

ผลกระทบของอัตราการไหลและอุณหภูมิของอากาศร้อนต่อการลดความชื้นข้าวเปลือก (กรณีศึกษาของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟล)

Influences of Flow Rate and Temperature of Hot Air to Moisture Content Reduction of Paddy (Case Study of Must Flow Dryer)

พิรสิทธิ์ ทวยนาค*, มณฑล ชูโซนาค, มุस्ताฟา ยะภา และประชา บุญยวนิชกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
63 หมู่ที่ 7 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลองครักษ์ อำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120
*ติดต่อ: E-mail: pirasit_me07@hotmail.com, โทรศัพท์: 087-2794815

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งหมายศึกษาผลกระทบของอัตราการไหลและระดับอุณหภูมิของอากาศร้อนที่มีต่อผลต่อการลดความชื้นของข้าวเปลือกสำหรับเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟล (Must Flow Dryer) โดยทดสอบการอบแห้งข้าวเปลือกซึ่งมีระดับความชื้นเริ่มต้นที่ 21-23 %wb. โดยใช้อัตราการไหลของอากาศตั้งแต่ 0.04, 0.05, 0.06 และ 0.07 m³/s และระดับอุณหภูมิของอากาศตั้งแต่ 80, 90 และ 100 °C จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่ระดับอัตราการไหลของอากาศร้อน 0.05 m³/s สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้งได้สูงกว่าที่ระดับอัตราการไหลของอากาศร้อน 0.04, 0.06 และ 0.07 m³/s และที่ระดับอุณหภูมิการอบแห้ง 100 °C สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกภายในห้องอบแห้งได้สูงกว่าที่ระดับอุณหภูมิ 90 และ 80 °C นอกจากนี้ยังพบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 100 °C ค่าความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งด้วยระดับอัตราการไหลของอากาศทั้งสี่ระดับมีค่าใกล้เคียงกันที่ประมาณ 18 %wb.

คำหลัก: เครื่องอบแห้งมัสท์โฟล, การอบแห้งข้าวเปลือก, อัตราการไหลอากาศ, อุณหภูมิอากาศ

Abstract

This research aims to study influences of flow rate and temperature of the hot air to moisture content reduction inside paddy grain for Must Flow Dryer. Drying Tests was conducted using paddy grain with initial moisture content of 21-23%wb using different level of the air flow rate from 0.04, 0.05, 0.06 and 0.07 m³/s and different level of the air temperature from 80, 90 to 100 °C Experimental results show that 0.05 m³/s of the air flow rate given the higher moisture content reduction of paddy than 0.04, 0.06 and 0.07 m³/s of air flow rate, while 100 °C of hot air temperature given the higher moisture content reduction of paddy than 80 and 90 °C of hot air temperature. It also found that at 100 °C of hot air temperature, the final moisture content of paddy dried at various level of air flow rate are nearly the same at about 18% wb.

Keywords: Must Flow Dryer, Paddy Dried, Air Flow Rate, Air Temperature

1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมาตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน โดยประเทศไทยสามารถปลูกข้าวได้ตลอดทั้งปีถ้าพื้นที่นั้นมีระบบชลประทานที่เพียงพอ ข้าวนอกจากจะเป็นอาหารหลักของคนไทยแล้ว ข้าวยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญแก่ประเทศไทยด้วย ซึ่งการจัดเก็บข้าวนั้นจำเป็นต้องมีการควบคุมความชื้นของข้าวเหมาะสม เพราะข้าวที่ได้มาจากท้องนาโดยส่วนใหญ่ยังมีความชื้นสูงอยู่ จึงต้องมีการค้นคว้าหาวิธีการลดความชื้นข้าวและจัดเก็บให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดเพื่อเป็นการรักษาคุณภาพของข้าว ถ้าความชื้นของข้าวเปลือกมีสูงเกินไป จะทำให้เมล็ดของข้าวเปลือกเน่าเสียได้ แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไปอาจทำให้สูญเสียน้ำหนักในเชิงพาณิชย์และทำให้เมล็ดของข้าวเปลือกเกิดการแตกหักและเสื่อมคุณค่าทางอาหารได้

โดยปกติความชื้นของข้าวเปลือกขณะเก็บเกี่ยวจะอยู่ในช่วง 22-30 %wb ซึ่งความชื้นของข้าวเปลือกในช่วงนี้ทำให้คุณภาพของข้าวเปลือกอยู่ในเกณฑ์ดี ในอดีตเกษตรกรต้องนำข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวได้จากท้องนามาตากแดดเพื่อลดความชื้นก่อนนำไปเก็บรักษา ซึ่งมักจะประสบกับปัญหาต่างๆ เช่น สภาพดินฟ้า อากาศ และมีสัตว์มารบกวน พื้นที่ตากแห้งไม่เพียงพอ ทำให้ข้าวเปลือกเกิดความสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ เนื่องจากการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยการตากแห้งข้าวเปลือกในลานตากแห้งนั้นใช้เวลานาน

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือกเพื่อเพิ่มผลผลิตและรักษาคุณภาพของข้าวเปลือก ทำให้เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบต่างๆ ได้รับการพิจารณารูปแบบและประสิทธิภาพเพื่อนำมาใช้ในการลดความชื้นของข้าวเปลือกและเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกสามารถกำหนดอัตราการอบแห้งข้าวเปลือกได้ตามความต้องการโดยขึ้นอยู่กับผลผลิตของพื้นที่นั้นๆ ซึ่งจะใช้พื้นที่ในการอบแห้งที่น้อยกว่าและอัตราการลดความชื้นดีกว่าแบบลานตาก

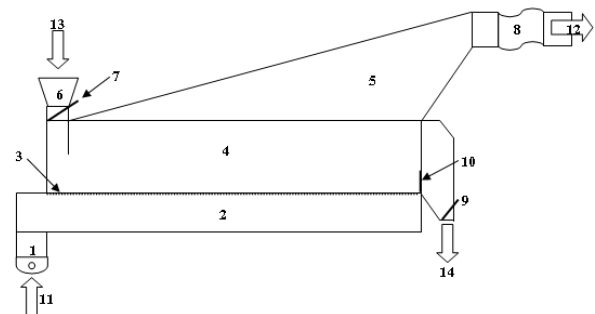
การศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการลดปริมาณลดความชื้นของข้าวเปลือกที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นสูง ที่ผ่านมามีและ พัฒนาการออกแบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบเคลื่อนที่ในแนวราบโดยใช้ลมร้อนในการอบแห้ง โดยได้ศึกษาทั้งเชิงทฤษฎีและทดลองเพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการลดปริมาณความชื้นแบบข้าวเปลือกเคลื่อนที่ในแนวราบหรือเรียกว่าเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งานจริงในเชิงอุตสาหกรรม พร้อมทั้งมีการเปรียบกับวิธีการลดความชื้นแบบอื่น เพื่อหาความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน ซึ่งผลการวิจัยต่างๆ มีดังต่อไปนี้ ในปี พ.ศ. 2536 อรอนงค์ ศรีพาทกุล[1] ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวเปลือกที่ช่วงความชื้นสูงด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เช่น้อยอย่างต่อเนื่อง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ควบคุมไปกับการทดลองซึ่งจะพิจารณาที่อัตราการผลิตสูง 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% มีอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ใช้ระเหยต่ำต่ออัตราการผลิตต่ำสุด โดยจะสิ้นเปลืองพลังงานปฏุมภูมิ 7.9 MJ/ kg dry matter มีค่าไ่วจ่ายในการอบแห้ง 2.05 Baht/kg – water ในปี พ.ศ. 2537 มุสตาฟา ยะกา[2] ได้ศึกษาการออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกที่ช่วงความชื้นสูงโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดอย่างต่อเนื่องชนิดอากาศไหลขวาง โดยได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกที่มีกำลังผลิต 1 ton/hr เพื่อต้องการให้เป็นต้นแบบสำหรับอุตสาหกรรมในการสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดอย่างต่อเนื่องชนิดอากาศไหลขวาง จากการดำเนินการทดลองสมรรถนะของเครื่องอบแห้งนี้

สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกเริ่มต้นจาก 45 %db ให้เหลือความชื้นสุดท้าย 24 %db โดยกำหนดให้ข้าวเปลือกอยู่ในห้องอบแห้งนาน 3 min อุณหภูมิในการอบแห้งข้าวเปลือกอยู่ในช่วง 100-120 °C ความสูงของข้าวเปลือก 11 cm อัตราการไหลของอากาศร้อน 0.86 m³/s ความเร็วของอากาศร้อนในห้องอบแห้งข้าวเปลือก 1.9 m/s อัตราการเวียนอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 66.7% ใช้กำลังไฟฟ้า 6.5 kW ใช้เชื้อเพลิงดีเซลเฉลี่ย 5.73 L/hr มีความสิ้นเปลืองพลังงานปฐมภูมิ 270 MJ/kg dry matter ที่ความสามารถในการระเหยน้ำได้ 140 kg-water/hr มีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 1.9 MJ/kg-water ในปี พ.ศ. 2555 มุस्ताฟา ยะกา และณัฐวุฒิ ดุษฎี[3] ได้ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องอบแห้งลักษณะข้าวเปลือกเคลื่อนที่ในแนวราบโดยอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงให้เคลื่อนที่ในแนวราบและมีลมร้อนไหลตัดขวาง โดยมีกำลังการผลิตอย่างต่อเนื่องขนาด 1 ton/hr ข้าวเปลือกมีความชื้นเริ่มต้น 23.75 %wb โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 80, 90, 100 °C ความเร็วของอากาศร้อนเฉลี่ย 5 m/s จะทำให้ข้าวเปลือกความชื้นสุดท้ายประมาณ 15.5 %wb ซึ่งสามารถจัดการสภาพของการเคลื่อนที่ข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงในห้องอบแห้งให้มีการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ

จากการศึกษาการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเครื่องอบแห้งที่นิยมใช้กันในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นเป็นเครื่องอบแห้งข้าวแบบฟลูอิดไธซ์เบตซึ่งกำลังเป็นที่นิยม อันเนื่องมาจากสามารถอบแห้งข้าวเปลือกได้รวดเร็ว และคุณภาพของข้าวสารที่ได้หลังจากการอบแห้งก็เป็นที่ยอมรับได้ในระดับอุตสาหกรรม โดยต่อมาได้มีการพัฒนาเครื่องอบแห้งลักษณะข้าวเปลือกเคลื่อนที่ต่อเนื่องในแนวราบที่มีลมร้อนไหลตัดขวางการทำงานของเครื่องอบแห้งจะมีพัดลมดูดอากาศร้อนอยู่ทางด้านทางออกของเครื่องและมีการขยับของห้องอบแห้งเป็นจังหวะและข้าวเปลือกก็จะเคลื่อนที่ไปในแนวราบพบว่าค่าความชื้นของข้าวเปลือกที่ได้หลังการอบแห้งนั้นมีความสม่ำเสมอกว่าเครื่องอบแห้งที่นิยมใช้อยู่ใน

ปัจจุบันที่มีลมร้อนไหลตัดขวาง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเชิงทดลองการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบ MUST FLOW เพื่อที่จะศึกษาอิทธิพลอัตราการไหลของอากาศร้อน และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งที่มีผลต่อความชื้นของข้าวเปลือกหลังการอบแห้ง เพื่อนำไปพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือกในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

2. การทดลอง



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องอบข้าวแบบ มัสท์โฟลว์ (Must Flow Dryer)

- | | |
|----------------------|--------------------------|
| 1. Heat Source | 2. Hot Air Distributer |
| 3. Distributer Plate | 4. Drying Chamber |
| 5. Cover Chamber | 6. Paddy Hopper |
| 7. Paddy Feed Port | 8. Flexible Tube |
| 9. Weir | 10. Paddy Discharge Port |
| 11. Air inlet | 12. Blower Suction |
| 13. Paddy inlet | 14. Paddy outlet |

หลักการการทำงานของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟล คือ พัดลมจะดูดอากาศร้อนจากห้องเผาไหม้ที่ได้จากหัวแก๊สทางด้านล่างของห้องอบแห้งแบบสลิเลียมผืนผ้าที่มีห้องผสมอากาศเพื่อผสมอากาศร้อนกับอากาศภายนอกเข้าด้วยกัน โดยมีการควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ทางออกของอากาศ และมีการควบคุมอุณหภูมิในการอบแห้งที่ภายในห้องผสมอากาศ จากนั้นลมร้อนจะไหลผ่านชั้นของข้าวเปลือกที่ตกลงมาจาก Hopper ในแนวตั้งที่อยู่บนตะแกรงแบบระนาบ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนและมวลสาร พัดลมจะดูดอากาศร้อนและความชื้นออกไปจาก

ห้องอบแห้ง ข้าวที่ตกลงมาจาก Hopper โดยอิสระ ด้วยแรงโน้มถ่วงโดยมีลมร้อนไหลผ่านข้าวเปลือกและข้าวเปลือกจะเคลื่อนที่ในแนวราบไปตามแผ่นตะแกรง เมล็ดข้าวเปลือกที่มีความชื้นต่ำก็จะกระโดดข้ามแผ่นกัน Weir และตกลงไปที่ทางออกของห้องอบแห้ง สำหรับเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมีสโพลนี้จะใช้วิธีการอบแห้งด้วยการถ่ายเทความร้อนและมวล ความชื้นในห้องอบแห้งบนแผ่นตะแกรงแนวระนาบ ระหว่างลมร้อนและเมล็ดข้าวเปลือกโดยวิธีการพาแบบ บังคับและการนำความร้อน โดยเมล็ดข้าวเปลือกจะอยู่ อย่างหนาแน่นภายในห้องอบแห้งแล้วอากาศร้อนจะค่อยๆ ผ่านช่องว่างของเมล็ดข้าวเปลือกขึ้นไปด้านบน ลักษณะการขยับตัวของเมล็ดข้าวเปลือกในเครื่องอบแห้งจะดีกว่าเครื่องอบแห้งที่มีอยู่ในท้องตลาดทั่วไป คือเมล็ดข้าวเปลือกจะเดินหน้าเสมอ ช่องว่างเมล็ดข้าว จะสม่ำเสมอมีความพรุนสูงทำให้พื้นที่สัมผัสในการ ถ่ายเทความร้อนและความชื้นเกิดขึ้นรอบเมล็ด ข้าวเปลือกความเร็วผิวสัมผัสระหว่างอากาศกับเมล็ด ข้าวเปลือกในห้องอบแห้งมีค่าสูงซึ่งทำให้อัตราการลด ความชื้นมีค่าสูงตามด้วย

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ความชื้น

ปริมาณความชื้นของเมล็ดพืชประกอบไปด้วย ปริมาณความชื้นภายนอกเมล็ดและปริมาณความชื้น ภายในเมล็ด การหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาณความชื้น ทำได้โดยการย่อยเมล็ดพืชให้มีขนาดเล็กลงและทำการลดปริมาณความชื้นเมล็ดด้วยความร้อนจนกระทั่ง เมล็ดพืชแห้ง ปริมาณน้ำหนักที่หายไปก็คือค่าปริมาณ ความชื้นของเมล็ดพืชนั้น วิธีการลดปริมาณความชื้น ด้วยความร้อนในเมล็ดพืชแต่ละชนิดจะมีวิธีการและ มาตรฐานที่ต่างกัน เปอร์เซ็นต์ความชื้นมี 2 แบบคือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก (%wb) และ เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db)

$$M_w = \frac{w-d}{w}(100\%)(\%wb) \quad (1)$$

$$M_d = \frac{w-d}{d}(100\%)(\%db) \quad (2)$$

เมื่อ w = น้ำหนักเปียก

d = น้ำหนักแห้ง

M = ปริมาณความชื้น

3.2 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนและมวล(สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, 2535)[4]

ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

ปริมาณการถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิถ้าของไหลที่บริเวณขอบเขตนั้นมีอุณหภูมิสูงกว่าผิวของเมล็ดของแข็ง ความร้อนจะถ่ายเทจากบริเวณขอบเขตสู่บริเวณผิวของเมล็ดของแข็ง การถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวของของแข็งเป็นแบบการนำความร้อน ซึ่งเป็นไปตามกฎของ Fourier คือ

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \quad (3)$$

เมื่อ q = อัตราการถ่ายเทความร้อน

k = สภาพการนำความร้อนของของไหล

T = อุณหภูมิของของไหล

การถ่ายเทความร้อนที่เป็นการถ่ายเทแบบบังคับระหว่างขอบเขตจำกัดกับกระแสของไหล มักเขียนเป็นสมการทั่วไปของระบบที่ความร้อนจากของแข็งถูกพาไปในกระแสของไหลได้ว่า

$$q = hA(T_\infty - T_s) \quad (4)$$

เมื่อ h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน

T_s = อุณหภูมิที่ผิวของเมล็ดของแข็ง

T_∞ = อุณหภูมิกระแสของไหล

ทฤษฎีการถ่ายเทมวล

ปริมาณการถ่ายเทมวลนั้นย่อมขึ้นอยู่กับความต่างศักย์ของความเข้มข้นของสารที่ได้มีมวลมากกว่าก็จะกระจายไปหรือเดินทางไปยังที่ความเข้มข้นมากกว่า ซึ่งจากกฎของการอนุรักษ์มวลสามารถเขียนเป็นสมการได้ (Broker et al. 1992)[5]

$$\dot{m}_p = \frac{dM}{dL} = \dot{m}_f \frac{d(RH)}{dL} \quad (5)$$

เมื่อ $\dot{m}_p$ = อัตราการไหลของมวลต่อพื้นที่ของ
ข้าวเปลือก

$\dot{m}_f$ = อัตราการไหลของมวลต่อพื้นที่ของ
อากาศชื้น

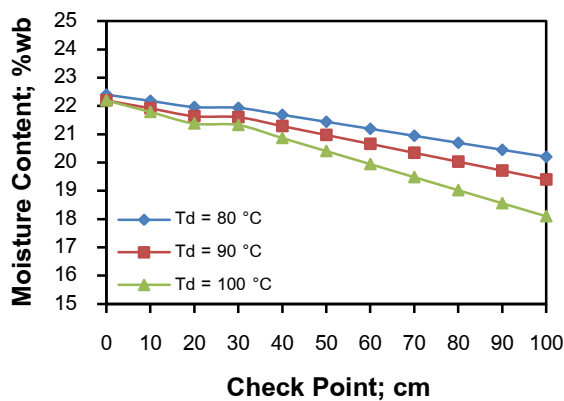
M = ปริมาณความชื้น

RH = ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

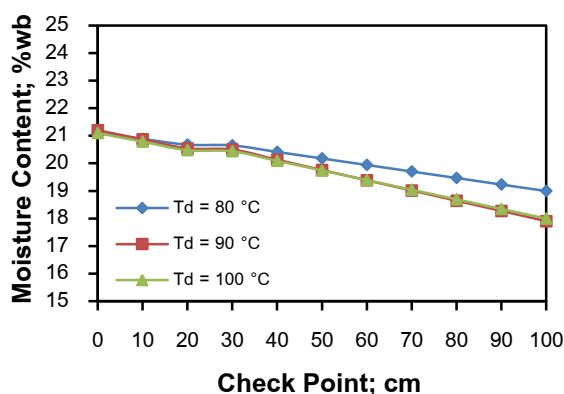
L = ความยาวห้องอบแห้ง

4. การวิเคราะห์ผลและวิจารณ์ผล

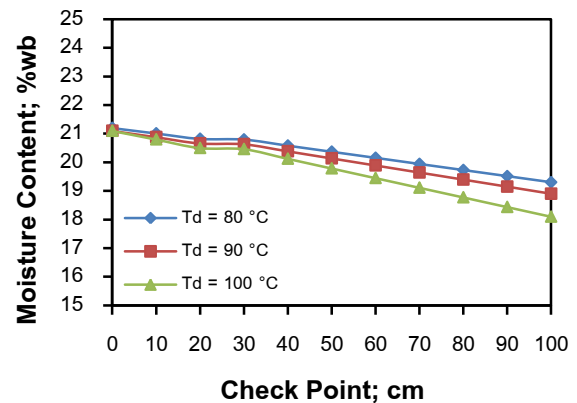
จากการทดลองที่สภาวะต่าง ๆ แล้วนำผลที่ได้มา
วิเคราะห์เปรียบเทียบจะได้กราฟดังต่อไปนี้



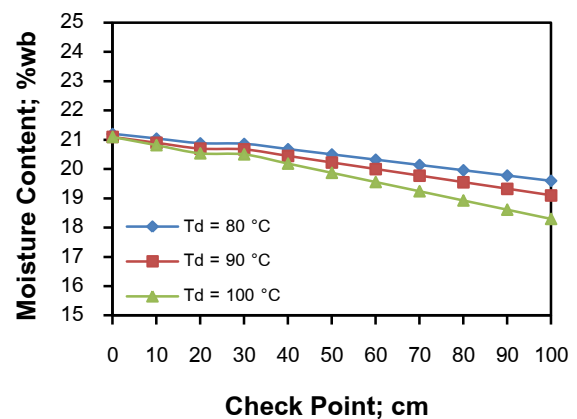
(ก) อัตราการไหลอากาศร้อน 0.04 m³/s



(ข) อัตราการไหลอากาศร้อน 0.05 m³/s



(ค) อัตราการไหลอากาศร้อน 0.06 m³/s



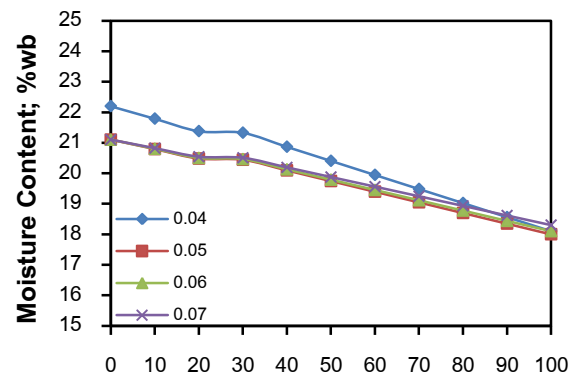
(ง) อัตราการไหลอากาศร้อน 0.07 m³/s

รูปที่ 2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้น
ข้าวเปลือก ณ ตำแหน่งต่างๆ ของห้องอบแห้ง
แบบมัลติโฟลที่อัตราการไหลต่างๆ ของอากาศร้อน

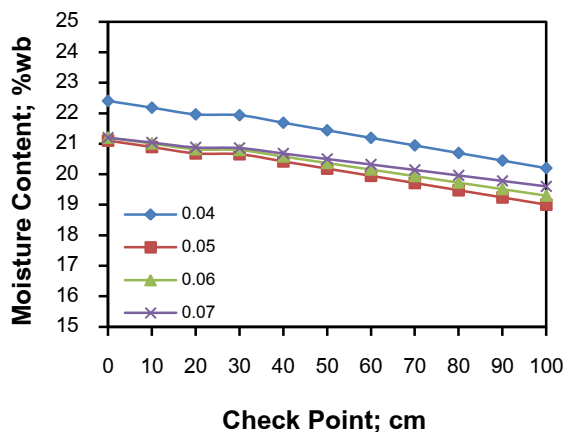
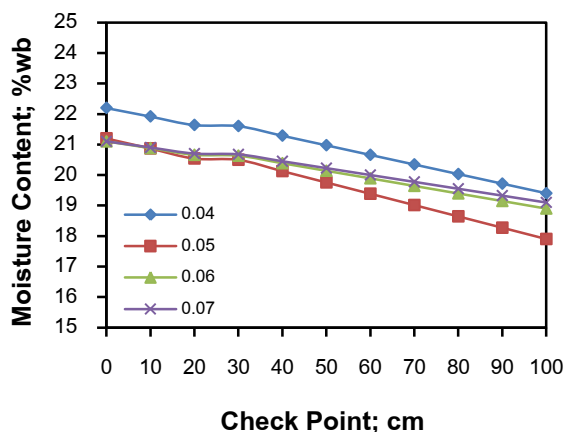
รูปที่ 2 เป็นกราฟแสดงอิทธิพลของอุณหภูมิ
อบแห้งที่ใช้ในการลดความชื้นข้าวเปลือก ณ ตำแหน่ง
ต่างๆ ของห้องอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิอบแห้ง 80, 90
และ 100 °C ในช่วงความยาวของห้องอบแห้ง 100
cm พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวเปลือกมีการ
ลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะการเคลื่อนที่ในห้อง
อบแห้ง โดยในช่วงระยะเริ่มต้นข้าวเปลือกจะได้รับ
พลังงานความร้อนและมีการเคลื่อนที่ของข้าวเปลือก
ในแนวราบบนแผ่นกระจายอากาศ ทำให้เกิดการ
ถ่ายเทความร้อนและมวลสารขึ้นตลอดการอบแห้ง
โดยพบว่าที่ระดับอุณหภูมิอบแห้ง 100 °C สามารถลด

ความชื้นของข้าวเปลือกจนเหลือความชื้นสุดท้าย 18 %wb จากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 21-23 %wb

นอกจากนี้ผลการทดลองอบแห้งที่ทุกระดับของอัตราการไหลของอากาศตั้งแต่ 0.04 0.05 0.06 และ 0.07 m^3/s แสดงให้เห็นว่าที่ระดับอุณหภูมิอบแห้ง 100 $^{\circ}\text{C}$ สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้มากกว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 90 และ 80 $^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิที่สูงกว่าทำให้สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกได้ในปริมาณมากกว่าที่ทุกระดับของอัตราการไหลของอากาศ



Check Point; cm

(ค) อุณหภูมิอบแห้ง 100 $^{\circ}\text{C}$ (ก) อุณหภูมิอบแห้ง 80 $^{\circ}\text{C}$ (ข) อุณหภูมิอบแห้ง 90 $^{\circ}\text{C}$

รูปที่ 3 อิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าวเปลือก ณ ตำแหน่งต่างๆ ของห้องอบแห้งแบบมัลติโฟลที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ ของอากาศร้อน

รูปที่ 3 เป็นกราฟแสดงอิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศร้อนที่ใช้ในการลดความชื้นข้าวเปลือก ณ ตำแหน่งต่างๆ ของห้องอบแห้ง โดยใช้อัตราการไหลของอากาศร้อน 0.04, 0.05, 0.06 และ 0.07 m^3/s ในช่วงความยาวของห้องอบแห้ง 100 cm จากผลการทดลองพบว่าความชื้นของข้าวเปลือกลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงระยะเริ่มต้นของการอบแห้ง ข้าวเปลือกจะได้รับความร้อนและมีการเคลื่อนที่ในแนวราบบนแผ่นกระจายอากาศ ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและมวลขึ้นตลอดการอบแห้ง โดยพบว่าที่ระดับอัตราการไหลของอากาศร้อน 0.05 m^3/s สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกให้เหลือความชื้นสุดท้าย ที่ระดับ 18 %wb จากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 21-23 %wb โดยที่ระดับอัตราการไหลดังกล่าวสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้มากกว่าที่อัตราการไหลของอากาศร้อน 0.04, 0.06 และ 0.07 m^3/s เนื่องจากอิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศร้อนที่ใช้ในการอบแห้งมีผลต่อการลดความชื้นของข้าวเปลือก นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าที่ระดับอุณหภูมิอบแห้ง 100 $^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสุดท้ายของเมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านการ

อบแห้งจะมีค่าใกล้เคียงกัน ที่ทุกๆ ระดับของอัตราการไหลของอากาศร้อน ซึ่งสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 21-23 %wb ให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 18 %wb

5. สรุป

ผลการศึกษาอัตราการไหลของอากาศร้อนสำหรับเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบมัสท์โฟลว์ (Must Flow) เพื่อศึกษาอิทธิพลอัตราการไหลของ อากาศร้อนและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งที่มีผลต่อความชื้นของข้าวเปลือกหลังการอบแห้งพบว่าที่ระยะต่างๆ บนแผ่นกระจายอากาศภายในห้องอบแห้งค่าความชื้นของข้าวเปลือกลดลงอย่างต่อเนื่องโดยในระยะเริ่มต้นข้าวเปลือกจะได้รับพลังงานความร้อนและมีการเคลื่อนที่ของข้าวเปลือกในแนวราบบนแผ่นกระจายอากาศ ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและมวลสารขึ้นตลอดการอบแห้ง โดยที่ระดับอุณหภูมิอบแห้ง 100 °C สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้มากกว่าที่ระดับอุณหภูมิอบแห้ง 90 และ 80 °C และที่ระดับอัตราการไหลของอากาศร้อน 0.05 m³/s สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้ดีกว่าที่ระดับอัตราการไหลของอากาศร้อน 0.04, 0.06 และ 0.07 m³/s นอกจากนี้ยังพบว่าการอบแห้งข้าวเปลือกระดับอุณหภูมิอบแห้ง 100 °C ที่ทุกๆ ระดับอัตราการไหลของอากาศร้อน จะให้ค่าความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกที่ใกล้เคียงกันที่ระดับความชื้น 18 %wb จากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 21-23 %wb

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประจำปี 2556 ผ่านสัญญารับทุนเลขที่ 447/2556 และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ และ

บริษัท มัสเตเอ็นจิเนียริง จำกัด ที่ได้สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

7. อักษรย่อและสัญลักษณ์

- d น้ำหนักแห้ง, (kg)
- h สัมประสิทธิ์การพาความร้อน, (W/m² - °C)
- k สภาพการนำความร้อนของของไหล, (W/m - °C)
- L ความยาวห้องอบแห้ง, (m)
- M ปริมาณความชื้น, (%)
- Mw ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก, (%wb)
- Md ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง, (%db)
- $\dot{m}_p$ อัตราการไหลของมวลต่อพื้นที่ของข้าวเปลือก, (kg/s)
- $\dot{m}_f$ อัตราการไหลของมวลต่อพื้นที่ของอากาศชื้น, (kg/s)
- q อัตราการถ่ายเทความร้อน, (W)
- RH ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ, (%)
- T อุณหภูมิของของไหล, (°C)
- Ts อุณหภูมิที่ผิวของเมล็ดของแข็ง, (°C)
- T_∞ อุณหภูมิกระแสของไหล, (°C)
- w น้ำหนักเปียก (kg)

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] อรอนงค์ ศรีพวาทุกุล. (2536). การอบแห้งข้าวเปลือกโดยวิธีฟลูอิดไธซ์เบดอย่างต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [2] มุस्ताฟา ยะภา. (2537). การออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบฟลูอิดไธซ์เบดแบบต่อเนื่องขนาดต้นแบบสำหรับอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[3] มุสตาฟา ยะภาและณัฐภูมิ ดุษฎี. (2555) *ต้นแบบเครื่องอบแห้งลักษณะข้าวเปลือกเคลื่อนที่แนวราบ*. ประชุมวิชาการการถ่ายเทพลังงาน ความร้อน และมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 11. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดจันทบุรี.

[4] สมชาติ โสภณธนฤทธิ์. (2535). *การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท*. พิมพ์ครั้งที่ 5,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[5] Broker D B; Bakker-Arkema F W; Hall C W. (1992). *Drying and Storage of Grains and Oilseeds*. AVI Book Publishing, New York

[6] Bunyawachakul 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