การอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบกระแสชน

Dehydration of Unhusked Rice by using Impinging Stream Dryer

สุชาติ ธนสุขประเสริฐ,[1] ธนิต สวัสดิ์เสวี,[1] สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา[2] และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์[1]*

Suchart Thanasookprasert,[1*] Thanit Swasdisevi[1],Sakamon Devahastin[2] and Somchart Soponronnarit[1]

ABSTRACT

Impinging stream dryer was suitable for the dehydration of materials having high moisture content around surface. The objective of this study was to investigate impinging stream technique for drying unhusked rice; of Pitsanuloke 2 which had high moisture content. The volumetric evaporation rate, head rice yield and color of the husk after drying were investigated. The conditions of drying were as follows: temperature, 130, 150 and 170°C; inlet air velocity, 20 m/s; distance between impinging stream, 5 cm and paddy feed rate, 90 kg/h. From the experiment, it was found that the moisture content of paddy and head rice yield decreased with the increase in drying temperature whereas the volumetric evaporation rate increased with the increase in drying temperature. For color, it was showed that the color after drying was slightly changed because the drying time of impinging stream dryer was short.

Key Words: impinging stream dryer, unhusked rice, volumetric water evaporation rate, head rice yield, color change for rice.

บทคัดย่อ

เครื่องอบแห้งแบบกระแสชนเป็นเครื่องอบแห้งที่เหมาะสำหรับการอบแห้งวัสดุที่มีความชื้นที่ผิวสูง ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการอบแห้งด้วยเทคนิคแบบกระแสชนโดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ พิษณุโลก 2 ที่มีความชื้นที่ผิวสูงมาใช้เป็นวัสดุทดลอง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้งในแง่ของอัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตร ร้อยละต้นข้าวและการเปลี่ยนแปลงสีของข้าวหลังผ่านกระบวนการอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 130, 150 และ 170°C ความเร็วของอากาศเข้าห้องอบแห้ง 20 m/s ระยะห่างกระแสชนเท่ากับ 5 cm และอัตราการป้อนวัสดุ 90 kg/h จากการทดลองพบว่าความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกและร้อยละต้นข้าวลดลงเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้น ในขณะที่อัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตรเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้น ในส่วนของ

[1*] คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

School of Energy Environment and Material, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand.

[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand.

[*]Corresponding author:Tel.08-6079-3605, E-mail address: s.thanasook@gmail.com

การเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดข้าวหลังผ่านกระบวนการอบแห้งพบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในส่วนของค่าสีมากนัก เนื่องจากการอบแห้งด้วยเทคนิคกระแสชนใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อย

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งแบบกระแสชน ข้าว อัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตร ร้อยละต้นข้าว การเปลี่ยนแปลงสีข้าว

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการปลูกข้าวและผลิตข้าวที่สำคัญ ข้าวจึงเป็นสินค้าทางการเกษตรที่มีมูลค่าการส่งออกเป็นอันดับแรกๆ ของประเทศ แต่ปัญหาของเกษตรกรคือ ความชื้นและคุณภาพของข้าวหลังการเก็บเกี่ยว จึงได้มีการนำเทคโนโลยีต่างๆเข้ามาใช้ ซึ่งการอบแห้งก็เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ เนื่องจากหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตนั้น เมล็ดข้าวที่ได้นั้นยังมีความชื้นอยู่ค่อนข้างสูงจึงได้มีการนำเทคโนโลยีอบแห้งแบบต่างๆเข้ามาช่วยในการลดความชื้นของเมล็ดข้าวเพื่อที่จะเก็บรักษาได้นานขึ้นรวมถึงไม่ทำให้คุณภาพของข้าวนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงมากนักซึ่งจะส่งผลถึงราคาการจำหน่าย การลดความชื้นของข้าวหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นปัจจัยสำคัญ ในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำเทคนิคการอบแห้งแบบกระแสชนเข้ามาใช้ในการลดความชื้นของเมล็ดข้าวหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งข้อดีของการใช้เทคนิคนี้คือ ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่สั้น แต่สามารถที่จะลดความชื้นลงได้ระดับหนึ่งตลอดจนไม่ทำให้คุณภาพเมล็ดข้าวนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก ซึ่งจะช่วยเกษตรกรเพิ่มมูลค่าการจำหน่ายได้และหากมีการพัฒนาเทคนิคการอบแห้งแบบกระแสชนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นก็จะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของเกษตรกรที่จะนำเทคนิคนี้มาใช้ลดความชื้นของเมล็ดข้าวหลังการเก็บเกี่ยวได้

กระแสชน (Impinging Streams, IS) ถือได้ว่าเป็นรูปแบบของการไหลที่มี กระแสชนเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน มวลสาร และโมเมนตัมในระบบต่างๆ โดยเฉพาะระบบที่เกี่ยวข้องกับการไหลในหลายวัฏภาคได้ดี ดังนั้นจึงมีการนำกระแสชนมาประยุกต์ใช้กับหน่วยปฏิบัติการ (Unit operations) ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อน มวลสารและโมเมนตัมเป็นจำนวนมาก (Tamir, 1989; Tamir, 1994) ซึ่งหนึ่งในหน่วยปฏิบัติการที่มีการประยุกต์ใช้หลักการของกระแสชนก็คือกระบวนการอบแห้ง โดยเครื่องอบแห้งที่ทำงานอยู่บนพื้นฐานของกระแสชนมีจุดเด่นกว่าเครื่องอบแห้งที่ใช้กันทั่วไป เช่น เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยและเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด (Huai *et al*., 2003; Sathapornprasath *et al*., 2007)

แนวคิดพื้นฐานของกระแสชน (Figure 1) กล่าวคือเมื่อกระแสของไหลความเร็วสูง 2 กระแสซึ่งไหลเข้าสู่ระบบในทิศทางตรงกันข้ามเกิดการชนกันจะเกิดเป็นระนาบการชน ส่งผลให้บริเวณดังกล่าว (ซึ่งอาจเรียกว่าบริเวณการชน) เกิดการถ่ายเทความร้อน มวลสารและโมเมนตัมขึ้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากแรงเฉือน (Shear force) ที่เกิดขึ้นจากการชนกันของกระแสของไหล 2 กระแส หลังจากกระแสของไหลชนกันแล้วก็จะไหลออกจากระบบ ในกรณีของหน่วยปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับการไหลในหลายวัฏภาค อาจทำการป้อนอนุภาคหรือละอองของเหลวเข้าไปกับกระแสของไหลด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้าน อนุภาคจะเกิดการชนกัน รวมทั้งอาจเคลื่อนที่เข้าสู่กระแสของไหลตรงข้ามได้ เนื่องจากผลของความเฉื่อยของอนุภาคนั้นๆ อนุภาคดังกล่าวจะเคลื่อนที่ช้าลงเนื่องจากผลของแรงต้านจากกระแสของไหลตรงข้าม โดยอนุภาคจะเคลื่อนที่เข้าสู่กระแสของไหลตรงข้ามได้

เป็นระยะทางหนึ่ง หลังจากนั้นกระแสของไหลตรงข้ามจะเร่งให้อนุภาคนั้นเคลื่อนที่กลับเข้าสู่กระแสของไหลเดิมอีกครั้ง ซึ่งปรากฏการณ์นี้จะทำให้อนุภาคสามารถเคลื่อนที่กลับไป-มา (Oscillatory motion) ในบริเวณการชนได้ ทำให้เวลาที่อนุภาคอยู่ในบริเวณที่เกิดการถ่ายเทความร้อนและมวลสารได้เป็นอย่างดียาวนานขึ้น (Mujumdar *et al*., 2000)

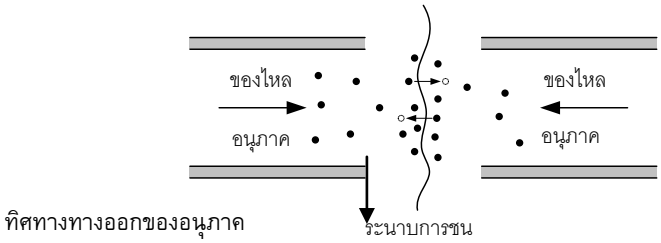
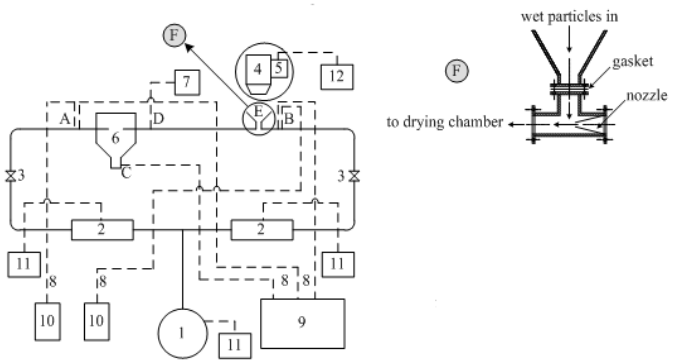


Figure 1 Fundamental of impinging stream dryer (Tamir,1994).

