

อิทธิพลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่อความดันและความเร็วของกระแสอากาศใน เครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลว์

Influence of Height of Paddy Bed to Pressure and Velocity of Air Stream inside Must Flow Dryer

ณัฐพล มณีโชติ*, มุสตาฟา ยะกา, มณฑล ชูโซนาค, และประชา บุญยานิชกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
63 หมู่ที่ 7 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลองครักษ์ อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120
*ติดต่อ: E-mail: maneechot_3128@hotmail.com, โทรศัพท์: 090-4129059

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่อกระแสอากาศในห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลว์ (Must Flow Dryer) ซึ่งมีรูปแบบของแผ่นกระจายอากาศที่มีรูเปิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร โดยใช้พัดลมดูดอากาศขนาดกำลังขับ 2 แรงม้า ทำงานที่ความถี่ของมอเตอร์ 10-50 Hz เพื่อดูดอากาศผ่านชั้นข้าวเปลือกที่มีความหนาตั้งแต่ 1-10 เซนติเมตร จากการทดสอบพบว่าเมื่อความหนาของชั้นข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นทำให้ผลต่างของความดันระหว่างภายในห้องอบแห้งและห้องผสมอากาศจะมีค่าสูงขึ้น โดยที่ความดันภายในห้องอบแห้งจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นข้าวเปลือก แต่ความดันภายในห้องผสมอากาศจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ และความเร็วภายในห้องอบแห้งจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นข้าวเปลือก แต่ความเร็วภายในห้องผสมอากาศจะมีค่าลดลง

คำหลัก: เครื่องอบแห้งมัสท์โฟลว์, ความหนาชั้นข้าวเปลือก, ความดัน, ความเร็ว

Abstract

This research aim to study influence of Height of Paddy Bed to air stream inside drying chamber of Must Flow Dryer that using 2 mm of holes size of air distributor. Air Stream forced through paddy bed of different bed height varies from 1 to 10 cm by means of air blower that driven by 2 Hp motor and 10-50 Hz adjustable motor frequency. Experimental results show that, the higher paddy bed height given the higher difference pressure between drying chamber and hot air distributor. The pressure within drying chamber had decrease when increase paddy bed height while the pressure within hot air distributor had increase. The velocities within drying chamber had increase when higher paddy bed height but velocities within hot air distributor had decrease.

Keywords: Must Flow Dryer, Paddy Bed Height, Pressure, Velocity

1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมาตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน โดยประเทศไทยสามารถ

ปลูกข้าวได้ตลอดทั้งปีถ้ามีระบบชลประทานที่เพียงพอในพื้นที่ ข้าวนอกจากจะเป็นอาหารหลักของคนไทยแล้วยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย การเก็บรักษาข้าวเปลือกนั้นจำเป็นต้องมีการควบคุมความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เนื่องจากข้าวที่เก็บเกี่ยวมาจากท้องนา นั้นยังมีความชื้นสูง จึงต้องมีการลดความชื้นข้าวให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและจัดเก็บให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดเพื่อเป็นการรักษาคุณภาพของข้าวเปลือก หากความชื้นของข้าวเปลือกสูงเกินไปจะทำให้เมล็ดของข้าวเปลือกเน่าเสียได้ แต่ในทางกลับกันหากความชื้นของข้าวเปลือกต่ำเกินไปอาจทำให้สูญเสียน้ำหนักในเชิงพาณิชย์ และทำให้เมล็ดของข้าวเปลือกเกิดการแตกหักและเสื่อมคุณค่าทางอาหารได้

โดยปกติความชื้นของข้าวเปลือกขณะเก็บเกี่ยวจะอยู่ในช่วง 22-30 %wb ซึ่งการเก็บเกี่ยวข้าวเปลือกในช่วงความชื้นนี้ ทำให้ได้ข้าวเปลือกที่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ในอดีตเกษตรกรต้องนำข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวได้จากท้องนามาตากแดดเพื่อลดความชื้นก่อนนำไปเก็บรักษา ซึ่งมักจะประสบกับปัญหาต่างๆ เช่น สภาพดิน ฟ้า อากาศ และมีสัตว์มารบกวน พื้นที่ตากแห้งไม่เพียงพอ ทำให้ข้าวเปลือกเกิดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ เนื่องจากการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยการตากแห้งข้าวเปลือกในลานตากแห้งนั้นใช้เวลานาน

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือกเพื่อเพิ่มผลผลิตและรักษาคุณภาพของข้าวเปลือก ทำให้เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบต่างๆ ได้รับการพิจารณารูปแบบและประสิทธิภาพเพื่อนำมาใช้ในการลดความชื้นของข้าวเปลือกและเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกสามารถกำหนดอัตราการอบแห้งข้าวเปลือกได้ตามความต้องการโดยขึ้นอยู่กับผลผลิตของพื้นที่นั้นๆ ซึ่งใช้พื้นที่ในการอบแห้งที่น้อยกว่าและอัตราการลดความชื้นดีกว่าแบบลานตาก

การศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการลดปริมาณความชื้นของข้าวเปลือกที่มีค่าความชื้นเริ่มต้นสูง ที่ผ่านมามีและ พัฒนาการ

ออกแบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบการเคลื่อนที่ในแนวราบโดยใช้ลมร้อนในการอบแห้ง โดยการศึกษาทั้งเชิงทฤษฎีและทดลองเพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการลดปริมาณความชื้นข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบการเคลื่อนที่ในแนวราบหรือเรียกว่าเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งานจริงในเชิงอุตสาหกรรม พร้อมทั้งมีการเปรียบกับวิธีการลดความชื้นแบบอื่นเพื่อหาความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน ซึ่งผลการวิจัยต่างๆ มีดังต่อไปนี้ ในปี พ.ศ. 2536 อรอนงค์ ศรีพาทกุล [4] ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวเปลือกที่ช่วงความชื้นสูงด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดอย่างต่อเนื่อง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ควบคู่ไปกับผลการทดลอง ซึ่งจะพิจารณาที่อัตราการผลิตสูง ความสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ และข้าวที่ได้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดี จากผลการทดลองที่อุณหภูมิ 115 °C ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 30 %db เหลือความชื้นสุดท้าย 24 %db อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม 30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม 70% ความสูงของเบด 10 cm อัตราการไหลของอากาศจำเพาะ 0.043 kg/s-kg dry matter อัตราการหมุนเวียนอากาศกลับมาใช้ใหม่ 80% มีอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ใช้ระเหยน้ำต่ออัตราการผลิตต่ำสุดโดยจะสิ้นเปลืองพลังงานปรมาณูมี 7.9 MJ/ kg dry matter มีค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง 2.05 Baht/kg – water ในปี พ.ศ. 2537 มุสตาฟา ยะกา [5] ได้ศึกษาการออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกที่ช่วงความชื้นสูงโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดอย่างต่อเนื่องชนิดอากาศไหลขวาง โดยได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกที่มีกำลังผลิต 1 ton/hr เพื่อต้องการให้เป็นต้นแบบสำหรับอุตสาหกรรมในการสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดอย่างต่อเนื่องชนิดอากาศไหลขวาง จากการดำเนินการทดลองสมรรถนะของเครื่องอบแห้งนี้ สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกเริ่มต้นจาก 45 %db ให้เหลือความชื้นสุดท้าย 24 %db โดยกำหนดให้ข้าวเปลือกอยู่ในห้อง

