Agricultural Sci. J. 42 : 3 (Suppl.) : 573-576 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 3 (พิเศษ) : 573-576 (2554)

ผลของอุณหภูมิและความเร็วลมต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งปลานิลด้วยลมร้อน

Effects of temperature and air velocity on drying kinetic of *Tilapia nilotica* using hot air

ประทีป ตุ้มทอง[1] ปรเมนทร์ มาลีหวล[1] ประพันธ์พงษ์ สมศิลา[1] และ อำไพศักดิ์ ทีบุญมา[2]

Prateep Toomthong[1], Poramen Maleehuan[1], Prapanpong Somsila[1] and Umphisak Teeboonma[2]

Abstract

The objective of this research was to examine the effect of drying air temperature and air velocity on drying kinetic of *Tilapia nilotica* using hot air. Variables used in this experiments were three levels of drying temperatures (50, 60 and 70 °C) and three air velocities levels (1.0, 1.5 and 2.0 m/s). The effects of drying conditions on drying rate and specific energy consumption were investigated. Results showed that drying rate and specific energy consumption increased with an increase in air velocity or drying temperature.

Keywords: Drying, Hot air, Drying kinetic

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาถึงผลของอุณหภูมิ และความเร็วลม ที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งปลานิลโดยใช้ลมร้อน ซึ่งทำการทดลองอบแห้งภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิของอากาศอบแห้งเท่ากับ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วของอากาศร้อนเท่ากับ 1.0, 1.5 และ 2.0 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการศึกษา ได้แก่ อัตราการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง หรือเพิ่มความเร็วลม จะทำให้อัตราการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การอบแห้ง ลมร้อน จลนพลศาสตร์การอบแห้ง

คำนำ

การลดความชื้นสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน (Chua and Chou, 2003) เช่น การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยสุญญากาศ การอบแห้งด้วยลมร้อน และการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด การอบแห้งในแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง และการอบแห้งด้วยสุญญากาศ จะได้ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่มีคุณภาพดี (Jaya and Das, 2003; Nourhene et al, 2009; Vogt, 2007) แต่ก็มีข้อด้อย คือ ระบบมีความซับซ้อนและต้นทุนที่สูง ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วไม่เหมาะกับอุตสาหกรรมขนาดครัวเรือน การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีต้นทุนในการสร้างเครื่องที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ ที่ได้กล่าวมา เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถใช้แหล่งความร้อนได้จากหลายแหล่งที่หาได้ง่าย เช่น จากขดลวดความร้อน น้ำมันเชื้อเพลิง แอลพีจี พลังงานแสงอาทิตย์ หรือความร้อนทิ้งจากกระบวนการต่างๆ ในโรงงาน แหล่งพลังงานที่ถูกที่สุด ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ แต่ก็มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถทำได้หากสภาพอากาศ ไม่เอื้ออำนวย ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สะอาดพอ และต้องใช้พื้นที่มาก (Soponronnarit et al, 1992) ส่งผลให้อัตราการผลิตต่ำ การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบการพาความร้อน (convection) โดยความร้อนจากอากาศจะถ่ายเทด้วยการพาความร้อนสู่ผิวของผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นความร้อนจะถูกถ่ายเทจากผิวของผลิตภัณฑ์สู่ภายในโดยอาศัยการนำความร้อน ซึ่งจะเป็นผลให้ความดันไอของน้ำที่มีอยู่ภายในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำที่อยู่ภายในถูกขับออกมา โดยปริมาณพลังงานความร้อนที่ถูกใช้ขึ้นอยู่กับความเร็วลมและอุณหภูมิ และขณะเดียวกันทั้งสองปัจจัยนี้ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีผลต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของอุณหภูมิและความเร็วลมที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งปลานิลด้วยลมร้อน ซึ่งปลานิลมีการเพาะเลี้ยงจำนวนมาก และมีการแปรรูปในรูปแบบของปลานิลแดดเดียวเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกรบ้านทับไท ตำบลจาระแม อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี มีการแปรรูปปลานิลแดดเดียวสามารถสร้างงานสร้างรายได้เป็นจำนวนมาก (ธนาคารเพื่อการส่งออกและนำเข้า, 2552)

