Agricultural Sci. J. 44 : 3 (Suppl.) : 454-457 (2013) ว. วิทย. กษ. 44 : 3 (พิเศษ) : 454-457 (2556)

การอบแห้งข้าวเปลือกงอกด้วยลมร้อนแบบฟลูอิไดซ์เบดร่วมกับหลอดฮาโลเจน

Germinated Paddy Drying by Hot Air Fluidization Technique Combined with Halogen Lamp

นฤบดี ศรีสังข์[1] ปัญญา แดงวิไลลักษณ์[1] ธีรศักดิ์ ดาวทอง[1] มนัส บุญศรี[1] และอนุชา สาเสน[1]
Naruebodee Srisang[1], Panya Daungvilulux[1], Teerasak Daothong[1], Manas Boonsre[1] and Anucha Sasean[1],

Abstract

Germinated paddy (GP) drying uses hot air oven takes a long time, in this research, drying technique using hot air fluidized bed (HA) to decrease moisture rapidly was conducted. The fluidized bed drying technique was combined with halogen lamp heating. Objective of this research was to study the drying kinetic of GP drying by hot air fluidized bed technique combined with halogen lamp (HH). Qualities of GP was determined by percentage of head rice yield and broken rice, color of rice grain and gamma-aminobutyric acid (GABA) content. Supan Buri 60 rice variety at initial moisture content about 36% dry basis (db) was dried to final moisture content of 22% (db). The drying air temperatures were 110, 120 and 130°C. Result showed that the superficial velocity for GP was 4.8 m/s higher than the fluidization minimum velocity (4.5 m/s) of that of paddy. The moisture reduction of HA drying was slower than that of the HH drying at every drying temperature. The HH drying at temperature of 130°C had the shortest drying time about 2 minutes. The percentage head rice yield, broken rice and color of rice grain (L a and b values) were not significantly difference between HA and HH drying, except the percentage of broken rice and b value of HA drying and at temperature of 110 and 120°C, respectively. Color of rice grain after HA and HH drying were significant difference from the commercial rice, except for the b value. GABA content significantly increased after germination and did not changed significantly after HA and HH drying.

Keywords: Fluidized bed, Germinated paddy, Halogen lamp

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการอบแห้งข้าวเปลือกงอกใช้วิธีการอบแห้งด้วยตู้อบแบบลมร้อน ซึ่งใช้เวลานานในการอบแห้ง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำเทคนิคการอบแห้งด้วยฟลูอิไดซ์เบดแบบลมร้อน (HA) ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถลดความชื้นได้อย่างรวดเร็วมาใช้อบแห้งร่วมกับเทคนิคการอบแห้งด้วยหลอดฮาโลเจน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจลนศาสตร์การอบแห้งข้าวเปลือกงอกด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดแบบลมร้อนร่วมกับหลอดฮาโลเจน (HH) และประเมินคุณภาพของข้าวเปลือกงอกหลังการอบแห้ง ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก สีของเมล็ดข้าว และปริมาณสารกาบา ในการทดลองใช้ข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณ 60 มีความชื้นเริ่มต้น 36% (d.b.) และความชื้นสุดท้ายที่ต้องการ คือ 22% (d.b.) โดยใช้อุณหภูมิอบแห้ง 110 120 และ 130°C ผลการทดลองพบว่า ที่ความสูงเบด 20 cm ใช้ความเร็วของอากาศร้อนเท่ากับ 4.8 m/s ซึ่งเป็นความเร็วที่สูงกว่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน (4.5 m/s) การอบแห้งแบบ HA มีการลดลงของความชื้นช้ากว่าการอบแห้งแบบ HH ในทุกๆ ช่วงอุณหภูมิอบแห้ง การอบแห้งแบบ HH ที่อุณหภูมิ 130°C ใช้เวลาการอบแห้งสั้นที่สุดเท่ากับ 2 นาที เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว เปอร์เซ็นต์ข้าวหักและสีของเมล็ดข้าว (ค่า L a และ b) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสำหรับการอบแห้งแบบ HA และ HH ยกเว้น ค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวหักและค่า b ที่การอบแห้งแบบ HA และที่อุณหภูมิอบแห้ง 110 และ 120°C ตามลำดับ สีของข้าวเมล็ดข้าวหลังการอบแห้งแบบ HA และ HH แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสีของเมล็ดข้าวที่วางจำหน่าย ยกเว้นค่า b ปริมาณสารกาบาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังการงอก และไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญหลังการอบแห้งแบบ HA และ HH

คำสำคัญ: ฟลูอิไดซ์เบด ข้าวเปลือกงอก หลอดฮาโลเจน

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ชุมพร 86160
[1] Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chumphon Campus, Chumphon 86160

คำนำ

ข้าวเปลือกงอก คือ ข้าวเปลือกที่ผ่านการกระตุ้นให้เมล็ดข้าวเกิดการงอกด้วยการให้ความชื้น ทำให้ข้าวมีสารอาหารที่มีประโยชน์เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาร GABA ข้าวเปลือกหลังการงอกมีความชื้นสูงประมาณ 50% (d.b.) ต้องนำมาผ่านกระบวนการอบแห้งเพื่อลดความชื้นให้เหลือ 15% (d.b.) การอบแห้งด้วยลมร้อนแบบฟลูอิไดซ์เบดเป็นวิธีหนึ่งที่นำมาใช้อบแห้ง เนื่องจากมีการถ่ายเทความร้อนและมวลที่สูงระหว่างตัวกลางและวัสดุอบแห้ง ทำให้วัสดุอบแห้งได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึง แต่เวลาที่ใช้ในการอบแห้งยังคงสูง โดยที่อุณหภูมิ 110°C ใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 14 นาที (ธัชพล และคณะ, 2554) ดังนั้นเพื่อลดเวลาในการอบแห้งให้สั้นลง จึงนำหลอดฮาโลเจนมาใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนร่วมในการอบแห้ง ซึ่งในปัจจุบันหลอดฮาโลเจนได้ถูกนำมาใช้ในการให้ความร้อนเพื่อการอบแห้งและหุงต้มอาหารหลากหลายประเภทโดยใช้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดที่ทำด้วยทังสเตน ซึ่งความร้อนจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของรังสีอินฟาเรด ในการศึกษานี้จึงได้สร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกงอกแบบลมร้อนฟลูอิไดซ์เบดร่วมกับหลอดฮาโลเจน เพื่อศึกษาถึงความเร็วลมที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งข้าวเปลือกงอกด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบด ผลกระทบของการอบแห้งข้าวเปลือกงอกด้วยลมร้อนแบบฟลูอิไดซ์เบดร่วมกับหลอดฮาโลเจนที่มีผลต่อจลนศาสตร์การอบแห้ง และคุณภาพของข้าวเปลือกงอกโดยศึกษาคุณภาพในส่วนของ สีของข้าว เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก และสาร GABA ในข้าวเปลือกงอก

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณ 60 ถูกนำมาเพาะงอกโดยนำมาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง และบ่มในผ้ากระสอบชื้นเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ข้าวเปลือกงอกภายหลังการแช่น้ำและการบ่มจะเกิดการงอกบริเวณจมูกข้าวเป็นตุ่มขนาดเล็กประมาณ 0.5-2 mm. สำหรับใช้ในทุกการทดลอง

ระบบอบแห้งประกอบไปด้วย Blower ขนาด 2HP ฮีตเตอร์ขนาด 3 kW ควบคุมอุณหภูมิโดย PID controller ความแม่นยำ ±1°C หลอดฮาโลเจนขนาด 150 W จำนวน 2 หลอด (Figure 1) นำข้าวเปลือกงอกประมาณ 1.5 kg. มาอบแห้งในเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 120 และ 130°C โดยในการทดลองจะเปรียบเทียบกันระหว่างกรณีอบแห้งฟลูอิไดซ์เบดแบบลมร้อน (HA) และกรณีอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับหลอดฮาโลเจน (HH) ทั้งสองกรณีทดลองที่ความเร็วอากาศ 4.8 m/s และความสูงเบด 20 cm ข้าวเปลือกหลังจากผ่านกระบวนการงอกมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 36% (d.b.) นำมาอบแห้งจนความชื้นลดลงมาเหลือ 20-22% (d.b.) ข้าวภายหลังการอบแห้งถูกนำมาเก็บในที่อับอากาศเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาเป่าลมด้วยอากาศแวดล้อมจนกระทั่งความชื้นลดลงเหลือ 13-15% (d.b.) สุดท้ายนำข้าวไปเก็บที่อุณหภูมิ 4-6°C เพื่อรอการทดสอบคุณภาพ

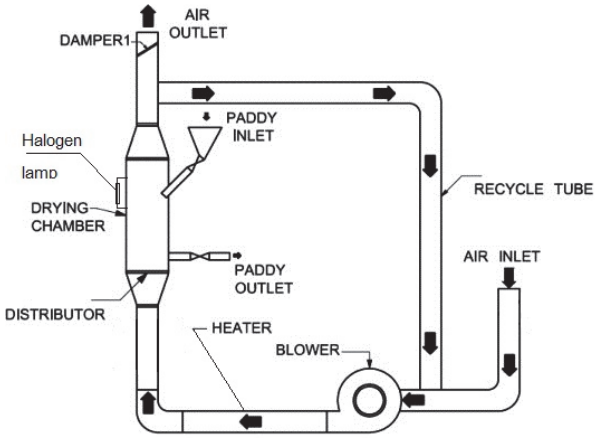

Figure 1 Hot air fluidized bed combined with halogen lamp dryer

ความเร็วลมที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งข้าวเปลือกงอกด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบด หาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันลด (Pressure drop) ภายในห้องอบกับความเร็วลม คุณภาพของข้าวเปลือกงอกทดสอบในเรื่องของเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวและการแตกหักของเมล็ด โดยหาเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวและการแตกหักจากการคัดด้วยเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าว ปริมาณสาร GABA โดยการนำแป้งข้าวเปลือกงอกไปวิเคราะห์หาปริมาณสาร GABA ด้วยเครื่อง HPLC และสีของข้าวเปลือกงอกตรวจวัดด้วยเครื่องวัดสี

ผล

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Pressure drop กับ ความเร็วลม (Figure 2) พบว่า ที่ความสูงเบด 20 cm เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น ทำให้ค่า Pressure drop เพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดที่ความเร็วลม 4.5 m/s ซึ่งค่าความเร็วลมที่ตำแหน่งดังกล่าวคือค่าความเร็วลมต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน (Minimum fluidization) หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มความเร็วลม ค่า pressure drop ลดลงและเริ่มมีค่าคงที่ที่ความเร็วลม 4.8 m/s ดังนั้นในการอบแห้งข้าวเปลือกงอกจะใช้ความเร็วลม 4.8 m/s (Figure 2)

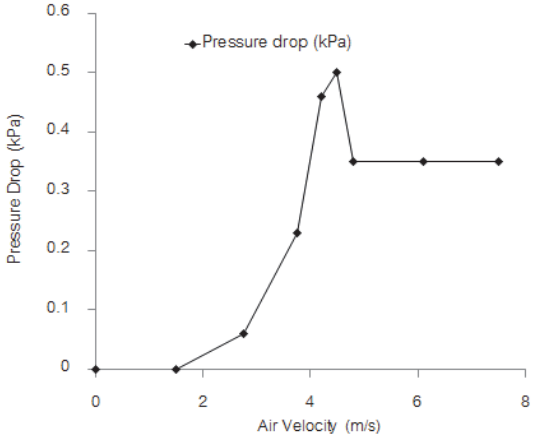

Figure 2 Relation between pressure drop and air velocity in drying chamber

ข้าวเปลือกงอกทั้งในกรณีการอบแห้งแบบ HA และการอบแห้งแบบ HH มีความชื้นลดลงตามเวลาอบแห้งที่เพิ่มขึ้นและอุณหภูมิอบแห้งที่สูงขึ้นสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้เร็วขึ้น เมื่อเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นระหว่างการอบแห้งแบบ HA กับการอบแห้งแบบ HH พบว่า ข้าวเปลือกงอกที่อบแห้งแบบ HH มีการลดลงของความชื้นที่เร็วกว่าการอบแห้งแบบ HA ในทุกๆช่วงอุณหภูมิการอบแห้งที่ทำการทดลอง โดยการอบแห้งแบบ HH ที่อุณหภูมิอบแห้ง 130°C ใช้เวลาอบแห้งสั้นที่สุดเท่ากับ 3 นาที (Figure 3)

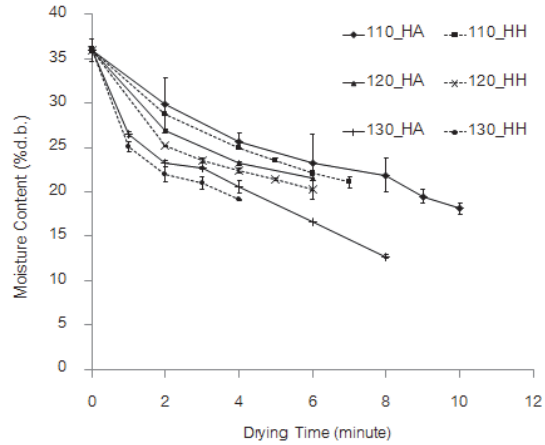

Figure 3 Drying kinetic of germinated paddy at drying air velocity of 4.8 m/s and bed depth 20 cm

คุณภาพของข้าวเปลือกงอกหลังอบแห้งถูกนำมาเปรียบเทียบกับ ข้าวมาตรฐานที่วางจำหน่าย ผลที่ได้พบว่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก และสีของเมล็ดข้าว (ค่า L a และ b) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสำหรับการอบแห้งแบบ HA และ HH ยกเว้น ค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวหักและค่า b สำหรับการอบแห้งแบบ HA ที่อุณหภูมิอบแห้ง 110 และ 120°C ตามลำดับ สีของเมล็ดข้าวหลังการอบแห้งแบบ HA และ HH แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสีของเมล็ดข้าวที่วางจำหน่าย ยกเว้นค่า b ปริมาณสาร GABA ก่อนการเพาะงอกมีค่าเท่ากับ 0.89±0.01a mg/100g และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังการงอก โดยเพิ่มขึ้นเป็น 12.12±0.63b ซึ่งเพิ่มขึ้นมาประมาณ 14-15 เท่า และปริมาณสาร GABA ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญหลังการอบแห้งแบบ HA และ HH (Table 1)

Table 1 Qualities of germinated paddy after fluidized bed drying

Sample	Colour			Head rice yield (%)	Broken rice (%)	GABA (mg/100g)
	L	a	b			
HA 110°C (8 minute)	75.41±0.75b	1.96±0.25a	2.15±1.12ab	72.52±0.14a	2.54±0.30b	13.38±0.37b
HH 110°C (7 minute)	74.50±0.79b	1.86±0.12a	2.53±1.70ab	74.70±0.33a	1.37±0.58a	14.00±0.23b
HA 120°C (6 minute)	74.45±0.89b	1.71±0.17a	3.19±1.40b	72.09±2.91a	1.50±0.10ab	12.31±0.04b
HH 120°C (5 minute)	75.49±1.18b	1.69±0.20a	2.66±3.26ab	71.62±2.10a	1.48±0.45ab	13.74±0.04b
Market germinated rice	72.72±0.71a	2.33±0.12b	-1.02±1.75a			12.12±0.63b

a, b mean with different superscripts in the same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

