

บทคัดย่อ

1. รหัสโครงการ : TRG4580085
2. ชื่อโครงการ : การอบแห้งเมล็ดพืชโดยเทคนิคสเปาเต็ดเบดที่สามารถควบคุมอัตราการไหลของอากาศในดาวนคัมเมอร์ได้
3. ชื่อนักวิจัย :

| | |
|------------------------------|------------------------------|
| คณะผู้วิจัย | สังกัด |
| 3.1. ดร.ฐานิตย์ เมธิยานนท์ | ม.เทคโนโลยีมหานคร |
| 3.2. ศ.ดร.สมชาติ โสภณธนฤทธิ์ | ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
4. Email Address : thanid_m@yahoo.com , somchart.sop@kmutt.ac.th
5. ระยะเวลาโครงการ : 1 กรกฎาคม 2545 – 30 มิถุนายน 2547
6. เนื้อหางานวิจัย :
 - 6.1. วัตถุประสงค์
 - 6.1.1. ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งสเปาเต็ดเบดสำหรับห้องปฏิบัติการโดยสามารถควบคุมอัตราการไหลที่เข้าสู่ดาวนคัมเมอร์ได้
 - 6.1.2. ศึกษาผลกระทบของอัตราการไหลของอากาศในบริเวณดาวนคัมเมอร์ต่ออัตราการอบแห้ง และคุณภาพข้าวเปลือกหลังการอบแห้ง
 - 6.1.3. หาสูตรวิธีที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคสเปาเต็ดเบด
 - 6.1.4. เปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเครื่องอบแห้งสเปาเต็ดเบดกับเครื่องอบแห้ง ฟลูอิดไสบีด
 - 6.2. ระเบียบวิธีวิจัย

ในการทดลองใช้ข้าวเปลือกเป็นวัสดุอบแห้ง เครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบดแบบสองมิติซึ่งใช้การอบแห้งแบบงวดพร้อมอุปกรณ์อื่นๆ แสดงในรูปที่ 1 ส่วนบนของเครื่องอบแห้งประกอบด้วยผนังในแนวดิ่งและส่วนล่างจะประกอบด้วยผนังในแนวลาดเอียง โดยด้านหน้าของห้องอบจะเป็นกระจกใสทนความร้อนเพื่อให้มองเห็นลักษณะการเคลื่อนตัวของเมล็ดพืชได้ ผนังเอียงทำมุม 60° กับแนวราบ ช่องอากาศเข้าด้านล่างของเครื่องอบมีขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 30 mm x 84 mm ทางด้านล่างของเครื่องอบแห้งจะมีทางเข้าของอากาศอยู่สามช่องคือ 1) ช่องเข้าอากาศตรงกลางสำหรับจ่ายอากาศเข้าสเปาต์ 2) และ 3) เป็นท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1" สำหรับจ่ายอากาศให้ดาวนคัมเมอร์ทั้งสองด้าน การทำความร้อนให้อากาศใช้ชุดควบคุมไฟฟ้าจำนวน 6 ชุด โดยมีกำลังไฟฟ้าชุดละ 1.5 kW (รวมเท่ากับ 9 kW) การควบคุมอุณหภูมิใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิแบบ P.I.D. สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง $\pm 1^\circ\text{C}$

จากค่าที่ตั้งไว้ การบันทึกอุณหภูมิใช้ data logger และ temperature indicator มีขีดความถูกต้อง $\pm 1^{\circ}\text{C}$ สำหรับการควบคุมอัตราการไหลของอากาศก่อนเข้าห้องอบแห้งซึ่งมีอุณหภูมิสูงใช้ orifice meter ร่วมกับวาล์ว และสำหรับอากาศที่ออกจากห้องอบแห้งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 90°C จะวัดความเร็วอากาศด้วย hot wire anemometer มีความละเอียด $\pm 0.3\text{ m/s}$ ถ้าสูงกว่า 90°C ใช้ Pitot – static tube ร่วมกับ U – tube manometer ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลมใช้เครื่องปรับความเร็วรอบ (frequency inverter) การหาความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกใช้วิธีชั่งน้ำหนักร่วมกับการให้ความร้อนในตู้อบที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 72 h สำหรับเครื่องชั่งน้ำหนักที่ใช้เป็นเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความละเอียด $\pm 0.0001\text{ g}$ ชั่งน้ำหนักได้สูงสุด 200 g สำหรับการหาปริมาณข้าวต้นเป็นไปตามมาตรฐานของสถาบันวิจัยข้าวและความขาวของข้าวใช้ kettmeter โดยในทุกเงื่อนไขการทดลองจะใช้ข้าวเปลือกจำนวน 6 kg โดยเมื่อใส่ลงในห้องอบแห้งแล้วจะได้ความสูงเบดประมาณ 0.72 m

6.3. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองพบว่าการถ่ายเทมวลหรือความชื้นไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในบริเวณสเปาต์เท่านั้น แต่ขึ้นในบริเวณดาวน์คัมเมอร์ด้วยที่เปอร์เซ็นต์ของอากาศที่ไหลเข้าดาวน์คัมเมอร์ 20% และ 30% การที่ความชื้นและอุณหภูมิของข้าวเปลือกลดลงขณะที่เคลื่อนตัวในดาวน์คัมเมอร์เป็นผลมาจากปรากฏการณ์ evaporative cooling การเปลี่ยนแปลงความชื้นและเวลาพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้น อัตราการไหลของอากาศในดาวน์คัมเมอร์และอุณหภูมิอบแห้งมีผลอย่างมากต่อการลดลงของความชื้นข้าวเปลือกโดยเฉพาะที่ 30% และ 150°C อุณหภูมิอบแห้ง ปริมาณอากาศที่ไหลเข้าดาวน์คัมเมอร์และความชื้นเริ่มต้นส่งผลโดยตรงต่อค่าปริมาณข้าวต้น (HRY) และความชื้นวิกฤต ความแตกต่างระหว่างค่าความชื้นเริ่มต้นและความชื้นวิกฤตที่ปริมาณข้าวต้นสัมพัทธ์ $100\pm 5\%$ มีค่าอยู่ระหว่าง 4.5-8.0 % d.b. โดยขึ้นอยู่กับการอบแห้ง ค่าความแตกต่างนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นเริ่มต้นสูงขึ้นและจะลดลงเมื่ออุณหภูมิอบแห้งและปริมาณอากาศที่ไหลเข้าดาวน์คัมเมอร์มีค่าสูงขึ้น ในด้านของอุตสาหกรรมโรงสีข้าว จากผลการทดลองของค่าปริมาณข้าวต้นทำให้สรุปได้ว่าการจัดการกับการอบแห้งข้าวเปลือกขึ้นควรแบ่งการอบแห้งออกเป็นสองขั้นตอนซึ่งจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมและให้ผลลัพธ์ที่ดี สุดท้ายจากการเปรียบเทียบกับเทคนิคฟลูอิดไรเซชัน พบว่าข้อดีของเทคนิค สเปาเตดเบดที่เหนือกว่าเทคนิคฟลูอิดไรเซชันคือการเพิ่มขึ้นของอัตราการอบแห้งจำเพาะ (กิโลกรัมน้ำระเหยต่อชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตรห้องอบแห้ง) และปริมาณข้าวต้น ในด้านการสิ้นเปลืองพลังงานเครื่องอบแห้งสเปาเตดเบดจะดีกว่าเครื่องอบแห้งฟลูอิดไรเซชันในกรณีอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงแต่ผลลัพธ์จะกลับกันในการอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความชื้นต่ำ ค่า SEC_{th} ของเครื่องอบแห้งสเปาเตดเบดอยู่ระหว่าง 5.5-5.7 MJ/kg water evap โดยค่า SEC_{th} จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามความชื้นที่ลดลงและเวลาอบแห้งที่เพิ่มขึ้น

