

การศึกษาการอบแห้งไช้หน้าด้วยลมร้อน Study of Wolffia Drying Using Hot Air

ประทีป ตุ่มทอง¹ สุชีรา สวยกลาง² และพิทยา ตุ่มทอง³
Prateep Toomthong¹, Suchira Suayklang² and Pittaya Toomthong³

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์¹

งานบริหารทรัพยากร สำนักงานวิทยาเขตสุรินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์²

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์³

Th_prateep@hotmail.com¹, suasalito999@hotmail.com² and pittaya44@gmail.com³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาถึงผลของอุณหภูมิ และความเร็วลม ที่มีต่อพฤติกรรมการอบแห้งไช้หน้า โดยไช้ลมร้อน ซึ่งทำการทดลองอบแห้งภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิของอากาศอบแห้งเท่ากับ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วของอากาศร้อนเท่ากับ 0.5 1.0 และ 1.5 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการศึกษา ได้แก่ อัตราการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง หรือเพิ่มความเร็วลม จะทำให้อัตราการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การอบแห้ง ไช้หน้า ลมร้อน

Abstract

The objective of this research was to examine the effect of drying air temperature and air velocity on drying kinetic of Wolffia using hot air. Variables used in this experiments were three levels of drying temperatures 50, 60 and 70 °C and three air velocities levels 0.5, 1.0 and 1.5 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, Wolffia, Hot Air

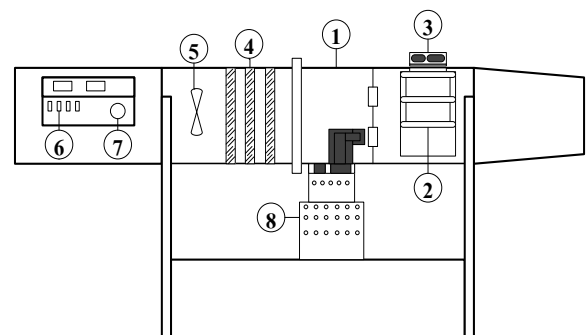
บทนำ

การลดความชื้นสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน (Chua and Chou, 2003) เช่น การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อน ยวดยิ่ง การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยสุญญากาศ การอบแห้งด้วยบีมความร้อน การอบแห้งด้วยลมร้อนและการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด การอบแห้งในแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง การอบแห้งด้วยสุญญากาศ และการอบแห้งด้วยบีมความร้อนจะได้ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่มีคุณภาพดี แต่ก็มีข้อด้อย คือ ระบบมีความซับซ้อนและต้นทุนที่สูง ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วไม่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมขนาดครัวเรือน สำหรับการอบแห้งด้วยไมโครเวฟเป็นอีกวิธีที่น่าสนใจ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบจะมีคุณภาพสูง แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องความปลอดภัยจากคลื่นสนามแม่เหล็ก (Glouannec et al, 2002) ทำให้ยังจำกัดการใช้แค่เตาอบขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัว การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับการยอมรับเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีต้นทุนในการสร้างเครื่องที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ ที่ได้กล่าวมา เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถใช้แหล่งความร้อนได้จากหลายแหล่งที่หาได้ง่าย เช่น จากขดลวดความร้อน น้ำมันเชื้อเพลิง แอลพีจี พลังงานแสงอาทิตย์ หรือความร้อนทิ้งจากกระบวนการต่างๆ ในโรงงาน แหล่งพลังงานที่ถูกที่สุด ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ แต่ก็มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถทำได้หากสภาพอากาศ ไม่เอื้ออำนวย ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สะอาดพอ และต้องใช้พื้นที่มาก ส่งผลให้อัตราการผลิตต่ำ การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบการพาความร้อน (convection) โดยความร้อนจากอากาศจะถ่ายเทด้วยการพาความร้อนสู่ผิวของผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นความร้อนจะถูกถ่ายเทจากผิวของผลิตภัณฑ์สู่ภายในโดยอาศัยการนำความร้อน ซึ่งจะเป็นผลให้ความดันไอของน้ำที่มีอยู่ภายในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำที่อยู่ภายในถูกขับออกมา จากข้อสรุปเบื้องต้นงานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะศึกษาการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรประเภทพืช

อาหารสัตว์ด้วยลมร้อน ซึ่งได้แก่ ไข่น้ำ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่กำลังได้รับความนิยมจากเกษตรกรผู้ประกอบอาชีพเลี้ยงปลาเป็นจำนวนมาก ทำให้ลดต้นทุน และสามารถเพิ่มผลผลิตได้ ดังนั้นหากมีข้อมูลพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของการอบแห้งไข่น้ำก็จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารปลาต่อไปในอนาคต

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

รูปที่ 1 ประกอบด้วยห้องอบแห้งทรงสี่เหลี่ยมพื้นผ้า ขนาดระดับห้องปฏิบัติการ ขนาดของห้องอบแห้งเท่ากับ $25 \times 150 \times 25$ เซนติเมตร (กว้าง \times ยาว \times สูง) อุปกรณ์ให้ความร้อนเป็นขดลวดความร้อนขนาด 5 กิโลวัตต์ พัฒนเป็นแบบไหลตามแนวแกนมอเตอร์ขนาด 500 วัตต์ สามารถปรับความเร็วลมได้ อุณหภูมิอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ วัดโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ความละเอียด ± 0.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเข้ากับชุดบันทึกข้อมูล ความละเอียด ± 0.2 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วของอากาศอบแห้ง วัดโดยใช้ชุดวัดความเร็วลม ความละเอียด ± 0.2 เปอร์เซ็นต์ วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยใช้กิโลวัตต์-ชั่วโมง มิเตอร์ ความละเอียด 0.01 KWh การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักชั่งโดยใช้โหลดเซลล์ ความละเอียด ± 0.02 เปอร์เซ็นต์ และต่อเข้าสู่ชุดบันทึกข้อมูล เพื่อบันทึกค่าน้ำหนักตลอดช่วงการทดลอง



รูปที่ 1 ชุดทดลองประกอบด้วย 1) ห้องอบแห้ง 2) ถาดรองผลิตภัณฑ์ 3) โหลดเซลล์ 4) ขดลวดความร้อน 5) พัดลม 6) ชุดควบคุมอุณหภูมิ 7) ชุดปรับความเร็วลม 8) ชุดบันทึกข้อมูล

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบสำหรับงานวิจัยนี้ ได้แก่ ไข่น้ำ โดยนำไข่น้ำจากสระน้ำสาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาเขตสุรินทร์ มาเสด็จน้ำ แล้วนำเข้าสู่กระบวนการอบแห้ง ในช่วงการทดลองมีการควบคุม และบันทึกค่าต่างๆ โดยใช้เครื่องควบคุม และบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ได้แก่ ควบคุมอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในห้องอบแห้ง ควบคุมความเร็วของลม บันทึกอุณหภูมิภายในไข่น้ำ และน้ำหนักตัวอย่างที่ลดลงตลอดระยะเวลาการทดลอง ตามรายละเอียดดังนี้

1) เตรียมไข่น้ำสดเพื่อทำการทดลองจำนวน 2 ถาดๆ ละ 500 กรัม โดยทำการอบแห้งจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายใกล้เคียงกับไข่น้ำที่นำมาแปรรูปเป็นอาหารปลาที่มีจำหน่ายในท้องตลาด คือความชื้นประมาณ 16.38 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง

2) ทำความสะอาดเครื่องอบแห้ง และถาดรองผลิตภัณฑ์

3) เตรียมความพร้อมเครื่องอบแห้ง และดำเนินการทดลอง โดยตั้งอุณหภูมิอากาศที่ใช้ออบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที หลังจากนั้นนำไข่น้ำที่เตรียมไว้ มาใส่บนถาดที่มีตาขังรองรับ ต่อสายเทอร์โมคัพเบิลเพื่อวัดอุณหภูมิอากาศภายในห้องอบแห้ง และอุณหภูมิภายในไข่น้ำตรงบริเวณใจกลางของไข่น้ำที่ทำการอบแห้ง บันทึกน้ำหนักของไข่น้ำที่ลดลงทุกๆ 5 นาที จนได้ค่าความชื้นเท่ากับ ความชื้นของไข่น้ำที่นำมาแปรรูปเป็นอาหารปลา แล้วหยุดการทำงานเครื่องอบแห้ง บันทึกมวลของไข่น้ำหลังการอบแห้ง และค่าพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งโดยอ่านค่าจาก กิโลวัตต์เออร์มิเตอร์

5) ทำการทดลองในกรณีถัดไปโดยตั้งอุณหภูมิอากาศที่ใช้ออบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที ทำการทดลองในลักษณะเดิม โดยเปลี่ยนความเร็วลมเป็น 1.5 เมตรต่อวินาที จนกระทั่งเสร็จสิ้นตามเงื่อนไขของการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองในงานวิจัยนี้ ทำการวิเคราะห์ผลที่ความชื้นสุดท้ายเหลือประมาณ 16.38 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง โดยความชื้น (Moisture

content, MC) ของผลิตภัณฑ์คำนวณจากสมการที่ (1) (อำไพศักดิ์ และประทีป, 2553)

$$MC = \frac{W_t - W_d}{W_d} \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ

W_t คือ น้ำหนักไข่น้ำ ที่เวลาใดๆ (กรัม)

W_d คือ น้ำหนักแห้งของไข่น้ำ (กรัม)

การศึกษาจลนพลศาสตร์การอบแห้งของไข่น้ำ ศึกษาในรูปของอัตราส่วนความชื้น (Moisture Ratio, MR) โดยคำนวณจากสมการที่ (2) (ชนกร, ศักชัย และอำไพศักดิ์, 2553)

$$MR = \frac{M_t}{M_{in}}$$

เมื่อ

M_{in} คือ ความชื้นเริ่มต้น (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง)

M_t คือ ความชื้นที่เวลาใดๆ (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง)

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption, SEC) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง ต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้ง ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสำหรับการอบแห้งด้วยลมร้อน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3) (อำไพศักดิ์ และประทีป, 2553)

$$SEC = \frac{E_{heater} + E_{fan}}{M_w} \quad (3)$$

เมื่อ

- E_{heater} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ขดลวดความร้อนใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง มิเตอร์)
- E_{fan} คือ พลังงานไฟฟ้าที่พัดลมใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง มิเตอร์)
- M_w คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเนื้อวัสดุ (กิโลกรัม)

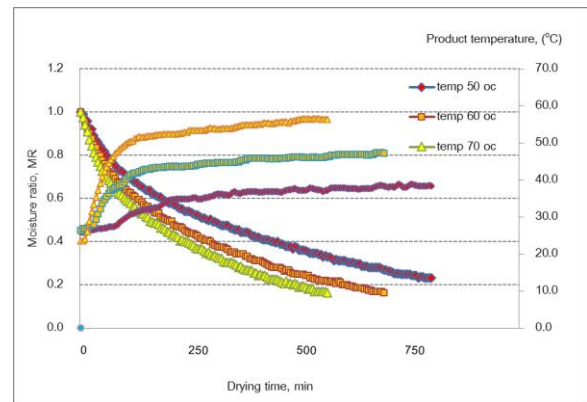
ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เปลืองพลังงานจำเพาะ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และปริมาณน้ำที่ระเหยจากผลิตภัณฑ์ พิจารณาตั้งแต่เริ่มต้นการอบแห้ง จนกระทั่งอัตราส่วนความชื้นเหลือประมาณ 16.38 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ซึ่งเป็นสภาวะที่ผลิตภัณฑ์มีความชื้นใกล้เคียงกับความชื้นของไข่น้ำที่นำมาแปรรูปเป็นอาหารปลา

ผลการวิจัย

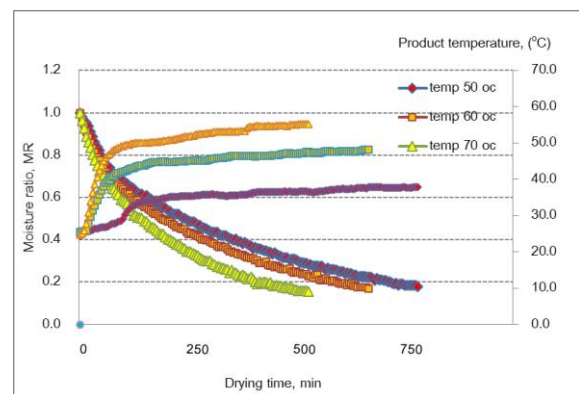
อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งไข่น้ำ

รูปที่ 3-5 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของการอบแห้งไข่น้ำด้วยลมร้อนในตู้อบแห้งแบบถาด ที่เงื่อนไขของความเร็วลมต่างๆ จากการศึกษาดทดลองพบว่า ที่ระดับความเร็วลมที่ใช้ในการอบแห้งเดียวกัน การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะให้อัตราการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิต่ำ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า กรณีที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูง ปริมาณพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทให้กับผลิตภัณฑ์ (ไข่น้ำ) ในการอบแห้งจะมีปริมาณมาก ซึ่งจะสอดคล้องกับลักษณะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้อัตราส่วนความชื้นของผลิตภัณฑ์ในการอบแห้งลดลงได้เร็วกว่า โดยเฉพาะในช่วงแรกของการอบแห้ง ความชื้นของผลิตภัณฑ์จะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นช่วงที่ผลิตภัณฑ์ได้รับพลังงานความร้อนจากขด

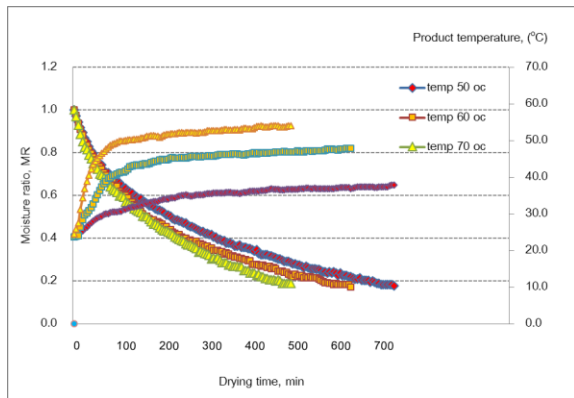
ลวดความร้อน อีกทั้งผลิตภัณฑ์ยังมีความชื้นสูง ดังนั้นจึงเกิดการถ่ายเทความร้อนจากผลิตภัณฑ์ออกสู่ภายนอกห้องอบแห้งอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นความชื้นจะค่อยๆ ลดลงมาเรื่อยๆ จนคงที่ในที่สุด ในกรณีที่พิจารณาภายใต้เงื่อนไขเปอร์เซ็นต์ความชื้นในการอบแห้งเท่ากับ 16.38 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ความเร็วลมในการอบแห้งที่ 0.5 เมตรต่อวินาที พบว่าการอบแห้งผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ อุณหภูมิอบแห้ง 50 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น ที่ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 4 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น ที่ความเร็วลม 1.0 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้น ที่ความเร็วลม 1.5 เมตร ต่อวินาที

**อิทธิพลของอุณหภูมิและความเร็วลมที่มีต่อความ
 สิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ**

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์พลังงาน
 จำเพาะของการอบแห้งไชน้ำด้วยลมร้อนโดยพิจารณา

ปริมาณพลังงานที่ใช้อบแห้ง ตั้งแต่เริ่มต้นการอบแห้ง จนกระทั่งเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงประมาณ 16.38 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับความชื้นของไชน้ำ จากข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่า ที่เงื่อนไขความเร็วลมเดียวกัน ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง โดยการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง ช่วยเพิ่มความสามารถในการระเหยของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้นขณะเดียวกันก็ต้องใช้พลังงานสูงขึ้นเช่นกัน และเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิอบแห้งเดียวกันยังพบอีกว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วลม โดยการเพิ่มความเร็วลมช่วยเพิ่มความสามารถในการระเหยของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น ขณะเดียวกันก็ต้องใช้พลังงานสูงขึ้นเช่นกัน ซึ่งสรุปได้ว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วลมหรือเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์พลังงานจำเพาะของการอบแห้งไชน้ำด้วยลมร้อน

Drying condition		Extracted water (kg)	Drying time (min)	Energy consumption (kWh)	SEC (kWh/kg)
Temp. (°C)	Velocity (m/s)				
50	0.5	0.5	270.0	4.5	9.0
	1.0	0.5	216.0	6.0	12.0
	1.5	0.5	198.0	7.4	14.8
60	0.5	0.5	186.0	5.6	11.2
	1.0	0.5	180.0	6.4	12.8
	1.5	0.5	156.0	7.8	15.6
70	0.5	0.5	150.0	5.9	11.8
	1.0	0.5	138.0	7.0	14.0
	1.5	0.5	126.0	8.1	16.2

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาพฤติกรรมการอบแห้งไข่น้ำ ด้วยลมร้อน ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิ และความเร็วลมมีผลต่อพฤติกรรมการอบแห้ง โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง หรือความเร็วลม จะมีผลให้อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะก็สูงขึ้นตามไปด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ธนกร หอมจำปา, ศักชัย จงจำ และอำไพศักดิ์ ทีบุญญา. (2554). ผลของสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ต่อสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการไหลเวียนอากาศแบบบังคับ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3), (พิเศษ) 565-568.
- อำไพศักดิ์ ทีบุญญา และประทีป ตุ่มทอง. (2553). จลนพลศาสตร์การอบแห้งปลานิลด้วยลมร้อน. วารสารวิศวกรรมสาร มข., 37(2), 307-317.
- Chua, K. J. and Chou, S. K. (2003). **Low-cost drying methods for developing countries.** Trends in FoodScience & Technology, 14, 519-528.
- Glouannec, P., Lecharpentier, D. and Noel, H. (2002). **Experimental survey on the combination of radiating infrared and microwave sources for the drying of porous material.** Applied Thermal Engineering, 22, 1689–1703.