บทที่ 4
ผลและการวิจารณ์

ผลและการวิจารณ์ เรื่อง การพัฒนาแหล่งพลังงานเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเตาเผาแกลบ ประกอบด้วย

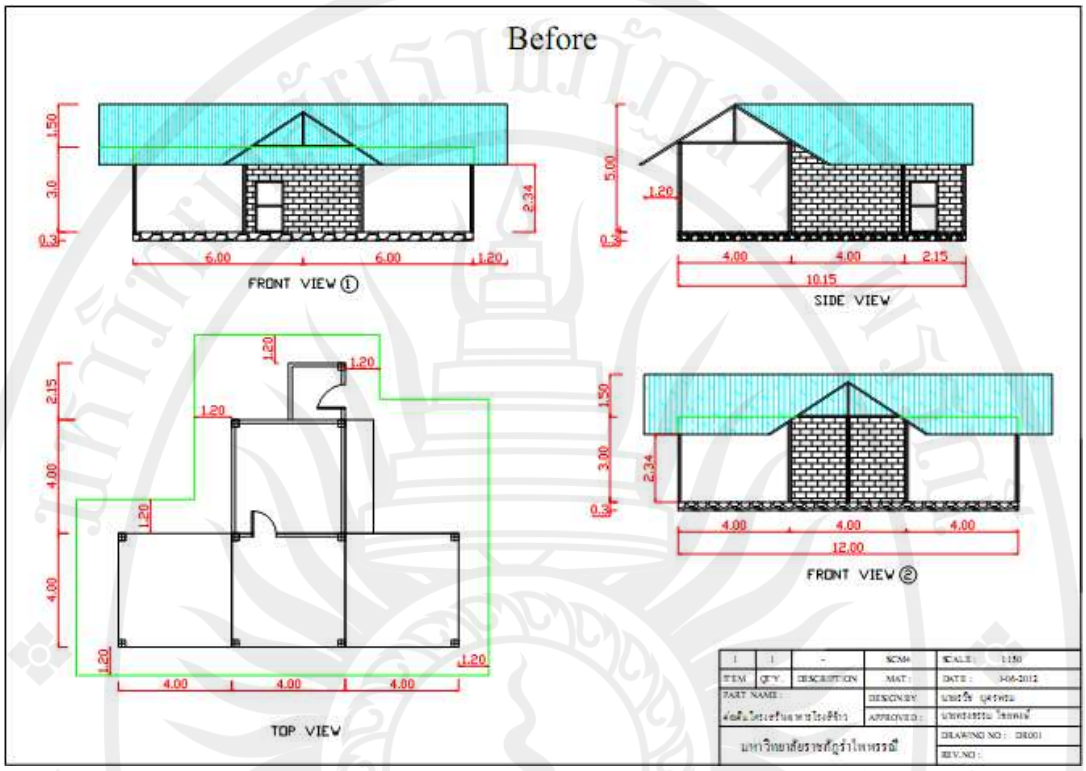
1. การศึกษากระบวนการผลิตของโรงสีข้าว อัตราการผลิต และพื้นที่ในการติดตั้งเครื่องอบข้าวและเตาเผาแกลบ
2. การปรับปรุงพื้นที่เพื่อติดตั้งเตาเผาแกลบและเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก
3. การสร้างเตาเผาแกลบ
4. การออกแบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน
5. การทดสอบเตาเผาแกลบ
6. การทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก
7. การตรวจสอบคุณภาพข้าว
8. ค่าใช้จ่ายในการอบข้าวเปลือก
9. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม
10. การใช้ประโยชน์ขี้เถ้าแกลบ
11. สรุปข้อดีข้อเสียและการใช้งานของเกษตรกร

การศึกษากระบวนการผลิตของโรงสีข้าว อัตราการผลิต และพื้นที่ในการติดตั้งเครื่องอบข้าวและเตาเผาแกลบ

จากการสอบถามข้อมูลกับผู้ใหญ่บ้านและตัวแทนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกวียนหัก สามารถสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. โรงสีชุมชนมีกำลังการผลิต 1,500 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อสัปดาห์ ซึ่งจะได้แกลบ 300 กิโลกรัม (20 % ของน้ำหนักข้าวเปลือก)
2. ในพื้นที่มีการปลูกข้าวปีละ 2 ครั้ง แสดงว่า การปลูกข้าวนาปีและนาปรัง
3. แกลบที่มีไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น ซึ่งตอนแรกมีการแรกเปลี่ยนแกลบและปุ๋ยกับกลุ่มโรงปุ๋ยของไทรนอง เพื่อนำไปเผาเพื่อทำปุ๋ย ซึ่งเป็นช่วงการทดลอง ซึ่งตอนนี้แกลบมีพอเพียงที่ใช้ในการทำวิจัย
4. พื้นที่ในการทำวิจัยมีอาคารโรงเรือนแต่พื้นที่มีการใช้งาน ซึ่งถ้ามีการทำวิจัยต้องต่อเติมหลังคาโรงเรือนให้สอดคล้องในการกับการผลิต ดังภาพประกอบ 9

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

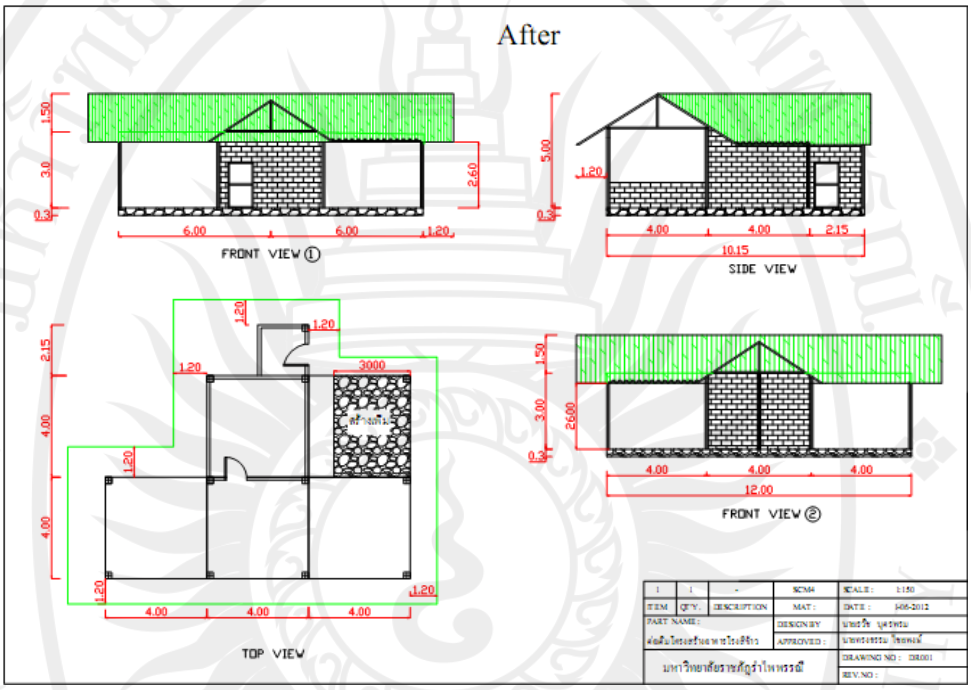


ภาพประกอบ 9 แผนผังโรงสีข้าวชุมชนเดิม

ภาพประกอบ 10 พื้นที่โรงสีข้าวชุมชนเดิมก่อนทำการวิจัย

การปรับปรุงพื้นที่เพื่อติดตั้งเตาเผาแกลบและเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก

ทำการต่อเติมโรงสีข้าวเพื่อเป็นที่ตั้งของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกและเตาเผาแกลบ โดยทำการต่อเติมหลังคาและเทพื้นด้วยปูนซีเมนต์เท่าระดับพื้นเดิมเป็นพื้นที่ 12 ตารางเมตร



ภาพประกอบ 11 แผนผังโรงสีข้าวชุมชนที่ทำการต่อเติม

ภาพประกอบ 12 เชื่อมหลังคาเดิมและหลังคาใหม่ที่ทำการต่อเติม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การสร้างเตาเผาแกลบ

จากการตรวจเอกสารพบว่า มีเตาเผาแกลบที่มีหลักการ ขนาดและต้นทุนที่เหมาะสมกับวิทยานิพนธ์นี้ โดยวิบูลย์ เทเพนทร์ และคณะ (2547 : 45) กล่าวว่า เพื่อลดต้นทุนของเตาลมร้อนให้เหมาะกับเกษตรกร ในการออกแบบเตาจึงได้เลือกเตาแบบตะกรับให้ความร้อนทางตรง ตะกรับ หมายถึง ดินเผาหรือเหล็กเป็นแผ่นเจาะเป็นรู ๆ สำหรับรองถ่านเพื่อให้ลมเดินผ่านได้และขี้เถ้าตกลงข้างล่าง โดยมากใช้กับเตาอั้งโล่หรือเตาหม้อน้ำเรือกลไฟ เป็นต้น (ภาพประกอบ 11) ดังนั้น เตาแบบตะกรับคือเตาที่มีตะแกรงเพื่อใช้วางเชื้อเพลิงสำหรับจุดไฟในเตา ซึ่งมีข้อดีคือสร้างง่าย ราคาถูก แต่มีข้อเสียคือเชื้อเพลิงที่นำมาใช้จะต้องมีความชื้นต่ำ และมีขี้เถ้าแกลบปนไปกับอากาศร้อน เพื่อแก้ปัญหาเรื่องขี้เถ้าแกลบ รวมทั้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา จึงได้ออกแบบให้ห้องเผาไหม้ที่อยู่ด้านบนของเตาตะกรับเป็นห้องเผาไหม้แบบไซโคลน เตาแบบไซโคลน คือ เตาที่พัฒนาขึ้นจากพื้นฐานของไซโคลน โดยปกติไซโคลนทำหน้าที่ดักฝุ่นโดยอาศัยครีบและการหมุนวนของอากาศ เตาทั่วไปจะเผาไหม้เฉพาะบริเวณที่จุดไฟ ฝุ่นละอองจะลอยออกไปทางช่องระบาย เตาแบบไซโคลนมีหลักการ คือ ผสมเชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กเข้ากับกระแสอากาศ เมื่อเกิดการเผาไหม้จะมีฝุ่นละอองลอยขึ้นตามความร้อนของอากาศ ครีบจะทำให้เกิดการหมุนวนและเกิดการเผาไหม้ของฝุ่นละอองนั้นอีกครั้งในไซโคลน ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ (ภาพประกอบ 12) โดยทำหน้าที่ทั้งเป็นชุดดักฝุ่นละอองและเป็นชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ในการออกแบบได้ตั้งสมมุติฐานว่าเตาเผาแกลบที่ออกแบบซึ่งเป็นแบบตะกรับผสมกับเตาแบบไซโคลนจะสามารถลดพื้นที่ตะกรับเตาลงได้ 50 % เนื่องจากมีห้องเผาไหม้แบบไซโคลนซึ่งอยู่ด้านบนจะช่วยให้การเผาไหม้แกลบให้สมบูรณ์ดีขึ้น ดังนั้น พื้นที่ตะกรับเตาจะเท่ากับ 0.4 $ม^2$ ห้องเผาไหม้ด้านบนแบบไซโคลนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 ม. สูง 1.2 ม. ทำ ด้วยเหล็กแผ่นหนา 3.2 ม.ม. ที่แกนกลางมีท่อลมร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 ม. และครีบบังคับลมจำนวน 4 ใบ เพื่อให้ลมหมุนวนภายในห้องเผาไหม้ เหวี่ยงฝุ่นเถ้าให้ติดผนังห้องเผาไหม้และออกไปทางชุดดักฝุ่นที่อยู่ด้านบน ลมร้อนที่สะอาดจะไหลย้อนลงด้านล่างภายในท่อลมร้อน เพื่อต่อไปยังเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกต่อไป ปริมาณความร้อนที่ได้ 50 - 100 กิโลวัตต์ ดังภาพประกอบ 13

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 13 ตะกรับสำหรับใช้กับเตาอั้งโล่

ที่มา : Tengpong. ออนไลน์. 2553

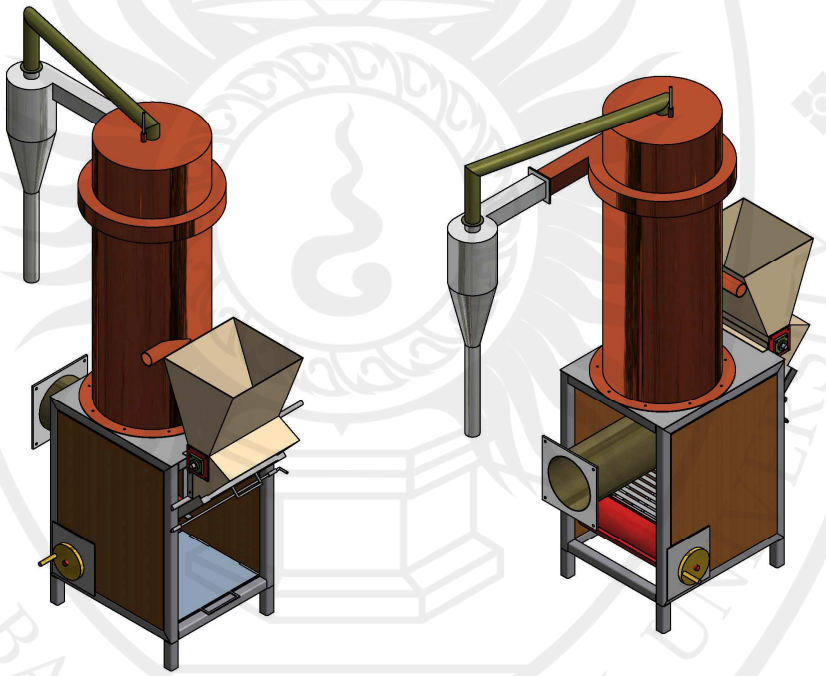
ภาพประกอบ 14 เตาเผาแกลบแบบไซโคลน

ที่มา : thephoenix99.com. ออนไลน์. ม.ป.ป.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

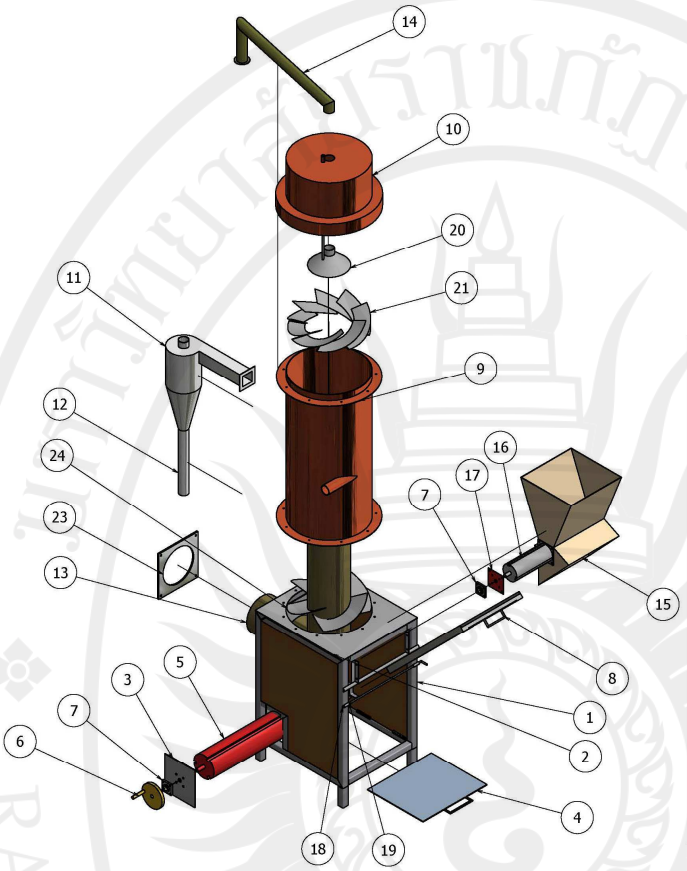
หลังจากติดต่อประสานงานและขออนุญาตเจ้าของผลงาน และได้รับความอนุเคราะห์แบบพิมพ์เขียว เพื่อนำมาสร้าง จึงดำเนินการสร้างเตาเผาแกลบโดยสร้างส่วนโครงของตะกรับ ส่วนไซโคลนและนำมาติดตั้งที่โรงสีเพื่อก่ออิฐมอญเป็นผนังเตาตะกรับ

นอกจากนี้ได้มีการปรับแก้แบบพิมพ์เขียวบางส่วนเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานและความประหยัดในการสร้าง เช่น ปรับลดขนาดโดยรวมเพื่อให้เหมาะสมกับโรงเรือน ระบบป้อนแกลบและนำขี้เถาแกลบออก เดิมจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าและควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ได้ปรับมาใช้มือหมุนเพื่อความประหยัดในการสร้าง พัดลมที่ใช้พาลมร้อนจากเตาไปสู่เครื่องอบ เดิมเป็นพัดลมแบบไหลตามแกนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว ได้ปรับเปลี่ยนมาใช้พัดลมแรงเหวี่ยงขนาดใบพัด 6 นิ้วแทน เพื่อความประหยัดและลดพื้นที่ในการติดตั้ง

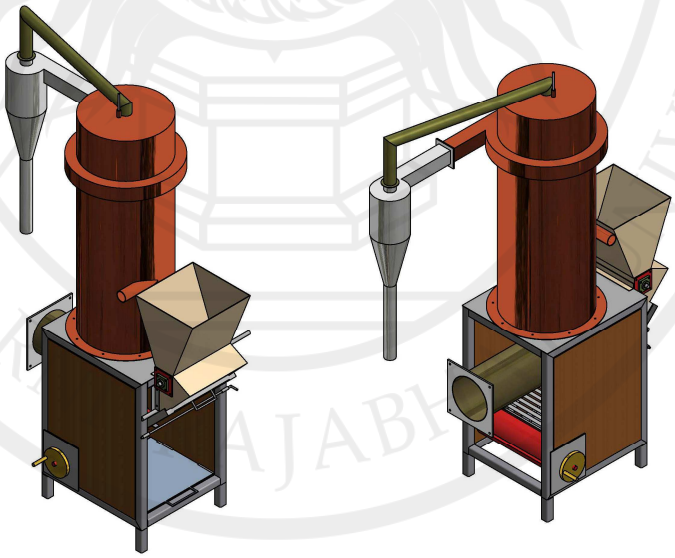


ภาพประกอบ 15 เตาเผาแกลบแบบเตาตะกรับผสมกับเตาแบบไซโคลน
ที่มา : วิบูลย์ เทเพนทร์ และคณะ (2547 : 47)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	โครงเตา
2	1	แผ่นปิดด้านบน
3	1	หน้าแปลนยึดใบกวาด A3
4	1	แผ่นปิดด้านล่าง
5	1	ใบกวาดซีเล่า
6	1	มือปรับ
7	2	UCF305 / 205
8	1	ตะกรับเตา
9	1	ห้องดัก C
10	1	ห้องดัก D
11	1	ห้องดัก E
12	1	ท่อ01
13	1	ท่อลมร้อน
14	1	ท่อ02
15	1	ชุดป้อนแกลบ F1
16	1	ชุดป้อนแกลบ F2
17	1	ชุดป้อนแกลบ F3
18	1	Frame 03
19	2	Frame 04
20	1	กรวยปรับลม
21	1	ใบพัด 01
23	1	Support ท่อร้อน
24	1	ใบพัดด้านล่าง



ภาพประกอบ 16 ส่วนประกอบเตาเผาแกลบแบบแบบตะกรับผสมกับเตาแบบไซโคลนที่สร้างขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

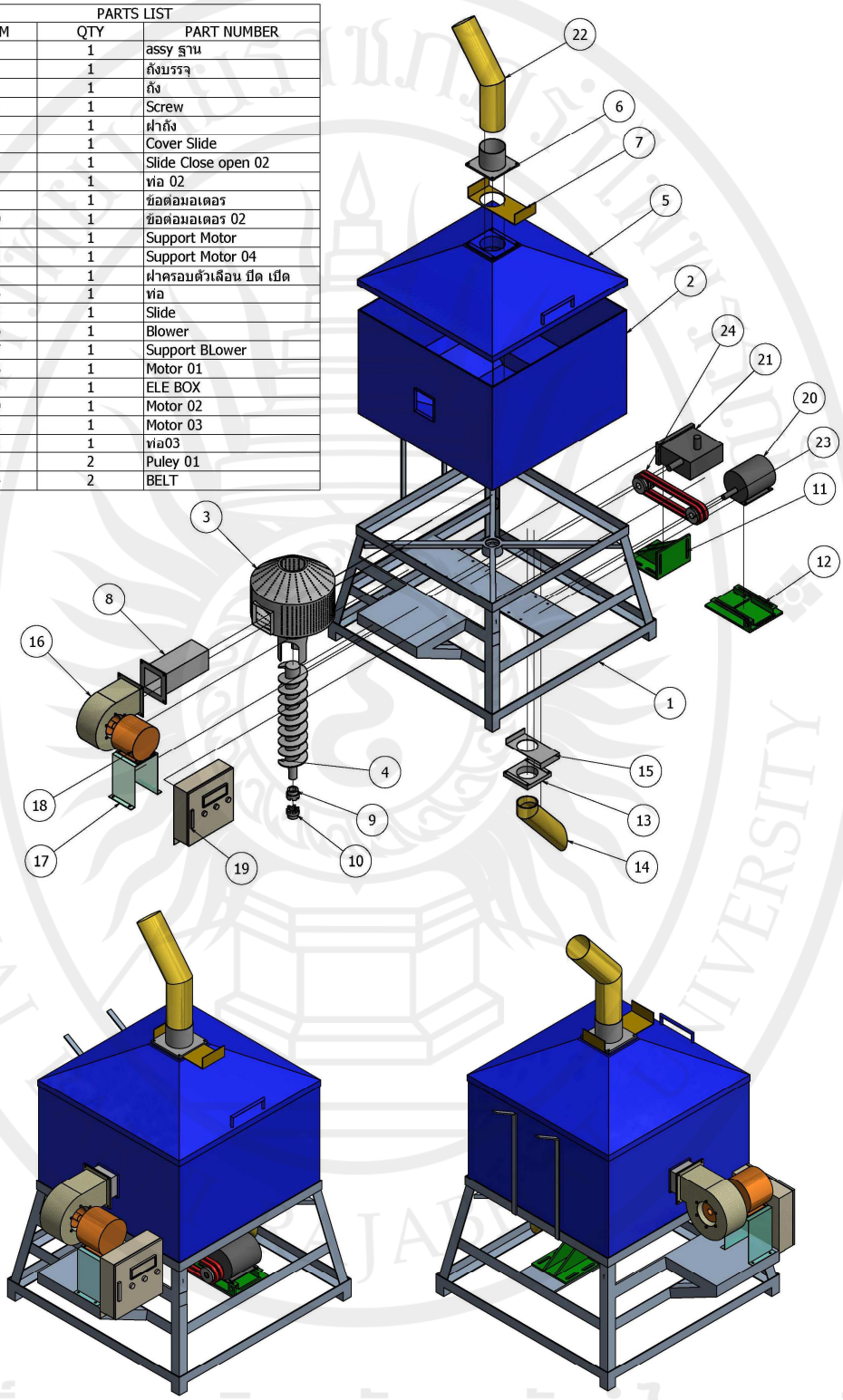
ภาพประกอบ 17 เตาเผาแกลบแบบแบบตะกรับผสมกับเตาแบบไซโคลนที่สร้างขึ้น

การออกแบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน

เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน มีส่วนประกอบคือ ถังบรรจุข้าวเปลือกทำด้วยเหล็กแผ่นขึ้นรูปเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ส่วนบนเป็นฝาเปิด-ปิด ส่วนล่างเป็นทรงปิรามิดคว่ำ มีท่อเพื่อนำข้าวออกจากถัง ส่วนกลางถังมีพัดลมและท่อลมทำด้วยตะแกรงเป็นรูปทรงกระบอกวางซ้อนอยู่ภายใน ลมร้อนจะถูกเป่าออกจากรูตะแกรงผ่านเมล็ดข้าวเปลือกออกสู่ภายนอก เมล็ดข้าวเปลือกจะหมุนเวียนผ่านลมร้อน โดยเกลียวขนถ่ายจะทำหน้าที่ลำเลียงข้าวเปลือกจากก้นถังสู่ด้านบนของถัง และไหลผ่านลมร้อนกลับสู่ก้นถังหลาย ๆ เที่ยวจนกว่าจะได้ความชื้นที่ต้องการ ความจุของถังที่ออกแบบสามารถบรรจุข้าวเปลือกได้ประมาณ 200 กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	assy ฐาน
2	1	ถังบรรจุ
3	1	ถัง
4	1	Screw
5	1	ฝาถัง
6	1	Cover Slide
7	1	Slide Close open 02
8	1	ท่อ 02
9	1	ข้อต่อมอเตอร
10	1	ข้อต่อมอเตอร 02
11	1	Support Motor
12	1	Support Motor 04
13	1	ฝาครอบตัวเลือน บีด เบีด
14	1	ท่อ
15	1	Slide
16	1	Blower
17	1	Support BLower
18	1	Motor 01
19	1	ELE BOX
20	1	Motor 02
21	1	Motor 03
22	1	ท่อ03
23	2	Puley 01
24	2	BELT



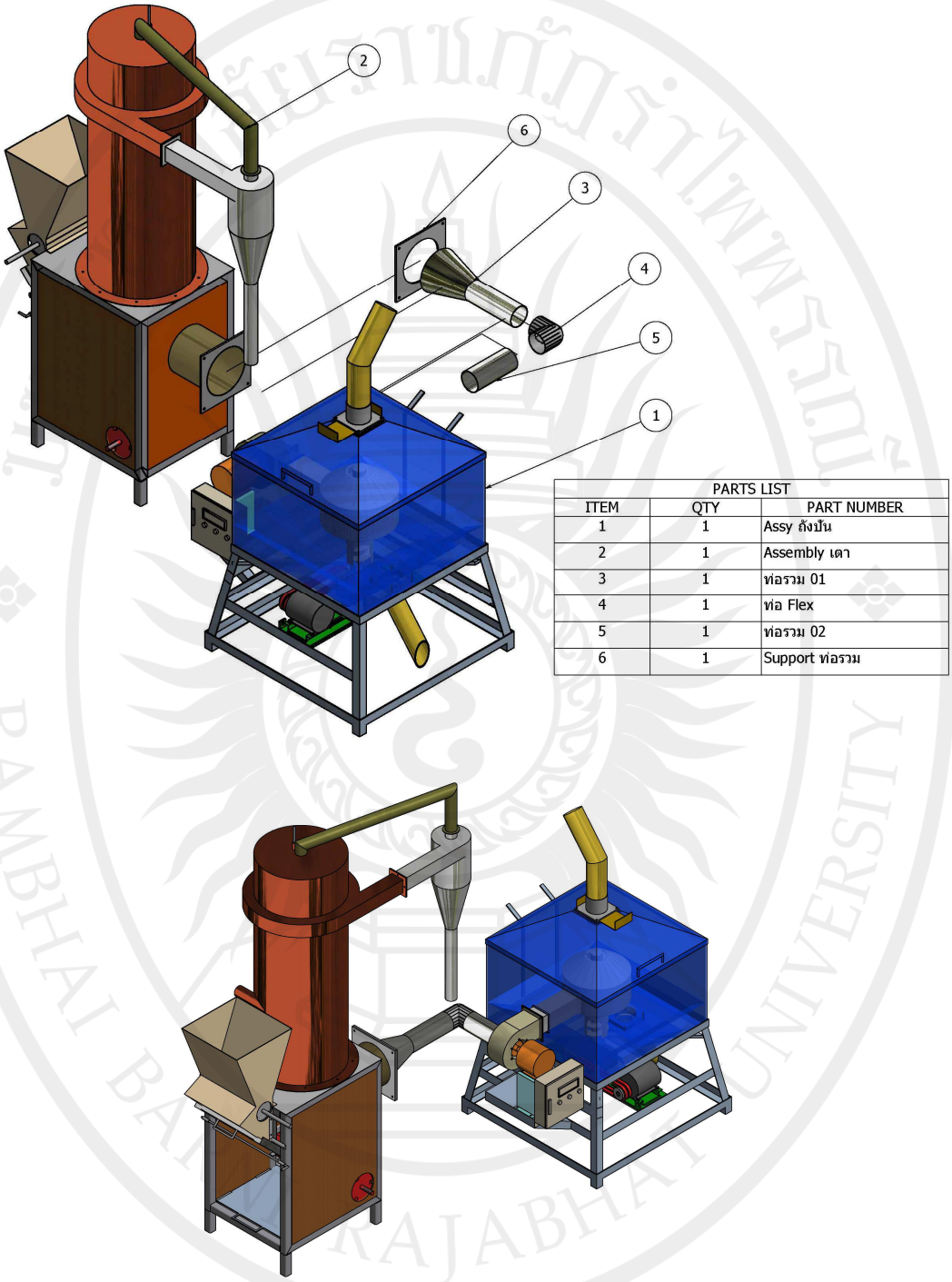
ภาพประกอบ 18 ส่วนประกอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 19 เคลื่อนย้ายเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน

ภาพประกอบ 20 ติดตั้งเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Assy ถังปั่น
2	1	Assembly เตา
3	1	ท่อรวม 01
4	1	ท่อ Flex
5	1	ท่อรวม 02
6	1	Support ท่อรวม

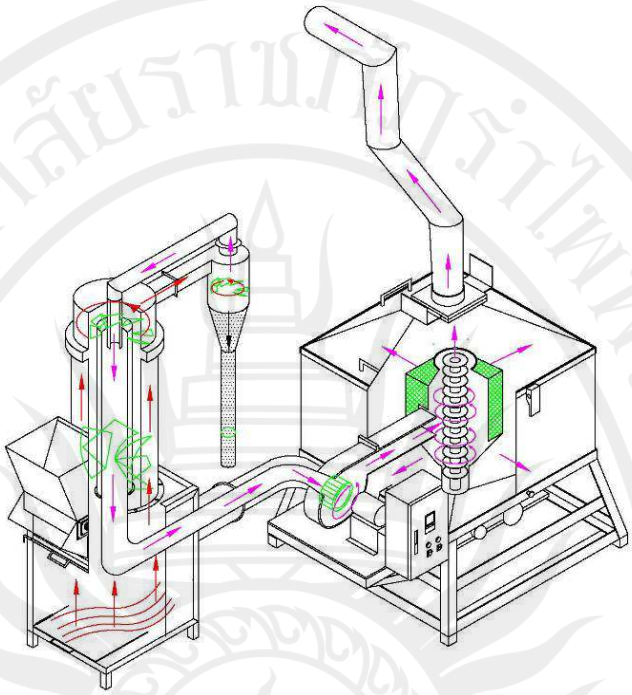
ภาพประกอบ 21 ส่วนประกอบอุปกรณ์การเชื่อมต่อระหว่างเตาเผาแกลบแบบเตาตะกรับผสมกับเตาแบบไซโคลนและเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 22 ติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่อและทาสีรองพื้นของเครื่อง

ภาพประกอบ 23 ตำแหน่งการติดตั้งก่อนเตาเผาแกลบแบบเตาตะกรับผสมกับเตาแบบไซโคลนและเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



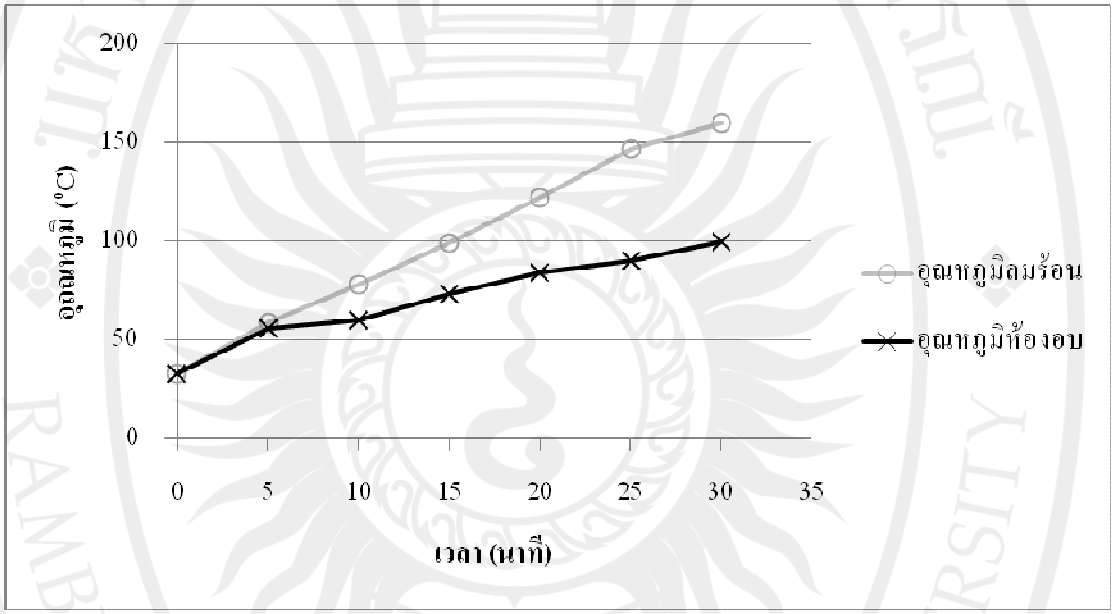
ภาพประกอบ 24 ทิศทางการไหลของลมความร้อนจากเตาเผาแกลบแบบเตาตะกรับผสมกับเตาแบบไซโคลนเข้าเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน

ภาพประกอบ 25 เชื่อมต่อเตาเผาแกลบแบบเตาตะกรับผสมกับเตาแบบไซโคลนและเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การทดสอบเตาเผาแกลบ

ผลการทดสอบเตาผาแกลบพบว่าต้องใช้เวลาจุดเตาประมาณ 30 นาที จึงจะให้อุณหภูมิลมร้อนประมาณ 160 °C ส่วนอุณภูมิในห้องอบประมาณ 100 °C และการจุดเตาจะใช้เศษวัสดุเหลือใช้ เช่น กระดาษ ใบไม้ กิ่งไม้ แกลบ ฟางข้าวเป็นต้น ใส่ลงในช่องใต้ตะแกรง แล้วจุดไฟ เริ่มป้อนแกลบลงห้องเผาไหม้ เปลวไฟจะลุกไหม้และลามไปทั่วเตา ในช่วงแรกจะมีควันไฟสีขาว เนื่องจากความชื้นในแกลบ ต่อมาเมื่อแกลบลุกไหม้ดีแล้วจะไม่มีควัน



ภาพประกอบ 26 ความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิของลมร้อนและอุณหภูมิในห้องอบ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 27 ทดสอบเตาเผาแกลบแบบแบบตะกรับผสมกับเตาแบบไซโคลนที่สร้างขึ้น

ภาพประกอบ 28 ฮอบเปอร์ใส่แกลบเพื่อป้อนลงตะกรับเผาแกลบ

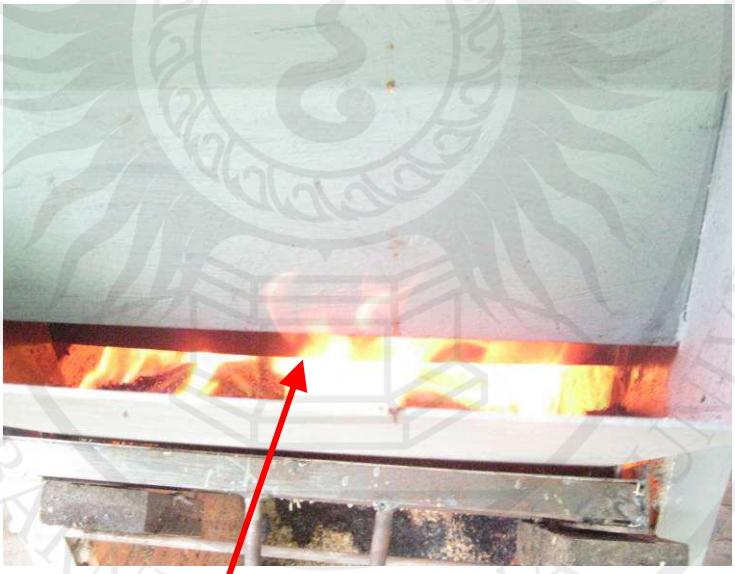
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 29 การวัดค่าความชื้นข้าวเปลือกก่อนอบและหลังอบซึ่งในมิเตอร์วัดค่าวัดได้ 24.6 %

ภาพประกอบ 30 ลักษณะการจุดเชื้อเพลิงเพื่อเผาแกลบ โดยใช้กระดาษเป็นเชื้อเพลิง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 31 ลักษณะการติดไฟของแกลบ ซึ่งจะให้ความร้อนทุกชั้นของช่องตะกรับ



ภาพประกอบ 32 ลักษณะเปลวไฟของการเผาแกลบ ซึ่งเป็นช่วงแกลบติดไฟ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 33 การวัดค่าความร้อนขณะแกลบไหม้ โดยใช้เครื่องมือวัดแบบเลเซอร์ 353 °C

ภาพประกอบ 34 การตั้งอุปกรณ์ตัดต่อการทำงานของสกรู โดยตั้งทำงาน 5 นาทีและหยุดการทำงาน 1 นาที

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 35 1 การติดตั้งโบเวอร์ และ 2 หัววัดอุณหภูมิวัดลมร้อน

ภาพประกอบ 36 การทำงานเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียนแลกเปลี่ยนความร้อนของข้าวเปลือกและลมร้อนจากเตาเผาแกลบ

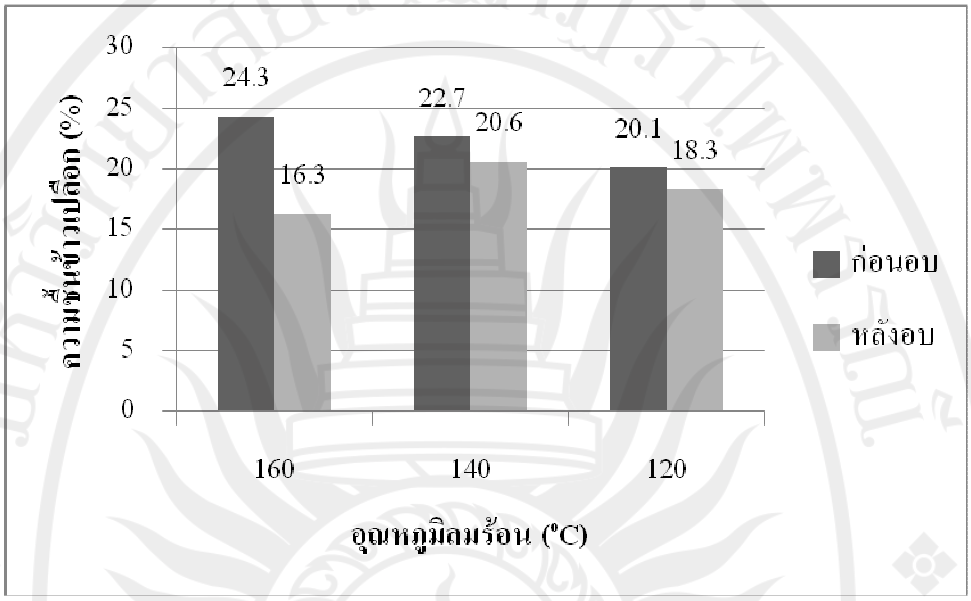
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 37 การระบายข้าวออกจากถังหลังจากอบข้าวเสร็จ

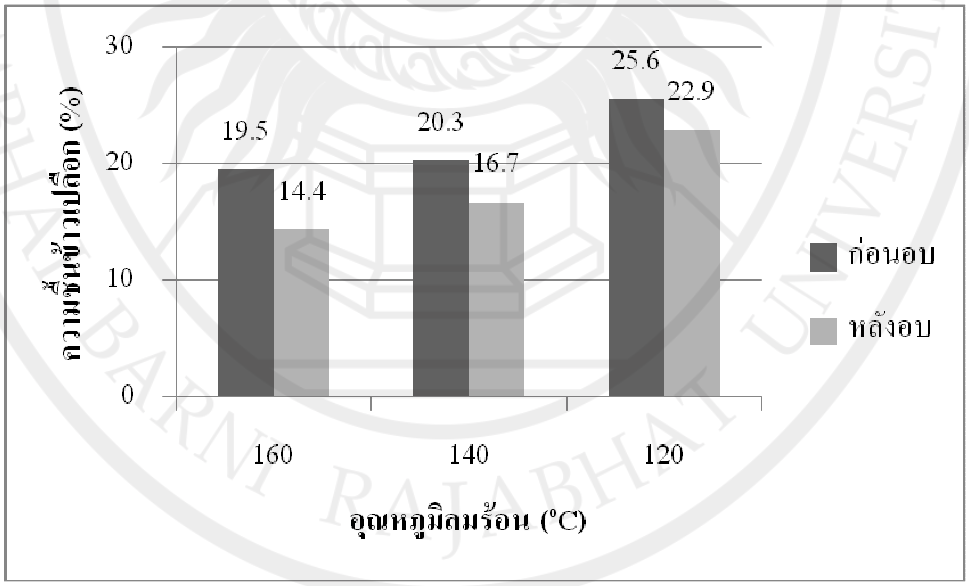
ภาพประกอบ 38 แกลบดำเหลือจากกระบวนการเผาแกลบไหม้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก

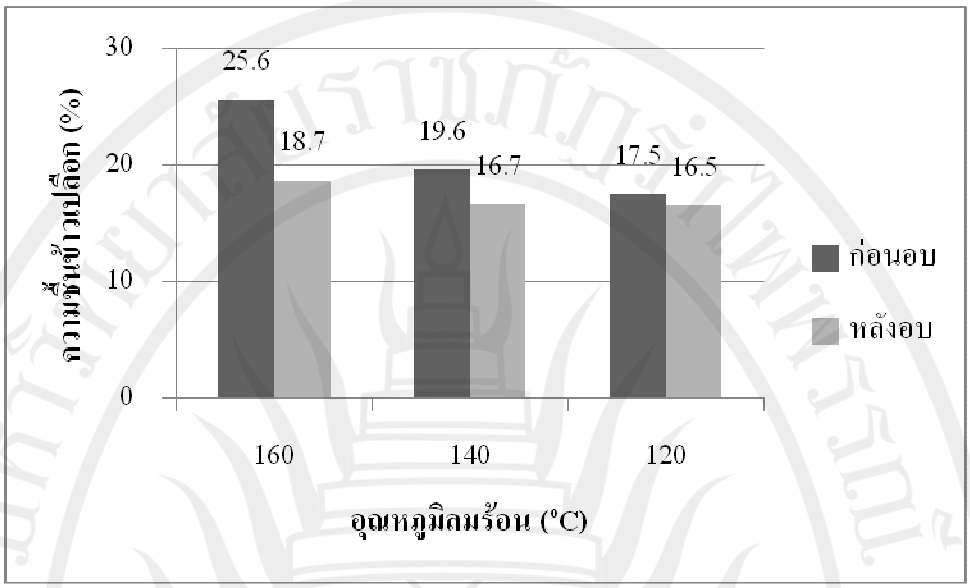


ภาพประกอบ 39 ผลการอบลดความชื้นข้าวเปลือกที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 20 นาที

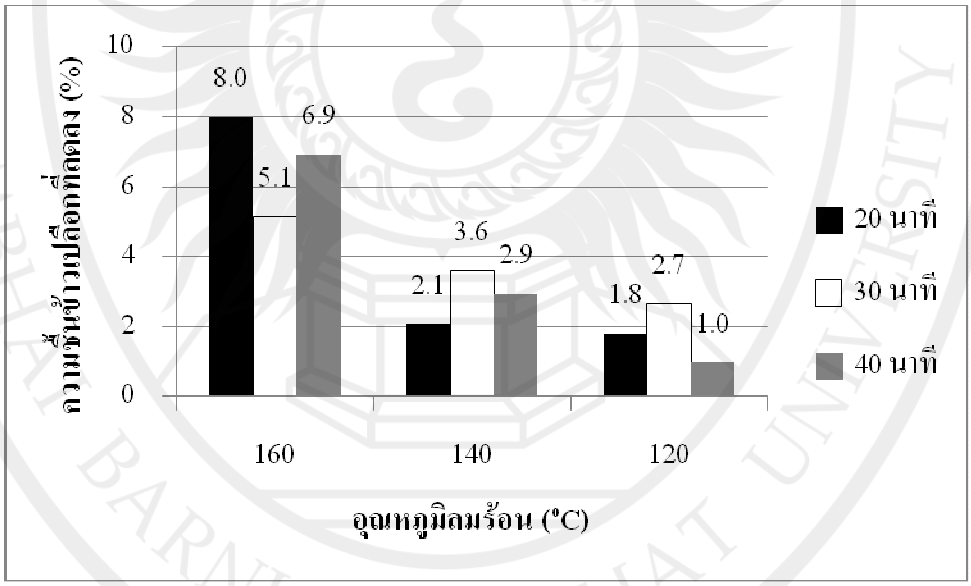


ภาพประกอบ 40 ผลการอบลดความชื้นข้าวเปลือกที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

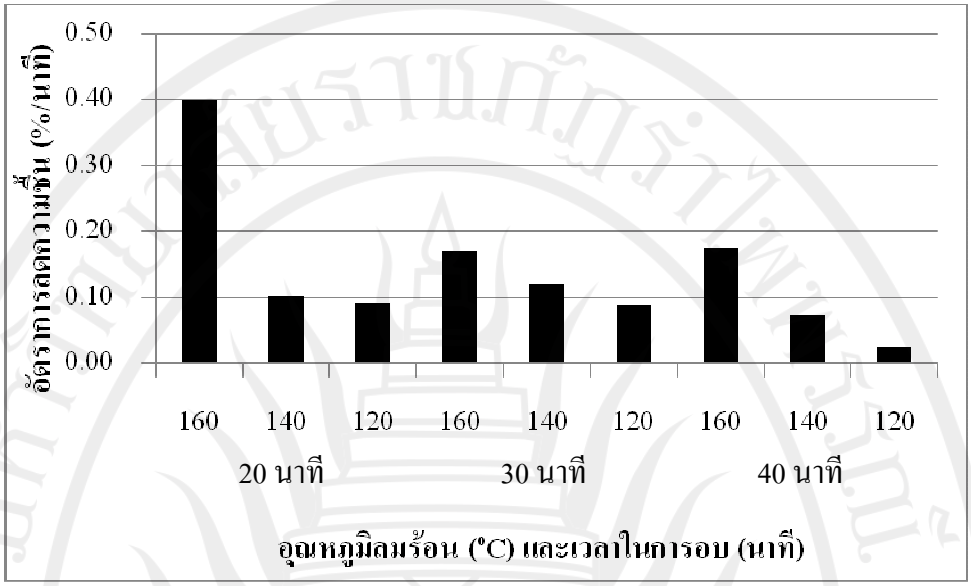


ภาพประกอบ 41 ผลการอบลดความชื้นข้าวเปลือกที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 40 นาที



ภาพประกอบ 42 ความชื้นข้าวเปลือกที่ลดลงที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ 43 อัตราการลดความชื้นที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

จากภาพประกอบ 39 - 42 แสดงผลการทดสองอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 120, 140 และ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20, 30 และ 40 นาที และพักข้าวเปลือกที่อบแล้วเป็นเวลา 8 เท่าของเวลาที่อบ คือ 160, 240 และ 320 นาที ตามลำดับ

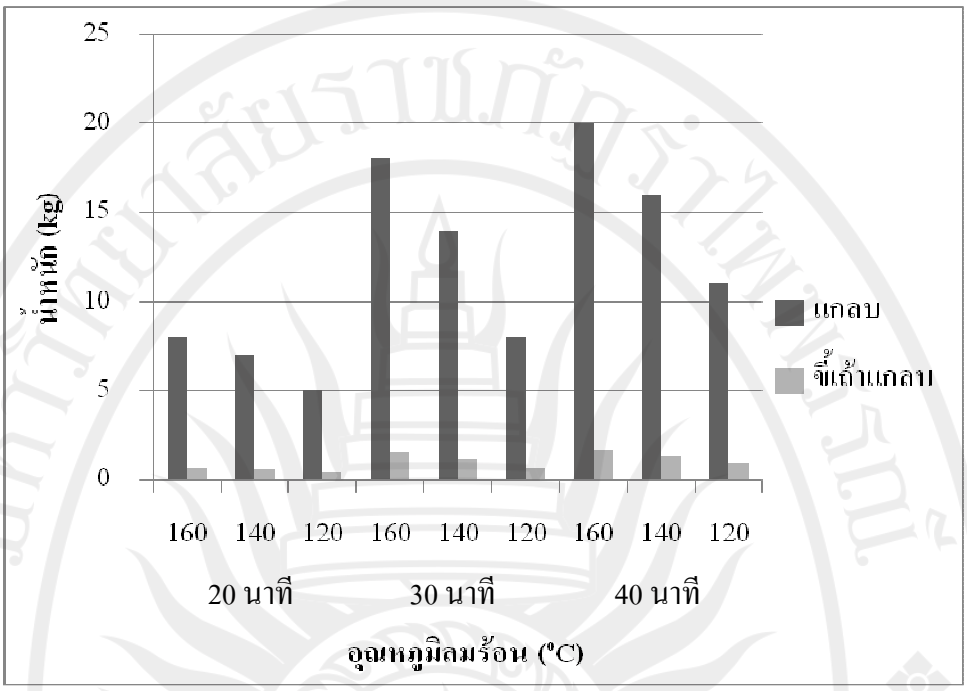
ที่เวลาอบแห้ง 20 นาที พบว่า อุณหภูมิสูงจะสามารถความชื้นได้มากกว่าอุณหภูมิต่ำ โดยที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 8 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 2.1 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 1.8 เปอร์เซ็นต์

ที่เวลาอบแห้ง 30 นาที พบว่า อุณหภูมิสูงจะสามารถความชื้นได้มากกว่าอุณหภูมิต่ำ โดยที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 5.1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 3.6 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 2.7 เปอร์เซ็นต์

ที่เวลาอบแห้ง 40 นาที พบว่า อุณหภูมิสูงจะสามารถความชื้นได้มากกว่าอุณหภูมิต่ำ โดยที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 6.9 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 2.9 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ลดความชื้นได้ 1.0 เปอร์เซ็นต์

จากภาพประกอบ 43 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที มีอัตราการลดความชื้นสูงที่สุด 0.4 เปอร์เซ็นต์ต่อนาที

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ 44 น้ำหนักแกลบที่ใช้และขี้เถ้าแกลบที่ได้ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

จากภาพประกอบ 44 แสดงน้ำหนักแกลบที่ใช้ในการอบข้าวที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ และขี้เถ้าแกลบที่ได้จะเห็นว่า ถ้าใช้อุณหภูมิสูงและเวลามากจะใช้แกลบมากกว่าใช้อุณหภูมิต่ำและเวลาน้อย และน้ำหนักขี้เถ้าแกลบที่ได้ก็จะแปรผันตรงกับน้ำหนักแกลบที่ใช้

ที่เวลาอบแห้ง 20 นาที พบว่า ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 8 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 0.67 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 7 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 0.58 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 5 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 0.42 กิโลกรัม

ที่เวลาอบแห้ง 30 นาที ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 18 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 1.5 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 14 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 1.17 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 8 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 0.67 กิโลกรัม

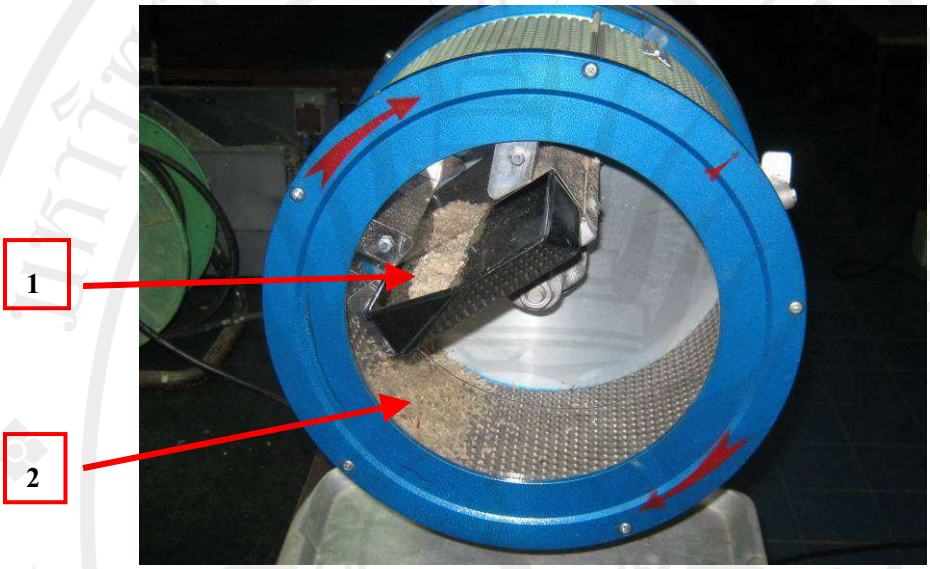
ที่เวลาอบแห้ง 40 นาที ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 20 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 1.67 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 16 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 1.33 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้แกลบไป 11กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบ 0.92 กิโลกรัม

ซึ่งปริมาณแกลบที่ใช้จะแปรผันตรงกับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบ คือ ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำและเวลาน้อยจะใช้แกลบน้อย ใช้อุณหภูมิสูงและใช้เวลามากจะใช้แกลบมาก ปริมาณขี้เถ้าแกลบที่ได้จะขึ้นกับปริมาณแกลบที่ป้อนเข้าไป โดยแกลบ 12 กิโลกรัมจะได้ขี้เถ้าแกลบประมาณ 1 กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การตรวจสอบคุณภาพข้าว

โดยขอความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือจากห้องทดลอง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตบางพระ นำข้าวขาวและข้าวกล้อง นำมาคัดข้าวต้นทำการสุ่มตัวอย่าง 3 ครั้ง ครั้งละ 100 กรัม



ภาพประกอบ 45 การทำงานของเครื่องคัดแยกข้าวต้นและปลายข้าว เครื่องคัดแยกข้าวทั้งสองประเภทออกจากกัน การทำงานของเครื่องจะหมุนหนึ่งนาทีต่อการคัดตัวอย่าง 1 ครั้ง ทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกาหรือตามลูกศรสีแดง **1** ปลายข้าว **2** ข้าวต้น

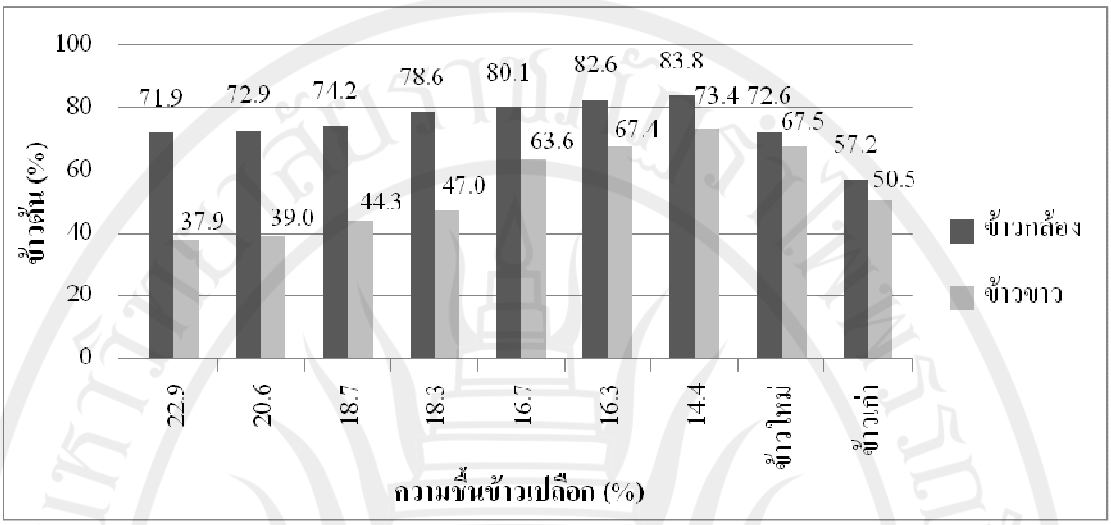
ภาพประกอบ 46 ข้าวตันหลังจากคัดปลายข้าวออกโดยระบายลงใส่ถาดเพื่อนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาข้าวต้น (ข้าวขาว)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 47 ขั้นตอนในการนำข้าวที่แตกหักถูกแยกออกเครื่อง หลังจากเครื่องหยุดการทำงาน

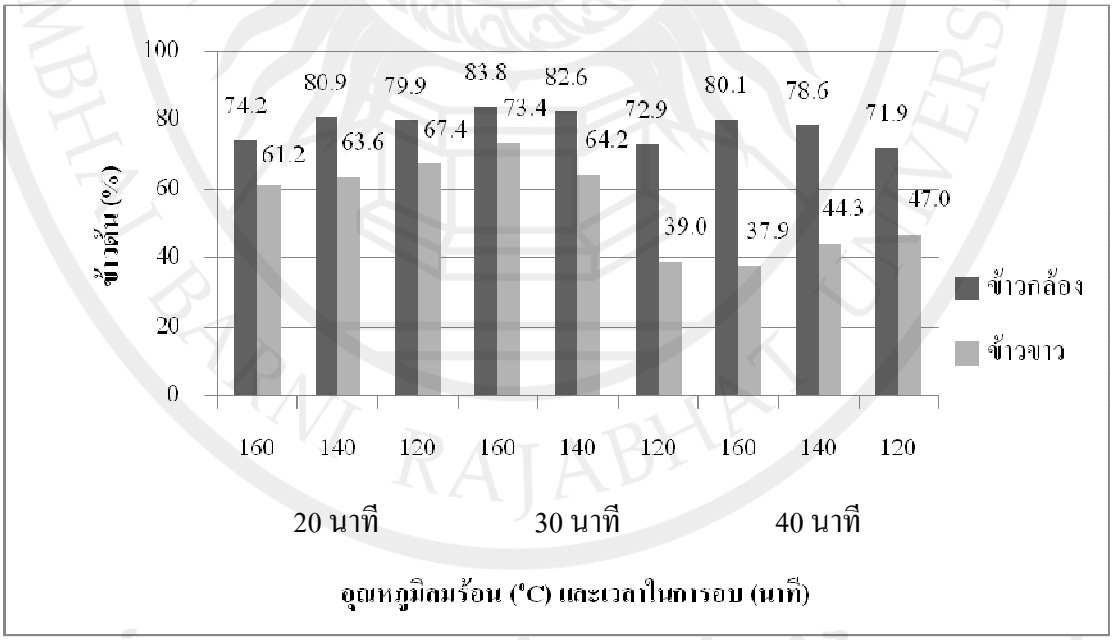
ภาพประกอบ 48 การชั่งน้ำหนัก ข้าวขาว ข้าวกล้อง ข้าวต้น

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ 49 เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นเมื่อสีข้าวเปลือกที่ความชื้นต่าง ๆ

หมายเหตุ : ข้าวใหม่ คือ ข้าวนาปี เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม 2555 แล้วนำมาตากเป็นเวลา 7 วัน ข้าวเก่า คือ ข้าวนาปรัง เก็บเกี่ยวในเดือนสิงหาคม 2555 แล้วนำมาตากเป็นเวลา 7 วัน แล้วเก็บไว้ในกระสอบ



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 50 เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นเมื่อสีข้าวเปลือกที่อุณหภูมิและเวลาในการอบต่าง ๆ

จากภาพประกอบ 49 และ 50 เมื่อนำข้าวกล้องและข้าวขาวที่สีด้วยเครื่องสีข้าวไปคัดเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น พบว่า ข้าวเปลือกมีความชื้นสูงที่ 22.9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปสีเป็นข้าวกล้องและข้าวขาว จะได้ข้าวต้นข้าวกล้อง 71.9 เปอร์เซ็นต์ และข้าวต้นข้าวขาวเพียง 37.9 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเปลือกที่มีความชื้นเหมาะสมที่ 14.4 เปอรเซ็นต์ จะสีแล้วได้ข้าวต้นข้าวกล้องสูงถึง 83.8 เปอร์เซ็นต์ และข้าวต้นข้าวขาว 73.4 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส และเวลาในการอบ 30 นาที จะได้เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นสูงสุดทั้งข้าวกล้องและข้าวขาว

เนื่องจากข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงเมื่อนำไปสี จะเกิดความร้อน ความเค้นและความเครียดในเมล็ดข้าว ทำให้เกิดการร้าวและแตกหักในเมล็ดข้าว และถ้านำมาขัดขาวจะยิ่งทำให้เมล็ดข้าวแตกหักมากขึ้น ส่วนข้าวที่ผ่านการอบแห้ง ความร้อนในการอบแห้งและเวลาในการพักข้าวจะทำให้รอยร้าวที่เกิดในเมล็ดข้าวผสานกันเมื่อนำไปสีจึงเกิดการแตกหักน้อยกว่า

ส่วนข้าวเปลือกนาปีที่ตากแดดไว้ 7 วัน เมื่อสีแล้วได้ข้าวต้นข้าวกล้อง 72.6 เปอร์เซ็นต์ และข้าวต้นข้าวขาว 67.5 เปอร์เซ็นต์ และข้าวเปลือกนาปรัง เมื่อสีแล้วได้ข้าวต้นข้าวกล้อง 57.2 เปอร์เซ็นต์ และข้าวต้นข้าวขาว 50.5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากข้าวนาปรังเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝน ทำให้มีความชื้นสูง และการเก็บข้าวเปลือกไว้เป็นเวลานานอาจทำให้ข้าวเปลือกดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 51 ผลการอบความชื้นเปลี่ยนอุณหภูมิอบ 160, 140, 120 องศาเซลเซียส

จากภาพประกอบ 51 **หมายเลข 1** เมื่อนำข้าวกล้องและข้าวขาวที่สีด้วยเครื่องสีข้าวไปคัดเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น พบว่า อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสที่ 30 นาที ข้าวกล้องและข้าวต้น สูงถึง 83.8 เปอร์เซ็นต์ และข้าวต้นข้าวขาว 73.4 เปอร์เซ็นต์ **หมายเลข 2** จะเห็นว่าที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ข้าวกล้องและข้าวต้นที่ 30 นาที สูงถึง 82.6 เปอร์เซ็นต์ และข้าวต้นข้าวขาว 67.4 เปอร์เซ็นต์ **หมายเลข 3** จะเห็นว่าที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ที่ 20 นาที ข้าวกล้องและข้าวต้น สูงถึง 80.1 เปอร์เซ็นต์ และข้าวต้นข้าวขาว 63.6 เปอร์เซ็นต์

ค่าใช้จ่ายในการอบข้าวเปลือก

ในการอบข้าวเปลือกแต่ละครั้งจะใช้แกลบไม่เกิน 20 กิโลกรัม ราคาขายแกลบของกลุ่มฯ กิโลกรัมละ 2 บาท คิดเป็นเงิน 40 บาท ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 1 หน่วยต่อการอบหนึ่งครั้ง ใช้เวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท คิดเป็นเงิน 4 บาท รวมเป็นเงิน 44 บาท ปริมาณของแกลบ 20 กิโลกรัมเทียบเท่าน้ำมัน 25.57 toe (1 ton oil equivalent (toe) = 10,800 kcal/kg โดยที่ 1 cal = 4.184 J) ซึ่งหากเกษตรกรนำข้าวเปลือกที่อบแห้งแล้วจนได้ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถจำนำข้าวได้ตันละ 15,000 บาท แต่นำข้าวเปลือกที่ความชื้น 25 เปอร์เซ็นต์ ไปจำนำจะถูกหักน้ำหนักตันละ 150 กิโลกรัม ได้ราคาเพียงตันละ 12,750 บาท (ภาคผนวก ค. ; กรมการข้าว. ออนไลน์. 2555) เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายในการอบประมาณ 44 บาทต่อ 150 กิโลกรัมหรือประมาณ 220 บาทต่อตัน ซึ่งจะทำให้ได้ราคาเพิ่มขึ้นอีกประมาณตันละ 2,000 บาท

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกที่ออกแบบนี้ มีต้นทุนในการสร้าง 80,000 บาท จากการทดสอบโดยใช้แรงงานปฏิบัติงาน 1 คน สามารถอบแห้งข้าวเปลือกได้ 150 กิโลกรัม โดยใช้แกลบ 20 กิโลกรัม เมื่อกำหนดให้ใช้งานเครื่องวันละ 6 ชั่วโมง ปีละ 30 วัน สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม) และระยะเวลาคืนทุนของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกได้ดังนี้

1. **ค่าใช้จ่ายในการทำงาน**

ราคาของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก (P) เท่ากับ 80,000 บาท ให้มูลค่าซากของเครื่องเมื่อสิ้นปีที่ 10 มีมูลค่าเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนเครื่อง และอัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 8% ต่อปี

$$\text{มูลค่าซาก (S)} = \left(\frac{10}{100}\right)(80{,}000) = 8{,}000 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (D)} = \frac{(P - S)}{L} = \frac{(80{,}000 - 8{,}000)}{10} = 7{,}200 \text{ บาท/ปี}$$

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R) = ((P + S) / 2) x i

= ((80,000 + 8,000) / 2)(0.08) = 3,520 บาท/ปี

ต้นทุนคงที่ (FC) = ค่าเสื่อมราคา (D) + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)

= 7,200 + 3,520 = 10,720 บาท/ปี

กำหนดให้อัตราค่าจ้างแรงงานในการอบข้าว เหมาจ่ายในอัตราวันละ 300 บาท จำนวน 1 คน ทำงานปีละ 30 วัน ราคาแกลบ 2 บาท/กก. เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแกลบเฉลี่ย 40 กก./ชั่วโมง ทำงานวันละ 6 ชั่วโมง ค่าบำรุงรักษาคิดเฉลี่ยประมาณวันละ 10 บาท

ค่าจ้างแรงงาน (W) = 300 x 30 = 9,000 บาท/ปี

ค่าแกลบ (E) = 40 x 6 x 30 = 7,200 บาท/ปี

ค่าบำรุงรักษา (M) = 10 x 30 = 300 บาท/ปี

ต้นทุนผันแปร (VC) = ค่าจ้างแรงงาน (W) + ค่าแกลบ (E) + ค่าบำรุงรักษา (M)

= 9,000 + 7,200 + 300 = 16,500 บาท/ปี

ดังนั้น

ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC) = ต้นทุนคงที่ (FC) + ต้นทุนผันแปร (VC)

= 10,720 + 16,500 = 27,220 บาท/ปี

2. จุดคุ้มทุนของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก

กำหนดให้ค่าจ้างอบข้าวเปลือก 2 บาท/กก. และภายในระยะเวลา 1 ปี เครื่องทำงาน 30 x 6 = 180 ชั่วโมง สามารถอบข้าวเปลือกได้ 400 x 180 = 72,000 กก. ฉะนั้นเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกทำงานได้ได้ 72,000 กก./ปี คิดเป็นเงิน 144,000 บาท/ปี

$$\text{จุดคุ้มทุน}(BEP_S) = \frac{\text{ต้นทุนคงที่/ปี (FC)}}{\text{ค่าอบแห้งข้าวเปลือก/กก. } (SU_U) - \text{ต้นทุนแปรผัน/กก. } (VC_U)}$$

= 10,720/[2-(16,500/72,000)]

= 6,053 กก./ปี หรือประมาณ 6 ตัน

3. ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก

จากรายได้ในการรับจ้างอบแห้งข้าวเปลือกเท่ากับ 2 บาท/กก. และใน 1 ปี เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกอบข้าวเปลือกได้ 72,000 กก./ปี จึงมีรายได้ 1,000 x 1,800 = 144,000 บาท/ปี

กำไร (P) = รายได้ (R) – ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)

= 144,000 – 27,220

= 116,780 บาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง RAMKHAMHAENG UNIVERSITY

ระยะเวลาคืนทุน (PBP) = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC) / กำไร (P)

= 80,000 / 116,780

= 0.685 ปี หรือประมาณ 8 เดือน 10 วัน

จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ถ้าในการสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกมีต้นทุนอยู่ที่ 80,000 บาทรับจ้างอบแห้งข้าวเปลือกโดยคิดค่าจ้าง 2 บาท/กก. จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 6 ตัน/ปี และสามารถคืนทุนได้ในเวลา 0.685 ปี หรือประมาณ 8 เดือน 10 วัน

การใช้ประโยชน์ขี้เถ้าแกลบ

ขี้เถ้าแกลบ เป็นส่วนของเปลือกข้าวที่ถูกเผาไหม้ มีสารประกอบซิลิกา (Silica, SiO_2) เป็นสารประกอบหลักอยู่ร้อยละ 95 มีความพรุน (Porosity) มาก น้ำหนักเบา มีพื้นที่ผิวมาก มีคุณสมบัติดูดซับความชื้น และสารเคมีได้ดี จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา ประโยชน์ของขี้เถ้าแกลบยังมีอีกมายมาย เช่น ถ่ายอัดแท่ง นำมาปลูกต้นไม้ทำให้รากพืชสามารถแผ่ขยายได้ และต้นไม้เจริญเติบโตดี ใช้เป็นสารปรับสภาพดินให้มีความเป็นกรดลดลง หรือใช้แก้น้ำที่มีสภาพเป็นกรดได้ ใช้กับอุตสาหกรรมโลหะและอุตสาหกรรมซีเมนต์และคอนกรีต ใช้บำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงปลา (โรงสีนราพิมล. ออนไลน์. 2555) จะเห็นได้ว่าขี้เถ้าแกลบมีประโยชน์มากมาย แต่ในพื้นที่ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนข้าวชุมชน ตำบลเกวียนหัก อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ส่วนมากนำมาใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร โดยนำมาผสมดินเพื่อเพาะปลูกต้นไม้ พืชผักสวนครัว เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 52 การใช้ประโยชน์ขี้เถ้าแกลบ

สรุปข้อดีข้อเสียและการใช้งานของเกษตรกร

จากการใช้ทดลองใช้งานเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้แหล่งพลังงานจากเตาเผาแกลบ สามารถสรุปข้อดีและข้อเสียได้ดังนี้

ภาพประกอบ 53 การใช้งานของเกษตรกร

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 5 ข้อดีข้อเสียของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้แหล่งพลังงานจากเตาเผาแกลบ

ข้อดี	ข้อเสีย
สร้างง่าย ราคาถูก ค่าใช้จ่ายถูกค่าบำรุงรักษาเครื่องต่ำ	ใช้เวลาจุดเตานานและมีควันมากช่วงเริ่มจุดไฟ ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ยาก
ใช้เชื้อเพลิงได้หลากหลาย เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ฟางข้าว เศษไม้	ช่องถ่ายข้าวหลังอบ ใช้เวลาในการถ่ายข้าวนาน
สามารถทำงานได้คนเดียวในการอบแต่ละครั้ง ใช้เวลาอบไม่นาน	การหมุนเวียนของข้าวไม่ทั่วถึงเนื่องจากสกรูขับข้าวมีขนาดใหญ่ไม่พอในการขับข้าวหมุนเวียน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี