วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 33 ฉบับที่ 2 (169-180) มีนาคม - เมษายน 2549
KKU Engineering Journal Vol. 33 No. 2 (169-180) March – April 2006

การอบแห้งเนื้อด้วยรังสีอินฟราเรด *

อำไพศักดิ์ ทีบุญมา[1] ธนภัทร สุวรรณกูฏ[1] และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์[2]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

[2] คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

Email: enaumpte@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้งเนื้อด้วยรังสีฟราอินฟราเรด ซึ่งมีเงื่อนไขในการทดลอง คือ อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้าห้องอบแห้งเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส ความเร็วลมที่ไหลผ่านตัวอย่างอยู่ในช่วง 0.1-1.0 เมตร/วินาที และกำลังงานที่จ่ายให้กับแท่งอินฟราเรดอยู่ระหว่าง 260 ถึง 640 วัตต์ โดยกำหนดให้ระยะห่างระหว่างแท่งรังสีอินฟราเรดกับผลิตภัณฑ์และขนาดผลิตภัณฑ์คงที่ ผลจากการทดลองพบว่าระยะเวลาการอบแห้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วลมและลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแท่งรังสีอินฟราเรด นอกจากนั้นยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อเพิ่มมากขึ้น เมื่อลดความเร็วลมและเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับแท่งรังสีอินฟราเรด

คำสำคัญ : การอบแห้ง / การแผ่รังสีอินฟราเรด / เนื้ออบแห้ง

---

* รับต้นฉบับเมื่อวันที่ 11 มกราคม 2549 และได้รับบทความฉบับแก้ไขเมื่อวันที่ 28 มีนาคม 2549

Beef drying using infrared radiation *

Umphisak Teeboonma [1] Tanapat Suwanakoot [1] and Somchart Soponronnarit[2]

[1] Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani Univesity, Ubon Ratchathani 34190

[2] School of Energy and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

Email: enaumpte@ubu.ac.th

ABSTRACT

The objective of this research is to study beef drying using far-infrared radiation. Experiments were conducted under the following conditions: air temperature entering drying chamber of 40^{o}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 can be summarized as the followings: Firstly, the drying time was increased with increasing air velocity and it was also increased with decreasing input power of infrared heater. Finally, it was revealed that a change of beef colour was increased with decreasing air velocity and increasing infrared heater power.

Keywords : Drying / infrared radiation / Beef drying

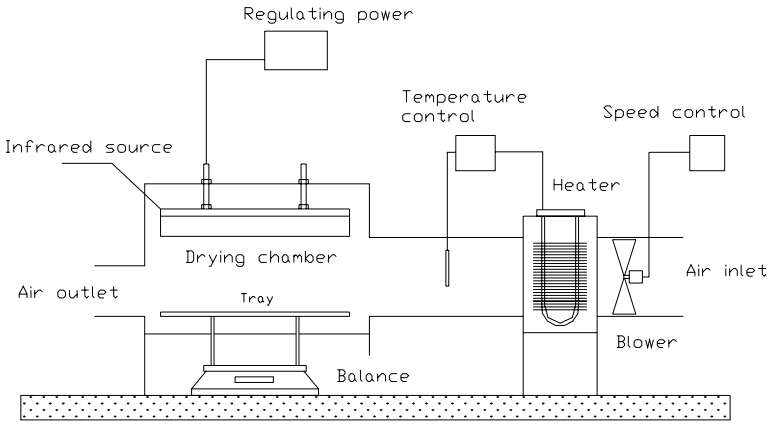
* Original manucript submitted: January 11, 2006 and Final manucript received: March 28, 2006

บทนำ

การอบแห้ง หรือการลดความชื้นสามารถทำได้หลากหลายวิธีด้วยกัน เช่น การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยสุญญากาศ การอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน การอบแห้งด้วยลมร้อน และการอบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรด การอบแห้งในแต่ละวิธีก็จะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากมีต้นทุนในการสร้างเครื่องที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ ที่ได้กล่าว(Chu *et al.*,2003) เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถใช้แหล่งความร้อนได้จากหลายแหล่งที่หาได้ง่าย เช่น จากขดลวดความร้อน น้ำมันเชื้อเพลิง แก๊สหุงต้ม (LPG) พลังงานแสงอาทิตย์ หรือความร้อนทิ้งจากกระบวนต่างๆ ในโรงงาน สำหรับแหล่งพลังงานความร้อนที่ถูกที่สุด คือ พลังงานแสงอาทิตย์ แต่ก็มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถทำได้หากสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย และต้องใช้พื้นที่มาก (Soponronnarit *et al.*,1992) ส่งผลให้อัตราการผลิตต่ำ นอกเหนือจากการอบแห้งด้วยลมร้อนแล้วยังมีอีกวิธีหนึ่งที่มีต้นทุนต่ำ (Chu *et al.*,2003, Isengard 1995) คือ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด รังสีอินฟราเรดมีการแบ่งย่อยออกได้ 3 ระดับ คือ รังสีอินฟราเรดใกล้ (Near infrared, NIR) ช่วงความยาวคลื่น 0.75 - 3 μm รังสีอินฟราเรดกลาง (Middle infrared, mid-IR) ช่วงความยาวคลื่น 3 - 25 μm และรังสีอินฟราเรดไกล (Far infrared, FIR) ช่วงความยาวคลื่น 25 - 100 μm รังสีอินฟราเรดมีจุดเด่นที่น่าสนใจ คือ ประการแรก พลังงานจากรังสีอินฟราเรดจะถูกแผ่ไปยังวัสดุซึ่งจะทำให้โมเลกุลของน้ำภายในวัสดุสั่น และเกิดความร้อนขึ้นซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในวัสดุสูงกว่าอุณหภูมิที่ผิว (Sakai *et al.*,1994, Glouannec *et al.*, 2002) จุดเด่นตรงนี้เองที่ทำให้ผิวภายนอกวัสดุไม่เหี่ยวย่น และยังช่วยให้มีอัตราการอบแห้งที่สูง ลดระยะเวลาการอบแห้งและพลังงานที่ใช้ด้วย ประการที่สองหลอดรังสีอินฟราเรดให้ heat flux ที่ค่อนข้างสูง (Afzal *et al.*,1998, Sheridan *et al.*,1999, Hashimoto *et al.*,1999) ดังนั้นอุปกรณ์จึงมีขนาดเล็ก ทำให้สามารถออกแบบเครื่องอบแห้งที่มีขนาดกะทัดรัด ช่วยลดเงินลงทุนในการสร้างเครื่องอบแห้ง ประการที่สามการให้ความร้อนโดยการแผ่รังสีจะทำให้อุณหภูมิกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอ (Afzal *et al.*,2000) ดังนั้นจึงไม่มีปัญหาในเรื่องความชื้นไม่สม่ำเสมอ อีกทั้งยังต้องการอากาศหมุนเวียนเพียงเล็กน้อยทำให้ไม่ต้องใช้พัดลมขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นการลดทั้งต้นทุนอุปกรณ์พร้อมทั้งค่าพลังงาน และประการสุดท้าย คือ รังสีอินฟราเรดสามารถนำไปใช้ควบคู่กับระบบอื่นได้ง่ายเนื่องจากใช้พื้นที่ในการติดตั้งที่น้อย ไม่มีความซับซ้อนของระบบ และตอบสนองต่อการควบคุมได้รวดเร็ว (Chu *et al.*,2003) จากข้อสรุปเบื้องต้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการอบแห้งเนื้อด้วยรังสีอินฟราเรด เนื่องจากร้านอาหารส่วนใหญ่จะมีรายการอาหารเนื้อแห้ง หรือเนื้อแดดเดียว และการผลิตในปัจจุบันใช้วิธีตากแดด ซึ่งจะมีปัญหาเรื่องความสะอาด เช่น ฝุ่น และแมลงต่างๆ ดังนั้นหากสามารถนำเนื้อวัวมาอบในตู้อบอินฟราเรดจะเป็นช่วยแก้ปัญหาเรื่องความสะอาด และยังช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้เป็นเครื่องอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับลมร้อน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 *เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกล*

ขนาดของห้องอบแห้งเท่ากับ 30 x 50 x 25 cm (กว้าง x ยาว x สูง) อุปกรณ์ให้ความร้อนเป็นแท่งรังสีอินฟราเรดขนาด 650 W ระยะห่างระหว่างแท่งรังสีอินฟราเรดกับผลิตภัณฑ์เท่ากับ 15 cm ในแนวตั้งฉาก และขดลวดความร้อนขนาด 800 W พัดลมที่ใช้เป็นแบบไหลตามแนวแกนสามารถปรับความเร็วรอบได้ อุณหภูมิอากาศที่ตำแหน่งต่าง ๆ และอุณหภูมิของเนื้อ วัดโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ต่อเข้ากับ data logger โดยในส่วนของการวัดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์จะวัดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของความหนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำการวัดจำนวน 3 ชิ้น โดยในแต่ละชิ้นทำการวัดจำนวน 3 จุด ซึ่งข้อมูลที่นำเสนอคือค่าเฉลี่ย ในส่วนของความเร็วลม วัดโดยใช้ hot wire anemometer การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลิตภัณฑ์อ่านค่าจากเครื่องชั่งแบบดิจิตอล ในการทดลองอบแห้งเนื้อวัวจะควบคุมอุณหภูมิขาเข้าห้องอบแห้งเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส ส่วนแท่งรังสีอินฟราเรดป้อนพลังงานในช่วง 260 - 640 วัตต์ และเปลี่ยนแปลงความเร็วลมอยู่ระหว่าง 0.1 – 1.0 m/s เนื้อที่ใช้ทดลองมีขนาดเท่ากับ 3 x 5 x1 cm. (กว้าง x ยาว x สูง) จากการสุ่มตัวอย่างเนื้อแดดเดียวในท้องถิ่นเมื่อนำมาหาความชื้นสุดท้ายพบว่ามีค่าความชื้นโดยเฉลี่ยประมาณ 140 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง สำหรับเนื้อที่นำมาทำเนื้อแดดเดียวมีค่าความชื้นเริ่มต้นโดยเฉลี่ยประมาณ 300 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง เมื่อคำนวณหาค่าอัตราส่วนความชื้นพบว่าอยู่ในช่วง 0.45 – 0.5 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาและวิเคราะห์ผลในช่วงที่อัตราส่วนความชื้นสอดคล้องกับเนื้อแดดเดียวที่วางขายตามท้องตลาด

สำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อนั้นวัดโดยใช้เครื่องวัดสี และคำนวณหาการเปลี่ยนของสีจากสมการที่ (1)

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (1)$$

เมื่อ

ΔE = ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี

ΔL = ค่าผลต่างของความสว่างของผลิตภัณฑ์

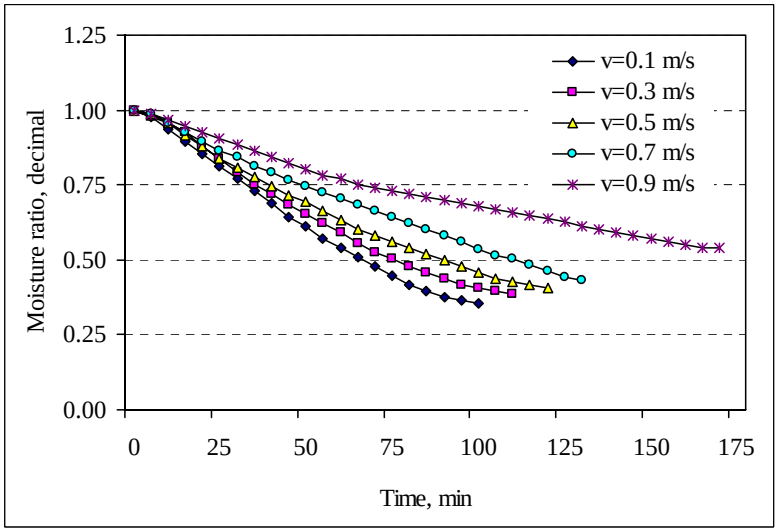
Δa = ค่าผลต่างของสีแดงกับเขียวของผลิตภัณฑ์

Δb = ค่าผลต่างของสีเหลืองกับน้ำเงินของผลิตภัณฑ์

ผลและวิจารณ์

ผลของความเร็วลมและกำลังวัตต์ต่อระยะเวลาอบแห้งและอุณหภูมิ

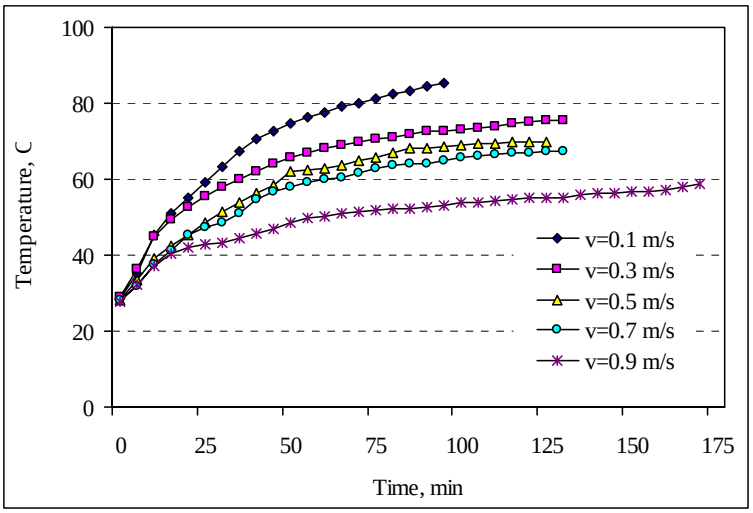
รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้งเนื้อวัวที่ความเร็วลมต่าง ๆ การทดลองอบแห้งนี้ให้ Power เท่ากับ 260 W กับแท่งรังสีอินฟราเรด จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนความชื้นจะลดลงตามระยะเวลา และที่ความเร็วลม 0.1 m/s จะมีอัตราส่วนความชื้นลดลงเร็วที่สุด เมื่อเทียบกับความเร็วลมต่าง ๆ



รูปที่ 2 *ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลา เมื่อใช้ Power (IR)เท่ากับ 260 W*

เมื่อกำหนดให้อัตราส่วนความชื้นเท่ากับ 0.5 เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ให้ความเร็วลมที่ 0.1 m/s เป็นค่าอ้างอิงเปรียบเทียบกับความเร็วลม 0.3 m/s พบว่าเวลาในการอบแห้งจะเพิ่มขึ้น 15 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเร็วลม 0.5 m/s, 0.7 m/s และ 0.9 m/s พบว่าจะต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นเป็น 38, 69 และ 146 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองสรุปได้ว่าที่อัตราการไหลของอากาศต่ำ จะมีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าที่อัตราการไหลของอากาศสูง ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าอัตราการ

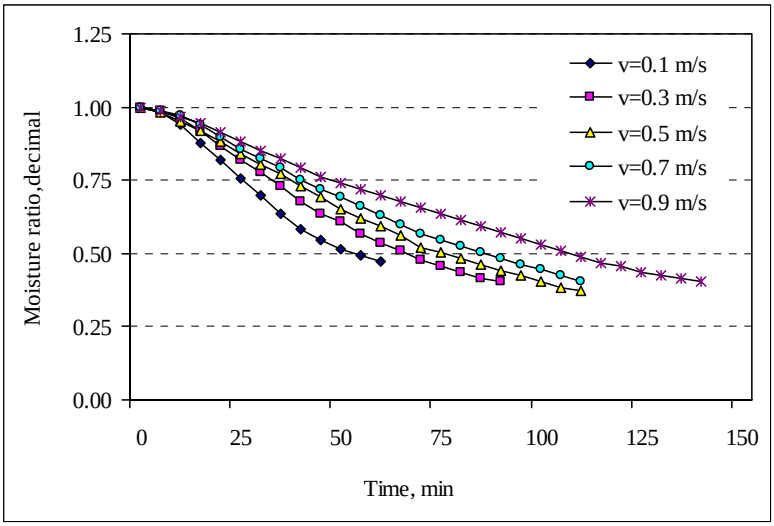
ไหลของอากาศที่สูงส่งผลทำให้อุณหภูมิที่ผิวและภายในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นน้อยกว่าในกรณีอัตราการไหลต่ำ จึงส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลงด้วย ดังจะเห็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ได้จากรูปที่ 3



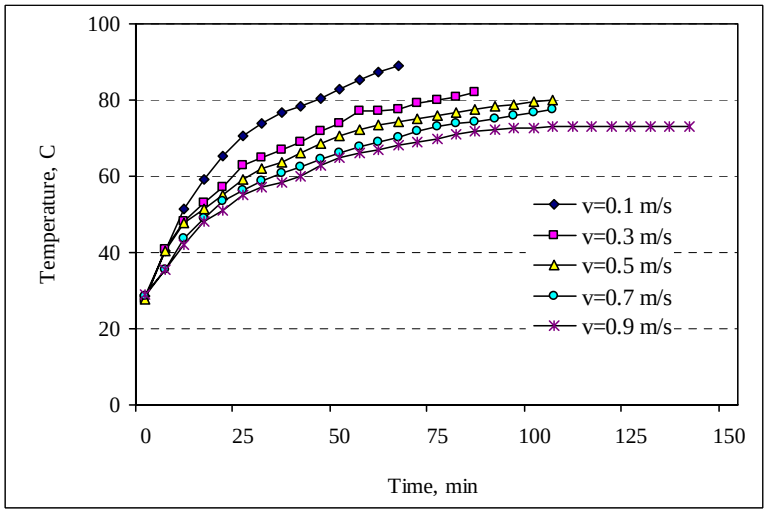
รูปที่ 3 *ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผลิตภัณฑ์กับเวลาเมื่อใช้ Power (IR) เท่ากับ 260 W*

รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผลิตภัณฑ์กับระยะเวลาในการอบแห้ง ที่ความเร็วลมต่าง ๆ พบว่าอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ในช่วงแรกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงจุดจุดหนึ่งอุณหภูมิผลิตภัณฑ์จะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย เนื่องจากผลิตภัณฑ์เริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุลพลังงาน หากเปรียบเทียบที่ความเร็วลมต่าง ๆ จะเห็นว่าที่ความเร็วลม 0.1 m/s จะมีความชันของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากที่สุด และอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ก็จะสูงกว่าที่ความเร็วลมอื่นด้วย นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับทุกความเร็วลม ความเร็วลมที่มากขึ้นจะได้กราฟที่มีความชันลดลงเรื่อย ๆ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าความเร็วลมมากทำให้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเนื้อวัวน้อยลง เนื่องจากอากาศนอกจากจะนำพาเอาความชื้นของผลิตภัณฑ์ออกไปแล้ว ยังนำพาเอาความร้อนจากบริเวณผิวของผลิตภัณฑ์ออกไปด้วย ดังนั้นเมื่อความเร็วลมเพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้อุณหภูมิผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นน้อยลง

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลา เป็นการทดลองอบแห้งโดยป้อน Power เท่ากับ 370 W ให้กับแท่งรังสีอินฟราเรด เมื่อใช้อัตราส่วนความชื้นเท่ากับ 0.5 เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ และกำหนดให้ที่ความเร็วลม 0.1 m/s เป็นค่าอ้างอิงเปรียบเทียบกับที่ความเร็วลม 0.3 m/s พบว่าเวลาในการอบแห้งจะเพิ่มขึ้น 30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเร็วลม 0.5 m/s, 0.7 m/s และ 0.9 m/s พบว่าจะต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นเป็น 50, 70 และ 110 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับเหตุผลที่เป็นเช่นนี้สามารถอธิบายได้ในทำนองเดียวกันกับกรณีที่ผ่านมาในส่วนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสำหรับกรณีนี้แสดงได้ดังรูปที่ 5



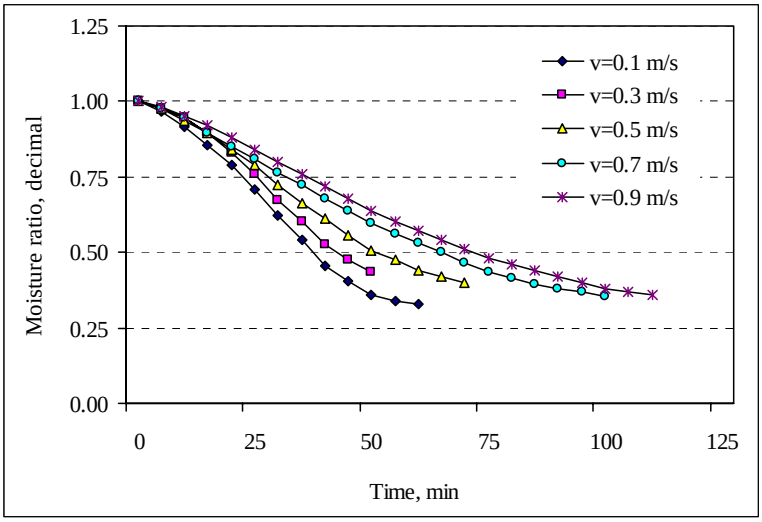
รูปที่ 4 *ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลา เมื่อใช้ Power (IR) เท่ากับ 370 W*



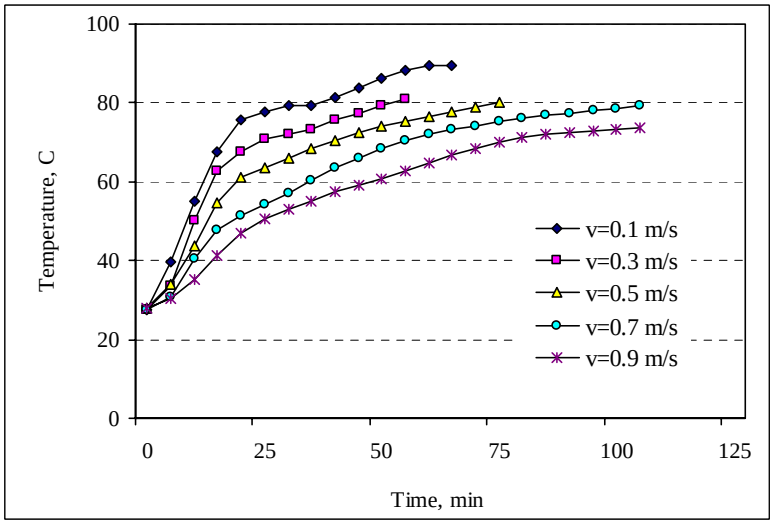
รูปที่ 5 *ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผลิตภัณฑ์กับเวลาเมื่อใช้ Power (IR) เท่ากับ 370 W*

ในรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผลิตภัณฑ์กับระยะเวลาในการอบแห้งพบว่าแนวโน้มของกราฟจะคล้ายกับรูปที่ 3 คือเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นอุณหภูมิผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นน้อยกว่ากรณีที่ความเร็วลมต่ำ

ในรูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลา โดยป้อน Power เท่ากับ 470 W ให้กับแท่งรังสีอินฟราเรด จากรูปจะเห็นว่าที่ความเร็วเท่ากับ 0.1 m/s จะสามารถลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้เร็วที่สุด ในขณะที่ความชื้นจะลดลงช้าที่สุดเมื่อใช้ความเร็วลมเท่ากับ 0.9 m/s



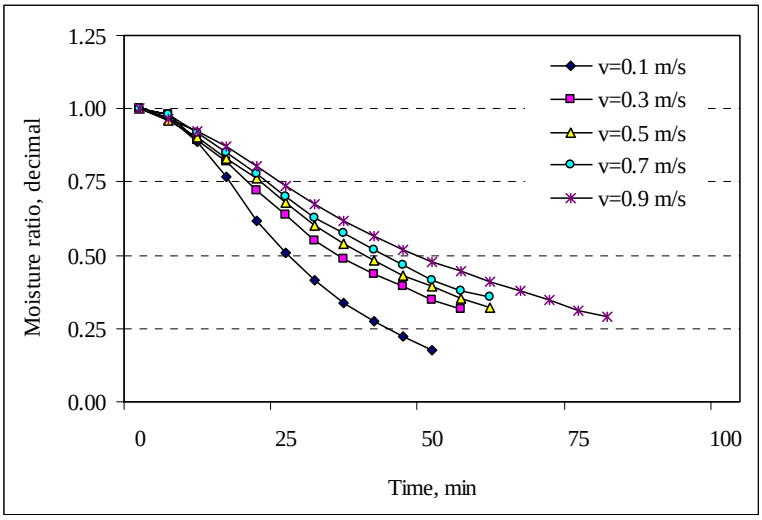
รูปที่ 6 *ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลา เมื่อใช้ Power (IR) เท่ากับ 470 W*



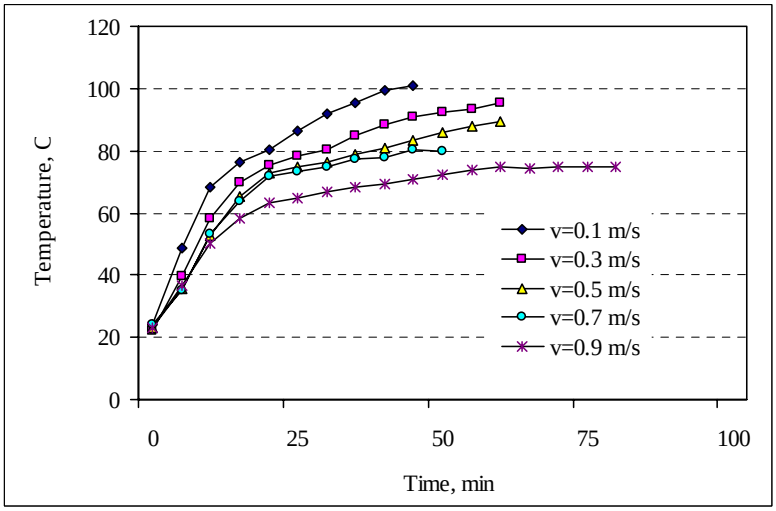
รูปที่ 7 *ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผลิตภัณฑ์กับเวลา เมื่อใช้ Power (IR) เท่ากับ 470 W*

ในรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผลิตภัณฑ์กับระยะเวลาในการอบแห้ง พบว่าแนวโน้มของกราฟคล้ายกับรูปที่ 3 โดยเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นอุณหภูมิผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นน้อยลง

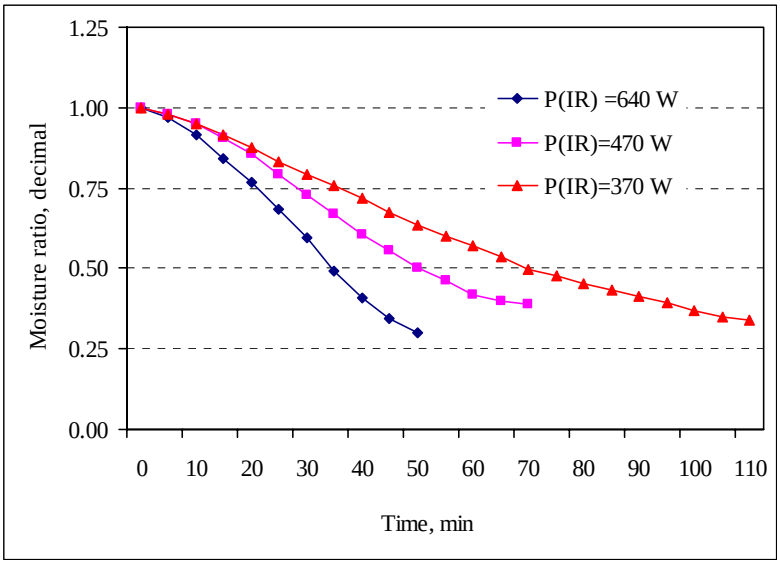
ในรูปที่ 8 และ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลา และความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผลิตภัณฑ์กับระยะเวลา ตามลำดับ ซึ่งป้อน Power เท่ากับ 640 W ให้กับแท่งรังสีอินฟราเรด จากผลการทดลองจะเห็นว่ามีแนวโน้มที่คล้ายกันกับกรณีที่ผ่านมา กล่าวคือ อัตราการลดลงของความชื้นจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่ความเร็วลมต่ำๆ ในขณะที่อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน



รูปที่ 8 *ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลา เมื่อใช้ Power (IR) เท่ากับ 640 W*



รูปที่ 9 *ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผลิตภัณฑ์กับเวลา เมื่อใช้ Power (IR) เท่ากับ 640 W*



รูปที่ 10 *ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่กำลังวัตต์อินฟราเรดต่าง ๆ เมื่อความเร็วลมเป็นศูนย์*

ในรูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลา โดยกำหนดให้ความเร็วลมเป็นศูนย์ จากกราฟที่ Power เท่ากับ 640 W จะมีอัตราส่วนความชื้นลดลงเร็วที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ power อื่น ๆ หากกำหนดให้อัตราส่วนความชื้นเท่ากับ 0.5 เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าที่ power เท่ากับ 640 W จะใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าที่ power เท่ากับ 470 W และ 370 W เท่ากับ 43 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากแท่งอินฟราเรดปล่อยพลังงานให้กับผลิตภัณฑ์มากขึ้นตามกำลังที่ป้อนให้ ทำให้อุณหภูมิผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้น้ำในเนื้อระเหยได้เร็วขึ้น

ผลการทดลองของกรณีนี้ไม่ได้นำไปเปรียบเทียบกับที่ความเร็วอื่นๆ เนื่องจากที่ความเร็วลมเป็นศูนย์ อัตราส่วนความชื้นกับเวลาจะมีค่าใกล้เคียงกับที่ความเร็วลม 0.3 และ 0.5 m/s เมื่อนำมาเขียนกราฟจะได้ค่าใกล้เคียงกันมากทำให้เส้นกราฟที่ได้ทับกัน และยากต่อการสังเกต ดังนั้นจึงได้นำเสนอแยกต่างหาก

ผลของความเร็วลมและกำลังวัตต์ต่อการเปลี่ยนแปลงของสี

จากผลการทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 สามารถสรุปการเปลี่ยนของสีได้ดังนี้

1. เมื่อกำหนดให้กำลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับแท่งอินฟราเรดคงที่ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของสีจะเพิ่มมากขึ้นถ้าลดความเร็วลม ทั้งนี้เนื่องจากการลดความเร็วลมลง จะส่งผลทำให้อุณหภูมิผิวเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีค่อนข้างมาก

2. เมื่อกำหนดให้ความเร็วลมคงที่ พบว่าการเปลี่ยนของสีจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มกำลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับแท่งอินฟราเรด ซึ่งเกิดจากการที่ผลิตภัณฑ์ได้รับพลังงานมากขึ้น ทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์มีค่าสูง ส่งผลให้สีที่ผิวค่อนข้างเข้ม

Power (IR), W	Air velocity, m/s	การเปลี่ยนแปลงสี (ΔE)
640	0.3	28.2
640	0.5	21.7
640	0.7	13.5
470	0.3	15.8
470	0.5	12.6
470	0.7	8.6
370	0.3	9.2
370	0.5	8.2
370	0.7	7.2

ตารางที่ 1 *ผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงของสี*

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการอบแห้งเนื้อวัวด้วยอินฟราเรด ซึ่งได้ศึกษาถึงผลของความเร็วลมและกำลังวัตต์ของอินฟราเรดต่อระยะเวลาอบแห้ง อุณหภูมิ และสีของผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาพบว่าเมื่อลดความเร็วลม และเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับแท่งอินฟราเรด จะมีผลทำให้ระยะเวลาการอบแห้งสั้นลง ในขณะอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า การเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อลดความเร็วลม และเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับแท่งอินฟราเรด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

เอกสารอ้างอิง

Afzal, T.M. and Abe, T. 1998. “Diffusion in potato during far infrared radiation drying”. **Journal of Food Engineering**. 37: 353-365.

Afzal, T.M. and Abe, T. 2000. “Simulation of moisture changes in barley during far infrared radiation drying”. **Computers and Electronics in Agriculture**. 26: 137-145.

Chu, K.J. and Chou, S.K. 2003. “Low-cost drying methods for developing countries”. **Trends in Food Science & 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.

Hashimoto, A. and Kameoka, T. 1999. “Effect of infrared irradiation on drying characteristics of wet porous materials.” **Drying Technology-An International Journal**. 17: 1613 - 1626.

Isengard, H.D. 1995. “Rapid water determination in foodstuffs”. **Trends in Food Science & Technology**. 6: 155-162.

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

Sheridan, P. and Shilton, N. 1999. “Application of for infrared radiation to cooking of meat Products”. **Journal of Food Engineering**. 41: 203-208.

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