วิจารณ์ผล

ในช่วงความเร็วลมต่ำที่ 0 และ 1.5 m/s มีค่า Pressure drop เท่ากับ 0 Pa เนื่องจากค่า Pressure drop วัดด้วยมาโนมิเตอร์รูปตัวยู ที่มีค่าความละเอียดของสเกลที่ต่ำ จึงทำให้ค่าความแตกต่างของระดับน้ำไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนที่ช่วงความเร็วดังกล่าว ดังนั้นเมื่อนำค่าความแตกต่างของระดับน้ำมาคำนวณเป็นค่า Pressure drop จึงมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ค่า Pressure drop เพิ่มขึ้นตามความเร็วลม เนื่องจากความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นยังไม่เพียงพอที่จะผลักดันให้กองข้าวในห้องอบแห้งลอยตัวได้ จึงทำให้ค่า Pressure drop เพิ่มขึ้น จนกระทั่งความเร็วลมเพิ่มขึ้นถึง 4.5 m/s เพียงพอที่จะดันให้กองข้าวลอยตัว ซึ่งเป็นค่าความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดเซชัน และเมื่อเพิ่มความเร็วมากขึ้นจนถึง 4.8 m/s เบดมีการขยายตัวอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ Pressure drop มีค่าคงที่ จากกราฟจลนศาสตร์การอบแห้ง พบว่า การเพิ่มหลอดฮาโลเจนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้ง ทำให้เวลาในการอบแห้งลดลง แต่การเปลี่ยนแปลงความชื้นอย่างรวดเร็วอาจส่งผลต่อคุณภาพของข้าวเปลือกงอกในเรื่องของการแตกหักของเมล็ด เนื่องจากเมล็ดข้าวเกิดการหดตัวและขยายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอ (Irudayaraj and Haghighi, 1993) ผลเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้หลอดฮาโลเจนร่วมในการอบแห้ง อาจเป็นผลจากรังสีอินฟาเรดจากหลอดแทรกซึมเข้าไปภายในเมล็ด ขณะที่ลมร้อนสัมผัสกับผิวภายนอกทำให้การเปลี่ยนแปลงของความชื้นภายในและภายนอกเมล็ดเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ สีของเมล็ดข้าวในการอบแห้งแบบ HA และ HH แตกต่างกับสีของข้าวที่วางจำหน่ายเนื่องจากตัวกลางในการอบแห้งที่แตกต่างกัน ซึ่งข้าวที่วางจำหน่ายใช้ไอน้ำในการอบแห้งทำให้สีจากเปลือกข้าวและรำข้าวแทรกซึมเข้ามาที่เมล็ดข้าว ส่งผลให้เมล็ดข้าวมีสีที่เข้มกว่า (ค่า L น้อยกว่า) อุณหภูมิอบแห้งที่สูงไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณสาร GABA เนื่องจากสาร GABA มีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ 203°C (Lide, 2006) จึงไม่เกิดการเสื่อมสลายของสาร GABA

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่สนับสนุนทุน อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการศึกษาวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ธัชพล จุ้งเจริญ, สมเกียรติ ปรัชญาวรากร และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2554. การเปรียบเทียบจลนศาสตร์การอบแห้งและคุณภาพของข้าวงอกที่เตรียมจากข้าวเปลือกและข้าวกล้อง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(3 พิเศษ): 450-453.

Irudayaraj, J. and K. Haghighi. 1993. Stress analysis of viscoelastic materials during drying: I theory and finite element formulation. Drying Technology 11: 901-927.

Lide, R.D. 2006. Handbook of Chemistry and Physics. 87th ed. CRC Press. New York.