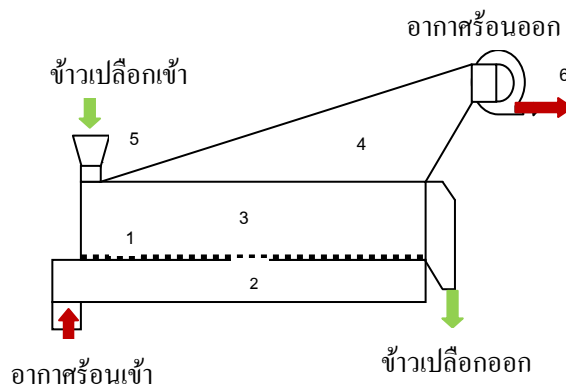
อบแห้งนาน 3 min อุณหภูมิในการอบแห้งข้าวเปลือกอยู่ในช่วง 100-120 °C ความสูงของข้าวเปลือก 11 cm อัตราการไหลของอากาศร้อน 0.86 m³/s ความเร็วของอากาศร้อนในห้องอบแห้งข้าวเปลือก 1.9 m/s อัตราการเวียนอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 66.7% ใช้กำลังไฟฟ้า 6,559 W ใช้เชื้อเพลิงดีเซลเฉลี่ย 5.73 L/hr มีความสิ้นเปลืองพลังงานปฏุมภูมิ 270 MJ/kg dry matter ที่ความสามารถในการระเหยน้ำได้ 140 kg-water/hr มีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 1.9 MJ/kg-water ในปี พ.ศ. 2555 มุस्ताฟา ยะภา และณัฐภูมิ ดุษฎี [6] ได้ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องอบแห้งลักษณะข้าวเปลือกเคลื่อนที่ในแนวราบ โดยอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงให้เคลื่อนที่ในแนวราบและมีลมร้อนไหลตัดขวาง โดยมีกำลังการผลิตอย่างต่อเนื่องขนาด 1 ton/hr ข้าวเปลือกมีความชื้นเริ่มต้น 23.75 %wb โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 80, 90, 100 °C ความเร็วของอากาศร้อนเฉลี่ย 5 m/s จะทำให้ข้าวเปลือกความชื้นสุดท้ายประมาณ 15.5 %wb ซึ่งสามารถจัดการสภาพของการเคลื่อนที่ข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงในห้องอบแห้งให้มีการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ

จากการศึกษาการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเครื่องอบแห้งที่นิยมใช้กันในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นเป็นเครื่องอบแห้งข้าวแบบฟลูอิดไดซ์เบดและสเปาเต็ตเบดซึ่งกำลังเป็นที่นิยม เนื่องจากสามารถอบแห้งข้าวเปลือกได้รวดเร็ว และคุณภาพของข้าวสารที่ได้หลังจากการอบแห้งก็อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในระดับอุตสาหกรรม ต้นแบบเครื่องอบแห้งลักษณะข้าวเปลือกเคลื่อนที่ต่อเนื่องในแนวราบที่มีลมร้อนไหลตัดขวางการทำงานของเครื่องอบแห้งจะมีพัดลมดูดอากาศร้อนอยู่ทางด้านทางออกของเครื่องและมีการขยับของห้องอบแห้งเป็นจังหวะและข้าวเปลือกก็จะเคลื่อนที่ไปในแนวราบพบว่าค่าความชื้นของข้าวเปลือกที่ได้หลังการอบแห้งนั้นมีความสม่ำเสมอกว่าเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด และสเปาเต็ตเบด

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์

โพลว์ (Must Flow Dryer) เพื่อศึกษาอิทธิพลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกที่มีต่อความดันและความเร็วของกระแสอากาศภายในห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งชนิดนี้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือกในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

2. การทดลอง



รูปที่ 1 ส่วนประกอบและผังการทำงานของเครื่องอบข้าวเปลือกแบบมัสท์โพลว์

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1. Distributer Plate | 2. Hot Air Distributer |
| 3. Drying Chamber | 4. Cover Chamber |
| 5. Paddy Hopper | 6. Blower |

การทำงานของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์โพลว์ เริ่มจากพัดลมดูดอากาศร้อนจากห้องเผาไหม้ที่ได้จากหัวแก๊สทางด้านล่างของห้องอบแห้งแบบสเปาเต็ตเบดที่มีห้องผสมอากาศเพื่อผสมอากาศร้อนกับอากาศภายนอกเข้าด้วยกัน และลมร้อนจะไหลผ่านชั้นของข้าวเปลือกที่ตกลงมาจาก Hopper ในแนวตั้งที่อยู่บนตะแกรงแบบระนาบ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนและมวลสาร พัดลมจะดูดอากาศร้อนและความชื้นออกไปจากห้องอบแห้ง ข้าวที่ตกลงมาจาก Hopper โดยอิสระด้วยแรงโน้มถ่วงโดยมีลมร้อนไหลผ่านข้าวเปลือกและข้าวเปลือกจะเคลื่อนที่ในแนวราบไปตามแผ่นตะแกรง เมล็ดข้าวเปลือกที่มีความชื้นต่ำก็จะกระโดดข้ามแผ่นกัน Weir กำหนดความสูงของ

เบตซึ่งพื้นที่อบแห้งนั้นจะมีขนาด 20x100 cm และสามารถปรับความสูงของแผ่นกัน Weir ได้ตามความเหมาะสมจาก 1-10 cm เพื่อให้เหมาะสมกับความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก

สำหรับเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัลติโฟลว์นี้เป็นการใช้วิธีการอบแห้งด้วยการถ่ายเทความร้อนและมวลความชื้นในห้องอบแห้งบนแผ่นตะแกรงแนวระนาบระหว่างลมร้อนและเมล็ดข้าวเปลือกด้วยการนำความร้อนและการพาความร้อนแบบบังคับ โดยควบคุมความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกด้วยความสูงของเบต โดยเมล็ดข้าวเปลือกที่อยู่อย่างหนาแน่นภายในห้องอบแห้งที่มีอากาศร้อนค่อยๆ ไหลผ่านช่องว่างของเมล็ดข้าวเปลือกขึ้นไปด้านบนเมื่อมีการขยับตัวของเมล็ดข้าวเปลือกในเครื่องอบแห้งจะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและมวลสารดีกว่าเครื่องอบแห้งที่มีอยู่ในท้องตลาดทั่วไป กล่าวคือเมื่อเมล็ดข้าวเปลือกมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอย่างสม่ำเสมอจะทำให้เกิดช่องว่างเมล็ดข้าวที่สม่ำเสมอและมีความพรุนสูง ทำให้พื้นที่สัมผัสในการถ่ายเทความร้อนและมวลสารเกิดขึ้นรอบเมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งทำให้ความเร็วผิวสัมผัสระหว่างอากาศกับเมล็ดข้าวเปลือกในห้องอบแห้งมีค่าสูง และทำให้มีอัตราการแลกเปลี่ยนมวลสารและความชื้นที่มีค่าสูงตามมา

ในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบอิทธิพลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่อความดันลดในห้องอบแห้งและความเร็วของกระแสอากาศ ด้วยการปรับความหนาของชั้นข้าวเปลือกตั้งแต่ 1-10 เซนติเมตร ที่ระดับความถี่ของต้นกำลังคงที่ที่ระดับต่างๆ ที่อยู่ระหว่าง 10-50 Hz

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ความเร็วตกอิสระของเม็ดของแข็งในของไหลที่อยู่นิ่ง (U_t) (อรอนงค์ ศรีพิพาทกุล, 2536 [4])

ในฟลูอิดไดเซชันนั้นมีความเร็วของของไหลอยู่ 2 ขอบเขตขอบเขตอันแรกคือความเร็วต่ำสุดของฟลูอิดไดเซชัน ขอบเขตที่สอง คือความเร็วของของไหลที่เพิ่มขึ้นจากความเร็วต่ำสุดจนกระทั่งทำให้เม็ดของแข็ง

หลุดลอย ความเร็วอันนี้มีขนาดเท่ากับความเร็วตกอิสระของของแข็ง สำหรับความเร็วของเม็ดของแข็งตกอย่างอิสระในของไหล คำนวณได้จากแรงสมดุลระหว่างแรงเสียดทานและแรงพยุง มีสมการดังนี้

$$U_t = [4gd_p(\rho_p - \rho_f)/(3\rho_f C_d)]^{0.5} \quad (1)$$

เมื่อ ค่า Reynolds number (Rep) $d_p \rho_f U_t / \mu$

C_d คือค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทาน

U_t คือความเร็วตกอิสระของอนุภาค, m/s

μ คือความหนืดของของไหล, kg/m-s

3.2 การหาความดันลดในห้องอบแห้ง (มุสตาฟา ยะภา, 2537 [5])

ในขณะที่เมล็ดข้าวเปลือกเริ่มลอยตัวเป็นอิสระนั้น เมล็ดข้าวเปลือกจะอยู่ในสภาวะสมดุลของแรง 2 แรง คือ แรงที่เกิดจากน้ำหนักของตัวเมล็ดข้าวเปลือกกับแรงพยุงจากข้าวเปลือกหรือเกิดจากแรงเสียดทานกับแรงต้านของของไหล ซึ่งพอจะเขียนเป็นสมการดังนี้

$$\Delta P = L_1(1 - \varepsilon)(\rho_p - \rho_a)g \quad (2)$$

เมื่อ ΔP คือความดันลดในห้องอบแห้ง, Pa

L_1 คือความสูงของชั้นข้าวเปลือก, m

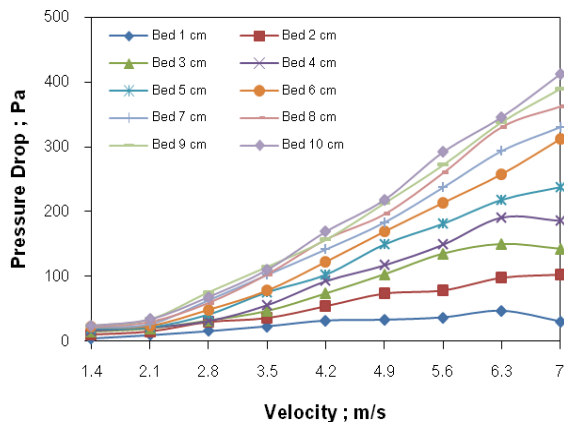
ρ_p คือความหนาแน่นของข้าวเปลือกขณะมีความชื้น, kg/m³

ρ_a คือความหนาแน่นของอากาศร้อน, kg/m³

ε คือความพรุนของกองข้าวเปลือก

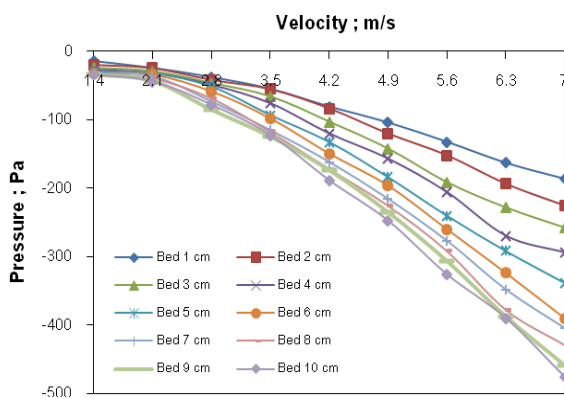
g คือค่าแรงโน้มถ่วงของโลก, m/s²

4. การวิเคราะห์และวิจารณ์ผล

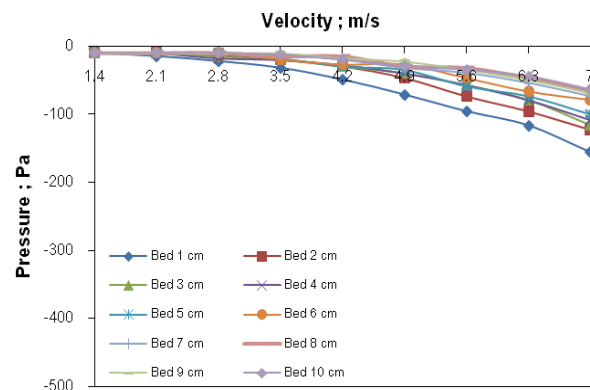


รูปที่ 1 อิทธิพลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่อความดันตกในห้องอบแห้งที่ระดับความเร็วของอากาศต่าง ๆ

รูปที่ 1 แสดงผลของความหนาชั้นข้าวเปลือกต่อค่าความดันตกภายในห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลว์ จากผลการทดลองพบว่าเมื่อความเร็วอากาศมีระดับเพิ่มขึ้น ค่าความดันตกก็จะมีขนาดเพิ่มขึ้นตามไปด้วยและจากกราฟยังพบว่าที่ระดับความเร็วอากาศต่ำ ๆ ค่าความดันตกจะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อความเร็วอากาศมีระดับมากขึ้นค่าความดันตกที่ความหนาของชั้นข้าวเปลือกต่าง ๆ จะมีค่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด และมีค่าเพิ่มขึ้นตามความหนาของชั้นข้าวเปลือก



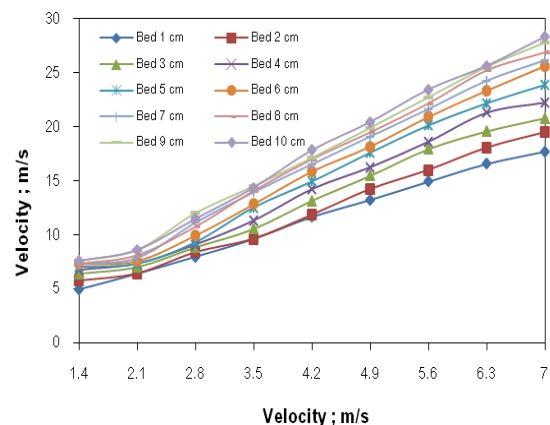
a. Drying Chamber



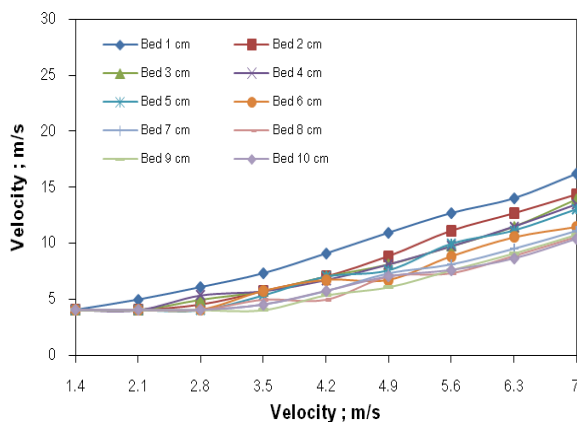
b. Hot Air Distributer

รูปที่ 2 แสดงอิทธิพลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกที่มีต่อความดันในห้องอบแห้งและห้องผสมอากาศของเครื่องอบแห้งแบบมัสท์โฟลว์ ที่ระดับความเร็วของอากาศต่าง ๆ

รูปที่ 2 แสดงผลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกที่มีต่อความดันในห้องอบแห้งและห้องผสมอากาศพบว่าค่าความดันของอากาศในห้องอบแห้งมีค่าลดต่ำลงเมื่อเพิ่มค่าความเร็วของอากาศให้สูงขึ้น จากรูป 2a แสดงให้เห็นว่าค่าความดันในห้องอบแห้งมีค่าลดต่ำลงกว่าความดันในห้องผสมอากาศ และพบว่าเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นข้าวเปลือกค่าความดันภายในห้องอบแห้งจะมีค่าลดต่ำลง และจากรูป 2b พบว่าเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นข้าวเปลือกค่าความดันภายในห้องผสมอากาศจะเพิ่มสูงขึ้น



a. Drying Chamber



b. Hot Air Distributer

รูปที่ 3 อิทธิพลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกที่มีผลต่อความเร็วของอากาศของห้องอบแห้งและห้องผสมอากาศที่ระดับความเร็วต่างๆ

รูปที่ 3 แสดงผลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกที่มีผลต่อความเร็วของกระแสอากาศของห้องอบแห้งและห้องผสมอากาศ โดยความเร็วในแกน X เป็นความเร็วต้น และในแกน y เป็นความเร็วตาม พบว่าความเร็วของกระแสอากาศมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มค่าความถี่ของพัดลมดูดอากาศ จากรูป 3a แสดงให้เห็นว่าความเร็วภายในห้องอบแห้งมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าความเร็วภายในห้องผสมอากาศ และพบว่าเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นข้าวเปลือกค่าความเร็วภายในห้องอบแห้งจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น จากรูป 3b พบว่าเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นข้าวเปลือกค่าความเร็วภายในห้องผสมอากาศจะลดต่ำลง

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนออิทธิพลของความหนาของชั้นข้าวเปลือกที่มีผลต่อความดันและความเร็วของกระแสอากาศภายในห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบมัลติโฟลว์ จากผลการทดลองพบว่าเมื่อความหนาของชั้นข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความดันลดระหว่างภายในห้องอบแห้งและห้องผสมอากาศมีค่าสูงขึ้น โดยที่ความดันภายในห้องอบแห้งจะมีค่าลดต่ำลงเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นข้าวเปลือก แต่ความดันภายในห้อง

ผสมอากาศจะมีค่าเพิ่มขึ้น และพบว่าความเร็วของกระแสอากาศภายในห้องอบแห้งมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นข้าวเปลือก แต่ความเร็วภายในห้องผสมอากาศจะมีค่าลดต่ำลง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2556 ผ่านสัญญารับทุนเลขที่ 448/2556 และขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพฯ และบริษัท มัสตะเอ็นจิเนียริง จำกัด ที่ได้สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

7. อักษรย่อและสัญลักษณ์

C_d	ค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทาน
G	ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก, (m/s ²)
h	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน, (W/m ² -oC)
k	สภาพการนำความร้อนของของไหล, (W/m-°C)
L	ความยาวห้องอบแห้ง, (m)
$\dot{m}_p$	อัตราการไหลของมวลต่อพื้นที่ของข้าวเปลือก, (kg/s)
$\dot{m}_f$	อัตราการไหลของมวลต่อพื้นที่ของอากาศชั้น, (kg/s)
ΔP	ความดันลดลงในห้องอบแห้ง, Pa
q	อัตราการถ่ายเทความร้อน, (W)
RH	ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ, (%)
T	อุณหภูมิของของไหล, (°C)
T_s	อุณหภูมิที่ผิวของเมล็ดของแข็ง, (°C)
T	อุณหภูมิกระแสของไหล, (°C)
U_t	ความเร็วตกอิสระของอนุภาค, m/s
u	ความหนืดของของไหล, kg/m-s
ρ_p	ความหนาแน่นของข้าวเปลือกขณะมีความชื้น, kg/m ³

ρ_a ความหนาแน่นของอากาศร้อน, kg/m^3

ε ความพรุนของกองข้าวเปลือก

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Broker D B; Bakker-Arkema F W; Hall C W. (1992). *Drying and Storage of Grains and Oilseeds*. AVI Book Publishing, New York
- [2] Bunyawanchakul P.; Walker G.H.; Sargison J.E.; Doe P.E.(2006). *Modelling and Simulation of Paddy Grain(Rice) Drying in a Simple Pneumatic Dryer*. PH-Postharvest Technology
- [3] สมชาติ โสภณธนฤทธิ์. (2535). *การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท*. พิมพ์ครั้งที่ 5, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [4] อรอนงค์ ศรีพาทกุล. (2536). *การอบแห้งข้าวเปลือกโดยวิธีฟลูอิดไชส์เบดอย่างต่อเนื่อง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [5] มุस्ताฟา ยะภา. (2537). *การออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบฟลูอิดไชส์เบดแบบต่อเนื่องขนาดต้นแบบสำหรับอุตสาหกรรม*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [6] มุस्ताฟา ยะภาและณัฐฉิ ดุษฎี. (2555) *ต้นแบบเครื่องอบแห้งลักษณะข้าวเปลือกเคลื่อนที่แนวราบ*. ประชุมวิชาการการถ่ายทอดผลงาน ความร้อน และมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 11. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดจันทบุรี.