Agricultural Sci. J. 42 : 3 (Suppl.) : 565-568 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 3 (พิเศษ) : 565-568 (2554)

ผลของสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ต่อสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการไหลเวียนอากาศแบบบังคับ

Effect of recycle air ratio on performance of solar dryer by force convection

ธนกร หอมจำปา[1] ศักชัย จงจำ[1] และ อำไพศักดิ์ ทีบุญมา [1]
Tanagorn Homchampa[1] Sakchai Jongjam[1] and Umphisak Teebooma[1]

Abstract

The objective of this research was to investigate the effect of recycle air ratio (RC) on performance of solar dryer forced convection. Solar collector area of this dryer was 0.6 m^2. To achieve the purpose work, *Tilapia nilotica* was selected as testing material. Variables used in this experiment were the following conditions: solar irradiances of 400 - 650 W/m^2 and recycle air ratio of 0, 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8. The criteria used for comparatively studying were moisture ratio and drying rate. The experimental results showed that drying rate increases with the increased in recycle air ratio. Furthermore, it was revealed that the drying rate of recycle air ratios of 0, 0.2, 0.4 and 0.6 were lower than that of the 0.8 by 30%, 24%, 14% and 6%, respectively.

Keywords: Solar Dryer, Recycle air ratio, Forced convection

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ต่อสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการไหลเวียนอากาศแบบบังคับและมีพื้นที่ของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ 0.6 ตารางเมตร สำหรับการทดลองเพื่อศึกษาผลของสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ ได้เลือกปลานิลเป็นตัวอย่างในการทดลอง ซึ่งมีเงื่อนไขในการทดลอง ดังนี้ ความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 400-650 วัตต์ต่อตารางเมตร และสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่เท่ากับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบ คือ อัตราส่วนความชื้น และอัตราการอบแห้ง ผลจากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า อัตราการอบแห้งภายใต้เงื่อนไขสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ 0, 0.2, 0.4 และ 0.6 มีค่าน้อยกว่าอัตราการอบแห้งภายใต้เงื่อนไขสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ 0.8 เท่ากับ 30%, 24%, 14% และ 6% ตามลำดับ

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ สัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ การพาความร้อนแบบบังคับ

คำนำ

การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรโดยการทำให้แห้งสามารถทำได้หลายวิธี (Chua and Chou, 2003) เช่น การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยสุญญากาศ การอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนและการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด วิธีการอบแห้งดังที่กล่าวมาข้างต้นเป็นวิธีการอบที่มีต้นทุนสูงระบบมีความซับซ้อน ซึ่งไม่เหมาะกับอุตสาหกรรมขนาดครัวเรือนหรือเกษตรกรทั่วไป วิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยการอบแห้งที่ง่ายที่สุด และมีต้นทุนที่ต่ำ คือ การตากแดดตามธรรมชาติ แต่ปัญหาที่มักพบอยู่เสมอ ถูกรบกวนจาก แมลง นก หนู หรือสัตว์เลี้ยงต่างๆ และต้องใช้เวลานาน ซึ่งปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นมาหลายรูปแบบ (เผชิญ และคณะ, 2550) เช่น เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานพลังงานความร้อนจากไม้ฟืน เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สแอลพีจี เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า ทำให้เกษตรกรได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้นและลดเวลาในการอบแห้ง แต่ก็ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วยเนื่องจากราคาไม้ฟืน แก๊สแอลพีจี ไฟฟ้า มีราคาสูง ซึ่งการจัดการพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดต้นทุนการผลิตและลดเวลาในการอบแห้งเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อเกษตรกร จากการศึกษาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้อยู่ทั่วไปพบว่า อากาศร้อนหลังการอบแห้งมีอุณหภูมิสูงถูกทิ้งไปโดยไม่มีประโยชน์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงศึกษาผลของสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ต่อสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการไหลเวียนอากาศแบบบังคับ

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University, Warinchumrab District, Ubon Ratchathani Province, 34190

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไหลเวียนอากาศแบบบังคับ มีลักษณะการทำงานดังแสดง Figure1 ซึ่งมีส่วนประกอบ คือ แผงเก็บรังสีแบบแผ่นเรียบขนาดพื้นที่ 0.61 ตารางเมตร ปิดทับด้วยกระจกใสหนึ่งชั้นหนา 3 มิลลิเมตร แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ใช้แผ่นไม้อัดทาสีดำด้านติดตั้งทำมุมเอียง 14 องศากับแนวระดับ ตู้อบแห้งลักษณะทรงสี่เหลี่ยมคางหมู ด้านหลังมีประตูเปิด-ปิด สำหรับนำผลิตภัณฑ์อบแห้งเข้า-ออก ใช้พัดลมแบบแนวแกนเพื่อใช้ขับอากาศให้เกิดการหมุนเวียน โดยมีวาล์วผีเสื้อที่สามารถปรับสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่

หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ คือ อากาศจากแวดล้อมภายนอกจะผสมกับอากาศที่นำกลับมาใช้ใหม่ จากนั้นอากาศผสมจะไหลเข้าสู่แผงเก็บรังสีรับพลังงานจากแสงดวงอาทิตย์ หลังจากนั้นพัดลมจะดูดอากาศร้อนไหลผ่านผลิตภัณฑ์ในห้องอบแห้ง โดยภายในห้องอบแห้งจะเกิดการถ่ายเทความร้อนและมวลพร้อมๆ กัน ระหว่างผลิตภัณฑ์กับอากาศ ซึ่งทำให้อากาศมีอุณหภูมิลดลงในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น หลังจากนั้นอากาศร้อนบางส่วนจะนำกลับมาใช้ใหม่และบางส่วนปล่อยสู่ภายนอก

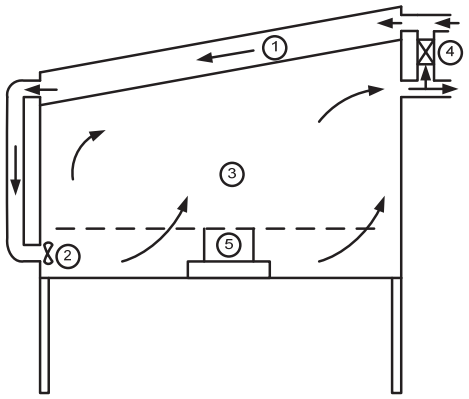

Figure 1 Experimental set-up of the solar dryer; 1) Solar collector, 2) Fan, 3) Drying chamber, 4) Valve, 5) Load cell

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้อบแห้งในงานวิจัยนี้คือ ปลานิล โดยชำแหละเอาส่วนที่เป็นหัวและก้างออกแล้วเอาส่วนที่เป็นเนื้อมาหั่นด้วยเครื่องหั่นตามความยาวของตัวปลา ให้ได้ขนาด 1.0x16x1.5 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ประมาณ 1 กิโลกรัม นำมาวางเรียงบนถาดอบแห้งโดยไม่ให้ซ้อนทับกัน และทำการอบภายใต้เงื่อนไขความเร็วทางเข้าแผงเก็บรังสีอาทิตย์ 3 เมตรต่อวินาที พลังงานตกกระทบ 400 และ 650 วัตต์ต่อตารางเมตร และส่วนสัดการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ (RC) เท่ากับ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ตามลำดับ ในช่วงทำการทดลองจะบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ ในระบบ ทุกๆ 1 นาที โดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูล

การวิเคราะห์จลนพลศาสตร์การอบแห้งของปลานิล ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในช่วงความชื้นเริ่มต้นประมาณ 270-300 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง โดยอัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR) สามารถคำนวณจากสมการที่ (1)

$$MR = \frac{M_t - M_{eq}}{M_{in} - M_{eq}} \quad (1)$$

เมื่อ M_{in} คือ ความชื้นเริ่มต้น, เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง M_t คือ ความชื้นที่เวลาใดๆ, เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

การคำนวณค่าอัตราส่วนความชื้นในงานวิจัยนี้ เป็นการคำนวณค่าโดยประมาณ คือ ไม่คิดค่าความชื้นสมดุลโดยตั้งสมมติฐานว่า ความชื้นชื้นสมดุลมีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับค่าความชื้นเริ่มต้น (อำไพศักดิ์ และประทีป, 2554)

ในส่วนของการวิเคราะห์อัตราการอบแห้ง (Drying rate, DR) ที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา คำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์ตามสมการที่ (2)

$$DR = \frac{M_o - M_T}{T} \quad (2)$$

เมื่อ M_o คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้น,กรัมน้ำต่อกรัมมวลแห้ง, M_T คือ ปริมาณความชื้นที่เวลา T, กรัมน้ำต่อกรัมมวลแห้ง, T คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง, นาที

ผลและวิจารณ์

Figure 2 และ 3 แสดงการเปลี่ยนอัตราส่วนความชื้นและอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่เวลาต่างๆ ภายใต้พลังงานตกกระทบ 400 และ 650 วัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่จะทำให้อัตราการลดลงของอัตราส่วนความชื้นเร็วขึ้นและอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ก็มีอัตราการเพิ่มขึ้นที่รวดเร็ว ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า การนำอากาศกลับมาใช้ใหม่เป็นการนำอากาศที่มีอุณหภูมิสูง (อากาศหลังการอบแห้ง) มาผสมกับอากาศแวดล้อม ทำให้อุณหภูมิอากาศก่อนไหลเข้าแผงเก็บรังสีมีอุณหภูมิสูงขึ้น หลังจากนั้น อากาศส่วนนี้ก็จะรับพลังงานความร้อนจากแผงเก็บรังสีอีกครั้งทำให้อุณหภูมิอากาศอบแห้งสูงขึ้นกว่ากรณีไม่มีการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ ในหลักการเดียวกัน เมื่อเพิ่มสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ก็จะทำให้สามารถเพิ่มอุณหภูมิก่อนเข้าห้องอบแห้งได้สูงขึ้นเรื่อยๆ ดังข้อมูลที่แสดงใน Table 1 ผลจากการวิเคราะห์พบว่า อุณหภูมิผลิตภัณฑ์เฉลี่ยภายใต้เงื่อนไขสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ 0, 0.2, 0.4 และ 0.6 มีค่าน้อยกว่าที่เงื่อนไขสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ 0.8 ประมาณ 18%, 13%, 8% และ 5% ตามลำดับ

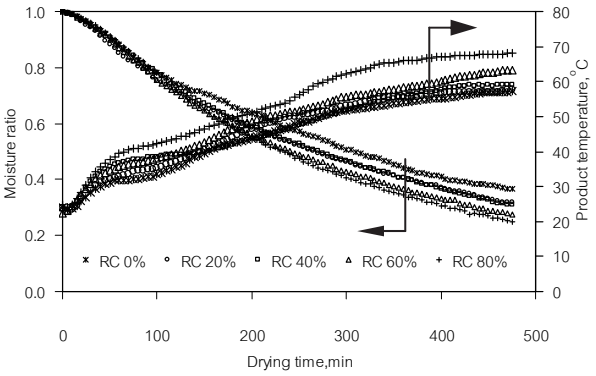

Figure 2 Effect recycle air ratio on moisture ratio and product temperature at solar radiation of 400 W/m^2

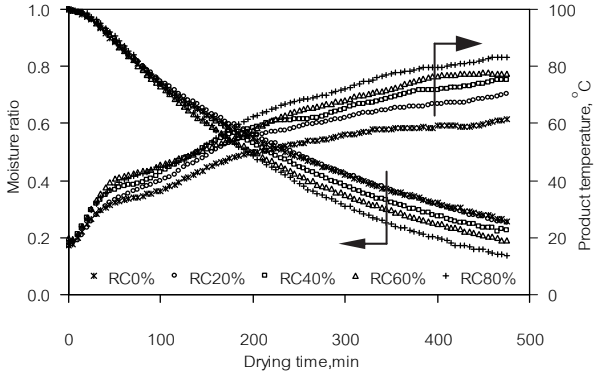

Figure 3 Effect recycle air ratio on moisture ratio and product temperature at solar radiation of 650 W/m^2

Table 1 Average air temperature in the solar dryer at various air recycle ratios.

	Heat flux 400 W/m^2					Heat flux 650 W/m^2				
Recycle air ratio	0%	20%	40%	60%	80%	0%	20%	40%	60%	80%
Ambient air, °C	29.0	29.0	28.0	30.0	29.0	27.0	26.0	26.0	27.0	27.0
Mixed air, °C	28.6	31.6	50.3	56.4	58.9	27.2	36.3	59.1	65.2	68.2
Intake air, °C	53.5	55.2	60.1	61.1	63.5	59.5	65.8	67.3	71.8	74.2
Tilapia nilotica dried, °C	44.7	46.1	48.8	49.7	53.5	48.2	53.4	56.9	59.2	61.8

Figure 4 และ 5 แสดงอัตราการอบแห้งที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ผลจากการวิเคราะห์พบว่า อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และมีค่าสูงสุดหลังจากใช้เวลาอบแห้งไปประมาณ 50 นาที ซึ่งเกิดจากในช่วงแรกของการอบแห้งเป็นช่วงของการเพิ่มอุณหภูมิ นอกจากนั้นจากข้อมูลยังพบว่า ไม่มีช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ และเมื่อพิจารณาที่สัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้

ใหม่ต่างๆ พบว่า อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มสูงดังข้อมูลใน Table 1 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอัตราการอบแห้งที่ความชื้นสุดท้ายประมาณ 150 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ซึ่งเป็นความชื้นของเนื้อปลานิลเส้นแดดเดียวที่มีขายอยู่ในท้องตลาด พบว่า อัตราการอบแห้งภายใต้เงื่อนไขสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ 0, 0.2, 0.4 และ 0.6 มีค่าน้อยกว่าที่เงื่อนไขสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ 0.8 ประมาณ 30%, 24%, 14% และ 6% ตามลำดับ

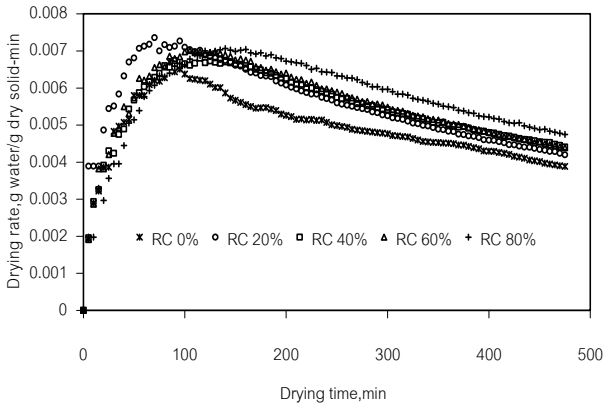

Figure 4 Effect recycle air ratio on drying rate at solar radiation of 400 W/m^2

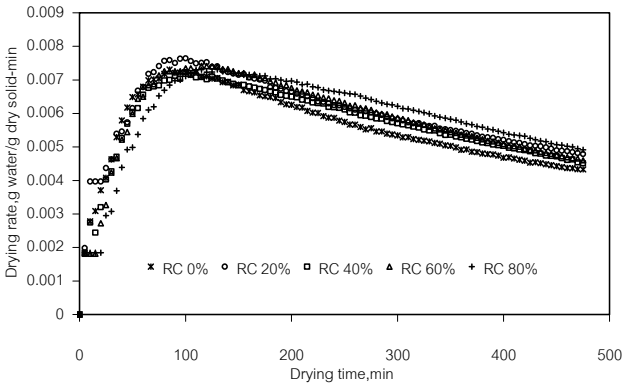

Figure 5 Effect recycle air ratio on drying rate at solar radiation of 650 W/m^2

สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไหลเวียนอากาศแบบบังคับ โดยทำการทดลองอบแห้งปลานิลเส้น ผลจากการศึกษาพบว่า การนำอากาศกลับมาใช้ใหม่สามารถเพิ่มสมรรถนะการอบแห้งหรืออัตราการอบแห้ง โดยเมื่อเพิ่มสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าห้องอบเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนั้นจากการทดลองพบว่า อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าห้องอบแห้งมีค่าสูงสุดเมื่อใช้สัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่เท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยจนทำให้งานสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

เผชิญ จันทร์สา บัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย และ จำนง สรพิพัฒน์. 2550. การศึกษาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในกระเทศไทย: สมรรถนะเชิงพลังงานและแนวทางการส่งเสริม. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3. โรงแรมใบหยก.

อำไพศักดิ์ ทีบุญมา และ ประทีป ตุ้มทอง. 2554. สมการอบแห้งชั้นบางของปลานิลอบแห้งด้วยลมร้อน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (1 พิเศษ): 567-570.

Chua, K. J. and S.K. Chou. 2003. Low-cost drying methods for developing countries. Trends in Food Science 14: 519-528.