่ Impeller ด้านที่เป็นสี่เหลี่ยม สวมที่ Impeller ปลายอีกด้านหนึ่งเป็นวงกลม สวมกับท่อยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 42 mm เพื่อนำข้าวไปสู่ชุดคัดแยก
- ชิ้นที่ 2 สวมที่ Blower ด้านที่เป็นสี่เหลี่ยม สวมที่ Blower ปลายอีกด้านหนึ่งเป็นวงกลม สวมกับท่อยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 42 mm
- ชิ้นที่ 3 สวมที่ Cyclone ด้านที่เป็นสี่เหลี่ยม สวมที่ Cyclone ปลายอีกด้านหนึ่งเป็นวงกลม สวมกับท่อยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 42 mm

5.2 ขั้นตอนการประกอบเครื่อง

5.2.1 ประกอบโครงขึ้นโดยการเชื่อม การเชื่อมโครง ต้องเชื่อมให้ตั้งฉากและแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักของชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 เชื่อมท่อนำข้าว และใส่เพลา Impeller เข้าไปในท่อ โดยการตอกอัดให้เพลาเข้าไปในแบริ่ง ซึ่งถูกติดอยู่ภายในท่อ โดยแบริ่ง 2 ตัวนั้น ตัวหนึ่งติดอยู่ที่ด้านปลายท่อฝั่งพู่เล่ย์ อีกตัวหนึ่งติดอยู่ที่ด้านหลังช่องนำข้าวเข้าจาก Hopper

5.2.3 หลังจากนั้น ก็ติด Hopper และยึด Hopper ติดกับโครงด้วยน็อต

5.2.4 ส่วนด้าน Blower ทำการเชื่อมหน้าแปลนให้เป็นแขนยื่นออกมา เอาไว้ยึดติดกับโครง Blower

5.2.5 ติด ชุด Blower และ Impeller

5.2.6 นำชุดคัดแยกมาติดเข้ากับโครง

5.2.7 ยึดไซโคลนกับโครง พร้อมทั้งใส่ท่อยาง

5.2.8 ใส่สายพานเข้ากับชุดของพู่เล่ย์ และมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ผลการทดสอบเครื่อง

6.1 วิธีการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องสีข้าว

6.1.1 นำข้าวเปลือกมาลดความชื้นโดยการตากแดด เพื่อให้ได้ความชื้น 15% เนื่องจากในเรื่องการทดสอบการสีข้าวกล้องชนิดต่างๆ ได้ทดสอบการสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงกับเครื่องญี่ปุ่น ได้ความชื้นที่เหมาะสม 15% เพราะฉะนั้นในการทดสอบนี้จะใช้ความชื้น 15% ความชื้นเดียว

6.1.2 นำข้าวเปลือก 15% มาชั่งน้ำหนักจำนวน 500 g

6.1.3 ต่อ Inverter เข้ากับเครื่องสีข้าวแล้วปรับความเร็วรอบของ Impeller ให้ได้ 3500 rpm

6.1.4 จับเวลาการกะเทาะข้าวเปลือกจนข้าวเปลือกถูกกะเทาะจนหมด

6.1.5 เปลี่ยนความเร็วรอบของ Impeller เป็น 4000, 4500, 4890 rpm และทำซ้ำข้อ 4

6.1.6 ถอด Inverter ออก ให้เครื่องสีข้าวทำงานโดยไม่ต่อ Inverter จะได้ความเร็วรอบจริงของเครื่องสีข้าว

6.1.7 จดบันทึกผลการทดลองในตารางผลการทดลอง

6.1.8 สรุปวิเคราะห์ผลการทดลองและปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง

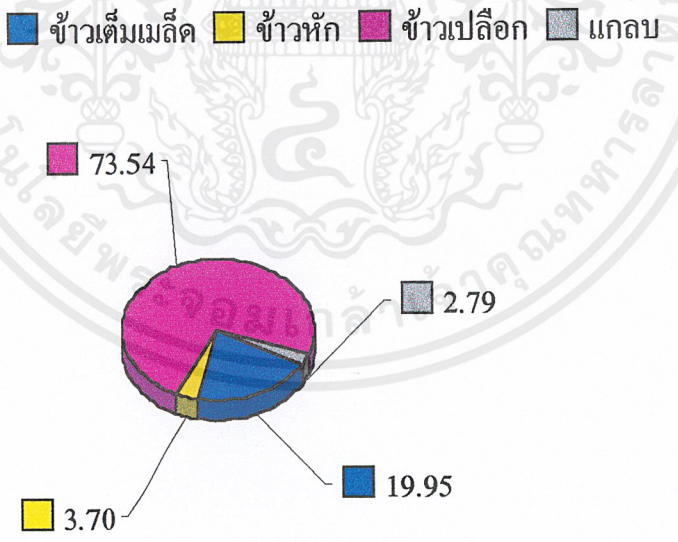
6.1.9 นำผลการทดลองที่ได้ไปหาประสิทธิภาพของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ผลการทดสอบกะเทาะเปลือกข้าวด้วยเครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก

ตารางที่ 6.1 ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วรอบ 3500 rpm

ข้าวเปลือก 500 g		ครั้งที่ทดสอบ			เฉลี่ย
		1	2	3	
น.น ข้าวทั้งหมดที่ผ่านการกะเทาะ (g)		479.4	467.24	460.65	469.09
ข้าวเต็มเมล็ด	(% โดยมวล)	17.46	26.08	16.32	19.95
ข้าวหัก	(% โดยมวล)	5.22	4.23	1.64	3.70
ข้าวเปลือก	(% โดยมวล)	74.40	67.49	78.73	73.54
แกลบ	(% โดยมวล)	2.89	2.19	3.29	2.79
อัตราการกะเทาะ	(kg/hr)	51.69	50.20	47.05	49.65

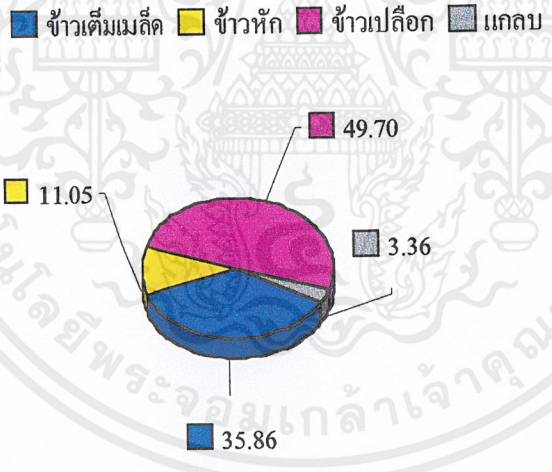


กราฟที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบ % ข้าวโดยมวล ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วรอบ 4000 rpm

ข้าวเปลือก 500 g		ครั้งที่ทดสอบ			เฉลี่ย
		1	2	3	
น.น ข้าวทั้งหมดที่ผ่านการกะเทาะ (g)		467.41	460.32	456.66	461.46
ข้าวเต็มเมล็ด	(% โดยมวล)	29.92	41.26	36.40	35.86
ข้าวหัก	(% โดยมวล)	15.32	4.36	13.47	11.05
ข้าวเปลือก	(% โดยมวล)	51.67	50.87	46.57	49.70
แกลบ	(% โดยมวล)	3.06	3.49	3.54	3.36
อัตราการกะเทาะ	(kg/hr)	59.64	54.54	53.60	55.93

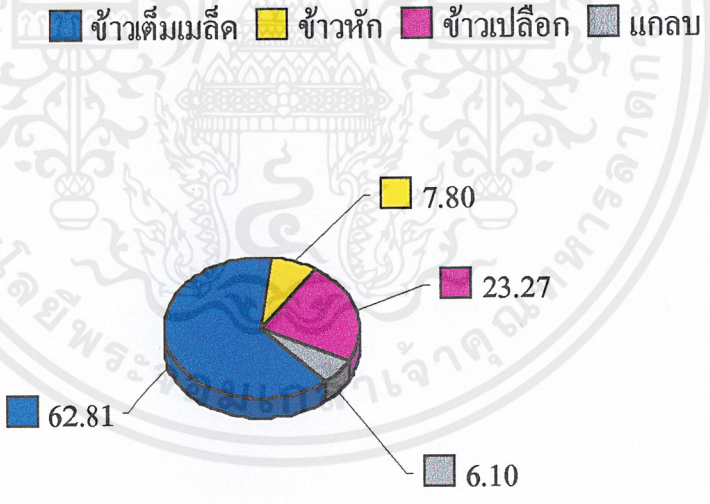


กราฟที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบ % ข้าวโดยมวล ที่ความเร็วรอบ 4000 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วรอบ 4500 rpm

ข้าวเปลือก 500 g		ครั้งที่ทดสอบ			เฉลี่ย
		1	2	3	
น.น ข้าวทั้งหมดที่ผ่านการกะเทาะ (g)		465.45	459.25	459.65	461.45
ข้าวเต็มเมล็ด	(% โดยมวล)	62.03	64.67	61.74	62.81
ข้าวหัก	(% โดยมวล)	6.94	5.26	11.19	7.8
ข้าวเปลือก	(% โดยมวล)	23.57	22.83	23.42	23.27
แกลบ	(% โดยมวล)	7.44	7.22	3.63	6.1
อัตราการกะเทาะ	(kg/hr)	56.07	59.84	57.91	57.94

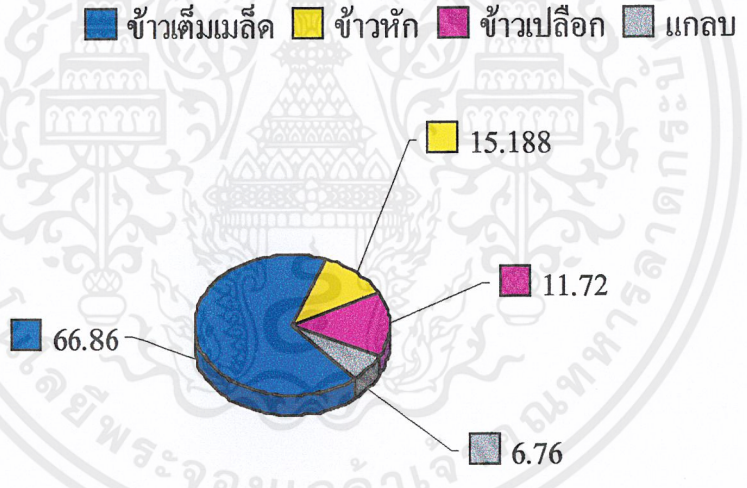


กราฟที่ 6.3 แสดงการเปรียบเทียบ % ข้าวโดยมวล ที่ความเร็วรอบ 4500 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

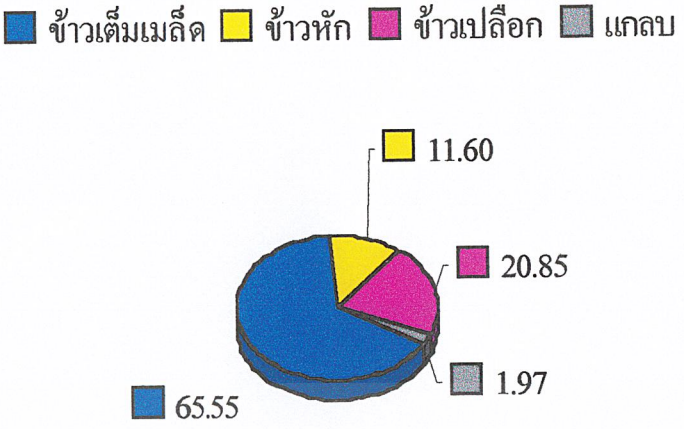
ตารางที่ 6.4 ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วรอบ 4890 rpm

ข้าวเปลือก 500 g		ครั้งที่ทดสอบ			เฉลี่ย
		1	2	3	
น.น ข้าวทั้งหมดที่ผ่านการกะเทาะ (g)		460.33	460.72	457.45	459.50
ข้าวเต็มเมล็ด	(% โดยมวล)	65.91	67.42	67.26	66.86
ข้าวหัก	(% โดยมวล)	13.37	12.57	9.23	11.72
ข้าวเปลือก	(% โดยมวล)	13.18	14.84	15.88	14.63
แกลบ	(% โดยมวล)	7.53	5.15	7.61	6.76
อัตราการกะเทาะ	(kg/hr)	61.22	65.57	64.86	63.88



กราฟที่ 6.4 แสดงการเปรียบเทียบ % ข้าวโดยมวล ที่ความเร็วรอบ 4890 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

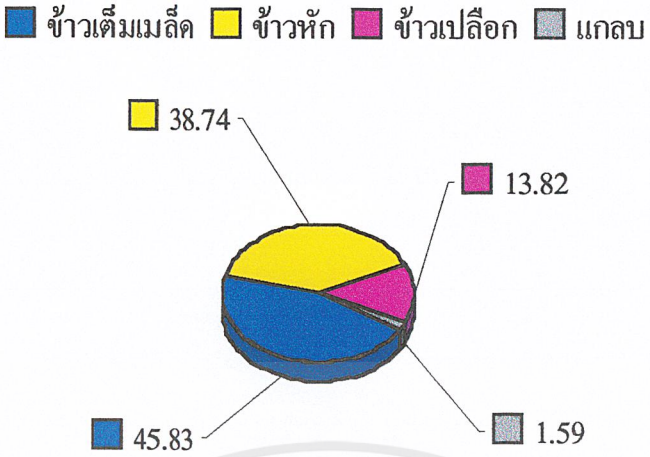


กราฟที่ 6.6 แสดงการเปรียบเทียบ % ข้าวโดยมวลที่ความเร็วรอบ 4350 (ก่อนครีบ Impeller หัก)

ตารางที่ 6.6 แสดง % ข้าวโดยมวลที่ความเร็วรอบ 4350 rpm ของเครื่อง (หลังครีบ Impeller หัก)

ข้าวเปลือก 500 g		ครั้งที่ทดสอบ			เฉลี่ย
		1	2	3	
น.น ข้าวทั้งหมดที่ผ่านการกะเทาะ (g)		499.80	487.32	498.59	495.23
ข้าวเต็มเมล็ด	(% โดยมวล)	44.15	50.90	42.43	45.83
ข้าวหัก	(% โดยมวล)	42.85	31.36	42.01	38.74
ข้าวเปลือก	(% โดยมวล)	11.68	15.90	13.86	13.82
แกลบ	(% โดยมวล)	1.29	1.81	1.68	1.59
อัตราการกะเทาะ	(kg/hr)	51.20	52.24	49.79	51.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

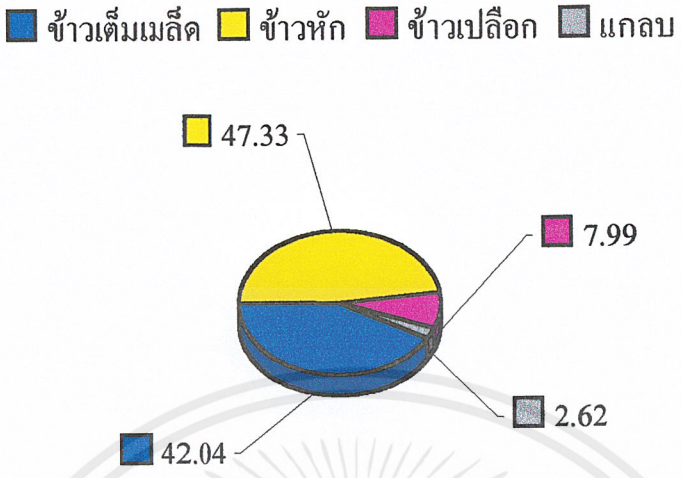


กราฟที่ 6.7 แสดงการเปรียบเทียบ % ข้าวโดยมวล ที่ความเร็วรอบ 4350 rpm (หลังครีบ Impeller หัก)

ตารางที่ 6.7 แสดง % ข้าวโดยมวลของข้าวพันธุ์เรณู ที่ความเร็วรอบ 4350 rpm

ข้าวเปลือก 500 g		ครั้งที่ทดสอบ			เฉลี่ย
		1	2	3	
น.น ข้าวทั้งหมดที่ผ่านการกะเทาะ (g)		485.18	486.86	484.48	485.50
ข้าวเต็มเมล็ด	(% โดยมวล)	36.67	46.81	42.66	42.04
ข้าวหัก	(% โดยมวล)	53.03	39.56	49.40	47.33
ข้าวเปลือก	(% โดยมวล)	8.18	11.42	4.38	7.99
แกลบ	(% โดยมวล)	2.12	2.19	3.54	2.62
อัตราการกะเทาะ	(kg/hr)	57.23	57.10	52.47	55.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 6.8 แสดงการเปรียบเทียบ % ข้าวโดยมวลของข้าวพันธุ์เรณู ที่ความเร็วรอบ 4350 rpm

6.3 การวัดความเร็วลม

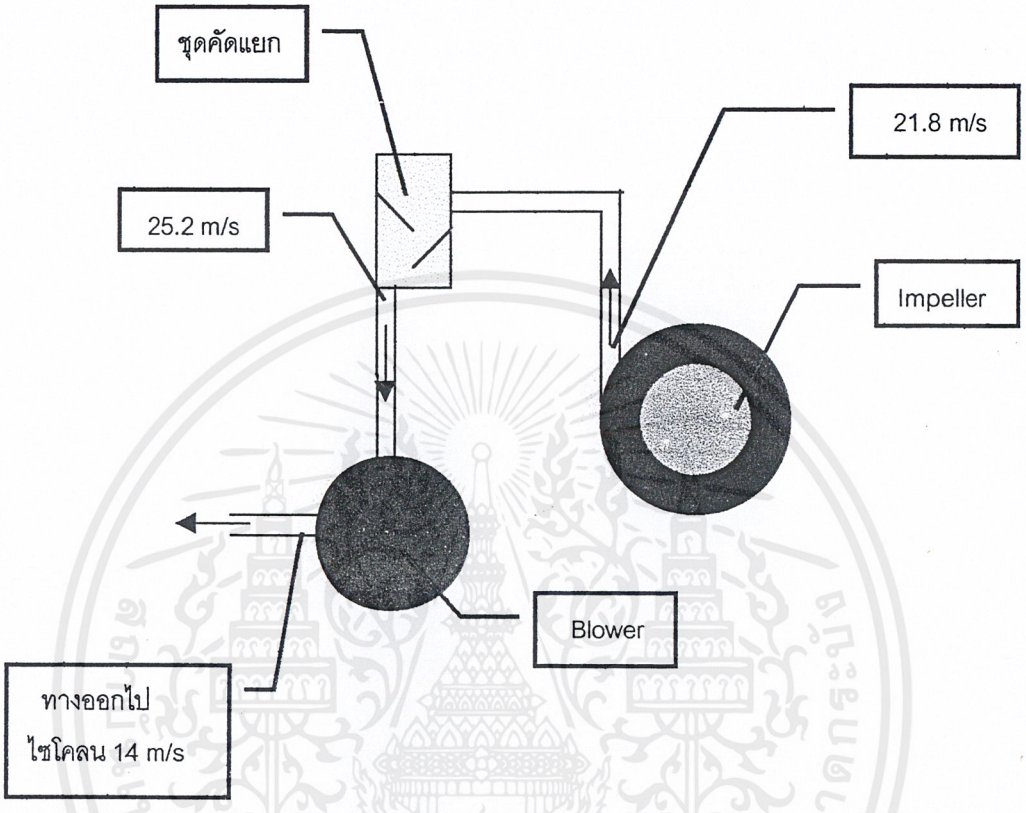
6.3.1 ถอดท่อยางที่ ทางออก Impeller, ทางออก Blowerและทางออกชุดคัดแยก

6.3.2 เปิดเครื่องสีข้าวแล้ววัดความเร็วลมด้วยเครื่องวัดความเร็วลมที่จุดต่างๆ ดังข้อ 1

6.3.3 จดบันทึกผลการทดลองในตารางผลการทดลอง

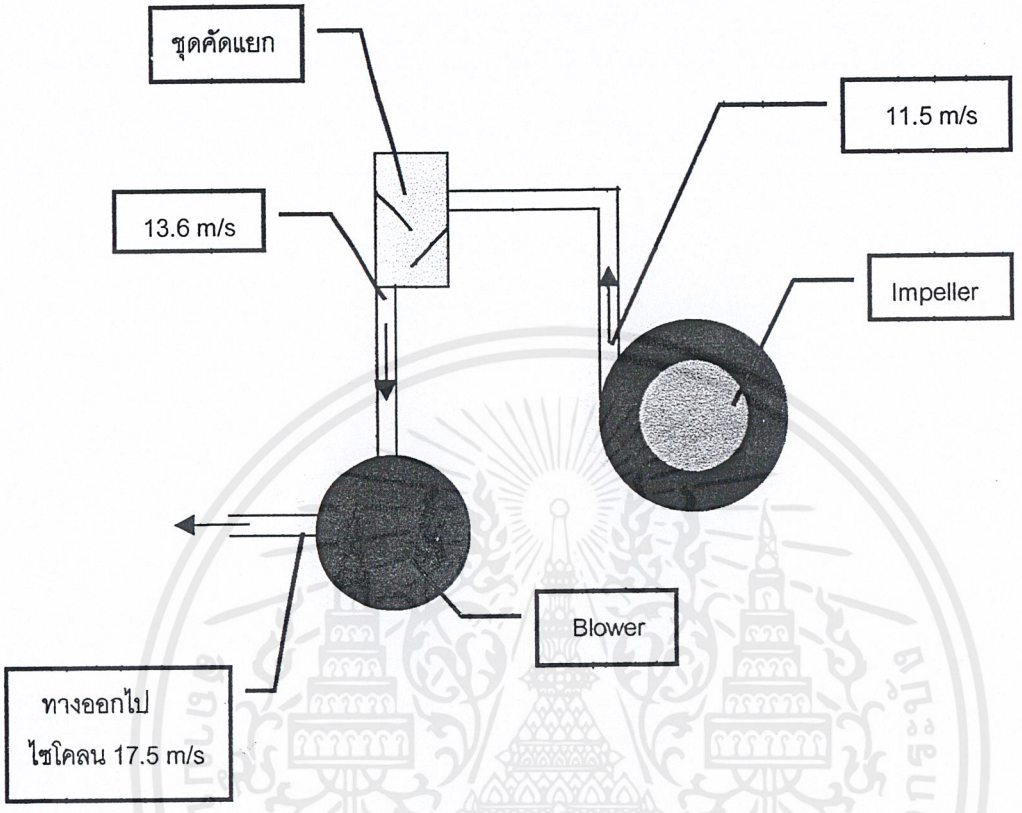
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 ผลการทดลองวัดความเร็วลม