ด้วยคุณลักษณะเฉพาะของกระแสชนดังได้กล่าวแล้วข้างต้น เครื่องอบแห้งแบบกระแสชน (Impinging Stream Dryers, ISDs) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งวัสดุที่มีความชื้นที่ผิวสูง เนื่องจากการใช้หลักการของกระแสชนจะทำให้เกิดความความปั่นป่วน (Turbulence) และแรงเฉือนในบริเวณการชนสูง ส่งผลให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและมวลสารมีค่าสูง ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลสารสูงตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่การอบแห้งเกิดขึ้นในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ซึ่งวัสดุมีความชื้นที่ผิวสูง เช่น กรณีการอบแห้งข้าวเปลือกชื้น ด้วยเหตุดังกล่าวเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนจึงมีข้อได้เปรียบเครื่องอบแห้งชนิดอื่นๆ เช่น มีขนาดกะทัดรัดและใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย นอกจากนี้ยังไม่มีส่วนเคลื่อนที่จึงทำให้การติดตั้งและบำรุงรักษาทำได้ง่าย (Tamir, 1994; Mujumdar *et al*., 2000) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนโดยใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องอบแห้งแบบกระแสชนประกอบด้วยพัดลมแรงดันสูงขนาด 5.5 kW ฮีตเตอร์ขนาด 6 kW จำนวน 2 ชุดเครื่องป้อนวัสดุแบบโรตารี่ขนาด 117 W พร้อมชุดควบคุมมอเตอร์กระแสตรง ปริมาตรห้องอบแห้งมีขนาดเท่ากับ0.018 m^3 โดยมีระยะห่างของกระแสชนเท่ากับ 5 cm เทอร์มอคัปเปิลชนิด K นำมาใช้วัดอุณหภูมิในห้องอบแห้งโดยต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิยี่ห้อ Vaisala รุ่น HM70 (Helsiki, Finland) วัสดุที่ใช้อบแห้งคือข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2 ความชื้นเริ่มต้น 29.6% (d.b.) และความชื้นของข้าวเปลือกหาได้โดยเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกมาอบด้วยตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง สีของข้าววัดด้วยเครื่องวัดสีแบบอิเล็คทรอนิคส์ Kett C-300 (Japan) และร้อยละต้นข้าวหาได้จากน้ำหนักของต้นข้าวที่ผ่านการอบแห้งหารด้วยน้ำหนักของข้าวเปลือก



(1) พัดลมแรงดันสูง; (2) ฮีตเตอร์; (3) โกล์บวาล์ว; (4) เครื่องป้อนวัสดุแบบโรตารี่; (5) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง; (6) ห้องอบแห้ง; (7) จุดวัดความเร็วลม; (8) เทอร์มอคัปเปิล; (9) เครื่องบันทึกอุณหภูมิ; (10) ชุดควบคุมอุณหภูมิ; (11) มิเตอร์วัดไฟฟ้าแบบ 3 เฟส; (12) ชุดควบคุมมอเตอร์กระแสตรง; F = ลักษณะของส่วนจ่ายวัสดุแบบหัวฉีด

Figure 2 Diagram of paddy drying with impinging stream dryer.

ขั้นตอนการอบแห้งเริ่มจากทำการเปิดเครื่องเป่าลมแรงดันสูงและทำการวัดความเร็วอากาศในท่อที่จุด A และ D (Figure 2) ให้ได้ความเร็วอากาศขาเข้า 20 m/s โดยการปรับโกล์บวาล์วที่แต่ละด้านของท่อส่งอากาศขาเข้าสู่ห้องอบแห้ง เมื่อได้ความเร็วอากาศตามที่กำหนดแล้วก็เปิดเครื่องทำความร้อนแบบไฟฟ้าทั้งสองชุดและทำการปรับตั้งอุณหภูมิตามเงื่อนไขการทดลอง (130, 150 และ 170°C) จากนั้นรอจนกว่าอุณหภูมิทุกจุดในระบบเข้าสู่ภาวะคงตัว (Steady state) จึงทำการป้อนข้าวเปลือกที่เตรียมไว้ที่อัตราการป้อน 90 kg/h อย่างต่อเนื่องและรอจนกระทั่งอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งที่จุดทางเข้าและทางออกอยู่ในสภาวะคงตัวจึงเริ่มเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกที่ออกจากห้องอบแห้งเพื่อนำไปหาค่าความชื้นโดยเก็บตัวอย่างใส่กระป๋องและชั่งน้ำหนักประมาณ 20 กรัม และนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาหาค่าความชื้น ค่าอัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตร และคุณภาพของข้าวหลังผ่านกระบวนการอบแห้ง ในการทดลองที่แต่ละอุณหภูมิอบแห้งจะทำการทดลอง 3 ครั้ง

Table 1 Paddy drying with impinging stream dryer condition.

