การอบแห้งดักแด้ไหมด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

Silkworm Pupae Drying Using Microwave Combined with Hot Air

มงคลชัย คำปากดี[1], ณัฐพล ภูมิสะอาด[1], ละมุล วิเศษ[2]

[1]ห้องปฏิบัติการวิจัยกระบวนการทางความร้อน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
[2]ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
E-mail: mongkolchai.ka@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์: 081-5458315, เบอร์โทรสาร:0-4375-4316

บทคัดย่อ

ดักแด้ไหมคือผลพลอยได้จากการเก็บเกี่ยวรังไหม นิยมนำมาทอดเพื่อรับประทานเนื่องจากมีรสชาติดีและมีปริมาณโปรตีนสูง เพื่อหลีกเลี่ยงการทอดจึงสนใจแปรรูปดักแด้ไหมโดยใช้การอบแห้งด้วยไมโครเวฟสำหรับคนที่รักสุขภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากำลังของไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนที่มีผลต่อจลนศาสตร์การอบแห้งดักแด้ไหม โดยใช้กำลังไมโครเวฟ 143 270 323 และ 394 วัตต์ ร่วมกับลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วของอากาศ 1 เมตรต่อวินาที เปรียบเทียบกับการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเพียงอย่างเดียว จากการทดลองพบว่า การอบแห้งที่กำลังไมโครเวฟสูงขึ้นมีอัตราการอบแห้งมากกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว สำหรับค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งดักแด้ไหมที่ดีที่สุด คือ สภาวะการอบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 323 วัตต์ ระยะเวลาและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งลดลงร้อยละ 98.74 และ 98.11 เมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพียงอย่างเดียว

คำหลัก: ดักแด้, ไมโครเวฟ, การอบแห้ง

Abstract

Silkworm pupae is by product derived from harvested cocoon. It is popular fried for consuming due to its good taste and high protein content. To avoid the frying, microwave drying process is interesting for health lovers. The objective of this research was to study the effect of microwave power combined with hot air on drying kinetics of silkworm pupae. The microwave powers of 143 270 323 and 394 watts were applied and combined with hot air at temperature of 60 °C with air velocity of 1 m/s. These were compared with drying at air temperature of 60 °C. The results showed that the increase in microwave power resulted in the higher drying rate and higher than only hot air drying. For the specific energy consumption, the best drying condition of silkworm pupae is using microwave power of 323 watts. The drying time and energy consumption could be reduced by 98.74 and 98.11% when compared to only drying with hot air at the 60 °C

Keyword*:* Silkworm pupae, Microwave, Drying

1. บทนำ

ไหมอีรี่ (*Philosoia ricinii, Attacus ricinii or P.cynthia*) เป็นแมลงผีเสื้อกลางคืนชนิดหนึ่ง ที่นำมาเพาะเลี้ยงเพื่อใช้ผลิตผ้าไหม เดิมเพาะเลี้ยงที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศอินเดีย แต่สำหรับในประเทศไทยมีการเพาะเลี้ยงกันมาก ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งดักแด้ไหมอีรี่นี้คือผลพลอยได้จากการเลี้ยงไหมและมีปริมาณมากในแต่ละปี ในประเทศต่างๆ เช่น ญี่ปุ่น อินเดีย ไทย จีน และเกาหลี เป็นต้น ดักแด้ไหมได้รับความนิยมนำมารับประทาน (Pereira et al., 2003) เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการอาหารสูงและราคาถูก ซึ่งจะเห็นได้จากมีร้านขายแมลงและดักแด้ไหมทอดตามท้องตลาดทั่วไป

การเพิ่มปริมาณของผลผลิตดักแด้ไหมที่มีปริมาณสูงในแต่ละปีนี้ ทำให้เกิดปัญหาผลผลิตเกินความต้องการการบริโภค ผลผลิตดักแด้ไหมที่เหลือจึงเกิดการเน่าเสีย การแปรรูปผลผลิตดักแด้ไหมโดยวิธีการอบแห้งจึงเป็นอีกทางหนึ่ง ที่ช่วยให้การเก็บรักษาผลผลิตของดักแด้ไหม ให้สามารถเก็บรักษาได้ยาวนานยิ่งขึ้น ทั้งยังช่วยลดน้ำหนักและปริมาตรของผลิตภัณฑ์ให้น้อยลง ทำให้ลดต้นทุนในการเก็บรักษาและการขนส่งต่ำลง (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540)