รูปที่ 6.1 แสดงความเร็วลมที่จุดต่างๆ ของเครื่องสีข้าวรุ่น PM 400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 แสดงความเร็วลมที่จุดต่างๆ ของเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปผลโครงงาน

7.1 ส่วนต่างๆของตัวเครื่อง

7.1.1 IMPELLER

ขนาดของ impeller เส้นผ่าศูนย์กลาง 14 cm ใช้ เหล็กแผ่นหนา 1 mm มาทำ ส่วนใบ impeller ใช้เหล็กหนา 0.5 mm นำมาพับ และหักมุมที่ปลายใบ ให้มีมุม 50 องศา ตัวโครงของ impeller ได้ไปจ้างที่ร้านให้ตีขึ้นรูปด้วย สังกะสี หนา 1 mm เพราะส่วนของโครงจะต้องใช้เหล็กที่หนามาทำ เพื่อให้แข็งแรงพอที่จะรับแรงเหวี่ยงของตัว impeller ให้ได้ ดังนั้นการตีขึ้นรูปเอง จะทำได้ยากและไม่ได้ขนาดดังที่ต้องการ

ในขั้นตอนการทดสอบเครื่อง เราพบว่า impeller ที่ไม่ได้ศูนย์จะมีผลต่อการเหวี่ยง และมีเสียงดังเกิดขึ้น รวมทั้งมีโอกาสที่ ใบ impeller จะไปเสียดสีกับเป้ากระทบ จนทำให้เป้ากระทบเสียหายได้ ในส่วนของใบ impeller เมื่อทดสอบไประยะเวลาหนึ่งแล้ว มีแนวโน้มว่า องศาของมุมที่ปลายใบจะ เปลี่ยนแปลงไป ด้วยแรงเหวี่ยง ดังนั้นควรมีการปรับมุมให้ได้ดังที่ตั้งไว้ทุกรอบการทดสอบ เพื่อความถูกต้องของผลการทดลอง ในตอนหลังของการทดสอบเครื่อง ใบ impeller ได้หักไปหนึ่งใบ และผลการทดลองที่ออกมา คือ ข้าวหักมากขึ้น แต่ประสิทธิภาพการกะเทาะไม่เปลี่ยนแปลงเท่าไรนัก

แนวทางการแก้ไข

ใบ impeller ที่เรานำมาทดสอบนั้น ใช้วัสดุเพียงชนิดเดียวคือเหล็ก ซึ่งเมื่อใช้งานไปไม่นาน ก็จะมีสนิมเกิดขึ้น ดังนั้น ในการพัฒนาส่วนของ impeller ควรมีการลองใช้วัสดุชนิดอื่นดูบ้าง หรือถ้าจะใช้เหล็กต่อไป ก็ควรทาสีกันสนิม หรือเปลี่ยนไปใช้ สแตนเลสแทน แต่ก็อาจจะมีปัญหาในเรื่องน้ำหนักและการตัดให้ได้ขนาดดังที่ต้องการ ส่วนวัสดุที่มีความเป็นไปได้มากกว่า สแตนเลส ก็คือ แผ่นอะครีลิค อย่างหนา นำมากัดให้ได้รูป แล้วประกอบให้ติดกัน โดยใช้กาวเฉพาะของมันเอง หรือวัสดุอีกชนิดหนึ่ง ที่มีความเป็นไปได้ คือ ไม้ เพราะมีความแข็งและยืดหยุ่นพอสมควร สามารถทำให้ปลายใบ impeller มีลักษณะเป็นรูปโค้งได้ ซึ่งเหมาะสมมากกว่าการ พับปลายใบให้เป็นมุม

7.1.2 BLOWER

วัสดุที่ใช้ทำโครง blower ใช้วัสดุชนิดเดียวกับโครง impeller ด้วยเหตุผลเดียวกัน ส่วนใบของ Blower ทำด้วยเหล็กแผ่นหนา 1 mm ในส่วนของ blower สามารถทำงานได้ดีพอสมควร คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูดแกลบได้ แต่ยังมีปัญหาของการสั่นอยู่บ้าง เนื่องจาก การติดใบพัดของ blower แบ่งองศาไม่เท่ากัน และขนาดยังใหญ่อยู่

แนวทางการแก้ไข

ควรติดใบพัดให้ได้องศาที่เท่ากัน และการตัดวงกลม ต้องตัดให้มีความกลมจริงๆ ถ้าเป็นไปได้ควรใช้เครื่องตัด เพราะถ้าตัดวงกลมไม่ตรง การแบ่งองศาให้เท่ากันจะทำได้ยากมาก และถ้าเป็นไปได้ควรลดขนาดให้เล็กลงกว่านี้ เพราะจะทำให้สามารถลดขนาดของเครื่องลงไปได้อีก และถ้าสามารถทำให้ความเร็วรอบที่เหมาะสมของ blower กับ impeller เท่ากันได้ ก็นำ blower และ impeller มาไว้บนเพลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้กินพื้นที่น้อยลง

7.1.3 **Hopper**

ขนาดของ hopper ที่ใช้สามารถจุข้าวเปลือกได้มากกว่า 3 กิโลกรัม มุมที่ใช้มีความเหมาะสมกับมุมกอง ของข้าวเปลือก จึงไม่มีปัญหาการอัดตัวกันของข้าว แต่ hopper ของเครื่องนี้ ไม่ได้ทำฝาปิดเปิด ที่ทางลงท่อนำข้าว

แนวทางการแก้ไข

สามารถลดขนาดของ hopper ลงได้อีก ตามความสูงของเครื่อง และจะทำให้ hopper มีความจุเหมาะสมกับ การเป็นเครื่องสีข้าวภายในครัวเรือนมากขึ้น ถ้านำไปใช้งานจริงควรมีการติดฝาปิดเปิดที่ทางลงท่อนำข้าว เพราะจะทำให้สามารถเทข้าวลงไปใน hopper ได้ในทีเดียว โดยเครื่องที่ทำนี้ได้เชื่อมเหล็ก สำหรับติดที่ดึงฝาเอาไว้ให้แล้ว เพียงแต่นำเหล็กที่เป็นฝามาติดเข้ากับ hopper และใช้สายเบรกจักรยานมาเป็นตัวดึงเพื่อ เปิดปิดฝา ก็จะสามารถควบคุมการไหลของข้าวเปลือกลงในท่อนำข้าวได้

7.1.4 **ชุดคัดแยก**

การคัดแยกแกลบออกจากข้าวกล้อง ของชุดคัดแยกนี้ ยังทำได้ไม่ดีพอ ควรจะมีการปรับปรุงบางส่วนต่อ ซึ่งชุดคัดแยกที่ทำไว้ สามารถปรับแก้ทุกส่วนได้ง่ายโดยวัสดุที่ใช้ ทำมาจากเหล็กที่หาได้ง่ายทั่วไป บางส่วนที่เครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยงของญี่ปุ่น รุ่น PM 400 ทำเป็นตะแกรง ก็ได้คัดแปลงมาใช้เหล็กที่เจาะรูแทน ขนาดของมุมต่างๆ ใช้มุมเดียวกัน ตัวโครง ใช้ฝาเป็นแผ่นอะครีลิด เพื่อให้สามารถมองเห็นการไหลของแกลบและข้าวกล้องได้ และสามารถถอดชิ้นส่วนออกมาปรับแก้ได้ โดยการลอกกาว ด้านข้างโครงออก ส่วนแผ่นเหล็กในชุดคัดแยก ก็ยึดอยู่ด้วย น็อต สามารถถอดออกได้เช่นกัน และถ้าปรับแก้ทุกอย่างจนเหมาะสมแล้ว ก็สามารถติดชิ้นส่วนต่างๆ อย่างถาวรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางการแก้ไข

ควรปรับมุมของแผ่นเหล็กให้เหมาะสมกว่านี้ เพื่อให้ประสิทธิภาพการดูดแกลบและแยกข้าวกล้องทำได้ดีขึ้น วัสดุที่ใช้เป็นเหล็กหนา จึงมีน้ำหนักมาก อาจจะใช้เหล็กที่บางกว่านี้ หรือลองใช้วัสดุชนิดอื่นแทน

7.1.5 **โครงเครื่อง**

ใช้เหล็กฉากขนาด 40x40 mm. หนา 4 mm. มาเชื่อมติดกัน ซึ่งมีความแข็งแรงมาก รับน้ำหนักของชิ้นส่วนทั้งหมดได้

แนวทางการแก้ไข

เหล็กที่ใช้อาจจะมีความหนามากเกินไป ถ้าเราลดขนาดเหล็กลงได้ จะทำให้น้ำหนักเครื่องลดลงไปได้มาก และควรติดล้อเพิ่ม เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย

7.1.6 **เพลา แบริ่ง พู่เล่ย์**

ขนาดของแบริ่งที่ใช้ มีเส้นผ่าศูนย์กลางใน 19 mm. การที่จะหาขนาดของเพลาให้ได้ขนาดนี้นั้น ทำได้ยาก ต้องกลึงเพลาขึ้นมาเอง และการกลึงต้องระมัดระวังไม่ให้เพลาเล็กเกินไป หรือใหญ่เกินไป เพราะจะทำให้มีปัญหาในการตอกอัดใส่แบริ่ง หรือ พู่เลย์ ถ้าเพลาใหญ่เกินไป เวลาตอกอัดแล้ว เพลาจะไปบีบแบริ่ง ทำให้ลูกปืนในแบริ่งเบียดกัน และอาจจะแตกได้ เพลาของ impeller ที่ใช้ในเครื่องนี้ ต้องกลึงหลายระดับ เพราะ แบริ่ง และ พู่เล่ย์ มีขนาดไม่เท่ากัน ในส่วนปลายที่ติดกับ ใบ impeller ต้องมีการ ต๊าฟเกลียว และเชื่อมปลายให้นูนขึ้นมา เพื่อใช้เป็นตัวนำข้าวเข้า impeller การเชื่อมต้องทำก่อนการ เจาะรูต๊าฟเกลียว เพราะเมื่อเจาะรูแล้ว เนื้อเหล็กจะบางลง ไม่สามารถทนความร้อนจากการเชื่อมได้ เหล็กจะทะลุ ส่วนการกลึงเพลาของ blower นั้นต้องให้ขนาดพอดีกับ ตุ๊กตา และการกลึงเพลาจะต้องทำให้ได้ศูนย์มากที่สุด เพราะไม่เช่นนั้น เครื่องจะสั่นเวลาทำงาน

7.2 การทดสอบ

การทดสอบเครื่องได้ % ข้าวเต็มเมล็ดสูงสุด 65.55 % ซึ่งยังถือว่าต่ำมาก ควรจะมีการพัฒนาเครื่องต่อ ตามแนวทางที่เสนอไป การทดสอบเป้ากระทบ พบว่า ความเหมาะสมที่สุด คือ โพลีเมอร์ที่สั่งทำ การพัฒนาโครงงานนี้ ควรจะหาวัสดุชนิดอื่น ที่คุณสมบัติใกล้เคียงกับโพลีเมอร์ มาทดลองต่อไป ในการทดสอบแต่ละครั้ง ข้าวที่ใช้ ต้องปรับให้มีความชื้นที่เหมะสม เพื่อผลที่เชื่อถือได้ และต้องมีการคัดข้าวก่อนทำการทดลอง เพราะไม่เช่นนั้น ประสิทธิภาพการกะเทาะ การแยกแกลบ จะต่ำลง เพราะจะมีข้าวลีบบางส่วนที่ไม่สามารถกะเทาะได้ ปนมา ในการหาความเร็วรอบที่เหมาะสมของเครื่องนี้ ยังไม่สามารถทำได้ เพราะ ความเร็วรอบ ที่เหมาะสม มีแนวโน้มสูงขึ้นถึง 5000 รอบ ซึ่งความสามารถของเครื่องทำได้เพียง 4350 รอบเท่านั้น ดังนั้น การทดสอบหาความเร็วรอบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

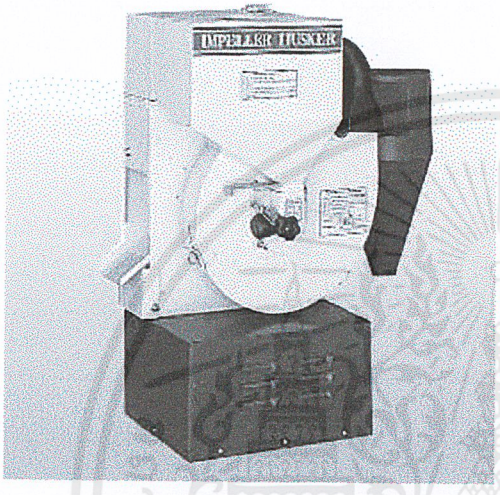
เหมาะสม ควรทำการเปลี่ยนพู่เล่ย์มอเตอร์ใหม่ ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น อาจจะใช้เป็น 7 นิ้ว เพราะการลดขนาดของพู่เล่ย์ที่ impeller และ blower นั้น ไม่สามารถทำได้ เนื่องจาก พู่เล่ย์ที่มีขายโดยทั่วไป เล็กสุดคือ 2 นิ้ว ถ้าเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องได้ ก็มีโอกาสที่จะรู้ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
เครื่องสีข้าวแรงเหวี่ยงแบบต่างๆ



รุ่น	FC2K
ยาว	60 cm
กว้าง	36 cm
สูง	62 cm
เส้นผ่าศูนย์กลาง impeller	25 cm
ความเร็วรอบ	3500 rpm
อัตราการกะเทาะ	60-80 kg/hr
น้ำหนัก	23 kg
กำลังงาน	250W / 100V / 1P

รูปที่ ก.1 แสดงเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง รุ่น FC2K

รุ่น	FC4S-M5
ยาว	115 cm
กว้าง	49 cm
สูง	96 cm
เส้นผ่าศูนย์กลาง impeller	32 cm
ความเร็วรอบ	2650 rpm
อัตราการกะเทาะ	180-240 kg/hr
น้ำหนัก	54 kg
กำลังงาน	500W / 100V / 1P

รูปที่ ก.2 แสดงเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง รุ่น FC4S-M5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 แสดงเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง (Mobile Mini Rice Mill) รุ่น FS281+VP222

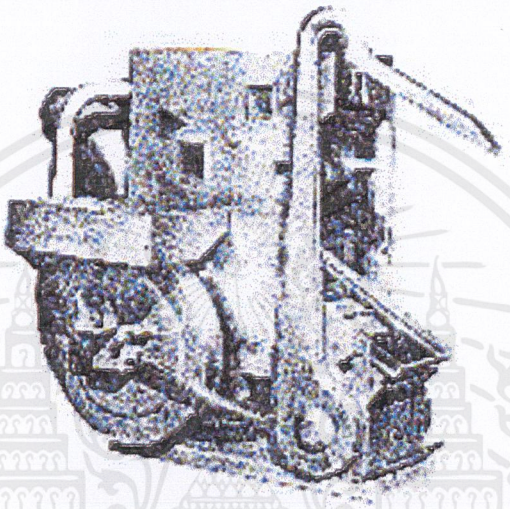
รูปที่ ก.4 แสดงเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง (Mobile Mini Rice Mill) รุ่น FS281+MP-370F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

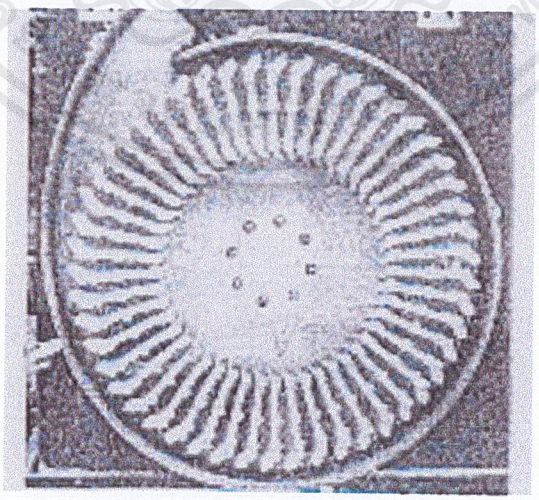
ภาคผนวก ข.

รูปเครื่องสีข้าวที่ใช้ทดลองในบทความวิจัยเรื่อง

(Performance of the Japanese Impeller-Type Rice Husker

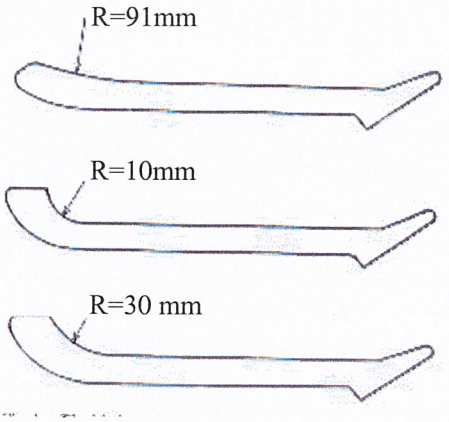


รูปที่ ข.1 แสดงรูปเครื่องสีข้าว



รูปที่ ข.2 แสดงลักษณะของ impeller ที่มีครีบ จำนวน 50 ครีบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 แสดงลักษณะของใบครีบ แบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
การตรวจสอบเอกสารเกี่ยวกับข้าว

ค.1. ส่วนประกอบที่สำคัญของข้าวกล้อง.....อ้างอิง[2]

เยื่อหุ้มผล (pericarp) มีลักษณะเป็นเส้นใยผนังเซลล์ ประกอบด้วย โปรตีน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) หรือ เทสตา (Testa) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น เป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน

เยื่ออาลูโรน (aleurone layer) เป็นชั้นที่ห่อหุ้ม starchy endosperm และ embryo เป็นส่วนที่มีโปรตีนสูงและยังประกอบด้วย น้ำมัน เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส

จมูกข้าว (Germ) เป็นส่วนที่มีไขมันและโปรตีน

ส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสาร ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่เล็กน้อย

ตารางที่ ค.1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องเปรียบเทียบกับข้าวขัดขาว (ต่อน้ำหนัก 100 g)

สารอาหาร	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร(ข้าวขัดขาว)
โปรตีน	6.7	6.7
ไขมัน	2.8	1.0
คาร์โบไฮเดรต	81.3	79.3
ใยอาหาร	3.8	2.2
วิตามินอี	0.8	0.1
วิตามินบีหนึ่ง	0.59	0.08
วิตามินบีสอง	0.07	0.02
ไนอาซิน	5.3	1.5

ที่มา : Holland, B., Unwin,K.D. and Buss,D.H.(1988 : 145 p.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ ค.1 พบว่าข้าวกล้องมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวขัดขาวมากทางด้านของไขมัน ใยอาหาร วิตามินอี วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง และไนอาซิน ซึ่งล้วนแต่มีประโยชน์สำหรับร่างกาย จากข้อมูลจากนักวิจัยและนักโภชนาการได้ทำการศึกษาพอสรุปถึงคุณประโยชน์ได้ดังนี้

ใยอาหาร เป็นส่วนที่ช่วยในด้านระบบขับถ่ายและการย่อยอาหาร พบว่าผู้ที่รับประทานใยอาหารมากจะช่วยลดอันราการเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆทางโภชนาการ เช่น โรคอ้วน โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ โรคไขมันในเลือดสูง โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด รวมทั้งโรคเบาหวาน

วิตามินอี เป็นสาร antioxidant และ free radical scavenger ให้กับร่างกาย

วิตามินบีหนึ่ง เป็นสารที่ช่วยทำให้ระบบการย่อยและการดูดซึมคาร์โบไฮเดรตเป็นไปอย่างปกติและช่วยป้องกันโรคเหน็บชา

วิตามินบีสอง เป็นสารที่ช่วยทำให้ระบบการย่อยและการดูดซึม โดยอยู่ในรูปของโคเอนไซม์ FAD และ FMN

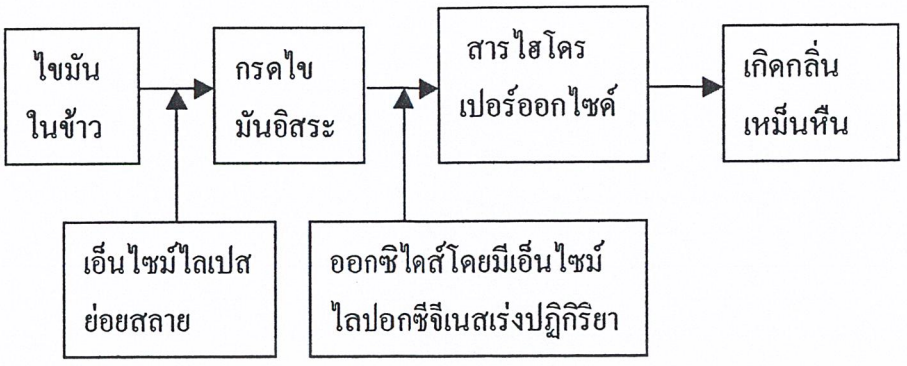
ไนอาซิน เป็นสารที่ช่วยทำให้ระบบการย่อย และการดูดซึมโดยอยู่ในรูปของโคเอนไซม์ NAD และNADP

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ พบว่าในข้าวกล้องจะมีปริมาณไขมันสูงกว่าข้าวขัดขาวและปริมาณไขมันสูงนี้เองที่มีผลทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากเกิดการเสื่อมเสีย มีกลิ่นเหม็นหืนเกิดขึ้น

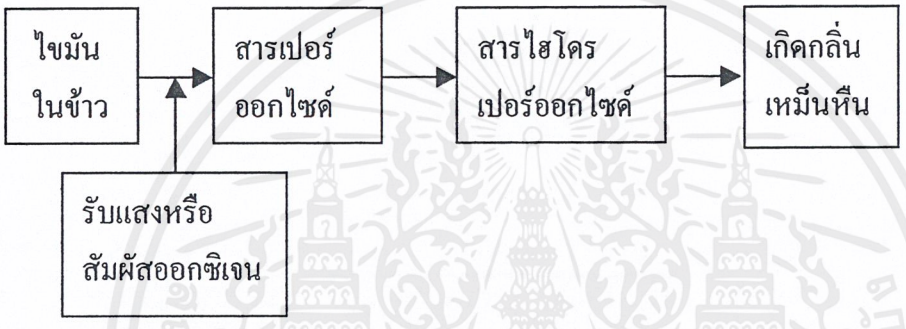
ค.2. การเสื่อมเสียของข้าวกล้อง

การเสื่อมเสียของข้าวกล้องมักสังเกตุจากการที่ข้าวกล้องมีกลิ่นเหม็นหืนเกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากเมล็ดข้าวกล้องจะมีปริมาณไขมันสูง ซึ่งเมื่อเก็บรักษาไว้ระยะเวลาหนึ่ง ไขมันในข้าวกล้องจะเกิดปฏิกิริยายาการย่อยสลายไขมัน (Lipolytic Hydrolysis) และเกิดการออกซิไดส์ด้วยออกซิเจนในอากาศ (Oxidation) ซึ่งทำให้เสื่อมเสียได้เร็ว โดยไขมันในข้าวจะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ไลเปสเพื่อเปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิสระ จากนั้นกรดไขมันอิสระจะถูกออกซิไดส์โดยมีเอนไซม์ไลปอกซีจีเนสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเกิดเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ หรืออีกกรณีหนึ่งคือ เมื่อได้รับแสงหรือสัมผัสกับออกซิเจน ไขมันจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (AutoOxidation) เกิดสารเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระ (peroxide free radical) ซึ่งจะไม่เสถียรจึงเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องเป็นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ และเกิดปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ จนสุดท้ายข้าวกล้องจะเกิดการเหม็นหืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หรือ



ค.3. ความชื้นของข้าวกล้องและอุณหภูมิในการเก็บรักษา

ความชื้นที่มีในข้าวกล้องขึ้นอยู่กับความชื้นที่มีในเมล็ดข้าวกล้องและความชื้นในอากาศซึ่งปริมาณความชื้นสามารถเปลี่ยนไปได้และมีผลต่ออายุการเก็บของข้าว โดยน้ำเป็นตัวทำให้ลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนไป และเป็นตัวกลางในการทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีและช่วยให้เอนไซม์ที่มีอยู่ในข้าวทำงานได้ดีขึ้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสของกลีเซอไรด์ซึ่งเป็นไขมันในข้าวกล้องเกิดเป็นกรดไขมันอิสระ ส่งผลให้เกิดการเหม็นหืน โดยพบว่าอัตราการเกิดกรดไขมันในข้าวกล้องเกิดเป็นกรดไขมันอิสระ ส่งผลให้เกิดการเหม็นหืน โดยพบว่าอัตราการเกิดกรดไขมันอิสระของข้าวจะสูงขึ้น เมื่อความชื้นในเมล็ดข้าวมีมากขึ้นหือที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง (Hunter, Houston and Kester, 1951) นอกจากนี้น้ำยังเป็นปัจจัยที่ช่วยทำให้จุลินทรีย์เจริญด้วย (Loeb snd Mayne, 1952)

สำหรับอุณหภูมิยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีของเอนไซม์ที่มีอยู่ในข้าวกล้อง โดยที่สภาวะอุณหภูมิที่ต่างกันจะมีผลต่อการเกิดกรดไขมันอิสระที่ต่างกัน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง มีผลทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มมากขึ้น เมื่อเก็บรักษาข้าวกล้องไว้ในระยะเวลาหนึ่ง (Humter, Houston snd Kester, 1951) และพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิต่ำ ข้าวกล้องจะมีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรส ปริมาณของกรดไขมันอิสระและ conjugation diene hydroperoxide น้อยและจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

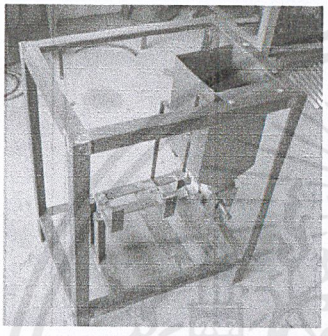
ค.4. จุลินทรีย์และไข่แมลงที่มีอยู่ในข้าวกล้อง

ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวโดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ไลเปส จะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสในเมล็ดข้าว Delueca and Ory (1987) ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยการเจริญของจุลินทรีย์บนเมล็ดข้าวพบว่า การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการได้แก่ ความชื้นและอุณหภูมิของข้าวที่เก็บรักษาโดยความชื้นที่เหมาะสมคือ 14 – 20 % และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญคือ 30 – 40 °C สารอาหารที่เหมาะสมแก่การเจริญ ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว ระดับของจุลินทรีย์ทีมีอยู่ในข้าวตั้งแต่เริ่มเก็บเกี่ยว ปริมาณของสิ่งเจือปนที่มีอยู่ในข้าวรวมถึงไข่แมลง นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพข้าวในการเก็บรักษา โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้น ความชื้นสัมพัทธ์ที่สภาวะต่างๆ กันพบว่ามีอิทธิพลต่อคุณภาพการหุงต้ม กลิ่น การเกิดกรดไขมันอิสระและสีของข้าว โดยนำเมล็ดข้าวเริ่มต้นที่ปราศจากจุลินทรย์ปนเปื้อนมาเก็บรักษาในสภาวะความชื้นและอุณหภมิที่ปลอดภัยต่อการเจริญของจุลินทรีย์ พบว่าสามารถเก็บรักษาข้าวได้เป็นเวลาหลายเดือน Araullo (1986) กล่าวว่าการทำให้ข้าวแห้งก่อนเก็บรักษา ควบคุมปริมาณความชื้นและอุณหภมิในระหว่างการเก็บรักษาให้ต่ำจะสามารถลดการทำลายจุลินทรีย์ได้ รวมทั้งสถานที่เก็บต้องสะอาดโดยเฉพาะแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้หรือแถบบริเวณร้อนชื้น จำเป็นมากที่จะต้องเก็บข้าวไว้ในบริเวณที่แห้งและปลอดภัยภายหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ (Chistiansen and Kanman, 1969) ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่าการควบคุมปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นก่อนเก็บรักษาและทำการควบคุมสภาวะต่างๆ ที่เหมาะสมแก่การเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ก็จะสามรถควบคุมคุณภาพของข้าวกล้องและข้าวที่ขัดสีใหม่เพื่อให้มีอายุการเก็บรักษานานมากขึ้น

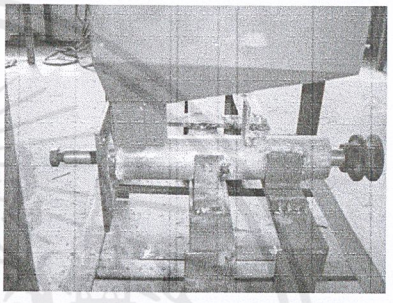
จากการศึกษาพบว่าถ้าจำเป็นต้องเก็บข้าวกล้องไว้เป็นเวลานาน วิธีการที่เหมาะสมในการเก็บรักษาข้าวกล้องคือ การรมไอแอลกอฮอล์จากสารละลายเอทธานอล 50% บนข้าวกล้องเป็นระยะเวลา 5, 10 หรือ 15 นาที บรรจุในถังโพลีโพรพิลีน (PP) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 °C ในสภาวะดังกล่าวนี้จึงจะสามารถเก็บรักษาข้าวกล้องได้อย่างน้อย 6 เดือน โดยที่ผู้บริโภคสามารถยอมรับได้และไม่มีมอดและแมลงเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

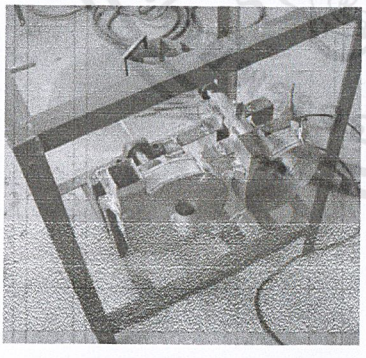
ภาคผนวก ง.
แสดงภาพเครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก
ผลการทดลองและวิธีการทดสอบ



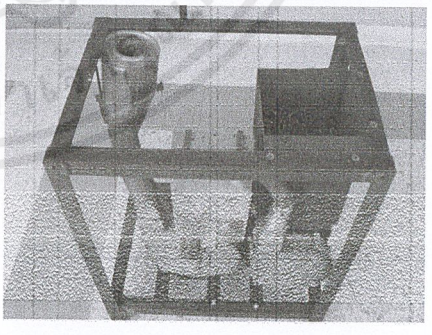
รูปที่ ง.1 การประกอบเครื่อง 1



รูปที่ ง.2 การประกอบเครื่อง 2

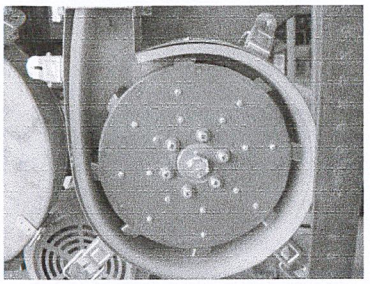


รูปที่ ง.3 การประกอบเครื่อง 3

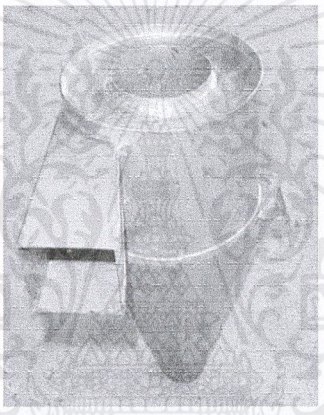


รูปที่ ง.4 การประกอบเครื่อง 4

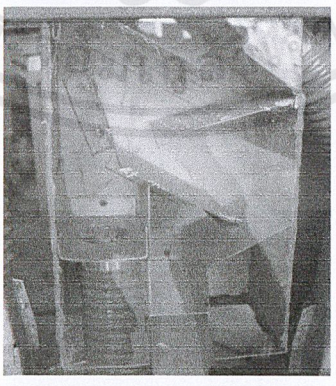
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.5 แสดงภาพImpeller

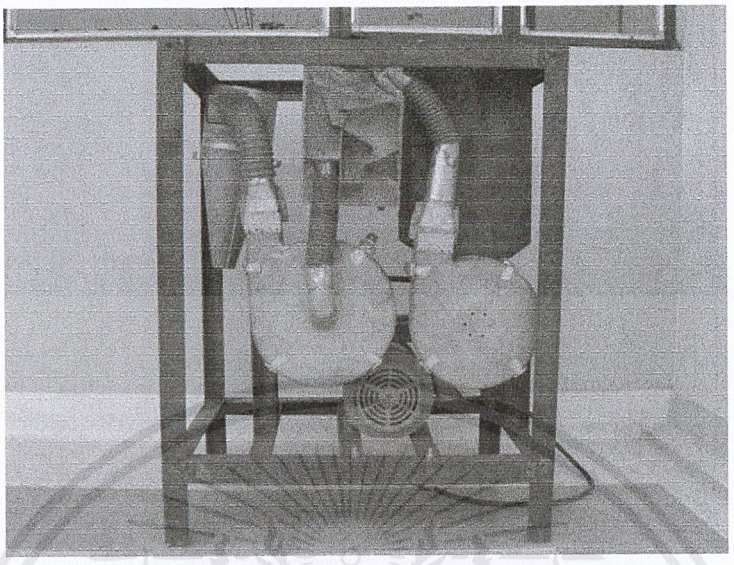


รูปที่ ง.6 แสดงภาพCyclone

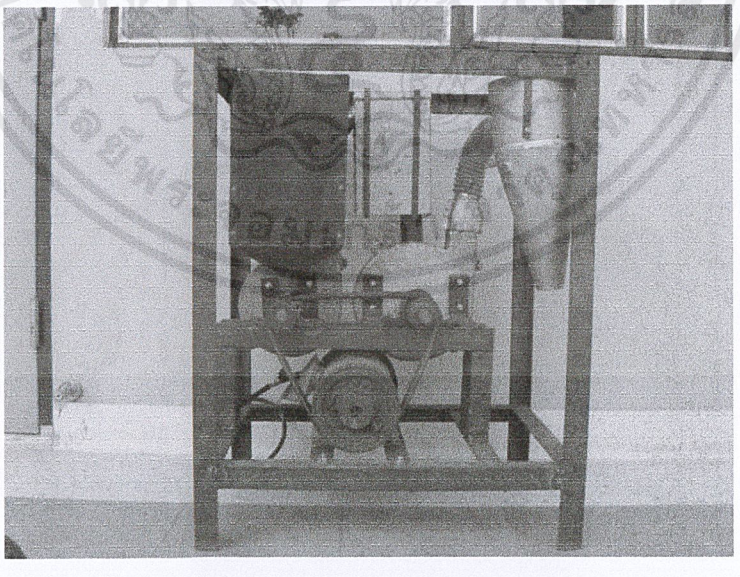


รูปที่ ง.7 แสดงภาพชุดคัดแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

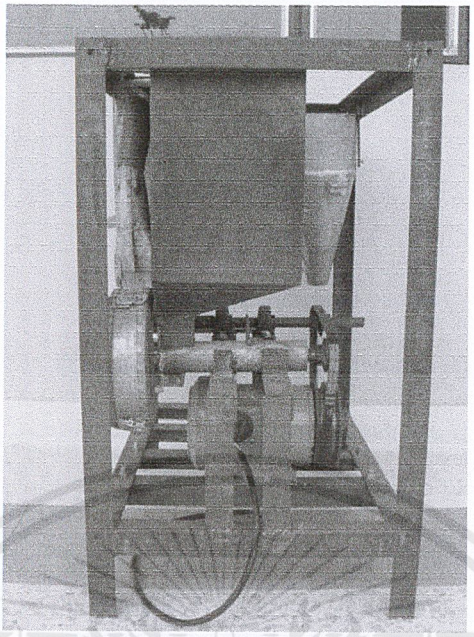


รูปที่ ง.8 แสดงภาพเครื่องด้านหน้า

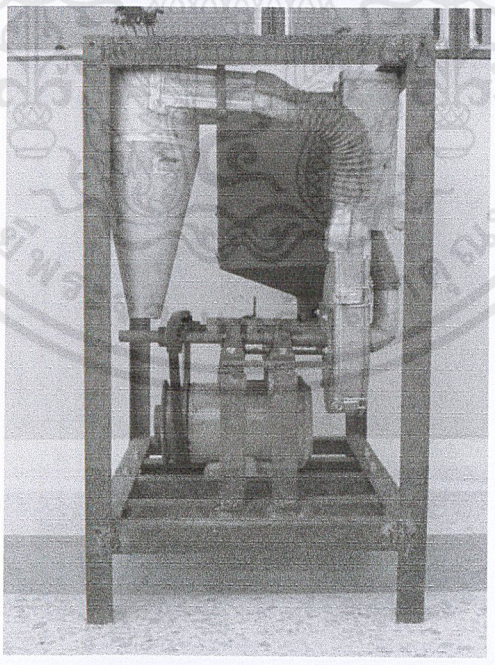


รูปที่ ง.9 แสดงภาพเครื่องด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

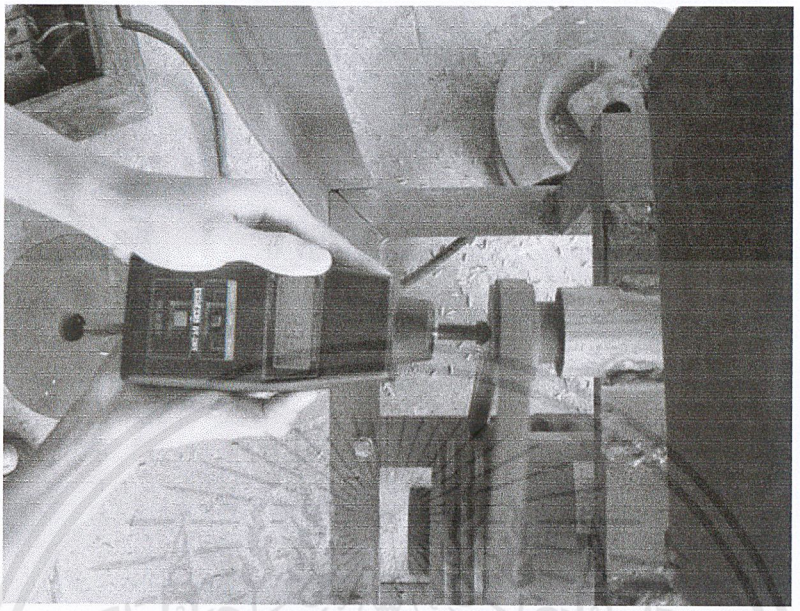


รูปที่ ง.10 แสดงภาพเครื่องด้านข้าง 1

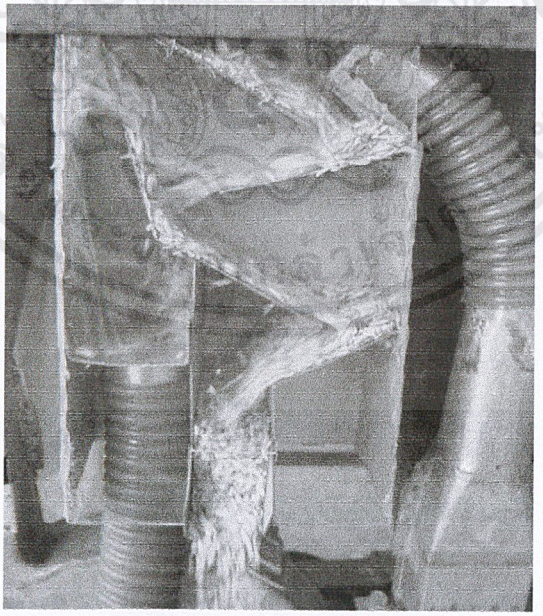


รูปที่ ง.11 แสดงภาพเครื่องด้านข้าง 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

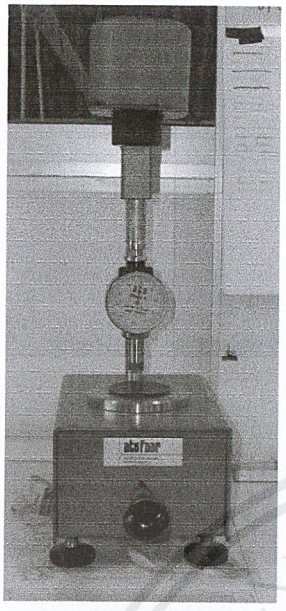


รูปที่ ง.12 แสดงภาพการวัดความเร็วรอบรอบ

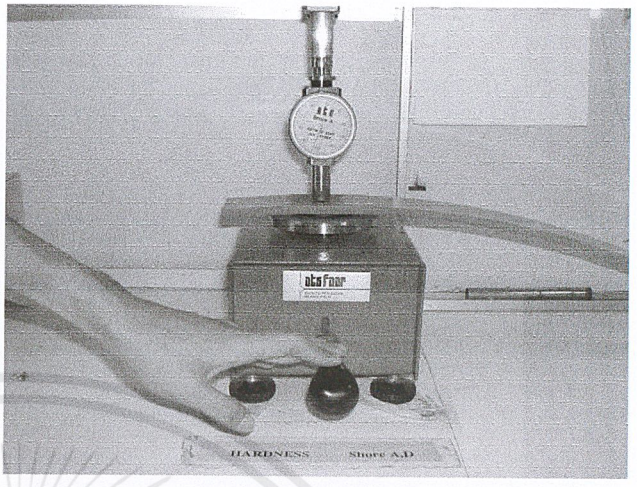


รูปที่ ง.13 แสดงดภาพการทำงานของชุดคัดแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



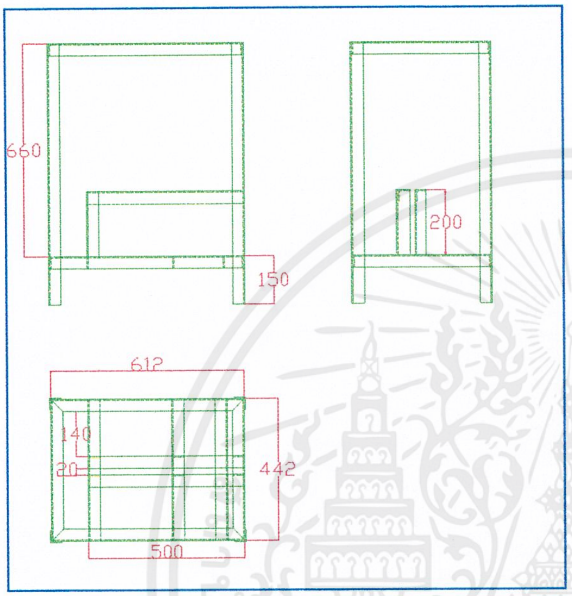
รูปที่ ง.14 แสดงภาพเครื่อง Shore A



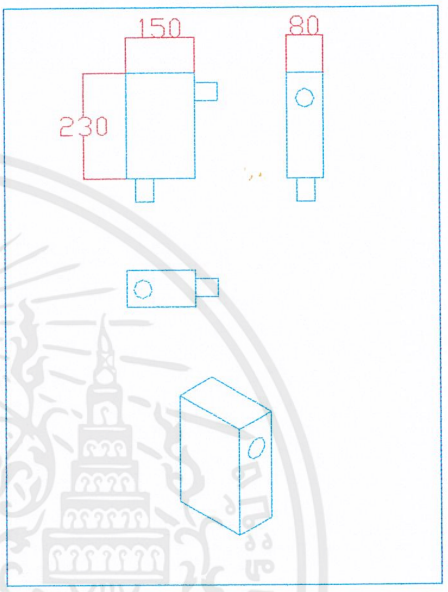
รูปที่ ง.15 แสดงการทดสอบความแข็งแผ่นยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

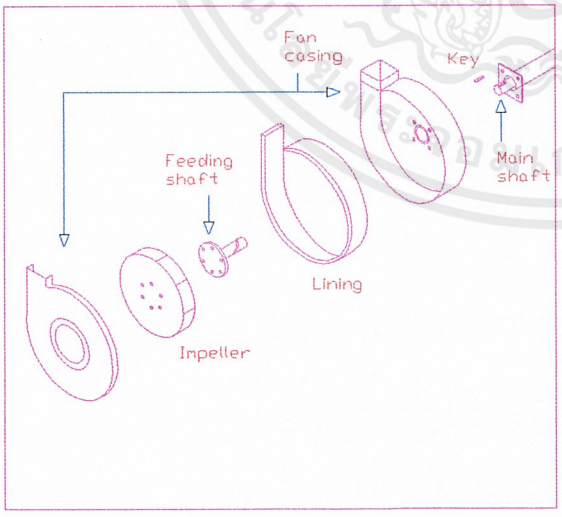
ภาคผนวก จ.
แสดงแบบเครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงขนาดเล็ก



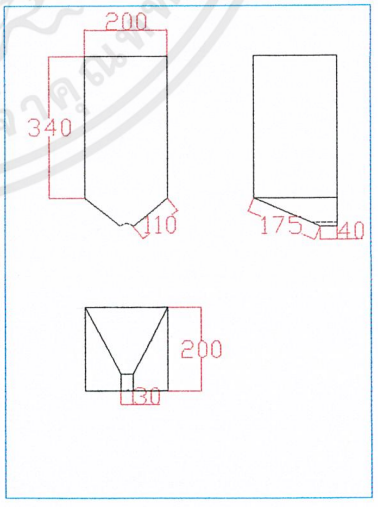
รูปที่ จ.1 แสดงแบบโครงเครื่อง



รูปที่ จ.2 แสดงแบบชุดคัดแยก

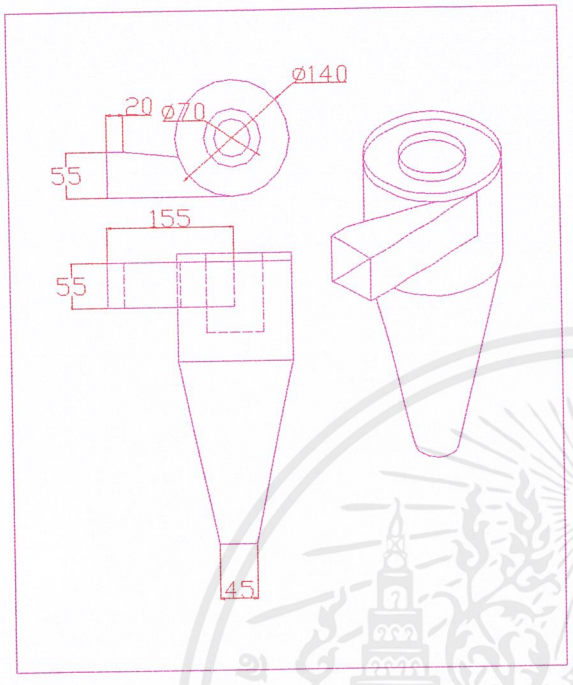


รูปที่ จ.3 แสดงแบบ Impeller

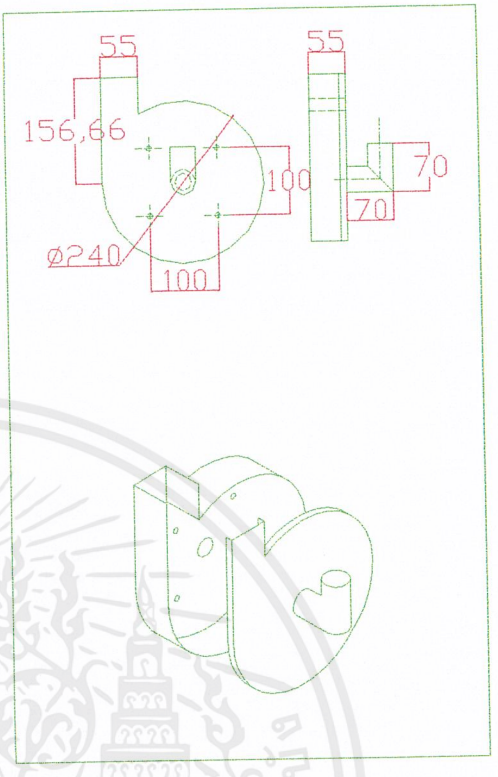


รูปที่ จ.4 แสดงแบบ Hopper

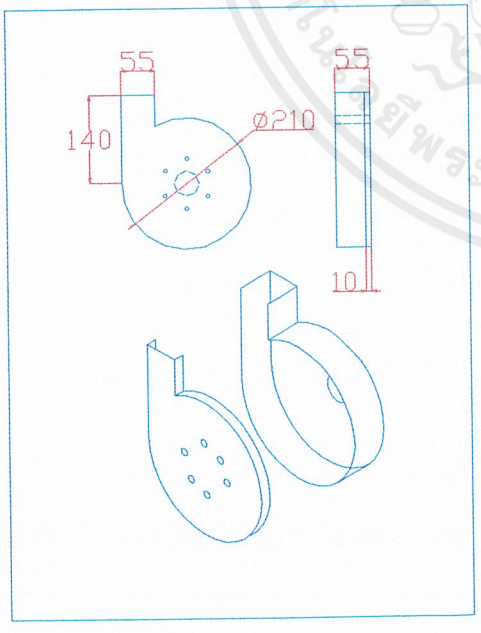
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



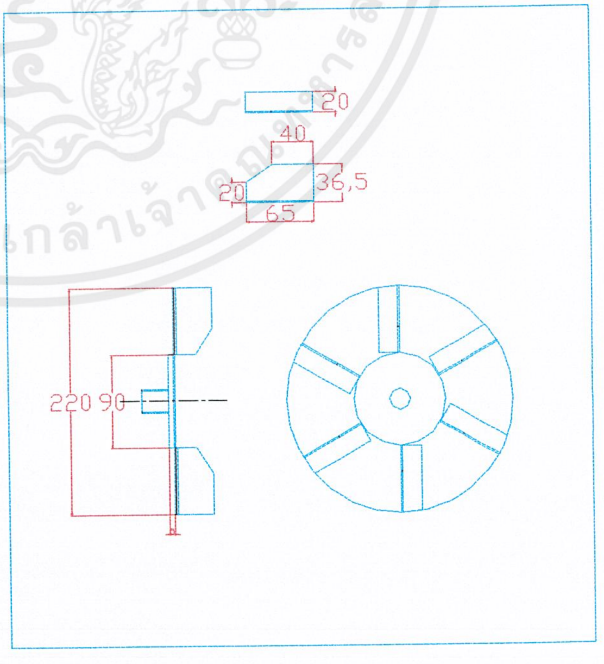
รูปที่ จ.5 แสดงแบบ Cyclone



รูปที่ จ.6 แสดงแบบ Blower

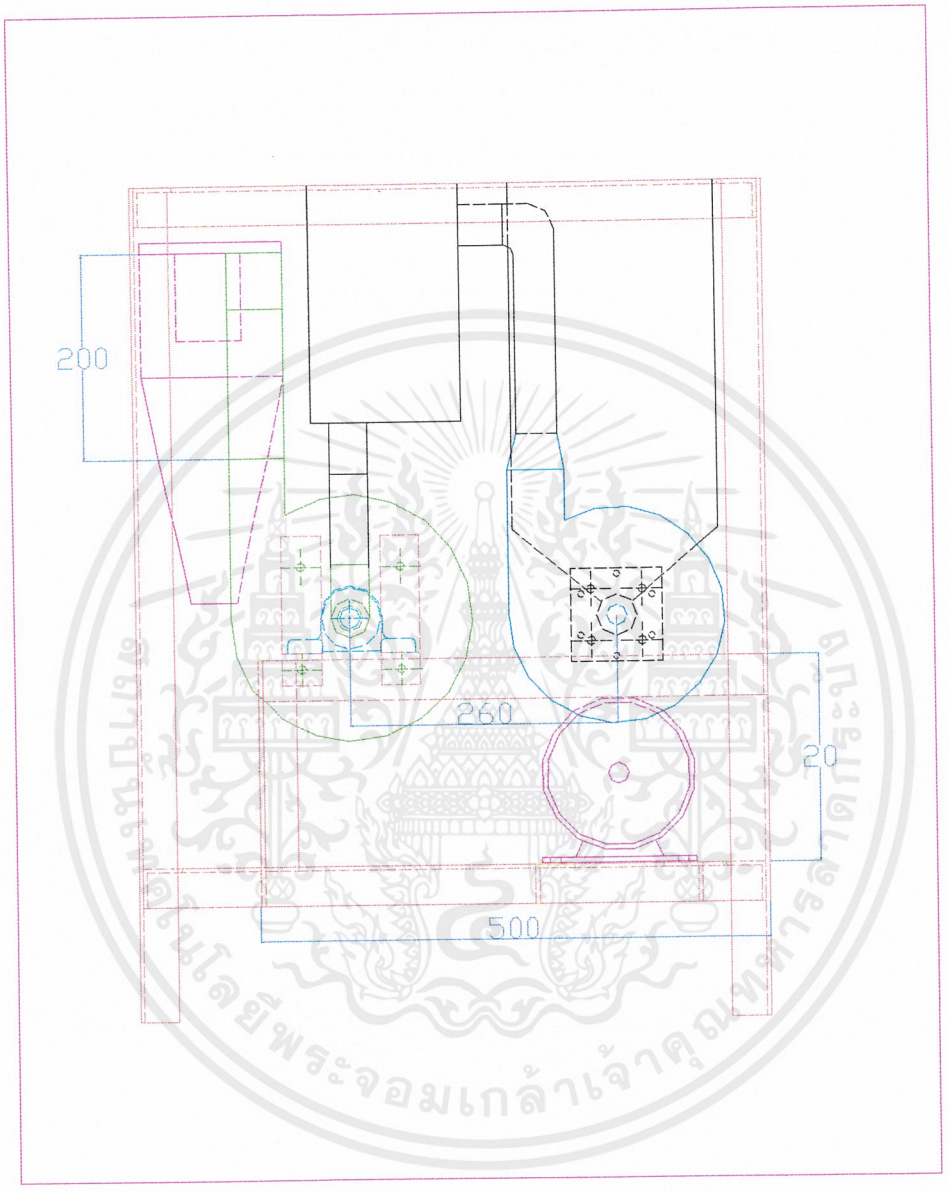


รูปที่ จ.7 แสดงแบบโครง Impeller



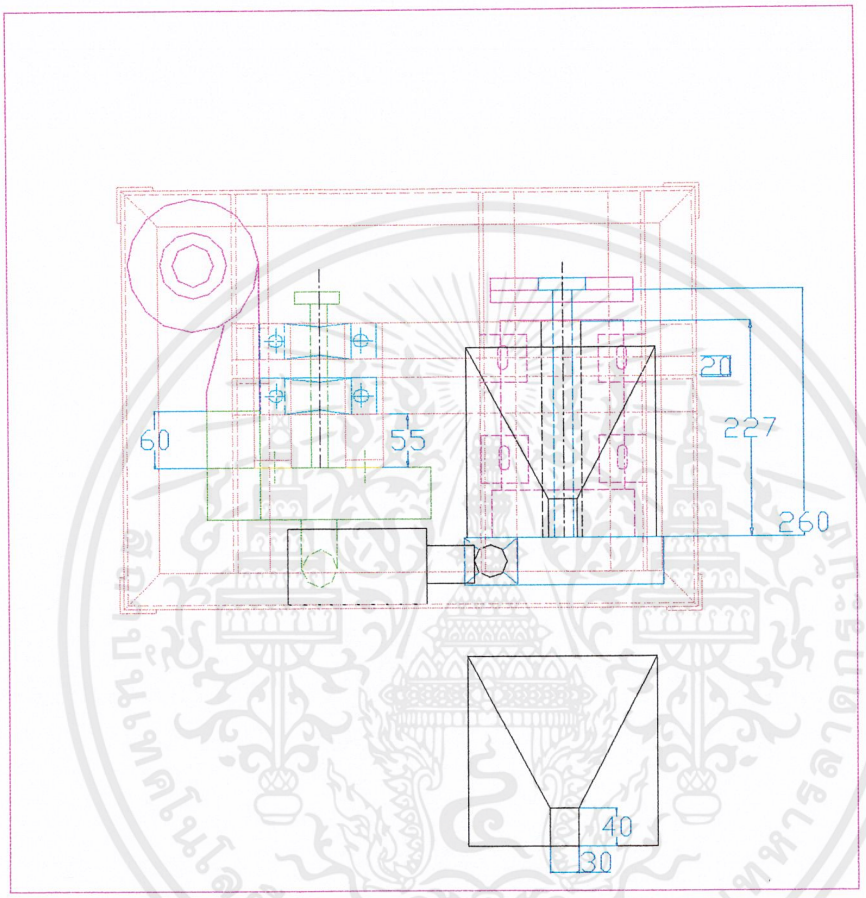
รูปที่ จ.8 แสดงแบบใบพัด Blower

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



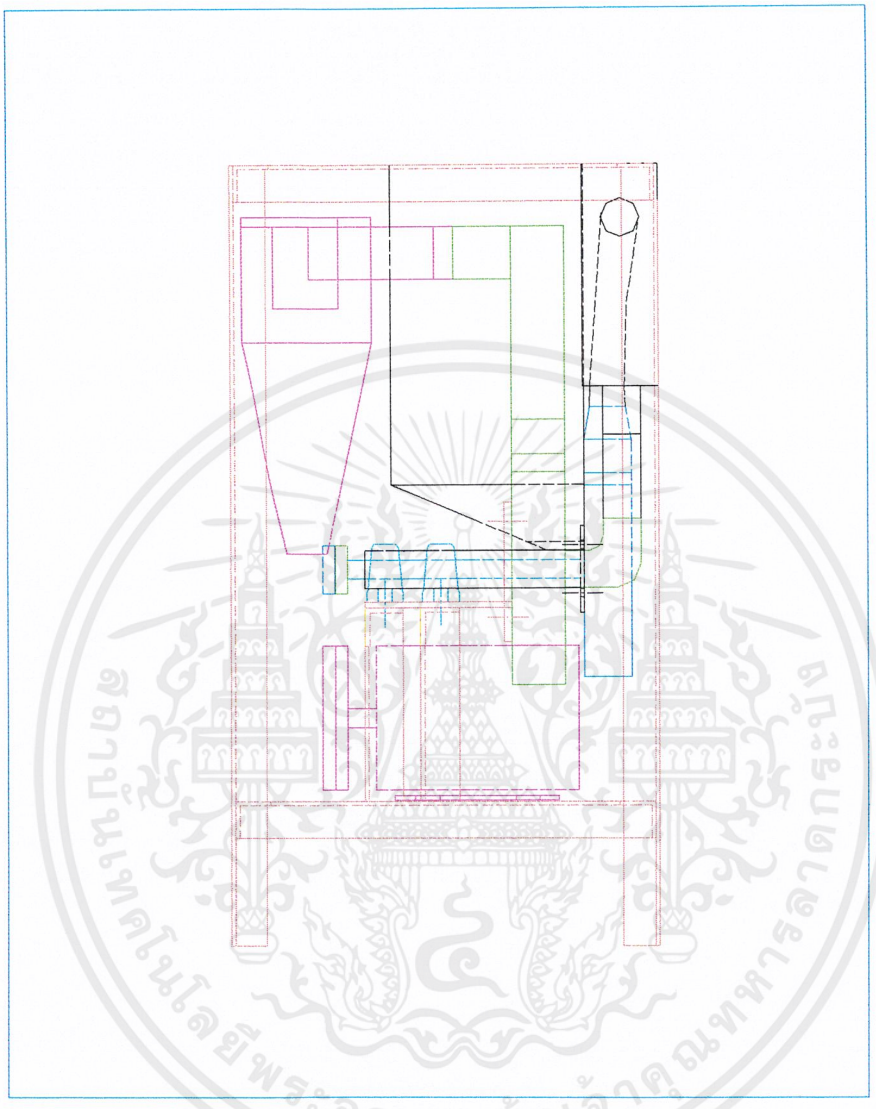
รูปที่ จ.9 แสดงแบบเครื่องด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.10 แสดงแบบเครื่องด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.11 แสดงแบบเครื่องด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ จ.12 แสดงแบบการวางองค์ประกอบของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ.
การประเมินราคา

วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องและการประเมินราคา

วัสดุ	ขนาด	จำนวน	ราคา(บาท)
เหล็กฉาก	40x40 mm.	2 เส้น	600
มอเตอร์	1 แรงม้า, 220 โวลต์, 3 เฟส	1 ตัว	3000
ท่อยาง	∅ 1½ นิ้ว ยาว 1 เมตร	1 เส้น	90
แผ่นพลาสติกใส	หนา 3 mm	1 แผ่น	220
เหล็กแผ่น	หนา 0.5 mm	1 แผ่น	200
Cyclone	-	1 ตัว	600
โครง Blower	-	1 ชิ้น	600
โครง Impeller	-	1 ชิ้น	600
กรวยสังกะสี	-	3 ชิ้น	500
แผ่นโพลีเมอร์	-	1 เส้น	580
สายพานร่อง B	B-35	1 เส้น	150
พู่เลย์	∅ 6 นิ้ว 2 ร่อง ∅ 2 นิ้ว 1 ร่อง	1 ตัว 2 ตัว	120 80
ตลับลูกปืน	∅ ใน 19 mm.	2 อัน	200
อื่นๆ	-	-	500
รวม			8000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ดังนี้

อ.พิชิต อ.สุดารัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

อ.วัชระ ที่ลงมาช่วยทดสอบเครื่องในวันแรกจนดึกดื่น อ.วสุ สำหรับคำปรึกษาและช่วยซ่อมคอมฯให้ อ.ปานมนัส สำหรับความช่วยเหลือที่มีให้อย่างไม่ขาดสาย อ.จิราภรณ์ อ.ประสันต์ สำหรับคำปรึกษาที่ดีๆ

พี่ตุ๋ม พี่อ๊อด ที่ให้คำปรึกษาทางด้านเทคนิค พี่ติ๊ก พี่แฝด พี่น้อย

คณะวิทยาศาสตร์ ที่อนุเคราะห์เครื่องทดสอบความแข็งแผ่นยาง

คุณธีรเชษฐ์ พิสิฐธนากร บริษัท สยาม อินเตอร์เพลท แอนด์ โพลดักส์ (1999) จำกัด อนุเคราะห์แผ่นยางแกะอักษรสำหรับทำแม่พิมพ์

เก่ง ดี ที่พร้อมให้ความช่วยเหลือเสมอ ยามที่เพื่อนต้องการ พี่วี ที่ช่วยขับรถให้

และอีกหลาย ๆ ท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้

ความดีอันเกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ บิดา มารดา ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู ครูอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประสาทความรู้ให้ตั้งแต่ ยังเยาว์วัย จนบัดนี้ที่จบการศึกษา หากมีสิ่งใดที่ผิดพลาดในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทางคณะผู้จัดทำขอน้อมรับไว้ทั้งหมด

คณะผู้จัดทำ

1.นายเชาว์กุล	สว่างลาภธรรม
2.นายบุญนริศ	นิทัศน์เสถียร
3.นางสาวพัชรินทร์	ธีรสุนทรวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. กรศิลป์ เก่งเขตร สิตาพร สายแสงจันทร์ และสุชาติ ศรีไวพจน์, "ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2541 เรื่องเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก (MINI BROWN RICE HUSKER)", ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. มณฑวรรธน์ แจ้งเอี่ยม รังสรรค์ จุฑารัตน์ภิรมย์ วิทยา อภิชิตพงศ์ชัย และสายใจ ชื่นอร่าม, "ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542 เรื่องเครื่องสีข้าวกล้องในครัวเรือน", ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. ชัยณรงค์ ยี่วิจิตตกุล ไพศาล ภัทราพงศ์ และสุกิตต์ อุทิศธรรม, "วิทยานิพนธ์ปีการศึกษา 2525 เรื่องเครื่องสีข้าวแรงเหวี่ยง", ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี วิทยาเขตธนบุรี
4. พิศิษฐ์ เอกศิลป์, "วิทยานิพนธ์ปีการศึกษา 2519 เรื่องเครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง", ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
5. Akhter Ahmed, " Centrifugal Rice Huller An Active Device for Rice Processing", Agricultural Mechanization in Asia,Africa and Latin America, Vol.27, No.2, 1996, PP. 29-32.
6. Masanori Tsuchiya, "Performance of the Japanese Impeller-Type Rice Husker", Agricultural Mechanization in Asia,Africa and Latin America, 1981, PP.73-76.
7. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และสาทิบ รัตนภาสกร, "สมบัติทางกายภาพ และวิศวกรรมของชีววัสดุ", ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้