Drying 1st round condition by ISD	Drying 2nd round condition by ISD
1. Initial moisture content. 29.6% (d.b.)	1. Initial moisture content. 29.6% (d.b.)
2. Drying 1 round condition (Retained moisture)	2. Drying 1 round condition (Retained moisture)
3. Tempering 30 minutes (Retained moisture)	3. Tempering 30 minutes (Retained moisture)
4. Shade dry 45 minutes by fan(Retained moisture)	4. Drying 2 round condition (Retained moisture)
5. Shade dry 2-3 days (Retained moisture)	5. Tempering 30 minutes (Retained moisture)
6. Shade dry 14 days. Before bring grain quality analysis	6. Shade dry 45 minutes by fan(Retained moisture)
	7. Shade dry 2-3 days (Retained moisture)
	8. Shade dry 14 days. Before bring grain quality analysis

ผลการทดลองและวิจารณ์

อัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตร

อัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่ออุณหภูมิของอากาศเข้าห้องอบแห้งเพิ่มขึ้นที่ความเร็วของอากาศเข้าเท่ากับ 20 m/s อัตราการป้อนวัสดุเท่ากับ 90 $kg_{dry\ solid}/h$ ระยะห่างของการชนเท่ากับ 5 cm ที่ผ่านเครื่องอบแห้ง 1 รอบ จากรูปจะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิของอากาศเข้าสูงที่ 170°C (Figure 3) ค่าอัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตรมีค่าสูงกว่าที่อุณหภูมิของอากาศเข้าที่ 150°C และที่อุณหภูมิเข้าเท่ากับ 130°C นั้นค่าอัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตรมีค่าต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิเข้าที่สูงนั้นทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศร้อนและอุณหภูมิผิวของวัสดุ (ซึ่งมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ)เพิ่มมากขึ้น ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลสารจากบริเวณผิวของเมล็ดข้าวเปลือกออกสู่อากาศนั้นมีอัตราที่สูงขึ้น ส่งผลให้เกิดการระเหยน้ำที่บริเวณผิวของข้าวเปลือกเพิ่มมากขึ้น ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับผลของ Sathapornprasath *et al*. (2007), Choicharoen *et al*. (2010) และ Nimmol *et al*. (2010)

ในกรณีที่ผ่านการอบแห้งข้าวเปลือกในรอบที่ 2 (Figure 4) จะเห็นได้ว่า อัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตรในรอบการอบแห้งที่สองนั้นมีค่าน้อยกว่าในการอบแห้งรอบแรก เช่นที่อุณหภูมิ 130°C อัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตรในรอบการอบแห้งที่สองมีค่าเพียง 105.5 kg_{water}/m^3h ซึ่งน้อยกว่าค่าที่ได้จากรอบการอบแห้งที่หนึ่งซึ่งมีค่า 215 kg_{water}/m^3h ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งไปแล้วหนึ่งรอบ น้ำที่อยู่บริเวณผิวของข้าวเปลือกจะลดน้อยลง เมื่อนำข้าวเปลือกที่แห้งแล้วบางส่วนไปผ่านเครื่องอบแห้งในรอบที่สอง ทำให้ค่าอัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตรในรอบที่สองนั้นไม่สูงมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับรอบแรก และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตรของทั้งสองกรณีโดยรวมแล้วพบว่าการอบแห้งในรอบที่สองนั้นจะให้ค่าอัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตรน้อยการอบแห้งในรอบที่หนึ่งอย่างเด่นชัด

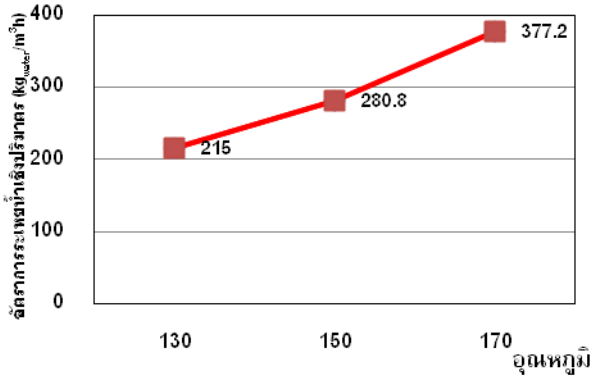


Figure 3 Volumetric water evaporation rates at different drying temperatures first round condition.

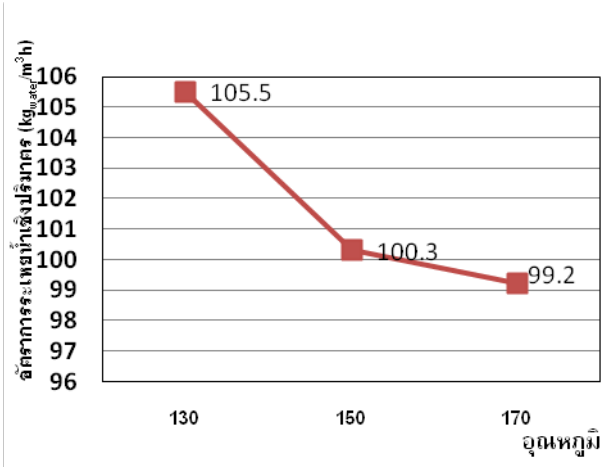


Figure 4 Volumetric water evaporation rates at different drying temperatures second round condition.

ความชื้นของข้าวเปลือก

การลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกหลังจากผ่านเครื่องอบแห้งแบบกระแสชน รอบที่ 1 และรอบที่ 2 ตามลำดับ (Figure 5) นั้นเป็นการผ่านเครื่องอบแห้งเพียงรอบเดียวความชื้นจะลดลงมาจากความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 29.6% (d.b.) โดยใช้อุณหภูมิอบแห้งเท่ากับ 130, 150 และ 170°C เกิดจากเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงกว่าอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือก จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเมล็ดข้าวเปลือกทำให้น้ำที่อยู่ภายในเมล็ดข้าวเปลือกนั้นเกิดการเคลื่อนตัวออกมาสู่บริเวณผิวของเมล็ดทำให้ความชื้นภายในเมล็ดข้าวเปลือกนั้นลดลง การเก็บในที่อับอากาศนั้นเพื่อเป็นการกระจายความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกให้มีความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกให้มีความสม่ำเสมอกัน เนื่องจากเมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนนั้นใช้เวลาในการอบแห้งในช่วงสั้นๆอาจจะทำให้การกระจายของความชื้นนั้นไม่สม่ำเสมอ ในการเก็บเมล็ดข้าวเปลือกในที่อับอากาศนั้นไม่ทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกนั้นลดลง การเป่าอากาศแวดล้อมนั้นเพื่อเป็นการลดอุณหภูมิภายในของเมล็ดข้าวเปลือกเพื่อให้อุณหภูมิภายในเมล็ดข้าวเปลือกนั้นกลับสู่สภาวะของอุณหภูมิแวดล้อมตลอดจนช่วยลดความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก การผึ่งไว้ที่อุณหภูมิแวดล้อม 2-3 วันเป็นการลดความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกให้ความชื้นนั้นลงมาอยู่ที่ระดับ 17-18% (d.b.) และในขั้นตอนสุดท้ายนั้นคือการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน ในกระบวนการนี้เป็นการลดความเค้นของเมล็ดข้าวเปลือกเมื่อนำไปขัดสีตลอดจนการรักษาคุณภาพของเมล็ดข้าวเปลือกหลังจากผ่านกระบวนการอบแห้งและสามารถที่จะนำไปเก็บไว้โดยไม่ทำให้เกิดเชื้อรา รวมทั้งยังช่วยให้เก็บรักษาได้นานขึ้น เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งจะส่งผลให้ความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกนั้นลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ในการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งที่สูงมากนั้นจะส่งผลในแง่ของคุณภาพของเมล็ดข้าวเปลือกโดยเฉพาะในด้านของร้อยละต้นข้าวเต็มเมล็ด การใช้อุณหภูมิอบแห้งที่สูงนั้นส่งผลให้ร้อยละต้นข้าวเต็มเมล็ดลดลง การอบแห้งข้าวเปลือกโดยผ่านเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนรอบที่ 2 (Figure 6) โดยใช้อุณหภูมิอบแห้งที่เท่ากันกับกรณีของผ่านเครื่องอบแห้งรอบเดียว เมื่อเมล็ดข้าวเปลือกผ่านเครื่องอบแห้งในรอบที่ 1 ไปแล้วนั้นความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกในรอบแรกนี้จะลดลงมากกว่าความชื้นที่ผ่านเครื่องอบแห้งในรอบที่ 2 ในทุกอุณหภูมิอบแห้ง เนื่องจากเมื่อผ่านเครื่องอบแห้งไปแล้ว 1 รอบน้ำในเมล็ดข้าวเปลือกนั้นจะมีปริมาณน้อยลงทำให้เมื่อผ่านเครื่องอบแห้งในรอบที่ 2 นั้น น้ำที่อยู่ในเมล็ดข้าวเปลือกจะเคลื่อนที่ออกมาช้าทำให้ความชื้นในรอบที่ 2 นั้นลดลงได้น้อยกว่าการอบแห้งที่ผ่านเครื่องอบแห้งเพียงรอบเดียว

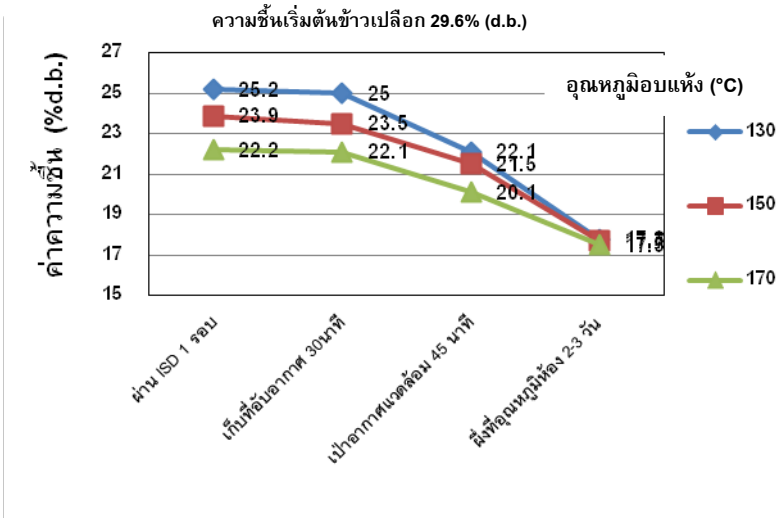


Figure 5 Moisture content (%d.b.) of unhusked rice under first round condition

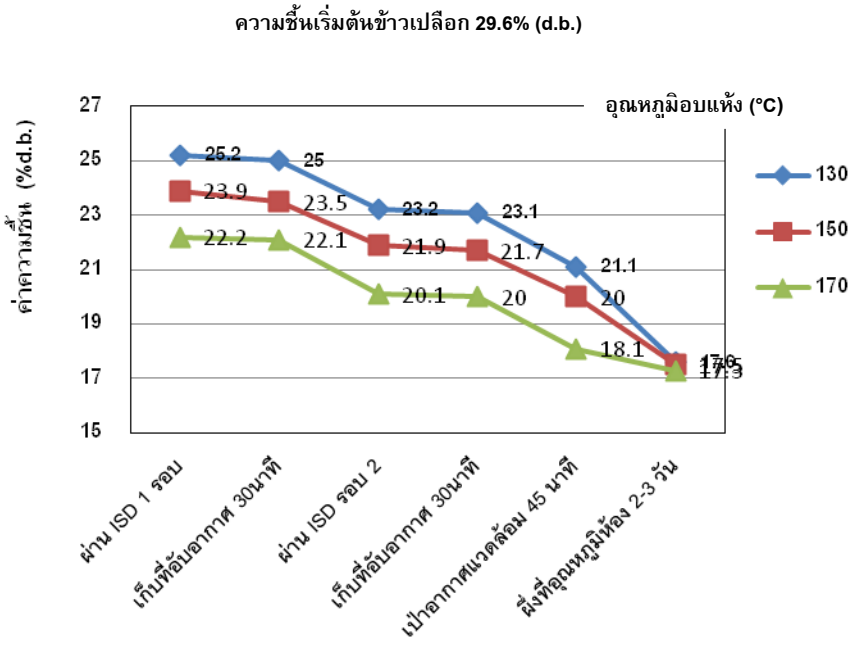


Figure 6 Moisture content (%d.b.) of unhusked rice under second round condition

ร้อยละต้นข้าว

เมื่อนำข้าวเปลือกมาทดลองอบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนที่อุณหภูมิอากาศร้อน 130, 150 และ 170°C ทั้งกรณีที่ทำการอบแห้ง 1 รอบและ 2 รอบ และนำข้าวไปขัดสีได้ผลค่าปริมาณร้อยละต้นข้าว (Figure7) ในกรณีอบแห้งรอบที่ 1 และรอบที่ 2 รอบตามลำดับ จะเห็นว่าในกรณีที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งต่ำที่ระดับ 130°C จะได้ร้อยละต้นข้าวสูงกว่ากรณีที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงที่ระดับ 150 และ 170°C ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความชื้นที่ผิวและภายในเมล็ดสูง (เกรเดียนต์ความชื้นมีค่าสูง) ส่งผลให้เกิดความเค้นขึ้นภายในเมล็ด ความเค้นที่สูงนี้จะส่งผลให้เกิดการแตกร้าว เมื่อ

นำไปขัดสีเมล็ดข้าวจึงเกิดการแตกหัก ส่งผลให้ปริมาณต้นข้าวเต็มเมล็ดมีค่าลดลง เมื่อนำผลของร้อยละต้นข้าวที่ได้จากการทดลองนี้มาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของวีระ, (2549) ที่ใช้เทคนิคฟลูอิไดซ์เซชันโดยการใช้อากาศร้อนในการทดลองนั้นจะอบแห้งข้าวที่อุณหภูมิ 120, 140 และ 160°C ร้อยละต้นข้าวที่ได้จากการทดลองนี้จะมีปริมาณต้นข้าวเต็มเมล็ดมากกว่าการอบแห้งโดยผ่านเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนเนื่องจากการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดซ์เซชันนั้นก่อนเข้าเครื่องอบแห้งนั้นได้มีการพ่นไอน้ำเข้าไปในเมล็ดข้าวก่อนที่จะอบแห้งโดยใช้อากาศร้อนส่งผลให้เมล็ดข้าวเกิดการควบแน่นของไอน้ำที่ผิวของข้าวเปลือกทำให้ข้าวเปลือกมีความชื้นและอุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งเป็นภาวะที่เหมาะสมกับการเกิดเจลาติไนเซชัน และเมื่อนำข้าวเปลือกมาอบแห้งด้วยอากาศร้อน จึงเกิดเจลาติไนเซชันที่ค่อนข้างสมบูรณ์ ทำให้แป้งเกิดการพองตัวและโปรตีนแตกตัวเข้าไปในช่องว่างระหว่างเมล็ดแป้งซึ่งเป็นการช่วยลดการแตกหักของเมล็ดข้าวเปลือก แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้เวลาในการอบแห้งค่อนข้างมากกว่าการอบแห้งโดยใช้อากาศร้อนในเครื่องอบแห้งแบบกระแสชน ซึ่งผลของร้อยละต้นข้าวที่ได้นั้นจะให้ผลที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งแบบอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากผลของการชนกันในระหว่างกระบวนการอบแห้งทำให้เมล็ดข้าวเปลือกเกิดการเสียดสีกันส่งผลต่อปริมาณร้อยละต้นข้าว โดยที่ทำการวัดร้อยละต้นข้าวที่ยังไม่ผ่านกระบวนการอบแห้งนั้นมีร้อยละต้นข้าวเท่ากับ 58.1%

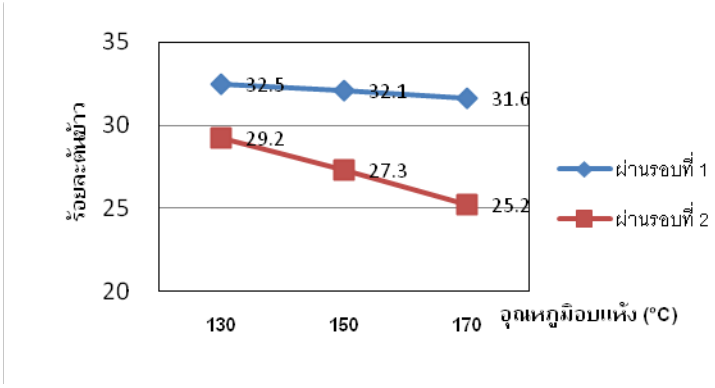


Figure 7 Head rice yield of unhusked under first both second conditions

การเปลี่ยนแปลงสีของข้าว

ในการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดข้าวหลังการอบแห้งนั้นจะแสดงด้วยค่า L^* ซึ่งแสดงค่าความมืดถึงความสว่างซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 ค่า a^* แสดงถึงค่าความเป็นสีเขียวถึงสีแดงซึ่งมีค่าในช่วง -80 ถึง +100 และค่า b^* แสดงถึงค่าสีน้ำเงินถึงสีเหลืองซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง -80 ถึง +100 จากการทดลองพบว่าข้าวเปลือกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการอบแห้งนั้นมีค่า L^* a^* และ b^* มีค่าเท่ากับ 81, 0.6 และ 16 ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าสีของข้าวที่ผ่านการอบแห้งไม่ว่าจะเป็น 1 รอบหรือ 2 รอบ (Figure 6 and Figure 7) พบว่าการเปลี่ยนแปลงสีค่อนข้างน้อย เนื่องมาจากเวลาที่ใช้ในการอบแห้งค่อนข้างสั้น จึงอาจยังไม่ทำให้สีของข้าวนั้นเปลี่ยนแปลงไปจากค่าเดิมมากนัก เนื่องจากการอบแห้งด้วยเทคนิคนี้ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคอื่นๆ จึงอาจจะยังไม่ทำให้สีของข้าวนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

Table 2 Color change of rice under Impinging Stream Drying first round condition

อุณหภูมิอบแห้ง (°C)	L^*	a^*	b^*
130	80.35±0.40	0.52±0.02	15.80±0.44
150	80.41±0.15	0.48±0.04	15.73±0.10
170	80.45±0.20	0.47±0.10	15.61±0.23

Table 3 Color change of rice under Impinging Stream Drying second round condition

อุณหภูมิอบแห้ง (°C)	L^*	a^*	b^*
130	80.86±0.42	0.34±0.01	16.51±0.30
150	80.96±0.15	0.32±0.10	15.56±0.24
170	80.97±0.38	0.36±0.10	16.62±0.34

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาข้อได้เปรียบของเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนมาแล้วนั้น จึงได้มีการศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบกระแสชนนั้นพบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอบแห้งนั้นส่งผลให้อัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตรเพิ่มขึ้นทำให้ความชื้นของข้าวเปลือกนั้นลดลง แต่การใช้อุณหภูมิอบแห้งที่สูงนั้นก็จะส่งผลทำให้ปริมาณร้อยละต้นข้าวลดลงตามไปด้วย ในส่วนการเปลี่ยนแปลงสีของข้าวหลังจากผ่านกระบวนการอบแห้งนั้นพบว่าการใช้เทคนิคการอบแห้งแบบกระแสชนนั้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในส่วนของสีของข้าวนั้นมีค่าน้อยเนื่องจากการใช้เวลาในการอบแห้งสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยเทคนิคอื่นๆ ตลอดจนพบว่าการอบแห้งที่ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นนั้นจะยังคงรักษาคุณภาพของตัวเมล็ดข้าวไว้ได้ ซึ่งหากมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเทคนิคการอบแห้งแบบกระแสชนนี้สามารถที่จะนำมาช่วยลดความชื้นของเมล็ดข้าวหลังการเก็บเกี่ยวได้ ขณะเดียวกันก็สามารถที่จะนำเทคนิคนี้ไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์สำหรับผู้ประกอบการโรงสีได้เพื่อช่วยลดความชื้นของข้าวเปลือกแทนการตากซึ่งต้องใช้พื้นที่เป็นบริเวณกว้างได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สนับสนุนทุนในการวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือและสถานที่

เอกสารอ้างอิง

วีระ ศรีอริยะกุล. 2549. อิทธิพลของการพ่นไอน้ำก่อนที่มีต่อการผลิตข้าวนึ่งโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดซ์เซชันที่ใช้อากาศร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Choicharoen, K., S. davahastin and S. Soponronnarit. 2010. Performance and Energy Consumption of an Impinging Stream Dryer for High-Moisture

Particulate Materials. Drying Technology 28: 20-29.

Huai, X.L., X.F. Peng, G.X. Wang and D.Y. Liu. 2003. Multi-phase flow and drying characteristics in a semi-circular impinging stream dryer. International Journal of Heat and Mass Transfer 46: 3061-3067.

Mujumdar, A.S., S.M, Hosseinalipour and S. Devahastin. 2000. A two-dimensional superheated steam impinging steam dryer: A computational model. Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences 48: 287-299

Nimmol, C and S. Devahastin. 2010. Evaluation of performance and energy consumption of an impinging stream dryer for paddy. Applied Thermal Engineering 30: 2204-2212.

Sathapornprasath, K., S. Devahastin and S. Soponronnarit. 2007. Performance evaluation of an impinging stream dryer for particulate materials. Drying Technology 25: 1121-1128.

Tamir, A., 1994. Impinging-Stream Reactors: Fundamentals and Applications. Elsevier, Amsterdam.

Tamir, A.,1989. Processes and phenomena in impinging-stream reactors. Chemical Engineering Progress 85: 53-61.

Received 3 February 2012
Accepted 31 May 2012