รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยขี้เถ้าจากแกลบ ขี้เลื่อย และจากซิลิกาเจล

(Moisture dehydration of paddy using rice husk saw dust ash and silica gel)

โดย

นาปีซะ ดาโอ๊ะ

ฮัฟซะห์ สะดียามู

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2555

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

การลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยขี้เถ้าจากแกลบ ขี้เลื่อย และจากซิลิกาเจล

(Moisture dehydration of paddy using rice husk saw dust ash and silica gel)

โดย

นาปีซะ ดาโอ๊ะ

ฮัฟซะห์ สะดียามู

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2555

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ชื่อเรื่อง การลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยขี้เถ้าจากแกลบ ขี้เลื่อย และจากซิลิกาเจล

ผู้ศึกษา นางสาวนาปีซะ ดาโอ๊ะ
นางสาวฮัฟซะห์ สะดียามู

ปีการศึกษา 2554

บทคัดย่อ

กระบวนการดูดซับด้วยขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อยเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดความชื้นข้าวเปลือก งานวิจัยนี้จึงทดลองการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อยตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 93 h ความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกที่ดูดซับด้วยขี้เถ้าจากแกลบ ขี้เลื่อย และซิลิกาเจล ลดลงเหลือ 21.0, 24.3 และ 15.2% d.b. ตามลำดับ และความชื้นสุดท้ายของสารดูดซับเพิ่มขึ้นเป็น 12.0, 21.3 และ 29.8% d.b. ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ขี้เถ้าจากขี้เลื่อยจะดูดซับความชื้นได้ดีกว่าการใช้ขี้เถ้าจากแกลบ

คำสำคัญ : ค่าความชื้น ขี้เถ้า แกลบ ข้าวเปลือก

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

Title Moisture dehydration of paddy using rice husk saw dust ash and silica gel

Author Miss Napisah Daoh

Miss Hafsah Sadiyamu

Academic Year 2011

Abstract

The adsorptions by the ash from rice husk and sawdust are alternative procedures to reduce the moisture content of paddy. This work will try to reduce the moisture content of paddy using rice husk and saw dust as adsorbents. The experimental results showed that over time of 93 h, moisture content of paddy adsorbed by ash from rice husk, saw dust and silica gel finally are 21.0, 24.3 and 15.2% d.b. respectively, while the moisture content of adsorbents finally are 12.0, 21.3 and 29.8% d.b. respectively. This shows that the ash from sawdust adsorbs moisture better than the rice husk ash.

Keywords : Moisture content, Ash, Husk, Paddy

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจากอาจารย์อีลีหย๊ะ สนิโซ ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์อาบีดีน ดะแซสาเมาะ กรรมการที่ปรึกษา ผู้ศึกษาขอขอบคุณเป็นอย่างสูงยิ่ง

ขอขอบคุณนายสูเซ็ง ชายดานา นักวิทยาศาสตร์สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำที่ดี

ขอขอบคุณ บิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนงบประมาณ ในการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาทุกคนที่คอยให้กำลังใจในการทำรายงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

กุมภาพันธ์ 2556

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		(2)
กิตติกรรมประกาศ		(3)
สารบัญ		(4)
สารบัญภาพ		(5)
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
	1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	3
	2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
	2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
บทที่ 3	**วิธีการดำเนินการวิจัย**	13
	3.1 วัสดุและอุปกรณ์	13
	3.2 ขั้นตอนการทดลอง	14
	3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	18
บทที่ 4	**ผลการวิจัย**	20
	4.1 ผลจากการทดลองหาความชื้นมาตรฐานแห้ง % d.b.	20
บทที่ 5	**สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**	24
	5.1 สรุปผลการทดลอง	24
	5.2 อภิปรายผล	24
	5.3 ข้อเสนอแนะ	25
บรรณานุกรม		26
ภาคผนวก		28
	ภาคผนวก ก	29
	ภาคผนวก ข	42

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
ภาพที่	3.1 การเผาขี้เลื่อยและแกลบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 300 °C	14
ภาพที่	3.2 ขี้เลื่อยที่ได้จากการเผา	15
ภาพที่	3.3 อบวัสดุที่ใช้ในการดูดซับที่อุณหภูมิ 130 °C เป็นเวลา 5 h	16
ภาพที่	3.4 วัสดุที่ใช้ในการดูดซับมาใส่ในขวดโหลขวดละ 1 ตะแกรงประมาณ 50 g	16
ภาพที่	3.5 วัสดุดูดซับในขณะที่ทดลอง	17
ภาพที่	3.6 วัสดุที่ใช้ในการดูดซับหลังการทดลองเก็บไว้ในถ้วยฟอยล์	17
ภาพที่	3.7 อบวัสดุการดูดซับเพื่อหาความชื้นมาตรฐานแห้ง (% d.b.)	18
ภาพที่	4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของข้าวเปลือกและแกลบที่เวลาต่างๆ	20
ภาพที่	4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของข้าวเปลือกและขี้เลื่อยที่เวลาต่างๆ	21
ภาพที่	4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของข้าวเปลือกและซิลิกาเจลที่เวลาต่างๆ	22
ภาพที่	4.4 การเปรียบเทียบสารดูดซับจากแกลบ ขี้เลื่อย และซิลิกาเจลที่เวลาต่างๆ	23

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยและเป็นอาหารหลักของคนในประเทศ นอกจากใช้บริโภคเองภายในประเทศแล้วยังเป็นสินค้าส่งออกอันดับหนึ่งของประเทศไทย และ เป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก จะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2554 ยอดส่งออกข้าวตั้งแต่เดือนมกราคม-พฤษภาคม มีการส่งออกแล้วกว่า 5.7 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 88,000 ล้านบาท (ยรรยง พวงราช, 2554) ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญอย่างยิ่งคือความชื้นของข้าวเปลือกก่อนนำไปเก็บรักษาในยุ้งฉางหรือสีเป็นข้าวสาร ถ้าหากความชื้นของข้าวเปลือกสูงแล้วนำไปเก็บรักษาเชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ แต่ถ้าหากนำไปสีเป็นข้าวสารก็จะได้ข้าวสารที่แตกหักในปริมาณมาก และผลที่ได้จากการสีข้าวสารคือแกลบ จากการศึกษาพบว่าแกลบ (Rice husk) มีลักษณะเป็นรูปทรงรี เม็ดยาวสีเหลืองอมน้ำตาล หรือเหลืองนวลแล้วแต่ภูมิประเทศที่มีการปลูกข้าว ปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกแกลบข้าวเป็นรายใหญ่ของโลก นอกจากการนำแกลบข้าวไปใช้เป็นเชื้อเพลิงต่างๆ แล้ว ยังสามารถนำไปผสมกับวัสดุอื่นๆ ทำเป็นวัสดุก่อสร้างแล้ว แกลบยังถูกนำไปผลิตเป็นขี้เถ้าแกลบ (Rice husk ash) เพื่อนำขี้เถ้าแกลบไปใช้ประโยชน์อีกมาก ซึ่งส่วนประกอบหลักของขี้เถ้าแกลบ คือ ซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) สามารถนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยกระบวนการทางเคมี และการเผาที่อุณหภูมิสูง (www.wikipedia.org) และขี้เลื่อยก็เช่นเดียวกันมีปริมาณมากขึ้นในทุกๆ ปี คนใช้ไม้มาทำประโยชน์ต่างๆ เช่น สร้างบ้าน สร้างเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ส่งผลให้ขี้เลื่อยมีปริมาณมากขึ้น

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาการลดความชื้นของข้าวเปลือกก่อนที่จะเก็บรักษาในยุ้งฉาง โดยการใช้ขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อยเป็นตัวกลางในการดูดซับความชื้นเพื่อลดความชื้นข้าวเปลือกในระดับหนึ่ง เพื่อยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวเปลือก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้ขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อย
2. เพื่อเปรียบเทียบการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้ขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้จะศึกษาเกี่ยวกับการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อยโดยนำมุ้งลวดมาทำเป็นตะแกรงขนาดกว้าง 4 cm ยาว 4 cm และสูง 6 cm จำนวน 20 อัน เพื่อใส่ข้าวเปลือกและสารดูดซับความชื้นในระหว่างการทดลอง

1. **ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

   ประชากร คือ ข้าวเปลือก

   กลุ่มตัวอย่าง คือ ข้าวเปลือกพันธุ์ชัยนาท

2. **ตัวแปรในการศึกษา**

   ตัวแปรต้น คือ ความชื้นของข้าวเปลือกและสารดูดซับ

   ตัวแปรตาม คือ ความชื้นของข้าวเปลือกและสารดูดซับที่เปลี่ยนแปลง

   ตัวแปรควบคุม คือ น้ำหนักของข้าวเปลือกและสารดูดซับความชื้น ความชื้นของข้าวเปลือก และสารดูดซับความชื้น เวลา ขนาดของขวดโหล ขนาดของตะแกรง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบอัตราการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อย
2. ได้ทราบปริมาณการดูดความชื้นของขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อย
3. มีแนวทางในการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความชื้น คือ ปริมาณน้ำที่อยู่ในข้าวเปลือก
2. การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้น
3. ข้าวเปลือก คือ ข้าวเปลือกพันธุ์ชัยนาท
4. ขี้เลื่อย คือ ชีวมวลที่ได้มาจากโรงเลื่อยไม้
5. ตะแกรง คือ ตะแกรงที่มีขนาดกว้าง 4 cm ยาว 4 cm และสูง 6 cm จำนวน 20 อัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยได้มีการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้ขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อย เพื่อใช้ในการศึกษา ค้นคว้าที่ต้องใช้ประกอบในงานวิจัย โดยมีการแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เอกสารที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. แกลบ

แกลบเป็นวัสดุธรรมชาติ มีขนาดเล็กยาวไม่เกิน 5 mm และหนาไม่เกิน 2 mm มีสีเหลือง ได้มาจากการสีข้าวเปลือก ซึ่งต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 15 ก่อนสี โครงสร้างของแกลบเป็นซิลิกา ออกไซด์ และเซลลูโลส แกลบมีองค์ประกอบหลักคือ ซิลิกอนและออกซิเจน แกลบสามารถนำไปใช้งานเป็นเชื้อเพลิง เพราะเมื่อนำข้าวเปลือก 1 ตัน ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆแล้ว จะใช้พลังงานทั้งสิ้น 30-60 kWh เพื่อให้ได้ข้าวประมาณ 650-700 kg และจะมีวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตหรือแกลบประมาณ 220 kg หรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 90-125 kWh เนื่องจากแกลบมีความชื้นต่ำและขนาดเล็ก เหมาะกับการนำไปเป็นเชื้อเพลิง นอกจากนี้แกลบยังสามารถผสมลงในดิน เพื่อปรับสภาพดินก่อนเพาะปลูก และใช้โปรยใต้โรงเลี้ยงไก่ เพื่อรองรับมูลไก่ เป็นต้น (www.wikipedia.org)

2. ขี้เลื่อย

เป็นชีวมวลที่ได้มาจากโรงเลื่อยไม้ เมื่อนำขี้เลื่อย 1 cm^3 ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ แล้วจะใช้พลังงานทั้งสิ้น 35-45 kWh เพื่อให้ได้ขี้เลื่อยประมาณ 0.5 cm^3 และวัสดุที่เหลือจากกระบวนการหรือขี้เลื่อยประมาณ 0.5 cm^3 หรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 80 kWh (นคร ทิพยาวงศ์, 2553)

3. การอบแห้ง

การอบแห้งคือกระบวนการลดความชื้นแก่วัสดุที่ชื้น ความร้อนดังกล่าวนี้จะทำหน้าที่เป็นความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำในวัสดุดังกล่าว ซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยใช้ความร้อนที่ได้รับเป็นเป็นความร้อนแฝงของการระเหย ผลิตผลทางการเกษตรส่วนใหญ่จะมีความชื้นค่อนข้างสูงขณะทำการเก็บเกี่ยว ทำให้เก็บรักษาไม่ได้นาน การอบแห้งจะช่วยให้สามารถเก็บรักษาผลิตผลได้เป็นระยะเวลายาวนานขึ้น ผลิตผลทางการเกษตรที่สำคัญๆ และทำการอบแห้งได้แก่ ธัญพืชชนิดต่างๆ เช่น ข้าว ข้าวโพด เป็นต้น ผลิตภัณฑ์

ผลไม้แช่อิ่มต่างๆ เช่น สับปะรดแช่อิ่ม มะละกอแช่อิ่ม มะม่วงแช่อิ่ม เป็นต้น ประโยชน์ของการอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารสรุปได้ตามลำดับความสำคัญดังต่อไปนี้

1. เพื่อการถนอมรักษาอาหาร อาหารที่แห้งแล้วสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่เสียเนื่อง จากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีน้อย

2. เพื่อลดปริมาตรและน้ำหนัก อาหารที่แห้งแล้วจะมีปริมาตรและมีน้ำหนักลดลงทำให้สามารถลดต้นทุนในการเก็บรักษาและการขนส่ง

3. เพื่อช่วยให้กระบวนการผลิตดีขึ้นในกรณีนี้อาจจะไม่จริงเสมอไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตนั้นๆ (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2540)

4. การดูดซับ

การดูดซับ หมายถึง ปรากฏการณ์ของการสะสมสารประกอบชนิดหนึ่งหรือสารประกอบหลายชนิดไว้บนผิวของแข็ง โดยไม่เปลี่ยนโครงสร้างของของแข็งนั้น ระบบของแข็งที่เก็บสะสมสารประกอบอื่นๆไว้บนผิว เรียกว่า ตัวดูดซับ (adsorbent) ส่วนสารประกอบต่างๆที่สะสมบนผิวของตัวดูดซับ เรียกว่า สารถูกดูดซับ (adsorbate) การดูดซับ เป็นปรากฏการณ์ของการสะสมสารประกอบชนิดหนึ่งเป็นอย่างน้อย ณ บริเวณผิวร่วม (interface) ระหว่างวัฏภาค (phase) เช่นผิวร่วมระหว่างวัฏภาคก๊าซกับวัฏภาคของเหลว ผิวร่วมระหว่างวัฏภาคของเหลวกับวัฏภาคของเหลวที่แยกชั้นผิวร่วมระหว่างวัฏภาคก๊าซกับวัฏภาคของแข็ง และผิวร่วมระหว่างวัฏภาคของเหลวกับวัฏภาคของแข็ง เป็นต้น ของแข็งมีพื้นผิวจำเพาะคงตัว ผิวร่วมระหว่างวัฏภาคของระบบที่มีของแข็งจึงสามารถกำหนดได้อย่างชัดเจนระบบดูดซับทั่วไปจึงมักมีของแข็งเป็นส่วนประกอบ แต่ในทางตรงกันข้าม ระบบที่มีของแข็งเป็นส่วนประกอบอาจไม่เป็นระบบดูดซับ ได้แก่ ระบบของแข็งที่มีสมบัติดูดความชื้นได้ดี เช่น ผลึกเกลือแคลเซียมคลอไรด์บริสุทธิ์ และผลึกโซดาไฟบริสุทธิ์ เป็นต้น เมื่อของแข็งดังกล่าวดูดความชื้นแล้ว ของแข็งเหล่านี้จะเปลี่ยนโครงสร้างผลึกจากผลึกไร้น้ำ เป็นผลึกรวมน้ำ และเมื่อผลึกรวมน้ำเหล่านี้ดูดความชื้นต่อไปอีก ผลึกรวมน้ำดังกล่าวจะเปลี่ยนเป็นสารละลายของของแข็งเหล่านั้นในที่สุด

ดังนั้น สารดูดซับจึงมักเป็นของแข็งที่มีโพรงจำนวนมาก เพื่อเพิ่มผิวจำเพาะของตัวดูดซับให้มากยิ่งขึ้น ซึ่งจะมีผลให้สามารถดูดซับได้มากขึ้นตามสัดส่วนพื้นผิวจำเพาะของตัวดูดซับที่เพิ่มขึ้น แม้ว่า การเพิ่มปริมาณโพรงขนาดเล็กในตัวดูดซับมีผลให้ตัวดูดซับมีพื้นผิวจำเพาะมากขึ้น แต่โพรงขนาดเล็กอาจเป็นอุปสรรคต่อการแพร่ของสารถูกดูดซับภายในโพรงของตัวดูดซับไปยังพื้นผิวในโพรงขนาดเล็กดังกล่าว เมื่อพิจารณาตามลักษณะทางกายภาพของโพรงในตัวดูดซับ โพรงส่วนใหญ่ของตัวดูดซับจึงควรมีขนาดใหญ่กว่าขนาดโมเลกุลของสารถูกดูดซับในสถานะก๊าซหรือไอ เพื่อให้สารถูกดูดซับนั้นสามารถแพร่เข้าสู่โพรงของตัวดูดซับและสามารถแพร่ต่อไปยังพื้นผิวในโพรงเหล่านั้นได้อย่างสะดวก (เดชา ฉัตรศิริ, 2552)

5. ความชื้น

ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชื้นหรือแห้ง ความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

ความชื้นมาตรฐานเปียก (% w.b.)

$$M_w = \frac{w-d}{w} \times 100 \qquad (2.1)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (% w.b.)

w คือ มวลของวัสดุ (g)

d คือ มวลของวัสดุแห้ง (g)

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (% d.b.)

$$M_d = \frac{w-d}{d} \times 100 \qquad (2.2)$$

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (% d.b.)

w คือ มวลของวัสดุ (g)

d คือ มวลแห้ง (g)

5.1 วิธีการหาความชื้น

วิธีการหาความชื้นแบ่งได้ เป็น 2 วิธีดังนี้คือ

1) วิธีตรง เป็นวิธีการหาความชื้นโดยตรงมีหลายวิธี เช่น การใช้ตู้อบ การกลั่น การใช้สารดูดความชื้นในห้องสุญญากาศ เป็นต้น วิธีตรงเป็นวิธีที่ต้องใช้เวลา แต่มีความถูกต้องสูง สามารถใช้อ้างอิงได้การหาความชื้นอาจทำได้โดยการใช้ตู้อบสุญญากาศ โดยบดตัวอย่างเมล็ดพืชให้ละเอียดและใส่ไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 ^{o}C ที่ความดันสัมบูรณ์ 25 mm ปรอท เป็นเวลา 5 h แล้วนำออกจากตู้อบไปเก็บไว้ในภาชนะที่ปิดได้สนิท (อาจมีตัวดูดความชื้นด้วย) เมื่อตัวอย่างเมล็ดพืชเย็นลงแล้วก็ทำการชั่งน้ำหนัก เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาความชื้นต่อไป

สำหรับอาหารอื่นบางอย่างมีข้อแนะนำให้บดอาหารให้ละเอียดแล้วนำเข้าในตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิและเวลาอยู่ในตู้อบต่างๆ กันเช่น ผลไม้แห้ง อบที่ 70 ^{o}C เป็นเวลา 5 h นมผงแห้ง อบที่ 100 ^{o}C เป็นเวลา 5 h กากน้ำตาล อบที่ 70 ^{o}C เป็นเวลา 2 h

2) วิธีอ้อม วิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถทำได้รวดเร็วอาจใช้เวลาเพียง 1 min เท่านั้น ข้อเสีย

คือความชื้นที่หาได้อาจจะไม่ถูกต้องมากนัก นอกจากนี้คุณสมบัติเหล่านี้ยังแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิและความหนาแน่นของการบรรจุได้ด้วย ความชื้นโดยวิธีอ้อมจะมีความคลาดเคลื่อนบ้าง แต่ก็เป็นที่ยอมรับกันในวงการค้าทั่วไป เนื่องจากทำได้รวดเร็ว ไม่ต้องรอเป็นเวลา หลายชั่วโมง หรือเป็นวัน

5.2 ปริมาณความชื้น (Moisture content) แสดงออกมาเป็นสัดส่วนน้ำหนักของความชื้นต่อนำหนักมวลเชื้อเพลิงแห้งหรือน้ำหนักมวลเชื้อเพลิงรวมทั้งหมดหากคูณปริมาณความชื้นด้วย 100 จะได้เป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นในชีวมวล ปริมาณความชื้นของชีวมวลจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ไม้ เช่น ไม้สน ยางพารา กระถิน ต้นสัก และ ส่วนประกอบ เช่น แกนไม้ เปลือกไม้ (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2540)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชาตรี (2553) ได้ทำการวิจัยเรื่องการลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศโดยใช้สารดูดความชื้นเพื่อการประหยัดพลังงานโดยศึกษาการลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศโดยการทดลองใช้สารดูดความชื้นสามชนิดได้แก่ ดรายแอค และอีโคดราย ซึ่งเป็นสารดูดความชื้นจากธรรมชาติ และ ซิลิกาเจล ซึ่งเป็นสารดูดความชื้นสังเคราะห์ การทดลองแบ่งเป็น 3 การทดลอง ได้แก่ การทดสอบการดูดความชื้นของสารดูดความชื้นในแผ่นเบดที่มี รูปแบบ ขนาด และลักษณะการจัดวางของแผ่นเบดในกล่องทดสอบ 4 ขนาด โดยใช้ความเร็วของอากาศผ่านแผ่นเบดมีค่าเริ่มต้นเฉลี่ยใกล้เคียงกันที่ 0.5 m/s การทดสอบการคายความชื้นของสารดูดความชื้นชนิดต่างๆ โดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ในกล่องอบแห้ง และ การนำผลจากการทดลองที่ 1 และ 2 มาทดสอบในห้องทดลองร่วมกับระบบปรับอากาศระหว่างมีการใช้และไม่มีการใช้สารดูดความชื้นเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้า ผลการทดลองที่ 1 พบว่า แผ่นเบดอีโคดราย ที่มีลักษณะการจัดวางของแผ่นเบดแบบตั้งฉากกับทิศทางการไหลของอากาศ มีประสิทธิภาพในการดูดความชื้นสูงสุด ผลการทดลองที่ 2 พบว่าแผ่นเบดซิลิกาเจลขนาดแผ่น 20 x 30 ตร.ซม. มีประสิทธิภาพในการคายความชื้นได้ โดยมีอัตราการคายความชื้นสูงสุดในเวลา 12.00 – 15.00 น. ผลการทดลองที่ 3 พบว่ากรณีที่มีการใช้สารดูดความชื้นทั้ง ซิลิกาเจลและอีโคดรายร่วมกับระบบปรับอากาศมีค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 10.605 กิโลวัตต์ชั่วโมง และ 11.183 กิโลวัตต์ชั่วโมง

ทรงชัย และคณะ (2553) ได้ทำการวิจัยเรื่องการลดความชื้นและคุณภาพการสีของข้าวโดยใช้กระบวนการดูดซับ ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการดูดซับที่ใช้แกลบบดเป็นตัวดูดซับและอัตราส่วนผสมระหว่างแกลบต่อข้าวเปลือก 1:0.3 โดยน้ำหนัก โดยเปลี่ยนแกลบทุกๆ 2 h การใช้แกลบบดความชื้นเริ่มต้นประมาณ 1.7 และ 12.7% d.b. ทำให้ความชื้นของข้าวเปลือกลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 4 h แรกและจะลดลงอย่างช้าๆในช่วง 4 h ต่อมา ความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกเป็น 18.7 และ 19.4% d.b. ในขณะที่ความชื้นของแกลบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแกลบใหม่ แกลบบดที่ความชื้นเริ่มต้นสูงกว่าทำให้การลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกช้ากว่า เนื่องจากการถ่ายโอนความชื้นจากข้าวเปลือกไปยังแกลบขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความชื้นระหว่างข้าวเปลือกและแกลบ

ทรงชัย และคณะ (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่องการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้ผงถ่านไม้ไผ่เป็นตัวกลางในการดูดซับและศึกษาอิทธิพลของความหนาแน่น ปรากฏของผงถ่านไม้ไผ่ต่อการลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกและศึกษาโครงสร้างระดับจุลทรรศน์ของผงถ่านไม้ไผ่ความหนาแน่นปรากฏถูกแปรเปลี่ยนเป็น 4 ค่าได้แก่ 285, 428, 432 และ 440 kg/m^3 จากผลการทดลองพบว่า เมื่อความหนาแน่นปรากฏของผงถ่านไม้ไผ่ต่ำลงทำให้อัตราการลดดงของความชื้นข้าวเปลือกเร็วขึ้น ความหนาแน่นปรากฏบางค่าสามารถกำจัดน้ำภายในข้าวเปลือกจนใกล้เคียงกับความชื้นที่ใช้เก็บรักษา สำหรับโครงสร้างระดับจุลทรรศน์ของผงถ่านไม้ไผ่ที่ใช้ทั้งหมดมีโครงสร้างรูพรุนรูปทรงกระบอกเช่นเดียวกับผงถ่านไม้ไผ่ในท้องตลาด แต่จำนวนรูพรุนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของถ่านไม้ไผ่มากกว่าถ่านในตลาด

ธนาชัย (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่องผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบผลการวิจัยพบว่าผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ สามารถลดค่าเอลทัลปีของอากาศได้เพียง 2-3 h แรกทั้งที่สามารถลดความชื้นภายในอากาศได้นานถึง 3-6 h เนื่องจากค่าเอลทัลปีที่ได้จากการลดความชื้นภายในอากาศของผนังดูดซับความชื้นถูกหักล้างกับค่าเอลทัลปีที่สูงขึ้นจากอุณหภูมิของอากาศที่สูงขึ้นเมื่อผ่านผนังดูดซับความชื้น ดังนั้นเมื่อความสามารถในการดูดซับความชื้นของผนังดูดซับความชื้นลดลงแต่อุณหภูมิของอากาศหลังผ่านผนังดูดซับความชื้นสามารถลดค่าเอลทัลปีของอากาศได้เพียงในชั่งโมงแรกๆในการดูดซับความชื้นซึ่งผนังดูดซับความชื้นสามารถดูดซับความชื้นจากอากาศได้ในปริมาณที่มาก

อีลีหย๊ะ และคณะ (2551) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของสารดูดความชื้นผลการวิจัยพบว่าสมบัติทางกายภาพต่างๆได้แก่ ความหนาแน่นปรากฏ เปอร์เซ็นต์ช่องว่างอากาศ ความจุความร้อนจำเพาะ ความชื้นสมดุล และสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 3 ชนิด คือ แกลบ ทางใบสาคู และกาบมะพร้าวพบว่าสมบัติทางกายภาพต่างๆจะมีความสัมพันธ์กับความชื้น อุณหภูมิ และความชื้นสัมพันธ์

โสธิญา และคณะ (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาการดูดซับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายด้วยถ่านกัมมันต์โดยการเลือกใช้ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดทางการค้าที่ผลิตจากกะลามะพร้าวเป็นตัวดูดซับซึ่งมีพื้นที่ผิวประมาณ 1,200 m^2/g และ มีรูพรุน เฉลี่ยประมาณ 31 Å ซึ่งก่อนที่จะทำการทดลองต้องนำถ่านกัมมันต์มาทำการคัดขนาด ให้มีขนาดของเม็ดถ่านใกล้เคียงกันจากนั้นจึงนำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปล้างด้วยน้ำกลั่น และกำจัดความชื้นด้วยการนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 110^{o}C เป็นเวลา 12 h จากนั้นทดลองโดยผ่านก๊าซไนโตรเจนแห้งเข้าสู่อิมพินเจอร์ จากนั้นนำมาวัดความเข้มข้นของไอระเหยด้วยแก๊สโครมาโทรกราฟี ณ เวลาต่างๆ หลังจากการทดลองการดูดซับโทลูอีนและไซลีนแล้วจะนำผลการทดลองมาพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากการทดลองพบว่าลักษณะของเส้นโค้งเบรคทรูของโทลูอีนและ ไซลีนมีลักษณะคล้ายกันและคล้าย s-shape แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้เหมาะสำหรับกระบวนการดูดซับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

กิตติศักดิ์ (2548) ได้ทำการศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้สารดูดความชื้น เพื่ออบแห้งข้าวเปลือกจากความชื้นเริ่มต้น 33.3% d.b. จนได้ความชื้นสุดท้ายประมาณ 16.5% d.b. โดยทำการทดลองอบแห้งแบบขั้นตอนเดียวและหลายขั้นตอนในห้องปฏิบัติการและการอบแห้งหลายขั้นตอนในภาคสนาม ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ อัตราส่วนผสมระหว่างแกลบกับข้าวเปลือก 1:1 ,1.5:1 และ 2:1 โดยปริมาตร อุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบ 33, 45 และ 90 ^{o}C (สัมพันธ์กับความชื้นเริ่มต้นของแกลบ 10.8, 5.9 และ 0.9% d.b.) อุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบ 33 ^{o}C (สัมพันธ์กับความชื้นเริ่มต้นของแกลบ 0.9% d.b.) และความหนาแน่นปรากฏของแกลบ 105, 160 และ 230 kg/m^3 และผลกระทบของตัวแปรเหล่านี้ที่มีต่อคุณภาพของข้าวเปลือกในด้านร้อยละข้าวต้นและความขาว เพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้นในการอบแห้งด้วยวิธีนี้ ในงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้สารดูดความชื้น จากผลการทดลองการอบแห้งข้าวเปลือกแบบขั้นตอนเดียว พบว่า แกลบไม่สามารถดูดซับความชื้นของข้าวเปลือกให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแกลบใหม่

ทุกๆ 2 h ซึ่งเป็นการอบแห้งแบบหลายขั้นตอน และพบว่า การใช้แกลบความชื้นเริ่มต้นต่ำสามารถอบแห้งข้าวเปลือกให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษาได้ และการใช้แกลบความชื้นเริ่มต้นต่ำ การเพิ่มอัตราส่วนผสม และความหนาแน่นของแกลบสามารถเร่งอัตราการอบแห้งได้

ภาวิกา (2547) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้แกลบเป็นสารดูดความชื้นโดยศึกษาผลของอัตราส่วนผสมระหว่างแกลบและข้าวเปลือกและผลของความหนาแน่นปรากฏ ของแกลบที่มีต่อการอบแห้งและความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือก การทดลองทำโดยนำข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 33% d.b. จำนวน 1 kg ผสมกับแกลบความชื้นเริ่มต้นประมาณ 11% d.b. ที่อัตราส่วนผสมระหว่างแกลบและข้าวเปลือก 1:1, 1.5:1 และ 2 : 1 โดยปริมาตร โดยแกลบที่ใช้มีค่าความหนาแน่นปรากฏ 105, 160 และ 230 kg/m^3 จากผลการทดลองที่ได้พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนผสมโดยปริมาตรระหว่างแกลบและข้าวเปลือก และการเพิ่มค่าความหนาแน่นปรากฏ ของแกลบจะช่วยให้ความชื้นของข้าวเปลือกลดลงได้เร็วกว่าการใช้อัตราส่วนผสมระหว่างแกลบข้าวเปลือกและความหนาแน่นปรากฏ ของแกลบต่ำๆ ที่อัตราส่วนผสมระหว่างแกลบและข้าวเปลือกสูงกว่า 1.5:1 พบว่าอัตราการอบแห้งเปลี่ยนแปลงน้อยมาก นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าหลังจากทำการอบแห้งเป็นระยะเวลานาน 2 h ความชื้นของข้าวเปลือกยังคงมีค่าสูงกว่าระดับที่สามารเก็บรักษาได้อย่างปลอดภัยและความชื้นของข้าวเปลือกมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเพิ่มระยะเวลาในการอบแห้ง ดังนั้นเพื่อลดความชื้นของข้างเปลือกลงแกลบจะถูกแยกออกจากข้าวเปลือก และเปลี่ยนแกลบชุดใหม่เข้าไปแทน

วทัญญู และคณะ (2542) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดโดยพิจารณาตัวแปรต่างๆที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้น 22-24% d.b. ปริมาณวัสดุในการอบแห้ง 20 kg ความเร็วของอากาศอบแห้ง 24-25 m^2 อุณหภูมิอากาศแห้ง 80, 90 และ 100°C พบว่าเมื่ออุณหภูมิอากาศอบแห้งสูงขึ้นทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก และเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดลดลง ส่วนความขาวของข้าวสาร อุณหภูมิของอากาศอบแห้งไม่มีผลกระทบมากนัก การอบแห้งที่อุณหภูมิ 100°C ควรใช้เวลาอบแห้ง ไม่ควรเกิน 20 min จะได้ความชื้นสุดท้าย 15.95% d.b.

สมชาย และคณะ (2545) ได้ศึกษาการเพิ่มผลผลิตในกระบวนการอบข้าวเปลือกและสีข้าวโดยวิธีการควบคุมตัวแปรที่สำคัญคือความชื้นของข้าวเปลือกที่ไม่สม่ำเสมอส่งผลให้ได้เปอร์เซ็นต์ต้นต่ำซึ่งผลผลิตจะแปรผันโดยตรงกับความชื้นของข้าวเปลือกดังนั้นการควบคุม ความชื้นให้สม่ำเสมอ

13-14% w.b. นั้นต้องใช้เทคนิคการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐานสำหรับขบวนการอบลดความชื้นข้าวเปลือก ซึ่งมีกำลังผลิตตั้งแต่ 100-250 เกวียน/วัน จากการวิเคราะห์คุณภาพการสีข้าว การลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือกให้ได้ 14% w.b. ทำให้ผลผลิตคือข้าวเต็มเมล็ดและข้าวต้นเพิ่มขึ้น 41.94% และลดความเสียหายคือเปอร์เซ็นต์ข้าวหักลดลง 81.6% โดยที่เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของข้าวรวมไม่เปลี่ยนแปลงมาก โดยคิดเป็นปริมาณข้าวเติมเมล็ดและข้าวต้นเพิ่มขึ้น 55.5 g

Abhay & Gupta (2006) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติการดูดซับของข้าวเปลือก ข้าวสารและแกลบในระหว่างการแช่น้ำ ทำการทดลองโดยนำข้าวสดใส่ในถุงพลาสติกและนำไปเก็บในอุณหภูมิแวดล้อม เป็นเวลาประมาณ 8 เดือน และก่อนที่จะทำการทดลองนำข้าวเปลือกมาล้างทำความสะอาด และนำไปหาความชื้นเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 120 ^{o}C เป็นเวลา 20 h และนำบางส่วนไปผึ่งที่อุณหภูมิแวดล้อมจนกระทั่งได้ความชื้นประมาณ 13.6 – 14.0% w.b. และนำไปกะเทาะโดยใช้เครื่องมือ SATAKE เพื่อแยกให้ได้ ข้าวเต็มเมล็ดและแกลบ หลังจากนั้นนำข้าวเปลือก,ข้าวสารและแกลบ มาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30, 45, และ 60 ^{o}C เป็นเวลา 1.30 h และจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นและพลังงานกระตุ้น พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการแช่ข้าวเปลือกเพิ่มมากขึ้น การดูดซับความชื้นของข้าวเปลือก ข้าวสาร และแกลบสูงขึ้น และสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นเมื่ออุณหภูมิในการทดลองสูง พบว่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของข้าวเปลือก ข้าวสารและแกลบ คือ 9.56×10^{-11}, 9.56×10^{-11}, 1.16×10^{-8}ตามลำดับ ส่วนพลังงานกระตุ้นของข้าวเปลือก ข้าวสารและแกลบ 31.50 KJ/mol , 37.2 KJ/mol , 19.25 KJ/mol ตามลำดับ

Ibarz & Barbosa (2004) ได้ทำการศึกษาการดูดซับน้ำของถั่ว การทดลองได้ใช้ถั่ว 10 g มาผสมกับน้ำ 30 ml ที่อุณหภูมิห้อง 25^{o}C เป็นเวลา 23 h และเก็บตัวอย่างที่เวลาต่างๆกัน เพื่อหาค่าการดูดซับของถั่วหลังจากนั้น นำไปหามวลแห้งโดยการนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C เป็นเวลา 24 h และนำน้ำหนักที่ได้หลังการอบแห้งไปหาความชื้นเริ่มต้นและ ได้นำถั่วมาเปรียบเทียบเมื่อใช้แรงอัดที่แตกต่างกันที่แรงอัด 275 – 690 MPa พบว่า ถั่วที่ได้รับแรงอัดสูงๆ จะดูดซับได้เร็วและเข้าสู่สมดุลเร็วกว่าถั่วที่ได้รับแรงอัดต่ำ ช่วงการดูดซับระหว่าง 0-8 h ความชื้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและหลังจาก 8- 24 h ความชื้นเริ่มคงที่

Iguaz et al (2003) ทำการศึกษาถึงรูปแบบของสมการที่มีผลต่อการแพร่ความชื้นของข้าวเปลือกโดยอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ ทำการทดลองโดยใช้ข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ

25% d.b. และทำการอบแห้งที่เงื่อนไขของอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 35 °C ที่ 30 % RH, 25°C ที่ 34% RH, 12°C ที่ 50% RH และ 5 °C ที่ 68%RH และใช้ความเร็วลม 2.5 และ 0.7 m/s และทำการเก็บข้อมูล หลังจากนั้นได้นำผลการทดลองมา Fit กับ Model ทั้งหมด 4 Model ดังนั้น Single Exponention Model, Biparametrie Exponention Model, Page Model, Two Term Exponention Model ผลการทดลองพบว่า เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมา fit ร่วมกับสมการการอบแห้งทั้งหมดพบว่า สมการของ Biparametrie Exponention Model มีค่าที่ดีที่สุดเนื่องจากเมื่อนำมาใช้กับข้อมูลมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลอง และความแม่นตรงทางสถิติก็มีค่าที่สูงกว่าด้วย และผลของอุณหภูมิและความเร็วที่มีผลกับการอบแห้งของข้าวเปลือก เมื่อทำการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงคือ 35 °C และที่ความเร็วลม 2.5 m/s อัตราการลดลงของความชื้นจะลดลงได้เร็วกว่า และเวลาที่ใช้ก็น้อยกว่าด้วย 1.6 h เนื่องจากอุณหภูมิสูงส่งผลให้น้ำที่อยู่ในข้าวเปลือกระเหยออกมาได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

Chen & Wu (2001) ทำการศึกษาถึงรูปแบบของสมการการอบแห้งชั้นบางที่ความชื้นข้าวเปลือกสูง วิธีการทดลองใช้ข้าวเปลือกที่ความชื้นสูงถึง 34% d.b. จากนั้นนำไปเก็บที่ห้องเย็น5°C เป็นเวลา 1 เดือน และนำมาทำการทดลองโดยใช้ข้าวเปลือก 60 g โดยนำไปเก็บในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 h แล้วนำมาทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 35- 60 °C และที่ความชื้นสัมพัทธ์ 10-15% RH และที่ความเร็วลมคงที่ที่ 0.3 m/s โดยจะนำข้อมูลที่ได้ไปพล็อตร่วมกับสมการการอบแห้งชั้นบางทั้ง 4 สมการ ดังนี้ Exponential Model, Page Model Wang and Singh Model, Two Compartment Model ผลการทดลอง จากการศึกษาการอบแห้งชั้นบางสำหรับข้าวเปลือกที่ช่วงอุณหภูมิ 35- 60°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 10-15% RH พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการทดลองที่สูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ส่งผลให้ความชื้นสมดุลมีค่าน้อย เนื่องจากเมื่อความดันไอน้ำที่ผิวของข้าวเปลือกมีค่าสูงกว่าความดันไอของอากาศที่อยู่รอบๆ ดังนั้นข้าวเปลือกจึงคายความชื้นออกมาได้มาก และเมื่อใช้ความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำในการทดลอง เนื่องจากอากาศแห้งการแพร่ของความชื้นจึงดีกว่า ส่งผลให้คายออกมาได้มากเช่นกัน เมื่อนำข้อมูลไปพล็อต ร่วมกับสมการการอบแห้งชั้นบาง พบว่า สมการของ Two Compartment เหมาะสมที่สุดเนื่องจากเงื่อนไขการทดลองที่ช่วงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์นี้ มีผลต่ออัตราการอบแห้งชั้นบาง ดังนั้นรูปแบบสมการอื่นๆ อาจจะเหมาะสมกับช่วงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงอื่น

Chihan & Ece (2001) การอบแห้งข้าวเปลือกแบบต่อเนื่องโดยใช้รูปแบบสมการการแพร่ความชื้น ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 40 °C และที่ความเร็วลม 1.5 m/s คงที่ และหลังจากผ่านการอบ

แล้วนำมาทำให้เย็น ที่เวลา 30 และ 60 min รวมถึงการหาสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นของข้าวเปลือก ซึ่งพิจารณาลักษณะของผลิตภัณฑ์เป็นทรงกระบอก ผลการทดลองพบว่า กรณีของอัตราการลดความชื้น เมื่อใช้เวลาในการทำให้เย็น ที่เพิ่มขึ้นคือ 60 min ส่งผลให้อัตราการลดความชื้นของข้าวเปลือกลดลงได้เร็วกว่า เนื่องจากความชื้นภายในเมล็ดข้าวเปลือกเคลื่อนที่มาที่ผิวได้เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทำให้เย็น ที่ใช้เวลาน้อยกว่า และเมื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ พบว่า เวลาในการทำให้เย็น ที่เพิ่มขึ้นสัมประสิทธ์การแพร่ความชื้นสูง ซึ่งสอดคล้องกับความสัมพันธ์ของ Arenues พบว่าพลังงานกระตุ้นสูงเช่นกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อย โดยมีทั้งหมด 2 ตอน คือ การเผาขี้เลื่อยและเผาแกลบให้เป็นเถ้า ขั้นตอนการทดลอง เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และสุดท้ายคือวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลองข้อมูลจากการทำวิจัยเรื่องการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อย ซึ่งได้ศึกษาจากเอกสารหนังสือที่เกี่ยวข้อง เรื่องการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

ในการวิจัยการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อยมีวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองดังนี้

3.1.1 วัสดุ

(1) ข้าวเปลือก 10 kg

(2) ขี้เลื่อย 2 kg

(3) แกลบ 2 kg

(4) ซิลิกา

3.1.2 อุปกรณ์

(1) เครื่องชั่งดิจิตอล ZEPPEP รุ่น EPS-3001 ความละเอียด 0.1 g	1	เครื่อง
(2) เตาเผา CARBOLTE รุ่น OWF 1200	1	เครื่อง
(3) ตู้อบ memmert 1 รุ่น Beschickung-Loading Modell 100-800	1	เครื่อง
(4) มุ้งลวดทำเป็นตะแกรง	20	อัน
(5) กรรไกร	1	ด้าม
(6) กระดาษฟอยล์	1	ม้วน
(7) ถาดกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22.5 cm สูง 5 cm	1	ถาด
(8) ถาดเหลี่ยมขนาดกว้าง 19 cm ยาว 27 cm สูง 4.5 cm	2	ถาด
(9) ถุงพลาสติกขนาด 400 cm	1	แพ็ค
(10) ขวดโหลขนาดกว้าง 9.5 cm ยาว 9.5 cm สูง 20 cm	9	ใบ
(11) ทัพพี	1	อัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

3.2.1 ขั้นเตรียมวัสดุ

1) แกลบ : นำแกลบจากการสีข้าวเปลือกมาเผาในเตาเผา โดยใช้อุณหภูมิที่ 300 °C เป็นเวลา 1.40 h ในการเผาต้องชั่งน้ำหนักทั้งก่อนเผาและหลังเผา เพื่อหาความชื้นที่ลดลงของแกลบที่ได้จากการเผาโดยขี้เถ้าแกลบที่ใช้ในการทดลองจะต้องร่อนก่อนเพื่อให้เหลือขี้เถ้าแกลบที่เป็นชิ้นใหญ่

2) ขี้เลื่อย : นำขี้เลื่อย มาเผาในเตาเผา โดยใช้อุณหภูมิที่ 300 °C เป็นเวลา 1.20 h ในการเผาต้องชั่งน้ำหนักทั้งก่อนเผาและหลังเผา เพื่อหาความชื้นที่ลดลงของขี้เลื่อยที่ได้จากการเผาโดยขี้เถ้าขี้เลื่อยที่ใช้ในการทดลองจะต้องร่อนก่อนเพื่อให้เหลือขี้เถ้าของขี้เลื่อยที่เป็นชิ้นใหญ่

3) ข้าวเปลือก : นำข้าวเปลือก 0.5 kg ใส่ในถุง แล้วใส่น้ำปริมาณ 50 ml แล้วเขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 3 - 4 วันเมื่อจะนำมาทดลองเอามาตั้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 h

ภาพที่ 3.1 การเผาขี้เลื่อยและแกลบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 300 °C

ภาพที่ 3.2 ขี้เลื่อยที่ได้จากการเผา

3.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) การทดลองเพื่อหาความชื้นเริ่มต้น

1.1) นำวัสดุที่ใช้ในการดูดซับได้แก่ ขี้เลื่อย แกลบ ซิลิกา และข้าวเปลือกใส่ในถ้วยฟอยล์โดยใส่ข้าวเปลือกประมาณ 50 g ขี้เลื่อย แกลบและ ซิลิกาใส่โดยประมาณ

1.2) ใส่วัสดุในการดูดซับใส่ในถ้วยฟอยล์ 3 ฟอยล์

1.3) หลังจากนั้นนำวัสดุที่ใช้ในการดูดซับได้แก่ ขี้เลื่อย แกลบ ซิลิกา และข้าวเปลือกที่อยู่ในฟอยล์แต่ละอันนำมาอบที่อุณหภูมิ 105 ^{o}C เป็นเวลา 72 h เมื่อครบเวลาตามที่กำหนดแล้วนำวัสดุมาชั่งที่ละอัน

1.4) คำนวณหาความชื้นโดยใช้จากสมการที่ (2.2)

2. ขั้นการทดลอง

2.1) นำวัสดุที่ใช้ในการดูดซับได้แก่ ขี้เลื่อย แกลบ และ ซิลิกา โดยนำวัสดุที่ใช้การดูดซับมาใส่ในตะแกรงแล้วชั่งให้มีนำหนักเท่ากันกับข้าวเปลือกที่จะนำมาทดลองจากนั้น นำมาอบที่อุณหภูมิ 130 ^{o}C เป็นเวลา 5 h

ภาพที่ 3.3 อบวัสดุที่ใช้ในการดูดซับที่อุณหภูมิ 130 °C เป็นเวลา 5 h

2.2) นำข้าวเปลือกมาใส่ในตะแกรง จำนวน 9 ตะแกรง โดยแต่ละตะแกรงให้มีน้ำหนักเท่ากันกับวัสดุที่ใช้ในการดูดซับจากนั้นนำมาใส่ในขวดโหลขวดละ 1 ตะแกรง ประมาณ 50 g

ภาพที่ 3.4 วัสดุที่ใช้ในการดูดซับมาใส่ในขวดโหลขวดละ 1 ตะแกรง ประมาณ 50 g

2.3) เมื่อครบเวลาตามที่กำหนดแล้วนำวัสดุที่ใช้ในการดูดซับ ได้แก่ขี้เลื่อย แกลบ และ ซิลิกา มาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง แล้วนำวัสดุดูดซับใส่ในขวดโหลที่มีข้าวเปลือกอยู่แล้วโดยใส่พร้อมกันแล้วจับเวลาตามที่กำหนดแล้วบันทึกผล

ภาพที่ 3.5 วัสดุดูดซับในขณะที่ทดลอง

2.4) เมื่อครบเวลาตามที่กำหนดแล้วนำวัสดุที่ใช้ในการดูดซับ และข้าวเปลือกมาชั่งน้ำหนักหลังการทดลอง จากนั้นใส่ในถ้วยฟอยล์แล้วชั่งน้ำหนัก อีกครั้งหนึ่ง แล้วตั้งไว้

ภาพที่ 3.6 วัสดุที่ใช้ในการดูดซับหลังการทดลองเก็บไว้ในถ้วยฟอยล์

2.5) นำวัสดุที่ใช้ในการดูดซับ และข้าวเปลือกที่อยู่ในถ้วยฟอยล์ มาอบที่ อุณหภูมิ 105 ^{o}C เป็นเวลา 72 h เมื่อครบเวลาตามที่กำหนดแล้ว นำมาชั่งอีกครั้งหนึ่ง เพื่อหาความชื้นของวัสดุที่ใช้ในการดูดซับ ข้าวเปลือก ที่นำมาทดลอง

ภาพที่ 3.7 อบวัสดุการดูดซับเพื่อหาความชื้นมาตาฐานแห้ง (% d.b.)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 วิเคราะห์หาความชื้นข้าวเปลือกและความสัมพันธ์ระหว่างสารดูดความชื้นคือแกลบและขี้เลื่อยที่ได้จากการทดลอง เช่น ระยะเวลาในการทดลองเมื่อเวลาผ่านไป 1, 2 , 4 , 8 , 15 , 26 , 42 , 64 และ 93 h ความชื้นข้าวเปลือกจะลดลงไปเท่าไรและสารดูดความชื้นคือแกลบและขี้เลื่อยจะเพิ่มไปเท่าไร

3.3.2 ทำการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นข้าวเปลือกและความสัมพันธ์ระหว่างสารดูดความชื้นคือแกลบและขี้เลื่อย

3.3.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างความชื้นข้าวเปลือกและหาความสัมพันธ์ระหว่างสารดูดความชื้นคือแกลบ ขี้เลื่อยและซิลิกาแล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในการทดลองครั้งนี้

ตารางที่ 3.1 ความชื้นของสารซิลิกาเจลตามมาตรฐาน JIS

ความสามารถในการดูดซับความชื้นคิดเป็น% ต่อน้ำหนัก		
สารเคมี	จำนวน (g)	ความชื้น (%)
ซิลิกาเจล	100	30

ที่มา: http://power-dry.blogspot.com (5 มิถุนายน 2554)

3.3.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่

1. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Average, $\overline{X}$) หมายถึง ผลรวมของค่าที่ได้จากการสำรวจทุกค่าของข้อมูลแล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมดซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\overline{X} = \frac{\sum X_N}{N} \tag{3.1}$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum X_N$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N คือ จำนวนครั้งของการวัดอุณหภูมิ

2. ค่าส่วนเบี่ยงแบนมาตรฐาน (Standard deviation, S.D.) หมายถึง ค่าที่นิยามขึ้นจากรากที่สองของความแปรปรวน ใช้สำหรับเปรียบเทียบว่าค่าจากการทดลองต่าง ๆ ในเซตข้อมูลกระจายตัวออกไปมากน้อยเท่าใด กล่าวคือ ถ้าข้อมูลการทดลองที่ได้ส่วนใหญ่อยู่ใกล้ค่าเฉลี่ยมากค่าส่วนเบี่ยงแบนมาตรฐานก็จะมีค่าน้อย ในทางกลับกัน ถ้าข้อมูลการทดลองที่ได้ส่วนใหญ่อยู่ห่างจากค่าเฉลี่ยก็จะมีค่ามาก และถ้าข้อมูลการทดลองที่ได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากันค่าส่วนเบี่ยงแบนมาตรฐานก็จะมีค่าเท่ากับศูนย์ นั้นคือ ข้อมูลการทดลองไม่มีการกระจายตัว ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum \left(X_N - \overline{X}\right)^2}{N}}$$

(3.2) เมื่อ S.D คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

X_N คือ ข้อมูลจากการทดลองครั้งที่

N คือ จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

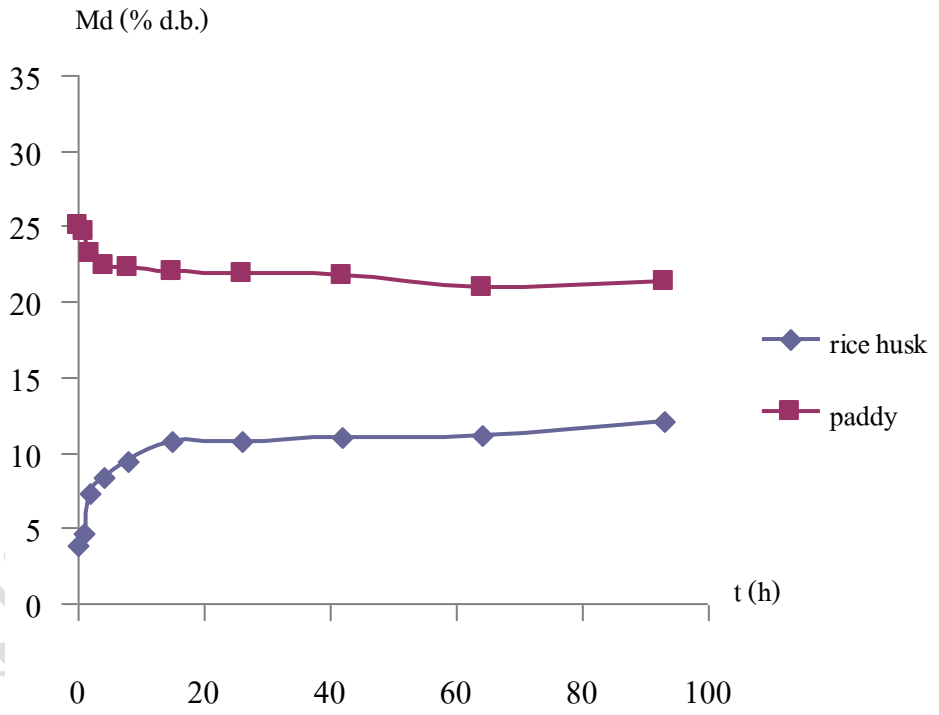
มหาวิทยาลัยบูรพา

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดลองหาความชื้น

4.1.1 ผลการทดลองหาความชื้น ของข้าวเปลือกเทียบกับสารดูดซับจากแกลบที่เวลาต่างๆ

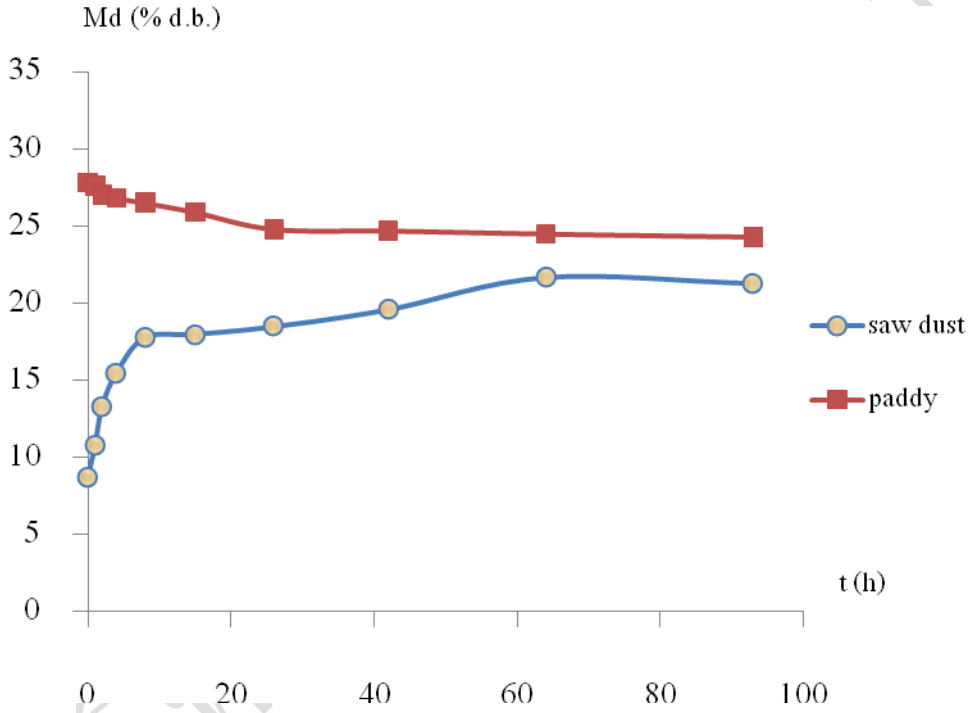
จากผลการทดลอง พบว่า แกลบเป็นตัวดูดซับทำให้ความชื้นของข้าวเปลือกลดลงอย่างรวดเร็วใน 8 h แรก โดยข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลองจะมีความชื้นเริ่มต้น 25.0% d.b. และมีความชื้นสุดท้ายเป็น 21.0% d.b. เมื่อเวลาผ่านไป 93 h ในขณะที่ความชื้นของแกลบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 8 h แรก เช่นเดียวกัน โดยแกลบที่ใช้จะมีความชื้นเริ่มต้น 3.9% d.b. และมีความชื้นสุดท้ายเป็น 12.0% d.b. เมื่อเวลาผ่านไป 93 h จะเห็นได้ว่าข้าวเปลือกมีความชื้นลดลงคิดเป็นร้อยละ 32.5% และแกลบมีความชื้นเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 37.8%



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของข้าวเปลือกและแกลบที่เวลาต่างๆ

4.1.2 ผลการทดลองหาความชื้น ของข้าวเปลือกเทียบกับสารดูดซับจากขี้เลื่อยที่เวลาต่างๆ

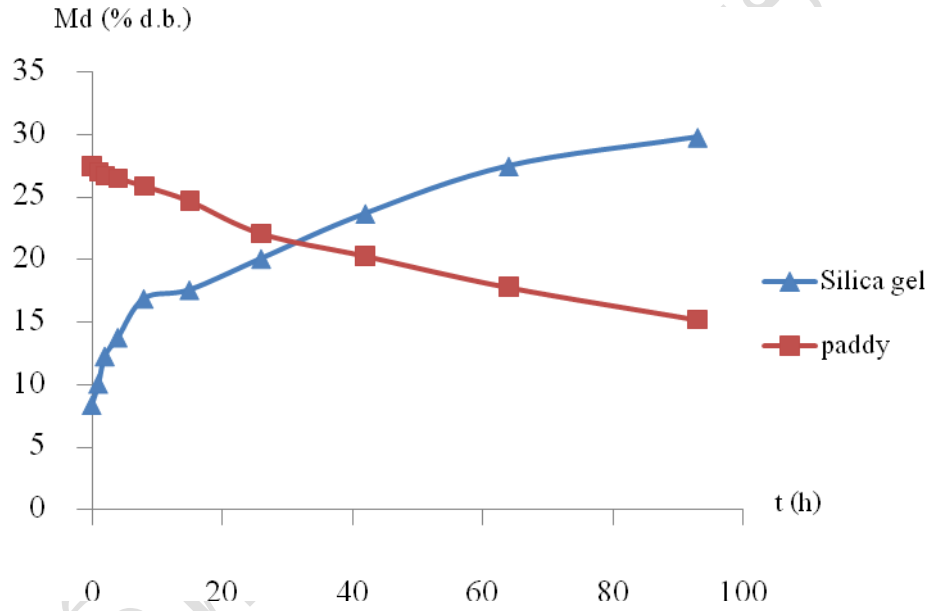
จากผลการทดลองพบว่า ขี้เลื่อยเป็นตัวดูดซับทำให้ความชื้นของข้าวเปลือกลดลงอย่างรวดเร็วใน 8 h แรก โดยข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลองจะมีความชื้นเริ่มต้น 27.8% d.b. และมีความชื้นสุดท้ายเป็น 24.3% d.b. เมื่อเวลาผ่านไป 93 h ในขณะที่ความชื้นของขี้เลื่อยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 8 h แรก เช่นเดียวกัน โดยขี้เลื่อยที่ใช้จะมีความชื้นเริ่มต้น 8.7% d.b. และมีความชื้นสุดท้ายเป็น 21.3% d.b. เมื่อเวลาผ่านไป 93 h จะเห็นได้ว่าข้าวเปลือกมีความชื้นลดลงคิดเป็นร้อยละ 28.4% และขี้เลื่อยมีความชื้นเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 58.9%



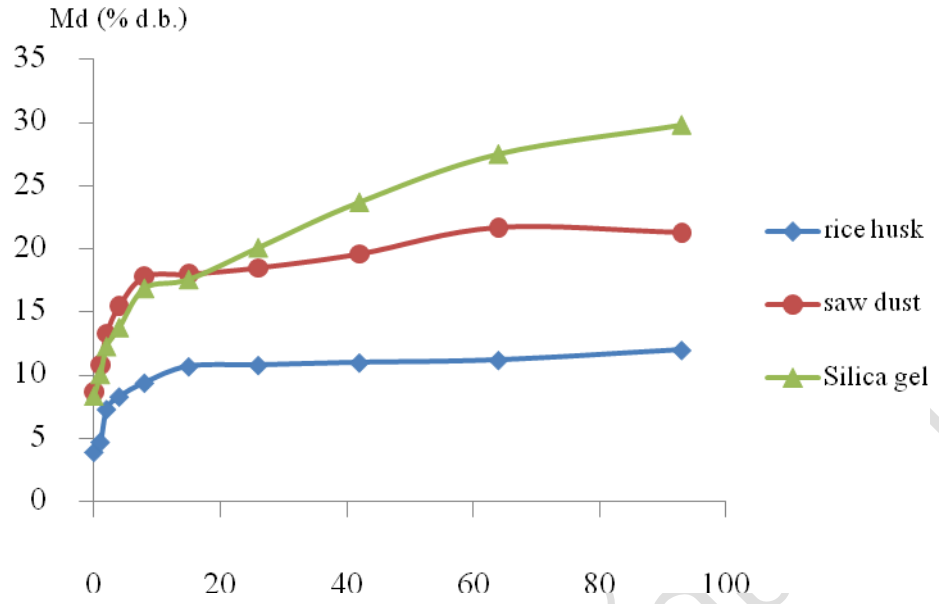
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของข้าวเปลือกและขี้เลื่อยที่เวลาต่างๆ

4.1.3 ผลการทดลองหาความชื้น ของข้าวเปลือกเทียบกับสารดูดซับซิลิกาเจลที่เวลาต่างๆ

จากผลการทดลองพบว่า ซิลิกาเป็นตัวดูดซับทำให้ความชื้นของข้าวเปลือกลดลงอย่างรวดเร็วใน 8 h แรก โดยข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลองจะมีความชื้นเริ่มต้น 27.5% d.b. และมีความชื้นสุดท้ายเป็น 15.2% d.b. เมื่อเวลาผ่านไป 93 h ในขณะที่ความชื้นของซิลิกาเจลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 8 h แรก เช่นเดียวกัน โดยซิลิกาเจลที่ใช้จะมีความชื้นเริ่มต้น 8.4% d.b. และมีความชื้นสุดท้ายเป็น 29.8% d.b. เมื่อเวลาผ่านไป 93 h จะเห็นได้ว่าข้าวเปลือกมีความชื้นลดลงคิดเป็นร้อยละ 12.3% และซิลิกาเจลมีความชื้นเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 21.4% เนื่องจากซิลิกาเจลเป็นตัวดูดซับที่เร็วสามารถดูดอากาศจากภายนอกส่งผลให้ซิลิกาเจลมีความชื้นสุดท้ายมากกว่าความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของข้าวเปลือกและซิลิกาเจลที่เวลาต่างๆ



ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบสารดูดซับจาก แกลบ ขี้เลื่อย และ ซิลิกาเจลที่เวลาต่างๆ

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ซิลิกาเจล ขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อยมีความชื้นเริ่มต้น 8.4, 3.9 และ 8.7% d.b. ตามลำดับ และจะมีความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป 8 h หลังจากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป 15 h ความชื้นจะเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุล ส่วนซิลิกาเจลจะมีความชื้นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยไม่เข้าสู่สภาวะสมดุล จะเห็นได้ว่าซิลิกาเจลจะดูดความชื้นได้สูงที่สุด ส่วนสารดูดซับจากขี้เลื่อยจะดูดความชื้นได้ดีกว่าสารดูดซับจากแกลบเพราะขี้เลื่อยจะมีรูพรุนและพื้นผิวมากกว่าแกลบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏ

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อย จะเห็นได้ว่าข้าวเปลือกมีความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วใน 8 h แรก และสารดูดซับก็มีความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 8 h แรกเช่นเดียวกันโดยข้าวเปลือกจะมีความชื้นเริ่มต้นที่ 25.0, 27.8 และ 27.5% d.b. ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 93 h ความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกจะลดลงเหลือ 21.0, 24.3 และ 15.2% d.b ตามลำดับ เมื่อเทียบกับร้อยละจะมีร้อยละการลดลงเหลือ 32.5, 28.4 และ 12.3 % เมื่อเทียบกับแกลบ ขี้เลื่อย และซิลิกาเจล ตามลำดับและความชื้นของสารดูดซับได้แก่ แกลบ ขี้เลื่อย และซิลิกา เมื่อเทียบเป็นร้อยละจะมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 37.8, 58.9 และ 21.4 % ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าขี้เถ้าจากขี้เลื่อยมีร้อยละการดูดความชื้นได้ดีกว่าขี้เถ้าจากแกลบเนื่องจากขี้เถ้าจากขี้เลื่อยมีรูพรุนและพื้นผิวมากกว่าขี้เถ้าจากแกลบ ส่วนซิลิกาเจล จะมีความชื้นสุดท้ายมากกว่าความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกเนื่องจากซิลิกาเจลจะดูดความชื้นจากภายนอก

5.2 อภิปรายผล

จากการทดลองการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยขี้เถ้าจากแกลบและขี้เลื่อย พบว่า ข้าวเปลือกมีความชื้นลดลงคิดเป็นร้อยละ 32.5, 28.4 และ 12.3% เมื่อเทียบกับแกลบ ขี้เลื่อย และซิลิกาเจล ตามลำดับ โดย แกลบ ขี้เลื่อย และซิลิกาเจล มีความชื้นเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 37.8, 58.9 และ 21.4% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไป 93 h ข้าวเปลือกจะมีความชื้นเริ่มต้น 25.0% d.b. จะลดลงเป็น 21.0% d.b. เมื่อเทียบกับแกลบที่มีความชื้นเริ่มต้น 3.9% d.b. จะมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 12.0% d.b. และข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ 27.8% d.b. จะลดลงเป็น 24.3% d.b. เมื่อเทียบกับขี้เลื่อยที่มีความชื้นเริ่มต้น 8.7% d.b. จะมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 21.3% d.b. และข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้น 27.5% d.b. จะลดลงเป็น 15.2% d.b. เมื่อเทียบกับซิลิกาเจลที่มีความชื้นเริ่มต้น 8.4% d.b. จะมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 29.8% d.b. เนื่องจากซิลิกาเจลเป็นตัวดูดซับที่เร็วสามารถดูดอากาศจากภายนอกได้ส่งผลให้ซิลิกาเจลมีความชื้นสุดท้ายมากกว่าความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทรงชัย และคณะ (2552) ที่ศึกษาการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้ผงถ่านไม้ไผ่เป็นตัวกลางในการดูดซับและศึกษาอิทธิผลของความหนาแน่นปรากฏของผงถ่านไม้ไผ่ต่อการลดลงของความชื้นข้าวเปลือก พบว่า เมื่อความหนาแน่นปรากฏของผงถ่านไม้ไผ่ต่ำลงทำให้อัตราการลดลงของความชื้นข้าวเปลือกเร็วขึ้น และ สอดคล้องกับงานวิจัยของ กิตติศักดิ์ (2548) ที่ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้สารดูดความชื้น พบว่า แกลบไม่สามารถดูดความชื้นของข้าวเปลือกให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้

ดังนั้นการนำขี้เถ้าจากขี้เลื่อยมาลดความชื้นข้าวเปลือกขี้เถ้าจากขี้เลื่อยจะลดความชื้นได้ดีกว่าแกลบ เนื่องจากขี้เถ้าจากขี้เลื่อยมีรูพรุนและมีพื้นผิวมากกว่าแกลบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ก่อนเริ่มทำการทดลองควรศึกษาเรื่อง การลดความชื้น การดูดความชื้นและสมบัติทางกายภาพของข้าวเปลือก แกลบ ขี้เลื่อยให้ดี เพื่อทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลได้ดี

5.3.2 ควรร่อนแกลบและขี้เลื่อยก่อนเผาเพื่อขจัดสิ่งแปลกปลอม

5.3.3 ควรวัดตะแกรงให้มีขนาดเท่ากันเพื่อง่ายต่อการทดลองในครั้งต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บรรณานุกรม

กัญจนา บุณยเกียรติ. (2554). **เชื้อเพลิงและการเผาไหม้**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แกลบข้าว. 2552. [ออน์ไลน์] แหล่งที่มา http://www.wikipedia.org (25 มิถุนายน 2554)

ขี้เถ้าแกลบ. 2552. [ออน์ไลน์] แหล่งที่มา http://www.wikipedia.org (25 มิถุนายน 2554)

ความชื้นของสารซิลิกาเจลตามมาตรฐาน JIS. 2552. แหล่งที่มา http://power-dry.blogspot.com (5 มิถุนายน 2554)

ชาตรี เกียรติจรูญศิริ สุดาภรณ์ ฉุ้งลู้ พรรณจิรา ทิศาวิภาต และบัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย. (2553). งานวิจัยเรื่องการลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศโดยใช้สารดูดความชื้นเพื่อการประหยัดพลังงาน. ธรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. **วารสารวิจัยพลังงาน.**

เดชา ฉัตรศิริเวช. (2552). **กระบวนการดูดซับ**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์ จิรานุวัฒน์ สัตนาโค เอกลักษณ์ พันธ์กาฬสินธุ์ และสุพรรณ ยั่งยืน. (2553). งานวิจัยเรื่องการลดความชื้นและคุณภาพการสีของข้าวโดยใช้กระบวนการดูดซับ. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยสารคาม. **วารสารวิจัย.**

ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์ อิทธิพล ธรรมภิบาล และปัญญา ปะเมนาโพธิ์. (2553). งานวิจัยเรื่องการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยผงถ่านไม้ไผ่. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. **วารสารวิจัย.**

ธราพงษ์ วิทิตศานต์. (2553). **ถ่านกัมมันต์การผลิตและการนำไปใช้**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นคร ทิพยาวงศ์. (2553). **เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยี

ประพันธ์ รักษ์ไพเศษ. ม.ป.ป. **"การเผาไหม้อย่างมีประสิทธิภาพ."** [ออน์ไลน์] แหล่งที่มา http://www.mdboilers.com (25 มิถุนายน 2554)

ภาวิกา วงค์แก้ว. (2547). **การอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้แกลบเป็นสารดูดความชื้น**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ยรรยง พวงราช. (2554). **"ยอดส่งข้าวปี 2554."** [ออน์ไลน์] แหล่งที่มา www.thairiceexporters.or.th (25 มิถุนายน 2554)

วทัญญู รอดประพันธ์ สุรเชษฐ์ บำรุงคีรี และณรงค์ศักดิ์ สุวรรณ์วงค์. (2542). **งานวิจัยเรื่องการศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบด.** อยุธยา : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. (2540). **การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท**. พิมพ์ครั้งที่ 7. ธนบุรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สมชาย ช่างเพียร และ สมศักด์ ตรีสัตย์. (2545). การศึกษาการเพิ่มผลในกระบวนการอบข้าวเปลือกและสีข้าว. **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

โสธิญา มุ้ยแก้ว และวิทยา เทพไพฑูรย์. (2550). การศึกษาการดูดซับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายด้วยถ่านกัมมันต์. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย** . กรุงเทพฯ.

อีลีหย๊ะ สนิโซ ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล และสุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล. (2551). การศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของสารดูดความชื้นสำหรับอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคการดูดซับความชื้น**. วารสารวิจัย มข**. 575-585.

Abhay Thakur, Kr., & Gup, A.K. (2006). Water absorption Characteristics of paddy, brown rice and husk during soaking. **Journal of Food Engineering. 75,252-25**

Ahmet cihan, & Mehmet CemEce. (2001). Liquid diffusion model for intermittent drying of rough rice. **Journal of Food Engineering. 49,327-331**

Chiachung Chen, Po-Ching, Wu. (2001). Thin-layer Drying Model for Rough Rice with High Moisture Content. **Journal of Food Engineering, 80,45-52**

Ibarz, A., Gonzalez, C., & Barbosa-Canovas, G.V. (2004). Kinetic models for water adsorption and cooking time inchickpea soaked and treated by high prwssure. **Journal of Food Engineering. 63,467-472**

Iquaz, A., San Martin, M.B., Mate, J.I., Fernandez, T., & Virseda, P. (2003). Modelling effective moisture diffusivity of rice (Lido Cultivar) at low drying temperatures. **Journal of Food Engineering. 59,253-258**

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ภาคผนวก (ก)

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ภาพที่ ก-1 การเผาขี้เลื่อยและแกลบในเตาเผา

ภาพที่ ก- 2 เตาเผา ยี่ห้อ CARBOLTE รุ่น OWF 1200

ภาพที่ ก-3 ขี้เลื่อยที่ได้จากการเผา

ภาพที่ ก-4 ตะแกรงสำหรับใส่วัสดุในการดูดซับ

ภาพที่ ก-5 ขวดโหลที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ ก-6 ฟอยล์ใช้ในการอบหาความชื้นเริ่มต้น

ภาพที่ ก-7 ถาดสำหรับใส่วัสดุที่อยู่ในตะแกรง

ภาพที่ ก-8 ขี้เลื่อยในตะแกรงสำหรับใช้ในการอบ

ภาพที่ ก-9 ชั่งขี้เลื่อย

ภาพที่ ก-10 อบขี้เลื่อยเพื่อทำการทดลอง

ภาพที่ ก-11 ข้าวเปลือกกับขี้เลื่อยขณะที่ทดลอง

ภาพที่ ก-12 ชั่งข้าวเปลือก

ภาพที่ ก-13 อบวัสดุดูดซับในถ้วยฟอยล์เพื่อหาความชื้นเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 130 °C เป็นเวลา 5 h

ภาพที่ ก-14 ชั่งขี้เลื่อยตามที่กำหนด

ภาพที่ ก-15 ข้าวเปลือกหลังการทดลองเก็บไว้ในถ้วยฟอยล์

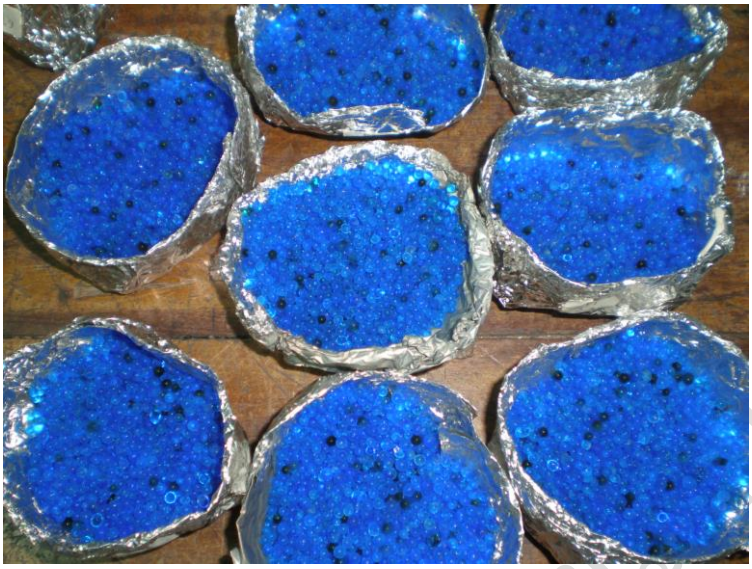
ภาพที่ ก-16 ขี้เลื่อยหลังการทดลองเก็บไว้ในถ้วยฟอยล์

ภาพที่ ก-17 อบวัสดุในถ้วยฟอยล์เพื่อหาความชื้นสุดท้ายที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 72 h

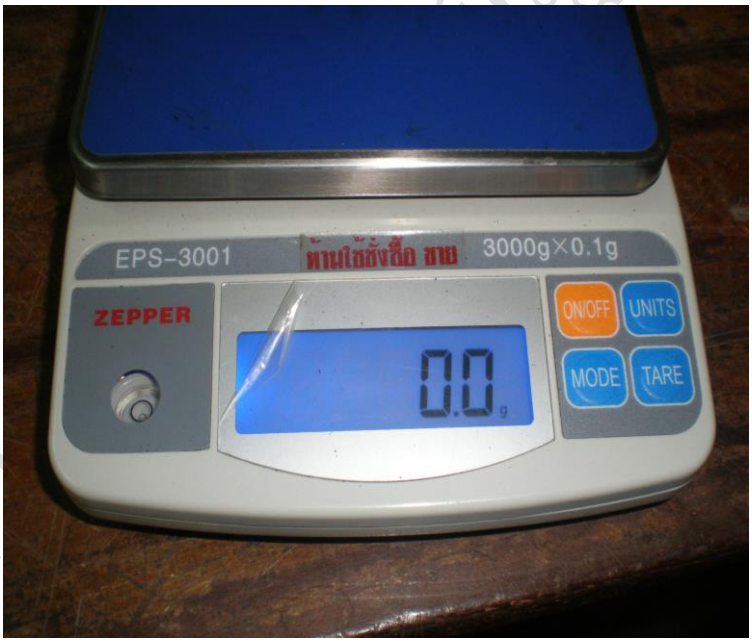
ภาพที่ ก-18 ข้าวเปลือกกับแกลบขณะที่ทดลอง

ภาพที่ ก-19 ชั่งแกลบพร้อมถ้วยฟอยล์ตามที่กำหนด

ภาพที่ ก-20 กำลังชั่งซิลิกาเจล



ภาพที่ ก-21 ซิลิกาเจลหลังการทดลองเก็บไว้ในถ้วยฟอยล์



ภาพที่ ก-22 เครื่องชั่งดิจิตอล ZEPPEP รุ่น EPS-3001 ความละเอียด 0.1 g

ภาพที่ ก-23 ตู้อบ (Oven) memmert 1 รุ่น Beschickung-Loading Modell 100-800

ภาพที่ ก-24 ตั้งเวลาในการอบที่ตู้อบ (Oven)

ภาคผนวก (ข)

ตารางผลการทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ตารางที่ ข-1 ผลการเผาขี้เลื่อยที่อุณหภูมิ 130 C เป็นเวลา 1.20 h

ครั้งที่เผา	เผาในถาดที่	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักที่หายไป (g)
		ก่อนเผา	หลังเผา	
1	1	178.4	86.1	92.3
2	2	178.4	87.3	91.1

ตารางที่ ข-2 ผลการเผาแกลบที่อุณหภูมิ 130 C เป็นเวลา 1.40 h

ครั้งที่เผา	เผาในถาดใบที่	น้ำหนัก (g)		น้ำหนักที่หายไป (g)
		ก่อนเผา	หลังเผา	
1	1	232.5	94.8	137.7
2	2	232.5	95.6	136.9

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ตารางที่ ข-3 ผลการหาความชื้นเริ่มต้นของแกลบและข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 105 C เป็นเวลา 72 h

วัสดุ	ความชื้นเริ่มต้น									
	ครั้งที่1			ครั้งที่2			ครั้งที่3			ความชื้นเฉลี่ย
	น้ำหนัก (g)		ความชื้น	น้ำหนัก (g)		ความชื้น	น้ำหนัก (g)		ความชื้น	
	ก่อนอบ	หลังอบ		ก่อนอบ	หลังอบ		ก่อนอบ	หลังอบ		
แกลบ	9.0	8.7	3.4	9.0	8.8	2.3	9.0	8.5	5.9	3.9
ข้าวเปลือก	50.0	39.9	25.3	50.0	40.7	24.7	50.0	40.0	25.0	25.0

ตารางที่ ข-4 ผลการหาความชื้นเริ่มต้นของขี้เลื่อยและข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 105 C เป็นเวลา 72 h

วัสดุ	ความชื้นเริ่มต้น									
	ครั้งที่1			ครั้งที่2			ครั้งที่3			ความชื้นเฉลี่ย
	น้ำหนัก (g)		ความชื้น	น้ำหนัก (g)		ความชื้น	น้ำหนัก (g)		ความชื้น	
	ก่อนอบ	หลังอบ		ก่อนอบ	หลังอบ		ก่อนอบ	หลังอบ		
ขี้เลื่อย	5.0	4.6	8.7	5.0	4.6	8.7	5.0	4.6	8.7	8.7
ข้าวเปลือก	50.0	39.1	27.9	50.0	39.2	27.5	50.0	39.1	27.9	27.8

ตารางที่ ข-5 ผลการหาความชื้นเริ่มต้นของขี้เลื่อยและข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 105 C เป็นเวลา 72

วัสดุ	ความชื้นเริ่มต้น									
	ครั้งที่1			ครั้งที่2			ครั้งที่3			ความชื้นเฉลี่ย
	น้ำหนัก (g)		ความชื้น	น้ำหนัก (g)		ความชื้น	น้ำหนัก (g)		ความชื้น	
	ก่อนอบ	หลังอบ		ก่อนอบ	หลังอบ		ก่อนอบ	หลังอบ		
ซิลิกา	50.0	46.1	8.5	50.0	46.2	8.2	50.0	46.1	8.5	8.4
ข้าวเปลือก	50.0	39.0	28.2	50.0	39.2	27.5	50.0	39.4	26.9	27.5

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ตารางที่ ข-6 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและความชื้นของแกลบและข้าวเปลือกระหว่างการทดลอง

t (h)	แกลบ			ข้าวเปลือก		
	W (g)	ΔW (g)	Md (% d.b.)	W (g)	ΔW (g)	Md (% d.b.)
0	8.4	0.0	3.9	50.0	0.0	25.0
1	8.7	0.3	4.7	49.7	0.3	24.6
2	8.8	0.5	7.3	49.5	0.5	23.2
4	9.2	0.6	8.3	49.3	0.7	22.4
8	9.2	0.7	9.4	49.1	0.9	22.3
15	9.3	0.9	10.7	48.8	1.2	22.0
26	9.3	1.0	10.8	48.1	1.9	21.9
42	9.4	1.1	11.0	48.1	1.9	21.7
64	9.4	1.1	11.2	48.0	2.0	21.4
93	9.5	1.2	12.0	48.0	2.0	21.0

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ตารางที่ ข-7 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและความชื้นของขี้เลื่อยและข้าวเปลือกระหว่างการทดลอง

t (h)	ขี้เลื่อย			ข้าวเปลือก		
	W (g)	ΔW (g)	Md (% d.b.)	W (g)	ΔW (g)	Md (% d.b.)
0	4.5	0.0	8.7	50.0	0.0	27.8
1	5.1	0.5	10.8	49.9	0.1	27.6
2	5.1	0.6	13.3	49.8	0.2	27.0
4	5.2	0.7	15.5	49.7	0.3	26.8
8	5.3	0.8	17.8	49.6	0.4	26.5
15	5.3	0.8	18.0	49.5	0.5	25.9
26	5.4	0.9	18.5	49.5	0.5	24.8
42	5.5	1.0	19.6	49.4	0.6	24.7
64	5.6	1.1	21.7	49.3	0.7	24.5
93	5.7	1.2	21.3	49.1	0.9	24.3

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ตารางที่ ข-8 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและความชื้นของซิลิกาเจลและข้าวเปลือกระหว่างการทดลอง

t (h)	ซิลิกาเจล			ข้าวเปลือก		
	W (g)	ΔW (g)	Md (% d.b.)	W (g)	ΔW (g)	Md (% d.b.)
0	46.7	0.0	8.4	50.0	0.0	27.5
1	47.9	1.1	10.1	48.8	1.2	27.0
2	48.4	1.6	12.3	48.5	1.5	26.7
4	48.6	2.0	13.8	47.9	2.1	26.5
8	50.1	3.3	16.9	46.8	3.2	25.9
15	51.1	4.4	17.6	45.6	4.4	24.7
26	52.3	5.6	20.1	44.5	5.5	22.1
42	53.6	7.1	23.7	42.9	7.1	20.3
64	55.5	8.9	27.5	41.2	8.8	17.8
93	56.7	10.1	29.8	40.1	9.9	15.2

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นางสาวนาปีซะ ดาโอ๊ะ

รหัสประจำตัว : 405113001

วัน เดือน ปีเกิด : 20 มกราคม 2533

กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี

โปรแกรม : วิทยาศาสตร์

คณะ : ครุศาสตร์

มหาวิทยาลัย : ราชภัฏยะลา

สถานที่ติดต่อ : บ้านเลขที่ 73/5 หมู่ที่ 3 ตำบล เนินงาม อำเภอ รามัน จังหวัด ยะลา รหัสไปรษณีย์ 95140 โทร 081-0936200

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นางสาวฮัฟซะห์ สะดียามู

รหัสประจำตัว : 405113052

วัน เดือน ปีเกิด : 9 กรกฎาคม 2532

กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี

โปรแกรม : วิทยาศาสตร์

คณะ : ครุศาสตร์

มหาวิทยาลัย : ราชภัฏยะลา

สถานที่ติดต่อ : บ้านเลขที่ 75/1 หมู่ที่ 2 ตำบล กาหลง อำเภอ ศรีสาคร จังหวัด นราธิวาส รหัสไปรษณีย์ 96210 โทร 087-2967013

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา