Agricultural Sci. J. 43 : 3 (Suppl.) : 236-239 (2012) ว. วิทย. กษ. 43 : 3 (พิเศษ) : 236-239 (2555)

ผลของความเร็วลมต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งเนื้อโคด้วยลมร้อนร่วมรังสีอินฟราเรด

Effects of Air Velocity on Drying Kinetic of Beef Using Hot Air Combined with Infrared Radiation

ประทีป ตุ้มทอง[1] อำไพศักดิ์ ทีบุญมา[2] ประพันธ์พงษ์ สมศิลา[1] และ ธนกร หอมจำปา[1]

Prateep Toomthong[1], Umphisak Teeboonma[2], Prapanpong Somsila[1] and Tanagorn Homchampa[1]

Abstract

The objective of this research was to examine the effect of air velocity on drying kinetic of beef meat using hot air-Infrared radiation. To achieve these purposes, experiments were conducted under the following conditions: air temperature entering drying chamber of 40 °c, air velocity ranging from 0.1 – 1.0 m/s, and input power of infrared heater ranging from 260 – 640 W. whereas, distance between the infrared source and the product as well as the product size are fixed. Experimental results show that the drying time increases with increase in air velocity. On the contrary the drying time decreases with the increase input power of infrared heater. Air velocity had considerably effects on drying time.

Keywords: drying, drying kinetic, infrared radiation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของความเร็วลม ที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งเนื้อโคด้วยลมร้อนร่วมรังสีอินฟราเรด ซึ่งทำการทดลองอบแห้งภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิของอากาศอบแห้งเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส และความเร็วของอากาศร้อนอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 1.0 เมตรต่อวินาที และกำลังงานที่จ่ายให้กับแท่งอินฟราเรดอยู่ระหว่าง 260 ถึง 640 วัตต์ โดยให้ระยะห่างระหว่างแท่งอินฟราเรดกับผลิตภัณฑ์ และขนาดของผลิตภัณฑ์คงที่ ผลจากการทดลองพบว่า การเพิ่มความเร็วของอากาศในการอบแห้งจะทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งนานขึ้น และภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งเดียวกันระยะเวลาในการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อลดกำลังงานที่จ่ายให้กับแท่งรังสีอินฟราเรด นอกจากนั้นยังพบว่า ความเร็วลมมีผลค่อนข้างมากต่อระยะเวลาการอบแห้ง

คำสำคัญ: การอบแห้ง จลนพลศาสตร์การอบแห้ง รังสีอินฟราเรด

คำนำ

การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรโดยการทำให้แห้งสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน (Chua and Chou, 2003) เช่น การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยสุญญากาศ การอบแห้งด้วยลมร้อน และการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด การอบแห้งในแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีต้นทุนในการสร้างเครื่องที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ ที่ได้กล่าวมา เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถใช้แหล่งความร้อนได้จากหลายแหล่งที่หาได้ง่าย เช่น จากขดลวดความร้อน น้ำมันเชื้อเพลิง แอลพีจี พลังงานแสงอาทิตย์ หรือความร้อนทิ้งจากกระบวนการต่างๆ ในโรงงาน แหล่งพลังงานที่ถูกที่สุด ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ แต่ก็มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถทำได้หากสภาพอากาศ ไม่เอื้ออำนวย ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สะอาดพอ และต้องใช้พื้นที่มาก (Soponronnarit *et al*., 1992) ส่งผลให้อัตราการผลิตต่ำ นอกเหนือจากการอบแห้งด้วยลมร้อนแล้วยังมีอีกวิธีหนึ่งที่มีต้นทุนต่ำคือ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด ซึ่งจุดเด่นที่น่าสนใจของวิธีนี้คือ ประการแรกพลังงานจากรังสีอินฟราเรดจะถูกแผ่ไปยังวัสดุซึ่งจะทำให้โมเลกุลของน้ำภายในวัสดุสั่น และเกิดความร้อนขึ้นซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในวัสดุสูงกว่าอุณหภูมิที่ผิว (Glouannec *et al*., 2002) จุดเด่นตรงนี้เองที่ทำให้ผิวภายนอกวัสดุไม่เหี่ยวย่น ซึ่งจะช่วยให้มีอัตราการอบแห้งที่สูง ลดระยะเวลาการอบแห้งและพลังงานที่ใช้ด้วย ประการที่สองหลอดรังสีอินฟราเรดให้ heat flux ที่ค่อนข้างสูง (Sakai and Hanzawa, 1994) ดังนั้นจึงมีขนาดอุปกรณ์ที่เล็ก ทำให้สามารถออกแบบเครื่องอบแห้งที่มีขนาดกะทัดรัด ซึ่งจะช่วยลดเงินลงทุนเบื้องต้นใน

[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

การผลิตเครื่องอบแห้ง ประการที่สามการให้ความร้อนโดยการแผ่รังสีจะทำให้อุณหภูมิกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอดังนั้นจึงไม่มีปัญหาในเรื่องความชื้นไม่สม่ำเสมอ อีกทั้งยังต้องการอากาศหมุนเวียนเพียงเล็กน้อยทำให้ไม่ต้องใช้พัดลมตัวใหญ่ ซึ่งเป็นการลดทั้งต้นทุนอุปกรณ์ และค่าพลังงาน และประการสุดท้าย คือรังสีอินฟราเรดสามารถนำไปใช้ควบคู่กับระบบอื่นได้ง่าย เนื่องจากใช้พื้นที่ในการติดตั้งที่น้อย ไม่มีความซับซ้อนของระบบ รวมทั้งตอบสนองต่อการควบคุมได้รวดเร็วจากข้อสรุปเบื้องต้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการอบแห้งเนื้อโคด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน และจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าความเร็วลมเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาเปรียบเทียบความเร็วลมว่าส่งผลต่อการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดอย่างไร โดยความเร็วลมที่ใช้ในการศึกษาจะอยู่ระหว่าง 0.1-1.0 เมตรต่อวินาที เนื่องจากความเร็วลมที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยลมร้อนจะอยู่ในช่วง 1.0-2.0 เมตรต่อวินาที สำหรับการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดจึงได้ลดช่วงของความเร็วลมลงเพื่อความเหมาะสม และเพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงาน สำหรับผลิตภัณฑ์เบื้องต้นที่จะนำมาทดสอบ คือ เนื้อโค เนื่องจากร้านอาหารส่วนใหญ่จะมีรายการอาหารเนื้อแห้ง หรือเนื้อแดดเดียว การผลิตในปัจจุบันใช้วิธีตากแดด ซึ่งจะมีปัญหาเรื่องความสะอาด เช่นฝุ่น และแมลงต่างๆ การนำเนื้อโคมาอบในตู้อบลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดจะเป็นการช่วยแก้ปัญหาเรื่องความสะอาด และยังช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการศึกษาทดลองในงานวิจัยนี้ เป็นเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรด ดังแสดงใน Figure 1

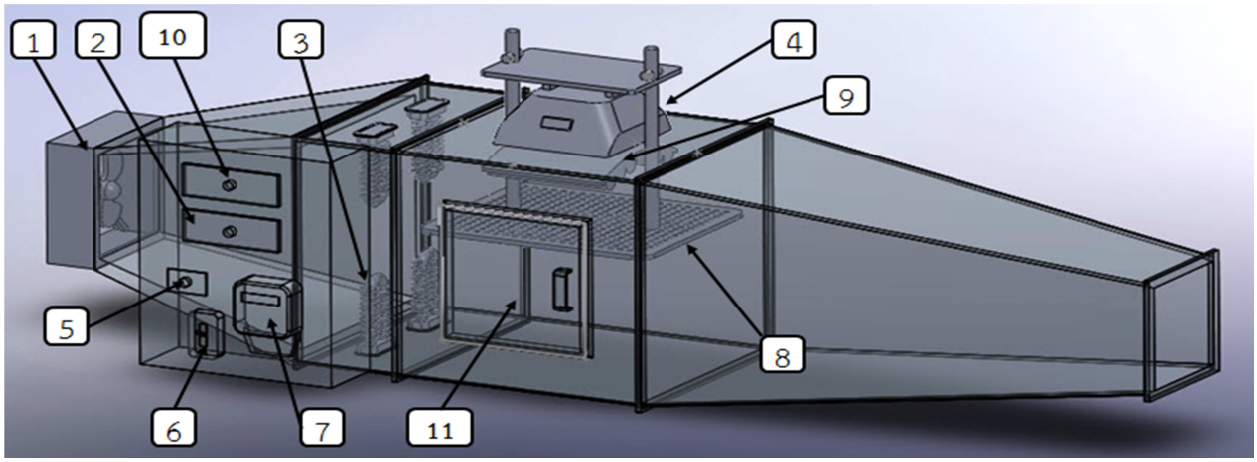

Figure 1 Experimental set-up. 1) Fan 2) Temperature control 3) Coil heat 4) Weighing apparatus 5) Control for wind speed 6) Switch 7) Amp meter 8) Product trays 9) Infrared radiation 10) Infrared control 11) Drying Chamber

ชุดทดลองประกอบด้วยห้องอบแห้งทรงสี่เหลี่ยมพื้นผ้า มีขนาดเท่ากับ 30 × 150 × 30 เซนติเมตร (กว้าง × ยาว × สูง) อุปกรณ์ให้ความร้อนเป็นแท่งอินฟราเรด 2 แท่งขนาด 650 W ระยะห่างระหว่างแท่งรังสีอินฟราเรดกับผลิตภัณฑ์เท่ากับ 10 เซนติเมตร ในแนวตั้งฉาก และขดลวดความร้อนขนาด 800 W พัดลมเป็นแบบไหลตามแนวแกนมอเตอร์ขนาด 300 W สามารถปรับความเร็วลมได้ อุณหภูมิอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ วัดโดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K ต่อเข้ากับ data logger ความเร็วของอากาศอบแห้ง วัดโดยใช้ hot wirte anemometer วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยใช้กิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอ่านค่าจากเครื่องชั่งดิจิตอล และอ่านค่าได้ละเอียด 0.01 กรัม เพื่อบันทึกค่าน้ำหนักตลอดช่วงการทดลอง ในส่วนวิธีการทดลอง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้อบแห้ง คือ เนื้อโค โดยชำแหละเอาส่วนที่เป็นเนื้อมาหั่นให้มีขนาดและความหนาเท่ากับ 3 × 5 × 1 เซนติเมตร (กว้าง × ยาว × หนา) หลังจากนั้นนำมาวางเรียงบนถาดอบแห้งโดยไม่ให้ซ้อนทับกัน เนื้อที่ทำการทดลองมีความชื้นเริ่มต้น 300-350 % d.b. อบจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 140 % d.b. โดยทำการทดลองอบแห้งภายใต้เงื่อนไขความเร็วของลมร้อน 0.1-1.0 เมตรต่อวินาที และอุณหภูมิอบแห้ง 40 องศาเซลเซียส และจะให้พลังงานไฟฟ้าแท่งรังสีอินฟราเรดในช่วง 260-640 W ทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนัก, อุณหภูมิอบแห้ง และอุณหภูมิภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ ทุกๆ 1 นาที

การวิเคราะห์จลนพลศาสตร์การอบแห้งในงานวิจัยนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในช่วงความชื้นเริ่มต้น 300-350 % d.b. จนถึงความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 140 % d.b. 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.

ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง การอบแห้งเนื้อโคที่มีลักษณะเป็นเส้นด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรด เพื่อศึกษาถึงความเร็วลม ที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งมีรายละเอียดผลการศึกษาดังนี้

Figure 2-6 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งเนื้อโค ที่เงื่อนไขของกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแท่งรังสีอินฟราเรด และความเร็วลมต่างๆ จากการทดลองพบว่า ที่ระดับของกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแท่งรังสีอินฟราเรดเดียวกัน การอบแห้งที่ความเร็วลมต่ำ จะให้อัตราการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งที่ความเร็วลมสูง ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าการใช้ความเร็วลมสูงส่งผลทำให้อุณหภูมิที่ผิวและอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์ลดลงจึงส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งจะสอดคล้องกับลักษณะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ ในกรณีที่พิจารณาภายใต้เงื่อนไขอัตราส่วนความชื้นเท่ากับ 0.5 กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแท่งรังสีอินฟราเรด 260 W ความเร็วลมในการอบแห้ง 0.1 เมตรต่อวินาที ความชื้นภายในเนื้อจะลดลงเร็วกว่าที่ความเร็วลม 0.3 เมตรต่อวินาที 15.38 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเร็วลม 0.5 0.7 และ 0.9 เมตรต่อวินาที พบว่าจะต้องใช้เวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นเป็น 38 69 และ 146 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่กำลังไฟฟ้า 640 W ความเร็วลมในการอบแห้ง 0.1 เมตรต่อวินาที ความชื้นภายในเนื้อจะลดลงเร็วกว่าที่ความเร็วลม 0.3 เมตรต่อวินาที เท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเร็วลม 0.5 0.7 และ 0.9 เมตรต่อวินาที พบว่าจะต้องใช้เวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นเป็น 52 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

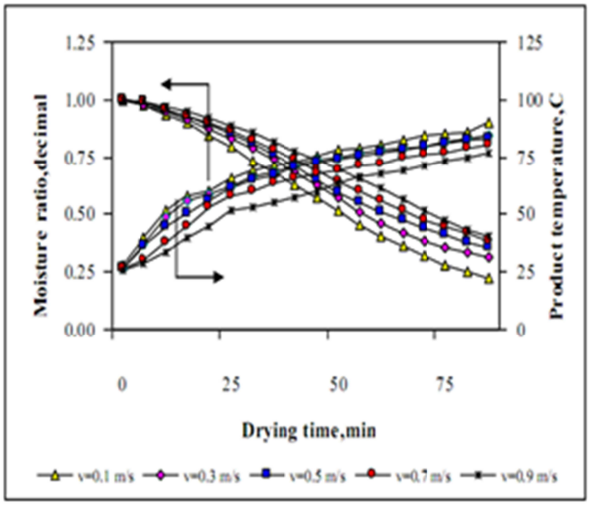

Figure 2 Effect of air velocity on drying of beef meat at Power Infrared radiation (IR) = 260 W

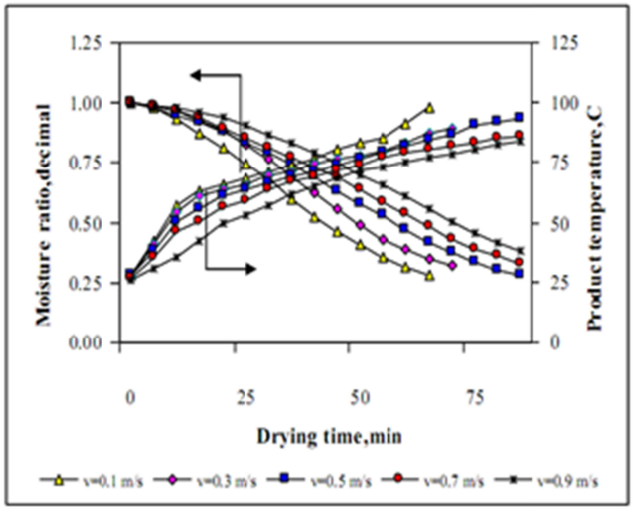

Figure 3 Effect of air velocity on drying of beef meat at Power Infrared radiation (IR) = 370 W

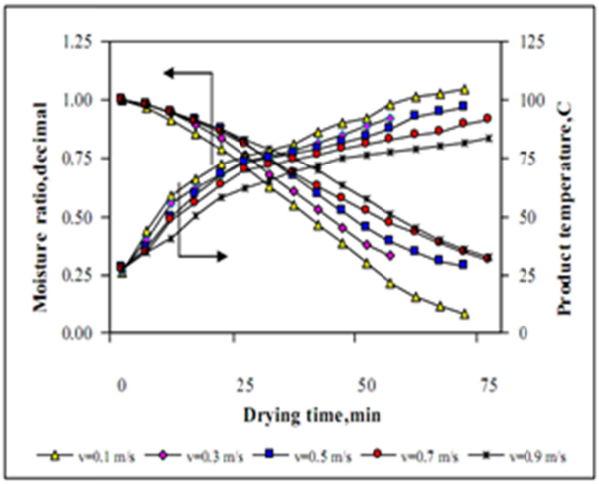

Figure 4 Effect of air velocity on drying of beef meat at Power Infrared radiation (IR) = 470 W

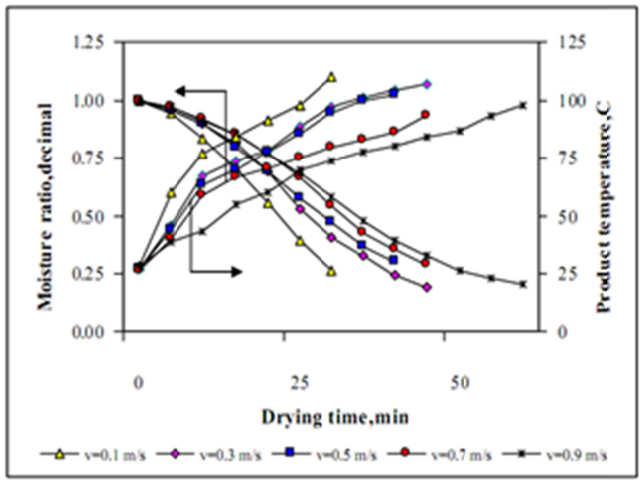

Figure 5 Effect of air velocity on drying of beef meat at Power Infrared radiation (IR) = 640 W

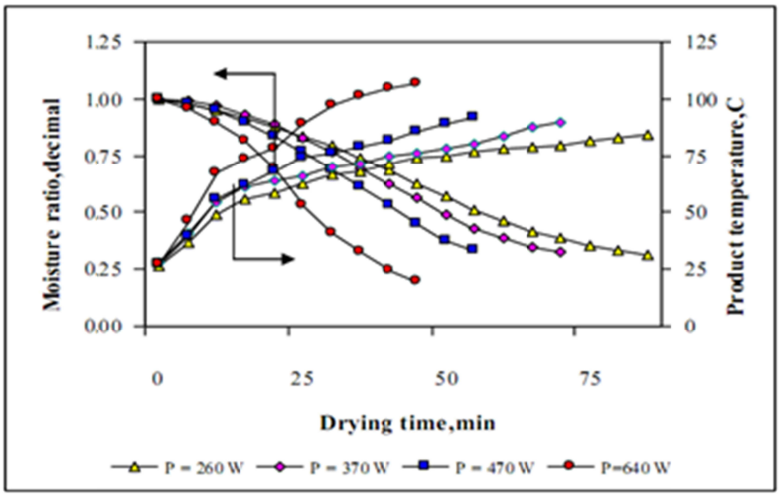

Figure 6 Effect of in put power to infrared heater on drying of beef meat at air velocity of 0.3 m/s

สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา และทดลองการอบแห้งเนื้อโคด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรด จากการศึกษาพบว่าความเร็วลม และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแท่งรังสีอินฟราเรด มีผลต่อพฤติกรรมการอบแห้ง โดยเมื่อเพิ่มความเร็วลมจะทำให้อัตราการอบแห้งลดลง ในขณะที่เมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแท่งรังสีอินฟราเรดจะทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

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

Glouannec, P., D. Lecharpentier and H. Noel. 2002. Experimental survey on the combination of radiating infrared and microwave sources for the drying of porous material. Applied Thermal Engineering 22: 1689–1703.

Sakai, N. and T. Hanzawa. 1994. Applications and advances in far-infrared heating in Japan. Trends in Food Science & Technology 5: 357-362.

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.