การตากแดดเป็นวิธีดั้งเดิมที่ใช้ในการลดความชื้นผลผลิตทางการเกษตร โดยอาศัยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำให้มีต้นทุนต่ำ แต่มีข้อเสีย คือ ไม่สามารถควบคุมความสะอาดและใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนาน Usub et al. (2008, 2010) ได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยทำการทดลองอบแห้งดักแด้ไหม พบว่า ระยะเวลาในการอบแห้งลดลงประมาณ 40% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตากแดดแบบเดิม

จากข้อเสียที่กล่าวมาข้างต้น การอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ สามารถช่วยแก้ไขและชดเชยข้อเสียของการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว ซึ่งช่วยให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งดีขึ้น และยังใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยลง จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของมันฝรั่งจากการอบแห้งด้วยไมโครเวฟและลมร้อนของ Khraisheh et al. (2004) พบว่า การลดลงของระยะเวลาการอบแห้งมันฝรั่ง จะมีการสูญเสียหรือถูกทำลายของสารอาหารลดลง ทั้งยังช่วยให้คงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น การเปลี่ยนแปลงของสี และการหดตัว ได้ดีกว่าการอบแห้งด้วยวิธีการพาความร้อนเพียงอย่างเดียว จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้ไมโครเวฟถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น กระเทียม (Shermar and Prasad, 2000) สตรอเบอร์รี่ (Piotrowski et al., 2004) กล้วย (Maken, 2000) ข้าว (Jiao et al., 2013) ลำไย (Varith, 2007) และเห็ด (Lombrana et al., 2010) เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษากำลังไมโครเวฟที่มีผลต่อจลนศาสตร์การอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งดักแด้ไหม

2. อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

ในการทดลองใช้ดักแด้ไหมอีรี่ จากอำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธ์ ที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดประมาณ 3 นาที และเก็บรักษาด้วยวิธีการแช่แข็ง ดังนั้นในการเตรียมดักแด้ไหมก่อนทำการทดลอง จึงต้องนำดักแด้ไหมมาวางพักไว้ในที่มีอากาศถ่ายได้

สะดวก เพื่อปรับอุณหภูมิของดักแด้ไหมให้เท่ากับอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมก่อนนำไปทดลอง

2.1 ความชื้น

หาความชื้น (Moisture content, M) ของดักแด้ไหม โดยใช้ตัวอย่างของดักแด้ไหมอีรี่ปริมาณ 20 กรัม นำมาอบด้วยตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Sub et al. 2008)

2.2 เครื่องอบแห้ง

เครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน เป็นเครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นเพื่อศึกษาการอบแห้งดักแด้ไหม ดังรายละเอียดในรูปที่ 1 ซึ่งเครื่องอบแห้งนี้มีแหล่งพลังงานความร้อน 2 ชนิดได้แก่ แหล่งพลังงานความร้อนแบบการพาความร้อน คือ ลมร้อนจากขดลวดความร้อนไฟฟ้า และแหล่งพลังงานความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงดำเนินการทดลองอบแห้งดักแด้ไหม 2 แนวทาง คือ อบแห้งดักแด้ไหมด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว และอบแห้งดักแด้ไหมด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน รายละเอียดของเครื่องอบแห้งประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

ก. ห้องอบแห้งขนาด 300 x 240 x 210 ตารางมิลลิเมตร ติดตั้งแมกนีตรอนสร้างคลื่นไมโครเวฟขนาด 800 วัตต์ ความถี่ 2.45 จิกกะเฮิร์ท ปรับค่ากำลังไมโครเวฟด้วย Lux meter โดยทำการวัดอุณหภูมิลมร้อนก่อนเข้าห้องอบแห้งด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด type T โดยต่อปลายสายเทอร์โมคัปเปิลเพื่อส่งสัญญาณไปยังเครื่อง PID Temperature controller เพื่อควบคุมอุณหภูมิอากาศร้อนในการอบแห้ง

ข. พัดลมแบบใบพัดโค้งหน้ายี่ห้อ Mitsubishi ขนาด 0.5 แรงม้า เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว

ค. ขดลวดความร้อนไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ จำนวน 2 ตัว

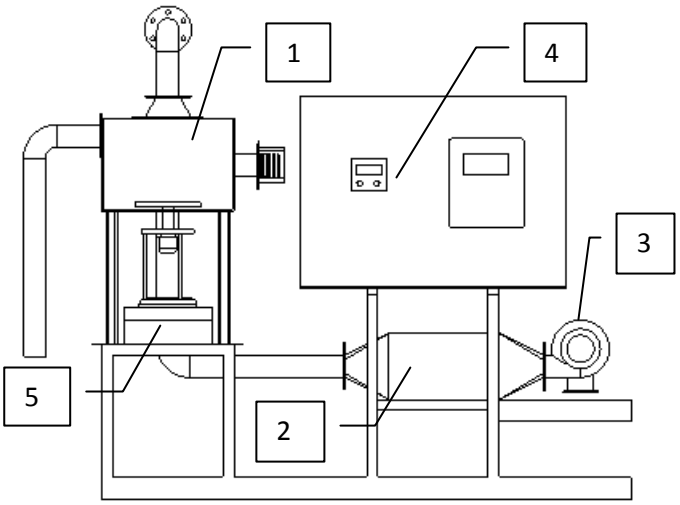
ง. อุณหภูมิอบแห้งควบคุมด้วยหน่วยควบคุมอุณหภูมิชนิด PID (Proportional–Integral–Derivative Controller) ซึ่งมีเทอร์โมสตัทเป็นตัวเซนเซอร์ควบคุมอุณหภูมิ มีความละเอียด 0.5 องศาเซลเซียส

จ. เครื่องชั่งไฟฟ้าขนาดน้ำหนักที่ชั่งได้ 1-3,200 กรัม ค่าความผิดพลาด 0.01 กรัม

2.3 วิธีการอบแห้ง

นำดักแด้ไหมที่เตรียมไว้มาวางเรียงให้เต็มถาดกลมขนาด 85 ตารางเซนติเมตร นำไปชั่งหาน้ำหนักก่อนอบแห้ง และทำการอบแห้งดักแด้ไหม ทำการบันทึกค่าน้ำหนักของดักแด้ไหมที่ลดลงทุก 2 นาที จนสิ้นสุดการทดลอง

เงื่อนไขการทดลอง ทำการอบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟที่กำลังวัตต์ 4 ระดับ ได้แก่ 143 270 323 และ 394 วัตต์ จากการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าด้วย Lux meter เพื่อสร้างกำลังไมโครเวฟที่กำลังไมโครเวฟต่ำสุดไปจนกระทั่งกำลังไมโครเวฟสูงสุดในการอบแห้งโดยแบ่งกำลังไมโครเวฟ 4 ระดับการทดลองร่วมกับลมร้อน 60 องศาเซลเซียส ซึ่งที่ได้ทดลองอบแห้งดักแด้ไหมด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวก่อนหน้านี้ ความเร็วลม 1.0 เมตรต่อวินาที เปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 1.0 เมตรต่อวินาที



(1) ห้องอบแห้งและไมโครเวฟ; (2) ฮีทเตอร์; (3) พัดลมเป่าอากาศ; (4) PID (Proportional–Integral–Derivative Controller) และ (5) เครื่องชั่งไฟฟ้าขนาด 1-3200 กรัม

รูปที่1 เครื่องอบแห้งไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

2.4 การวิเคราะห์การอบแห้ง

ค่าความชื้น คือ ค่าบ่งบอกถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเทียบกับมวลของวัสดุ โดยความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis, M_d) คำนวณได้จากสมการที่ (1) ดังนี้

$$M_d = \frac{(w-d)}{d} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (ร้อยละมาตรฐานแห้ง d คือ มวลแห้งของวัสดุ (กรัม) w คือ น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)

2.5 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง (Specific energy consumption)

สามารถหาได้จากสมการ (2)

$$SEC = \frac{E_{microwave} + E_{blower} + E_{heater}}{\left(M_i - M_f\right)} \qquad (2)$$

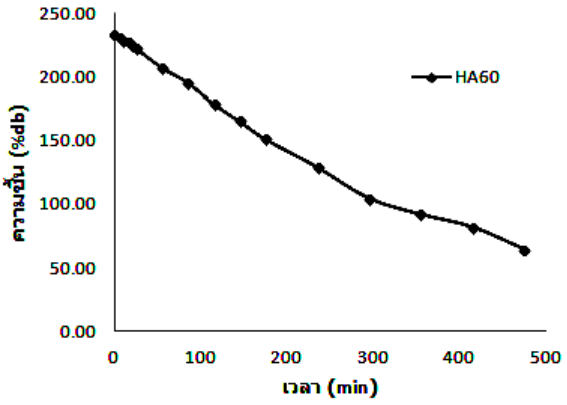
เมื่อ E คือพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW) M_i และ m_f คือ ความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้าย (d.b.) โดยพัดลมเป่าอากาศมีประสิทธิภาพของ 90% ตัวทำความร้อนมีประสิทธิภาพ 80% และไมโครเวฟมีประสิทธิภาพของ 50% (Decareau and Peterson, 1986; Büffler,1993)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

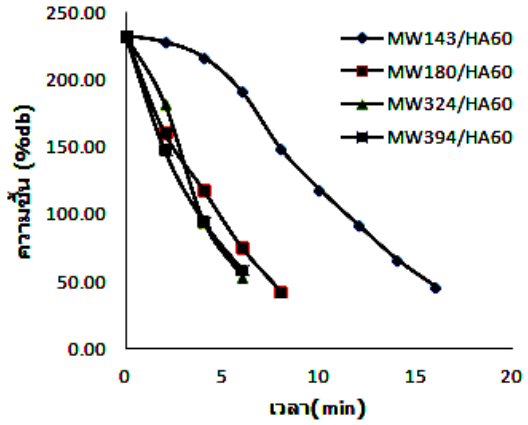
3.1 จลนศาสตร์การอบแห้งดักแด้ไหม

จากรูปที่ 2 แสดงปริมาณความชื้น กับเวลาของการทดลองที่สภาวะต่างๆ โดยดักแด้ไหมมีความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 233 มาตรฐานแห้ง และความชื้นสุดท้ายหลังการอบแห้งอยู่ในช่วงร้อยละ 54-65 มาตรฐานแห้ง ผลการทดลองจากรูปที่ 2 ก พบว่า การอบแห้งดักแด้ไหม ด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ไม่พบอัตราการอบแห้งแบบคงที่ จะพบเฉพาะอัตราการอบแห้งแบบลดลง ทำให้ใช้เวลาการอบแห้งที่นาน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ดังแสดงในรูปที่ 2 ข พบว่า ช่วงอัตราการอบแห้งแบบลดลงจะสั้นลง แต่ช่วงของอัตราการอบแห้งแบบคงที่จะนานขึ้นตามขนาดของกำลังไมโครเวฟที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากดักแด้ไหมมีลักษณะผิวนอกที่แข็งแต่ภายในมีปริมาณความชื้นสูง การอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว การถ่ายเทมวลของน้ำมายังผิวนอกเป็นไปได้ช้า ทำให้ประสิทธิภาพการอบแห้งต่ำ สำหรับการอบแห้งด้วยไมโครเวฟนั้น คลื่นไมโครเวฟจะผ่านเข้าไปข้างในดักแด้ไหมซึ่งสร้างความร้อนจากภายใน ทำให้การถ่ายเทของน้ำภายในตัวดักแด้ไหมมายังผิวนอกเกิดขึ้นได้เร็ว ส่งผลให้ประสิทธิภาพการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ

ร่วมกับลมร้อนดีกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว ดังกราฟรูปที่ 2



(ก) อบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว



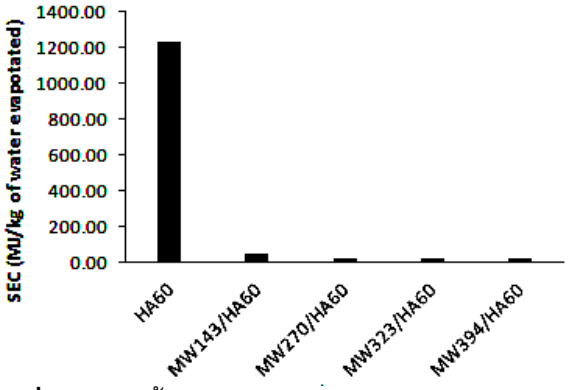
(ข) อบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

รูปที่2 กราฟจลนศาสตร์การอบแห้งดักแด้ไหม

3.2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง (SEC)

จากรูปที่ 3 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งดักแด้ไหมที่สภาวะการทดลองต่างๆ พบว่า เมื่อกำลังไมโครเวฟในการอบแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นและระยะเวลาในการอบแห้งมีค่าน้อยลง ส่งผลให้ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้อบแห้งดักแด้ไหมลดลงด้วย สอดคล้องกับผลการทดลองที่ผ่านมาของ Varith et al. (2008) สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล และคณะ (2555) ที่กำลังไมโครเวฟสูงจะส่งผลให้ระยะเวลาการอบแห้งสั้นลง

อัตราการอบแห้งดักแด้ไหมที่ดีที่สุด คือ สภาวะการอบแห้งที่กำลังไมโครเวฟ 323 วัตต์ ร่วมกับลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยที่สุดเท่ากับ 22.68 MJ/kg MJ/kg of water evapotated



รูปที่3 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) ของการอบแห้งแห้งดักแด้ไหมด้วยพลังงานไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

4. สรุป

จากผลการทดลองอบแห้งดักแด้ไหม สามารถสรุปได้ว่าการใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน จะพบช่วงของอัตราการอบแห้งแบบลดลงมากกว่าช่วงอัตราการอบแห้งแบบคงที่ เนื่องจากกำลังไมโครเวฟมีผลต่อจลนศาสตร์ของการอบแห้งดักแด้ไหม คือ เวลาที่ใช้อบแห้งเร็วขึ้นเมื่อกำลังไมโครเวฟเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งดักแด้ไหมมีค่าลดลงด้วย โดยจากการอบแห้งดักแด้ไหมที่ดีที่สุด คือ กำลังไมโครเวฟ 323 วัตต์ และพลังงานจำเพาะที่ใช้อบแห้งดักแด้ไหมน้อยที่สุดเท่ากับ 22.68 MJ/kg MJ/kg of water evapotated

5.กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำโครงการวิจัย

6. อ้างอิง

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. (2540). การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล, สากีนา ลาแมปะ, และยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. (2555). การอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมของอินฟาเรด/ไมโครเวฟ และลมร้อน : จลนพลศาสตร์ คุณภาพและประสารทสัมผัส. วิทยาศาสตร์บูรพา, 17, 117-129.

Bufflur, C.R., (1993). Microwave cooking and processing. New York, USA: Van Nostrand Reinhold.

Decareau, R.V., and Peterson, R.A. (1986). Microwave processing and engineering. Chichster, UK: Ellis Horwood Pub.

Jiao, A., Xu, X., and Jin, Z. (2013). Modelling of dehydration-rehydration of instant rice in combined microwave-hot air drying. Journal of Food and Bioproducts Processing.

Khraisheh, M.A.M., McMinn, W.A.M., and Magee, T.R.A. (2004). Quality and structural changes in starchy foods during microwave and convective drying. Juornal of Food Research International, 37, 497-503.

Lombrana, J.L., Rodriguez, R., and Ruiz, U. (2010). Microwave-drying of sliced mushroom. Analysis of temperature control and pressure. Journal of Innovative Science and Engineering Technologies, 11, 652-660.

Masken, M., (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. Journal of food Engineering, 44, 71-78.

Piotrowski, D., Lenart, A., and Wardzynski, A. (2004). Influence of osmotic dehydration on microwave-convective drying of frozen strawberries. Journal of Food Engineering, 65, 519-525.

Sharma, G.P., and Prasad, S. (2001). Drying garlic (Alluim sativum) cloves by microwave-hot air combibation. Juornal of Food Engineering, 50, 99-105.

Varith, J., Dijkanarukkul, P., Achariyaviriya, A., and Achariyaviriya, S. (2007). Combined microwave-hot air drying of peeled longan. Journal of Food Engineering, 81, 459-468.

Usub, T., Lertsatitthankorn, C., Poomsa-ad, N., Wiset, L., Siriamornpun, S., and Soponronnarit, S. (2008). Experimental performance of a solar tunnel dryer for drying silkworm pupae. Journal of Biosystems Engineering, 209-216.