6.4. สรุปผลการทดลอง

- 6.4.1. มีการถ่ายเทมวล (ความชื้น) เกิดขึ้นภายในดาวนัมเมอร์ทุกเงื่อนไขของปริมาณอากาศที่เข้าดาวนัมเมอร์ แต่การถ่ายเทมวลเกิดจากปรากฏการณ์ evaporative cooling ไม่ใช่การอบแห้ง ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้ความชื้นและอุณหภูมิของข้าวเปลือกลดลงขณะที่เคลื่อนตัวในดาวนัมเมอร์
- 6.4.2. ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกกับเวลาในการอบแห้งประมาณได้ว่าอยู่ในรูปความสัมพันธ์เชิงเส้น สำหรับทุกเงื่อนไขการทดลองนั้นคือปริมาณอากาศที่เข้าดาวนัมเมอร์ไม่มีอิทธิพลต่อ Drying curve characteristic
- 6.4.3. ปริมาณอากาศไหลเข้าดาวนัมเมอร์จะส่งผลโดยตรงกับอัตราการอบแห้งซึ่งเป็นผลรวมของการลดความชื้นในบริเวณสเปาต์และดาวนัมเมอร์
- 6.4.4. เงื่อนไขการอบแห้งได้แก่ อุณหภูมิอบแห้ง ปริมาณอากาศเข้าดาวนัมเมอร์และความชื้นเริ่มต้นส่งผลอย่างมากต่อค่าความชื้นวิกฤตและปริมาณข้าวต้น ถึงแม้ว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงและมีอากาศไหลเข้าดาวนัมเมอร์มากจะช่วยเพิ่มอัตราการอบแห้งแต่จะส่งผลเสียต่อค่าความชื้นวิกฤตและปริมาณข้าวต้น
- 6.4.5. เมื่อพิจารณาในด้านคุณภาพข้าวหลังการขัดสี การแบ่งการอบแห้งออกเป็นสองขั้นตอนน่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมและให้ผลลัพธ์ที่ดีในการอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคสเปาต์เต็ดเบด
- 6.4.6. เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งแบบฟลูอิดไรซ์เบดพบว่าวิธีการอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคสเปาต์เต็ดเบดให้ผลดีกว่ามากในด้านคุณภาพข้าวหลังการขัดสี ข้อดีอีกประการของเทคนิคการอบแห้งแบบสเปาต์เต็ดเบดที่เหนือกว่าการอบแห้งแบบ ฟลูอิดไรซ์เบดคืออัตราการอบแห้งจำเพาะ ($\text{kg water evap h}^{-1} \text{m}^3$) สูงกว่า ในด้านการใช้พลังงานพบว่าค่า SEC_{th} ของเครื่องอบแห้งสเปาต์เต็ดเบดจะมีค่าอยู่ประมาณ 5.5-5.7 MJ/kg water evap. ซึ่งมากกว่าการอบแห้งแบบฟลูอิดไรซ์เบดที่มีค่าอยู่ที่ระหว่าง 2.5-4.0 MJ/kg water evap

6.5 ข้อเสนอแนะ

สร้างและทดสอบเครื่องต้นแบบของเครื่องอบแห้งสเปาต์เต็ดเบดแบบต่อเนื่องในระดับอุตสาหกรรมโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเป็นแนวทางในการออกแบบ

คำหลัก : การอบแห้ง คุณภาพข้าวหลังการขัดสี ความขาว ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ เครื่องอบแห้ง ปริมาณข้าวต้น ฟลูอิดไรซ์เบด

Abstract

Project Code: TRG4580085

Project Title: High Temperature Spouted Bed Paddy Drying With Varied Downcomer Airflows And Moisture Content: Effect On Drying Kinetics, Critical Moisture Content, and milling Quality

Investigators:

| Investigators | Organization |
|-----------------------------------|--|
| 1. Dr. Thanid Madhiyanon | Mahanakorn University of Technology |
| 2. Prof.Dr.Somchart Soponronnarit | King Mongkut's University of Technology Thonburi |

Email Address: thanid_m@yahoo.com, somchart.sop@kmutt.ac.th

Project Period: 1 July 2002 – 30 June 2004

Objectives:

1. To investigate the effects of introducing air through downcomer regions on drying kinetics which is expected to promote intensive drying without any change of dryer volume
2. To study the impact of drying conditions such as drying temperatures, downcomer airflow and initial moisture content on physical properties of rice after milling process
3. To determine suitable strategy for drying paddy by spouted bed technique analyzing from the experimental results of drying kinetics and milling quality and finally
4. To compare spouted bed paddy drying with fluidized bed paddy drying of works involving

Methodology:

Spouted bed drying was studied in a two-dimensional spouted bed batch dryer as shown in Fig.1 and using paddy as tested material. The dryer comprised of a vertical rectangular chamber with a tempered glass window fitted to the front to permit visualization of grain flow pattern and a slant base chamber with an angle of 60°. The overall dimensions are 80 cm in width, 8.4 cm in depth and 120 cm in height. To investigate what drying kinetics and milling quality in terms of head rice yield and whiteness are going on when distributing air downcomer regions, hot air was distributed at the bottom of slant base chamber through

three air inlets namely a central rectangular air inlet serving for spout region with 3 cm in width and 8.4 cm.

Air was heated up by six of electric heaters with a capacity of 1.5 kW for each (9kW in total). The inlet air temperatures were automatically controlled by PID. Temperature controller with an accuracy of $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Temperatures of system were measured by data logger and temperature indicator with an accuracy of $\pm 1^{\circ}\text{C}$ connected to thermocouple type K. Air flow rates with high temperature were regulated by orifice meter cooperating with manual valves. For air recycled with temperature under 90°C , air velocity was measured by hot wire anemometer with an accuracy of ± 0.3 m/s and for that with temperature above under 90°C , Pitot-static tube with U-tube manometer was used. A 2.2 kW variable frequency inverter was used to regulate blower motor speed to attain desirable airflow rate which could be able to sustain stability of spouting behavior even in case of sharing much of hot air to downcomer regions. In order to determine moisture content of paddy, each sample of 20g paddy were measured by electronic balance with an accuracy of 0.0001g and drying it in hot air oven at 103°C for 72 hours. Paddy of 6 kg which created bed height of 72 cm was filled into drying chamber for each experiment, and its color was measured by a Kett digital whiteness meter which was calibrated with a white color reference.

Results and Discussion:

It was found that moisture transfer did not only occur in spout region but it also took place in downcomer region in particular for 20 and 30% downcomer airflow. Moisture and paddy temperature dropped as grain downward moving in downcomer was resulted from a present of evaporative cooling phenomenon. The characterization of drying curves regardless of any drying conditions could be described by nearly linear relationships between moisture content and time. Downcomer airflow and drying temperature were found to significantly influence effective moisture reduction with the highest downcomer airflow of 30% and temperature of 150°C giving rise to the highest effective moisture reduction. Drying temperature, downcomer airflow and initial moisture content also had strongly effects on HRY and critical moisture content. The difference in moisture content between initial and critical moisture contents according to $100 \pm 5\%$ relative HRY varied between 4.5 to 8.0 points (%d.b.) depended upon drying conditions. These numbers would increase as increase of initial moisture content and decrease as increase of drying temperature and downcomer

airflow. No significant effect on color was evident during testing period. Relating the HRY to strategy of spouted bed paddy drying in this way it indicated that a properly management of two-stages drying system could be a suitable and attractive alternative for rice mill industrial. Finally, the comparison between spouted bed and fluidized bed paddy drying exhibited that spouted bed had the advantages over fluidized bed in enhancing specific drying rate ($\text{kg water evap. h}^{-1} \text{ m}^{-3}$) and improving the HRY. In aspect of energy consumption spouted bed was not efficient as fluidized bed in case of drying paddy with high moisture content but the contrary result would be obtained for low moisture content. The SEC_{th} of spouted bed was 5.5-5.7 MJ/kg water evap. and it was almost the same and not varied with decreased moisture content or drying time.

Conclusions:

1. Moisture decrease in spouted bed drying was a combination of moisture reduction in both spout and downcomer regions. Despite conventional convective drying as took place in spout, evaporative cooling phenomenon was believed a cause of moisture as well as bed temperature dropped along downward movement of paddy in downcomer.
2. Drying curves regardless to any drying temperature and downcomer airflow were characterized by nearly linear relationships between moisture content and time.
3. Downcomer airflow had showed an important effect in the effective moisture reduction defined as a combination of moisture reduction in spout and downcomer regions in the way that it increased as increasing downcomer airflow.
4. Drying conditions such as drying temperature, amount of downcomer airflow and initial moisture content had also significantly influenced critical moisture content and HRY. Even high drying temperature and introducing downcomer airflow enhanced moisture reduction but they had adverse effects on critical moisture content and HRY.
5. From a product quality point of view, two-stages drying (as well as incorporating with tempering process in-between may be necessary) seem to be a suitable strategy for spouted bed paddy drying system.
6. As compared spouted bed paddy drying in present study with fluidized bed paddy drying in concerned literatures, it was found that spouted bed presented much better potential of preserving product quality in terms of HRY than that of fluidized bed.

Another advantage of spouted bed over fluidized bed was higher specific drying rates ($\text{kg water evap.h}^{-1}\text{m}^{-3}$) than that of fluidized bed. Finally, SEC_{th} of spouted bed were in the range 5.5-5.7 MJ/kg water evap. which was higher than that of fluidized bed which was in the range of 2.5-4.0 MJ/kg water evap.

Recommendation:

To further study, an industrial-scale prototype of continuous spouted bed paddy dryer should be designed, constructed based on lab-scale experimental result and tested

Keywords: Dehydration; Dryer; Fluidized bed; Head rice yield; Product quality; Rice mill; Rough rice; Spouting; Thermal energy consumption; Whiteness.