TFE-29

การอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด

ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล[3] จุฑารัตน์ ทะสะระ[2] และสุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล[3]

[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ต.รูสะมิแล, อ.เมือง จ.ปัตตานี

[3]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

[1]หน่วยปฏิบัติการวิจัยพลาสมาและเทคโนโลยีพลังงาน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

ผู้เขียนติดต่อ: ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล E-mail: yutthana.t@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาการอบแห้งเนื้อไก่ ด้วยลมร้อน และรังสีอินฟราเรดโดยศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งและความเข้มของรังสีอินฟราเรดต่อการลดลงของความชื้นเนื้อไก่ค่าความชื้นเริ่มต้นของเนื้อไก่อยู่ในช่วง 274±5% มาตรฐานแห้ง หลังผ่านการอบแห้งจะมีความชื้นสุดท้ายของเนื้อไก่อยู่ในช่วง 40% มาตรฐานแห้ง ความเร็วของลมร้อนที่เลือกใช้มีค่าเฉลี่ย 1.0±0.2 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิอบแห้งคือ 65°C 80°Cและ 90°Cและอุณหภูมิอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดคือ 80°C กำลังของรังสีอินฟราเรดคือ 500W, 1,000 W และ1,500 W ผลการทดลองพบว่าการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยรังสีอินฟราเรดใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิเดียวกัน (80°C) ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งเนื้อไก่ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอบแห้ง เมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้นความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีแนวโน้มลดลง ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิอบแห้ง80°Cกำลังของรังสีอินฟราเรด 1,500 W มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.525 MJ/kg of water evaporated

คำสำคัญ : การอบแห้ง; ความชื้น; ลมร้อน; รังสีอินฟราเรด.

1. บทนำ

เนื้อไก่จัดเป็นอาหารที่มีความสำคัญเป็นที่ต้องการของตลาดภายในประเทศและภายนอกประเทศ เป็นแหล่งโปรตีนสูง บางครั้งเนื้อไก่ที่ได้จากการผลิตและการบริโภคมีมากเกินความต้องการ จึงจำเป็นต้องมีการถนอมหรือแปรรูปเนื้อไก่เพื่อเก็บรักษาไว้ใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงอาหารและเป็นการเพิ่มคุณค่าให้เนื้อไก่ได้

การอบแห้งเป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ถนอมและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและเนื้อสัตว์ โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแล้วจะมีความชื้นลดลง ทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์มีอัตราการเจริญเติบโตช้าลงและผลิตภัณฑ์ไม่เน่าเสียง่าย เนื่องจากปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการเน่าเสียได้เร็วหรือช้านั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นเป็นองค์ประกอบหลัก [1] การลดความชื้นของผลิตภัณฑ์สามารถ นำเทคนิคการอบแห้งด้วยการใช้พลังงานจากแหล่งต่าง ๆ ได้ อาทิเช่น พลังงานความร้อนจากชีวมวล คลื่นไมโครเวฟ รังสีอินฟราเรดและพลังงานจากลมร้อนเป็นต้น [2]

ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำเสนอ เพื่อทดลองอบแห้งเนื้อไก่โดยเลือกใช้แหล่งพลังงาน 2 แบบ คือ การอบแห้งด้วยลมร้อนและการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดโดยทำการอบแห้งแบบ ขั้นตอนเดียว รวมทั้งทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง ได้แก่ อุณหภูมิอบแห้ง กำลังของการแผ่รังสีอินฟราเรด เวลาในการอบแห้ง และความชื้นที่ลดลงในการอบแห้ง

2. วัตถุดิบ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

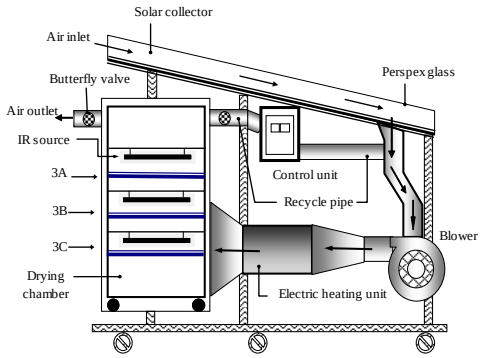
2.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองได้แก่ เนื้อไก่ โดยคัดเนื้อส่วนอก ซึ่งหมายถึง เนื้อส่วนที่ตัดจากส่วนอกตั้งแต่ไหล่ถึงส่วนปลายของกระดูกอก ขนานตามยาวของกระดูกอก โดยเอากระดูกซี่โครงออก [2] ล้างให้สะอาด หาความชื้นตามมาตรฐาน AOAC (1995) [1]

2.2 อุปกรณ์

2.2.1 เครื่องอบแห้งเป็นเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นมา โดยมีแหล่งพลังงานความร้อน 3 แหล่ง คือ พลังงานความร้อนจากเครื่องทำความร้อน พลังงานความร้อนจากหลอดอินฟราเรด และพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยมีรายละเอียดของเครื่องอบแห้งดังนี้

1. ตู้อบแห้งมีขนาด 55×55×55 cm^3
2. ถาดที่ใช้อบแห้งมีขนาด 30×32×2 cm^3



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วม

1. ขอลวดความร้อนไฟฟ้าขนาด 1,000 W 6 ตัว
2. พัดลมเป่าอากาศ ขนาด 1 แรงม้า
3. หลอดอินฟราเรด ขนาดหลอดละ 500 W จำนวน 4 หลอด
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ A&D รุ่น GF 3000 ค่าความละเอียด ±0.1 g
5. เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ ยี่ห้อ SUPCON ความละเอียด ±0.01°C ต่อกับเทอร์โมคับเปิลชนิด K เพื่อวัดอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง อุณหภูมิแวดล้อม และอุณหภูมิกระเปาะเปียก
6. เครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ DIGICON รุ่น DA-45 ความละเอียด ±0.01 m/s
7. เวอร์เนียคาลิปเปอร์ ความละเอียด ±0.05 mm

2.3 วิธีการทดลอง

ส่วนที่ 1 การเตรียมเนื้อไก่

เนื้อไก่ที่ใช้ในการทดลองเป็นเนื้อบริเวณหน้าอกที่ไม่ได้ทำการหมักเกลือหรือปรุงรส นำมาหั่นให้มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดประมาณ 1.5×6 cm^2 หนาประมาณ 0.3 cm นำไปหาความชื้นเริ่มต้นตามมาตรฐาน AOAC, (1995) [1]

ส่วนที่ 2 การทดลองอบแห้งเนื้อไก่

(1) นำไก่มาทำการทดลองอบแห้ง โดยมีสภาวะดังนี้

- สภาวะที่ 1 การอบแห้งไก่ด้วยลมร้อนจากเครื่องทำความร้อนอย่างเดียว โดยใช้อุณหภูมิอบแห้ง 65 80 และ 90°C
- สภาวะที่ 2 อบแห้งไก่ด้วยอินฟราเรดโดยใช้กำลังของรังสีอินฟราเรดเป็น 500 1,000 และ1,500 W ที่อุณหภูมิอบแห้ง 80°C

(2) บันทึกผลการทดลอง ได้แก่ น้ำหนัก อุณหภูมิกระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง และอุณหภูมิอบแห้งภายในตู้อบแห้ง

(3) บันทึกปริมาณพลังงานที่ใช้ด้วย Watt-hour meter

(4) หาความชื้นตามมาตรฐาน AOAC (1995) [1]

หลังจากอบแห้งนำค่าน้ำหนักที่ได้ไปคำนวณหาอัตราส่วนความชื้นได้ ดังสมการที่ (1)

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

เมื่อ MR คือ อัตราส่วนความชื้น, ไร้หน่วย

M_t และ M_{in} คือ ความชื้นที่ขณะเวลา t ใดๆ และความชื้นเริ่มต้น, % มาตรฐานแห้ง

2.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสมการอบแห้ง

การหารูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์กระบวนการอบแห้ง ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเอมพิริคัล 4แบบจำลอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้ง [2]

Name of model	Model equation	
Newton	MR=exp(-kt)	(2)
Logarithmic	MR=a exp(-kt)+c	(3)
Logistic	MR=a/[1+exp(kt)]	(4)

Henderson and Pabis	MR=a exp(-kt)	(5)

จากการนำข้อมูลผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการถดถอยแบบไม่เชิงเส้นเพื่อเลือกสมการอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมของสมการที่ (1) ถึง (4) ในตารางที่ 1 จะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Coefficient of determination, R^2) ที่สูงสุดและค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root mean square error, RMSE) ที่ต่ำที่สุด ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (6)

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(MR_{pi}-MR_{ei})^2}{\sum_{i=1}^{N}(MR_{pi}-\overline{MR})^2} \qquad (6)$$

เมื่อ $MR_{p,i}$ $MR_{e,i}$ และ $\overline{MR}$ คือ ค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการคำนวณ ผลการทดลอง และค่าเฉลี่ย, ตามลำดับ, ไม่มีหน่วย

N คือ จำนวนข้อมูล

2.4 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสามารถคำนวณหาจากข้อมูลการทดลองมวลของวัสดุก่อนและหลังอบแห้งได้ตามสมการที่ (7)

$$SEC = \frac{3.6E_P}{m_{in} - m_f} \qquad (7)$$

เมื่อ SEC คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ, (MJ/kg of water evaporated)

m_{in} คือ มวลของวัสดุก่อนอบแห้ง, kg

m_f คือ มวลของวัสดุหลังอบแห้ง, kg

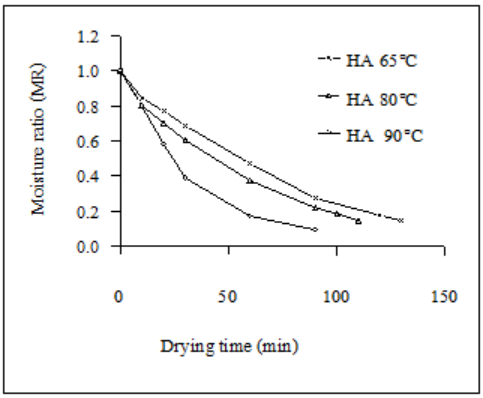
E_P คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้, kW-h

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 จลนศาสตร์การอบแห้งเนื้อไก่

3.1.1 การอบแห้งด้วยลมร้อน

การอบแห้งเนื้อไก่สดที่ความชื้นเริ่มต้น 274% มาตรฐานแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 80 และ 90°C กำหนดให้ค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.0±0.2 m/s ค่าอัตราส่วนความชื้นในเนื้อไก่ที่เวลาใดๆ แสดงดังรูปที่ 1



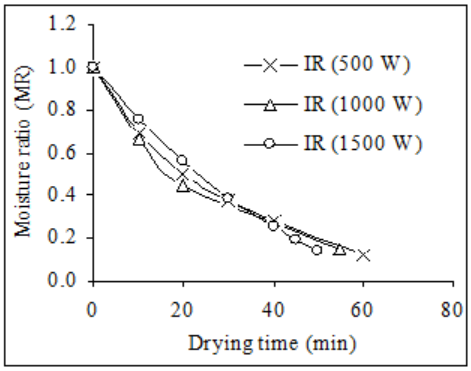
รูปที่ 1 อัตราส่วนความชื้นของเนื้อไก่ที่อบแห้งด้วยลมร้อน อุณหภูมิอบแห้ง 65 80 และ 90°Cความชื้นเริ่มต้น 274% มาตรฐานแห้ง ความเร็วลมเฉลี่ย 1.0±0.2 m/s

จากรูปที่ 1 ผลการทดลองอบแห้งแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้นจะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นลง โดยอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 65 80 และ 90°C จะใช้เวลาอบแห้ง เท่ากับ 130 120 และ 90 นาที ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะเพิ่มอัตราการถ่ายเทความชื้นออกจากเนื้อไก่ได้เร็วกว่าอุณหภูมิอบแห้งที่ต่ำกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา [6-8]

3.1.2 อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

การอบแห้งเนื้อไก่สดด้วยรังสีความร้อนอินฟราเรดเลือกใช้ที่อุณหภูมิอบแห้งคงที่เท่ากับ 80°C เนื่องจาก พบว่าการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยอากาศร้อนเพียงอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 80°C มีการใช้พลังงานต่ำสุดความเร็วลมเฉลี่ย 1.0±0.2 m/s ที่กำลัง 500 1,000 และ1,500 W รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยรังสีอินฟราเรด จะพบว่าที่กำลังของอินฟราเรด 500 1,000 และ1,500 W อุณหภูมิอบแห้ง 80°C จะใช้เวลาในการอบแห้งอยู่ในช่วง 50–60 นาที อย่างไรก็ดีจะสังเกตได้จากกราฟผลการทดลองว่า เมื่อเลือกใช้กำลังของรังสีอินฟราเรดสูงจะใช้ระยะเวลาอบแห้งสั้นลงเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่กำลังต่ำ และหากเปรียบเทียบกับกรอบแห้งด้วยลมร้อนในหัวข้อ 3.1.1 การอบแห้งเนื้อไก่ด้วยรังสีอินฟราเรดที่กำลัง 1,500 W จะใช้ระยะเวลาสั้นกว่าการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว อธิบายได้ว่า เมื่อกำลังของรังสีอินฟราเรดเพิ่มขึ้นจะเป็นการเพิ่มพลังงานต่อหน่วยพื้นที่มากขึ้นส่งผลต่ออัตราการ

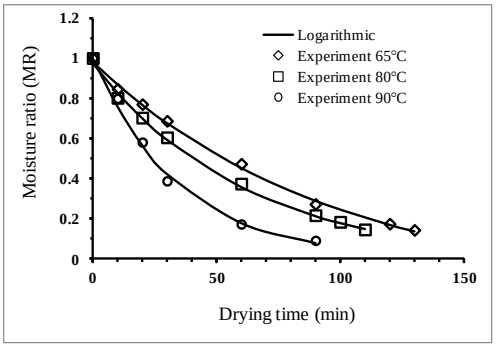
ถ่ายโอนมวลน้ำเพิ่มมากขึ้น ระยะเวลาในการอบแห้งก็ลดน้อยลง อัตราการอบแห่งก็จะเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2 อัตราส่วนความชื้นของเนื้อไก่ที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่กำลัง 500 1,000 และ 1,500 W อุณหภูมิอบแห้ง 80°C ความชื้นเริ่มต้น 274% มาตรฐานแห้ง

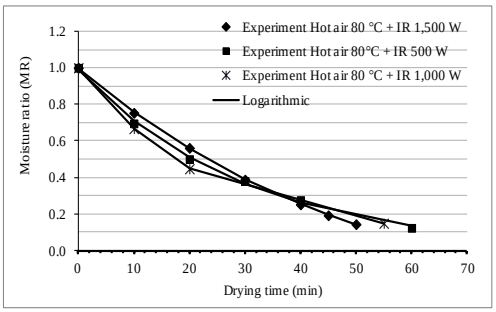
3.2 แบบจำลองสมการอบแห้ง

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 3.1 เมื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์โดยหาค่าคงที่ต่าง ๆ ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการถดถอยแบบไม่เชิงเส้น จะสามารถหาค่าคงที่ต่าง ๆ ในตารางที่ 1 และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเอมพิริคัลที่ดีที่สุดในการอธิบายจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งในแต่ละแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน (ลมร้อน และลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรด) พิจารณาจากสมการที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงสุด ($R^2 \approx 1$) ซึ่งผลการคำนวณพบว่า สมการอบแห้งแบบเอมพิริคัลของ Logarithmic ให้ผลการทำนายได้ใกล้เคียงกับผลการทดลองการอบแห้งด้วยลมร้อนมากที่สุดที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.998-0.993 และค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 0.013-0.023 ในช่วงอุณหภูมิอบแห้ง 65-90°C ตามลำดับ เมื่อนำมาพล็อตกราฟแสดงผลการทำนายด้วยสมการ Logarithmic และผลการทดลองอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อนดังรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าเส้นโค้งจากการทำนายด้วยแบบจำลองสมการอบแห้งของ Logarithmic สามารถทำนายผลการทดลองได้ดี



รูปที่ 3 ผลการทดลองอัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อนและผลการคำนวณจากแบบจำลองสมการอบแห้งเอมพิริคัลของLogarithmic

ในทำนองเดียวกัน สำหรับการทดลองอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรด เมื่อนำข้อมูลอัตราส่วนความชื้นที่ได้มาวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับกรณีการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อน ผลการวิเคราะห์ พบว่า สมการอบแห้งแบบเอมพิริคัลของ Logarithmic สามารถอธิบายผลการทดลองได้ดีที่สุดเช่นกัน (R^2 อยู่ในช่วง 0.998-0.999 และ RMSE อยู่ในช่วง 0.003-0.001 ในช่วงอุณหภูมิอบแห้ง 65-90°C ตามลำดับ) แสดงผลการทดลองและผลการคำนวณของอัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรด

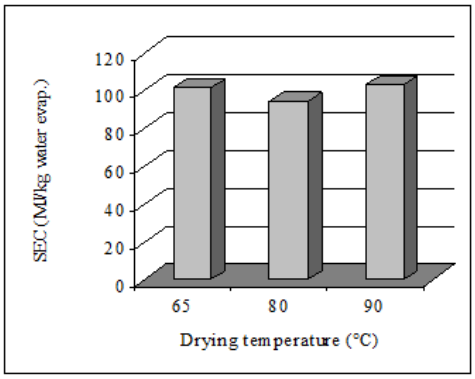


รูปที่ 4 ผลการทดลองอัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดและผลการคำนวณจากแบบจำลองสมการอบแห้งเอมพิริคัลของLogarithmic

3.3 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

3.3.1 การอบแห้งด้วยลมร้อน

รูปที่ 5 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการทดลองอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 80 และ 90°C

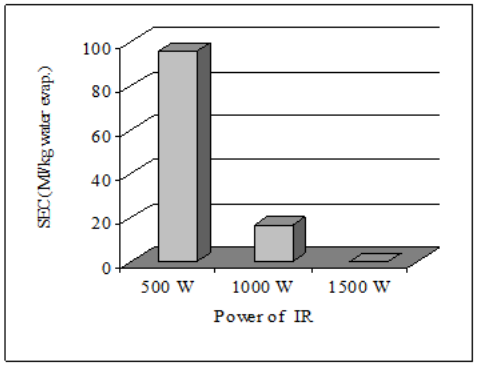


รูปที่ 5 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อน ที่อุณหภูมิ 65 80 และ90°C ที่ความชื้นเริ่มต้น 274% มาตรฐานแห้ง

จากกราฟรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน เท่ากับ 101.6 94.2 และ 103.3 MJ/kg of water evaporated ตามลำดับ แต่ที่อุณหภูมิอบแห้งเท่ากับ 80°C ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีต่ำสุดเท่ากับ 94. MJ/kg of water evaporated ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาในการอบแห้งมีผลโดยตรงต่อค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน

3.3.2 การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

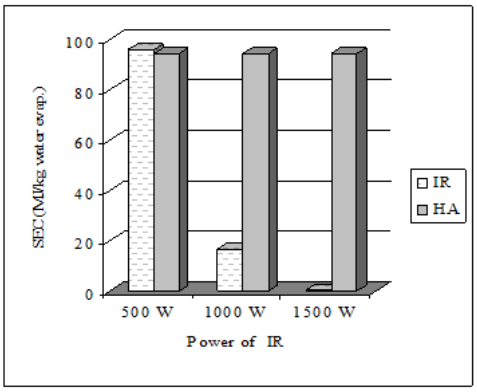
รูปที่ 6 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยรังสีอินฟราเรด ที่กำลัง 500 1,000 และ 1,500 W ที่อุณหภูมิ 80°C



รูปที่ 6 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยรังสีอินฟราเรด ที่กำลัง 500 1,000 และ 1,500W ที่อุณหภูมิ 80°C ความชื้นเริ่มต้นของเนื้อไก่สดเท่ากับ 274% มาตรฐานแห้ง

จากกราฟรูปที่ 6 พบว่าค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งจะมีค่าต่ำเมื่อใช้กำลังของรังสีอินฟราเรดสูง เนื่องจากเมื่อกำลังของรังสีอินฟราเรดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งสั้นลง โดยมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ 95.85, 16.58 และ 0.52 MJ/kg of water evaporated ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อน และการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยรังสีอินฟราเรด ที่กำลัง 500 1,000 และ 1,500 W ที่อุณหภูมิอบแห้งเดียวกันคือ 80°C แสดงดังรูปที่ 6 พบว่า ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยรังสีอินฟราเรด จะมีค่าต่ำกว่าการอบด้วยลมร้อน โดยเฉพาะที่กำลังของรังสีอินฟราเรดสูง ๆ (1,000 และ 1,500 W) เนื่องจากเมื่อกำลังของรังสีอินฟราเรดเพิ่มขึ้นจะเป็นการเพิ่มพลังงานต่อหน่วยพื้นที่มากขึ้นส่งผลต่ออัตราการถ่ายโอนมวลน้ำเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดน้อยลงไปด้วย ในขณะที่เมื่อกำลังของรังสีอินฟราเรดต่ำๆ (500 W) พบว่า ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไม่แตกต่างกันมากนักไม่ว่าจะอบแห้งด้วยแหล่งพลังงานใด



รูปที่ 5 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด ที่กำลัง 500 1,000 W และ 1,500 W ที่อุณหภูมิ 80°C โดยมีความชื้นเริ่มต้นของเนื้อไก่สดเท่ากับ 274% มาตรฐานแห้ง

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อนและลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรด พบว่า การอบแห้งโดยใช้ลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดจะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าเทคนิคการอบแห้งด้วยลมร้อน ที่อุณหภูมิอบแห้งเดียวกัน และเมื่อพิจารณาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งของทุกเงื่อนไขของการทดลอง พบว่า อัตราการ

ส่งผ่านความชื้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอบแห้ง โดยการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดมีความสิ้นเปลืองพลังงานต่ำกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการครุวิจัยพลังงาน ของ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสถานวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ตลอดจนภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลา-นครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา ที่สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] AOAC. Official Method of Analysis, 16th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Verginia. USA (1995).

[2] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพ (2540).

[3] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไก่สดเยือกแข็ง, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพ (2528).

[4] วรวิทย์ กรัยวณิชย์กุล. การอบแห้งเนื้อไก่ด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับปั๊มความร้อน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 72 หน้า (2547).

[6] Tirawanichakul, S., NA Phatthalung and Tirawanichakul, Y. Drying strategy of shrimp using hot air convection and hybrid Infrared radiation/hot air convection. Walailak J. Sci & Tech, 5(1): 77-100 (2008).

[7] อนุสรา นาดี, ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุลม, และสุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล. จลนพลศาสตร์การอบแห้งใบเตยด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนและลมร้อน. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 17 (2): 86-94 (2555).

[8] Nuthong, P., Achariyaviriya, A., Namsanguan, K. and Achariyaviriya, S. Kinetics and modeling of whole longan with combined infrared and hot air. Journal of Food Engineering, 102: 233-239 (2011).