การพัฒนาชุดควบคุมวัสดุสำหรับอบแห้งที่อุณหภูมิสูงด้วยเทคนิคมัสท์โฟล
Development of Material Controller for High Temperature Drying with Must Flow Technique

ประชา บุณยวานิชกุล, มุสตาฟา ยะภา, มณฑล ชูโชนาค, วรสิทธิ์ ธัญญเจริญ*, ภัทรา ปฏิสนธิ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
63 หมู่ 7 ตำบลองครักษ์ อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120
*ติดต่อ: E-mail: patra.patisonthi@g.swu.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 061-3844655

บทคัดย่อ

เครื่องอบแห้งด้วยเทคนิคมัสท์โฟลเป็นเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นเพื่อไล่ความชื้นในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น ข้าว ข้าวโพด ไม้สับ ซึ่งเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลนั้นได้ถูกปรับปรุงและพัฒนาให้เหมาะสมกับวัสดุในการนำมาอบแห้ง เช่น การอบข้าวเปลือกจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบอยู่ที่ 80-100 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำเมื่อเทียบกับการอบไม้สับจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ 250-300 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง

การใช้เทคนิคมัสท์โฟลในการอบแห้งนั้น สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคือการควบคุมอากาศ เหตุผลที่จำเป็นต้องควบคุมอากาศเพราะภายในห้องอบมีความร้อนที่สูงบวกกับมีวัสดุที่สามารถเป็นเชื้อเพลิงได้อยู่ในห้องอบ ถ้ามีอากาศไหลเข้าไปมากเกินก็จะเกิดการเผาไหม้ทันทีและจะสร้างความเสียหายมาก ชุดควบคุมวัสดุนี้สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมการไหลของอากาศทั้งขาเข้าและขาออกของห้องอบ รูปแบบของชุดควบคุมการไหลของวัสดุนี้จะมีลักษณะเป็นโรตารี่วาว์ว ภายในห้องโรตารี่จะมีใบพัด 6 ใบ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องโรตารี่ 27 เซนติเมตร การทำงานของโรตารี่วาว์วจะขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 0.5 HP มีการควบคุมความเร็วรอบด้วยอินเวอร์เตอร์ ในการพัฒนาชุดควบคุมวัสดุสำหรับการอบแห้งนี้ได้มีการศึกษาออกแบบและใช้หลักการการคำนวนเพื่อที่จะให้สามารถใช้งานได้จริงและเหมาะสม

คำหลัก: เครื่องอบแห้ง , เทคนิคมัสท์โฟล , เครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟล

Abstract

Must Flow Dryer is a drying machine developed to dehumidify agricultural products such as rice, corn, woodchip. The Must Flow Dryer has been improved and developed to suit the drying conditions such as paddy drying. The optimum temperature for drying is 80-100°C, which is the low range temperature compare to woodchip, the optimum temperature is 250-300°C, which is quite high range temperature.

The use of Must Flow drying technique, the first thing to consider is air control. The reason for the need to control the air is because the inside of the drying chamber is high heat, plus there is a fuel that can be stored in the drying chamber. If there is too much air, it will burn immediately and will cause a lot of damage. This material control unit is built for the purpose of controlling the flow of

air both inward and outward of the drying chamber. The form of material flow control is rotary. Within the rotary chamber, there are 6 blades with a diameter of 27 cm rotary chamber. Rotary Works is powered by a 0.5 HP motor with variable speed control with an inverter. In the development of the material control unit for drying, we have studied, designed and used the calculation principle to make it practical and suitable.

Keywords: Dryer, Must Flow Technique, Must Flow Dryer.

1. บทนำ

ปัจจุบันในประเทศไทยรวมถึงประเทศอื่นๆ ทั่วโลกกำลังเผชิญสภาวะวิกฤตด้านพลังงาน เนื่องจากเชื้อเพลิงอื่นๆ มีราคาที่สูงขึ้นและใช้ต้นทุนสูงในการหาแหล่งพลังงาน จึงหันมาให้ความสำคัญกับเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก

เครื่องอบแห้งด้วยเทคนิคมัสท์โฟลเป็นเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นเพื่อไล่ความชื้นในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น ข้าว ข้าวโพด ไม้สับ เป็นต้น ซึ่งเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลนั้นได้ถูกปรับปรุงและพัฒนาให้เหมาะสมกับวัสดุในการนำมาอบแห้ง โดยได้ทำการสร้างขึ้นมา 2 ขนาด ดังนี้ 1.ขนาดเล็ก ใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบอยู่ที่ 80-100 องศาเซลเซียส ใช้ในการอบข้าวเปลือกเพื่อไล่ความชื้น 2.ขนาดใหญ่ ใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ 250-300 องศาเซลเซียส ใช้ในการอบไม้สับเพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งทั้ง 2 ขนาดใช้กระบวนการ Torrefaction

ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงแข็ง Torrefaction จะต้องใช้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 250-300 องศาเซลเซียส ซึ่งส่งผลให้คุณภาพของวัตถุดิบสำหรับการอัดเม็ดเป็น Torrefied pellet มีคุณภาพคงที่ จะส่งผลให้วัตถุดิบที่ได้มีคุณภาพตามเกณฑ์ อีกทั้งยังสามารถเปลี่ยนพันธะไฮโดรคาร์บอนในชีวมวลให้กลายเป็นสารเชื่อมประสานโดยกระบวนการ gelatinized ซึ่งส่วนใหญ่จะต้องควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 90-110 องศาเซลเซียส ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการให้ความร้อน ซึ่งจะช่วยเสริมให้กระบวนการอัดเม็ดให้เป็นไปได้อย่างมีคุณภาพมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนในส่วนของตัวเชื่อมประสานได้อีกทาง

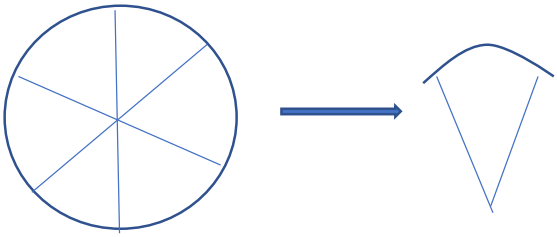
ที่ผ่านมาเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลใช้วิธีการป้อนเข้าแบบรวม ซึ่งมีวัตถุดิบเป็นข้าวเปลือกจะพบปัญหาเรื่องการป้อนเข้าไม่สม่ำเสมอและการควบคุมอากาศ แต่เป็นปัญหาที่เล็กน้อยและไม่ส่งผลต่อการผลิต แต่จะนำวิธีการป้อนแบบรวมมาใช้กับวัสดุ เช่น ไม้สับ เพื่อนำมาผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลลักษณะ Torrefaction มีข้อควรระวังคือ การป้อนเข้ามีอัตราไม่สม่ำเสมอและการควบคุมอากาศ จึงจำเป็นต้องสร้าง Rotary เพื่อควบคุมป้องกัน และทำให้การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลมีประสิทธิภาพ และได้กำหนดขนาดของ Rotary ตามการออกแบบตามกำลังการผลิตของเครื่อง

2. ทฤษฎี

2.1 หลักการทำงานของ Rotary Air Lock

คือระบบที่ใช้ควบคุมปริมาตรของวัตถุดิบชิ้นเล็กๆที่จะป้อนเข้าสู่เครื่องจักรและควบคุมอากาศในการไหลเข้าไปพร้อมกับวัตถุดิบได้สำหรับเครื่องจักรที่ต้องการควบคุมปริมาณของอากาศ เช่น เครื่องอบไล่ความชื้นที่มีอุณหภูมิสูงจึงต้องการให้อากาศเข้าไปน้อยที่สุด เพื่อป้องกันการเกิดการเผาให้ภายในห้องอบได้

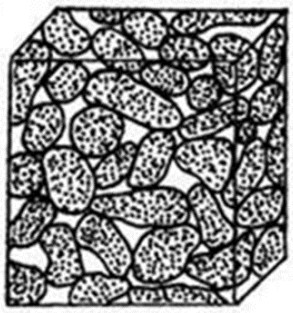
Rotary Air Lock ที่สร้างขึ้นมีจำนวน 6 ใบพัด แบ่งเป็น section ได้ 6 section โดยที่ 1 section มีปริมาตรประมาณ 1,470 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังรูปที่ 1 ซึ่งไม้สับจะมีค่า Bulk Density



รูปที่ 1 การแบ่ง Section Rotary Air Lock

2.2 ความหนาแน่นจำเพาะ (Bulk Density)

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของวัสดุเทกอง หรือ Bulk Material ซึ่งมักจะมีลักษณะเป็นผงเกล็ด และเมล็ด โดยสามารถวัดได้จากหน่วยของน้ำหนักต่อปริมาตร เช่น วัสดุที่มี Bulk Density = 250 kg/m^3 หมายถึง ในปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตรจะมีวัสดุบรรจุได้ 250 กิโลกรัม นั่นหมายถึงในส่วนของน้ำหนักที่เหลือ คือ อากาศหรือที่ว่างที่แทรกตัวอยู่ ซึ่งจะเห็นได้ว่า มีบรรจุอยู่ถึง 750 กิโลกรัม ถือได้ว่าวัสดุชนิดนี้ความฟูหรือเบาค่อนข้างมาก ดังนั้น การลำเลียงหรือการบรรจุวัสดุประเภทนี้ ต้องควบคุมการฟุ้งกระจายและการจัดเรียงตัวให้เหมาะสม เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดของการทำงาน



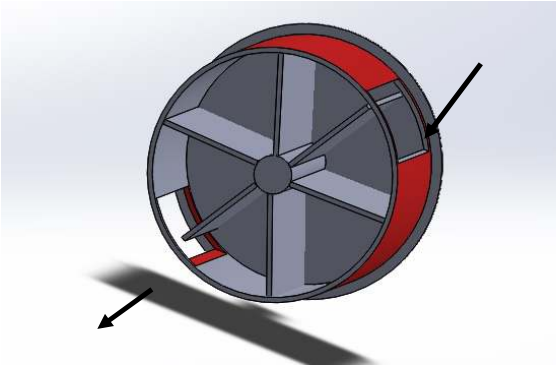
รูปที่ 2 ความหนาแน่นจำเพาะ (Bulk Density)

การหาค่า bulk density ทำได้โดยการบรรจุวัสดุลงไปในภาชนะที่ทราบปริมาตรเพื่อลดความผิดพลาด ควรใช้ภาชนะขนาดใหญ่พอสมควร เช่น ขนาด 1 ลิตร แล้วนำไปชั่ง ปาดหรือเกลี่ยผิวหน้าให้เรียบ ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการหา bulk density ได้แก่ความชื้น (moisture content) ของวัสดุ

ค่าไม้สับ 1 กิโลกรัม มีค่า Bulk Density 719.42 kg/m^3

2.3 การควบคุมอากาศส่วนเกิน

อากาศส่วนเกินที่ไม่ต้องการให้เข้าใน Reactor จะถูกควบคุมด้วย Rotary Air Lock เมื่อวัสดุไหลเข้าสู่ Rotary Air Lock ขณะที่ใบพัด rotary กำลังหมุนอยู่ด้วยความเร็วรอบที่เหมาะสม ทำให้ภายใน section แต่ละ section วัสดุอยู่แต่จะไม่เต็ม section ซึ่งจะมีปัญหาเรื่องการรั่วไหลของอากาศส่วนเกินเข้าสู่ Reactor จึงจำเป็นต้องมีการปรับความเร็วรอบให้เหมาะสมกับการไหลของวัสดุที่เข้าสู่ Rotary Air Lock โดยมีองศาทางเข้าและทางออกเป็นปัจจัยอีกอย่างหนึ่ง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภายในห้อง Rotary Air Lock

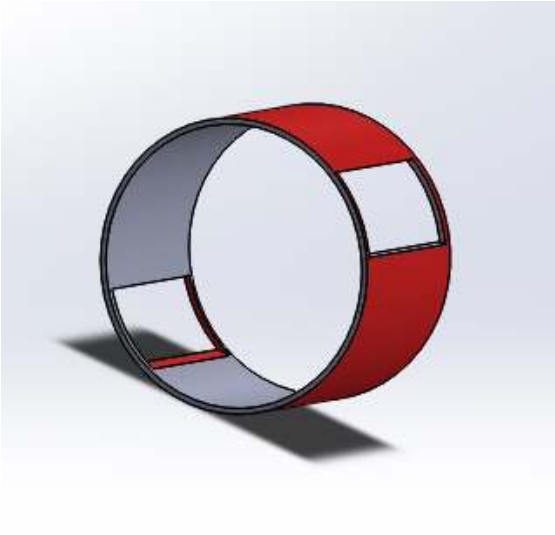
จะเห็นว่าใบพัดของ Rotary Air Lock ถูกกำหนดให้หมุนไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาวัสดุจะไหลเข้าแต่ละ sectionซึ่งวัสดุจะเข้าไปแทนที่อากาศและจะไหลออกที่ปากทางออกตามองศาที่ถูกกำหนดไว้

2.3 กำลังขับของ Rotary Air Lock

ใบพัดของRotary Air Lock นั้นมีการหมุน ซึ่งการขับเคลื่อนการหมุนของใบพัดถูกออกแบบให้ใช้ มอเตอร์ขนาด 0.5 HP 4 Pole รอบสูงสุด 1500 RPM 380 V ชุดควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์จะควบคุมด้วย Inverter เพื่อเป็นการควบคุมปริมาณของไม้สับที่จะป้อนเข้า Reactor จะต้องให้เป็นไปตามความต้องการของ Must Flow Chamber Bed

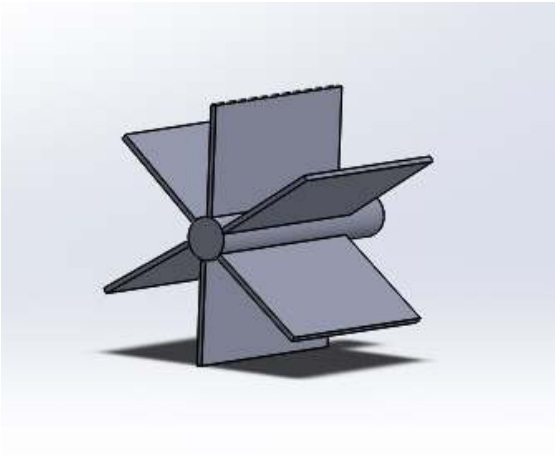
3. การออกแบบ

ตัวถังของ Rotary Air Lock ใช้เหล็กท่อความหนา 6 mm. ความกว้างหน้าตัด 25.5 cm. ความยาวท่อ 32 cm. ช่องทางเข้าออกมีขนาดเท่ากันคือ 20*28 cm. ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตัวถัง Rotary Air Lock

ใบพัดของ Rotary Air Lock มีจำนวน 6 ใบ ใช้เหล็กแผ่นขนาดหนา 6 mm. แต่ละใบมีขนาดเท่ากันคือ 10.5*31 cm ซึ่งติดกับเหล็กเพลากลมมีขนาดความกว้างหน้าตัด 3.8 cm. ความยาว 47 cm. ใบพัดแต่ละใบทำมุม 60 องศา ห่างกัน 2 cm. ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ใบพัดของ Rotary Air Lock

การประกอบตัวถังเข้ากับใบพัดใช้เหล็กแผ่นรูปวงกลมเจาะรูให้มีขนาดเท่ากับขนาดของเพลาและใส่แบริ่งชนิด Ball Bearing ได้ทำการยึดประกบเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 Rotary Air Lock ที่ประกอบเสร็จ

4. ผลการทดลอง

หลักการทำงานของ Torrefied Wood Chips คือ ไม้สับที่ผ่านกระบวนการ Torrifection ซึ่งเป็นการไล่ความชื้นจากเดิมที่ความชื้น 20-22 % ให้เหลือความชื้น 7-10 % โดยใช้เครื่อง Must Flow เป็นเครื่องจักรสำหรับอบไล่ความชื้น ซึ่งจะต้องไม่มีอากาศส่วนเกินเข้าใน Chamber เพื่อควบคุมให้การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลชนิด Torrefied Wood Chips ให้มีประสิทธิภาพ ดังที่ได้ทำการทดสอบ

ตารางที่ 1 บันทึกค่าปริมาณไม้สับ(kg) กับเวลา(min) ที่ 50 rpm

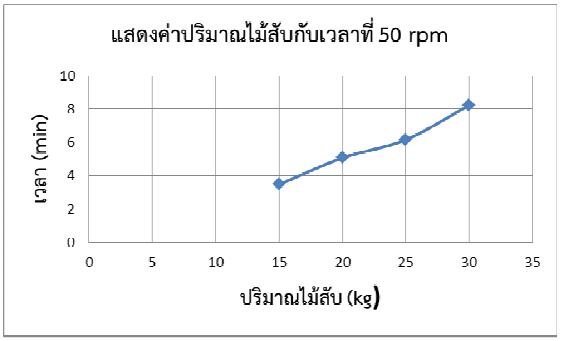
ต้นกำลัง (RPM)	ปริมาณไม้สับ (kg)	เวลา (min)
50	15	3.48
50	20	5.07
50	25	6.16
50	30	8.23

ตารางที่ 2 บันทึกค่าปริมาณไม้สับ(kg) กับเวลา(min) ที่ 100 rpm

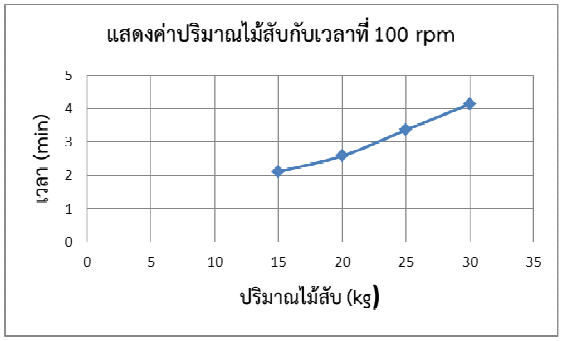
ต้นกำลัง (RPM)	ปริมาณไม้สับ (kg)	เวลา (min)
100	15	2.11
100	20	2.58
100	25	3.36
100	30	4.14

ตารางที่ 3 บันทึกค่าปริมาณไม้สับ(kg) กับเวลา(min) ที่ 150 rpm

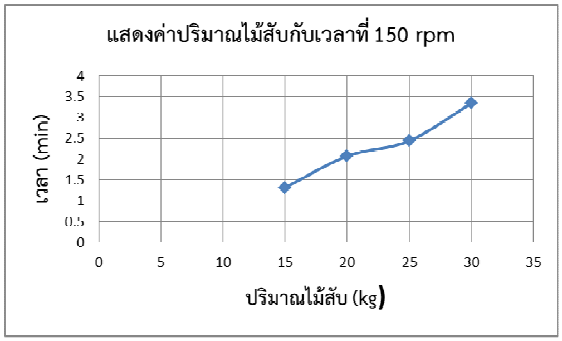
ต้นกำลัง (RPM)	ปริมาณไม้สับ (kg)	เวลา (min)
150	15	1.32
150	20	2.07
150	25	2.44
150	30	3.34



รูปที่ 7 แสดงค่าปริมาณไม้สับกับเวลาที่ 50 rpm



รูปที่ 8 แสดงค่าปริมาณไม้สับกับเวลาที่ 100 rpm



รูปที่ 9 แสดงค่าปริมาณไม้สับกับเวลาที่ 150 rpm

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบพบว่าความเร็วรอบที่ใช้เริ่มต้นจาก 50, 100, 150 รอบต่อนาทีตามลำดับ ใช้ไม้สับในการทดสอบ 15, 20, 25, 30 kg ตามลำดับ ซึ่งเวลาที่ใช้จะสอดคล้องกับความเร็วรอบ เมื่อเพิ่มความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจะใช้เวลาน้อยลงและใช้ปริมาณไม้สับเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบ แต่ถ้าความเร็วรอบสูงและปริมาณไม้สับน้อยจะเกิดการขาดวัสดุภายในแต่ละsection ซึ่งจะเกิดอากาศส่วนเกินเข้าใน Reactor ปัจจัยสำคัญในการปรับความเร็วรอบของ Rotary Air Lock ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่ขึ้นลงของเครื่อง Must Flow เป็นสำคัญ

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยทางวิศวกรรม เรื่อง การพัฒนาชุดควบคุมวัสดุสำหรับอบแห้งที่อุณหภูมิสูงด้วยเทคนิคมัสท์โฟล สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและช่วยเหลืออย่างสูงยิ่ง

จากอาจารย์ประชา บุณยวานิชกุล อาจารย์ที่ปรึกษา และมุสตาฟา ยะภา, มณฑล ชูโชนาค ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบแก้ไข ข้อบกพร่องทุกขั้นตอนของการจัดทำวิจัย คณะผู้จัดทำวิจัย ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ท้ายที่สุด คณะผู้จัดทำวิจัยหวังว่าการวิจัยทางวิศวกรรมฉบับนี้จะเป็นประโยชน์กับผู้สนใจไม่มากก็น้อย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] มุสตาฟา ยะภา (2537). *ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกที่ช่วงความชื้นสูงโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดอย่างต่อเนื่องชนิดอากาศไหลขวาง*, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[2] พิชญา เทวยุรัง.,มณฑล ชูโชนาค.และมุสตาฟา ยะภา (2557). ผลกระทบของความเร็วรอบของระยะยกห้องอบแห้งต่อความดันตกคร่อมในเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟล, *การประชุมวิชาการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวล*, เจ้าหลาวคาบาน่ารีสอร์ท จังหวัดจันทบุรี.

[3] พงศ์สถิตย์ ศรภักดี., มณฑล ชูโชนาค และมุสตาฟา ยะภา. (2558). การศึกษาอิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศร้อนที่มีผลต่อการอบแห้งข้าวเปลือกโดยเครื่องอบแห้งมัสท์โฟล, *การประชุมวิชาการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวล*, ฮอไรซันวิลเลจแอนด์รีสอร์ทและสวนพฤกษาศาสตร์ทวีชล จังหวัดเชียงใหม่.

[4] ณัฐพล มณีโชติและคณะ. “อิทธิพลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่อความดันและความเร็วของกระแสอากาศในเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟล”. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 27*. 16-18/ตุลาคม/2556.ชลบุรี: 251, (2556).

[5] พิรสิทธิ์ ทวยนาคและคณะ. “ผลกระทบของอัตราการไหลและอุณหภูมิของอากาศร้อนต่อการลดความชื้นข้าวเปลือก (กรณีศึกษาของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟล)”. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 27*. 16-18/ตุลาคม/2556. ชลบุรี: 243, (2556).