เครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก

MINI BROWN RICE HUSKER

T033979

โดย

นายกรศิลป์ เก่งเขตรกิจ

นางสาวสิตาพร สายแสงจันทร์

นายสุชาติ ศรีไวพจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า แสวงหากำไร หรือดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....33979
วัน, เดือน, ปี.....23 ก.ย. 2542

ปีการศึกษา 2541

เครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก

MINI BROWN RICE HUSKER

โดย

1. นายกรศิลป์ เก่งเขตรกิจ
2. นางสาวสิตาพร สายแสงจันทร์
3. นายสุชาติ ศรีไวพจน์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ พิชิต กิตตินนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2541

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก

ผู้จัดทำ

1. นายกรศิลป์ เก่งเขตรกิจ
2. นางสาวสิตาพร สายแสงจันทร์
3. นายสุชาติ ศรีไวพจน์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ พิชิต กิตตินนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก

นายกรศิลป์ เก่งเขตรกิจ
นางสาวสิตาพร สายแสงจันทร์
นาย สุชาติ ศรีไวพจน์
อาจารย์ พิชิต กิตตินนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ. เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี อาจารย์ที่ปรึกษา
2541

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ทำการกะเทาะเปลือกข้าวและส่วนคัดแยกแกลบกับลม เครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กนี้จะทำการกะเทาะเปลือกข้าวโดยผ่านลูกยาง 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วยลูกยาง 2 ลูก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว(10 เซนติเมตร) หมุนด้วยความเร็วรอบที่ไม่เท่ากันซึ่งจากการคำนวณความเร็วรอบของลูกยางลูกที่หมุนช้าเท่ากับ 518 รอบต่อวินาทีและความเร็วรอบของลูกยางลูกที่หมุนเร็วเท่ากับ 900 รอบต่อวินาที ลูกยางชุดแรกจะทำการกระเทาะเปลือกข้าวได้เพียงบางส่วนเท่านั้นโดยยังมีข้าวเปลือกเหลืออยู่หลังจากกระเทาะเปลือกแล้ว แกลบจะถูกดูดออกทางช่องลมทางด้านข้าง ข้าวจากลูกยางชุดบนจะไหลผ่านแผ่นสไลด์ลงสู่ลูกยางชุดที่ 2 เพื่อทำการกะเทาะข้าวเปลือกส่วนที่เหลือจากนั้นก็จะดูดแกลบออกไปอีกครั้งหนึ่ง ส่วนข้าวกล้องที่ได้จะไหลลงสู่ทางด้านล่างของเครื่อง ส่วนชุดคัดแยกแกลบกับลมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 คือส่วนของโบล์วเวอร์ (Blower)โดยจากการคำนวณความเร็วรอบของใบพัดเท่ากับ 2250 รอบต่อวินาทีซึ่งในส่วนนี้จะทำการดูดแกลบออกมาพร้อมกับลมและเป่าลมเข้าสู่ส่วนที่ 2 คือ ส่วนของไซโคลน(Cyclone) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำการคัดแยกแกลบออกจากลม แกลบจะร่วงลงสู่ทางด้านล่าง ลมจะลอยออกทางด้านบน ผลการทดลองพบว่าความเร็วรอบของส่วนต่างๆต้องทำการปรับแก้เพื่อนำไปใช้งานได้จริงโดยความเร็วรอบของลูกยางลูกที่หมุนช้าเท่ากับ 512 รอบต่อวินาทีและความเร็วรอบของลูกยางลูกที่หมุนเร็วเท่ากับ 800 รอบต่อวินาทีและความเร็วรอบของใบพัดเท่ากับ 2950 รอบต่อวินาทีขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 HP มีอัตราการกะเทาะ 13.51 กิโลกรัมต่อ ชั่วโมง ประสิทธิภาพการกะเทาะร้อยละ 91.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MINI BROWN RICE HUSKER

KORNSIN KENGKHETRKIJ
SITAPORN SAISANGJUN
SUCHART SRIWIPOJ
PICHIT KITTINON ADVISOR
KRIENGSUKDI SUWANPOSRI ASSOCIATEDADVISOR
1998

ABSTRACT

This project is about designing and building a mini brown rice husker. It had two components, the first component was to husk and the second component was to separate husk and air. The mini brown rice husker was husked by two groups of rubbers, each group had a pair of 4 inches-rubbers which were rotated with different velocity. The slower rubber was rotated at 518 rpm and the faster one was rotated at 900 rpm. The first rubber group was husked rice partially, then husk and air are sucked to the filter unit, and paddy from the first rubber group passed through the slice to the second rubbers group to husk the final part of the rice. After that husk and air were sucked again and the brown rice dropped to below husker. The second component was to separate husk and air, had two parts. The first part is blower. The blower sucked husk and air to the second part. The second part is cyclone. Cyclone separate husk and air, with husk suddenly dropped to below husker and air flowed to the top of cyclone. The first component is blower, which was rotated at 2250 rpm by calculation. Husk was sucked with in this component and blew to the cyclone, which is the second component separated husk and air. Husk moved downward and air moved upward to the top of cyclone. From experimentation found that the rotation velocity of rubbers in practice were 512 rpm for the slower one, 800 rpm for the faster one and 2950 for the blower with the 1 hp rotation motor, husking rate 13.51 kg/hr and husking efficiency 91.9 %.

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น โดยต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

	หน้า
สารบาญ	(ก)
สารบาญรูปภาพ	(ค)
สารบาญตาราง	(จ)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 การกะเทาะข้าวเปลือก	1
1.2 ปัญหาที่มาของการศึกษาโครงการนี้	2
1.3 วัตถุประสงค์	2
1.4 ขอบเขตโครงงาน	2
บทที่ 2 การทดสอบเครื่องสีข้าวชนิดต่างๆ	
2.1 หลักการทำงานของเครื่องสีข้าวแต่ละชนิด	3
2.2 การทดสอบเครื่องสีข้าวชนิดต่างๆ	7
2.3 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ	10
2.4 สรุปผลการทดสอบ	18
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	
3.1 การออกแบบถังใส่ข้าว	20
3.2 การออกแบบแผงหลัง	22
3.3 การออกแบบแผงหน้า	25
3.4 การออกแบบโบล์วเวอร์	25
3.5 การออกแบบไซโคลน	29
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ	
4.1วิธีการทดสอบเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก	32
4.2 สรุปผลการทดสอบ	32
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ	
5.1 สรุปผลการทดสอบ	35
5.2 วิจารณ์ผลการทดสอบเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก	35
บทที่ 6 การประเมินราคา	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ (ต่อ)

ภาคผนวก ก. โรงสีข้าว 39
ภาคผนวก ข. เครื่องวัดความชื้นเมล็ดข้าว เมล็ดข้าวสาลี และเมล็ดข้าวบาร์เลย์ 43
ภาคผนวก ค. การทดลองเพื่อหาความเร็วลม 45
ภาคผนวก ง. การสำรวจตลาด 48
ภาคผนวก จ. ภาพแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก 49
กิตติกรรมประกาศ 55
เอกสารอ้างอิง 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญรูปภาพ

รูปภาพที่		หน้า
2.1	แสดงเครื่องสีข้าวแบบใช้แรงเหวี่ยง	3
2.2	แสดงเครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 1 ชุด	4
2.3	แสดงเครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 2 ชุด	5
2.4	แสดงเครื่องสีข้าวแบบใช้จานหิน	6
2.5	แสดงเครื่องสีข้าวแบบลูกหินกับยาง	7
2.6	แสดงเครื่องชั่งน้ำหนักแบบ Digital ยี่ห้อ Yamato รุ่น HB 3000 ทศนิยม 2 ตำแหน่ง	8
2.7	แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง% โดยมวลของข้าวเต็มเมล็ดกับความชื้น	19
3.1	แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก	20
3.2	แสดงแบบถังใส่ข้าว	21
3.3	แสดงหลักการทำงานของถังใส่ข้าว	21
3.4	แสดงแบบของแผงหลัง	24
3.5	แสดงแบบของแผงหน้า	25
3.6	แสดงขนาดของโครงโบล์วเวอร์	26
3.7	แสดงขนาดใบพัดของโบล์วเวอร์	27
3.8	แสดงหลักการทำงานของโบล์วเวอร์	27
3.9	แสดงแบบของไซโคลน	31
3.10	แสดงหลักการทำงานของไซโคลน	31
4.1	แสดงปริมาณข้าวกล้องและข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะของเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก	33

รูปภาพผนวกที่		
ข.1	แสดงเครื่องวัดความชื้นเมล็ดข้าว เมล็ดข้าวสาลี และเมล็ดข้าวบาร์เลย์	44
ค.1	แสดงเครื่องทดสอบความเร็วลมในท่อ	46
ค.2	แสดงเครื่องวัดความเร็วลม	46
จ.1	แสดงแบบของลูกยางขนาด 4 นิ้ว	49
จ.2	แสดงแบบของถังใส่ข้าว	49
จ.3	แสดงแบบของแผงหลัง	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพผนวกที่		หน้า
จ.4	แสดงแบบของแผงหน้า	50
จ.5	แสดงแบบของโครงโบล์วเวอร์	50
จ.6	แสดงแบบของใบพัด	50
จ.7	แสดงแบบของไซโคลน	51
จ.8	แสดงแบบของมอเตอร์	51
จ.9	แสดงแบบของ invertor	51
จ.10	แสดงแบบด้านข้างของเครื่อง	52
จ.11	แสดงแบบด้านหลังของเครื่อง	52
จ.12	แสดงแบบด้านหน้าของเครื่อง	53
จ.13	แสดงหลักการทำงานของเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงผลการทดลองของเครื่องสีข้าวแบบใช้แรงเหวี่ยง 10

ตารางที่ 2.2 แสดงผลการทดลองของเครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 1 ชุด 12

ตารางที่ 2.3 แสดงผลการทดลองของเครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 2 ชุด 13

ตารางที่ 2.4 แสดงผลการทดลองของเครื่องสีข้าวแบบใช้จานหิน 15

ตารางที่ 2.5 แสดงผลการทดลองของเครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกหินกับยาง 17

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดในเครื่องสีข้าวทั้ง 5 ชนิด 18

ตารางที่ 3.1 แสดงสรุปผลการคำนวณและการออกแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เลย์ 24

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก 32

ตารางภาคผนวก

ตารางที่ ค.1 แสดงผลการทดลองเพื่อหาความเร็วลม 44

ตารางที่ ง.1 แสดงราคาของ ลูกยาง โบล์วเวอร์ และมอเตอร์ ตามท้องตลาด 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 การกะเทาะข้าวเปลือก

การกะเทาะข้าวเปลือกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กิจกรรมหลักคือ การกะเทาะแกลบ (hull) ออกจากเมล็ดข้าวเปลือก และการขัดข้าวกล้องให้ขาว

1.1.1 กิจกรรมการกะเทาะแกลบออกจากเมล็ดข้าวเปลือก

เทคนิคที่ใช้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

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

ทั้ง 3 ประเภทนี้ แบบที่1 นิยมใช้เฉพาะโรงสีขนาดเล็ก (ดูรายละเอียดจากภาคผนวก ก. เรื่องโรงสีข้าว) ซึ่งรับจ้างสีข้าวเพื่อการบริโภคครั้งละไม่มาก ส่วนในแบบที่2 และ3 นิยมมากในโรงสีขนาดใหญ่ โดยแบบที่3 แม้ประสิทธิภาพในการกะเทาะแกลบดีที่สุด แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงเพราะลูกยางสึกง่าย ต้องเปลี่ยนลูกยางเมื่อกะเทาะข้าวได้ ประมาณ 40-50 ตัน โรงสีส่วนใหญ่เลือกใช้แบบที่2 เพราะไม่ต้องการเพิ่มต้นทุนให้กับตนเอง ข้าวเปลือกที่ผ่านกิจกรรมนี้ไม่ว่าแบบใด โรงสีขนาดใหญ่หรือเล็ก จะถูกแยกออกเป็นแกลบ รำหยาบ และข้าวกล้อง ทั้งเป็นเมล็ดเต็มและเมล็ดหัก ผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทที่แยกออกมานี้ จะถูกแยกออกจากกันโดยเฉพาะแกลบและรำหยาบจะถูกกำจัดออกไปจากขั้นตอนการกะเทาะข้าวคงเหลือแต่ข้าวกล้อง ที่จะนำไปผ่านกิจกรรมการขัดต่อไป

1.1.2 กิจกรรมการขัดข้าวกล้องให้ขาว

การขัดข้าวกล้องให้ขาวมี 2 แบบ

1. โคน (Cone)
2. เจท เพียเรอร์ (Jet Pearler)

แบบแรกนิยมใช้ในประเทศไทยเพราะเมล็ดข้าวกล้องของเราเป็นพวกอินดิคา(indica type) ซึ่งเมล็ดค่อนข้างยาว แบบที่2 นิยมใช้ในประเทศญี่ปุ่นเพราะเป็นข้าวพวกจาปอนิคา (japonica type) ซึ่งเมล็ดป้อมสั้น ข้าวกล้องที่ขัดเสร็จแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีทั้งเมล็ดข้าวสาร ปลายข้าว และ รำละเอียด ซึ่งรำละเอียดจะถูกแยกออกไปยังที่เก็บต่างหาก ส่วนข้าวสารที่เป็นเมล็ดเต็มและหัก ก็จะถูกแยกออกจากกันด้วยตะแกรงและลมเป่าโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกหลังจากแยกเป็นข้าวสารออกมาแล้วจึงนำไปบรรจุกระสอบ จากนั้นนำไปเก็บในโกดังเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป โดยกิจกรรมทั้งสองกิจกรรมนี้ทำให้เกิดการสูญเสียได้มาก แต่ส่วนใหญ่มักขึ้นกับประสิทธิภาพของเครื่องขัดสีข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ปัญหาที่มาของการศึกษาโครงงานนี้

เนื่องจากต้องการเครื่องกะเทาะข้าวกล้องขนาดเล็กเพื่อบริโภคในครัวเรือน และเพื่อให้ได้ข้าวกล้องที่ใหม่ หุงแล้วไม่แข็งนำไปบริโภคได้เลย เนื่องจากข้าวกล้องที่ซื้อขายตามท้องตลาดเป็นข้าวกล้องเก่าเก็บไว้นานเมื่อนำมาหุงรับประทานข้าวกล้องจะแข็ง

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อใช้กะเทาะข้าวกล้องไว้บริโภคภายในครัวเรือน

1.3.2 สร้างให้มีขนาดเล็กเหมาะสมกับครอบครัวประมาณ 4 คน และใช้งานได้สะดวก

1.4 ขอบเขตโครงงาน

1.4.1 ศึกษา ทดลอง และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสีข้าว 5 ชนิด คือเครื่องสีข้าวแบบใช้แรงเหวี่ยง เครื่องสีข้าวแบบลูกยาง 1 ชุด เครื่องสีข้าวแบบลูกยาง 2 ชุด เครื่องสีข้าวแบบใช้จานหิน เครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกหินกับยาง ว่าเครื่องไหนมีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้มากที่สุดในการนำมาผลิตเครื่องกะเทาะข้าวกล้องขนาดเล็ก

1.4.2 สรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดลองเครื่องสีข้าวทั้ง 5 ชนิด

1.4.3 ออกแบบและทำการสร้างเครื่องกะเทาะข้าวกล้องขนาดเล็ก

1.4.4 ออกแบบและทำการสร้างชุดคัดแยก ซึ่งประกอบด้วยโบล์วเวอร์ใช้ในการแยกข้าวกล้องกับแกลบ และไซโคลนใช้ในการแยกแกลบกับลม

1.4.5 ทดสอบเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กที่ทำการสร้าง และปรับปรุงแก้ไข

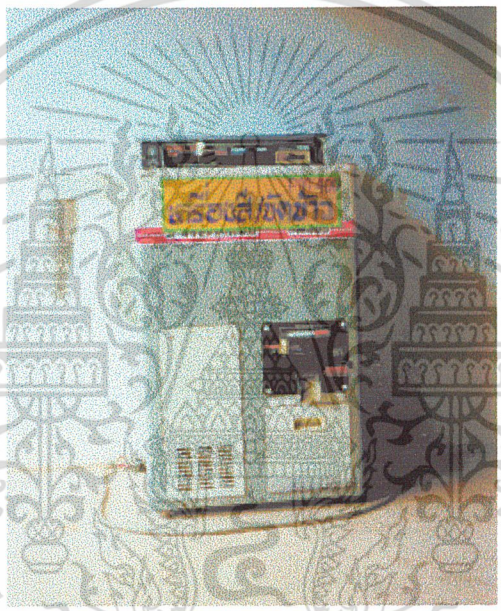
1.4.6 สรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2.
การทดสอบเครื่องสีข้าวชนิดต่างๆ

2.1 หลักการทำงานของเครื่องสีข้าวแต่ละชนิด

2.1.1 เครื่องสีข้าวแบบใช้แรงเหวี่ยง

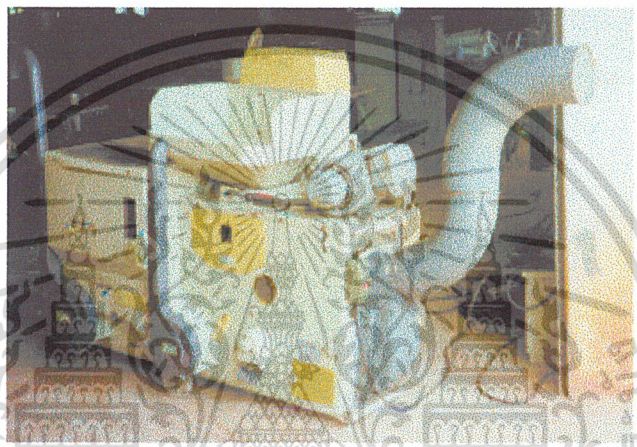


รูปที่ 2.1 แสดงเครื่องสีข้าวแบบใช้แรงเหวี่ยง

เครื่องสีข้าวแบบใช้แรงเหวี่ยงนี้ ใช้มอเตอร์ขนาด 0.75 HP ความเร็วรอบ = 1400 rpm โดยมีหลักการทำงาน คือ กะเทาะโดยอาศัยหลักการผลต่างของความเร็วลมซึ่งข้าวเปลือกจะวิ่งมาด้วยความเร็วสูงพร้อมลมและจะถูกหน่วง โดยลดความเร็วลมอย่างรวดเร็วทำให้เกิดผลต่างของความดันซึ่งทำให้เปลือกข้าวถูกกะเทาะออก การสร้างต้องใช้เทคโนโลยีในการออกแบบสูงค่อนข้างยุ่งยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 เครื่องสีข้าวแบบลูกยาง 1 ชุด

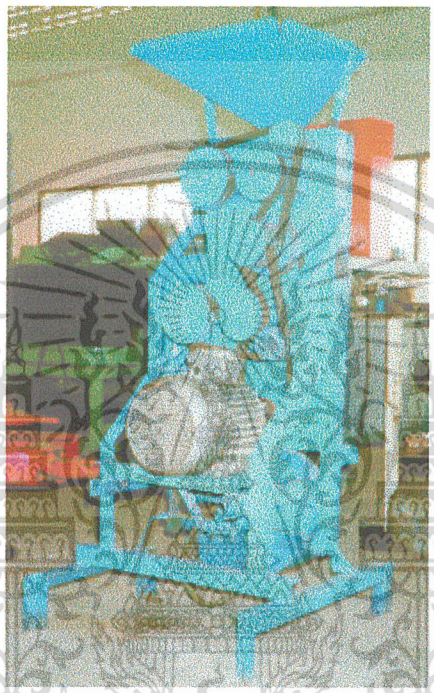


รูปที่ 2.2 แสดงเครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 1 ชุด

เครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 1 ชุดนี้ ใช้มอเตอร์ขนาด 2 HP ความเร็วรอบ = 1440 rpm โดยมีหลักการทำงาน คือ เมล็ดข้าวจะถูกปล่อยลงผ่านลูกยาง 2 ลูก ซึ่งมีความเร็วไม่เท่ากัน ทำให้เกิดการกะเทาะเปลือก ข้าวเปลือกที่ยังไม่ได้ทำการกะเทาะอาจลงมาเจือปนกับข้าวกล้องได้เนื่องจากระยะห่างระหว่างลูกยางกว้างเกินไป ดังนั้นเมล็ดข้าวทั้งหมดจะถูกตะแกรงเป็นตัวคัดแยก ข้าวเปลือกที่ยังไม่ได้กะเทาะจะถูกนำไปกะเทาะใหม่อีกครั้ง โดยจะมีลมเป็นตัวคัดแยกแกลบออกไประหว่างที่ข้าวเปลือก แกลบ ข้าวกล้อง ร่วงลงมาจากตะแกรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 เครื่องสีข้าวแบบ ลูกยาง 2 ชุด

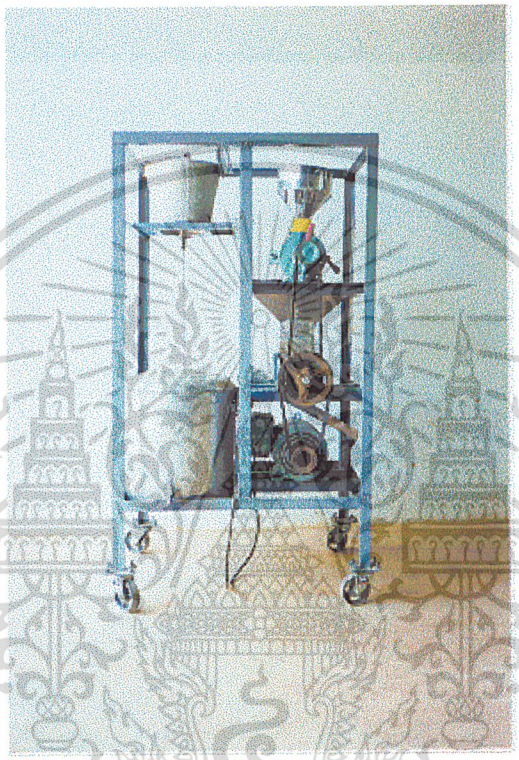


รูปที่ 2.3 แสดงเครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 2 ชุด

เครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 2 ชุดนี้ ใช้มอเตอร์ขนาด 2 HP ความเร็วรอบ = 1420 rpm โดยมีหลักการทำงานในช่วงต้นๆ เหมือนกับ แบบลูกยาง 2 ลูก 1 ชุด แต่ข้าวเปลือกกับข้าวกล้องยังไม่ถูกแยกออกจากกัน หลังจากผ่านการคัดแยกเอาแกลบออกแล้ว โดยจะตกลงมายังลูกยางชุดที่ 2 ทางด้านล่าง ซึ่งมักมีระยะห่างระหว่างลูกยางทั้งสอง น้อยกว่า ลูกยางชุดแรก ทำให้ข้าวเปลือกที่ยังไม่ถูกกะเทาะในชุดแรกจะถูกกะเทาะออกมาเป็นเมล็ดข้าวกล้อง และจะมีพัดลมเป็นตัวคัดแยกแกลบออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 เครื่องสีข้าวแบบใช้จานหิน

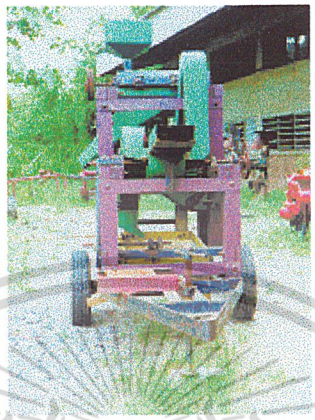


รูปที่ 2.4 แสดงเครื่องสีข้าวแบบใช้จานหิน

เครื่องสีข้าวแบบใช้จานหินนี้ ใช้มอเตอร์ขนาด 2 HP ความเร็วรอบ = 1440 rpm เป็นการนำเครื่องทำน้ำเต้าหู้มาใช้ซึ่งมีหลักการทำงาน คือ ป้อนเมล็ดข้าวเปลือก แล้วไหลลงสู่ช่องว่างระหว่างหินทั้งสอง ซึ่งสามารถปรับระยะตรงนี้ได้ ข้าวเปลือกจะถูกผิวของหินเสียดสีหรือเสียดสีกันเองทำให้ข้าวเปลือกถูกกะเทาะเปลือกออกมา ซึ่งไม่มีชุดคัดแยกต้องทำการคัดแยกเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 เครื่องสีข้าวแบบลูกหินกับยาง



รูปที่ 2.5 แสดงเครื่องสีข้าวแบบลูกหินกับยาง

เป็นการกะเทาะข้าวเปลือกโดยใช้ลูกหินกับยาง โดยยางจะอยู่กับที่ แต่ลูกหินจะเป็นตัวหมุนด้วยความเร็วรอบที่เหมาะสม ซึ่งเมล็ดข้าวจะถูกปล่อยให้ไหลลงมาผ่านชุดกะเทาะเปลือก เมื่อถูกกะเทาะแล้วจะมีพัดลมเป็นตัวช่วยคัดแยกแกลบออกไปอีกทีหนึ่ง

2.2 การทดสอบเครื่องสีข้าวชนิดต่างๆ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำผลการทดสอบที่ได้ไปเป็นเกณฑ์ในการเลือกต้นแบบเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก
2. เพื่อแสดงให้เห็นหลักการทำงาน ประสิทธิภาพในการทำงานข้อดี-ข้อเสีย ที่แตกต่างของเครื่องสีข้าวแต่ละชนิด

อุปกรณ์

1. เครื่องสีข้าว
   - เครื่องสีข้าวแบบใช้แรงเหวี่ยง
   - เครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 1 ชุด
   - เครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 2 ชุด
   - เครื่องสีข้าวแบบใช้จานหิน
   - เครื่องสีข้าวแบบลูกหินกับยาง
2. เครื่องวัดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุปกรณ์บดเมล็ดข้าว
   - ท่อนเหล็ก
   - ช้อน
   - คีมจับเมล็ดข้าว
4. ถุงดำ
5. น้ำ
6. กระบอกพลาสติก
7. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบ Digital ยี่ห้อ Yamato รุ่น HB 3000 ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

รูปที่ 2.6 แสดงเครื่องชั่งน้ำหนักแบบ Digital ยี่ห้อ Yamato รุ่น HB 3000 ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีการทดสอบ

1. นำข้าวเปลือกทำการวัดความชื้นโดยใช้เครื่องวัดความชื้น (ดูรายละเอียดจากภาคผนวก ข. เรื่อง เครื่องวัดความชื้นเมล็ดข้าวและเมล็ดข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์) ว่าขณะนั้นข้าวเปลือกมีความชื้นเท่าใด (ทำอย่างนี้ทุกครั้งที่มีการทดลอง) ความชื้นที่เราต้องการคือ 13% 14% 15% หากความชื้นที่วัดได้มากกว่าหรือน้อยกว่าที่เราต้องการ เราจะต้องทำการเพิ่มหรือลดความชื้นข้าวเปลือกให้ได้ตามที่ต้องการโดย

-ถ้าต้องการเพิ่มความชื้นให้พรมน้ำลงบนข้าวเปลือกทีละน้อยๆแล้วทำการวัดความชื้นโดยเครื่องวัดความชื้นจนได้ความชื้นตามที่เราต้องการ

-ถ้าต้องการลดความชื้นให้นำข้าวเปลือกไปตากแดดเป็นเวลานานพอสมควรแล้วทำการวัดความชื้นจนได้ความชื้นตามที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำข้าวเปลือกความชื้น13%มาชั่งน้ำหนัก โดยใส่กระบอกพลาสติกแล้วนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งให้น้ำหนัก 1 กิโลกรัม

3. นำข้าวเปลือกที่ชั่งได้ใส่เครื่องสีข้าวแบบแรงเหวี่ยง ระหว่างนี้ทำการจับเวลา ตั้งแต่เครื่องเริ่มกะเทาะข้าวเปลือกจนกระทั่งข้าวเปลือกถูกกะเทาะออกมาหมด

4. นำข้าวที่กะเทาะได้ซึ่งประกอบด้วย ข้าวกล้องและข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ ประมวลผลดังต่อไปนี้

- หาน้ำหนักของข้าวกล้อง ซึ่งประกอบด้วย ข้าวหัก และข้าวเต็มเมล็ด และหาน้ำหนักของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ และหาน้ำหนักของแกลบด้วย

- หาร้อยละโดยมวลของ ข้าวหัก ข้าวเต็มเมล็ด และข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ โดยทำการสุ่มจากข้าวที่กะเทาะได้ทั้งหมด โดยนำข้าวที่กะเทาะได้มาจำนวน 50 กรัม นำมาแยกออกเป็นข้าวหัก ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ โดยใช้ช้อนหรือมือในการคัดแยกจากนั้นนำข้าวที่ได้ในแต่ละส่วนมาชั่งน้ำหนัก ทำการจดบันทึก แล้วทำการวิเคราะห์ผล ดังสูตรต่อไปนี้

การคำนวณหาร้อยละโดยมวล

$$\text{ร้อยละโดยมวลของข้าวหัก} = \frac{\text{น้ำหนักของข้าวหัก}}{\text{น้ำหนักของข้าวที่สุ่มมาทั้งหมด}} * 100$$

$$\text{ร้อยละโดยมวลของข้าวเต็มเมล็ด} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด}}{\text{น้ำหนักของข้าวที่สุ่มมาทั้งหมด}} * 100$$

$$\text{ร้อยละโดยมวลของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ}}{\text{น้ำหนักของข้าวที่สุ่มมาทั้งหมด}} * 100$$

การคำนวณหาอัตราการกะเทาะ

$$\text{อัตราการกะเทาะของข้าวเปลือก (kg/hr)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวเปลือกทั้งหมด (kg)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการกะเทาะข้าว (hr)}}$$

การคำนวณหาประสิทธิภาพการกะเทาะ

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

5. จดบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผล

6. ทำการสรุป วิเคราะห์ผล หาข้อดีและข้อเสีย รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างทำการทดสอบ

7. ทำการทดลองจากข้อที่ 2 – ข้อที่ 6 โดยเปลี่ยนความชื้นจาก 13% เป็น 14% และ15% ตามลำดับ

8. ทำการทดลองจากข้อที่ 1 – ข้อที่ 7 โดยเปลี่ยนเครื่องสีข้าวให้ครบตามที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. นำผลการทดลองทั้งหมดที่ได้ในแต่ละเครื่อง มาเปรียบเทียบหาข้อสรุป เพื่อนำไปเป็นต้นแบบเครื่องสีข้าวขนาดเล็กรวมถึงความชื้นของข้าวที่เหมาะสมในการใช้งานจริงๆ

2.3 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

2.3.1 เครื่องสีข้าวแบบใช้แรงเหวี่ยง

ตารางที่ 2.1 แสดงผลการทดลองของเครื่องสีข้าวแบบใช้แรงเหวี่ยง

ข้าวเปลือก 1000 g	ความชื้นของข้าวเปลือก		
	13%	14 %	15%
ข้าวกล้อง (g) - ข้าวหัก (%โดยมวล) - ข้าวเต็มเมล็ด (%โดยมวล)	724.2 39.0% 59.0%	754.2 42.4 % 55.2 %	751.9 26.5% 70.2 %
ข้าวเปลือก (g)	14.5	18.1	24.81
แกลบ (g)	275.8	245.8	248.1
เวลาที่ใช้ (s)	30	27.94	30.4
ประสิทธิภาพการกะเทาะ	98.55	98.2	97.52
อัตราการกะเทาะ (kg / hr)	120	128.85	118.42

ข้อดี

1 ร้อยละโดยมวลของข้าวเปลือกน้อย เนื่องจากมีระบบคัดแยกที่ดี

2. อัตราการกะเทาะสูงที่สุด เนื่องจากใช้เวลาในการกะเทาะน้อย

3. เป็นเครื่องที่มีส่วนการกะเทาะเปลือกมีขนาดเล็ก

ข้อเสีย

1. ร้อยละโดยมวลของข้าวหักสูง เนื่องจาก เครื่องสีข้าวแบบใช้แรงเหวี่ยงในการกะเทาะข้าวนี้ เป็นเครื่องของประเทศญี่ปุ่นซึ่งจะเหมาะกับข้าวที่ปลูกในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีลักษณะค่อนข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำ ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลมในขณะที่ข้าวของประเทศไทยมีลักษณะรียาว ร้อยละโดยมวลของข้าวหักจึงสูง

2. การสร้างต้องใช้เทคโนโลยี ในการออกแบบสร้างสูง

ปัญหา

1. ถุงที่ใช้รองแกลบต้องเป็นถุงผ้า เพราะ ต้องเป็นถุงที่สามารถให้อากาศไหลผ่านได้ ถ้าใช้ถุงพลาสติกธรรมดา อาจจะขาดได้ เนื่องจากมีแรงลมอัดสูง

2. ต้องทำการเลื่อนคันโยกไปที่คำว่า กะเทาะเปลือกให้คงที่ ถ้าไม่เท่ากันทุกครั้ง อาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้ ต้องทำการทดลองใหม่ทำให้เสียเวลา

สรุป

เครื่องสีข้าวแบบนี้ควรทำการกะเทาะเปลือกที่ความชื้น 15 % เพราะที่ความชื้น 15 % ให้ร้อยละโดยมวลของข้าวเต็มเมล็ดสูง โดยถ้าจะทำเครื่องสีข้าวแบบนี้ ควรหาความเร็วรอบในการเหวี่ยงให้ต่ำลงกว่านี้เพื่อให้ร้อยละโดยมวลของข้าวหักลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เครื่องสีข้าวแบบลูกยาง 1 ชุด

ตารางที่ 2.2 แสดงผลการทดลองของเครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 1 ชุด

ข้าวเปลือก 2000 g	ความชื้นของข้าวเปลือก		
	13%	14 %	15%
ข้าวกล้อง (g)	1479.14	1343	1298.81
- ข้าวหัก (%โดยมวล)	31.35 %	27.87 %	33.49 %
- ข้าวเต็มเมล็ด (%โดยมวล)	68.65%	72.13 %	66.51 %
ข้าวเปลือก (g)	153.46	229.60	254.79
แกลบ (g)	367.4	427.4	446.4
เวลาที่ใช้ (s)	190.75	192.47	194.50
ประสิทธิภาพการกะเทาะ	92.3	88.5	87.26
อัตราการกะเทาะ (kg / hr)	37.75	37.41	37.02

ข้อดี

ร้อยละโดยมวลของข้าวเต็มเมล็ดมีค่าสูง เมื่อเทียบกับเครื่องสีข้าวแบบอื่นๆ แต่ถ้าเทียบกับเครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 2 ชุด เครื่องนี้จะให้ร้อยละโดยมวลของข้าวเต็มเมล็ดต่ำกว่า

ข้อเสีย

1. ต้องใช้ปริมาณข้าวในการกะเทาะแต่ละครั้งๆละมากๆ

2. เครื่องมีขนาดใหญ่เนื่องจากมีชุดแยกเมล็ดข้าวที่ไม่ได้ถูกกะเทาะนำกลับมากะเทาะอีกครั้ง

3. ควรใช้ปริมาณข้าวในการกะเทาะแต่ละครั้งประมาณ 5 kg ทำให้สิ้นเปลืองข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลอง ค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าข้าวจึงสูง

ปัญหา

เนื่องจากต้องใช้ปริมาณข้าวเปลือกในการกะเทาะครั้งละมากๆ เพื่อกะเทาะออกมาเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวกล้องส่วนหนึ่ง อีกส่วนหนึ่งค้างไว้ในเครื่อง ทำให้ผลการทดลองในแต่ละความชื้นไม่แน่นอน เนื่องจากอาจมีความชื้นต่างกันปนกันออกมาเป็นข้าวกล้องก็ได้ทำให้ต้องทำการทดลองหลายครั้งจึงเสียเวลานาน

สรุป

เครื่องสีข้าวแบบนี้ควรทำการกะเทาะเปลือกที่ความชื้น 14% เพราะร้อยละโดยมวลของข้าวเต็มเมล็ดสูงสุดโดยถ้าจะทำเครื่องแบบนี้ควรออกแบบให้ชุดคัดแยกมีขนาดเล็กและมีระบบการคัดแยกแกลบที่ดี

2.3.3 เครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 2 ชุด

ตารางที่ 2.3 แสดงผลการทดลองของเครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 2 ลูก

ข้าวเปลือก	ความชื้นของข้าวเปลือก		
1000 g	13%	14 %	15%
ข้าวกล้อง (g)	644.51	625.9	601.75
- ข้าวหัก (%โดยมวล)	31.25%	35.78 %	26.24 %
- ข้าวเต็มเมล็ด (%โดยมวล)	68.75%	64.22 %	73.76 %
ข้าวเปลือก(g)	14.09	118.51	84.86
แกลบ (g)	341.4	256.5	313.4
เวลาที่ใช้ (s)	90	79	77
ประสิทธิภาพการกะเทาะ	98.55	88.18	91.49
อัตราการกะเทาะ (kg / hr)	40	45.57	46.75

ข้อดี

ร้อยละโดยมวลของข้าวเต็มเมล็ดมีค่าสูงสุดและร้อยละโดยมวลของข้าวหักมีน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสีย

1. อัตราการกะเทาะไม่สูง

2. เครื่องมีขนาดค่อนข้างใหญ่

3. เนื่องจากเครื่องนี้เป็นเครื่องเก่าถูกถอดประกอบบ่อย ทำให้การทำงานของระบบคัดแยกไม่ดีทำให้ร้อยละโดยมวลของข้าวเปลือกสูงกว่าที่ควรจะเป็น

ปัญหา

1. ต้องทำการป้อนข้าวเปลือกใส่เครื่องสีข้าวทีละน้อยอย่างช้าๆ ถ้าป้อนเร็วเกินไป หรือป้อนมากเกินไป จะทำให้ลูกยางชุดบนติดขัดไม่ทำงาน เป็นผลให้ไม่เกิดการกะเทาะ การทำงานจะหยุดชะงัก ต้องทำการถอดฝาเครื่องแล้วนำข้าวเปลือกที่ติดค้างอยู่ที่ลูกยางชุดบนออก จึงจะใส่ฝาครอบเข้าไปใหม่แล้วทำการทดลองต่อไปได้ ทำให้เสียเวลาในการทดลอง และใช้ข้าวเปลือกในการทดลองเป็นจำนวนมาก โดยปัญหาที่เกิดขึ้นนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากเครื่องสีข้าวถูกถอดประกอบบ่อยๆ จึงทำให้การทำงานของเครื่องมีประสิทธิภาพน้อยลงได้

2. เมื่อทำการทดลองต่อไปโดยป้อนข้าวเปลือกที่ละน้อยอย่างช้าๆ และทำงานของลูกยางชุดบนก็ยังทำงานได้ตามปกติ แต่การทำงานของลูกยางชุดล่างเริ่มติดขัดอีกต้องทำการถอดฝาเครื่องออกแล้วนำข้าวเปลือกที่ติดค้างอยู่ที่ลูกยางชุดล่างออกจึงจะใส่ฝาเครื่องเข้าไปใหม่แล้วทำการทดลองต่อไปได้ แต่เมื่อทำงานต่อไปการทำงานของลูกยางชุดล่างเริ่มติดขัด จึงต้องทำการถอดฝาครอบเครื่องใหม่ทำความสะอาด แล้วนำกระดาษทรายมาขัดลูกยางทั้ง 2 ชุด แล้วจึงใส่ฝาครอบเครื่องเข้าไปใหม่ แล้วดำเนินการทดลองต่อไปได้

3. ระหว่างการทดลอง ลิ่มที่ติดอยู่ที่เพลาเกิดหลุดออกมา ต้องทำการรื้อสายพาน แล้วนำลิ่มกลับเข้าไปใหม่ และใส่สายพานคืนดังเดิมจึงจะทำการทดลองต่อไปได้ ทั้งนี้สาเหตุที่เกิดขึ้นทั้งจากข้อ 2 และ ข้อ 3 น่าจะเกิดจากเครื่องนี้เป็นเครื่องเก่าที่ขาดการบำรุงรักษาและการตรวจซ่อมแซมอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ เพราะฉะนั้นจึงควรทำการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในครั้งต่อไปได้

สรุป

เครื่องสีข้าวแบบนี้ ควรจะทำการกะเทาะเปลือกที่ความชื้น 15% เพราะร้อยละโดยมวลของข้าวเต็มเมล็ดค่อนข้างสูงโดยถ้าจะทำเครื่องแบบนี้ ควรออกแบบให้ช่องที่ใส่ข้าวเปลือกให้ดีเพื่อทำการป้อนให้เครื่องสีข้าวได้อย่างสม่ำเสมอเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 เครื่องสีข้าวแบบใช้จานหิน

ตารางที่ 2.4 แสดงผลการทดลองของเครื่องสีข้าวแบบใช้จานหิน 2 ลูก

ข้าวเปลือก 1000 g	ความชื้นของข้าวเปลือก		
	13%	14 %	15%
ข้าวกล้อง (g)	535.94	579.53	577.9
-ข้าวหัก (%โดยมวล)	49.52%	52.87 %	52.33%
-ข้าวเต็มเมล็ด (%โดยมวล)	50.48%	47.13 %	47.67 %
ข้าวเปลือก (g)	246.46	195.97	184.30
แกลบ (g)	217.6	224.5	237.8
เวลาที่ใช้ (s)	72	63	68
ประสิทธิภาพการกะเทาะ	75.35	80.38	81.56
อัตราการกะเทาะ (kg / hr)	50	57.14	52.94

หมายเหตุ

- เนื่องจากเครื่องนี้เป็นเครื่องทำน้ำเต้าหู้ แต่เราต้องการดัดแปลงให้ใช้อุปกรณ์ในการโม่ถั่วเหลืองมาทำการกะเทาะเปลือกข้าวแทน จึงต้องทำการปรับระยะระหว่างจานหิน ซึ่งการปรับระยะนั้น ต้องทำการปรับระยะแล้วทดลองใส่ข้าวเปลือกลงไปเพื่อทำการกะเทาะ ถ้าได้ปริมาณข้าวเปลือกมาก ก็ให้ปรับระยะให้ลูกหิน 2 ลูกชิดกันมากขึ้น โดยทุกครั้งต้องทำการวัดระยะห่างของลูกหินโดยใช้เวอร์เนียร์ด้วย แต่ถ้าได้ปริมาณข้าวหักมาก ก็ให้ปรับระยะให้จานหินห่างกันมากขึ้น ทดลองเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

- เนื่องจากมีเวลาจำกัดจึงปรับระยะที่คิดว่าน่าจะได้ประสิทธิภาพดีที่สุด เท่ากับ 2.6 เซ็นติเมตร แต่เมื่อเทียบกับเครื่องสีข้าวแบบอื่น เครื่องสีข้าวแบบนี้ก็ยังให้ประสิทธิภาพสู้แบบอื่น ๆ ไม่ได้ แต่ถ้าทำการศึกษาและทดลองปรับระยะระหว่างจานหินทั้ง 2 จานมากกว่านี้อาจจะได้ระยะห่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีประสิทธิภาพ คือ ระยะห่างที่ทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นและทำให้สามารถมีประสิทธิภาพทัดเทียมแบบอื่น ๆ ได้

- เครื่องนี้เป็นเครื่องทำน้ำเต้าหู้ ทำให้เมื่อกะเทาะข้าวได้แล้วจะไม่มีระบบคัดแยกต้องทำการคัดแยกข้าวกล้องและข้าวเปลือกออกจากแกลบเอง โดยใช้กระด้ง

ข้อดี

ใช้เวลาในการกะเทาะข้าวน้อย

ข้อเสีย

มีปริมาณของข้าวเปลือกสูงสุด

ปัญหา

การปรับระยะ ระหว่างจานหินทั้ง 2 จานไม่สามารถหาระยะที่ทำให้มีประสิทธิภาพการกะเทาะดีที่สุดได้

สรุป

เครื่องสีข้าวแบบนี้ควรจะทำการกะเทาะเปลือกข้าวที่ความชื้น 13% เพราะร้อยละโดยมวลของข้าวเต็มเมล็ดมากที่สุด โดยถ้าจะทำเครื่องแบบนี้ควรหาค่าปรับระยะระหว่างจานหินให้ดี ซึ่งจะทำให้ปริมาณของข้าวเปลือกลดน้อยลงกว่านี้ และทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องหรืออัตราการกะเทาะเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.3.5 เครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกหินกับแผ่นยาง

ตารางที่ 2.5 แสดงผลการทดลองของเครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกหินกับแผ่นยาง

ข้าวเปลือก 1000 g	ความชื้นของข้าวเปลือก		
	13%	14 %	15%
ข้าวกล้อง (g)	552.2	653.8	586.96
-ข้าวหัก (%โดยมวล)	34%	37.73%	31.04 %
-ข้าวเต็มเมล็ด (%โดยมวล)	66 %	62.27 %	68.96 %
ข้าวเปลือก (g)	260	171.5	233.04
แกลบ (g)	187.8	174.7	180
เวลาที่ใช้ (s)	285	293	290
ประสิทธิภาพการกะเทาะ	74.0	82.83	76.71
อัตราการกะเทาะ (kg / hr)	12.63	12.29	12.41

หมายเหตุ

เครื่องสีข้าวแบบนี้ต้องทำการปรับระยะเช่นเดียวกับเครื่องสีข้าวแบบใช้จานหินเพียงแต่เป็นการปรับระยะระหว่างลูกหินกับยาง โดยต้องทำการปรับระยะยางเข้าไปหาลูกหินเมื่อปรับระยะแล้วก็ทำการทดลองสังเกตปริมาณข้าวเปลือกที่ออกมาถ้าได้ปริมาณข้าวเปลือกมากก็ให้ทำการปรับระยะระหว่างลูกหินกับยางชิดกันมากขึ้นแต่ถ้าได้ปริมาณข้าวหักมากก็ให้ปรับระยะระหว่างลูกหินกับยางให้ห่างกันมากขึ้น ทดลองต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ปริมาณข้าวที่ผ่านการกะเทาะที่มีร้อยละโดยมวลของข้าวเต็มเมล็ดมากที่สุดและมีร้อยละโดยมวลของข้าวเปลือกน้อยที่สุด

เนื่องจากมีเวลาจำกัดทำให้ประสิทธิภาพของข้าวที่ได้จากการทดลองไม่ดีนักเพราะการหาระยะห่างระหว่างลูกหินกับยางที่ดีที่สุดนั้นไม่สามารถทำได้ นอกจากนี้ถ้าทำการทดลองหาระยะระหว่างโม่หินกับยางทำให้ต้องใช้ข้าวปริมาณสูง แต่ข้าวที่มีอยู่มีจำนวนจำกัด จึงทำการทดลองเพียงเพื่อให้เห็นแนวโน้มเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

33979

ข้อดี

ได้ปริมาณข้าวกล้องมากที่สุด

ข้อเสีย

1. ปริมาณของข้าวเปลือกสูง

2. อัตราการกะเทาะต่ำเนื่องจากใช้เวลาในการกะเทาะมาก

ปัญหา

การปรับระยะระหว่างลูกหินกับแผ่นยางไม่สามารถทำได้

สรุป

เครื่องสีข้าวแบบนี้ควรทำการกะเทาะเปลือกที่ความชื้น 15% เนื่องจากร้อยละโดยมวลของข้าวเต็มเมล็ดสูงที่สุดและปริมาณข้าวเปลือกน้อยที่สุดโดยถ้าจะทำเครื่องกะเทาะแบบนี้ควรหาค่าปรับระยะระหว่างลูกหินกับแผ่นยางให้ดีซึ่งจะทำให้ร้อยละของข้าวเปลือกลดน้อยลงกว่านี้และทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องหรืออัตราการกะเทาะเพิ่มมากขึ้น

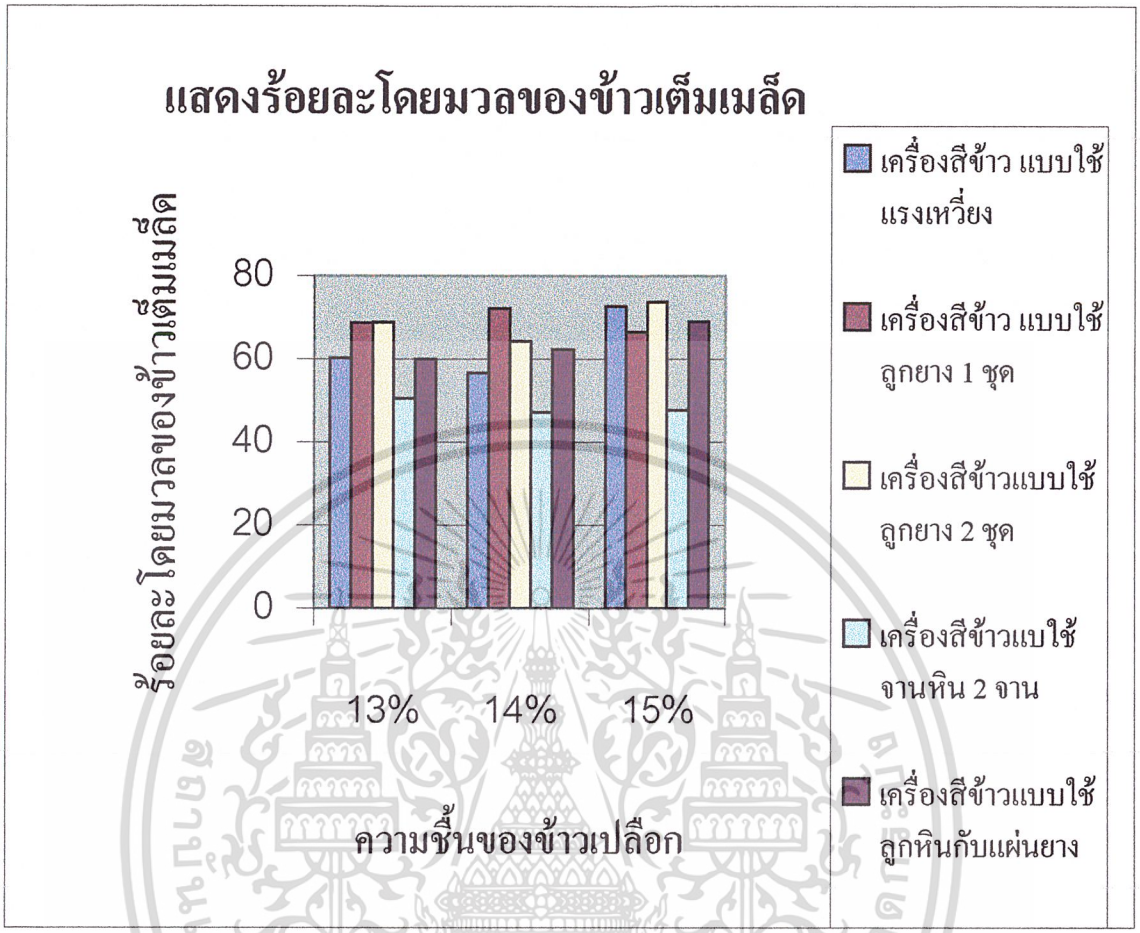
2.4 สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง จะเห็นได้ว่า ร้อยละข้าวเต็มเมล็ดของเครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 2 ชุดมีค่าเท่ากับ 68.75 ที่ความชื้นข้าวเปลือก 13% ประสิทธิภาพการกะเทาะเท่ากับ 98.55 % ซึ่งสูงกว่าเครื่องสีข้าวประเภทอื่นๆ ดังนั้น จึงเลือกวิธีการกะเทาะข้าวเปลือกโดยใช้ลูกยาง 2 ชุด เนื่องจากสามารถพัฒนาให้เล็กลงและเหมาะสมสำหรับการใช้ภายในครอบครัวได้ โดยปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขได้ง่าย ดังนั้นจึงเลือกที่จะทำเครื่องสีข้าวแบบนี้ ตลอดจนทำการปรับปรุง แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น และพัฒนาให้มีขนาดเล็กลงและเหมาะสมสำหรับการใช้ภายในครอบครัว

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดในเครื่องสีข้าวทั้ง 5 ชนิด

ความชื้นของข้าวเปลือก	ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด				
	เครื่องสีข้าวแบบใช้แรงเหวี่ยง	เครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 1 ชุด	เครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยาง 2 ชุด	เครื่องสีข้าวแบบใช้จานหิน	เครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกหินกับแผ่นยาง
13%	60.21	68.65	68.75	50.48	66
14%	56.56	72.13	64.22	47.13	62.27
15%	72.59	66.51	73.76	47.67	68.96

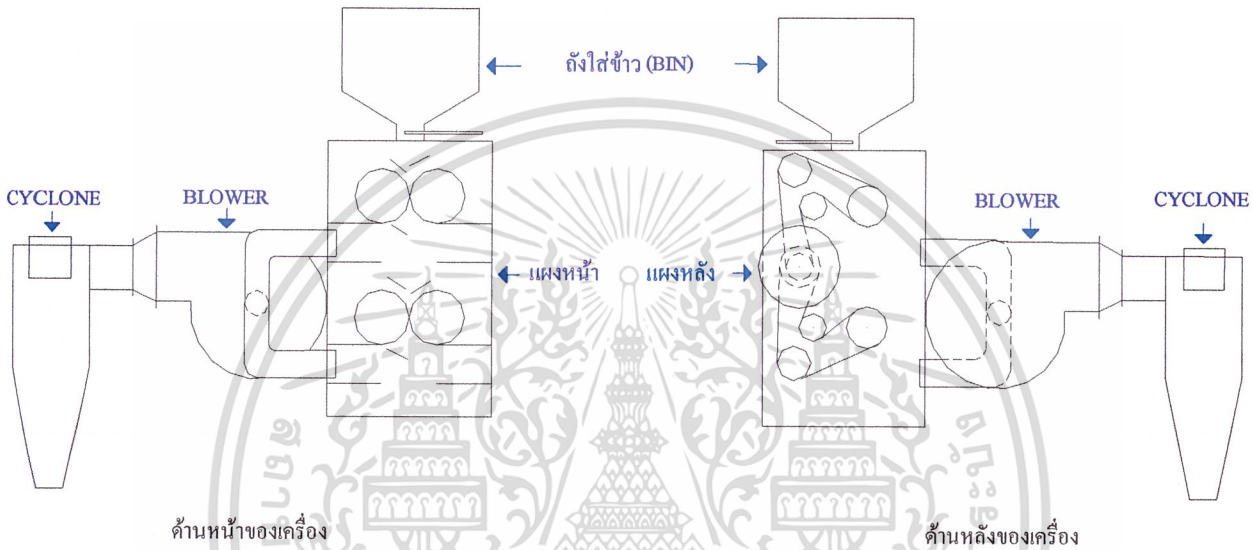
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง%โดยมวลของข้าวเต็มเมล็ดกับความชื้นสำหรับเครื่องสีข้าวแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง



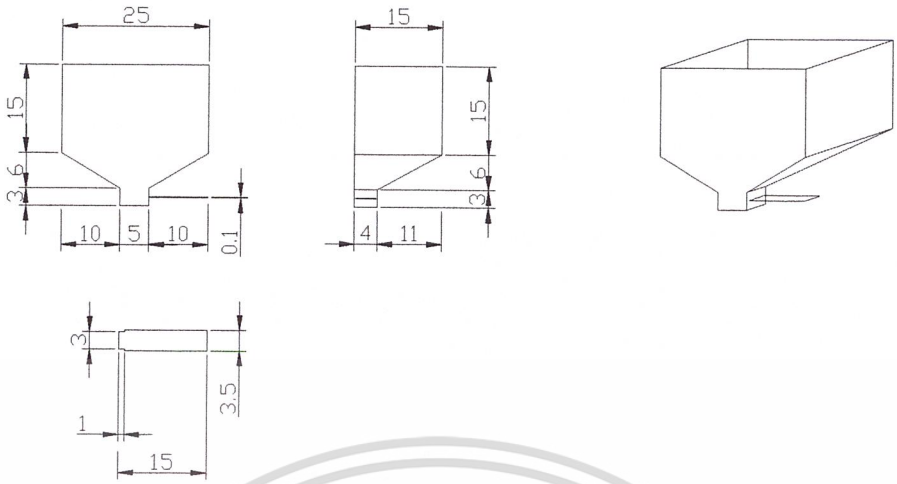
รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก

โดยจะกล่าวถึงรายละเอียดของการคำนวณและการสร้างเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กตามส่วนประกอบต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.1 ดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบถังใส่ข้าว (BIN)

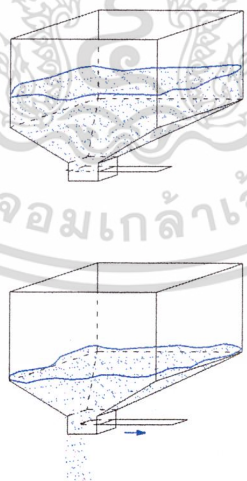
จากการทดลองที่ความชื้น 13% ข้าวเปลือกมีมุมกองพื้นเท่ากับ 36 องศา มุมความเสียดทานเท่ากับ 22.3 องศา (สัมประสิทธิความเสียดทานของข้าวเปลือกกับแผ่นเหล็กเท่ากับ 0.14) โดยออกแบบให้เป็นการไหลแบบมวล จึงเลือกมุมถังใส่ข้าวเท่ากับ 30 องศา ความจุของถังใส่ข้าวประมาณ 6000 cm^3 ขนาดของทางออกข้าวมีพื้นที่ 5 x 5.5 cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หน่วย : cm

รูปที่ 3.2 แสดงแบบถังใส่ข้าว



รูปที่ 3.3 แสดงหลักการทำงานของถังใส่ข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบแผงหลัง

3.2.1 การออกแบบและการคำนวณขนาดของพู่เล่ย์ (Pulley) และความเร็วรอบ

จากการศึกษาที่บันทึกไว้ ในเอกสารของบริษัท ไรซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ซึ่งบอกไว้ว่าช่องระหว่างลูกกลิ้งที่ดีที่สุด คือ ที่ความแตกต่างระหว่างความเร็วเชิงเส้นของลูกกลิ้งทั้งสองประมาณ 0.75 – 0.8 m/s หมายความว่า ความแตกต่างระหว่างความเร็วเชิงเส้นของลูกกลิ้งทั้งสองประมาณ 2 m/s ที่ความเร็วรอบประมาณ 900 rpm

ลูกกลิ้งที่ใช้ ขนาด $\varnothing$ 4 นิ้ว = 10 เซนติเมตร

เส้นรอบวง = $2\pi r$

$= 2 * \pi * 5$ cm

$= 314$ cm

จาก $V = \omega r$ และ $\omega = 2\pi n$ เมื่อ $n = 900$ rpm

เพราะฉะนั้น

$\omega = 2 * \pi * 900$

$= 5654.8$ rpm

ดังนั้น $V = \omega r$

$= 5654.8 * (10/2) * 10^{-2}$

$= 282.74$ m/min

$= 4.71$ m/s

และ ที่ความแตกต่างระหว่างความเร็วเชิงเส้นของลูกกลิ้งทั้งสอง $\approx$ 2 m/s

เพราะฉะนั้น ตัวที่หมุนช้ากว่าจะมีความเร็วเท่ากับ 2.71 m/s

จาก $V = \omega r$

$2.71 * 60 = \omega * (10/2) * 10^{-2}$

$\omega = [2.71 * 60 * 2 * 10^{-2}] /10$

$= 3252$ rpm

$\omega = 2\pi n$

จะได้ $n = \omega/2\pi$

$= 3252/ 2\pi$

$= 518$ rpm

เพราะฉะนั้น

- ความเร็วรอบของลูกยางลูกที่หมุนช้าเท่ากับ 518 rpm และความเร็วเชิงเส้นเท่ากับ 2.71 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเร็วรอบของลูกยางลูกที่หมุนเร็วเท่ากับ 900 rpm และความเร็วเชิงเส้นเท่ากับ 4.71 m/s

กำหนดให้ ลูกยางลูกที่หมุนช้าใช้พู่เล่ย์ ขนาด ∅ 7.5 เซนติเมตร หรือ 3 นิ้ว

จะได้ความเร็วเชิงเส้นของพู่เล่ย์

จาก $V = \omega r$

จาก ω ของลูกยางที่หมุนช้าเท่ากับ 3252 rpm

$V = (3252 / 60) * (7.5 / 2) * 10^{-2}$

$= 2.0325$ m/s

จะได้ ขนาด ∅ พู่เล่ย์ของลูกยางตัวหมุนเร็ว ที่ความเร็วเชิงเส้นเท่ากัน เท่ากับ 2.0325 m/s

จาก ω ของลูกยางที่หมุนเร็ว เท่ากับ 5654.8 rpm

$V = \omega r$

$r = V/ \omega$

$= (2.0325) * 60 * 100/ 5654.8$

$= 2.1566$ cm

$d = 4.3132$

เพราะฉะนั้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ย์ ของลูกยางตัวที่หมุนเร็วเท่ากับ 2 นิ้ว

กำหนดให้

ขนาด ∅ พู่เล่ย์ ส่งกำลังให้ลูกยางมีขนาดเท่ากับ 5 เซนติเมตร หรือ 2 นิ้ว โดยพู่เล่ย์ส่งกำลังให้ลูกยางจะมีความเร็วรอบเท่ากับ 900 rpm

ขนาด ∅ พู่เล่ย์ ของมอเตอร์ที่ใช้มีขนาดเท่ากับ 5 เซนติเมตร หรือ 2 นิ้ว โดยมอเตอร์ที่ใช้มีขนาด 1hp, 1400 rpm , 3 phase

จะได้ขนาด ∅ พู่เล่ย์ทดจากมอเตอร์ที่ชุดส่งกำลังให้ลูกยาง

จาก $d_1n_1 = d_2n_2$

โดย $d_1 = 5$ cm

$n_1 = 1400$ rpm

$n_2 = 900$ rpm

จะได้

$5 * 1400 = d_2 * 900$ rpm

$d_2 = 7.7778$ cm $\approx$ 3 นิ้ว

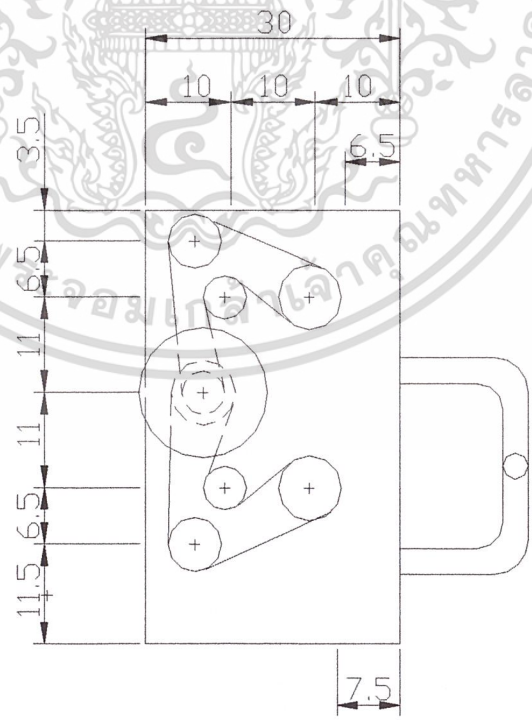
เพราะฉะนั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ย์ทดจากมอเตอร์ที่ชุดส่งกำลังให้ลูกยางเท่ากับ3 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงสรุปผลการคำนวณและการออกแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ย์

ตำแหน่งของพู่เล่ย์	เส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ย์ (นิ้ว)	ความเร็วรอบ (rpm)
พู่เล่ย์ของลูกยางตัวที่หมุนช้า	3	518
พู่เล่ย์ของลูกยางตัวที่หมุนเร็ว	2	900
พู่เล่ย์ของชุดส่งกำลังให้ลูกยาง	2	900
พู่เล่ย์ของมอเตอร์ที่ชุดส่งกำลัง	2	1400
พู่เล่ย์ทดจากมอเตอร์ที่ต่อกับชุดส่งกำลัง	3	900
พู่เล่ย์ที่ชุดส่งกำลังที่ต่อกับโบล์วเวอร์	2	900
พู่เล่ย์ทดจากชุดส่งกำลังที่ต่อกับโบล์วเวอร์	5	2250

หมายเหตุ การคำนวณและการออกแบบพู่เล่ย์ที่ชุดส่งกำลังที่ต่อกับโบล์วเวอร์และพู่เล่ย์ทดจากชุดส่งกำลังที่ต่อกับโบล์วเวอร์จะกล่าวในเรื่องการออกแบบโบล์วเวอร์

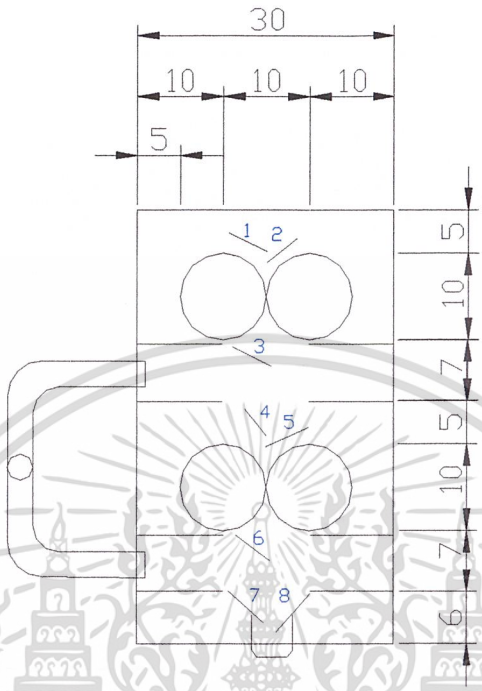


หน่วย : cm

รูปที่ 3.4 แสดงแบบของแผงหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบแผงหน้า



หน่วย : cm

รูปที่ 3.5 แสดงแบบแผงหน้า

จากรูปที่ 3.5 จะแสดงขนาดของสไลด์แผ่นที่ 1 – 8 ดังต่อไปนี้

แผ่นที่ 1 ความยาวของแผ่นสไลด์เท่ากับ 5 cm และมุมเอียงของสไลด์เท่ากับ 25.84 องศา

แผ่นที่ 2 ความยาวของแผ่นสไลด์เท่ากับ 4.5 cm และมุมเอียงของสไลด์เท่ากับ 38.94 องศา

แผ่นที่ 3 ความยาวของแผ่นสไลด์เท่ากับ 5 cm และมุมเอียงของสไลด์เท่ากับ 25.84 องศา

แผ่นที่ 4 ความยาวของแผ่นสไลด์เท่ากับ 4 cm และมุมเอียงของสไลด์เท่ากับ 51.32 องศา

แผ่นที่ 5 ความยาวของแผ่นสไลด์เท่ากับ 5.5 cm และมุมเอียงของสไลด์เท่ากับ 24.62 องศา

แผ่นที่ 6 ความยาวของแผ่นสไลด์เท่ากับ 5 cm และมุมเอียงของสไลด์เท่ากับ 36.87 องศา

แผ่นที่ 7 ความยาวของแผ่นสไลด์เท่ากับ 5.5 cm และมุมเอียงของสไลด์เท่ากับ 43.34 องศา

แผ่นที่ 8 ความยาวของแผ่นสไลด์เท่ากับ 6 cm และมุมเอียงของสไลด์เท่ากับ 48.19 องศา

3.4 การออกแบบโบล์วเวอร์ (Blower)

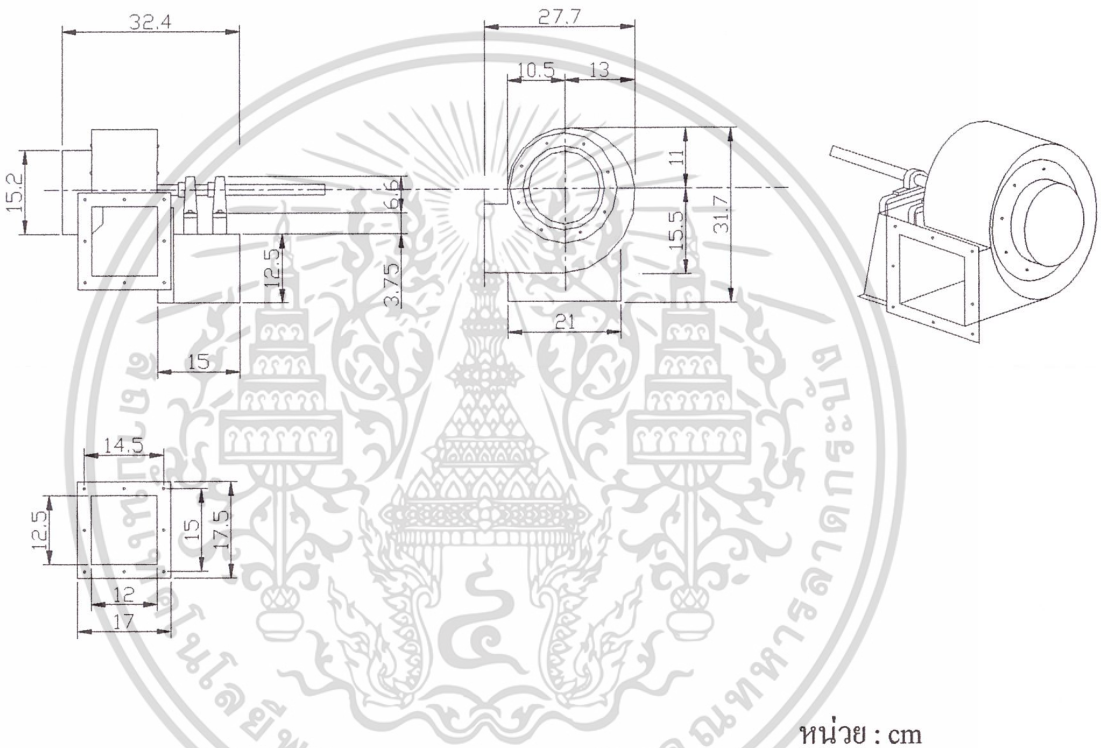
การออกแบบโบล์วเวอร์มีส่วนประกอบที่ต้องทำการออกแบบดังนี้

1.โครงสร้างของโบล์วเวอร์ ซึ่งเมื่อประกอบกับใบพัดแล้ว ต้องให้ปริมาตรของอากาศ (Air Volume) อยู่ระหว่าง 9.2 –3.8 cmm จึงทำให้โบล์วเวอร์สามารถดูดแกลบได้ โดยไม่ดูดข้าวหักและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวเต็มเมล็ดออกไปด้วย ดังได้อธิบายไว้แล้วจากผลการทดลองเรื่องการวัดความเร็วลมของแกลบ ข้าวหัก ข้าวเต็มเมล็ด ข้างต้น

จากแคตตาล็อคของ โบล์วเวอร์ยี่ห้อ Venz รุ่น sc362 ซึ่งถูกออกแบบสำหรับงานดูดฝุ่น ละเอียดมีค่า ปริมาตรของอากาศ เท่ากับ 13 cmm ซึ่งให้ค่าปริมาตรของอากาศได้ใกล้เคียงกับค่าปริมาตรของอากาศจากการทดลอง จึงใช้ขนาดของโครงโบล์วเวอร์ยี่ห้อ Venz รุ่น sc362 นี้ เป็นขนาดของโครงโบล์วเวอร์ ที่เราต้องการ ดังรูปที่ 3.6



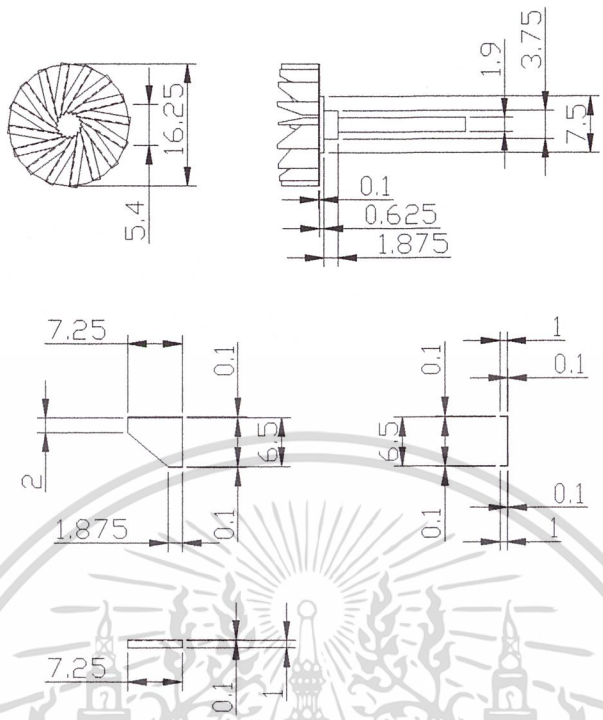
หน่วย : cm

รูปที่ 3.6 แสดงขนาดของโครงโบล์วเวอร์

2. ใบพัด ได้ทำการออกแบบโดยสร้างใบพัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูถึงแม้ว่าใบพัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูจะมีพื้นที่สัมผัสลมน้อยกว่าใบพัดแบบอื่นๆ ก็ตาม แต่ใบพัดรูปแบบนี้จะให้ความเร็วของลมสูง เนื่องจากใบพัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูจะมีพื้นที่ให้ลมเข้ามาได้มาก ทำให้สามารถดูดลมเข้ามาในโบล์วเวอร์ได้มากด้วย และใบพัดจะกวาดลมได้มาก ทำให้โบล์วเวอร์ให้ความเร็วของลมสูง

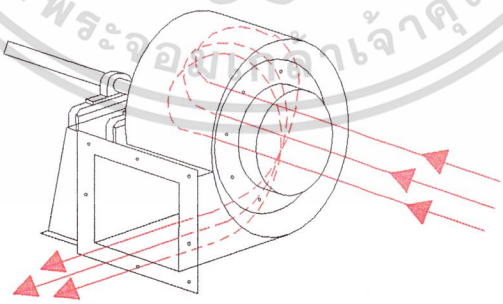
นอกจากนี้ ได้ทำการเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสลม โดยใช้จำนวนใบพัดมากและให้ใบพัดเอียงออกจากจุดศูนย์กลางของใบพัดดังรูปที่ 3.7 ทำให้สามารถเพิ่มความยาวของใบพัดได้มากขึ้น เป็นผลให้พื้นที่สัมผัสลมมากขึ้น จึงสามารถดูดลมได้แรง และมีความเร็วลมสูง โดยสามารถเขียนหลักการทำงานของโบล์วเวอร์ได้ดังรูป 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หน่วย : cm

รูปที่ 3.7 แสดงขนาดใบพัดของโบล์วเวอร์



รูปที่ 3.8 แสดงหลักการทำงานของโบล์วเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการสร้างโบล์วเวอร์เสร็จเรียบร้อยตามที่ได้ออกแบบได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของโบล์วเวอร์ โดยโบล์วเวอร์ที่ได้จะต้องสามารถดูดแกลบได้ โดยไม่ดูดข้าวหักและข้าวเต็มเมล็ดไปด้วย ซึ่งมีวิธีการทดสอบประสิทธิภาพดังนี้

วิธีการทดสอบประสิทธิภาพของโบล์วเวอร์

1. นำมอเตอร์ 1 HP 1400 rpm 3 phase มาทำการต่อเข้ากับinverter เพื่อทำการปรับความถี่ (Hz)

2. นำมอเตอร์ซึ่งได้ทำการต่อกับinverterแล้ว ต่อเข้ากับโบล์วเวอร์โดยใส่พู่เล่ย์ที่มอเตอร์และโบล์วเวอร์ให้เรียบร้อย จากนั้นคล้องสายพานเข้ากับพู่เล่ย์ทั้งสอง

3. ล๊อคมอเตอร์และโบล์วเวอร์กับฐานรองให้แน่น เพื่อความปลอดภัยในขณะเดินเครื่อง

4. ปรับความถี่ที่ inverter แล้วเริ่มเดินเครื่องวัดความเร็วลมที่ปากทางเข้าของโบล์วเวอร์โดยใช้ เครื่องวัดความเร็วลม และวัดความเร็วรอบของโบล์วเวอร์โดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ

5. ปรับความถี่ที่inverter จนกระทั่งได้ความเร็วอยู่ระหว่าง 3.53 - 8.62 m/s (ดูรายละเอียดจากภาคผนวก ค. เรื่อง การทดลองเพื่อหาความเร็วลม) ซึ่งเป็นความเร็วที่ได้จากการทดลองที่ทำให้โบล์วเวอร์สามารถดูดแกลบได้โดยไม่ดูดข้าวหักและข้าวเต็มเมล็ดจากนั้นวัดความเร็วรอบของโบล์วเวอร์ที่อยู่ในช่วงความเร็วดังกล่าว

จากการทดลองพบว่าโบล์วเวอร์จะให้ความเร็วลมที่ปากทางเข้าอยู่ในช่วง 3.53 – 8.62 m/s ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 2100 rpm ทำให้สามารถหาขนาดของพู่เล่ย์ได้ดังนี้

โดย เพลาของชุดส่งกำลังให้ลูกยางมีความเร็วรอบ = 900 rpm

โบล์วเวอร์มีความเร็วรอบ = 2100 rpm

กำหนดให้ ขนาดพู่เล่ย์ (Pulley) ของโบล์วเวอร์ = 2 นิ้ว

จากสูตร $d_1n_1 = d_2n_2$

$2 * 2100 = d_2 * 900$

$d_2 = 2 * 2100 / 900$

$= 4.6$

$\approx$ 5 นิ้ว

เพราะฉะนั้น ขนาดพู่เล่ย์ที่เพลาของชุดส่งกำลังให้ลูกยางที่ทดรอบจากโบล์วเวอร์มีขนาด = 5 นิ้ว ซึ่งเมื่อประมาณขนาดพู่เล่ย์เพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วรอบเพิ่มขึ้น = 2250 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบไซโคลน (Cyclone)

เนื่องจากการแยกแกลบออกจากข้าวกล้องได้แล้วโดยใช้โบล์วเวอร์นั้นจะมีแกลบกับลมออกมาด้วยกัน ดังนั้นก่อนที่จะทำการปล่อยลมออกสู่สิ่งแวดล้อมจะต้องทำการแยกแกลบกับลมออกจากกัน โดยใช้ไซโคลนซึ่งหลักการทำงานของไซโคลนมีดังต่อไปนี้

อากาศซึ่งมีเศษวัสดุปะปนอยู่ เช่น ฟาง ฝุ่น แกลบ ที่เคลื่อนที่เข้ามาสัมผัสกับผนังด้านในของส่วนบนของไซโคลนโดยทำให้มีการหมุนวนอยู่ในไซโคลนแล้วอากาศหมุนออกด้านบนของท่อกลมตรงกลางการเคลื่อนที่ของวัสดุที่อยู่ในกระแสอากาศภายในไซโคลนจะได้รับแรงหนีศูนย์กลาง แรงดึงดูดของโลก และแรงต้านอากาศพลศาสตร์ แรงหนีศูนย์กลางจะทำให้วัสดุเคลื่อนที่ออกไปตามแนวรัศมีของไซโคลนด้านใน ส่วนแรงดึงดูดของดูดของโลกทำให้วัสดุเคลื่อนที่ต่ำลงด้านล่าง ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัสดุจึงเป็นการเคลื่อนต่ำลงทางด้านล่าง เลยส่งผลให้การเคลื่อนที่ของวัสดุจึงมีลักษณะเป็นเกลียวลงสู่ด้านล่างแรงหนีศูนย์กลาง(F_c) คำนวณได้จากสูตร

$$F_c = WV_c2/gr$$

เมื่อ

W = น้ำหนักของวัสดุ

V_c = ความเร็วในแนวสัมผัสของวัสดุ

r = รัศมีของการหมุนวนของวัสดุ

g = ความเร่งสู่ศูนย์กลาง = 9.81 m/s2

ส่วนแรงต้านทานทางอากาศพลศาสตร์ Fr คำนวณได้จากสูตร

$$Fr = CA_P \rho_f V_r^2 /2$$

V_r = ความเร็วในแนวรัศมี (เนื่องจากอากาศออกแรงกระทำกับวัสดุในแนวรัศมี)

$$F_c = F_r$$

$$WV_c2 / gr = CA_P \rho_f V_r^2 /2$$

ซึ่งในขณะนี้ วัสดุหมุนเป็นวงที่มีรัศมีคงที่

แต่ถ้า $F_c > Fr$ วัสดุจะเคลื่อนตัวออกไปตามแนวรัศมี แล้วตกลงด้านล่างด้วยน้ำหนักของวัสดุเอง และถ้า $F_c < Fr$ วัสดุจะเคลื่อนที่เข้าสู่ศูนย์กลางไปยังจุดศูนย์กลางของไซโคลน แล้วเคลื่อนที่ลงในแนวแกนกลางของไซโคลนแล้วปล่อยออกไป

จากสมการข้างต้นจะได้

$$V_c / V_r = (CA_P \rho_f g\, r/2W)^{1/2}$$

ถ้าค่า V_c / V_r ของวัสดุ และลม ต่างกันมากพอ จึงจะเป็นไปได้ที่จะใช้ ไซโคลนช่วยแยก อย่างไรก็ดีการแยกด้วยไซโคลนนั้น ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกวัสดุต่างชนิดออกจากกัน แต่จะใช้แยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุออกจากอากาศ ดังนั้นจึงออกแบบให้ F_c มากกว่า F_r มากๆ ค่า V_c / V_r ก็ต่างกันมาก ยิ่งมากการคัดแยกจะยิ่งมีประสิทธิภาพ

จากการทดลองเราได้ช่วงความเร็วลมในการดูดแกลบ ก่อนที่จะเข้า ไซโคลน อยู่ในช่วง 4 เมตรต่อวินาที < V_t < 8เมตรต่อวินาที

$$V_c / V_r = (CA_P \rho_f g r /2W)^{1/2} \quad \text{---------1}$$

$$C = 2mg/ A_P \rho_f V_t^2 \quad \text{---------2}$$

$$W = mg$$

แทนค่าต่างๆ ได้

$$V_c / V_r = [(2mg/ A_P \rho_f V_t^2) A_P \rho_f gr /2mg]^{1/2}$$

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

แทนค่าที่ $V_t = 4$ m/s

$$V_c/V_r = (9.81* 0.08/4*4)^{1/2}$$

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

$$V_c/V_r = 0.22$$

แทนค่าที่ $V_t = 8$ m/s

$$V_c/V_r = (9.81 * 0.08 / 8*8)^{1/2}$$

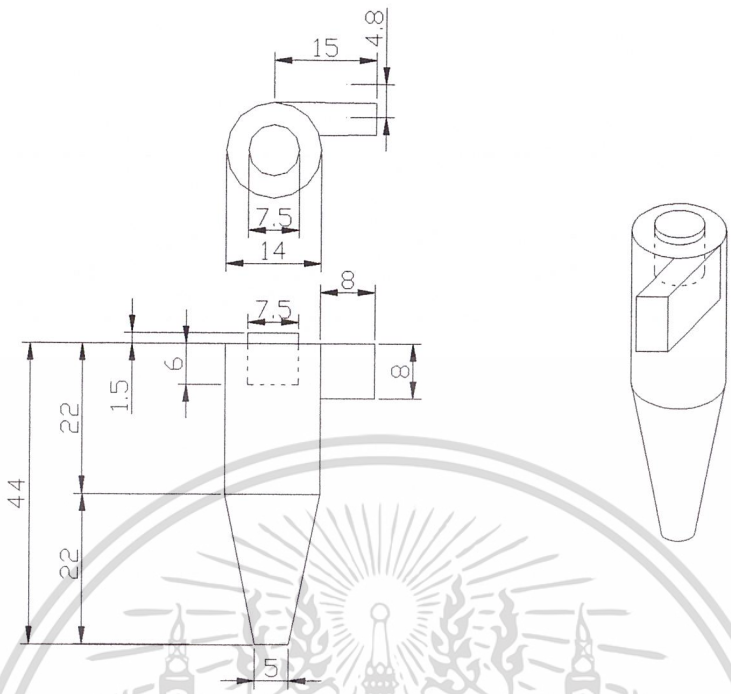
$$V_c/V_r = 0.11$$

จะได้ $0.11 < V_c/V_r < 0.22$

จากการคำนวณ ถึงแม้ V_c/V_r จะมีค่าน้อยแต่ก็สามารถคัดแยกได้ในระดับหนึ่ง

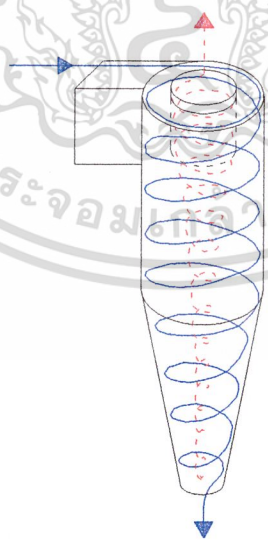
โดย ไซโคลนที่ทำการออกแบบได้แสดงดังรูปที่ 3.9 และหลักการทำงานของไซโคลนได้แสดงดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หน่วย : cm

รูปที่ 3.9 แสดงแบบของไซโคลน



รูปที่ 3.10 แสดงหลักการทำงานของไซโคลน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 วิธีการทดสอบเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก

1. นำข้าวเปลือกมาทำการวัดความชื้น โดยใช้เครื่องวัดความชื้นให้ได้ความชื้น 13% เนื่องจากในบทที่ 2 เรื่อง การทดสอบเครื่องสีข้าวกล้องชนิดต่างๆ ได้ทำการทดสอบเครื่องสีข้าวกล้องแบบใช้ลูกยาง 2 ชุด พบว่า ความชื้นที่ทำให้ได้ร้อยละ โดยมวลของข้าวเต็มเมล็ดมากที่สุด ได้แก่ ความชื้นที่ 13% เพราะฉะนั้นในการทดสอบครั้งนี้จึงใช้ความชื้น13% เพียงความชื้นเดียว

2. จากนั้นนำข้าวเปลือกที่วัดความชื้นแล้วมาชั่งน้ำหนักจำนวน 500 กรัม

3. ทำการจับเวลาตั้งแต่เครื่องเริ่มกะเทาะข้าวเปลือกจนข้าวเปลือกถูกกะเทาะออกมาหมด

4. จากนั้นนำข้าวที่ได้จากการกะเทาะ ไปประมวลผลดังสูตรในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.2 เรื่องการทดสอบเครื่องสีข้าวชนิดต่างๆ

5. จดบันทึกผลการทดลองในตารางบันทึกผลการทดลอง

6. ทำการสรุปวิเคราะห์ผล และปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง

7. นำผลการทดลองที่ได้นำไปหาประสิทธิภาพของเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก

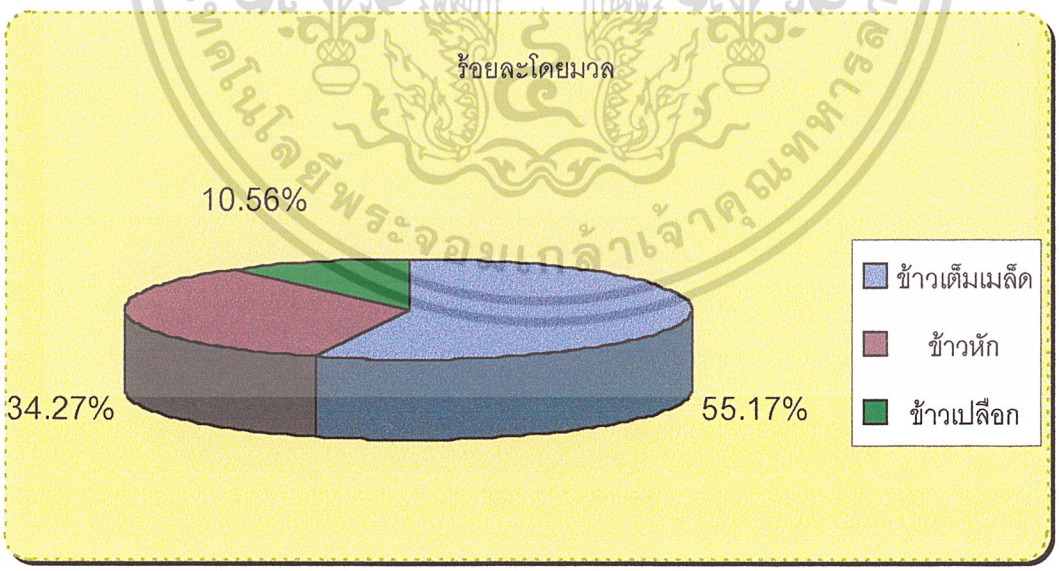
4.2 สรุปผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก

ข้าวเปลือก 500 g	ครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
ข้าวกล้อง (g)	360.1	342.5	354.3	335.4	339.8	359.6	351.2	377.4	333.3	321.3	347.5
-ข้าวหัก (%โดยมวล)	40.63	37.24	37.29	36.75	37.7	48.92	37.75	29.87	36.77	33.91	37.68
-ข้าวเต็มเมล็ด (%โดยมวล)	59.37	62.76	62.71	63.25	62.3	51.08	62.25	70.13	63.23	66.09	62.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวเปลือก (g)	37.37	19.56	30.39	59.65	31.98	18.93	31.79	81.17	45.46	50.58	40.69
แกลบ (g)	102.4	137.8	115.2	104.9	128.13	121.41	116.99	102.11	121.1	128.0	117.79
เวลาที่ใช้ (s)	150	160	132	127	115	150	125	140	130	118	134.7
อัตราการกะเทาะ(kg / hr)	12	11.25	13.64	14.17	15.65	12	14.4	12.86	13.85	15.25	13.31
ประสิทธิภาพการกะเทาะ	92.5	96.1	93.9	88.1	93.6	96.2	93.6	83.8	90.9	89.9	91.9



รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณข้าวกล้องและข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะของเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กที่ทำการสร้างซึ่งประกอบด้วยลูกยางสีข้าวจำนวน 2 ชุด พบว่าความเร็วรอบที่ได้จะเปลี่ยนไป โดยความเร็วรอบของลูกยางที่หมุนช้าเท่ากับ 512 rpm ความเร็วรอบของลูกยางลูกที่หมุนเร็วเท่ากับ 800 rpm และความเร็วรอบของโบล์วเวอร์เท่ากับ 2950 rpm ข้าวเปลือกที่ใช้มีความชื้น 13 % โดยมีประสิทธิภาพการกะเทาะเท่ากับ 91.9 อัตราการกะเทาะเท่ากับ 13.31 kg/hr ซึ่งแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

สามารถใช้กะเทาะข้าวกล้องไว้บริโภคในครัวเรือนได้เพราะมีขนาดเล็กและสามารถใช้งานได้สะดวกอุปกรณ์ไม่ซับซ้อน อัตราการกะเทาะสูง แต่เนื่องจากประสิทธิภาพในการคัดแยกแกลบยังทำได้น้อยจึงควรปรับปรุงและพัฒนาต่อไปเพื่อให้ได้เครื่องที่สมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น

5.2 วิจารณ์ผลการทดสอบเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก

1. โบล์วเวอร์ ได้ทำการออกแบบโดยคำนึงถึงความเร็วลมของแกลบเป็นหลัก โดยโบล์วเวอร์จะทำการดูดแกลบได้ โดยไม่ดูดข้าวหักและข้าวเต็มเมล็ด ซึ่งหลังจากทำการสร้างเสร็จ ได้ทำการทดสอบครั้งแรกผลปรากฏว่า โบล์วเวอร์ไม่สามารถทำงานตามที่ต้องการได้ เนื่องจากขนาดใบพัดเล็กเกินไป จึงทำการสร้างใบพัดขึ้นใหม่เป็นครั้งที่ 2 โดยสร้างให้มีขนาดใบพัดใหญ่ขึ้น แต่จำนวนใบพัดเท่าเดิม ก็ยังไม่สามารถทำงานได้อีก จึงได้ทำการทดลองและสร้างใบพัดเป็นครั้งที่ 3 ให้มีจำนวนใบพัดเพิ่มมากขึ้น และได้นำไปประกอบกับโครงทำให้ได้ความเร็วลมที่ปากทางเข้า อยู่ในช่วงที่ต้องการ คือ ความเร็วลมที่สามารถดูดแกลบได้ โดยไม่ดูดข้าวหักและข้าวเต็มเมล็ด

หลังจากทำการประกอบเครื่องเสร็จ ได้ทำการทดสอบเครื่อง ปรากฏว่า โบล์วเวอร์ไม่สามารถดูดแกลบได้ ซึ่งน่าจะเกิดจากความเสียดทานของท่อที่อยู่ระหว่างโบล์วเวอร์และแผงหน้า ซึ่งท่อมีขนาดเล็ก เพราะแผงหน้ามีความหนาทางด้านข้างน้อย ทำให้ต้องใช้ท่อลมที่มีขนาดใกล้เคียงกับความหนาทางด้านข้างของแผงหน้า การสูญเสียของลมอาจเกิดจากการประกบโบล์วเวอร์โดยใช้น๊อตซึ่งมีรอยและช่องให้ลมรั่วไหลได้ จึงทำการแก้ไขเปลี่ยนพู่เล่ย์ที่ต่อกับเพลาชุดส่งกำลังให้ลูกยางใหญ่ขึ้นเป็น 6 นิ้ว เพื่อให้โบล์วเวอร์หมุนด้วยความเร็วรอบที่สูงขึ้น และใช้ซิลิโคนช่วยในการอุดรั่วบริเวณต่างๆ

หลังจากประกอบเครื่องเสร็จได้ทำการทดสอบเครื่อง ผลปรากฏว่าความเร็วลมของโบลว์เวอร์ที่ได้ไม่อยู่ในช่วงที่ต้องการ คือ ที่ทางเข้าของลมก่อนผ่านจุดที่แกลบและข้าวกล้องตกมีความเร็วลม 0.64 เมตรต่อวินาที จุดที่ข้าวกล้องและแกลบตกมีความเร็วลม 0.58 เมตรต่อวินาที จุดที่ช่องลมด้านทางออกของแกลบมีความเร็วลม 2.5 - 3 เมตรต่อวินาที ค่าที่ได้จากการทดลอง แสดงให้เห็นว่าความเร็วลมเพียงแค่นี้ไม่สามารถดูดแกลบได้ ดังนั้นต้องแก้ไขให้มีความเร็วลมบริเวณจุดที่ข้าวกล้องและแกลบตกต้องมีค่าอยู่ในช่วง 3.53 – 8.62 เมตรต่อวินาที น่าจะทำการคัดแยกแกลบได้มากขึ้น

2. ไซโคลนมีประสิทธิภาพสูงในการคัดแยกแกลบกับลม เนื่องจากตลอดการทดสอบเครื่องสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวกล้องขนาดเล็ก ไม่มีแกลบถูกเป่าออกทางด้านช่องทางออกของลมเลย สำหรับไซโคลนจะต้องทำการพัฒนาให้มีขนาดเล็กลงเพื่อช่วยลดขนาดของตัวเครื่องลง

3. บางช่วงของสไลด์ทำให้แกลบไม่สามารถถูกดูดไปได้เนื่องจากติดแผ่นสไลด์ ทำให้ประสิทธิภาพการคัดแยกแกลบต่ำ เพราะฉะนั้นการออกแบบสไลด์ต้องพิจารณาจากการไหลของข้าวให้มากกว่านี้

4. ถังใส่ข้าวมีขนาดใหญ่กว่าปริมาณที่ใช้ในบริโภคภายในครัวเรือน เนื่องจากถังใส่ข้าว ถ้าทำให้มีขนาดเล็กจะมีปัญหาในการสร้างและไม่สมดุลกับขนาดของเครื่อง สิ่งที่สำคัญหากถังข้าวมีขนาดเล็กขณะที่ป้อนข้าวเปลือกลงไปข้าวเปลือกจะไหลลงสู่ลูกยางเร็วมากส่งผลให้ข้าวเปลือกไปเกาะตัวกันเป็นลิ่ม ลูกยางจะหยุดหมุน แต่ถ้าถังใส่ข้าวมีขนาดใหญ่จะทำให้สามารถสร้างพื้นที่สร้างความเอียงของถังข้าวได้จะทำให้ข้าวไหลช้าลง ไม่ก่อให้เกิดปัญหาดังกล่าว

5. ช่องลมมีขนาดใหญ่ส่งผลดี คือ สามารถดูดลมพาแกลบไปได้มาก แต่มีข้อเสีย คือ จะทำให้มีช่องให้ข้าวกล้องที่ถูกกะเทาะแล้วกระเด็นออกจากตัวเครื่อง

6. โครงสร้างทำการสร้างและออกแบบหลังจากสร้างอุปกรณ์ต่างๆเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงนำอุปกรณ์ต่างๆมาประกอบกัน ส่งผลให้โครงสร้างมีขนาดใหญ่น้ำหนักมากและเนื้อที่บางส่วนไม่ได้ใช้งาน ซึ่งควรออกแบบโครงสร้างไปพร้อมๆ กับการสร้างอุปกรณ์จะดีกว่า สำหรับโครงสร้างเครื่องกะเทาะข้าวกล้องขนาดเล็กถึงแม้จะมีน้ำหนักมาและมีขนาดใหญ่แต่อุปกรณ์ต่างๆ ก็สามารถถอดประกอบได้ง่าย

7. เมื่อทำการทดลองเครื่อง สายพานของพู่เล่ย์มอเตอร์และพู่เล่ย์ทครอบจากมอเตอร์เกิดการเสียดสีกับเพลาของพู่เล่ย์อีกชุดหนึ่งจึงต้องทำการแก้ไขโดยเลื่อนมอเตอร์ออกทางด้านข้างเพื่อไม่ให้เกิดการเสียดสี

8. เครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กเครื่องนี้ ได้ทำการสร้างให้มีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทั้งในส่วนของโครงสร้าง ชุดกะเทาะข้าวเปลือก โบล์วเวอร์ ไซโคลน ถังใส่ข้าว ฯลฯ แต่ถ้าจะนำไปใช้ภายในครัวเรือน อาจจะมีปัญหาเนื่องจากการปล่อยอากาศออกจากไซโคลน ที่ยังไม่บริสุทธิ์เพียงพอและเครื่องมีขนาดใหญ่ ดังนั้นหากต้องการจะลดขนาดและลดมลพิษควรทำการติดตั้งชุดคัดแยกไว้ภายนอกบ้านจะทำให้เครื่องมีขนาดเล็กลงและทำงานได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การประเมินราคา

6.1 วัสดุ และ การประเมินราคา

วัสดุ	ราคา
1. เหล็กแผ่นหนา 1 mm	500 บาท
2. เหล็กแผ่นหนา 5 mm	200 บาท
3. บูชเหล็ก 5 อัน	240 บาท
4. เพลาเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.75 นิ้ว ยาว 2 เมตร	300 บาท
5. แผ่นพลาสติกใส	100 บาท
6. สายพานแบบร่องA 4 เส้น	240 บาท
7. พู่เลย์ 1 ร่อง ขนาด 3 นิ้ว 3 ตัว	260 บาท
พู่เลย์ 1 ร่อง ขนาด 2 นิ้ว 5 ตัว	400 บาท
พู่เลย์ 2 ร่อง ขนาด 2 นิ้ว 1 ตัว	100 บาท
8. ท่อประปา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 2 เมตร	150 บาท
9. เหล็กกล่อง 1.5 นิ้ว ยาว 5 เมตร	350 บาท
10. ลูกยาง ขนาด 4 นิ้ว 4 ลูก	1000 บาท
11. มอเตอร์ 1 แรงม้า 3 เฟส 50 Hz	2350 บาท
12. โครงโบล์วเวอร์	900 บาท
13. ลูกปืน 10 ลูก	750 บาท
14. ล้อเหล็กเหนียว 2 ลูก	300 บาท
15. อื่นๆ	1000 บาท
	รวม 9140 บาท

โดยราคาเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กที่ใช้ลูกยาง1 ชุดในการกะเทาะ มีราคาในท้องตลาดเท่ากับ 25000 บาท จากการประเมินราคาของเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กที่สร้างขึ้นจะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบราคากับเครื่องที่ผลิตในท้องตลาด เครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กที่สร้างขึ้นจะมีราคาถูกกว่ามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
โรงสีข้าว

โรงสีข้าวเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องจักรเก่าแก่ที่สุดและครั้งหนึ่งยังเป็นอุตสาหกรรมที่ใหญ่ที่สุดอีกด้วย แต่เป็นอุตสาหกรรมที่ได้รับการวิจัยและการเหลียวแลน้อยที่สุด เพราะเป็นส่วนเดียวในวงจรตลาดที่ข้าวจะต้องผ่าน โครงสร้างของอุตสาหกรรมนี้จึงเป็นเรื่องที่ต้องศึกษา

อุตสาหกรรมสีข้าวแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน เกือบจะเรียกได้ว่าเป็น 3 อุตสาหกรรมเลย เพราะทั้ง 3 ส่วนนี้มีความเป็นอิสระซึ่งกันและกันมากพอสมควร ทั้งนี้จะแบ่งตามขนาดของโรงสี ได้แก่

1. โรงสีขนาดเล็ก กำลังผลิต 1-12 เกวียนต่อวัน(kg/hr)
2. โรงสีขนาดกลาง กำลังผลิต 13-29 เกวียนต่อวัน(kg/hr)
3. โรงสีขนาดใหญ่ กำลังผลิตสูงกว่า 30 เกวียนต่อวัน(kg/hr)

โรงสีขนาดเล็ก

โรงสีขนาดเล็กนั้นหมายถึงโรงสีที่มีกำลังผลิตต่ำกว่า 12 เกวียนต่อวัน โรงสีประเภทนี้มีธุรกิจส่วนใหญ่เป็นเพียงแต่โรงสีรับจ้าง ที่รับจ้างสีข้าวที่ชาวนาบริโภค และมีจำนวนมาก กระจัดกระจายไปทั่วชนบทในท้องถิ่นที่ปลูกข้าวมาก และอาจอยู่ใกล้เคียงโรงสีข้าวขนาดใหญ่ด้วย ซึ่งมีประสิทธิภาพทางเทคนิคสูงกว่า โรงสีขนาดเล็กเหล่านี้สามารถหากินและอยู่รอดได้ เพราะจุดมุ่งหมายในการดำเนินงาน และตลาดของโรงสีเหล่านี้แตกต่างไปจากโรงสีขนาดใหญ่ ตลาดของโรงสีขนาดเล็ก ก็คือ ทำการสีข้าวส่วนที่ชาวนาบริโภคเอง การสีทำในรูปของการบริการ นั่นก็คือ โรงสีจะไม่ซื้อข้าวโดยซื้อขาดจากชาวนาเลยแต่ชาวนาจะนำข้าวเปลือกของตนมาที่โรงสี เจ้าของโรงสีจะนำข้าวเปลือกเข้าโรงสีและจะดำเนินการสีทันที ผลได้ออกมาเป็นข้าวจำนวนเท่าใดก็จะให้คืนแก่ชาวนา ปลายข้าวและรำได้เท่าไรก็จะเก็บไว้เป็นค่าจ้างของโรงสีข้าว ในบางท้องที่ก็จะมีการเก็บค่าสีเป็นเงินอีกถังละ 2 บาทด้วย ฉะนั้น รายได้ที่โรงสีเหล่านี้ได้มักจะเป็นในรูปปลายข้าวและรำ กิจการโรงสีมักจะดำเนินควบคู่ไปกับกิจการเลี้ยงหมู โดยปลายข้าวและรำที่ได้เป็นค่าจ้างสีจะนำไปเป็นอาหารหมู ในหลายราย การเลี้ยงหมูจะเป็นอาชีพหลักของผู้ประกอบการ และโรงสีจะเป็นอาชีพรองเท่านั้นเอง

วิทยาการการสีข้าว

โรงสีข้าวเล็กจะมีสองแบบ ที่เล็กมากๆ เรียกกันว่า โรงสีตู้ ปกติมีกำลังการผลิตประมาณวันละ 1 เกวียน และที่ใหญ่กว่านั้นจะเรียกแบบลูกหิน ในโรงสีตู้นั้น ตัวที่ทำการสีข้าวนั้นจะเป็นลูกกลิ้งเหล็กที่เคลือบด้วยหิน ลูกกลิ้งจะบรรจุอยู่ในกระบอกอันหนึ่ง ตามแนวของกระบอกหุ้มนี้ จะมีแถบยางซึ่งจะยื่นเข้าไปเกือบจะแตะลูกกลิ้งข้างใน วิธีสี ก็คือ ป้อนข้าวเปลือกเข้าไปในกระบอก ข้าวเปลือกนี้ก็จะถูกบีบให้เข้าไปอยู่ระหว่างลูกกลิ้งและแถบยาง เปลือกข้าวก็จะกะเทาะออกมาเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกลบ และจะถูกเป่าออกไปนอกตู้ นอกจากนี้ก็จะได้รำหยาบออกมาด้วย การสีนี้ต้องทำสองขั้น ขั้นแรก คือ กะเทาะเอาแกลบออก ผลผลิตที่ได้ออกมา คือ ข้าวกล้อง แกลบและรำหยาบ ข้าวกล้องนี้ต้องใส่กลับเข้าไปในตู้ใหม่ และใช้ลูกกลิ้งเดียวกันนี้ขัดเอารำออกจากข้าวกล้อง ผลผลิตที่ได้นี้ก็จะเป็นข้าวสารและรำละเอียดพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นเครื่องยนต์ดีเซล หรือไฟฟ้า

อัตราการกะเทาะข้าว คือ ปริมาณข้าวชนิดต่างๆ อันได้แก่ ต้นข้าว ข้าวหัก และปลายข้าวที่ได้จากการกะเทาะข้าวเปลือกแต่ละเกวียน และบางทีก็อาจจะคลุมไปถึงปริมาณรำด้วย อัตราการกะเทาะข้าวที่ได้จากโรงสีขนาดเล็กเหล่านี้นั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยใหญ่ๆ ทางเทคโนโลยี 3 ปัจจัย

1. ความสามารถของเจ้าของในการปรับช่องระหว่างแถบยางกับหิน หรือระหว่างหินกับหิน ถ้าช่องกว้างเกินไป ข้าวจำนวนมากก็จะไม่ถูกสี และจะต้องใส่กลับเข้าเครื่องอีกรอบหนึ่ง ถ้าช่องนั้นแคบเกินไป ข้าวที่จะถูกสีก็จะหักมาก

2. ขนาดโรงสี ถ้าโรงสีมีขนาดใหญ่พอที่จะมีเครื่องแยกข้าวเปลือกจากข้าวกล้อง (หลักจากสีข้าวครั้งแรก) ก็หมายความว่าสามารถมีตัวสีได้สองตัว ตัวแรกจะปรับช่องให้กว้าง ซึ่งหมายถึงข้าวเมล็ดโตๆ จะถูกสี แต่เมล็ดเล็กจะไม่ถูกสีและจะคงสภาพไว้เป็นข้าวเปลือก ซึ่งจะถูกคัดส่งไปตัวสีตัวที่สอง ที่มีการปรับช่องให้แคบลง ถ้าเช่นนั้นอัตราการสีก็จะดีขึ้น

3. ในทุกกรณี อัตราการสีจะขึ้นอยู่กับคุณภาพข้าวเปลือกที่นำมาสีด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งขนาดของเมล็ดข้าวสม่ำเสมอกัน หรือคละกันมาหลายๆ ขนาด ถ้าเป็นประเภทหลัง ข้าวก็จะหักมาก เป็นที่กล่าวกันทั่วไปว่า อัตราการสีของโรงสีขนาดเล็กนี้ต่ำกว่าของโรงสีขนาดกลางและใหญ่มาก และมักจะเชื่อกันว่าเป็นเพราะอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้กับโรงสีเหล่านี้เป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพต่ำ

โรงสีขนาดกลาง

โรงสีขนาดกลางส่วนใหญ่ จะรับสีข้าว(หรือแลกข้าว)จากชาวนา ควบคู่ไปกับการรับซื้อข้าวเปลือกมาสีเป็นข้าวสารเพื่อขายต่อให้พ่อค้าโรงสีขนาดกลาง มักจะใช้หินโม่และกรวยขัดข้าวเช่นเดียวกับโรงสีขนาดเล็กประเภทหลังสุด แต่จะมีกระบวนการบางอย่างเพิ่มขึ้น เช่น การคัดข้าวเปลือกก่อนสี การแยกข้าวเปลือกที่ติดมากับข้าวกล้องในการสีครั้งแรกเพื่อนำไปสีครั้งที่สอง และการคัดเกรดข้าวสารหลังสี เป็นต้น การแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวเปลือก การแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องและการคัดเกรดข้าวสาร อาศัยหลักการและเครื่องมือที่ไม่ต่างกันมากนัก กล่าวคือ ใช้ลมเป่าเพื่อแยกสิ่งเจือปนหรือข้าวเปลือกเมล็ดลีบหรือปลายข้าวซึ่งมีน้ำหนักเบาออกโดยใช้ตะแกรงขนาดต่างๆ เพื่อคัดขนาดข้าวเปลือกและเพื่อแยกเกรดข้าวสารและปลายข้าว โดยใช้เครื่องจักรในการเป่าลมและโยกตะแกรง โรงสีที่มีการแยกข้าวเปลือกที่ติดมากับการสีข้าวครั้งแรกนิยมใช้ลูกกลิ้งยางในการสีครั้งที่สอง เครื่องสีลูกกลิ้งยางจะประกอบด้วยลูกกลิ้งยาง 2 อันวางอยู่ใกล้กัน โดยเวลาสีข้าว ข้าวเปลือกจะผ่านเข้าไปในร่องระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองและจะถูกบีบให้เปลือกหลุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมา นอกจากนี้การขนย้ายข้าวเปลือกและผลิตภัณฑ์ที่สีได้ในแต่ละขั้นตอนจะใช้เครื่องจักรมากขึ้น เครื่องจักรที่ใช้ในการขนย้ายมักใช้กระแสไฟฟ้า แต่เครื่องจักรที่ใช้ในการสีและขัดข้าวมักใช้น้ำมันดีเซลหมุนช้าหรือเครื่องจักรไอน้ำซึ่งใช้ แกลบเป็นเชื้อเพลิง

ข้อมูลในเรื่องอัตราการสีข้าวของโรงสีขนาดกลางก็มีอยู่ไม่มากนักเช่นเดียวกับโรงสีขนาดเล็ก แต่โดยทั่วไปแล้ว อัตราการสีข้าวของโรงสีขนาดกลางจะดีกว่าโรงสีขนาดเล็ก และโรงสีขนาดกลางที่มีการแยกข้าวเปลือกมาสีครั้งที่ 2 ก็จะมีอัตราการสีดีกว่าโรงสีที่สีข้าวเปลือกครั้งเดียวและน่าจะมีอัตราการสีที่ไม่แตกต่างจากโรงสีขนาดใหญ่ เนื่องจากเทคโนโลยีที่ใช้แทบจะไม่ต่างกันเลย ในการรับจ้างสีข้าวของชาวนา โรงสีขนาดกลางมักจะใช้วิธีแลกข้าวโดยคืนข้าวสารให้ชาวนา 600 กิโลกรัมต่อข้าวเปลือก 1 เกวียน ซึ่งคงเป็นหลักฐานยืนยันได้ว่า โรงสีขนาดกลางมีอัตราการสีข้าวที่ดีกว่าโรงสีขนาดเล็กมาก

โรงสีข้าวขนาดใหญ่

โรงสีข้าวขนาดใหญ่มักมีบทบาทสำคัญเฉพาะสัดส่วนของข้าวที่ผ่านระบบการตลาดเพราะข้าวเหล่านี้จะผ่านโรงสีขนาดกลาง ซึ่งมีกำลังผลิตทั้งหมดน้อย และโรงสีขนาดใหญ่ หมายถึงมีการผลิตข้าวเปลือกทั้งสิ้นประมาณ 4 - 6 ล้านตัน จากการผลิตทั้งหมด 14 – 15 ล้านตัน

วิทยาการการผลิต

โรงสีขนาดใหญ่ก็ใช้หินโม่สำหรับสีและกรวยขัดสำหรับขัดข้าว เช่นเดียวกับโรงสีขนาดกลาง ในโรงสีที่ทันสมัยก็มักนิยมใช้ลูกกลิ้งลูกยางสำหรับการสีรอบที่สองเช่นกันพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้มาจากเครื่องจักรไอน้ำ โดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงวิวัฒนาการที่สำคัญในระยะ 10-15 ปีที่แล้วมานี้คือการค่อยๆ เริ่มทดแทนแรงงานมนุษย์ ด้วยแรงงานเครื่องจักร การทดแทนนี้หาได้เกิดขึ้นในด้านการสีหรือการขัดข้าวโดยตรงไม่ แต่เกิดขึ้นในด้านการขนย้ายข้าวเปลือกและข้าวสารภายในโรงงาน ปรากฏจากการสังเกตสถานการณ์อย่างคร่าว ๆ ของผู้เขียนเองว่า การทดแทนนี้เกิดขึ้นรอบๆ กรุงเทพก่อนและค่อยๆ ขยายวงกว้างออกไปจากกรุงเทพฯ

อัตราการสีข้าวระหว่างโรงสีต่างๆ นั้นแตกต่างกันอยู่มาก บางแห่งมีอัตราการสีที่ให้ต้นข้าวมาก บางแห่งก็ให้ต้นข้าวน้อยแตกต่างกันไป ผู้อ่านอาจจะมีข้อสงสัยได้ว่า เพราะเหตุใดโรงสีที่มีอัตราการสีน้อยจึงมีอยู่ได้ เพราะแสดงถึงประสิทธิภาพในการสีข้าวที่ต่ำ จะไม่ถูกการแข่งขันกำจัดออกไปหรือ คำตอบก็มีอยู่สองประเด็นด้วยกัน

1. อัตราการสีที่สูงต่ำนั้น ส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้าว ว่ามีเมล็ดข้าวหลายๆ ขนาดปะปนกันอย่างไร หรือเมล็ดข้าวเปราะมากน้อยแค่ไหน หรือเปลือกข้าวเหนียวมากน้อยเท่าใด ข้าวมีความชื้นเท่าใด ฉะนั้น โรงสีข้าวที่ซื้อข้าวก็จะต้องตีราคาข้าวแตกต่างกันออกไป ถ้าข้าวมีคุณภาพที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะให้อัตราการสีต่ำ โรงสีก็จะตีราคาข้าวให้ต่ำ และโรงสีทุกแห่งก็จะตีให้ต่ำเหมือนกันหมดในกรณีนี้ อัตราการสีที่ต่ำ เกิดจากคุณภาพข้าวที่เลว ผลร้ายก็จะย่อมตกอยู่กับราคาของข้าวที่มีคุณภาพต่ำ

2. อัตราการสีที่ต่ำนั้นอาจจะแสดงถึงประสิทธิภาพที่ต่ำในการสีของโรงสีข้าวเอง ถ้าประสิทธิภาพนี้ต่ำเพราะความบกพร่องของโรงสีเอง โรงสีก็อาจถูกคู่แข่งตีตลาดได้ แต่ในกิจการของโรงสีนี้มีปัญหาอยู่ตรงที่ว่า โรงสีส่วนใหญ่นั้น นอกจากดำเนินการสีข้าวแล้ว ยังเก็บกักข้าวไว้เพื่อเก็งกำไรอีกด้วย ถ้าโรงสีมีประสิทธิภาพการสีที่ดีมาก กำไรที่จะได้เพิ่มขึ้นนั้นจะเพิ่มขึ้นไม่เท่าไร แต่ถ้าเก็งกำไรถูกหรือผิดนั้น กำไรหรือขาดทุนนั้นจะได้ทีละมหาศาล เพราะฉะนั้น บางครั้งโรงสีบางแห่งจึงยังอยู่รอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
เครื่องวัดความชื้นเมล็ดข้าวและเมล็ดข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์

วิธีใช้ตัวอย่าง

ห้ามจับตัวอย่างโดยมือเพราะทำให้ความชื้นที่ได้ไม่ถูกต้องและเมื่อมีข้าวลีบและข้าวไม่ดีต้องเอาออกจากในตัวอย่างโดยคีม

จำนวนเมล็ดพืชที่ใส่จาน

ข้าวเปลือก 12-14 เมล็ด

ข้าวสาร 18-22 เมล็ด

ข้าวสาลี 15-17 เมล็ด

ข้าวบาร์เลย์ 8-10 เมล็ด

วิธีใช้เครื่องวัดความชื้นข้าว

หมุนคันที่จับ เปิดฝาและ ใส่ข้าวเปลือก หลังจากนั้นปิดฝาและหมุนคันที่จับไปด้านบนและด้านล่างโดยหมุนกลับ 2-3 ครั้ง แกลบจะออก หมด

วิธีวัดความชื้น

1. กดสวิตช์เพื่อเปิดสวิตช์โดยไฟสัญญาณจะแสดงที่หน้าจอว่าขณะนี้เครื่องเปิดแล้ว

2. หมุนคันวัดความชื้นขึ้นแบบทวนเข็มนาฬิกา หลังจากนั้นสอดจานที่ใส่ตัวอย่างที่ต้องการทดลองที่ ด้านขวาของเครื่อง ให้สุดแล้วหมุนคันวัดความชื้นลงแบบตามเข็มนาฬิกา จนชนกับ stopper

3. ขณะนี้เครื่องจะออกแสดงความชื้นของเมล็ดข้าวและประมาณ 3 วินาที ไฟสัญญาณแสดงครบ 3 จุดแล้ว จึงอ่านค่าความชันที่เครื่องแสดงออกมา

ข้อควรระวัง

- ขณะที่กำลังอบแห้งเครื่องจะแสดงความชื้นต่ำกว่าความชื้นความจริง
- หลังจากวัดความชื้นแล้วต้องทิ้งตัวอย่างและทำความสะอาดจานที่ใส่ตัวอย่าง และทำความสะอาดจานที่ใส่ตัวอย่าง และด้านล่างคันวัดความชื้น
- การวัดความชื้นของข้าวเปลือกที่มีความชื้น ไม่เกิน 18 % จะต้องวัดความชื้น หลังจากเอาแกลบออก คือ ให้เป็นข้าวกล้องแล้ว จึงนำมาวัดความชื้น

หมายเหตุ

เนื่องจากเครื่องสีข้าว ที่มีใช้อยู่ในเครื่องวัดความชื้นเสีย จึงต้องทำการกะเทาะเมล็ดข้าวเองโดยใช้ ท่อนเหล็กทรงกระบอก บดข้าวเปลือกลงบนแผ่นเหล็ก จึงจะได้เมล็ดข้าวออกมาทำการ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองสำหรับการทดลองนี้ใช้เมล็ดข้าวในการทดลองจำนวน 18 เมล็ดใส่ลงไปในจานใส่ตัวอย่าง แล้วจึงนำไป ทดลองหาความชื้นของข้าว

สำหรับในด้านความชื้นนั้น ถ้าความชื้นสูงหรือต่ำกว่ามาตราฐาน (มาตราฐานความชื้นที่เหมาะสม 13-14%) อัตราการกะเทาะจะได้ข้าวสารน้อยกว่าที่ควรจะได้ อุณหภูมิของอากาศขณะทำการกะเทาะข้าวเปลือกก็มีส่วนทำให้ได้ข้าวสารแตกต่างกัน เช่น ถ้านำข้าวเปลือกมาสีในช่วงอุณหภูมิที่สูง (ตอนบ่าย) จะได้อัตราการกะเทาะออกมาเป็นข้าวสาร น้อยกว่าการกะเทาะในตอนเช้าหรือ ตอนกลางคืนเอาแกลบออก คือ ให้เป็นข้าวกล้องแล้ว จึงนำมาวัดความชื้น

รูป ข.1 แสดงเครื่องวัดความชื้นเมล็ดข้าวและเมล็ดข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ (Shizuoka Seiki รุ่น CR-2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
การทดลองเพื่อหาความเร็วลม

วัตถุประสงค์

เพื่อหาความเร็วลมที่เหมาะสมในการคัดแยกแกลบออกจากเมล็ดและข้าวหัก

อุปกรณ์

1. ข้าวเต็มเมล็ด, ข้าวหัก, แกลบ
2. เครื่องทดสอบความเร็วลมในท่อ
3. เครื่องวัดความเร็วลม (Kanomax Anemomaster model-6631)

วิธีการทดลอง

1. คัดแยกข้าวเปลือก ข้าวหัก ข้าวเต็มเมล็ด และแกลบออกจากกัน
2. นำข้าวเต็มเมล็ดจำนวน 10 เมล็ดไปวางที่ตะแกรงในท่อลมของเครื่อง แล้วเปิดเครื่องสังเกตดูเมล็ดข้าวลอยขึ้นทั้งหมดหรือไม่ หากลอยขึ้นทั้งหมดให้ใช้เครื่องวัดความเร็วลมวัดความเร็วลม ถ้าหากข้าวไม่ลอยขึ้นให้ปรับความเร็วมอเตอร์เพิ่มขึ้น แต่ถ้าข้าวปลิวออกนอกท่อ ให้ปรับความเร็วมอเตอร์ลดลงจนกระทั่งข้าวลอยพ้นตะแกรงทุกเมล็ดประมาณ 1-2 เซนติเมตร
3. จดบันทึกผลการทดลอง ทำซ้ำ 5 ครั้ง
4. ทำซ้ำข้อ1-3 โดยเปลี่ยนข้าวเต็มเมล็ดเป็น ข้าวหัก และแกลบ

รูปที่ ค.1 แสดงเครื่องทดสอบความเร็วลมในท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ค.2 แสดงเครื่องวัดความเร็วลม

ผลการทดลอง

ตารางที่ ค.1 แสดงผลการทดลองเพื่อหาความเร็วลม

กลุ่มที่	น้ำหนัก (g)		ความเร็วลม (m/s)		
	ข้าวเต็มเมล็ด	ข้าวหัก	ข้าวเต็มเมล็ด	ข้าวหัก	แกลบ
1	0.14	0.10	9.22	8.51	3.01
2	0.11	0.10	9.42	9.02	3.76
3	0.11	0.09	9.36	8.38	4.17
4	0.13	0.10	9.23	8.42	3.52
5	0.10	0.11	9.16	8.75	3.21
เฉลี่ย	0.118	0.10	9.28	8.62	3.53

หมายเหตุ - เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 0.15 เมตร

-อุณหภูมิในการทดลอง 28 $^{\circ}$C

จากสูตร $Q = A v$

$Q_{\text{ของข้าวเต็มเมล็ด}} = \pi(0.15/2)^2 * 9.28$

$= 0.164\ m^3/s$

$= 9.84\ m^3/min$

$Q_{\text{ของข้าวหัก}} = \pi(0.15/2)^2 * 8.65$

$= 0.1523\ m^3/s$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= 9.138 \ m^3/min$

$Q_{ของแกลบ} = \pi(0.15/2)^2 * 3.53$

$= 0.0624 \ m^3/s$

$= 3.744 \ m^3/min$

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่า ความเร็วที่จะทำให้สามารถดูดแกลบได้โดยไม่ดูดข้าวหักและข้าวเต็มเมล็ดไปด้วย คือ ความเร็วระหว่าง 3.53 - 8.62 m/s และมีอัตราการไหลของลมเท่ากับ 3.744 m^3/min - 9.138 m^3/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

การสำรวจตลาด

รายการ	ขนาด	ราคา
ลูกยาง	4 นิ้ว	* 200 บาท /1 ลูก
โบลว์เวอร์	ϕ 2.0 นิ้ว	* 700 บาท / 1 ชิ้น
		* 750 บาท / 1 ชิ้น
		*1200 บาท / 1 ชิ้น
	ϕ 2.5 นิ้ว	*1500 บาท / 1 ชิ้น
มอเตอร์	0.5 Hp 2 สาย	* 2055 บาท
		* 1776 บาท
	0.5 Hp 3 สาย	* 2275 บาท
		* 2120 บาท
	1.0 Hp 2 สาย	* 3724 บาท
		* 2984 บาท
	1.0 Hp 3 สาย	* 2635 บาท
		* 2120 บาท

ตารางที่ ง.1 แสดงราคาของ ลูกยาง โบลว์เวอร์ และ มอเตอร์ ตามท้องตลาด

หมายเหตุ

* ห้างหุ้นส่วนจำกัด ยงค์รุ่งเรือง วงเวียนโอเดี่ยน

* ห้างหุ้นส่วนจำกัด โลหะกาญจน์ แมชชีนเนอร์รี่ ถ.เจริญกรุง โทร. 2218341, 2217269 , 2220776 , 2243837

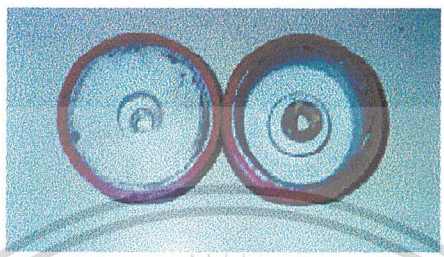
* ร้าน ส.มิตรสหาย ถ.มหาจักร โทร.2245429,2243537

* ร้าน แสงไทย ถ.มหาจักร

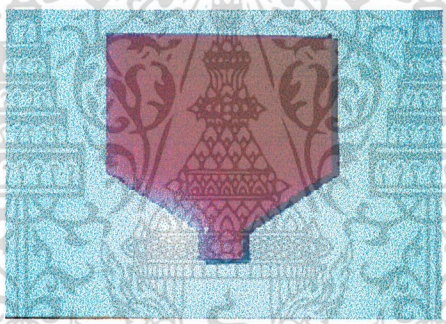
* บริษัททองไทย เวิ้งนาครเขษม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

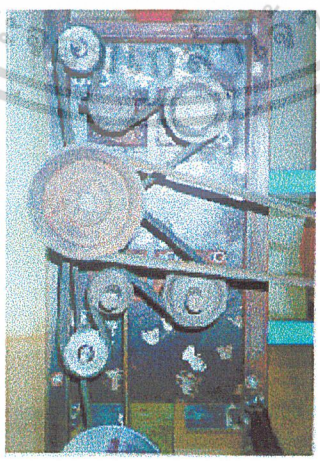
ภาคผนวก จ.
ภาพแสดงส่วนประกอบต่างๆของเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก



รูป จ.1 แสดงแบบของลูกยางขนาด 4 นิ้ว



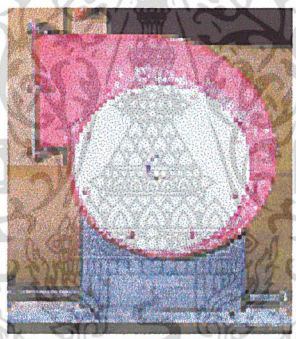
รูป จ.2 แสดงแบบของถังใส่ข้าว



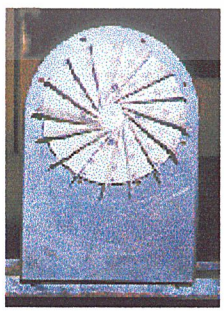
รูป จ.3 แสดงแบบของแผงหลัง

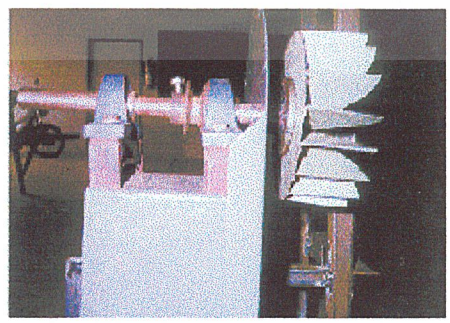
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป จ.4 แสดงแบบของแผงหน้า



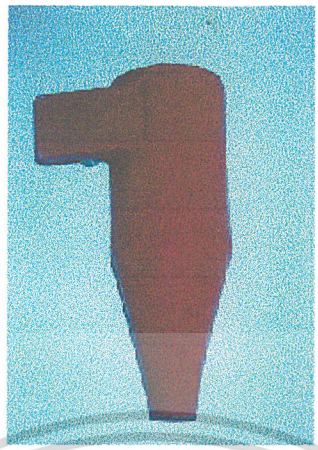
รูป จ.5 แสดงแบบของโครงโบล์วเวอร์





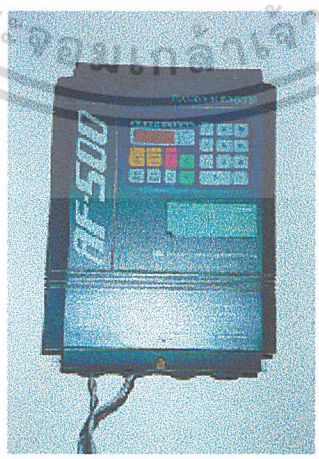
รูป จ.6 แสดงแบบของใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ[illegible]ม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



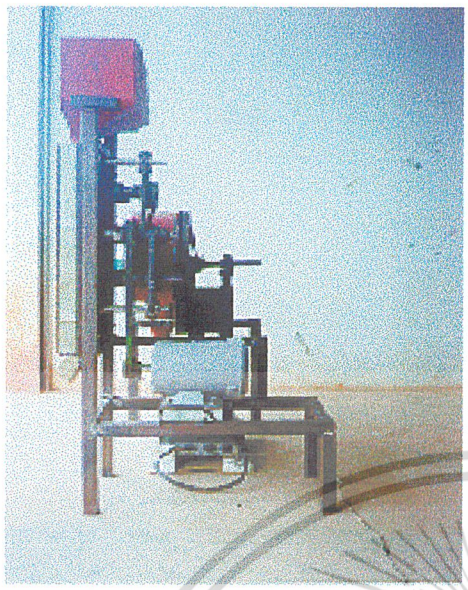
รูป จ.7 แสดงแบบของไซโคลน

รูป จ.8 แสดงแบบของมอเตอร์



รูป จ.9 แสดงแบบของ invertor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



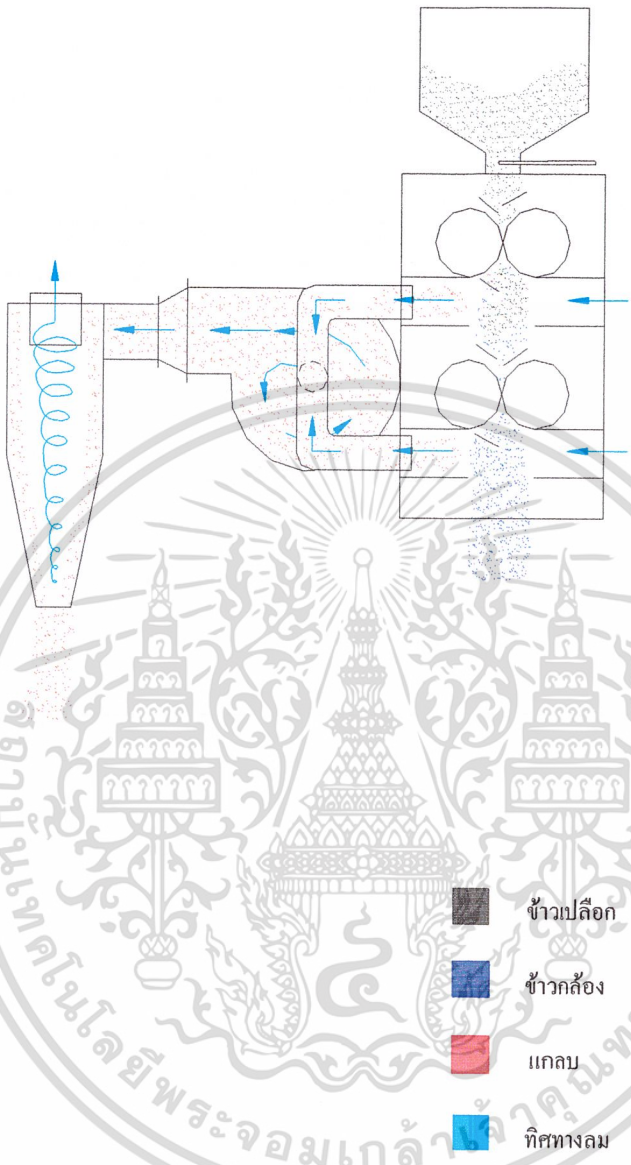
รูป จ.10 แสดงแบบด้านข้างของเครื่อง

รูป จ.11 แสดงแบบด้านหลังของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป จ.12 แสดงแบบด้านหน้าของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป จ.13 แสดงหลักการทำงานของเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์ ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายๆ ท่านดังนี้

อ. พิชิต กิตตินนท์ , รศ. เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี , อ. จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์ ที่ได้ให้คำแนะนำ และคำปรึกษาในการทำโครงงานเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็ก

พี่ตุ่ม พี่โต้ง พี่อ๊อด พี่ไก่ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในการสร้างเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กให้สำเร็จลงด้วยดี

พี่ติ๊ก พี่แฝด พี่น้อยที่ให้ความสะดวกในการเบิกค่าใช้จ่ายของโครงงาน เบิกยืมเครื่องมือต่างๆ และคำแนะนำทางด้านอื่นๆ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้ห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์ต่างๆ

คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ เรื่อง เครื่องสีข้าวแบบโม่หิน

เพื่อนๆ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกคนที่คอยให้กำลังใจ

น้องปลา และน้องๆทุกคน ที่มาช่วยทำงานตั้งแต่เช้าถึงเย็นและงานเบ็ดเตล็ดอื่นๆ

ทางคณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านมา ณ ที่นี้ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนทำให้เครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กสำเร็จลงด้วยดี และทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์เล่มนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้อ่านไม่มากก็น้อย คุณความดีที่เกิดจากปริญญานิพนธ์นี้ ขอมอบแด่ท่านอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาตราบจนวันสุดท้ายของการศึกษา

ผู้จัดทำ

1. นายกรศิลป์ เก่งเขตรกิจ
2. นางสาวสิตาพร สายแสงจันทร์
3. นายสุชาติ ศรีไวพจน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. กิตติ พิทักษ์วีระกุล บัญชร นามธรรม และไพฑูรย์ ดอกไม้ศรีจันทร์ , " โครงการวิศวกรรมเกษตร ปีการศึกษา 2530 เรื่อง เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวขนาดเล็ก (MINI RICE HUSKER) " ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน , พ.ศ. 2525
3. ผ.ศ.ชาญ มงคล , " ข้าว " , หน่วยศึกษานิเทศน์ กรมการฝึกหัดครู กรุงเทพฯ , พ.ศ. 2536
4. สุพจน์ แจ้งเร็ว , " ข้าววัฒนธรรมการเปลี่ยนแปลง" , เอี่ยมทองดี-บรรณาธิการ มติชน , พ.ศ. 2538
5. กรมวิชาการเกษตร , " ข้าวพันธุ์ดี " , กองแผนงาน กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ , พ.ศ. 2527
6. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ สาทิบ รัตนภาสกร , "สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ " คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2538
7. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ , "วิศวกรรมขนถ่ายวัสดุ (1A 315 Materials Handing Engineering) เล่ม 2 (บทที่ 9-12) " , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2540
8. แคตตาล็อกโบลเวอร์ของยี่ห้อ VENZ INDUSTRIAL VENTILATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้