การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของข้าวเปลือกโดยวิธีการระบายอากาศ

Temperature and Humidity Controller of Paddy Rice with Aeration

นายพรรณเชษฐ จริยา

นายอาทิตย์ ผลสุด

นายอำนาจ ทัพเหลือ

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 20 มิ.ย. 2554
เลขทะเบียน 15503899
เลขเรียกหนังสือ ม.
มหาวิทยาลัยนเรศวร W259 ก 2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

15503899
ม.
W259ก
2553

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน : การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของข้าวเปลือกโดยวิธีการระบายอากาศ
(Temperature and Humidity Controller of Paddy Rice with Aeration)

ผู้ดำเนินโครงงาน : 1. นาย พรรณเชษฐ จริยา รหัสนิสิต 50361774
2. นาย อาทิตย์ ผลสุด รหัสนิสิต 50363044
3. นาย อำนาจ ทัพเหลือ รหัสนิสิต 50363068

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2553

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาข้อมูลตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการการสอบโครงงาน

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปฐมศก วิไลพล)

.....กรรมการ

(อาจารย์ นพรัตน์ สีหะวงษ์)

หัวข้อโครงงาน : การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของข้าวเปลือกโดยวิธีการระบายอากาศ
(Temperature and Humidity Controller of Paddy Rice with Aeration)

ผู้ดำเนินโครงงาน : 1. นาย พรรณเชษฐ จริยา รหัสนิสิต 50361774
2. นาย อาทิตย์ ผลสุด รหัสนิสิต 50363044
3. นาย อำนาจ ทัพเหลือ รหัสนิสิต 50363068

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2553

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาถึงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของข้าวเปลือกในถังเก็บข้าวเปลือกซึ่งประกอบด้วยข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณบุรี 3 ขนาด 500 kg โดยใช้พัดลมเป่าที่ความเร็วรอบต่างๆ ได้แก่ 200 rpm 600 rpm และ 1,000 rpm ซึ่งอากาศที่ใช้เป่าเป็นอากาศแวดล้อม ทำการเป่าในแต่ละความเร็วเป็นเวลา 132 ชั่วโมง ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกจะรักษาให้คงที่ที่ 26% ทุกความเร็วรอบที่ใช้ในการทดลองของพัดลมระบายอากาศ และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้าวเปลือกที่เก็บในถังแบบที่ไม่มีการระบายอากาศ

จากการทดลองพบว่า การเก็บแบบไม่มีการระบายอากาศจะได้อุณหภูมิสุดท้ายอยู่ที่ 50.31°C และมีความชื้น 19.84% ส่วนการเก็บแบบมีการระบายอากาศนั้น ที่ความเร็ว 200 rpm มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 19 – 29 °C ความชื้น 20.98% ที่ความเร็ว 600 rpm มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 21 – 32°C ความชื้น 17.18% และที่ความเร็ว 1,000 rpm มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 23 – 33 °C ความชื้น15.24% เมื่อทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนพบว่าที่ความเร็ว 1,000 rpm มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนดีที่สุดเนื่องจากค่าการถ่ายความร้อนส่วนมากมีค่าเป็นบวกแสดงว่าถังเก็บข้าวเปลือกมีการถ่ายเทความร้อนให้กับปริมาตรควบคุม เมื่อพิจารณาให้อากาศแวดล้อมเป็นปริมาตรควบคุม ซึ่งต่างจากการเก็บที่ความเร็ว 600 rpm และ 200 rpm ซึ่งส่วนมากค่าการถ่ายเทความร้อนมีค่าเป็นลบ เมื่อนำผลที่ความเร็ว 1,000 rpm มาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยนำข้อมูลราคาข้าวปัจจุบันมาพิจารณาพบว่า ได้กำไร 123.66 บาทต่อข้าวเปลือก 500 kg อย่างไรก็ตาม ราคาข้าวนั้นมีความไม่แน่นอนซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพเศรษฐกิจ

Project Title : Temperature and Humidity Controller of Paddy Rice with Aeration

Name : Mr. Punchet Jariya Code 50361774

Mr. Artit Pholsud Code 50363044

Mr. Amnad Thaphleau Code 50363068

Project Advisor : Asst. Prof. Dr. Piyanun Charoensawan

Department : Mechanical Engineering

Academic Year : 2010

.....

Abstract

This project aims to study the temperature and moisture content controller of paddy rice in the paddy storage bin. The storage bin was contained 500 kg of Suphanburi 3 paddy. The paddy bulk storage was cooled down by the ambient air that was blow through the paddy at the various speeds such as 200 rpm, 600 rpm and 1,000 rpm in the interval time of 132 hrs. The initial moisture content of paddy was kept at 26% for each tested speed of blower. The obtained results were compared to the paddy bulk storage without aeration.

The results showed that for the paddy storage without aeration, the last temperature and moisture content of paddy bulk were 50.31°C and 19.84% respectively. For the paddy storage with aeration, the last temperatures of paddy bulk were 19 - 29 °C, 21 - 32 °C and 23 - 33 °C at the blower speeds of 200, 600 and 1,000 rpm respectively. The moisture contents of paddy were 20.98%, 17.18% and 15.24% at the blower speeds of 200, 600 and 1,000 rpm respectively. It was found from the thermal efficiency analysis that the maximum thermal efficiency occurred at the speed of 1,000 rpm. The satisfied result at this proper speed was economic analysis by considering the current price of paddy rice. It can be concluded that the paddy bulk storage with aeration have the profit of 123.66 baths per 500 kg of paddy. However, a paddy price is uncertainly and may be changed following the political economy.

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

จากการที่รายวิชาโครงงานทางวิศวกรรมเครื่องกลบรรจุในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตมหาวิทยาลัยนเรศวร จึงได้รับมอบหมายให้จัดทำโครงงานเรื่อง"การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของข้าวเปลือกโดยวิธีการระบายอากาศ" ในระหว่างการปฏิบัติงานนั้นทำให้กลุ่มของข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆมากมายและปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จาก

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการให้ข้อมูลการทำโครงงาน ทุนทรัพย์และคำแนะนำตลอดการทำโครงงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

- กรรมการและคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ตลอดจนคำแนะนำและบุคลากรท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุนในการทำโครงงานทางวิศวกรรมจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงานวิจัย	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูป	ช
ลำดับสัญลักษณ์	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขต	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.6 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน	4
1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน	4
1.8 อุปกรณ์ที่ใช้	4
1.9 งบประมาณ	5
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 การเก็บรักษาข้าวเปลือก	6
2.2 ข้อมูลข้าวเปลือก	8
2.3 ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ	10
2.4 สูตรในการคำนวณการใช้ไฟฟ้า	14
2.5 การทบทวนผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและการทดลอง	
3.1 วิธีการดำเนินงาน	17
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	
4.1 การเก็บแบบไม่มีการระบายอากาศ	22
4.2 การเก็บแบบมีการระบายอากาศ	23
4.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นในวันสุดท้ายของการเก็บ ระหว่างแบบที่มีการระบายอากาศและไม่มีการระบายอากาศ	31
4.4 การถ่ายเทความร้อนของข้าวเปลือก	32
4.5 ค่าไฟฟ้าคำนวณแบบอัตราก้าวหน้าที่ความเร็วรอบต่างๆ ต่อเดือน	39
4.6 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	40
บทที่ 5 สรุปผล	
5.1 สรุปผลการทดลอง	41
5.2 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตารางผลการทดลอง	45
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ	51
ประวัติผู้จัดทำโครงงาน	54

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แบบโครงสร้างถังเก็บข้าวเปลือก และออกแบบการจัดเรียงตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองข้าวเปลือก 3
รูปที่ 2.1 การเก็บในสภาพปกติ ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 6
รูปที่ 2.2 การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว 7
รูปที่ 2.3 การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 7
รูปที่ 2.4 การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 8
รูปที่ 2.5 ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 3 9
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการถ่ายโอนงานในระบบเปิดที่มีการไหลแบบคงตัว 12
รูปที่ 2.7 หน่วย$\left(\frac{m^2}{s^2}\right)$ เทียบเท่ากับ J/kg 13
รูปที่ 2.8 ที่ความเร็วสูงๆ การเปลี่ยนแปลงความเร็วเพียงเล็กน้อยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ที่มากขึ้นเมื่อเทียบกับที่ความเร็วต่ำ 13
รูปที่ 3.1 แบบโครงสร้างถังเก็บข้าวเปลือก และการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูล 17
รูปที่ 3.2 แสดงชั้นที่ใช้ในการพิจารณาอุณหภูมิ 19
รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งการวัดค่าสมบัติต่างๆในการทดลอง 20
รูปที่ 4.1 กราฟค่าอุณหภูมิข้าวเปลือกที่เก็บโดยไม่มีการระบายอากาศ 22
รูปที่ 4.2 กราฟค่าความชื้นของข้าวเปลือกแบบไม่มีการระบายอากาศ 24
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงอุณหภูมิของข้าวเปลือกและอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม 23
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความชื้นของข้าวเปลือกและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 25
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงอุณหภูมิของข้าวเปลือกและอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 27
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความชื้นของข้าวเปลือกและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 28
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงอุณหภูมิของข้าวเปลือกและอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 29
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความชื้นของข้าวเปลือกและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 30
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิข้าวเปลือกและความชื้นของข้าวเปลือก 31
รูปที่ 4.10 การถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 1,000 rpm 33
รูปที่ 4.11 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าว อุณหภูมิข้าวในถังเก็บ ค่าอุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นอากาศที่ทางเข้าพัดลมและที่ทางออกถังข้าวเปลือก 33
รูปที่ 4.12 การถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 600 rpm 35

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.13 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าว อุณหภูมิข้าวในถังเก็บ ค่าอุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นอากาศที่ทางเข้าพัดลมและที่ทางออกถังข้าวเปลือกที่ความเร็ว 600 rpm 35
รูปที่ 4.14 การถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 200 rpm 37
รูปที่ 4.15 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าว อุณหภูมิข้าวในถังเก็บ ค่าอุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นอากาศที่ทางเข้าพัดลมและที่ทางออกถังข้าวเปลือกที่ความเร็ว 200 rpm 37
รูปที่ 4.16 ค่าการใช้กำลังไฟฟ้าที่แต่ละความเร็วรอบ 39
รูปที่ 4.17 แสดงค่าไฟฟ้ารวมต่อเดือนที่แต่ละความเร็วรอบ 39

ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
ρ	ความหนาแน่นของวัตถุ	kg/m^3
A	พื้นที่หน้าตัดทางเข้าพัดลม	m^2
h_1	เอลทาลปีของอากาศที่สภาวะทางเข้าพัดลม	J/kg
h_2	เอลทาลปีของอากาศที่สภาวะทางออกจากถังเก็บข้าวเปลือก	J/kg
$\dot{m}$	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ทางเข้า	kg/s
$\dot{Q}$	อัตราการถ่ายโอนความร้อนผ่านขอบเขตของระบบ	kJ/s
v	ปริมาตรจำเพาะของอากาศ	m^3/kg
V	ความเร็วของอากาศ	m/s
$\dot{W}$	ปริมาณงานต่อหน่วยเวลา หรือ กำลัง	kJ/s

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยมีสังคมและเศรษฐกิจอยู่บนพื้นฐานของภาคเกษตรกรรมเป็นหลัก ข้าว เป็นอาหารหลักประจำชาติและเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญยิ่งของไทย ซึ่งเป็นรายได้หลักของประชากรระดับรากหญ้าอีกทั้งยังเป็นสินค้าส่งออกที่สามารถสร้างรายได้และนำเงินตราเข้าสู่ประเทศ ดังนั้น ปัจจุบันการผลิตข้าวในประเทศไทยได้มีการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่รวมถึงการนำเครื่องจักรกลการเกษตรเข้ามาแทนที่การใช้กำลังคนเหมือนในอดีตที่ผ่านมา เนื่องจาก สะดวก รวดเร็ว มากกว่า สำหรับการเก็บเกี่ยวที่ใช้เครื่องนวดจะทำให้ได้ข้าวเปลือกในปริมาณมากและข้าวเปลือกที่ได้จะมีความชื้นสูง จึงจำเป็นต้องมีการลดความชื้นให้แก่ข้าวเปลือก ปริมาณความชื้นในข้าวเปลือกมีผลมาจากความร้อนภายในข้าวเปลือกซึ่งเกิดจากการหายใจของข้าว และสามารถแสดงโดยสมการปฏิกิริยาทางเคมีได้ คือ

$$C_{16}H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2.831(MJ) \qquad (1.1)$$

หากไม่มีการเก็บรักษาที่ดี ข้าวเปลือกจะเกิดการเสื่อมสภาพเนื่องจากยีสต์และเชื้อราได้ ซึ่งโดยทั่วไปความชื้นที่ใช้ในการเก็บข้าวเปลือกจะอยู่ที่ 12 - 14% อุณหภูมิประมาณ 20 - 30°C ในปัจจุบันวิธีการจัดเก็บเมล็ดข้าวเปลือกโดย ทั่วๆไป แบ่งออกได้เป็น 4 วิธี ได้แก่

1. การเก็บในสภาพปกติ ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เช่น การเก็บในโรงเก็บหรือยุ้งฉางของเกษตรกร โรงสีหรือโกดังส่งออกข้าวขนาดใหญ่ๆ

2. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว เช่น การเก็บข้าวไว้ในตู้แช่ตู้เย็น หรือในไซโลเก็บข้าวที่มีการเป่าลมเย็น เป็นต้น

3. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ได้แก่ การเก็บข้าวไว้ในภาชนะเก็บที่มิดชิด สามารถป้องกันการเคลื่อนที่ผ่านเข้าออกของอากาศได้

4. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เช่น การเก็บอนุรักษ์ข้าวในธนาคารเชื้อพันธุ์

โดยทั่วไปจะนิยมเก็บแบบวิธีที่ 1. ซึ่งก็คือการเก็บแบบยุ้งฉาง โดยก่อนการนำเข้าเก็บจะมีการนำข้าวไปอบในไซโลเพื่อลดความชื้น แล้วจึงนำข้าวมาเก็บแบบกองไว้เป็นกองๆในยุ้งฉางเพื่อ

ทิ้งไว้ให้ข้าวเก่าซึ่งจะต้องเก็บเป็นเวลา 6 - 8 เดือน เพราะคนส่วนใหญ่นิยมบริโภคข้าวเก่า แล้วจึงนำข้าวไปสีเป็นข้าวสารเพื่อใช้รับประทาน ในการจัดเก็บแต่ละครั้งพบว่าก็มีปัจจัยรบกวนหลายด้าน คือ นก ฝน ฝุ่นละออง ฯลฯ ซึ่งในช่วงระยะเวลาที่เก็บนี้เองพบว่าอุณหภูมิของข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องจากการหายใจของข้าวเปลือกทำให้ข้าวเปลือกเกิดการเสื่อมคุณภาพ จึงต้องมีการกลับข้าวเพื่อลดอุณหภูมิหลายครั้ง ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงเนื่องจากการขนย้ายและแรงงานคน เสียเวลา ดังนั้นจึงมีการนำพัดลมมาใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาข้าวเปลือกซึ่งหลักการจะสอดคล้องกับการเก็บข้าวในแบบที่ 2 โดยจะรักษาอุณหภูมิของข้าวเปลือกไว้ที่ประมาณ 28 - 29 °C ไม่ต้องทำการกลับข้าวเพื่อลดอุณหภูมิหลายครั้ง และสามารถป้องกันปัจจัยรบกวนได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างถังเก็บข้าวเปลือกที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้พัดลม

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนและวิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์

1.3 ขอบเขต

1.3.1 ถังเก็บข้าวเปลือกขนาด 500 kg

1.3.2 ข้าวเปลือกมีความชื้นขณะเก็บรักษา 12 - 14% และอุณหภูมิ 29°C

1.3.3 ข้าวเปลือกพันธุ์ สุพรรณบุรี 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ถังเก็บรักษาข้าวเปลือกที่มีการระบายความร้อนด้วยพัดลม

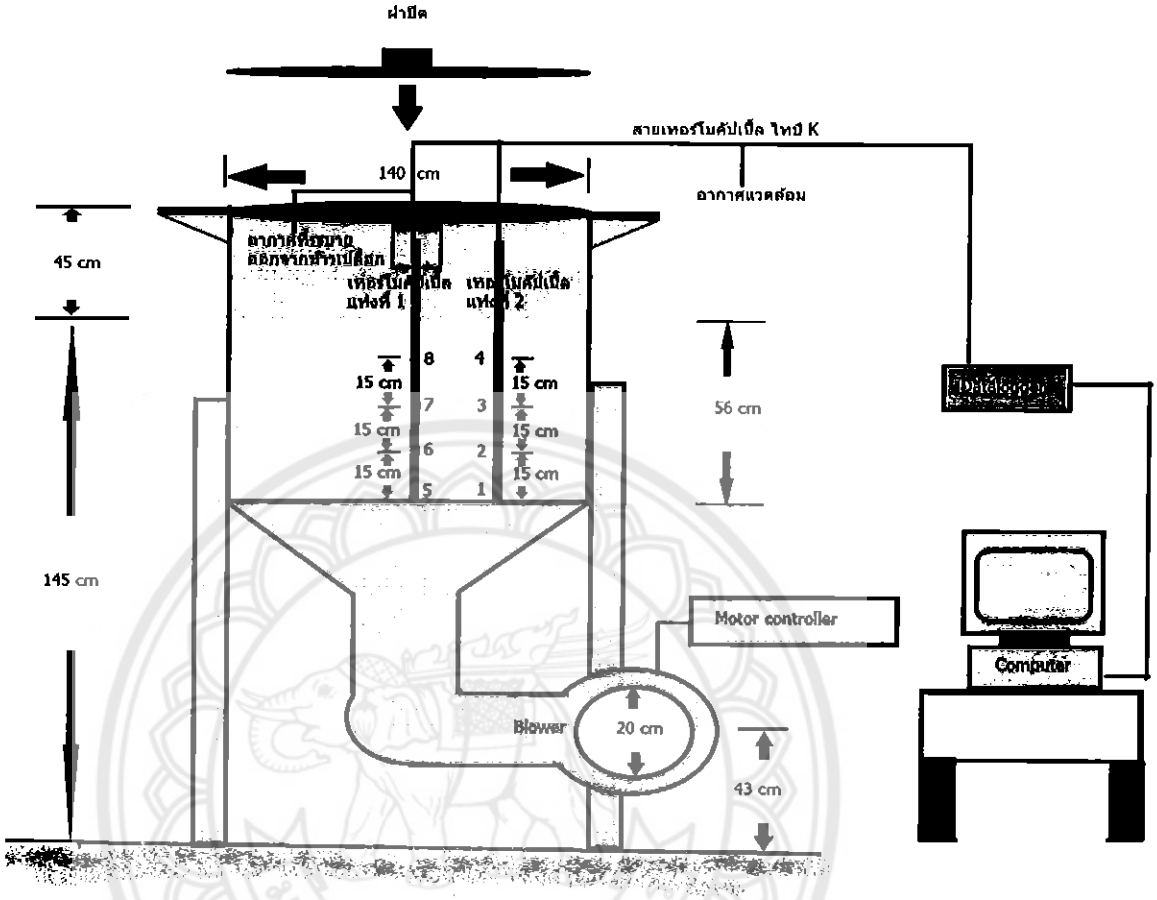
1.4.2 ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบระบายความร้อนภายในข้าวเปลือกโดยใช้พัดลมและความคุ้มค่าในการลงทุนสร้างระบบ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้าวเปลือก และการเก็บรักษาข้าวเปลือก

1.5.2 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบการระบายความร้อนในข้าวเปลือกโดยใช้พัดลม

1.5.3 ออกแบบโครงสร้างถังเก็บข้าวเปลือก ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แบบโครงสร้างถังเก็บข้าวเปลือก และออกแบบการจัดเรียงตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองข้าวเปลือก

1.5.4 ทำการทดสอบ และศึกษาประสิทธิภาพของการระบายความร้อนในข้าวเปลือกโดยใช้พัดลม และศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้น

1.5.5 วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียกับการเก็บรักษาข้าวเปลือกด้วยวิธีการเก็บแบบไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและแบบใช้ลมเป่า

1.5.6 วิเคราะห์ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์

1.5.7 สรุปผล

1.5.8 สรุปผลการทดลอง

1.6 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน

งาน/ระยะเวลา	2553							2554	
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ
1.ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและเก็บข้อมูลพื้นฐาน	■	■	■						
2.ออกแบบและสร้างระบบการระบายความร้อนในข้าวเปลือกด้วยพัดลม		■	■	■	■	■			
3.ทำการทดสอบและศึกษาประสิทธิภาพของการระบายความร้อนในข้าวเปลือกด้วยพัดลม และวิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์						■	■		
4. วิเคราะห์ผลและสรุปผล								■	
5. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									■

1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน

หน่วยวิจัยท่อความร้อนและระบบความร้อน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.8 อุปกรณ์ที่ใช้

1.8.1 อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว

- เครื่องบันทึกค่าอุณหภูมิ (Datalogger)
- เทอร์โมคัปเปิล ชนิด เค (Thermocouple type K)
- เครื่องวัดความเร็วอากาศ
- เครื่องวัดกระแสไฟ (Clamp Meter)

1.8.2 อุปกรณ์ที่ต้องหาเพิ่ม

- ถังเก็บข้าวเปลือกขนาด 500 kg

1.9 งบประมาณ

- ค่ากระดาษพิมพ์	200	บาท
- ค่าถ่ายเอกสาร	500	บาท
- ค่าหมึกพิมพ์	500	บาท
- ค่าทำรูปเล่มรายงาน	1,000	บาท
- ค่าปกจัดทำโครงงาน	800	บาท
รวม	3,000	บาท

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 การเก็บรักษาข้าวเปลือก

เป้าหมายของการเก็บรักษาข้าวเปลือก คือ ต้องมีการสูญเสียของข้าวเปลือกในขณะเก็บรักษาน้อยที่สุดทั้งด้านปริมาณและคุณภาพหลักการเก็บรักษาโดยทั่วไปคือ ควรเก็บรักษาข้าวไว้ในสภาพหรือโรงเก็บที่มีความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศต่ำ (ในที่แห้งและเย็น)

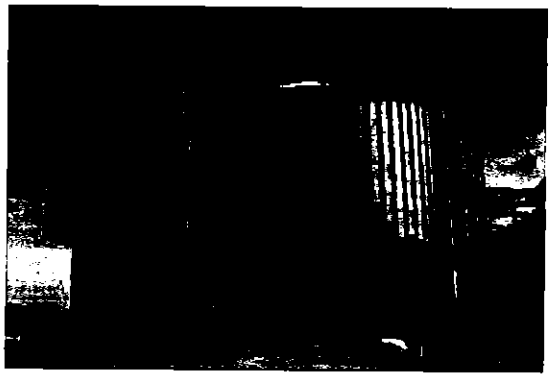
2.1.1 วิธีการเก็บรักษาข้าวเปลือก [1]

การเก็บรักษาข้าวเปลือกโดยทั่วๆ ไป แบ่งออกได้เป็น 4 วิธีได้แก่

1. การเก็บรักษาในสภาพปกติ ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 หมายถึงการเก็บข้าวเปลือกไว้ในโรงเก็บปกติที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเก็บเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอยู่ส่วนใหญ่ เพราะมีการลงทุนน้อย และเสียค่าใช้จ่ายต่ำ แต่โอกาสที่จะเกิดความเสียหายในระหว่างการเก็บรักษาสูง เช่นการเก็บรักษาในโรงเก็บ หรือยุ้งฉางของเกษตรกร โรงสีหรือโกดังส่งออกข้าวเปลือกขนาดใหญ่

รูปที่ 2.1 การเก็บในสภาพปกติ ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ [1]

2. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว ดังแสดงในรูปที่ 2.2 เช่น การเก็บข้าวเปลือกไว้ในตู้ ตู้เย็น หรือในไซโลที่มีการเป่าลมเย็น เป็นต้น

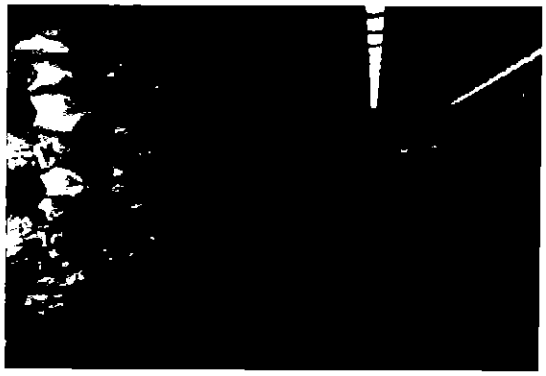


รูปที่ 2.2 การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว [1]

3. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ได้แก่ การเก็บข้าวเปลือกไว้ใน ภาชนะที่มิดชิด สามารถป้องกันการเคลื่อนที่เข้าออกของอากาศได้ เช่น การเก็บเมล็ดพันธ์ไว้ในถังสังกะสี เป็นต้นการเก็บข้าวเปลือกในสภาพปิดเช่นนี้ ความชื้นของข้าวเปลือกจะเป็นตัวกำหนดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในภาชนะที่เก็บ การเก็บรักษาข้าวเปลือกด้วยวิธีนี้ข้าวเปลือกควรมีความชื้นก่อนเก็บต่ำทั่วนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ต้องการเก็บรักษาอย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้วจะเก็บที่ความชื้นเท่ากับ 12 - 14% วิธีนี้เป็นวิธีที่ได้ผลดีและมีค่าใช้จ่ายต่ำ

รูปที่ 2.3 การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ [1]

4. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ วิธีนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด สามารถป้องกันและลดความเสียหายของข้าวเปลือกได้ดี เก็บรักษาให้คงคุณภาพเป็นเวลานาน แต่มีการลงทุนและเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลสูง เช่น การเก็บอนุรักษ์ข้าวในธนาคารเชื้อพันธุ์ การเก็บรักษาข้าวเปลือกทั้ง 4 วิธีข้างต้น พบว่าการเก็บรักษาข้าวเปลือกในถังเก็บที่มีการเปิดพัดลมระบายอากาศ จะจัดอยู่ในวิธีที่ 2 คือ การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิเพียงอย่างเดียวโดยจะรักษาอุณหภูมิของข้าวเปลือกไว้ที่ประมาณ 28 – 29 °C ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ [1]

2.1.2 วิธีการปฏิบัติในการเก็บรักษาข้าวเปลือก

สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการเก็บรักษาข้าวเปลือก คือ การรักษาปริมาณและคุณภาพข้าวเปลือกที่เก็บให้คงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาข้าวเปลือก ได้แก่

1. ความชื้นของข้าวเปลือกที่เก็บ โดยทั่วไปความชื้นของข้าวเปลือกไม่ควรสูงเกิน 14 % ที่สามารถจัดเก็บไว้ได้โดยไม่เสียหาย

2. ความสะอาด ข้าวเปลือกที่จะเก็บต้องสะอาดไม่มีสิ่งเจือปน เช่น เศษฟาง ตอซัง วัชพืช กรวด หิน ดิน ทราย เพราะสิ่งเหล่านี้ดูดความชื้นได้ดี ทำให้ข้าวเปลือกมีความชื้นมากขึ้นในขณะเก็บรักษา

3. การปลอดจากโรค แมลง ศัตรูต่างๆ ข้าวเปลือกที่จะนำเข้ามาเก็บต้องปลอดจากโรค แมลงและศัตรูต่างๆ หากพบควรหาวิธีป้องกัน กำจัดที่ถูกต้องและเหมาะสม

4. การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเก็บให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม

5. ลักษณะและที่ตั้งของโรงเก็บ โรงเก็บที่ดีควรตั้งอยู่บนที่ดอนและแห้ง มีการระบายน้ำที่ดีเพื่อป้องกันน้ำท่วม รอบๆ บริเวณโรงเก็บต้องสะอาด โปร่ง ไม่มีต้นไม้ใหญ่ปกคลุม สภาพโรงเก็บต้องมีผนังมิดชิด แน่นหนา มีหลังคากันแดด กันฝน กันน้ำค้าง ควรยกพื้นสูงเพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศด้านล่าง ตามช่องเปิดต่างๆ ควรมีตาข่ายป้องกัน นก หนู และสัตว์ศัตรู

6. การจัดการในขณะเก็บรักษา ควรมีการตรวจสอบข้าวเปลือกที่เก็บและโรงเก็บเป็นระยะๆ

2.2 ข้อมูลข้าวเปลือก [2]

ชื่อพันธุ์

- สุพรรณบุรี 3 (Suphanburi 3)

ชนิด

- ข้าวเจ้า

คู่ผสม

- Basmati370*3 / กข7 / ไออาร์68

ประวัติพันธุ์

ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างลูกผสมกลับครั้งที่ 2 (BC_2) ของ Basmati370*3/กข7 กับพันธุ์ไออาร์68 ที่ ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี ในฤดูนาปรัง พ.ศ.2533 ปลูกคัดเลือกจนได้สายพันธุ์ SPR90008-58-1-1-3

การรับรองพันธุ์

คณะกรรมการบริหาร กรมวิชาการเกษตร มีมติให้เป็นพันธุ์รับรอง เมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2549

รูปที่ 2.5 ข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 3 [2]

ลักษณะประจำพันธุ์

- เป็นข้าวเจ้า สูงประมาณ 114 เซนติเมตร
- ไม่ไวต่อช่วงแสง
- อายุเก็บเกี่ยว 115 - 120 วัน
- ลักษณะทรงกอตั้ง ต้นแข็ง ใบสีเขียว ใบธงค่อนข้างตั้ง
- เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง
- ระยะพักตัว ประมาณ 5 สัปดาห์
- เมล็ดข้าวกล้อง กว้าง × ยาว × หนา = 2.1 × 7.47 × 1.83 มิลลิเมตร
- ท้องไข่น้อย

- ปริมาณ อะมิโลส 28.3%
- คุณภาพข้าวสุก ร่วน แข็ง ประเภทข้าวเสาไห้

ผลผลิต

- ประมาณ 772 กิโลกรัมต่อไร่

ลักษณะเด่น

- ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ดีกว่าพันธุ์สุพรรณบุรี 1
- ต้านทานโรคไหม้และโรคขอบใบแห้ง
- ให้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 772 kg/ไร่ ใกล้เคียงกับพันธุ์สุพรรณบุรี 1

ข้อควรระวัง

- ไม่ต้านทานโรคใบสีส้ม และโรคใบจุดสีน้ำตาลในสภาพธรรมชาติ

พื้นที่แนะนำ

- นาชลประทานภาคกลางที่ทำนาต่อเนื่อง และพื้นที่ที่มีปัญหาการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

2.3 ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ

2.3.1 เอนทาลปี (Enthalpy) [3]

เอนทาลปี คือปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าหรือออกจากระบบ เป็นกระบวนการความดันคงที่ สมการของเอนทาลปีก็คือ

$$H = E + PV \qquad (2.1)$$

ได้กำหนดให้

H = เอนทาลปี

E = พลังงานภายใน

และ PV = ผลคูณของความดัน และปริมาตร

เป็น การวัดพลังงานของระบบ ต่อหน่วยมวล พร้อมทั้งทำความเข้าใจกับการเปลี่ยนแปลงทางความร้อน 3 แบบ นั้นก็คือ ความร้อนสัมผัส ความร้อนแฝง และความร้อนรวม

1. ความร้อนสัมผัส (Sensible heat)

เป็นการเปลี่ยนอุณหภูมิของสสาร โดยที่สสารนั้นไม่มีการเปลี่ยนสถานะ ยกตัวอย่างเช่น การต้มน้ำ 1 ปอนด์ ให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 0 °C (32 °F) ถึง 100 °C (212 °F) น้ำจะไม่เปลี่ยนสถานะจากน้ำร้อนกลายเป็นไอน้ำ ความร้อนที่ใช้ประมาณ 180 BTU

2. ความร้อนแฝง (Latent heat)

เป็น ความร้อนที่เปลี่ยนสถานะของสสารเช่น จากของแข็งเป็นของเหลว ของเหลวเป็นไอ ในช่วงเปลี่ยนสถานะนี้อุณหภูมิที่ใช้มีค่าคงที่ เช่น น้ำ 1 ปอนด์ ที่อุณหภูมิ 0 °C มีสถานะอยู่ระหว่างน้ำแข็ง กับน้ำ ความร้อนที่ใช้ประมาณ 140 BTU ส่วนการทำให้เป็นไอ โดยน้ำ 1 ปอนด์ ที่อุณหภูมิ 100 °C มีสถานะอยู่ระหว่างน้ำกับไอน้ำ ความร้อนที่ใช้ประมาณ 970 BTU

3. ความร้อนรวม (Total heat)

เป็นผลรวมของความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง อย่างตัวอย่างที่ได้กล่าวข้างต้น

ความร้อนสัมผัสที่ทำให้น้ำไม่เปลี่ยนสถานะประมาณ 180 BTU

รวมกับความร้อนแฝงที่ทำให้น้ำแข็งไปเป็นน้ำ 140 BTU

และรวมกับความร้อนแฝงที่ทำให้น้ำไปเป็นไอน้ำ 970 BTU

ดังนั้นความร้อนรวมจะได้ = 180+140+970 = 1290 BTU/น้ำ 1 ปอนด์ หรือใช้กำลังงานทั้งหมด 378W

2.3.2 ทฤษฎีการคำนวณการถ่ายเทความร้อน

สำหรับระบบที่มีกระแสเดียว สมการสมดุลพลังงานลดรูปเป็นดังนี้

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m}[h_2 - h_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(Z_1 - Z_2)] \qquad (2.2)$$

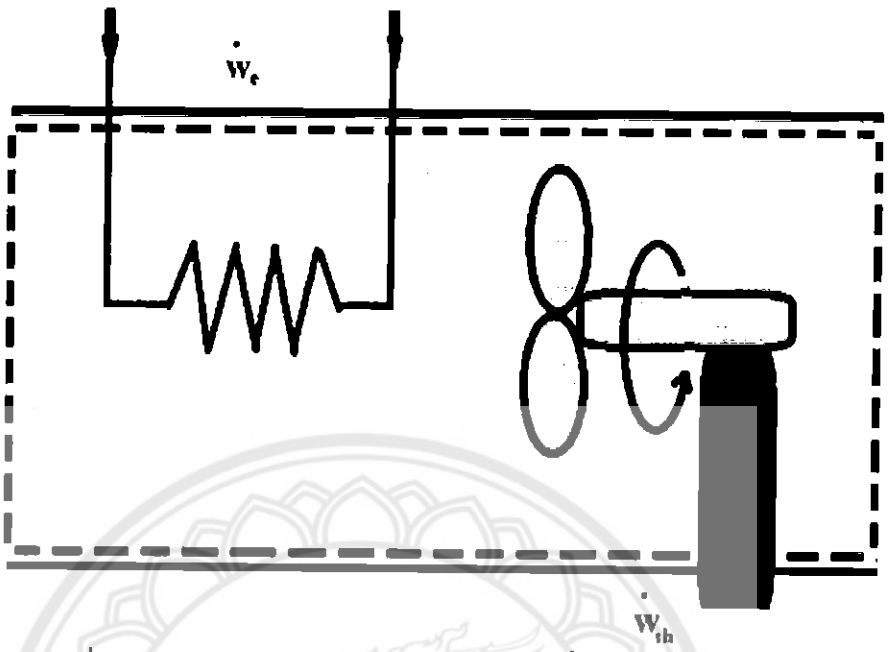
โดยสัญลักษณ์ 1 และ 2 คือ ที่ทางเข้าและทางออกตามลำดับ (บางครั้งอาจใช้สัญลักษณ์ i (inlet) แทน ทางเข้า และ e (exit) แทนทางออก

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาพลังงานแต่ละเทอมเป็นดังนี้

$\dot{Q}$ คือ อัตราการถ่ายโอนความร้อนผ่านขอบเขตของระบบ (kJ/s) สำหรับระบบที่มีการหุ้มฉนวนมีกระบวนการแอเดียเบติก (adiabatic process) $\rightarrow \dot{Q} = 0$

$\dot{W}$ คือ ปริมาณงานต่อหน่วยเวลา หรือกำลัง (power) (kJ/s) หรือ (kW)

สำหรับในระบบเปิดที่มีการไหลคงตัว ปริมาตรของระบบจะคงที่ นั่นคือ งานที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงขอบเขตเป็น ศูนย์ในขณะที่งานเนื่องจากการไหลนั้นอยู่ในเทอมเอนทาลปี ดังนั้นงานในกระบวนการที่มีการไหลอย่างคงตัวในสมการข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์เป็นงานในรูปแบบอื่นๆ เช่นในการทำงานของกังหัน เครื่องอัด และปั๊ม มีการถ่ายโอนงานเพลา หรือในบางระบบเช่น เครื่องเป่าผม มีการถ่ายโอนงานเพลาร่วมกับงานไฟฟ้าดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการถ่ายโอนงานในระบบเปิดที่มีการไหลแบบคงตัว [3]

$h_1 - h_2$ (kJ/kg) สำหรับค่าเอนทาลปีจำเพาะของสารทำงานสามารถอ่านได้จากตารางแสดงสมบัติของสารนั้นๆ ส่วนเอนทาลปีของสารทำงานที่เป็นแก๊สอุดมคติอาจหาค่าได้โดยตรงจากตารางแสดงสมบัติหรือหาค่าโดยประมาณจากผลต่างของเอนทาลปีจำเพาะที่ได้จากสูตร $h_1 - h_2 = c_{P,avg}(T_2 - T_1)$ หน่วยของพลังงานจลน์ คือ (m^2/s^2) ซึ่งเทียบเท่ากับ J/kg

แต่เมื่อคำนวณร่วมกับเอนทาลปีจะต้องเปลี่ยนหน่วยให้เหมือนกับหน่วยของเอนทาลปีคือ kJ/kg จากข้อมูลพบว่าความเร็ว 45 (m^2/s^2) (รูปที่ 2.7) คิดเป็นพลังงานจลน์ได้เพียง 1 kJ/kg ซึ่งถือว่าต่ำมากเมื่อเทียบกับเอนทาลปี ในกรณีทั่วไปจึงไม่จำเป็นต้องพิจารณาผลของพลังงานจลน์หากพบว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ต่ำ นอกจากนี้หากมีการกำหนดว่า ความเร็วที่ทางเข้าและทางออกใกล้เคียงกันมาก ($V_i \cong V_e$) ก็ถือว่าผลต่างของพลังงานจลน์เป็นศูนย์ได้ แต่มีข้อระวังคือที่ความเร็วสูงๆ การเปลี่ยนแปลงความเร็วเพียงเล็กน้อย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ที่มากขึ้นเมื่อเทียบกับที่ความเร็วต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 2.8

$(Z_1 - Z_2)$ (m^2/s^2) พลังงานศักย์มีหน่วยเหมือนกับพลังงานจลน์ การเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ขนาด 1 kJ/kg เกิดจากความสูงต่างกันถึง 102 m ซึ่งมากกว่าระดับทางสูงแตกต่างระหว่างทางเข้าเทียบกับทางออกของโดยอุปกรณ์ทั่วไป ดังนั้นในกรณีทั่วไปจึงไม่จำเป็นต้องพิจารณาผลของการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ในอุปกรณ์เหล่านี้ ยกเว้นกรณีการปั๊มของไหลขึ้นสู่ระดับที่สูง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงระดับค่อนข้างมาก

$$\frac{J}{kg} = \frac{N.m}{kg} = \left(kg\,\frac{m}{s^2}\right)\frac{m}{kg} = \frac{m^2}{s^2}$$

$$\left(\text{also, } \frac{Btu}{lbm} \qquad 25{,}037\,\frac{ft}{s^2}\right)$$

รูปที่ 2.7 หน่วย (m^2/s^2) เทียบเท่ากับ J/kg [3]

V_1 m/s	V_2 m/s	Δke kJ/kg
0	45	1
50	67	1
100	110	1
200	205	1
500	502	1

รูปที่ 2.8 ที่ความเร็วสูงๆ การเปลี่ยนแปลงความเร็วเพียงเล็กน้อยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ที่มากขึ้นเมื่อเทียบกับที่ความเร็วต่ำ [3]

2.4 สูตรในการคำนวณการใช้ไฟฟ้า [4]

พลังงานไฟฟ้า (หน่วย) = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) × เวลา (ชั่วโมง)

1 กิโลวัตต์ = 1,000 วัตต์

ตัวอย่าง พัดลมตั้งพื้น 75 วัตต์ 4 ตัว ถ้าเปิดพร้อมกันจะใช้กำลังไฟฟ้ารวมกันกี่กิโลวัตต์ และถ้าเปิดอยู่นาน 5 ชั่วโมง จะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ากี่หน่วย

วิธีทำ พัดลมตั้งพื้น 75 วัตต์ 4 ตัว ใช้กำลังไฟฟ้ารวม = 75 × 4 วัตต์ = 300 วัตต์

กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) = 300/1,000 กิโลวัตต์

นั่นคือ พัดลมตั้งพื้นทั้ง 4 ตัว ใช้กำลังไฟฟ้า 0.3 กิโลวัตต์

พลังงานไฟฟ้า (หน่วย) = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) × เวลา (ชั่วโมง)

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 0.3 กิโลวัตต์× 5 ชั่วโมง = 1.5 หน่วย

ตอบ พัดลมตั้งพื้น 4 ตัวนี้เปิดนาน 5 ชั่วโมงสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า = 1.5 หน่วย

2.4.1 การคำนวณค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องชำระในแต่ละเดือนประกอบด้วย

* ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge)

* ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิตหรือค่า Ft (Energy Adjustment Charge)

* และภาษีมูลค่าเพิ่มหรือ VAT ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ดังนี้

ค่าไฟฟ้าที่ต้องชำระ = ค่าพลังงานไฟฟ้า + ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต + ภาษีมูลค่าเพิ่ม

คิดค่าไฟฟ้าในอัตราก้าวหน้า หรือตามจำนวนการใช้ไฟฟ้า ถ้าใช้มากขึ้นหน่วยคิดจะสูงขึ้น

5 หน่วยแรกหรือน้อยกว่า เป็นเงิน 5.00 บาท

10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6 – 15) หน่วยละ 0.70 บาท

10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 – 25) หน่วยละ 0.90 บาท

10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 – 35) หน่วยละ 1.17 บาท

65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 –100) หน่วยละ 1.58 บาท

50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101–150) หน่วยละ 1.68 บาท

250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151–400) หน่วยละ 2.22 บาท

เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป) หน่วยละ 2.53 บาท

2.4.2 อัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ประเภทที่ 1

บ้านอยู่อาศัย ประกาศใช้เมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2534

ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิตหรือค่า Ft

ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต (Ft) = จำนวนหน่วยที่ใช้ × ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิตต่อหน่วย

สำหรับค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิตต่อหน่วยนี้จะเปลี่ยนแปลงตามสภาพเศรษฐกิจ ซึ่งในปัจจุบันนี้เท่ากับ 64.52 สตางค์ต่อหน่วย

ภาษีมูลค่าเพิ่มหรือ VAT

ภาษีมูลค่าเพิ่ม = ร้อยละ 7 ของผลรวมระหว่างค่าพลังงานไฟฟ้ากับค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต

ตัวอย่าง การคำนวณค่าไฟฟ้า บ้านหลังหนึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าในระยะเวลา 1 เดือน เท่ากับ 85 หน่วย จะต้องชำระค่า ไฟฟ้าเท่าไร (คิดค่าพลังงานไฟฟ้าในอัตราก้าวหน้า)

ค่าพลังงานไฟฟ้าในอัตราก้าวหน้า

* 5 หน่วยแรกหรือน้อยกว่า เป็นเงิน 5.00 บาท

* 10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6 – 15) หน่วยละ 0.70 บาท

* 10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 – 25) หน่วยละ 0.90 บาท
* 10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 – 35) หน่วยละ 1.17 บาท
* 65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 – 100) หน่วยละ 1.58 บาท
* 50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101 – 150) หน่วยละ 1.68 บาท
* 250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400) หน่วยละ 2.22 บาท
* เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป) หน่วยละ 2.53 บาท
* ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต (Ft) หน่วยละ 0.6452 บาท
* ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7 %

วิธีทำ คิดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ดังนี้

5 หน่วยแรก เป็นเงิน = 5.00 บาท

10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6 – 15) เป็นเงิน 0.70 × 10 = 7.00 บาท

10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 – 25) เป็นเงิน 0.90 × 10 = 9.00 บาท

10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 – 35) เป็นเงิน 1.17 × 10 = 11.70 บาท

50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 – 85) เป็นเงิน 1.58 × 50 = 79.00 บาท

ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น = 5.00 + 7.00 + 9.00 + 11.70 + 79.00 = 111.70 บาท

ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต (Ft) = จำนวนหน่วยที่ใช้ × ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิตต่อหน่วย

= 85 × 0.6452

= 54.84 บาท

ค่าพลังงานไฟฟ้า + ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต = 111.70 + 54.84 = 166.54 บาท

ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) = (ค่าพลังงานไฟฟ้า + ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต) × 7/100

ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) = (111.70 + 54.84) × 7/100 = 11.66 บาท

ตอบ บ้านหลังนี้ต้องชำระค่าไฟฟ้า = 111.70 + 54.84 + 11.66 = 178.20 บาท

2.5 การทบทวนผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [5]

จากผลงานวิจัยของ อรรถพร อภิวัฒนานุกูล สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ ทิพาพร อยู่วิทยา และอดิศักดิ์ นาถกรณกุล เรื่อง การชะลอความเสียหายของกองข้าวเปลือกชื้น โดยการระบายอากาศ (Delay of Deterioration of Wet Paddy by Ventilation) โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาถึงการชะลอความเสียหายของกองข้าวเปลือกชื้นโดยการระบายอากาศ อากาศที่ใช้เป่ามี 2 อย่างคือ อากาศเย็นอุณหภูมิ 15 ±8 °C และอากาศแวดล้อมอุณหภูมิ 30 ± 8 °C โดยแบ่งลักษณะการเป่า

อากาศเข้ากองข้าวเปลือกออกเป็น 2 วิธี คือ การเป่าอากาศอย่างต่อเนื่องและการเป่าอากาศเฉพาะช่วงกลางวันทดสอบกับข้าวเปลือกความชื้น 21.0% 22.2% และ 26.0% มาตรฐานเปียก อัตราการไหลของอากาศ 0.35 $m^3/min\text{-}m^3$ ของข้าวเปลือก จากการทดลองพบว่า ข้าวเปลือกที่เป่าด้วยอากาศเย็นอย่างต่อเนื่องอุณหภูมิเฉลี่ยของกองข้าวเปลือกทั้งสองความชื้นลดลงเหลือ 20 °C ภายใน 1 วัน และข้าวเปลือกที่เป่าด้วยอากาศแวดล้อมอย่างต่อเนื่องอุณหภูมิเฉลี่ยของกองข้าวเปลือกทั้งสองความชื้นลดลงมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมภายใน 1 วัน คุณภาพของข้าวเปลือกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้นานกว่า 1 เดือน ไม่ว่าจะเป่าด้วยอากาศเย็นหรืออากาศแวดล้อมเมื่อพิจารณาคุณภาพข้าวเปลือกหลังการสี ในแง่ความขาวพบว่า การเป่าด้วยอากาศเย็นให้คุณภาพข้าวเปลือกดีกว่าการเป่าด้วยอากาศแวดล้อม

บทที่ 3

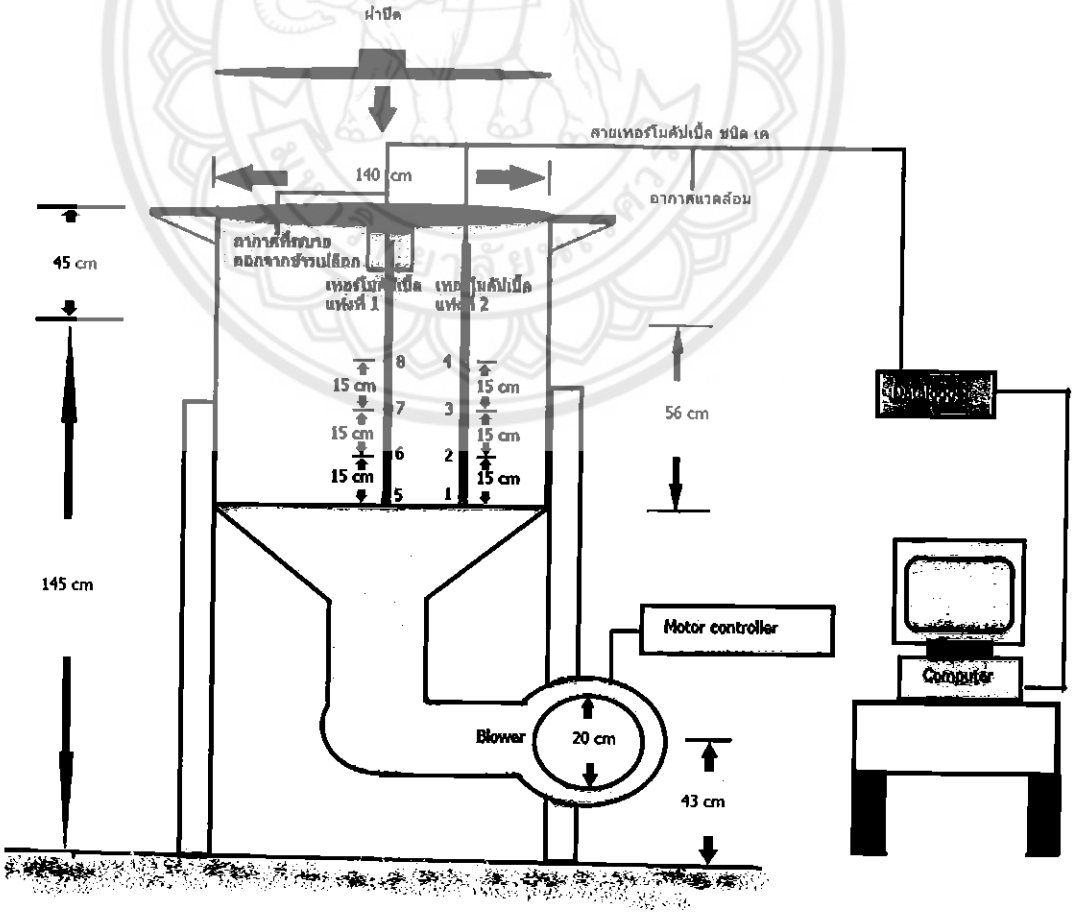
ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 วิธีการดำเนินงาน

3.1.1 ศึกษาเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้าวเปลือก และการเก็บรักษาข้าวเปลือก

3.1.2 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบการระบายความร้อนในข้าวเปลือก โดยใช้การระบายอากาศด้วยพัดลม (Blower)

3.1.3 ออกแบบโครงสร้างถังเก็บข้าวเปลือก ออกแบบการติดตั้งพัดลม และอุปกรณ์การเก็บข้อมูล ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แบบโครงสร้างถังเก็บข้าวเปลือก และการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูล

3.1.4 ทำการทดสอบและศึกษาประสิทธิภาพของการระบายความร้อนในข้าวเปลือกด้วยพัดลม และศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยทำการทดสอบดังนี้

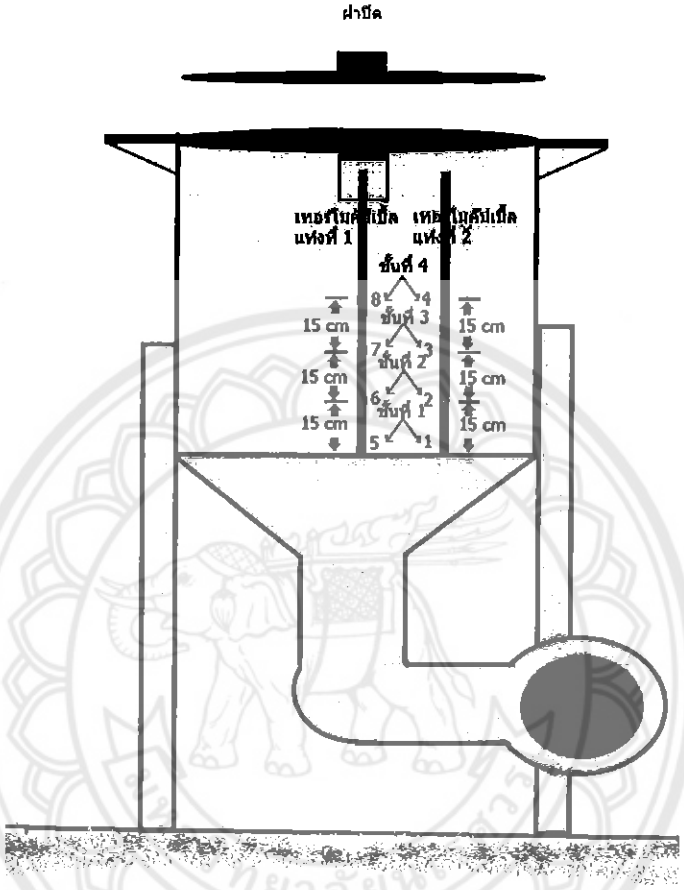
3.1.4.1 ทำการจัดเรียงแท่งสาย เทอร์โมคัปเปิล โดยตำแหน่งวางเทอร์โมคัปเปิลแท่งที่ 1 วางไว้ที่ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของถังกับผนังด้านข้างถัง ซึ่งแท่งที่ 1 ประกอบไปด้วยจุดที่ 1 2 3 และ 4 เรียงตัวจากด้านล่างขึ้นด้านบน โดยมีระยะระหว่างจุดห่างกันชั้นละ 15 cm ส่วนแท่งเทอร์โมคัปเปิลแท่งที่ 2 วางไว้ที่จุดศูนย์กลางของถังเก็บข้าวเปลือก ประกอบไปด้วยจุดที่ 5 6 7 และ 8 เรียงตัวจากล่างขึ้นบน โดยมีระยะระหว่างจุดห่างกันชั้นละ 15 cm เช่นเดียวกับแท่งเทอร์โมคัปเปิลแท่งที่ 1 จากนั้นทำการต่อสายเทอร์โมคัปเปิลเข้ากับชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วยดาต้าล็อกเกอร์ (Datalogger) และคอมพิวเตอร์ (Computer) ดังรูปที่ 3.1

3.1.4.2 นำข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณบุรี 3 จำนวน 500 kg ใส่ลงในถังควรทำด้วยความระมัดระวัง เพราะ ข้าวอาจโดนสายเทอร์โมคัปเปิลหลุด หรือ ขาดได้ จากนั้นทำการปิดฝาด้านบน

3.1.4.3 ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิที่ความเร็วลม 1,000 rpm โดยเริ่มเก็บค่าตั้งแต่เวลา 18.00 น. ของวันที่ 31/12/2010 ถึงวันที่ 4/1/2011เวลา 06.00 น. รวม 132 ชั่วโมง ซึ่งทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิโดยใช้ เทอร์โมคัปเปิล เก็บข้อมูลอุณหภูมิทุกๆ 1 ชั่วโมง ซึ่งได้เก็บข้อมูลทั้งหมด 10 จุด คือ

- อุณหภูมิอากาศที่ระบายออกจากข้าวเปลือก
- อุณหภูมิอากาศแวดล้อม และอุณหภูมิของข้าวเปลือกที่ระดับความลึกต่างกันชั้นละ15 cm ทั้งหมดอีก 8 จุดที่ได้ทำการจัดเรียงไว้ดังรูปที่ 3.1 โดยข้อมูลที่นำมาคิดจะเป็นข้อมูลที่ระดับความสูงเท่ากันมาพิจารณาเป็นชั้นๆ ได้ทั้งหมด 4 ชั้น โดยชั้นที่ 1 จับคู่กันระหว่างจุดที่ 1 และ 5 ชั้นที่ 2 จับคู่กันระหว่างจุดที่ 2 และ 6 ชั้นที่ 3 จับคู่กันระหว่างจุดที่ 3 และ 7 และชั้นที่ 4 จับคู่กันระหว่างจุดที่ 4 และ 8 ดังแสดงในรูปที่ 3.2

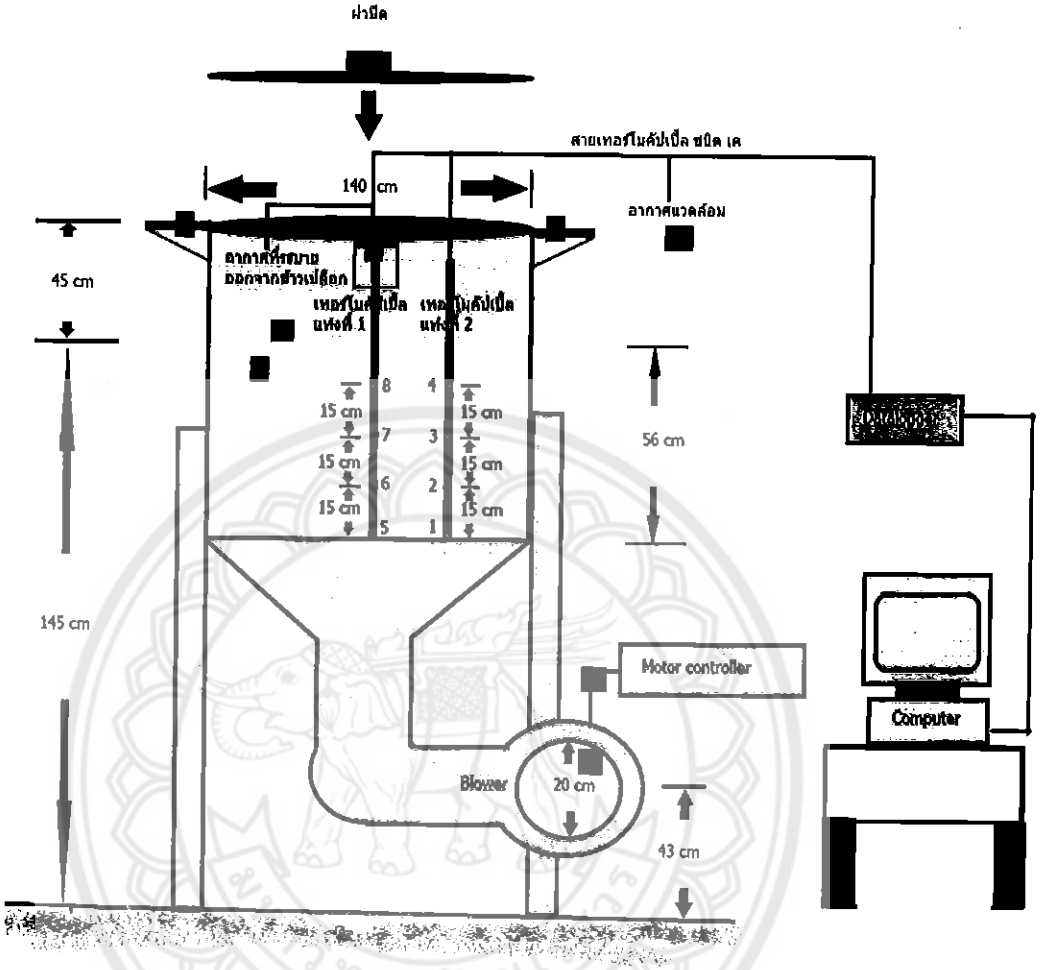
3.1.4.4 โดยระหว่างที่ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมินั้นก็ทำการเก็บข้อมูลต่างๆ โดยตำแหน่งการวัดค่าได้แสดงไว้ดังรูป 3.3 ซึ่งได้ทำการวัดค่าต่างๆดังนี้



รูปที่ 3.2 แสดงชั้นที่ใช้ในการพิจารณาอุณหภูมิ

- ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์

ตำแหน่งเก็บค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์อากาศโดยใช้เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศเก็บค่าทุก 6 ชั่วโมง คือเวลา 06.00 12.00 18.00 และ 00.00 ทำการเก็บทั้งสิ้น 5 ค่า โดยตำแหน่งการวัดได้แสดงไว้ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งตำแหน่ง A B และ C คือ ตำแหน่งการวัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศปล่องทางออกที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ตำแหน่ง D คือ ตำแหน่งการวัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศทางเข้าพัดลม และตำแหน่ง G คือ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม



รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งการวัดค่าสมบัติต่างๆในการทดลอง

- ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าวเปลือก

ตำแหน่งทำการวัดความชื้นข้าวคือ ตำแน่ง E โดยใช้เครื่องมือวัดความชื้นเมล็ดพืช ทำการสุ่มวัดค่าความชื้นข้าวเปลือกทั้งหมด 5 ค่า

- ค่าความเร็วลม

ตำแหน่งการเก็บค่าความเร็วลมโดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วลม ได้แก่ D คือ ตำแหน่งวัดความเร็วที่ทางเข้าและ F คือ ตำแหน่งวัดความเร็วลมที่ทางออกต้องทำการวัดให้ชิดกับข้าวเปลือกมากที่สุด

- ค่ากำลังไฟฟ้า

ตำแหน่งการวัดค่าการใช้ไฟคือ ตำแหน่ง H โดยทำการวัดที่สายไฟทางเข้า มอเตอร์ คอนโทรลเลอร์ (Motorcontroller) ทุกความเร็วลม โดยใช้แคลมป์มิเตอร์ (Clamp meter) ออกมาในหน่วย กิโลวัตต์ (kW)

เมื่อทำการเก็บค่าต่างๆครบ 132 ชั่วโมงเสร็จแล้ว จากนั้นนำข้าวออกจากถังเพื่อเพิ่มความชื้นให้กับข้าวโดยวิธีการพรมน้ำให้ข้าวให้มีความชื้น 26% ดังเดิม จากนั้นนำข้าวใส่ถังแล้วทำการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับความเร็ว 1,000 rpm แต่เปลี่ยนความเร็วเป็น 600 rpm และ 200 rpm ตามลำดับ เมื่อทำการเก็บค่าแบบใช้พัดลมเสร็จสิ้นแล้วจึงทำการเก็บข้อมูลข้าวเปลือกโดยไม่มีการระบายอากาศทำการเก็บโดยใช้วิธีเดิมแตกต่างกันเพียงไม่เปิดพัดลมและไม่เก็บค่าความเร็วลมกับค่าไฟ

3.1.5 วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียกับการเก็บรักษาข้าวเปลือกด้วยวิธีการเก็บแบบธรรมดา

3.1.6 วิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของระบบโดยใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาคำนวณ แต่ละความเร็วรอบคือ 1,000 rpm 600 rpm และ 200 rpm

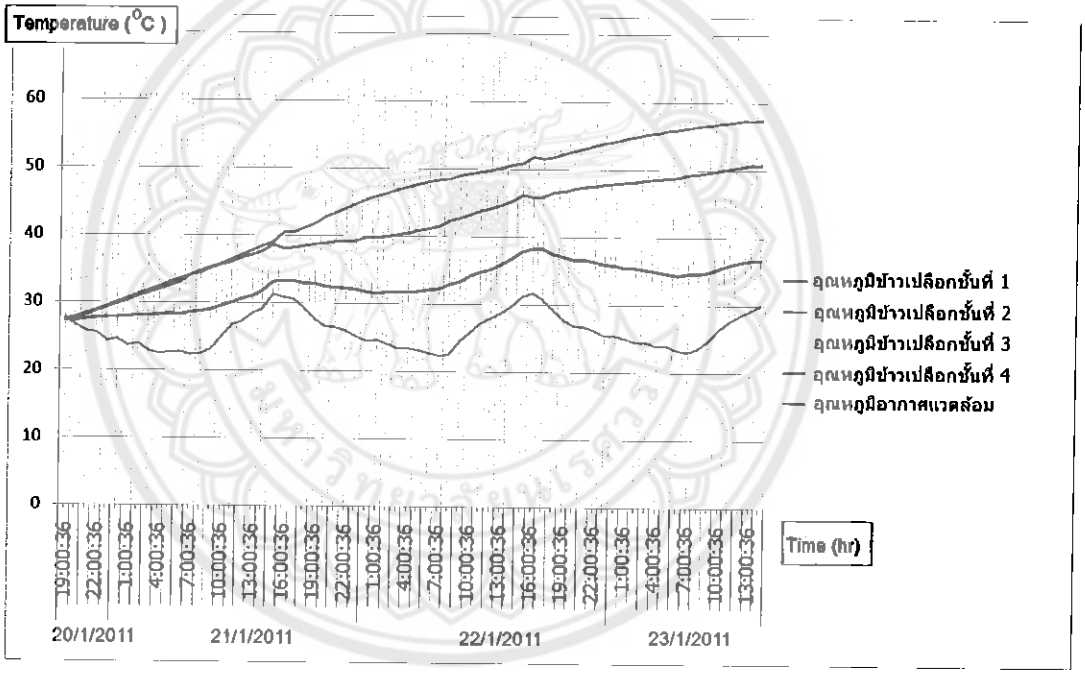
3.1.7 วิเคราะห์ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ของระบบ

3.1.8 สรุปผลการทดลอง

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์

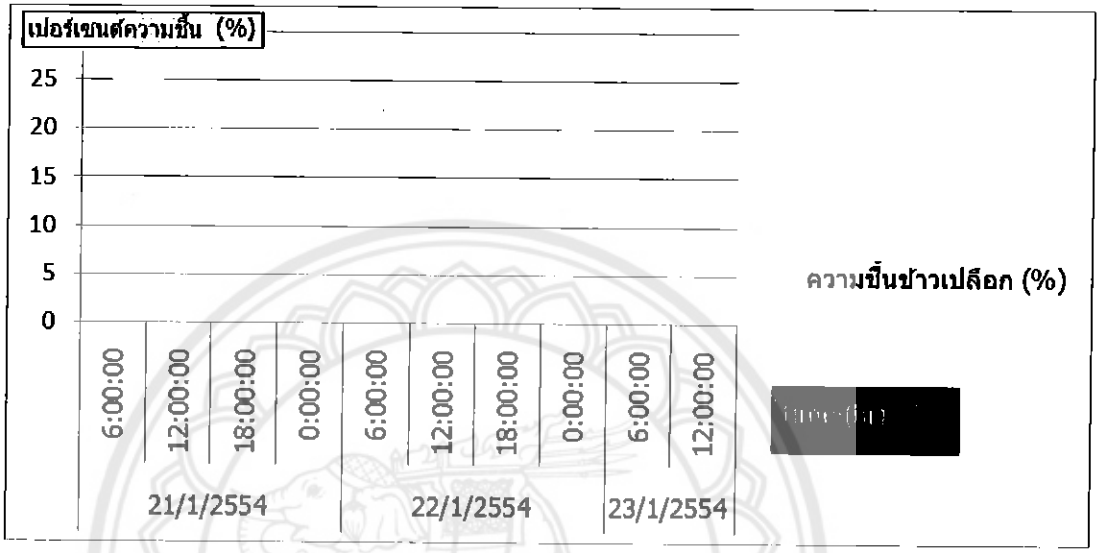
4.1 การเก็บแบบไม่มีการระบายอากาศ



รูปที่ 4.1 กราฟค่าอุณหภูมิข้าวเปลือกที่เก็บโดยไม่มีการระบายอากาศ

จากกราฟจะเห็นได้ว่าการเก็บแบบข้าวเปลือกแบบไม่มีการระบายอากาศนั้นอุณหภูมิของข้าวจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเนื่องมาจากการหายใจของข้าวเปลือกซึ่งจะได้ทั้งความร้อนและความชื้นโดยชั้นที่ 3 และ 4 จะมีอุณหภูมิสูงกว่าเพราะเป็นบริเวณที่อยู่กลางถังมีการระบายออกตามธรรมชาติของความร้อนได้น้อยจึงมีค่าอุณหภูมิสูง ในส่วนบริเวณชั้นที่ 1 และ 2 เป็นชั้นที่อยู่ใกล้กับอากาศแวดล้อมจึงมีค่าไม่สูงมากเนื่องจากสามารถถ่ายเทออกตามธรรมชาติของความร้อน ซึ่งจะถ่ายเทจากมากไปน้อยดังแสดงรูปในรูปที่ 4.1 ทั้งนี้ กราฟจึงสรุปได้ว่า การเก็บแบบไม่มีการระบายอากาศนั้น ความชื้นของข้าวจะลดลงได้น้อย ข้าวจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องมาจากการหายใจของข้าวเปลือกซึ่งจะได้ทั้งความร้อนและความชื้นดังสมการที่ 1.1 ซึ่งส่งผลเสียต่อข้าวที่

เก็บ ในเวลาต่อมา คือ ข้าวงอก และเกิดเชื้อรา มีกลิ่นเหม็น ไม่เหมาะแก่การบริโภค ซึ่งในการเก็บแบบไม่มีการระบายอากาศมีอุณหภูมิเฉลี่ยหลังจากเก็บข้าวเปลือก 68 ชั่วโมงทั้ง 4 ชั้นของการเก็บค่าอุณหภูมิของข้าวเปลือกโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลอยู่ที่ 50.31°C



รูปที่ 4.2 กราฟค่าความชื้นของข้าวเปลือกแบบไม่มีการระบายอากาศ

ในการเก็บแบบไม่มีการระบายอากาศค่าความชื้นของข้าวเปลือกลดลงจาก 26% เหลือ 19.84% ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งถือว่าไม่เหมาะแก่การเก็บรักษาคุณภาพข้าวในเวลาต่อมาพบว่า ข้าวงอก และมีเชื้อรา

ดังนั้น

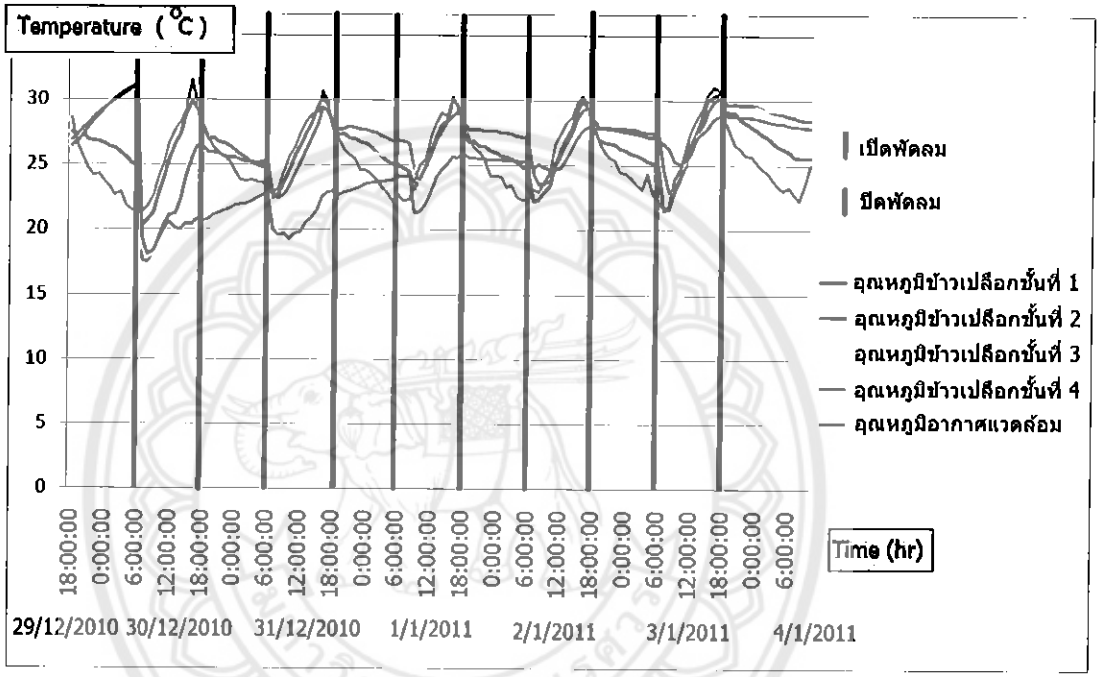
การเก็บข้าวเปลือกแบบไม่มีการระบายอากาศนั้น มีค่าความชื้น 19.84% และมีอุณหภูมิ 50.31°C หลังจากเก็บเป็นระยะเวลา 68 ชั่วโมง การเก็บข้าวเปลือกแบบไม่มีการระบายอากาศไม่เหมาะสมเป็นอย่างยิ่งที่จะนำมาเก็บรักษาข้าวเปลือก เพราะว่าจะส่งผลเสียต่อคุณภาพ คือ ข้าวงอก เกิดเชื้อรา มีกลิ่นเหม็น มีสีดำ เนื่องมาจากการหายใจของข้าวซึ่งมีความร้อนและความชื้นเราจึงได้ทำการทดลองและศึกษาการเก็บข้าวเปลือกแบบมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยการระบายอากาศ

4.2 การเก็บแบบมีการระบายอากาศ

4.2.1 ที่ความเร็ว 1,000 rpm มีอัตราการไหลของอากาศ 0.37 m^3/min.m^3 ของข้าวเปลือก

4.2.1.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือก

การทดลองที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm ทำการเก็บค่าอุณหภูมิตั้งแต่วันที่ 29/12/2010 ตั้งแต่เวลา 18.00 น. ถึงวันที่ 4/1/2010 เวลา 10.00 น. โดยทำการเก็บข้อมูลโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศที่ระบายออกจากกองข้าวและอุณหภูมิของข้าวเปลือกที่ระดับความลึกต่างกันชั้นละ 15 cm ทั้งหมด 8 จุด ทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยจะนำข้อมูลที่ระดับความสูงเท่ากันมาพิจารณาเป็นชั้นๆ ทั้งหมด 4 ชั้น ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงอุณหภูมิของข้าวเปลือกและอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม

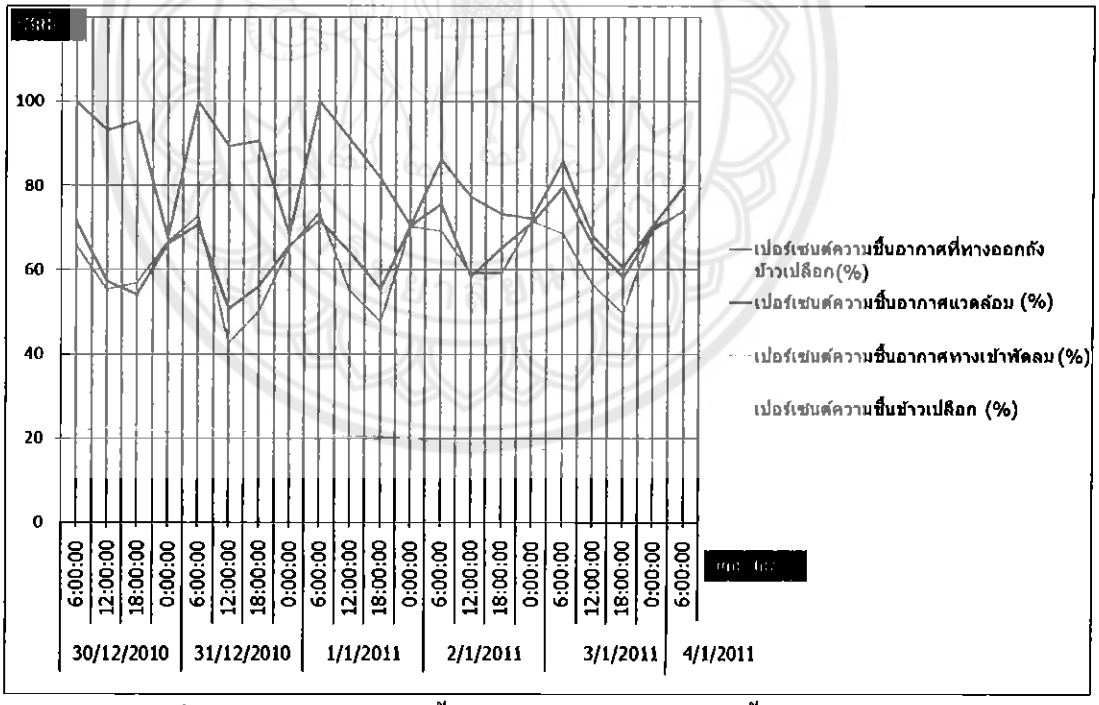
ในการทดลองจะมีการเปิดพัดลมในช่วงเวลา 06.00 - 18.00 น. และจะปิดพัดลมในช่วงเวลา 18.00 – 06.00 น. ของแต่ละวัน จากการทดลองที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของอากาศและมีแนวโน้มของอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ในช่วงวันแรกของการทดลองที่ยังไม่มีการเปิดพัดลมพบว่า อุณหภูมิของข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นเนื่องจากความร้อนที่เกิดจากการหายใจของข้าวเปลือก ซึ่งอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 31 - 32 °C หลังจากเก็บเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง และเมื่อมีการเปิดพัดลมในช่วงเวลา 06.00 – 18.00น.ในแต่ละวันจะพบว่าอุณหภูมิของข้าวเปลือกจะเพิ่มขึ้นและลดลงตามอุณหภูมิของอากาศเพราะข้าวเปลือกได้รับความร้อนจากอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมที่เป่าเข้าไป จึงทำให้อุณหภูมิของข้าวเปลือกในแต่ละชั้นก็มีความแตกต่างกันไป โดยอุณหภูมิของข้าวเปลือกในชั้นที่ 1 จะมีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมมากที่สุด เพราะเป็นชั้นที่อยู่ใกล้กับอากาศแวดล้อมที่เป่าเข้าไปมากที่สุด ในส่วนของอุณหภูมิข้าวเปลือกชั้นที่ 2 3 และ 4 ก็มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมเช่นเดียวกันแต่ก็มีอุณหภูมิที่แตกต่าง

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

กันในแต่ละชั้นเนื่องมาจากการถ่ายเทความร้อนจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน เมื่อพิจารณาอุณหภูมิของข้าวเปลือกในวันที่ 3/1/2011 ซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายของการเก็บ ในช่วงเริ่มเปิดพัดลมจนปิด พบว่าอุณหภูมิข้าวในถังเก็บข้าวเปลือกในแต่ละชั้นจะมีค่าใกล้เคียงกันและใกล้เคียงกับอากาศแวดล้อมที่เป่าเข้าไป ทั้งนี้เนื่องมาจากความร้อนและความชื้นของข้าวเปลือกได้ถูกระบายออกไปมากทำให้ความร้อนที่เกิดจากการใจของข้าวเปลือกลดลง

4.2.1.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือก

จากกราฟ จะเห็นได้ว่าที่ความเร็ว 1,000 rpm นี้ ในช่วงวันแรกของการเปิดพัดลม ในตอนเช้า คือช่วงเวลา 06.00 – 12.00 น. นั้น พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์อากาศบริเวณทางออกนั้นมีค่าแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่ถูกดูดเข้าไปโดยพัดลมนั้นยังมีค่ามากอยู่จึงไม่สามารถดึงเอาความชื้นออกจากข้าวเปลือกได้ จากนั้นเมื่อเข้าสู่ช่วงบ่ายค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศมีค่าลดลงจะเห็นได้ว่าที่บริเวณทางออกค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศเริ่มมีค่าสูงขึ้นทั้งนี้เนื่องมาจากเป็นการดึงความชื้นของข้าวเปลือกออกนั้นเอง



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความชื้นของข้าวเปลือกและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

และเมื่อปิดพัดลมเวลา 18.00 น. ความชื้นที่ทางออกมีค่าลดลงจนใกล้เคียงกับความชื้นสัมพัทธ์อากาศ กราฟโดยรวมจะมีแนวโน้มเช่นเดียวกันไปเรื่อยๆ จนวันสุดท้ายของการเก็บ พบว่าที่ทางออกและทางเข้า นั้นมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องมาจากความชื้นข้าวเปลือกในถังเก็บถูกระบายออกไป

1550 3899
น/ร.
W259ก
2553

โดยพัดลม จนใกล้จะหมดแล้วนั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 4.4 จากการทดลองโดยใช้ความเร็วรอบ 1,000 rpm นี้สามารถลดความชื้นจาก 26% เหลือเพียง 15.24%

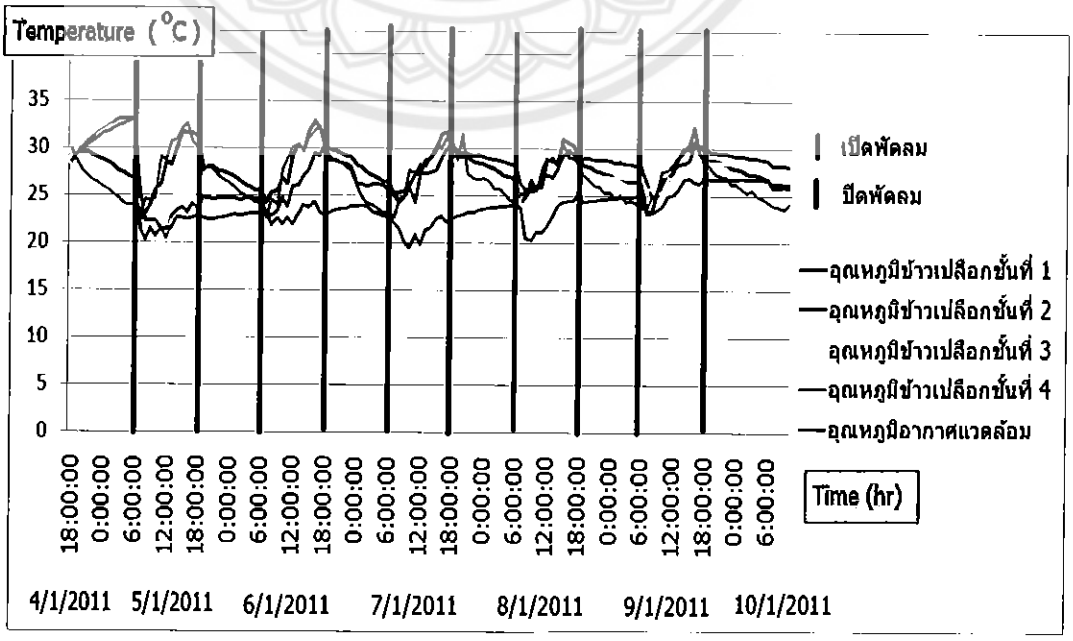
ดังนั้น

ที่ความเร็ว 1,000 rpm สามารถลดความชื้นข้าวเปลือก จาก 26% เหลือ 15.24% และมีอุณหภูมิ 28.04 °C หลังจากเก็บเป็นระยะเวลา 132 ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm นี้เหมาะสมที่จะนำมาควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของข้าวเปลือกเนื่องจากสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้ดีที่สุดจากการทดลองทั้ง 3 ความเร็วรอบ เพราะข้าวเปลือกมีระดับความชื้นที่ใกล้เคียงกับค่าความชื้นที่เหมาะสมในการเก็บข้าวเปลือกซึ่งโดยทั่วไปความชื้นที่ใช้ในการเก็บข้าวเปลือกจะอยู่ที่ 12 - 14% และมีอุณหภูมิอยู่ในระดับที่เหมาะสมในการเก็บรักษาข้าวเปลือก

4.2.2 ที่ความเร็ว 600 rpm มีอัตราการไหลของอากาศ 0.2393 m^3/min.m^3 ของข้าวเปลือก

4.2.2.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือก

ได้ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 600 rpm ทำการเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิตั้งแต่วันที่ 4/1/2011 ตั้งแต่เวลา 18.00 น. ถึงวันที่ 10/1/2011 เวลา 10.00 น. โดยทำการเก็บข้อมูลโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลเก็บข้อมูลอุณหภูมิทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นอุณหภูมิอากาศที่ระบายออกจากถังข้าวเปลือก อุณหภูมิอากาศแวดล้อมและอุณหภูมิของข้าวเปลือกที่ระดับความลึกต่างกันชั้นละ 15 cm ทั้งหมด 8 จุด โดยข้อมูลที่นำมาคิดจะนำข้อมูลที่ระดับความสูงเท่ากันมาพิจารณาเป็นชั้นๆ ได้ทั้งหมด 4 ชั้น ดังแสดงใน รูปที่ 3.1

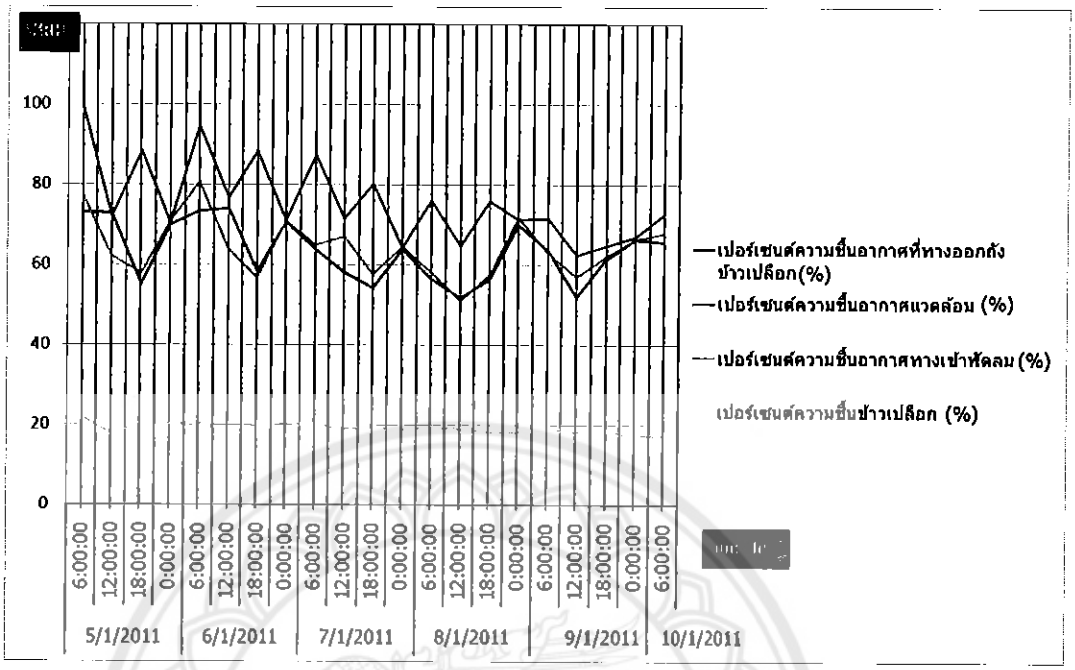


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงอุณหภูมิของข้าวเปลือกและอุณหภูมิอากาศแวดล้อม

ในการทดลองจะมีการเปิดพัดลมในช่วงเวลา 06.00 - 18.00 น. และจะปิดพัดลมในช่วงเวลา 18.00 – 06.00 น. ของแต่ละวัน จากกราฟจะเห็นได้ว่า ในช่วงวันแรกของการเก็บ อุณหภูมิของข้าวเปลือกเพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกของการเก็บและเริ่มมีค่าอุณหภูมิลดลงในช่วงเวลาที่มีการเปิดพัดลม และหลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือกก็จะมีแนวโน้มตามอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ดังแสดงในรูปที่ 4.5 พิจารณาอุณหภูมิชั้นที่ 1 จะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อม เพราะเป็นชั้นที่อยู่ติดกับอากาศแวดล้อมมากที่สุด ส่วนอุณหภูมิชั้นที่ 2, 3 และ4 จะมีค่าใกล้เคียงกัน ในช่วงแรกของการเก็บอุณหภูมิของข้าวเปลือกเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการหายใจของข้าวเปลือก ซึ่งอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 33 - 34 °C หลังจากเก็บเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนี้ทำการเปิดพัดลม ที่ในช่วงเวลา 06.00 – 18.00 น.ของแต่ละวัน พบว่าชั้นของอุณหภูมิข้าวเปลือกมีค่าที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อมตั้งแต่วันแรกของการเก็บจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บและอุณหภูมิข้าวเปลือกในแต่ละวันจะมีค่าอยู่ประมาณ 30 - 32 °C โดยที่อุณหภูมิข้าวเปลือกแต่ละชั้นมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากมีการถ่ายเทความร้อนจากชั้นล่างขึ้นสู่ชั้นบน จากการสังเกตจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของข้าวเปลือกที่ชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามอุณหภูมิของอากาศที่ทางออก ในขณะที่อุณหภูมิของข้าวเปลือกที่ชั้น 3 และชั้นที่ 4 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม ทั้งนี้เนื่องมาจากการถ่ายเทความร้อนจากชั้นล่างขึ้นชั้นบนที่แตกต่างกัน ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศภายนอกที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ทำให้อุณหภูมิของข้าวเปลือกในแต่ละชั้นที่ได้ออกมาไม่เท่ากัน

4.2.2.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือก

จากกราฟ จะเห็นได้ว่าที่ความเร็ว 600 rpm นี้ ในช่วงวันแรกของการเปิดพัดลม ในตอนเช้าคือช่วงเวลา 06.00 – 12.00 น. นั้น พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์อากาศบริเวณทางออกนั้นมีค่าแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่ถูกดูดเข้าไปโดยพัดลมนั้นยังมีค่ามากอยู่จึงไม่สามารถดึงเอาความชื้นออกจากข้าวเปลือกได้ จากนั้นเมื่อเข้าสู่ช่วงบ่ายค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศมีค่าลดลงจะเห็นได้ว่าที่บริเวณทางออกค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศเริ่มมีค่าสูงขึ้นทั้งนี้ เนื่องมาจากเป็นการดึงความชื้นของข้าวเปลือกออกนั้นเอง และเมื่อปิดพัดลมเวลา 18.00 น. ความชื้นที่ทางออกมีค่าลดลงจนใกล้เคียงกับความชื้นสัมพัทธ์อากาศ กราฟโดยรวมจะมีแนวโน้มเช่นเดียวกันไปเรื่อยๆ จนวันสุดท้ายของการเก็บ พบว่าที่ทางออกและทางเข้า นั้นมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องมาจากความชื้นข้าวในถังเก็บถูกระบายออกไปโดยพัดลม จนใกล้จะหมดแล้วนั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความชื้นของข้าวเปลือกและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

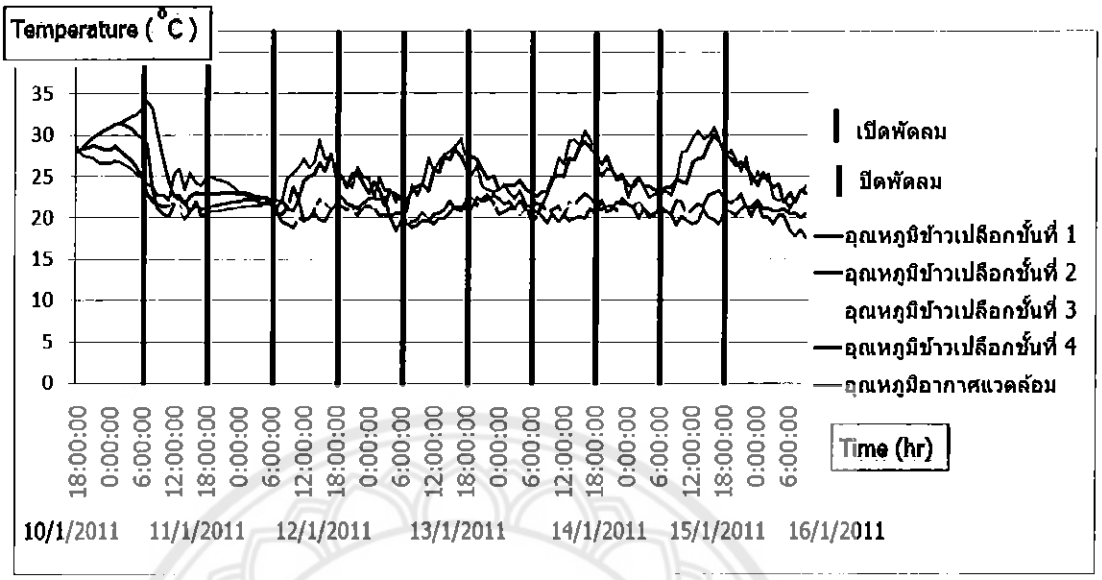
จากการทดลองโดยใช้ความเร็วรอบ 600 rpm นี้สามารถลดความชื้นจาก 26% เหลือเพียง 17.18% ดังนั้น

ที่ความเร็ว 600 rpm สามารถลดความชื้นข้าว จาก 26% เหลือ 17.18% และมีอุณหภูมิ 27.59 °C หลังจากเก็บเป็นระยะเวลา 132 ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 600 rpm สามารถลดความชื้นได้ในระดับปานกลางและมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาข้าวเปลือก ที่ความเร็วรอบ 600 rpm นั้นไม่เหมาะที่จะใช้ในการเก็บรักษาข้าวเปลือก เพราะความชื้นที่ได้ยังสูงกว่า 14% ซึ่งเป็นค่าความชื้นที่มีความเหมาะสมนั่นเอง

4.2.3 ที่ความเร็ว 200 rpm มีอัตราการไหลของอากาศ 0.0643 $m^3/min.m^3$ ของข้าวเปลือก

4.2.3.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือก

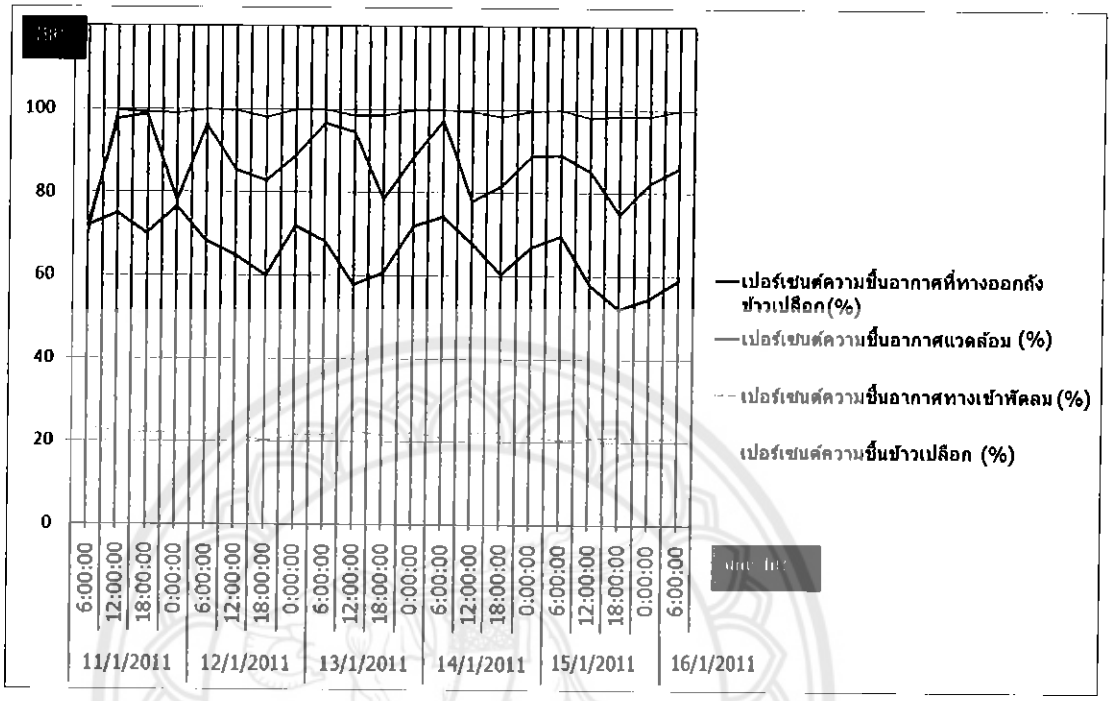
ได้ทำการทดลองที่ความเร็วรอบ 200 rpm ทำการเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิตั้งแต่วันที่ 10/1/2011 ตั้งแต่เวลา 18.00 น. ถึงวันที่ 16/1/2011 เวลา 9.00 น. โดยทำการเก็บข้อมูลโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล เก็บข้อมูลอุณหภูมิทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นอุณหภูมิอากาศที่ระบายออกจากถังข้าวเปลือก อุณหภูมิอากาศแวดล้อมและอุณหภูมิของข้าวเปลือกที่ระดับความลึกต่างกันชั้นละ 15 เซนติเมตร ทั้งหมด 8 จุด โดยข้อมูลที่นำมาคิดจะนำข้อมูลที่ระดับความสูงเท่ากันมาพิจารณาเป็นชั้นๆ ได้ทั้งหมด 4 ชั้น ดังแสดงใน รูปที่ 3.1



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงอุณหภูมิของข้าวเปลือกและอุณหภูมิอากาศแวดล้อม

ในการทดลองจะมีการเปิดพัดลมในช่วงเวลา 06.00 - 18.00 น. และจะปิดพัดลมในช่วงเวลา 18.00 – 06.00 น. ของแต่ละวันจากกราฟจะเห็นได้ว่า ในช่วงวันแรกของการเก็บอุณหภูมิของข้าวเปลือกเพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกของการเก็บและเริ่มมีค่าอุณหภูมิลดลงในช่วงเวลาที่มีการเปิดพัดลม และหลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือกก็จะมีแนวโน้มตามอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ดังแสดงในรูปที่ 4.7 พิจารณาอุณหภูมิชั้นที่ 1 จะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อมตั้งแต่วันเริ่มเก็บจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บ เพราะเป็นชั้นที่อยู่ติดกับอากาศมากที่สุด ส่วนชั้นที่ 2 3 และ 4 เพราะเป็นชั้นที่อยู่ตรงกลางทั้ง 3 ชั้นนี้จะมีค่าอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิในถังเก็บในชั้นที่ 2 3 และ 4 มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงแรก ทั้งนี้เนื่องมาจากการหายใจของข้าวเปลือก ซึ่งอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 33 – 34 °C หลังจากเก็บเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนี้ทำการเปิดพัดลม ที่ในช่วงเวลา 06.00 – 18.00 น.ของแต่ละวัน พบว่าชั้นของอุณหภูมิข้าวเปลือกที่อยู่ใกล้ทางออกของอากาศมากที่สุดจะมีค่าสูงสุดและอุณหภูมิข้าวเปลือกจะลดลงเรียงจากชั้นที่ 4 3 2 และ1 ตามลำดับ ทำให้อุณหภูมิแต่ละชั้นมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากมีการถ่ายเทความร้อนจากชั้นล่างขึ้นสู่ชั้นบน จากการสังเกตจะเห็นได้ว่าค่าอุณหภูมิของข้าวเปลือกภายในถังเก็บข้าวเปลือกจะมีแนวโน้มคล้ายกับอุณหภูมิแวดล้อม แต่จะมีค่าของอุณหภูมิน้อยกว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อมในตอนกลางวัน และจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อมในเวลาตอนกลางคืน ทั้งนี้เนื่องมาจากเป็นฤดูหนาวอุณหภูมิอากาศจะลดลงในช่วงเวลาตอนกลางคืนรวมถึงการระบายความชื้นออกไปได้น้อยจึงทำให้อุณหภูมิข้าวในถังเก็บข้าวเปลือกนั้นมีค่าต่ำ

4.2.3.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือก



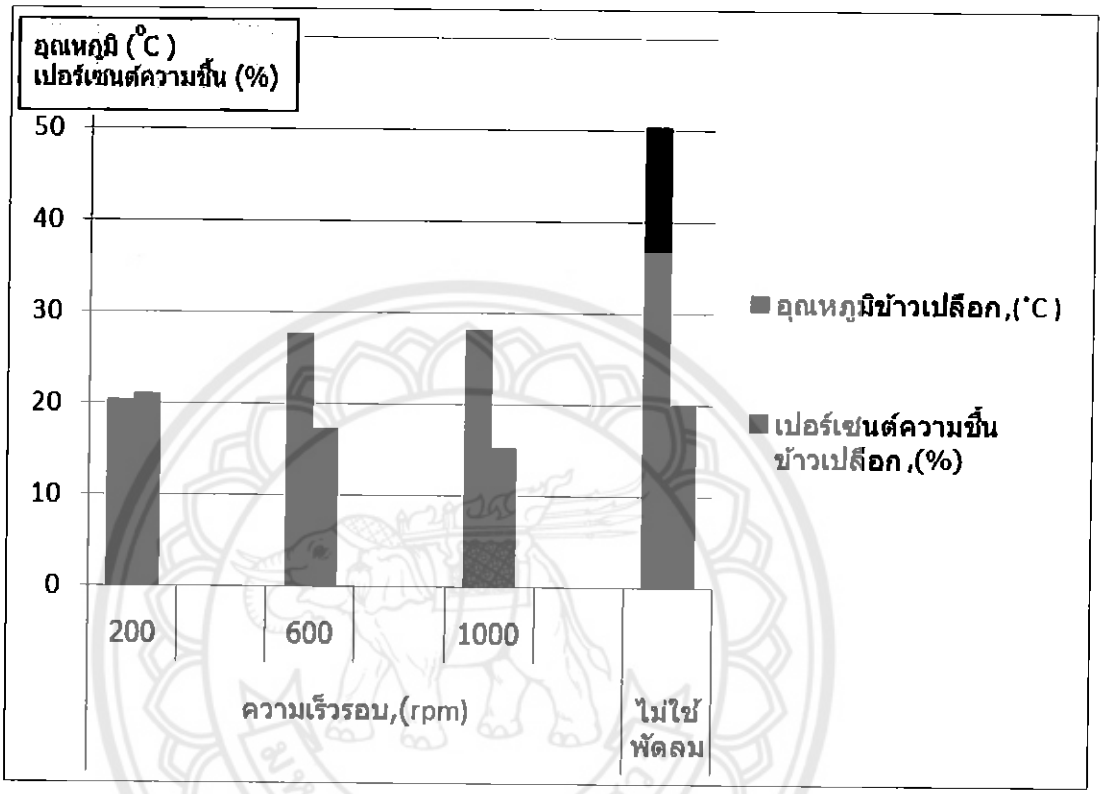
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความชื้นของข้าวเปลือกและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

จากกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.8 จากกราฟจะเห็นได้ว่า ที่บริเวณทางเข้าด้านดูดของพัดลมจะมีค่าความชื้นสูงมากเนื่องมาจากตามธรรมชาติอากาศชื้นซึ่งจะตกลงด้านล่างตามแรงโน้มถ่วงของโลกประกอบกับความเร็วลมระดับนี้ไม่แรงพอที่จะดูดอากาศแวดล้อมเข้าไประบายความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกภายในถังจึงมีผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่ทางเข้ามีค่าสูงตลอดเวลา จึงทำให้ที่บริเวณทางออกและทางเข้ามีความชื้นสัมพัทธ์อากาศสูง จะเห็นได้ว่าที่ความเร็ว 200 rpm นี้สามารถลดความชื้นจาก 26% เหลือเพียง 20.98%

ดังนั้น

ที่ความเร็ว 200 rpm สามารถลดความชื้นข้าว จาก 26% เหลือ 20.98% และมีอุณหภูมิ 20.26 °C หลังจากเก็บเป็นระยะเวลา 132 ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 200 rpm นี้ ไม่เหมาะที่จะนำมาเก็บรักษาข้าวเปลือก เนื่องจากไม่สามารถลดความชื้นได้ดีเท่าที่ควรเพราะข้าวเปลือกที่ดีควรมีระดับความชื้นอยู่ที่ 12 – 14% และเมื่อข้าวเปลือกมีความชื้นก็จะส่งผลต่ออุณหภูมิของข้าวเปลือกกล่าวคือ ข้าวเปลือกจะมีอุณหภูมิต่ำซึ่งผลที่ตามมาก็คือ ข้าวเปลือกอาจจะเกิดเชื้อรา หรืออาจเกิดการงอกของข้าวเปลือกได้

4.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นของการเก็บข้าวเปลือกระหว่างแบบที่มีการระบายอากาศและไม่มีการระบายอากาศ



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิข้าวเปลือกและความชื้นของข้าวเปลือก

จากรูปที่ 4.9 จากกราฟพบว่า ค่าความชื้นและอุณหภูมิของการเก็บข้าวเปลือกระหว่างแบบที่มีการระบายอากาศ ที่เก็บเป็นระยะเวลา 132 ชั่วโมง และแบบไม่มีการระบายอากาศที่เก็บเป็นระยะเวลา 68 ชั่วโมง มีค่าดังนี้

- ที่ความเร็วรอบ 200 rpm มีความชื้น 20.98% และมีอุณหภูมิ 20.26 °C
- ที่ความเร็วรอบ 600 rpm มีความชื้น 17.18% และมีอุณหภูมิ 27.59 °C
- ที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm มีความชื้น 15.24% และมีอุณหภูมิ 28.04 °C
- ในแบบที่ไม่มีการระบายอากาศ มีความชื้น 19.84% และมีอุณหภูมิ 50.31 °C

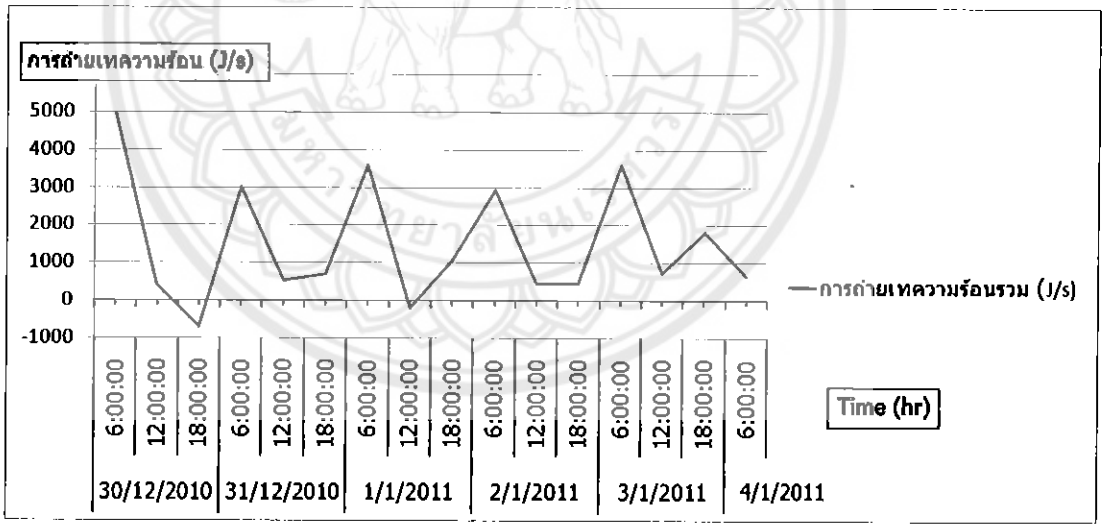
ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกที่เหมาะสมนั้น จะมีค่าความชื้น 12 – 14% และมีอุณหภูมิ 29 °C และจากข้อมูลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ทราบว่า ที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm สามารถลดความชื้นได้มากที่สุดในการทดลองทั้ง 3 ความเร็วรอบ และมากกว่าแบบไม่มีการระบายอากาศด้วย ที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm นี้มีอุณหภูมิข้าวเปลือกอยู่ในระดับที่เหมาะสม และเหมาะสมสำหรับใช้ในการเก็บข้าวเปลือกมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย เรื่อง การชะลอความเสียหายของกอง

ข้าวเปลือกชื้นโดยการระบายอากาศ [5] โดยใช้ความเร็วลมอยู่ที่ 0.35 $m^3/min.m^3$ ในการชะลอความเสียหายของข้าวเปลือก ที่ความเร็วรอบ 600 rpm สามารถลดความชื้นได้รองลงมาจาก 1,000 rpm สามารถลดความชื้นได้ดีพอสมควร และมีอุณหภูมิข้าวเปลือกอยู่ในระดับที่เหมาะสม ที่ความเร็วรอบ 200 rpm สามารถลดความชื้นได้น้อยที่สุด ที่ความเร็ว 200 rpm ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกเพราะมีความชื้นสูงมาก และในแบบที่ไม่มีการระบายอากาศนั้นมีความชื้นและอุณหภูมิข้าวเปลือกที่สูงมากและไม่เหมาะที่จะใช้ในการเก็บรักษาข้าวเปลือก

4.4 การถ่ายเทความร้อนของข้าวเปลือก

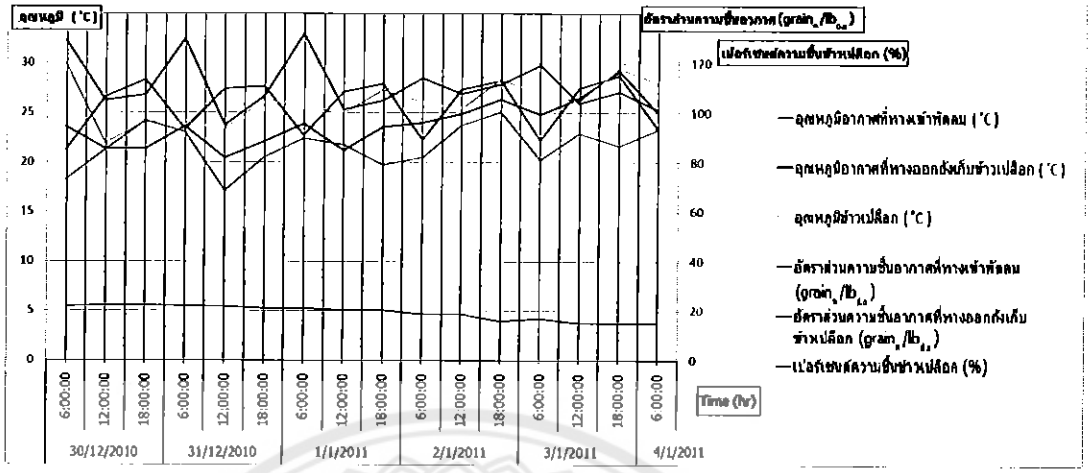
4.4.1 วิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 1,000 rpm

จากการเก็บค่าผลการทดลองความเร็ว 1,000 rpm โดยเก็บเฉพาะช่วงเวลาที่เปิดพัดลมของทุกวัน โดยเก็บข้อมูลห่างกันช่วงละ 6 ชั่วโมง คือ 06:00 12:00 และ 18:00 น. โดยเริ่มเปิดเมื่อเวลา 06:00 น. และปิดเวลา 18:00 น. ผลจากการนำค่าที่สภาวะต่างๆจากรูปที่ 4.11 มาวิเคราะห์ผลได้ดังนี้



รูปที่ 4.10 การถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 1,000 rpm

จากค่าที่ได้ การถ่ายเทความร้อนที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm นี้ พบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนนั้นส่วนมากมีค่าเป็นบวก ซึ่งหมายความว่าถ้าพิจารณาให้อากาศแวดล้อมเป็นปริมาตรควบคุม (Control volume)แล้ว กระบวนการที่เกิดนั้นคือกระบวนการที่ข้าวเปลือกส่วนใหญ่ที่อยู่ในถังเก็บข้าวเปลือกมีการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ปริมาตรควบคุม มีแค่เพียง 2 ค่าเท่านั้น ที่มีค่าความร้อนเป็นลบ คือที่ เวลา 18.00 น. ของวันที่ 30/12/2011 และที่เวลา 12.00 น. ของวันที่ 1/1/2011 ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.11 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าว อุณหภูมิข้าวในถังเก็บ ค่าอุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นอากาศที่ทางเข้าพัดลมและที่ทางออกถังข้าวเปลือก

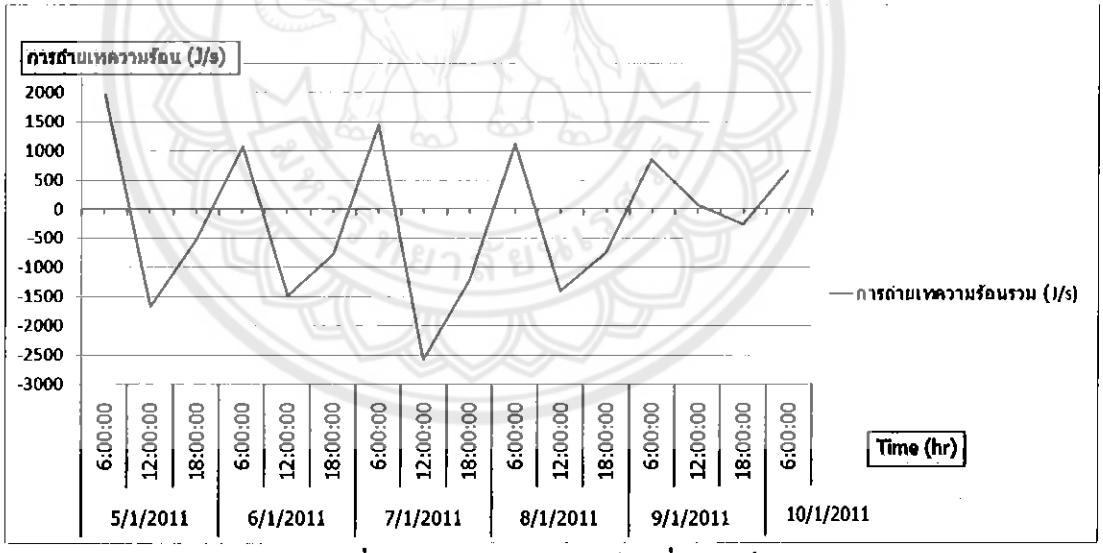
เมื่อพิจารณาอุณหภูมิข้าวเปลือกในถังเก็บข้าวเปลือกในรูปที่ 4.11 พบว่าในช่วงวันแรกของการเก็บนั้น ในช่วงเช้า(06.00 น.) นั้นอุณหภูมิและความชื้นของข้าวเปลือกนั้นยังสูงเนื่องมาจากการทิ้งข้าวเปลือกไว้โดยไม่เปิดพัดลมในช่วงเวลากลางคืน (18.00 น.- 06.00 น.) เมื่อทำการเปิดพัดลมในช่วงเช้า พบว่าในช่วงวันแรกของการเปิดนั้นมีค่าความชื้นที่ทางออกสูงมากแต่อุณหภูมิที่ทางเข้านั้นต่ำกว่าในถังเก็บข้าวเปลือก นั่นคือถ้าพิจารณาอากาศเป็นปริมาตรควบคุม แสดงว่าอากาศนั้นไม่มีการสูญเสียความร้อน แต่เป็นการได้รับความชื้นและความร้อนที่มีอยู่ในถังข้าวเปลือก เมื่อเปิดพัดลมไป จนถึงเวลากลางวัน (12.00 น.) พบว่ากระบวนการที่เกิดขึ้นนั้นก็ยังเหมือนเดิมเช่นเดียวกับในตอนเช้า แต่ค่าอุณหภูมิของข้าวในถังได้ลดลงทั้งนี้เนื่องมาจากความร้อนสัมผัสของข้าวได้ถูกถ่ายเทไปกับความชื้นที่ระบายออกจากถังซึ่งสังเกตได้จาก ค่าความร้อนในช่วงเวลา 06.00 น.ดังรูปที่ 4.10 ของวันแรกนั้นมีค่าสูงมาก จึงทำให้ที่เวลากลางวัน (12.00 น.) มีค่าความร้อนลดลงมากเพราะว่าได้ถูกถ่ายเทออก อุณหภูมิข้าวจึงลดลงมากแต่ความชื้น ยังมากอยู่ สังเกตได้จากสภาวะที่ทางออก และเมื่อถึงช่วงเวลาบ่ายอุณหภูมิอากาศแวดล้อมสูงขึ้น จึงทำให้ข้าวเปลือกมีการดูดความร้อนเข้าสู่ตัวเองซึ่งถือว่าเป็นเรื่องธรรมดาของการถ่ายเทความร้อนคือจะไหลจากที่ที่มีความร้อนสูงไปยังที่ที่มีความร้อนต่ำ ค่าการถ่ายเทความร้อนที่ได้ในเวลา 18.00 น.ของวันแรกที่เปิดพัดลมจึงมีค่าเป็นลบ ซึ่งกระบวนการนี้ก็จะเกิดขึ้นอีกในเวลาต่อมาคือ เวลา 12.00 น. ของวันที่ 1/1/2011 เพราะว่าความชื้นของข้าวเปลือกยังสูงอยู่ และอุณหภูมิข้าวในถังยังมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อมจึงมีการดูดกลืนความร้อนจากอากาศเข้าไป จึงทำให้ในช่วงเวลานี้มีค่าการถ่ายเทความร้อนเป็นลบ และเมื่อพิจารณาค่าสภาวะอากาศและอุณหภูมิข้าวของวันที่ 2/1/2011 จนถึงวันสุดท้ายของการเปิดพัดลมคือ วันที่ 3/1/2011 อุณหภูมิข้าวเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง

และสภาวะอากาศที่ทางออกและทางเข้าเริ่มมีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าถังเก็บข้าวเปลือกมีค่าการถ่ายเทความร้อนเพียงกระบวนการเดียวคือกระบวนการเพิ่มความชื้นและความร้อนให้กับอากาศ ดังนั้น

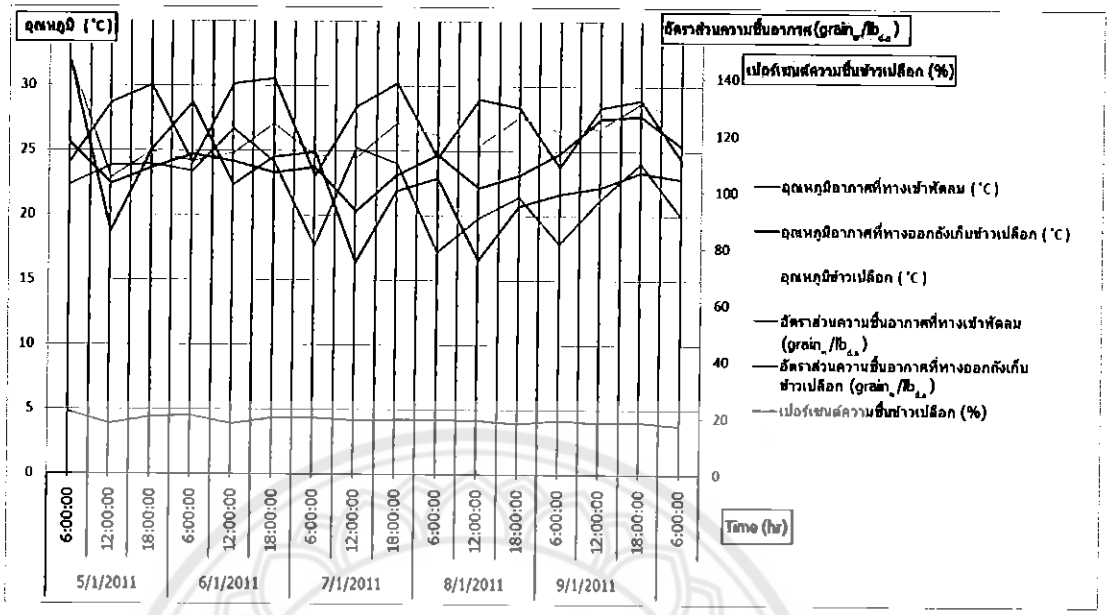
เมื่อพิจารณาสภาวะอากาศที่ทางเข้าและทางออกของการเก็บค่าที่ความเร็ว 1,000 rpm พบว่า ในช่วง 2 วันแรกของ ขอการเก็บนั้นจะเห็นได้ว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่ทางออกนั้นมีค่าสูงต่อเนื่อง เพราะว่า ความเร็วของอากาศที่ไหลเข้ามีค่ามากจึงทำให้มีการไล่ความชื้นออกได้ดีตลอดวัน ประกอบกับช่วงวันนี้มีค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่ต่ำ จึงทำให้อากาศที่ถูกดูดเข้าไปนั้นดึงความชื้นออกได้ดีขึ้นโดยสังเกตได้จาก ค่าความชื้นของข้าวเปลือกในถังเก็บ และความชื้นของอากาศที่ทางออกนั้นมีแนวโน้มลดลงใกล้เคียงกับอากาศแวดล้อมในช่วงวันสุดท้ายของการเปิดพัดลม นั่นแสดงให้เห็นว่าการถ่ายเทความร้อนนั้นเป็นไปในทิศทางเดียวคือ เป็นกระบวนการเพิ่มอุณหภูมิและความชื้นให้กับอากาศแวดล้อม ถ้าพิจารณาให้อากาศเป็นปริมาตรควบคุม

4.4.2 วิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 600 rpm

จากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 600 rpm ได้ผลออกมาดังนี้



รูปที่ 4.12 การถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 600 rpm



รูปที่ 4.13 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าว อุณหภูมิข้าวในถังเก็บ ค่าอุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นอากาศที่ทางเข้าพัดลมและที่ทางออกถังข้าวเปลือกที่ความเร็ว600 rpm

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นได้ว่า ในช่วงเวลา 06.00 น ของวันที่ 5/1/2011 ซึ่งเป็น**ช่วงเช้าในฤดูหนาว** สภาวะอากาศที่ทางเข้าพัดลมนั้นจะมีค่าอัตราส่วนความชื้นที่สูงและอุณหภูมิต่ำ จะถูกดูดเข้าไปในถังเก็บข้าวเปลือกที่มีค่าอุณหภูมิ และความชื้นที่สูงอยู่แล้ว ผลก็คือ ความชื้นที่ทางออกจึงมีค่าสูงแต่อุณหภูมิต่ำ ถ้าพิจารณาให้อากาศเป็นปริมาตรควบคุมนั้น จะเรียกกระบวนการนี้ว่ากระบวนการเพิ่มความชื้นและความร้อนให้กับปริมาตรควบคุม และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมที่ได้จะเป็นค่าบวก ดังตารางที่ 4.12 เนื่องมาจากถังข้าวเปลือกยังไม่มีการดูดความร้อนเข้าถังเก็บข้าวเปลือก มีแต่เพียงการถ่ายเทความชื้นและความร้อนของข้าวออก ซึ่งเมื่อพิจารณาตลอดการทดลองที่ความเร็วนี้ในช่วงเวลาเช้า (06.00 น.) ของทุกวันนั้นจะเกิดกระบวนการเช่นนี้ตลอดทั้งการทดลอง

และเมื่อถึงเวลากลางวัน 12.00 น. พบว่าค่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ซึ่งคืออุณหภูมิอากาศที่ทางเข้าพัดลมนั้น เริ่มมีค่าสูงขึ้น และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเริ่มมีค่าลดลง ดังนั้นอากาศที่ถูกดูดเข้าไปในถังเก็บข้าวเปลือกจะเป็นอากาศที่มีความร้อนสูงและความชื้นต่ำกว่าข้าวเปลือกและอากาศที่อยู่ในถัง เมื่อพิจารณาสภาวะอากาศที่ทางออกพบว่า ค่าความชื้นอากาศมีค่าสูงกว่าที่ทางเข้า แต่อุณหภูมิอากาศจะต่ำกว่าอุณหภูมิที่ทางเข้า แสดงว่า ข้าวได้ดูดกลืนความร้อนของอากาศแวดล้อมเข้าไปเพื่อระเหยความชื้นของข้าวที่อยู่ในถังออก ถ้าพิจารณาให้อากาศแวดล้อมเป็นเป็นปริมาตรควบคุม จะเรียกกระบวนการนี้ว่ากระบวนการสูญเสียความร้อนของปริมาตรควบคุม นั่นคืออากาศสูญเสียความร้อนให้กับถังเก็บข้าวเปลือกและสาเหตุที่ค่าความร้อนรวมในรูปที่ 4.12 ที่ได้ออกมาเป็นลบ เพราะปริมาตรควบคุมมีการสูญเสียความร้อนให้กับถังเก็บข้าวเปลือกหรือในทางกลับกัน

ข้าวเปลือกในถังมีการดูดความร้อนจากอากาศเข้าสู่ถังซึ่งเหมือนกับกระบวนการทำความเย็นแบบระเหย

ซึ่งกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ช่วงเวลากลางวัน(12.00 น.)จนถึงเวลาปิดพัดลม(18.00 น.) ของทุกวันตลอดการทดลอง จะเกิดกระบวนการเดียวกันคือ กระบวนการสูญเสียความร้อนของปริมาตรควบคุม (อากาศ) ซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนที่ได้จะมีค่าเป็นลบ ยกเว้นวันที่ 9/1/2011 พบว่า ที่เวลา 12.00 น. มีค่าเป็นบวกแต่มีค่าที่น้อย เพราะว่า ข้าวเปลือกกับปริมาตรควบคุมเริ่มมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างกันน้อยลงสังเกตได้จาก ค่าอุณหภูมิที่ทางเข้าและทางออกมีค่าใกล้เคียงกัน ต่างกันน้อยมากต่างกันเพียงจุดทศนิยมซึ่งอาจจะเกิดจากการผิดพลาดของเครื่องมือวัดวัดค่าสภาวะที่ทางออกได้มากกว่า ซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนรวมซึ่งมีค่าเพียง 94 J/s ซึ่งมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับช่วงเวลาอื่น นั่นเป็นเพราะว่า สภาวะในถังเก็บข้าวเปลือก เริ่มมีค่าใกล้เคียงกับสภาวะอากาศแวดล้อมแล้ว นั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 4.13 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในวันสุดท้ายของการเก็บคือวันที่ 9/1/2011 นั้นมีทิศทางลู่เข้าหากัน ทั้งกราฟอุณหภูมิ และอัตราความชื้นของ อากาศ และค่าความชื้นของข้าวก็มีแนวโน้มลดลงด้วย

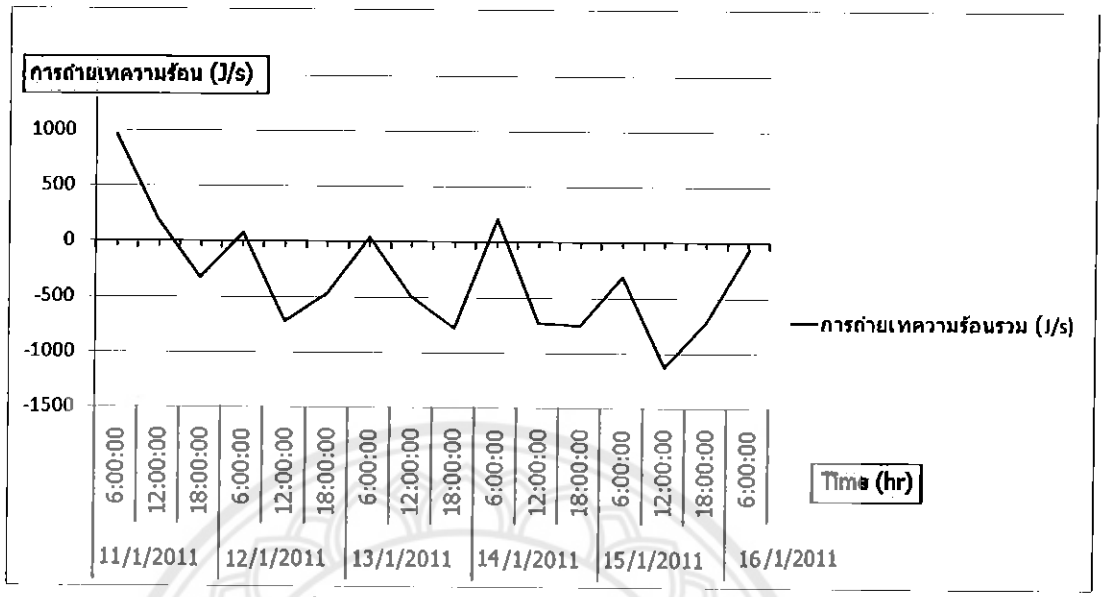
ดังนั้น

ค่าการความร้อนรวมดังแสดงในรูปที่ 4.12 หมายถึงค่าของการถ่ายเทความร้อนของอากาศแวดล้อมนั่นเอง ถ้าค่าที่ได้เป็นบวก หมายถึง อากาศแวดล้อมได้รับความร้อนเข้ามา แต่ถ้าค่าที่ได้เป็นลบ หมายถึงการสูญเสียความร้อนของอากาศแวดล้อม ซึ่งส่วนประกอบของความร้อนรวมนั้นจะมีทั้งค่าความร้อนแฝง และความร้อนสัมผัสรวมกัน ซึ่งที่ความเร็วรอบ 600 rpm นี้ จะมีทั้งสองกระบวนการเกิดขึ้นสลับกันไปคือกระบวนการดึงความร้อนจากอากาศแวดล้อมเข้าสู่ถังเก็บ และกระบวนการถ่ายเทความร้อนกับอากาศแวดล้อม

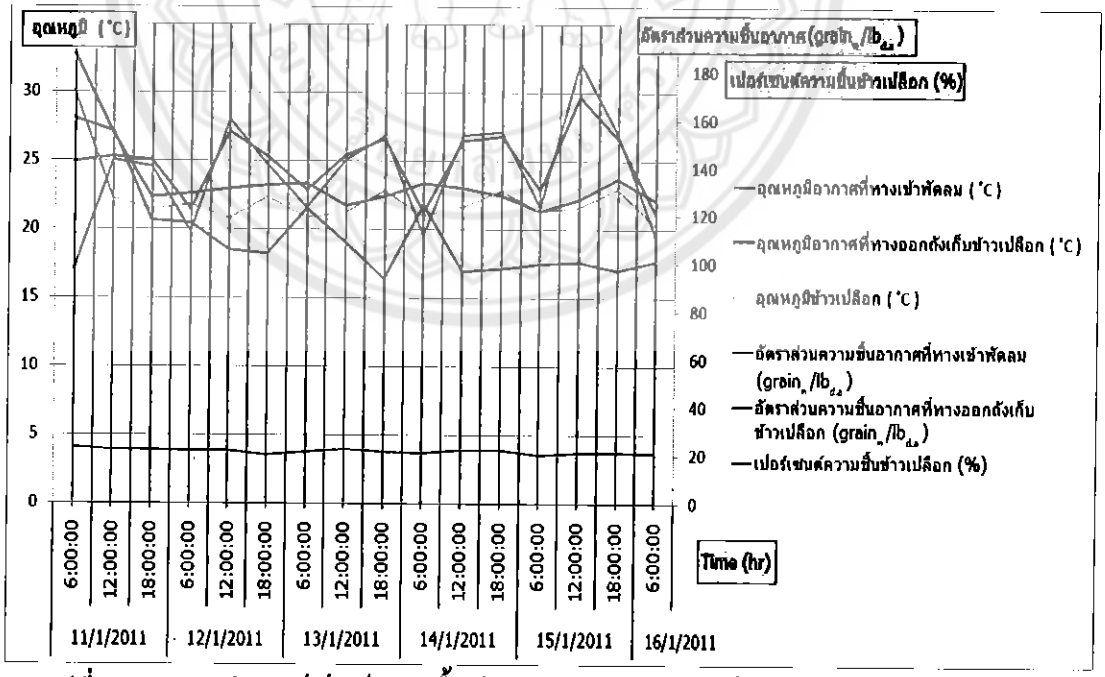
4.4.3 วิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 200 rpm

จากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 200 rpm ได้ผลออกมาดังนี้

พิจารณาค่าความร้อนรวมพบว่าในช่วงแรกของการเก็บในรูปที่ 4.14ในวันที่ 5/1/2011 เวลา 06.00 น. – 12.00 น. พบว่าในช่วงวันแรกของการเปิดพัดลมนั้นมีค่าอัตราส่วนความชื้นที่ทางออกถังข้าวเปลือกสูงมากแต่อุณหภูมิที่ทางเข้าพัดลมนั้นต่ำกว่าในถัง นั่นคือถ้าพิจารณาอากาศเป็นปริมาตรควบคุม แสดงว่า อากาศนั้นไม่มีการสูญเสียความร้อน แต่เป็นการได้รับความชื้นและความร้อนที่มีอยู่ในถังข้าวเปลือก เมื่อเปิดพัดลมไป จนถึงเวลากลางวัน (12.00 น.) พบว่ากระบวนการที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4.14 การถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 200 rpm



รูปที่ 4.15 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าว อุณหภูมิข้าวในถังเก็บ ค่าอุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นอากาศที่ทางเข้าพัดลมและที่ทางออกถังข้าวเปลือกที่ความเร็ว 200 rpm

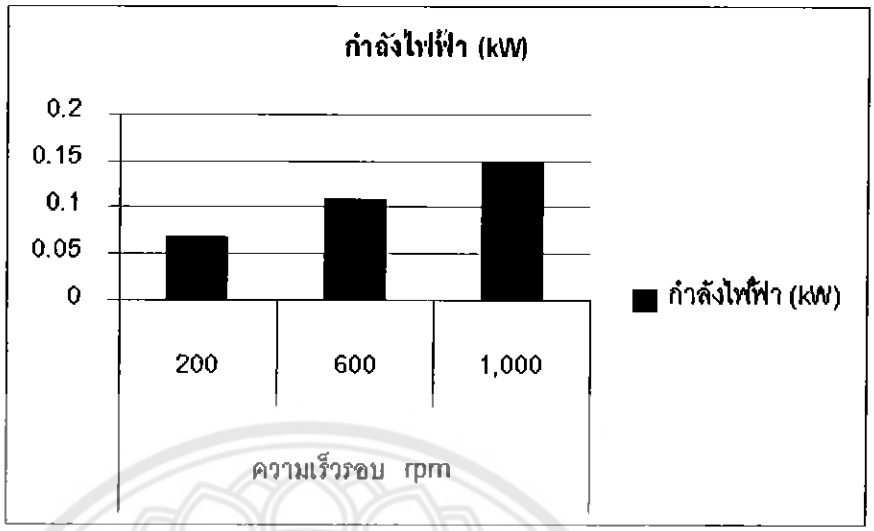
นั้นก็ยังเหมือนเดิมเช่นเดียวกับในตอนเช้า แต่ค่าอุณหภูมิของข้าวเปลือกในถังเก็บข้าวเปลือกได้ลดลงทั้งนี้เนื่องมาจากความร้อนของข้าวได้ถูกถ่ายเทไปกับความชื้นที่ระบายออกจากถังซึ่งสังเกตได้จาก ค่าความร้อนรวมที่ช่วงเวลา 06.00 น. ของวันแรกนั้นมีค่าสูงจากนั้นเริ่มลดลงเมื่อลดลงในช่วงบ่าย จึงส่งผลให้ข้าวจึงต้องดูดเอาความร้อนจากอากาศแวดล้อมเข้าถังเก็บข้าวเปลือก จึงได้ค่าการถ่ายเทความร้อนที่เป็นค่าลบในเวลาเย็น (18.00 น.) และในวันถัดมาคือ วันที่ 6/1/2011 และ 7/1/2011 ที่เวลา 06.00 น. นั้นก็เกิดกระบวนการนี้เช่นกันแต่จะมีค่าน้อยลง แสดงว่าระบบเริ่มเข้าสู่สภาวะอิ่มตัวซึ่งจะเกิดได้ในช่วงเปิดพัดลม คือเริ่มรับความร้อนและ ความชื้นเข้าสู่ตัวเองได้น้อยลง และจากผลการคำนวณในรูปที่ 4.14 พบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 200 rpm นี้ส่วนมากมีค่าเป็นลบแสดงว่าข้าวได้ดูดกลืนความร้อนของอากาศแวดล้อมเข้าไปเพื่อระเหยความชื้นของข้าวที่อยู่ในถังออก ถ้าพิจารณาให้อากาศแวดล้อมเป็นเป็นปริมาตรควบคุม จะเรียกกระบวนการนี้ว่ากระบวนการสูญเสียความร้อนของปริมาตรควบคุม นั่นคืออากาศสูญเสียความร้อนให้กับถังเก็บข้าวเปลือกหรือในทางกลับกันข้าวเปลือกในถังมีการดูดความร้อนจากอากาศเข้าสู่ถังซึ่งหลักการเหมือนกับกระบวนการทำความเย็นแบบระเหย

ดังนั้น

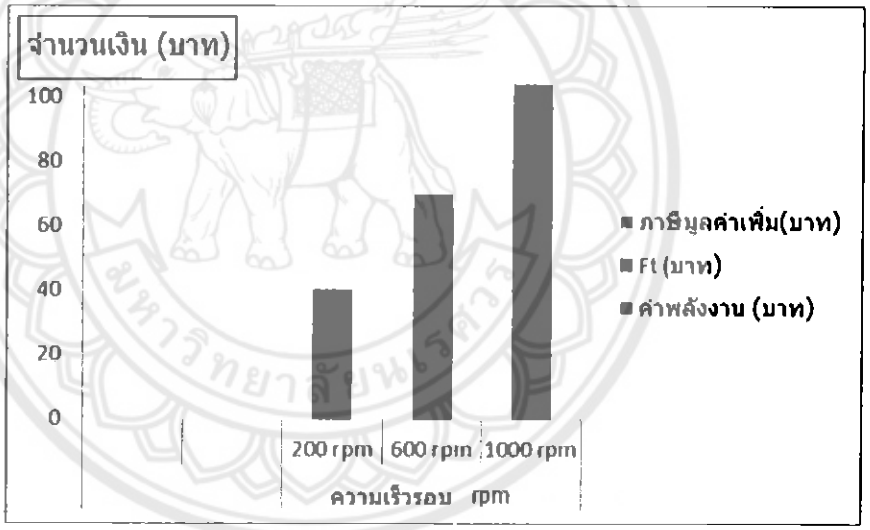
จากผลการทดลองที่ความเร็ว 200 rpm นี้เมื่อพิจารณาอุณหภูมิข้าวที่อยู่ในถังเก็บข้าวเปลือกในวันแรกของการเก็บนั้นในช่วงเช้าที่เวลา (06.00น.) มีค่าสูงเนื่องจากทิ้งข้าวเปลือกไว้ 1 คืนและค่อยๆลดลงมาที่ค่าค่าหนึ่งหลังทำการเปิดพัดลมซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 20 - 22 °C แล้วจากนั้นก็ไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกเลย เพราะอากาศที่ทางเข้ามีความชื้นที่สูงมากความร้อนจะถูกดูดกลืนโดยอากาศชื้นและที่ทางออกก็มีค่าความชื้นสูง เช่นเดียวกันตั้งแต่เริ่มต้นจนจบการทดลอง นั่นหมายความว่าถังเก็บข้าวเปลือกอยู่ในช่วงอิ่มตัวคือ ความชื้นและอุณหภูมิสามารถถ่ายเทออกได้น้อย แม้พัดลมจะมีการดูดความร้อนจากอากาศเข้ามาแต่ก็สามารถดูดได้ค่าที่น้อยมากเพราะที่ทางเข้ามีค่าความชื้นสูงดังแสดงในรูปที่ 4.15 ซึ่งพิจารณาได้จากอุณหภูมิข้าวเปลือกและอุณหภูมิที่ทางออกนั้นมีค่าต่างกันเพียงเล็กน้อย จึงหมายความว่า การถ่ายเทความร้อนให้กับปริมาตรควบคุมมีค่าน้อย ถึงแม้ที่ทางเข้าจะมีการดูดความร้อนของอากาศโดยพัดลมเพราะความเร็วลมที่มีค่าต่ำทำให้ความร้อนถูกดูดกลืนโดยความชื้นที่ทางเข้าพัดลมที่มีค่าสูงมากนั่นเอง

4.5 ค่าไฟฟ้าคำนวณแบบอัตราก้าวหน้าที่ความเร็วรอบต่างๆ ต่อเดือน

จากการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่แต่ละความเร็วรอบโดยใช้แคลมป์มิเตอร์ ได้ค่าการใช้พลังงานที่แต่ละความเร็วรอบเป็นดังนี้



รูปที่ 4.16 ค่าการใช้กำลังไฟฟ้าที่แต่ละความเร็วรอบ



รูปที่ 4.17 แสดงค่าไฟฟ้ารวมต่อเดือนที่แต่ละความเร็วรอบ

จากกราฟดังรูป 4.17 เป็นการแสดงค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้ารวมต่อเดือนในแต่ละความเร็วรอบ ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากการเก็บโดยใช้แคลมป์มิเตอร์ดังรูปที่ 4.16 ซึ่งได้แสดงวิธีไว้ในภาคผนวก ข ซึ่งประกอบไปด้วยค่าพลังงาน ค่า Ft และภาษีมูลค่าเพิ่ม ซึ่งทำการคำนวณโดยใช้สูตรการคำนวณค่าไฟฟ้าในบทที่ 2 โดยที่ความเร็วรอบ200 rpm จะประกอบไปด้วยค่าพลังงาน 21.59 บาท ค่า Ft 16.26 บาท และภาษีมูลค่าเพิ่ม 2.65 บาท รวมทั้งสิ้น 40.50 บาท

ที่ความเร็วรอบ 200 rpm จะประกอบไปด้วย ค่าพลังงาน 39.97 บาท ค่า Ft 25.55 บาท และภาษีมูลค่าเพิ่ม 4.59 บาทรวมทั้งสิ้น 70.11 บาท และที่ความเร็วรอบ 1000 rpm จะประกอบไปด้วยค่าพลังงาน 62.72 บาท ค่า Ft 34.84 บาท และภาษีมูลค่าเพิ่ม 6.83 บาท รวมทั้งสิ้น 104.39 บาท

ซึ่งจะสังเกตได้ว่า เมื่อความเร็วรอบเพิ่มสูงขึ้น ค่าใช้จ่ายรวมต่อเดือนที่ได้ออกมาก็จะสูงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

4.6 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากการทดลองพบว่า ที่ความเร็ว 1,000 rpm นั้น สามารถลดความชื้นและควบคุมอุณหภูมิได้ดีที่สุดคือสามารถลดความชื้น จาก 26% เหลือ 15 % เหมาะสมที่จะนำไปใช้จริง จึงนำค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมาคิดความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ได้ดังนี้

จากข้อมูลราคาข้าวเปลือกรายวัน[6] ณ ตลาดกลางและตลาดสำคัญวันที่ 31/1/2011 ข้าวนาปรังความชื้น 14 - 15% พันธุ์ สุพรรณบุรี โรงสีไฟโชครุ่งเรือง อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก ราคา 9,000 บาท/เกวียน เนื่องจากทำการทดลองใช้ข้าวเปลือกจำนวน 500 kg ราคา 3,750 บาท ได้ว่า 9,000 /2 = 4,500 บาท ถ้าเก็บเป็นระยะเวลา 6 เดือน จะต้องเสียค่าไฟที่ความเร็ว 1,000 rpm เป็นเงิน 104.39 × 6 = 626.34 บาท การเก็บข้าวที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm เก็บข้าวเปลือกจำนวน500 kg คิดเป็นเงิน4,500-(3750+626.34) = 123.66 บาท

สรุป ได้กำไร 123.66 บาท ต่อข้าวเปลือก500 kg

บทที่ 5

สรุปผล

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาการเก็บข้าวเปลือกโดยมีการระบายอากาศและการเก็บข้าวเปลือกแบบไม่มีการระบายอากาศ สามารถสรุปได้ ดังนี้

- การเก็บข้าวเปลือกแบบไม่มีการระบายอากาศ

การเก็บข้าวเปลือกแบบไม่มีการระบายอากาศพบว่า อุณหภูมิของข้าวเปลือกมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากความร้อนที่เกิดจากการหายใจของข้าวเปลือก โดยมีอุณหภูมิของข้าวเปลือกหลังจากเก็บเป็นระยะเวลา 68 ชั่วโมง จะอยู่ที่ 50.31°C สำหรับค่าความชื้นของการเก็บข้าวเปลือกแบบไม่มีการระบายอากาศมีค่าความชื้นอยู่ที่ 19.84%

- การเก็บข้าวเปลือกแบบมีการระบายอากาศ

การเก็บแบบที่มีการระบายอากาศในช่วงเวลา 06.00 – 18.00 น. อุณหภูมิของข้าวเปลือกจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อม และมีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิอากาศแวดล้อม โดยอุณหภูมิของข้าวเปลือกและความชื้นข้าวเปลือกในแต่ละความเร็วหลังจากการเก็บเป็นระยะเวลา 132 ชั่วโมง สามารถสรุปได้ดังนี้

- ที่ความเร็ว 1,000 rpm มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 23 – 33°C และที่ความเร็ว 1,000 rpm สามารถลดความชื้นได้มากที่สุด โดยมีความชื้นเหลือ 15.24%

- ที่ความเร็ว 600 rpm มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 21 – 32°C และ มีความชื้นเหลือ 17.18%

- ที่ความเร็ว 200 rpm มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 19 – 29°C และที่ความเร็ว 200 rpm นี้สามารถลดความชื้นได้น้อยที่สุด มีความชื้นเหลือ 20.98%

- การถ่ายเทความร้อน

เมื่อทำการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนพบว่าที่ความเร็ว 1,000 rpm นั้น สามารถถ่ายเทความร้อนให้กับปริมาตรควบคุมซึ่งคืออากาศแวดล้อมได้ดีที่สุด ที่ความเร็ว 600 rpm นั้นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่นั้นจะเกิดสลับกันไปคือ มีทั้งดูดความร้อน และคายความร้อนให้กับปริมาตรควบคุม และที่ความเร็ว 200 rpm นั้นกระบวนการที่เกิดขึ้น ส่วนใหญ่เป็นกระบวนการดูดความร้อนจากปริมาตรควบคุมเข้าสู่ถังเก็บข้าวเปลือก สาเหตุที่เป็นกระบวนการ

ดูดความร้อนนั้นเนื่องจากความชื้นสามารถถ่ายเทออกจากถังเก็บข้าเปลือกได้น้อยเนื่องจากความเร็วที่ต่ำ

จากการเก็บทั้ง 2 แบบนั้น การเก็บข้าวเปลือกแบบไม่มีการระบายอากาศไม่เหมาะสมที่จะใช้เก็บข้าวเปลือก เพราะมีอุณหภูมิและความชื้นสูง และการเก็บข้าวเปลือกแบบมีการระบายอากาศนั้น มีความเหมาะสมที่ใช้ในการเก็บรักษาข้าวเปลือก โดยที่ความเร็ว 1,000 rpm มีความเหมาะสมมากที่สุดที่จะใช้ในการเก็บข้าวเปลือก เพราะมีค่าอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา

5.2 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

5.2.1 การเก็บค่าความชื้นของข้าวเปลือกภายในถังข้าวเปลือกทำได้ลำบาก ทางผู้ทดลองจึงทำการสุ่มเก็บค่าความความชื้นแทน

5.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลไม่มีความละเอียดพอ ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความคลาดเคลื่อน

5.2.3 ควรมีการศึกษา การระบายอากาศภายในถังข้าวเปลือกให้มากกว่านี้ เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในช่วงที่มีการเปิดพัดลม

5.2.4 ราคาข้าวนั้นไม่แน่นอน ซึ่งบางที อาจสูงถึงเกวียนละ 10,000 กว่าบาท ดังนั้นความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ อาจต้องพิจารณากันอีกที

บรรณานุกรม

[1] http://www.brrd.in.th/rkb/data_007/rice_xx2-07_gatherNew_004.htm

[2] http://www.brrd.in.th/rkb/data_002/a2/rice_xx2-03_ricebreed_Suphan_Buri_3.html

[3] ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา, เอกสารประกอบการสอน ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ , ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ,คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร

[4] http://www.fishmonsterclub.in.th/viewthread.php?tid=769

[5] อรรถพร อภิวัฒนานุกูล, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, ทิพาพร อยู่วิทยา, และ อดิศักดิ์ นาถกรณกุล ,เรื่อง การชะลอความเสียหายของกองข้าวเปลือกชื้น โดยการระบายอากาศ (Delay of Deterioration of Wet Paddy by Ventilation

[6]http://www.ryt9.com/general/tag/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%B2%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7/2011-02-01-13:26:18/

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ 1 สมบัติต่างๆ ที่ความเร็ว 1000 rpm

วันที่	เวลา	เปอร์เซนต์ความชื้น			อุณหภูมิ		
		ข้าวเปลือก (%)	ทางออกถัง(%)	ทางเข้าหัดลม(%)	อากาศทางออกถัง (°C)	อากาศทางเข้าหัดลม(°C)	ข้าว (°C)
30/12/2010	6:00:00	21.82	100.0	65.7	23.565	21.285	29.915
	12:00:00	22.4	93.3	55.3	21.401	26.665	21.926875
	18:00:00	22.32	95.2	56.8	21.395	28.361	24.051375
31/12/2010	6:00:00	22.02	100.0	72.8	23.658	23.376	24.068875
	12:00:00	21.82	89.5	42.6	20.484	27.487	23.38425
	18:00:00	21.2	90.7	50.1	22.112	27.72	26.3855
1/1/2011	6:00:00	21.14	100.0	73.5	23.913	22.752	25.509625
	12:00:00	20.24	91.0	54.9	21.229	27.179	24.967875
	18:00:00	20.4	81.7	47.6	23.562	27.97	27.33875
2/1/2011	6:00:00	18.68	86.2	69.1	24.048	22.332	26.02825
	12:00:00	18.82	77.2	59.1	24.939	27.386	25.399625
	18:00:00	16.04	73.4	59.2	26.365	28.274	28.389875
3/1/2011	6:00:00	16.9	85.7	68.6	24.832	22.237	26.857875
	12:00:00	15.24	67.9	56.4	26.507	27.568	26.17675
	18:00:00	14.92	60.5	49.6	29.238	28.814	29.45175
4/1/2011	6:00:00	15.24	80.0	73.8	25.002	23.316	28.030625

ตารางที่ 2 ค่าที่ได้จากการเปิดไซโครเมตริกซ์ที่ความเร็ว 1,000 rpm

วันที่	เวลา	สภาวะที่ทางเข้า		ค่าที่ได้จากไซโครเมตริกซ์ ชาร์ต			สภาวะที่ทางออก		ค่าที่ได้จากไซโครเมตริกซ์ ชาร์ต		
		%RH	D.B (°C)	w_1 (grain/lb)	h_1 (kJ/kg)	v_1(m^3/kg)	%RH	D.B (°C)	w_2 (grain/lb)	h_2 (kJ/kg)	v_2(m^3/kg)
30/12/2010	6:00:00	65.7	21.285	73	65730.7	13.58	100.0	23.565	129.2	88507	13.858
	12:00:00	55.3	26.665	85.1	75667.43	13.866	93.3	21.401	105.1	77518.9	13.683
	18:00:00	56.8	28.361	96.8	81666.21	13.981	95.2	21.395	107.3	78293.5	13.69
31/12/2010	6:00:00	72.8	23.376	92.2	74871.9	13.735	100.0	23.658	129.9	88876.84	13.865
	12:00:00	42.6	27.487	68.5	70468.8	13.852	89.5	20.484	95.1	72934.4	13.61
	18:00:00	50.1	27.72	82	75602.3	13.904	90.7	22.112	106.8	78851.7	13.721
1/1/2011	6:00:00	73.5	22.752	89.6	73278.6	13.698	100.0	23.913	132	89893.3	13.883
	12:00:00	54.9	27.179	87.1	76923.5	13.896	91.0	21.229	101.4	75979.1	13.664
	18:00:00	47.6	27.97	79	74764.9	13.907	81.7	23.562	105	79696	13.783
2/1/2011	6:00:00	69.1	22.332	82	70075.7	13.656	86.2	24.048	114.3	83580.5	13.835
	12:00:00	59.1	27.386	95.1	80044.98	13.93	77.2	24.939	107.8	82145.4	13.856
	18:00:00	59.2	28.274	100.4	82912.95	13.988	73.4	26.365	111.6	85020.3	13.934
3/1/2011	6:00:00	68.6	22.237	80.9	69584.9	13.648	85.7	24.832	119.2	86187.97	13.886
	12:00:00	56.4	27.568	91.6	78977.34	13.928	67.9	26.507	104	82371	13.917
	18:00:00	49.6	28.814	86.6	78405.14	13.969	60.5	29.238	108.7	86939.27	14.059
4/1/2011	6:00:00	73.8	23.316	93.2	75158.03	13.736	80.0	25.002	101.2	78065.5	13.76

ตารางที่ 3 ค่าที่ใช้ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 1,000 rpm

วันที่	เวลา	ท่อน้ำ		ท่อน้ำมัน		ที่ปั๊ม		ผลต่างของค่าเอนทัลปี		
		V (m/s)	ρ (kg/m³)	h (J/kg)	h (J/kg)	ν (m²/s)	ρ (kg/m³)	h - h (J/kg)	h/h	Q (W)
30/12/2010	6:00:00	5.88	0.031416	88507	65730.7	0.8477	1.179663	22776.3	0.217914	4963.273
	12:00:00	5.88	0.031416	77518.9	75667.43	0.8656	1.155268	1851.47	0.213408	395.1178
	18:00:00	5.88	0.031416	78293.5	81666.21	0.8728	1.145738	-3372.71	0.211647	-713.825
31/12/2010	6:00:00	5.88	0.031416	88876.84	74871.9	0.8574	1.166317	14004.94	0.215449	3017.345
	12:00:00	5.88	0.031416	72934.4	70468.8	0.8647	1.15647	2465.6	0.21363	526.7255
	18:00:00	5.88	0.031416	78851.7	75602.3	0.868	1.152074	3249.4	0.212818	691.5294
1/1/2011	6:00:00	5.88	0.031416	89893.3	73278.6	0.8551	1.169454	16614.7	0.216028	3589.242
	12:00:00	5.88	0.031416	75979.1	76923.5	0.8675	1.152738	-944.4	0.21294	-201.101
	18:00:00	5.88	0.031416	79696	74764.9	0.8681	1.151941	4931.1	0.212793	1049.304
2/1/2011	6:00:00	5.88	0.031416	83580.5	70075.7	0.8525	1.173021	13504.8	0.216687	2926.314
	12:00:00	5.88	0.031416	82145.4	80044.98	0.8696	1.149954	2100.42	0.212426	446.1838
	18:00:00	5.88	0.031416	85020.3	82912.95	0.8732	1.145213	2107.35	0.21155	445.8103
3/1/2011	6:00:00	5.88	0.031416	86187.97	69584.9	0.852	1.173709	16603.07	0.216814	3599.78
	12:00:00	5.88	0.031416	82371	78977.34	0.8695	1.150086	3393.66	0.21245	720.9845
	18:00:00	5.88	0.031416	86939.27	78405.14	0.872	1.146789	8534.13	0.211841	1807.882
4/1/2011	6:00:00	5.88	0.031416	78065.5	75158.03	0.8575	1.166181	2907.47	0.215423	626.3374

ตารางที่ 4 สมบัติต่างๆ ที่ความเร็ว 600 rpm

วันที่	เวลา	เปอร์เซนต์ความชื้น			อุณหภูมิ		
		ข้าวเปลือก (%)	ทางออก(%)	ทางเข้า(%)	ทางออก (°C)	อากาศแวดล้อม(°C)	ข้าว (°C)
5/1/2011	6:00:00	21.86	99.56666667	77.2	25.582	24.106	31.85675
	12:00:00	17.82	72.03333333	62.4	22.413	28.725	22.90625
	18:00:00	20.14	88.36666667	58.1	23.684	30.071	24.956125
	0:00:00	20.06	70.5	70.9	26.408	26.453	24.406625
6/1/2011	6:00:00	20.44	94.83333333	80.7	24.703	24.087	24.180375
	12:00:00	17.6	76.93333333	64	24.168	30.206	24.815375
	18:00:00	19.8	88.5	56.9	23.305	30.597	27.077125
	0:00:00	20.24	71.13333333	70.9	27.408	26.053	25.656625
7/1/2011	6:00:00	19.82	87.6	65	23.703	23.087	24.667875
	12:00:00	19.06	71.63333333	67.1	20.322	28.446	24.476125
	18:00:00	19.18	80.16666667	57.7	23.118	30.245	27.170375
	0:00:00	18.8	64.4	64.5	25.486	26.888	26.7705
8/1/2011	6:00:00	19.2	76.16666667	58.3	24.707	24.486	26.21975
	12:00:00	18.94	64.76666667	51.2	22.15	29.05	25.432125
	18:00:00	18	75.9	57.5	23.146	28.391	27.589375
	0:00:00	18.14	71.46666667	71.9	25.911	25.331	26.91825
9/1/2011	6:00:00	19.02	71.6	63	24.84	23.813	26.5345
	12:00:00	18.18	62.56666667	57	27.5	28.382	26.791875
	18:00:00	18.56	64.86666667	62.2	27.749	28.946	28.719125
	0:00:00	17.22	67	66.3	26.572	26.317	28.10075
10/1/2011	6:00:00	17.18	72.8	68	25.405	24.354	27.597375

ตารางที่ 5 ค่าที่ได้จากการเปิดไซโครเมตริกซ์ที่ความเร็ว 600 rpm

วันที่	เวลา	สภาวะที่ทางเข้า		ค่าที่ได้จากไซโครเมตริกซ์ชาร์ต			สภาวะที่ทางออก		ค่าที่ได้จากไซโครเมตริกซ์ชาร์ต		
		%RH	D.B (°C)	w_1 (grain/lb_{da})	h_1 (kJ/kg)	v_1(m^3/kg)	%RH	D.B. (°C)	w_2 (grain/lb_{da})	h_2 (kJ/kg)	v_2(m^3/kg)
5/1/2011	6:00:00	77.2	24.106	102.4185	79339.86	0.861504	99.56667	25.582	145.6622	96598.78	0.873989
	12:00:00	62.4	28.725	108.8812	86457.42	0.876487	72.03333	22.413	85.9507	71594.28	0.853388
	18:00:00	58.1	30.071	109.5827	88108.88	0.880232	88.36667	23.684	114.6075	83340.58	0.862752
6/1/2011	6:00:00	80.7	24.087	107.0509	80991.32	0.862128	94.83333	24.703	131.2368	90434.88	0.868995
	12:00:00	64	30.206	121.9875	92784.14	0.883354	76.93333	24.168	102.446	79409.64	0.861504
	18:00:00	56.9	30.597	110.629	89039.28	0.882105	88.5	23.305	112.1234	82038.02	0.86088
7/1/2011	6:00:00	65	23.087	80.7003	70384.76	0.854637	87.6	23.703	113.7207	83038.2	0.862752
	12:00:00	67.1	28.446	115.3686	88527.56	0.876487	71.63333	20.322	75.0024	65476.9	0.845273
	18:00:00	57.7	30.245	109.9286	88411.26	0.880857	80.16667	23.118	100.1547	77502.32	0.858383
8/1/2011	6:00:00	58.3	24.486	78.7061	71105.82	0.857758	76.16667	24.707	104.8085	80828.5	0.864001
	12:00:00	51.2	29.05	90.6645	80153.96	0.873365	64.76667	22.15	75.8798	67686.6	0.850891
	18:00:00	57.5	28.391	98.168	82200.84	0.873365	75.9	23.146	94.8723	75595	0.857134
9/1/2011	6:00:00	63	23.813	81.7395	71501.24	0.85651	71.6	24.84	99.1854	78921.18	0.862752
	12:00:00	57	28.382	97.2433	81851.94	0.872741	62.56667	27.5	101.4838	82503.22	0.871492
	18:00:00	62.2	28.946	109.9575	87085.44	0.877111	64.86667	27.749	106.887	84712.92	0.872741
10/1/2011	6:00:00	68	24.354	91.3378	75548.48	0.860255	72.8	25.405	104.4234	81410	0.865874

ตารางที่ 6 ค่าที่ใช้ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 600 rpm

วันที่	เวลา	ค่าที่ใช้ในการคำนวณที่ความเร็ว 600 rpm								
		ทางเข้า		ทางออก	ทางเข้า			การถ่ายเทความร้อน		
		V (m/s)	A (m^2)	h_2(J/kg)	h_1 (J/kg)	v(m^3/kg)	ρ (kg/m^3)	h_2- h_1 (J/kg)	$\dot{m} = \rho VA$	Q_{Total} (J/s)
5/1/2011	6:00:00	3.12	0.0314159	96598.78	79339.86	0.8615039	1.1607608	17258.92	0.1137751	1963.63528
	12:00:00	3.12	0.0314159	71594.28	86457.42	0.8764866	1.1409188	-14863.14	0.11183022	-1662.148255
	18:00:00	3.12	0.0314159	83340.58	88108.88	0.8802323	1.1360638	-4768.3	0.11135435	-530.9709438
6/1/2011	6:00:00	3.12	0.0314159	90434.88	80991.32	0.8621282	1.1599203	9443.56	0.11369271	1073.663929
	12:00:00	3.12	0.0314159	79409.64	92784.14	0.8833537	1.1320494	-13374.5	0.11096087	-1484.04617
	18:00:00	3.12	0.0314159	82038.02	89039.28	0.8821051	1.1336518	-7001.26	0.11111793	-777.9655059
7/1/2011	6:00:00	3.12	0.0314159	83038.2	70384.76	0.8546369	1.1700876	12653.44	0.11468929	1451.213999
	12:00:00	3.12	0.0314159	65476.9	88527.56	0.8764866	1.1409188	-23050.66	0.11183022	-2577.760439
	18:00:00	3.12	0.0314159	77502.32	88411.26	0.8808565	1.1352586	-10908.94	0.11127543	-1213.896995
8/1/2011	6:00:00	3.12	0.0314159	80828.5	71105.82	0.8577582	1.1658297	9722.68	0.11427193	1111.029413
	12:00:00	3.12	0.0314159	67686.6	80153.96	0.8733652	1.1449964	-12467.36	0.1122299	-1399.210588
	18:00:00	3.12	0.0314159	75595	82200.84	0.8733652	1.1449964	-6605.84	0.1122299	-741.3727741
9/1/2011	6:00:00	3.12	0.0314159	78921.18	71501.24	0.8565097	1.1675291	7419.94	0.11443851	849.1268606
	12:00:00	3.12	0.0314159	82503.22	81851.94	0.8727409	1.1458154	651.28	0.11231018	73.14537444
	18:00:00	3.12	0.0314159	84712.92	87085.44	0.8771109	1.1401067	-2372.52	0.11175063	-265.1306003
10/1/2011	6:00:00	3.12	0.0314159	81410	75548.48	0.8602554	1.1624455	5861.52	0.11394023	667.8629182

ตารางที่ 7 สมบัติต่างๆ ที่ความเร็ว 200 rpm

วันที่	เวลา	เปอร์เซนต์ความชื้น			อุณหภูมิ		
		ข้าวเปลือก (%)	ทางออก(%)	ทางเข้า(%)	ทางออก (°C)	อากาศแวดล้อม(°C)	ข้าว (°C)
11/1/2011	6:00:00	23.4	71.9	70.1	32.867	24.912	30.073125
	12:00:00	22.34	97.53333333	99.7	26.993	25.286	22.258875
	18:00:00	22.06	98.76666667	99.3	22.356	25.016	21.51475
12/1/2011	6:00:00	21.72	96.23333333	100	22.621	21.484	21.839875
	12:00:00	21.82	85.33333333	99.8	22.986	27.11	20.812
	18:00:00	20.28	82.73333333	98.1	23.263	25.34	22.32975
13/1/2011	6:00:00	21.62	96.56666667	100	23.403	22.85	20.899125
	12:00:00	22.46	94.6	98.7	21.749	25.475	21.25525
	18:00:00	21.6	78.3	98.5	22.44	26.578	22.85475
14/1/2011	6:00:00	21.18	97.43333333	100	23.416	21.282	20.9995
	12:00:00	22.14	77.9	99.6	23.021	26.462	21.665875
	18:00:00	22.24	81.6	98.3	22.506	26.813	22.830875
15/1/2011	6:00:00	20.46	89.13333333	100	21.362	22.887	21.368375
	12:00:00	20.9	85.03333333	98.1	22.224	29.702	21.638125
	18:00:00	21.14	74.86666667	98.7	23.753	26.696	22.999125
	6:00:00	20.98	86.06666667	100	22.117	21.061	20.264125

ตารางที่ 8 ค่าที่ได้จากการเปิดไซโครเมตริกซ์ที่ความเร็ว 200 rpm

วันที่	เวลา	สภาวะที่ทางเข้า		ค่าที่ได้จากไซโครเมตริกซ์ชาร์ต			สภาวะที่ทางออก		ค่าที่ได้จากไซโครเมตริกซ์ชาร์ต		
		%RH	D.B (°C)	w_1 (grain/$lb_{d.a}$)	h_1 (kJ/kg)	v_1(m^3/kg)	%RH	D.B (°C)	w_2 (grain/$lb_{d.a}$)	h_2 (kJ/kg)	v_2(m^3/kg)
11/1/2011	6:00:00	70.1	24.912	97.4886	78379.22	0.86294	71.9	32.867	160.783	109740.7	0.898336
	12:00:00	99.7	25.286	143.2359	95407.87	0.872866	97.53333	26.993	155.4253	101622.9	0.880232
	18:00:00	99.3	25.016	140.293	94056.46	0.871492	98.76667	22.356	118.2967	83294.06	0.859631
12/1/2011	6:00:00	100	21.484	113.4403	80628.46	0.856073	96.23333	22.621	117.1031	83131.24	0.860255
	12:00:00	99.8	27.11	160.3072	103532.6	0.881543	85.33333	22.986	105.8975	79432.9	0.859007
	18:00:00	98.1	25.34	141.3309	94770.54	0.872678	82.73333	23.263	104.3702	79177.04	0.859631
13/1/2011	6:00:00	100	22.85	123.6	85094.38	0.862003	96.56667	23.403	123.3797	86224.82	0.863377
	12:00:00	98.7	25.475	143.4	95668.38	0.87349	94.6	21.749	108.9597	79270.08	0.855885
	18:00:00	98.5	26.578	153.1	100350.6	0.878609	78.3	22.44	93.746	74455.26	0.855261
14/1/2011	6:00:00	100	21.282	112	79900.43	0.855199	97.43333	23.416	124.6139	86690.02	0.864001
	12:00:00	99.6	26.462	153.8	100476.2	0.878359	77.9	23.021	96.6776	76129.98	0.857134
	18:00:00	98.3	26.813	155	101281	0.879608	81.6	22.506	98.1878	76153.24	0.855885
15/1/2011	6:00:00	100	22.887	123.9	85864.29	0.862128	89.13333	21.362	100.0529	75641.52	0.853388
	12:00:00	98.1	29.702	184.2	114962.6	0.893842	85.03333	22.224	100.6335	76734.74	0.855885
	18:00:00	98.7	26.696	154.5	100994.9	0.879233	74.86667	23.753	97.1214	77037.12	0.859631
16/1/2011	6:00:00	100	21.061	110.5	79109.59	0.854262	86.06667	22.117	101.2074	76851.04	0.855261

ตารางที่ 9 ค่าที่ใช้ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนที่ความเร็ว 200 rpm

ค่าที่ใช้ในการคำนวณที่ความเร็ว 200 rpm										
		ท่อน้ำ		ท่อน้ำ	ทางน้ำ			ความร้อนที่ถ่ายเท		
วันที่	เวลา	V (m/s)	A (m²)	$\dot{m}$ (kg/s)	h_1 (J/kg)	v (m³/kg)	ρ (kg/m³)	$h_1 - h_2$ (J/kg)	$\dot{V}$ (m³/s)	Q_{ave} (J/s)
11/1/2011	6:00:00	0.84	0.031416	109740.7	78379.22	0.86294	1.158829	31361.46	0.030581	959.0581
	12:00:00	0.84	0.031416	101622.9	95407.87	0.872866	1.145652	6215.072	0.030233	187.9005
	18:00:00	0.84	0.031416	83294.06	94056.46	0.871492	1.147457	-10762.4	0.030281	-325.893
12/1/2011	6:00:00	0.84	0.031416	83131.24	80628.46	0.856073	1.168125	2502.776	0.030826	77.15081
	12:00:00	0.84	0.031416	79432.9	103532.6	0.881543	1.134374	-24099.7	0.029935	-721.435
	18:00:00	0.84	0.031416	79177.04	94770.54	0.872678	1.145897	-15593.5	0.03024	-471.54
13/1/2011	6:00:00	0.84	0.031416	86224.82	85094.38	0.862003	1.160088	1130.436	0.030614	34.60718
	12:00:00	0.84	0.031416	79270.08	95668.38	0.87349	1.144833	-16398.3	0.030211	-495.416
	18:00:00	0.84	0.031416	74455.26	100350.6	0.878609	1.138163	-25895.4	0.030035	-777.777
14/1/2011	6:00:00	0.84	0.031416	86690.02	79900.43	0.855199	1.169319	6789.594	0.030858	209.5106
	12:00:00	0.84	0.031416	76129.98	100476.2	0.878359	1.138486	-24346.2	0.030044	-731.457
	18:00:00	0.84	0.031416	76153.24	101281	0.879608	1.13687	-25127.8	0.030001	-753.866
15/1/2011	6:00:00	0.84	0.031416	75641.52	85864.29	0.862128	1.15992	-10222.8	0.03061	-312.915
	12:00:00	0.84	0.031416	76734.74	114962.6	0.893842	1.118767	-38227.8	0.029524	-1128.62
	18:00:00	0.84	0.031416	77037.12	100994.9	0.879233	1.137354	-23957.8	0.030014	-719.071
16/1/2011	6:00:00	0.84	0.031416	76851.04	79109.59	0.854262	1.170601	-2258.55	0.030891	-69.7697

ภาคผนวก ข

การคำนวณการถ่ายเทความร้อน

ยกตัวอย่าง ที่ความเร็ว 1,000 rpm

ยกตัวอย่างการคำนวณความร้อนรวมที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm เวลา 06.00 น. (จากตารางที่ 3)

จาก สมการที่ 2.2 เมื่อไม่คิดพลังงานจลน์ งานที่ป้อน และพลังงานศักย์สมการจะลดรูปเป็น

$$Q_{Total} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

จาก

$$\dot{m} = \rho VA$$

โดยที่ $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ทางเข้า (kg/s)

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

V คือ ความเร็วของอากาศ (m/s)

A คือ พื้นที่หน้าตัดทางเข้าพัดลม (m^2)

จาก

$$\rho = \frac{1}{v}$$

โดยที่

v = ปริมาตรจำเพาะของอากาศ (m^3/kg)

ได้ว่า

$$= \frac{1}{0.8477} = 1.179663 \ \frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{m} = \rho VA = 1.179663 \times 5.88 \times 0.031416 = 0.217914 \ kg/s$$

จะได้ว่า

$Q_{Total} = \dot{m}(h_2 - h_1)$ จะได้ 0.217914 × (88507-65730.7) = 4963.273 J/s

การคำนวณค่าไฟฟ้า

ตารางที่ 10 กำลังไฟฟ้าที่วัดได้

ความเร็วรอบ	กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ (kW)	เวลาที่ใช้ (hr) /วัน	1วัน (หน่วย)	1 เดือน (หน่วย)
200	0.07	12	0.84	25.2
600	0.11	12	1.32	39.6
1,000	0.15	12	1.8	54

ตารางที่ 11 ค่าที่คำนวณโดยใช้โปรแกรม EXEL ที่แต่ละความเร็วรอบ

การคำนวณค่าไฟในอัตราก้าวหน้า		[illegible]		
	หน่วยละ	200 rpm	600 rpm	1000 rpm
[illegible]		[illegible]		
หน่วยที่ (0-5)	1	5	5	5
หน่วยที่ (6-15)	0.7	10	10	10
หน่วยที่ (16-25)	0.9	10	10	10
หน่วยที่ (26-35)	1.17	0.5	10	10
หน่วยที่ (36-100)	1.58	-	4.6	19
[illegible]		[illegible]		
Ft (บาท)	0.6452	16.25904	25.54992	34.8408
ค่าพลังงาน+ Ft(บาท)		37.84404	65.51792	97.5608
ภาษีมูลค่าเพิ่ม(บาท)	0.07	2.6490828	4.5862544	6.829256
รวมเงินที่ต้องชำระต่อเดือน (บาท)		40.4931228	70.1041744	104.390056

ยกตัวอย่างที่ความเร็ว 1,000 rpm

จากตารางที่ 10

ค่าที่วัดได้จากแคลมป์มิเตอร์ 0.15 kW ×ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน (12) = 1.8 kWh (หน่วย)

จะใช้ไฟ 1.8 หน่วยต่อวัน 1 เดือนจะใช้ไฟฟ้า ทั้งสิ้น = 1.8 × 30 = 54 kWh (หน่วย)

วิธีทำ คิดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ดังนี้

5 หน่วยแรก เป็นเงิน = 5.00 บาท

10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6 – 15) เป็นเงิน 0.70 × 10 = 7.00 บาท

10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 – 25) เป็นเงิน 0.90 ×10 = 9.00 บาท

10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 – 35) เป็นเงิน 1.17 ×10 = 11.70 บาท

50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 – 85) เป็นเงิน 1.58 × 19 = 30.02 บาท

ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น = 5.00 + 7.00 + 9.00 + 11.70 + 30.02 = 62.72 บาท

ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต (Ft) = จำนวนหน่วยที่ใช้ × ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต**ต่อหน่วย**

= 54 × 0.6452

= 34.8408 บาท

ค่าพลังงานไฟฟ้า + ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต = 62.72 + 34.84= 97.56 บาท

ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) = (ค่าพลังงานไฟฟ้า + ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต) × 7/100

ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) = (62.72 + 34.84) × 7/100 = 6.82 บาท

ตอบ ต้องชำระค่าไฟฟ้าในการเก็บรักษาข้าวโด**ย**มีการระบายอากาศโดยใช้พัดลม

= 62.72 + 34.84+ 6.82= 104.39 บาท