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จ.สุรินทร์ 32000

[1] Division of Mechanical Engineering, Faculty of Agriculture and technology, Rajamanjala University of technology isan, surin campus, Surin province, 32000

[2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

[2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University Warinchumrab District, Ubon Ratchathani Province, 34190

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการศึกษาทดลองในงานวิจัยนี้ เป็นเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer) ซึ่งใช้พลังงานจากขดลวดความร้อน (Heater) ดังแสดง ใน Figure 1

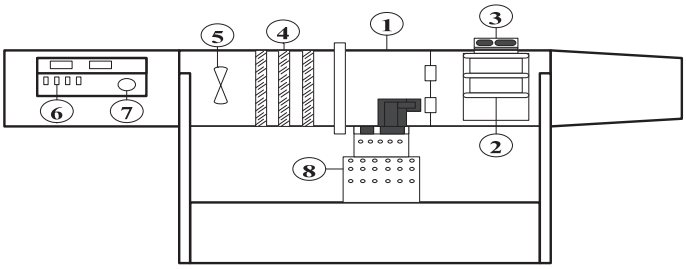

Figure 1 Experimental set-up. 1) Drying chamber 2) Tray products 3) Load cell 4) Coil heat 5) Fan 6) Temperature control 7) Set of wind speed 8) Data logger

ชุดทดลองประกอบด้วยห้องอบแห้งทรงสี่เหลี่ยมพื้นผ้า มีขนาดเท่ากับ 25 × 150 × 25 เซนติเมตร (กว้าง × ยาว × สูง) อุปกรณ์ให้ความร้อนเป็นขดลวดความร้อนขนาด 6 kW พัดลมเป็นแบบไหลตามแนวแกนมอเตอร์ขนาด 500 W สามารถปรับความเร็วลมได้ อุณหภูมิอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ วัดโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ต่อเข้ากับ data logger ความเร็วของอากาศอบแห้ง วัดโดยใช้ hot wirte anemometer วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยใช้กิโลวัตต์ชั่วโมง มิเตอร์ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักชั่งโดยใช้โหลดเซลล์ และต่อเข้า data logger เพื่อบันทึกค่าน้ำหนักตลอดช่วงการทดลอง ในส่วนวิธีทดลอง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้อบแห้ง คือ ปลานิล (*Tilapia nilotica*) โดยชำแหละเอาส่วนที่เป็นหัวและก้างออก แล้วเอาส่วนที่เป็นเนื้อมาหั่นด้วยเครื่องหั่นตามความยาวของตัวปลา ความกว้างของเส้นเนื้อปลาประมาณ 1 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำมาวางเรียงบนถาดอบแห้งโดยไม่ให้ซ้อนทับกัน ปลาสดที่ทำการทดลองมีความชื้นเริ่มต้น 300-350 % d.b. อบจนกระทั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์คงที่ โดยทำการทดลองอบแห้งภายใต้เงื่อนไขความเร็วของลมร้อน 1.0, 1.5 และ 2.0 เมตรต่อวินาที และอุณหภูมิอบแห้ง 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนัก, อุณหภูมิอบแห้ง และอุณหภูมิภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ ทุกๆ 1 นาที โดยใช้ Data logger

การวิเคราะห์จลนพลศาสตร์การอบแห้งในงานวิจัยนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในช่วงความชื้นเริ่มต้น 300-350 % d.b. จนถึงความชื้นสุดท้ายคงที่ โดยอัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR) คำนวณจากสมการที่ (1)

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

เมื่อ M_{in} คือ ความชื้นเริ่มต้น ,% d.b., M_t คือ ความชื้นที่เวลาใดๆ ,% d.b.

ในส่วนของการวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption, SEC) เป็นการวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง ต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้ง ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสำหรับการอบแห้งด้วยลมร้อน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$SEC = \frac{E_{heater} + E_{fan}}{M_w} \quad (2)$$

เมื่อ E_{heater} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ขดลวดความร้อนใช้, kWh
E_{fan} คือ พลังงานไฟฟ้าที่พัดลมใช้, kWh
M_W คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเนื้อวัสดุ, kg

ในการวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และปริมาณน้ำที่ระเหยจากผลิตภัณฑ์ พิจารณาตั้งแต่เริ่มต้นการอบแห้ง จนกระทั่งอัตราส่วนความชื้นเหลือประมาณ 0.5 ซึ่งเป็นสภาวะที่ผลิตภัณฑ์มีความชื้นใกล้เคียงกับปลานิลแดดเดียวที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง การอบแห้งปลานิลที่มีลักษณะเป็นเส้นด้วยลมร้อน เพื่อศึกษาถึงผลของอุณหภูมิ และความเร็วลม ที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งมีรายละเอียดผลการศึกษาดังนี้

Figure 2-5 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งปลานิล ที่เงื่อนไขของอุณหภูมิและความเร็วลมต่างๆ จากการทดลองพบว่า ที่ระดับของอุณหภูมิ และความเร็วลมเดียวกัน การอบแห้งที่ความเร็วลม และอุณหภูมิสูง จะให้อัตราการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งที่ความเร็วลม และอุณหภูมิต่ำ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า การใช้ความเร็วลม และอุณหภูมิอบแห้งสูง ปริมาณพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทให้กับผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณมาก ซึ่งจะสอดคล้องกับลักษณะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ ในกรณีที่พิจารณาภายใต้เงื่อนไขอัตราส่วนความชื้นเท่ากับ 0.5 ความเร็วลมในการอบแห้ง 1.0 เมตรต่อวินาที พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาสั้นกว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 50 และ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 79 และ 27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และหากพิจารณาที่ความเร็วลมในการอบแห้ง 2.0 เมตรต่อวินาที พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาสั้นกว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 50 และ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 45 และ 13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

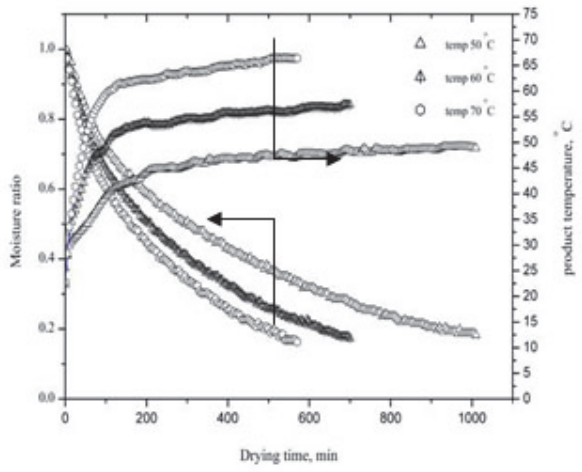

Figure 2 Variation of moisture ratio at air velocity of 1.0 m/s

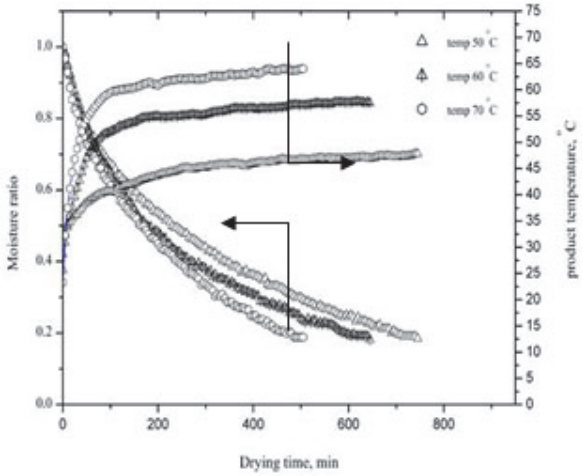

Figure 3 Variation of moisture ratio at air velocity of 2.0 m/s

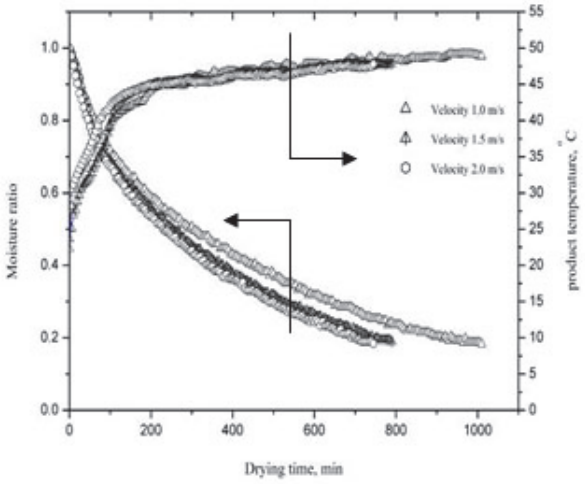

Figure 4 Variation of moisture ratio at air temperature of 50 °C

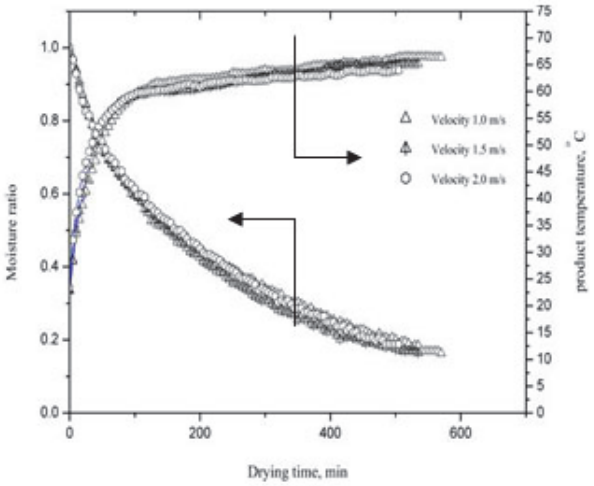

Figure 5 Variation of moisture ratio at air temperature of 70 °C

Table 1 แสดงความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งปลานิลด้วยลมร้อนโดยพิจารณาปริมาณพลังงานที่ใช้อบแห้ง ตั้งแต่เริ่มต้นอบแห้งจนกระทั่งอัตราส่วนความชื้นลดลงประมาณ 0.5 ซึ่งสอดคล้องกับความชื้นของปลานิลแดดเดียว จากข้อมูลใน Table 1 พบว่า ที่เงื่อนไขความเร็วลมเดียวกัน ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง โดยการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งช่วยเพิ่มความสามารถในการระเหยของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้นขณะเดียวกันก็ต้องใช้พลังงานสูงขึ้นเช่นกัน และเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิอบแห้งเดียวกันยังพบอีกว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วลม โดยการเพิ่มความเร็วลมช่วยเพิ่มความสามารถในการระเหยของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้นขณะเดียวกันก็ต้องใช้พลังงานสูงขึ้นเช่นกันซึ่งสรุปได้ว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วลมหรือเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง

Table 1 The specific energy consumption on drying of *Tilapia nilotica* meat

Drying conditions		Extracted water (kg)	Drying time (h)	Energy consumption (kWh)	SEC (kWh/kg)
Temperature (°C)	Velocity (m/s)				
50	1.0	0.4	4.7	5.1	12.8
	1.5	0.4	3.8	6.2	15.5
	2.0	0.4	3.5	7.6	19.1
60	1.0	0.4	3.3	5.2	13.0
	1.5	0.4	3.2	7.6	19.0
	2.0	0.4	2.8	8.9	22.1
70	1.0	0.4	2.7	5.5	13.7
	1.5	0.4	2.5	7.6	19.1
	2.0	0.4	2.3	9.4	23.4

สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา และทดลองการอบแห้งปลานิลด้วยลมร้อน จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิ และความเร็วลมมีผลต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้ง โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งหรือความเร็วลม จะมีผลทำให้อัตราการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะเพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ธนาคารเพื่อการส่งออกและนำเข้า. 2552. ปลานิลดาวรุ่งดวงใหม่สินค้าประมงส่งออกของไทย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.ryt9.com. (09/04/2011).

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

Jaya, S. and H. Das. 2003. A vacuum drying model for mango pulp. *Drying Technology* 21: 1215-1234.

Nourhene, B., B. Neila, B.S. Imen and K. Nabil. 2009. Comparison on the total phenol contents and the color of fresh and infrared dried olive leaves. *Industrial Crops and Products* 29: 412-419.

Soponronnarit, S., D. Nattawut, J. Hirunlabh, P. Namprakai and S. Thepa. 1992. Computer Simulation of Solar Energy Assisted Fruit Drying. *RERIC International Energy Journal* 14: 59-70.

Vogt, M. 2007. Infrared drying lowers energy costs and drying times. *Plastics, Additives and Compounding* 9: 58-61.