

กรณีศึกษาการอบแห้งลมร้อนด้วยวิธีความร้อนเหนี่ยวนำ A Study of Hot Air Drying using Induction Heating

จีระพงศ์ ศรีวิชัย* และ คมกฤษณ์ ศรีสุวรรณ
Geerapong Srivichai* and Khomkrit Srisuwan
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร
199 ม. 3 ถ.พังโคน-วาริชภูมิ ต.พังโคน อ.พังโคน จ.สกลนคร 47160

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการอบแห้งลมร้อนด้วยเทคนิคการเหนี่ยวนำความร้อน ตัวตู้อบแห้งมีขนาดโดยรวม 450×520×880 มิลลิเมตร ภายในตู้อบด้านบนเป็นแหล่งกำเนิดลมร้อนแบบเหนี่ยวนำความร้อน มีพิกัดกำลังไฟฟ้า 0.6 กิโลวัตต์ และพัดลมบังคับไหลตามแนวความเร็วลมเฉลี่ย 0.5 เมตรต่อวินาที ภายในห้องอบแห้งมีขนาด 360×410×750 มิลลิเมตร มีชั้นวางถาดวัสดุอบจำนวน 6 ชั้น การทดลองทำโดยปรับอุณหภูมิของแหล่งกำเนิดลมร้อนแบบเหนี่ยวนำในตู้อบแห้งที่ 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาผลของอัตราการอบแห้ง, อัตราการลดความชื้นจำเพาะ และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ผลการศึกษาพบว่าอัตราการอบแห้ง 0.0107, 0.0218 และ 0.0389 กิโลกรัมต่อชั่วโมง, อัตราการลดความชื้นจำเพาะ 0.0429, 0.0623 และ 0.0794 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 23.29, 16.03 และ 12.58 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ : การเหนี่ยวนำความร้อน, ลมร้อน, อัตราการอบแห้ง

Abstract

The objectives of this research are study the feasibility of a hot air drying using induction heating technique. The oven has the overall dimensions 450×520×880 mm. A heating chamber inside the oven top consists of an induction heater set with the input power rate of 0.6 kW. and axial flow fan generating 0.5 m/s. air velocity. The bottom chamber at 360×410×750 mm. provides shelves for six trays. experiments were conducted on the following conditions: drying temperatures of 50, 70 and 90 °C. The effects of drying conditions on drying rate, specific moisture extraction rate and specific energy consumption were also investigated. From experimental results, it was revealed that the increment of drying temperature in drying rate 0.0107, 0.0218 and 0.0389 kg/hr.

* E-mail address: geerapongs@gmail.com

specific moisture extraction rate found to be 0.0429, 0.0623 and 0.0794 kg/kWh. and specific energy consumption measures as 23.29, 16.03 and 12.58 kWh/kg.

Keywords: Induction heating, Hot air, Drying rate

1. บทนำ

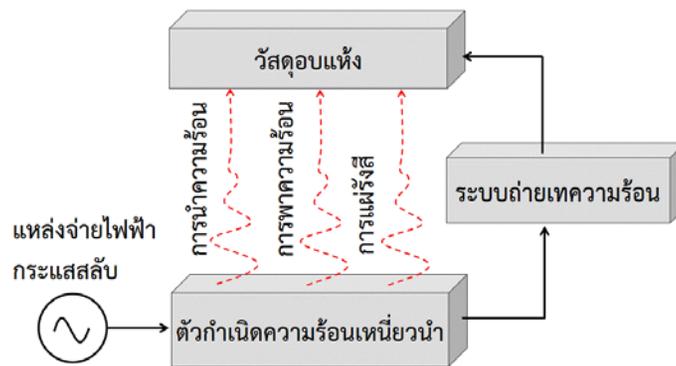
การอบแห้งเป็นกระบวนการลดความชื้นซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน การลดความชื้นในวัสดุนั้นสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวด การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยสุญญากาศ การอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน การอบแห้งด้วยลมร้อน และการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด เป็นต้น [1] ซึ่งการอบแห้งในแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวด การอบแห้งด้วยสุญญากาศ หรือการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งจะค่อนข้างดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค [2-3] แต่ข้อเสียของการอบแห้งทั้งสามวิธีนี้คือมีระบบที่ซับซ้อน และต้นทุนสูง ซึ่งพิจารณาแล้วไม่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ส่วนการอบแห้งด้วยไมโครเวฟเป็นการลดความชื้นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ ผลิตภัณฑ์ที่อบมีคุณภาพสูงและเป็นที่ยอมรับกันดีในปัจจุบันแต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องความปลอดภัยจากคลื่นไมโครเวฟเนื่องจากมีคลื่นความถี่ที่ค่อนข้างสูงทำให้ยังจำกัดอยู่ที่แคตู้อบขนาดเล็กเพื่อใช้ในห้องครัวเรือนซึ่งมีระบบป้องกันคลื่นรังสีที่ดี อย่างไรก็ตาม การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีความนิยมอย่างมากเนื่องจากมีต้นทุนในการสร้างเครื่องที่ต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ [4] การอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถจำแนกแหล่งความร้อนได้หลากหลายแหล่งที่หาได้ง่าย เช่น ขดลวดความร้อน ฮีตปั๊ม น้ำมันเชื้อเพลิง แอลพีจี (LPG) พลังงานแสงอาทิตย์หรือความร้อนทั้งจากกระบวนการต่างๆ ในโรงงานสำหรับแหล่งความร้อนที่ถูกและใหญ่ที่สุดคือพลังงานแสงอาทิตย์แต่ข้อจำกัดคือไม่สามารถใช้งานได้หากสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย [5] แหล่งความร้อนที่อาศัยการเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนอย่างขดลวดความร้อน (heater) [6-7] นั้นจะเห็นได้ว่ายังมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ค่อนข้างสูงในการอบแห้งทำให้มีต้นทุนที่สูงและใช้ระยะเวลาอีกหนึ่งความพยายามในการศึกษาวิธีอบแห้งด้วยเทคนิคการผสมผสาน เช่น เทคนิคการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้า [8] เทคนิคตัวเก็บรังสีอาทิตย์ติดแผ่นครีบเพื่อทำอากาศร้อนทำงานร่วมกับขดลวดความร้อนไฟฟ้าเพื่อใช้เป็นความร้อนเสริมในการอบแห้ง [9] นอกเหนือจากวิธีการสร้างความร้อนจากไฟฟ้าอย่างขดลวดความร้อนแล้วนั้น วิธีการสร้างความร้อนอีกรูปแบบหนึ่งที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาและได้รับความนิยมนำมาใช้คือวิธีการเหนี่ยวนำความร้อน (induction heating) กล่าวได้ว่าเป็นวิธีให้ความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูง [10] มีข้อดีหลายประการ เช่น ประหยัดพลังงาน เกิดความร้อนขึ้นที่ชิ้นงานอย่างรวดเร็วสม่ำเสมอ กำหนดความร้อนเฉพาะจุดได้ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ชิ้นงานกับแหล่งพลังงานไม่สัมผัสกันโดยตรง ดังนั้นการนำวิธีการสร้างความร้อนดังกล่าวมาประยุกต์ใช้แทนการสร้างความร้อนแบบเดิมจึงสามารถช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้ จากข้อดีของการเหนี่ยวนำความร้อนที่กล่าวมาในการพัฒนาการอบแห้งด้วยลมร้อนให้มีประสิทธิภาพที่สูงนั้นแนวทางการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่ความเป็นไปได้ในการอบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้เทคนิคการเหนี่ยวนำความร้อนเป็นแหล่งพลังงานความร้อน เบื้องต้นจะทำ

การทดลองศึกษาผลของอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่มีผลต่อพฤติกรรมการอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะเป็นอย่างไร

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 ชุดทดลอง

การทำงานของตู้อบแห้งลมร้อนแสดงดังรูปที่ 1 โดยความร้อนจากตัวกำเนิดความร้อนเหนี่ยวนำถูกถ่ายเทให้กับวัสดุโดยกระบวนการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี ส่วนรูปที่ 2 ได้แสดงภาพถ่ายของตู้อบแห้งลมร้อนเพื่อใช้ทดลองในงานวิจัยครั้งนี้

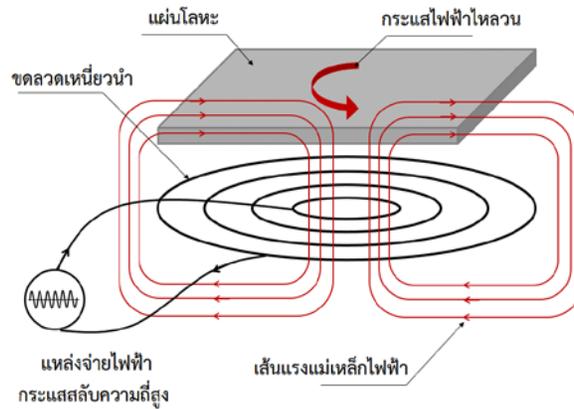


รูปที่ 1. ผังการทำงานของตู้อบแห้งลมร้อน



รูปที่ 2. ตู้อบแห้งลมร้อนด้วยวิธีความร้อนเหนี่ยวนำ

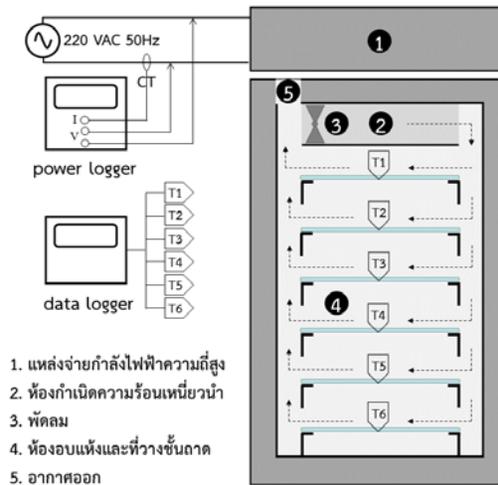
แหล่งกำเนิดความร้อนอาศัยวิธีการสร้างความร้อนแบบเหนี่ยวนำ ประกอบไปด้วยปรากฏการณ์พื้นฐาน คือ การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า, ปรากฏการณ์ผิว และการถ่ายโอนความร้อน [10-12] การเหนี่ยวนำความร้อนพื้นฐานแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3. การเหนี่ยวนำความร้อนให้กับโลหะ

เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดลวดตัวนำจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้า โดยจำนวนรอบของการเปลี่ยนแปลงแปรผันตรงกับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ป้อน ความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะแปรผันตรงตามขนาดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ ส่งผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนบริเวณผิวของแผ่นโลหะใกล้เคียงเกิดเป็นความร้อนขึ้นที่บริเวณผิวโลหะนั้น รายละเอียดตู้อบแห้งลมร้อนแสดงดังรูปที่ 4 ประกอบไปด้วยห้องอบแห้งในงานวิจัยนี้ได้นำตู้เย็นขนาดภายนอก (กว้าง × ยาว × สูง) เท่ากับ 450 × 520 × 880 มิลลิเมตร ดัดแปลงทำเป็นตู้ซึ่งภายในห้องอบ (กว้าง × ยาว × สูง) มีขนาด 360 × 410 × 750 มิลลิเมตร มีชั้นวางภาควัสดุอบแห้ง 6 ชั้นและภาควัสดุอบแห้ง 400 × 350 มิลลิเมตร ภายในตู้อบด้านบนเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนจากการเหนี่ยวนำความร้อนประกอบไปด้วยขดลวดตัวนำ ถูกพันเป็นวงขดลวด (spiral coil) [13] จำนวน 40 รอบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขดลวด 200 มิลลิเมตร ถูกวางอยู่ภายใต้แผ่นโลหะแบบสแตนเลสขนาด 200 × 340 ตารางมิลลิเมตร ความหนา 5 มิลลิเมตร มีแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าความถี่สูงทำหน้าที่สร้างสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับที่ความถี่ไม่เกิน 20 กิโลเฮิรต์ [14-15] เพื่อจ่ายให้กับขดลวดตัวนำไปเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อนบริเวณผิวของแผ่นโลหะ ความคุมกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 0.6 กิโลวัตต์ ใช้พัดลมใบพัด (rotary fan) ขนาด 120 × 120 ตารางมิลลิเมตร ความหนา 40 มิลลิเมตร เพื่อนำพาความร้อนหมุนเวียนภายในตู้อบดังกล่าว ส่วนอุปกรณ์ เครื่องมือวัด ประกอบไปด้วยเครื่องบันทึกสัญญาณเวลา (yogokawa data logger model FX112-4-2) มีความละเอียด ±0.5 องศาเซลเซียส, เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล (OHAUS model: Scout Pro SPS402F) ความ

ละเอียด 0.01 กรัม, เครื่องวัดความเร็วลม (anemometer : digicon model ; DA-41), เครื่องวัดบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า (power logger) ยี่ห้อ Fluke model : 1735 สำหรับวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบอบแห้งทั้งหมด



1. แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าความถี่สูง
2. ห้องกำเนิดความร้อนเหนี่ยวนำ
3. พัดลม
4. ห้องอบแห้งและที่วางชั้นถาด
5. อากาศออก

รูปที่ 4. รายละเอียดของตู้อบแห้งลมร้อน

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองครั้งนี้มุ่งเน้นความเป็นไปได้ของการกำเนิดลมร้อนแบบเหนี่ยวนำเพื่อการอบแห้ง ซึ่งงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือการทดลองวัดการกระจายของอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งแต่ละชั้นถาด ซึ่งมีเงื่อนไขการอบ คือ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วลมเฉลี่ย 0.5 เมตรต่อวินาที ขณะไม่มีวัสดุทดสอบ ในส่วนที่ 2 คือ ทดลองเพื่อหาการระเหยของมวลน้ำบนถาด [6] ซึ่งมีเงื่อนไขการอบแห้ง คือ บรรจุน้ำลงในบีกเกอร์ (beaker) จำนวน 6 บีกเกอร์ แต่ละบีกเกอร์ซึ่งน้ำหนักให้มวลของน้ำเท่ากับ 0.03 กิโลกรัม นำไปวางบนถาดแต่ละชั้นของตู้อบแห้ง อุณหภูมิอบแห้ง 50 – 90 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วลมเฉลี่ย 0.5 เมตรต่อวินาที สำหรับการบันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการทดลองนั้น จะบันทึกผลโดยการวัดอุณหภูมิทางเข้าห้องอบของลมร้อน และอุณหภูมิเริ่มต้น วัดโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกสัญญาณเวลา (data logger) วัดอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งแต่ละถาด รวม 6 ตำแหน่ง (T1-T6) ดังแสดงในรูปที่ 4 มีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่และความเร็วของลมโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของมวลน้ำอ่านค่าจากเครื่องชั่งแบบดิจิตอล บันทึกผลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดบันทึกค่าพลังงานและกำลังไฟฟ้า (power logger) ในส่วนของสถานที่ทดลองและเก็บข้อมูลใช้ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

2.3 การวิเคราะห์ผล

อัตราการอบแห้ง (drying rate, DR) เป็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นต่อหน่วยเวลาซึ่งคำนวณได้ดังสมการที่ (1)

$$DR = \frac{M_w}{DT} \quad (1)$$

เมื่อ M_w คือ มวลของน้ำที่ระเหย (กิโลกรัม , kg)

DT คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (ชั่วโมง , hr)

พลังงานที่ใช้ในการลดความชื้นของวัสดุทดสอบในงานวิจัยนี้ได้ใช้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (specific energy consumption, SEC) [16] เป็นดัชนีแสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการลดความชื้นต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$SEC = \frac{E_{ih}}{M_w} \quad (2)$$

เมื่อ E_{ih} คือ ผลรวมของพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับชุดเหนี่ยวนำความร้อน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง, kWh)

M_w คือ ปริมาณของมวลน้ำที่ระเหย (กิโลกรัม, kg)

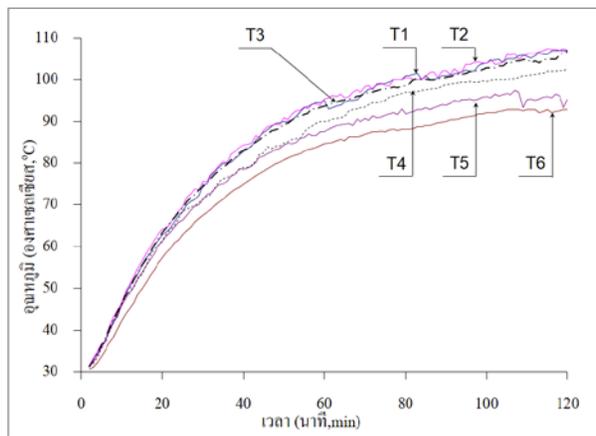
3. ผลการศึกษา

การควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งด้วยการปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าของเครื่องทดลองต้นแบบแสดงผลลัพธ์ได้ดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มอัตราของกำลังไฟฟ้าครั้งละ 0.1 กิโลวัตต์ มีผลทำให้อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งมีการเปลี่ยนแปลงโดยประมาณ 10 องศาเซลเซียส

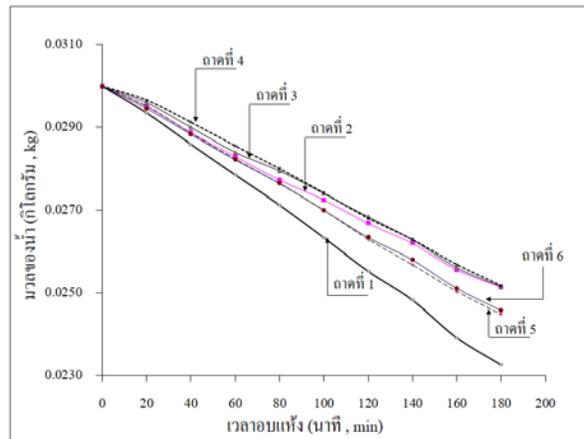
ตารางที่ 1. อิทธิพลของการปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้ากับอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบแห้ง

กำลังไฟฟ้า (kW)	อุณหภูมิเฉลี่ยในห้องอบ (°C)
0.1	42.2
0.2	52.4
0.3	62.5
0.4	73.4
0.5	84.2
0.6	95.0

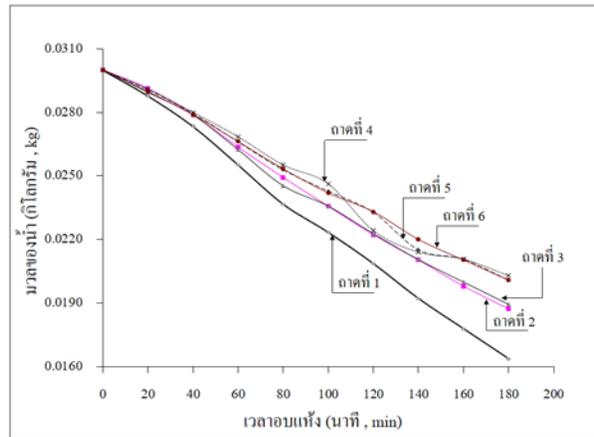
ทดลองผลการกระจายอุณหภูมิหมุนเวียนของลมร้อนภายในห้องอบแห้ง ที่ชั้นถาดต่างๆ กำหนดระยะเวลาอบ 120 นาที โดยความเร็วลมกระจายทั่วบริเวณ มีค่าเฉลี่ย 0.5 เมตรต่อวินาที และมีอุณหภูมิเริ่มต้นภายในห้องอบแห้งที่ 28 องศาเซลเซียส รูปที่ 5 พบว่ามีการกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งแต่ละชั้นยังไม่สม่ำเสมอ เมื่อพิจารณาชั้นถาดบนสุดจะให้อุณหภูมิสูงที่สุดและลดลงในตำแหน่งต่ำลงมาโดยอุณหภูมิชั้นถาดบน (T1) ต่างจากชั้นถาดล่างสุด (T6) ประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับผลของ Theamtun [6].



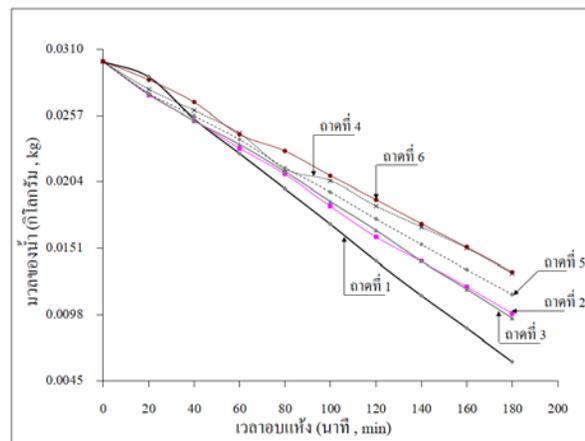
รูปที่ 5. ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งของแต่ละชั้นถาดกับเวลา



รูปที่ 6. การระเหยของน้ำเปรียบเทียบน้ำหนักมวลของน้ำกับเวลา ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 50 องศาเซลเซียส



รูปที่ 7. การระเหยของน้ำเปรียบเทียบน้ำหนักมวลของน้ำกับเวลา ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 70 องศาเซลเซียส



รูปที่ 8. การระเหยของน้ำเปรียบเทียบน้ำหนักมวลของน้ำกับเวลา ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 90 องศาเซลเซียส

ผลทดลองการระเหยของมวลน้ำบนถาดแต่ละชั้นของตู้อบ จากรูปที่ 6, 7 และ 8 พบว่าการระเหยของมวลน้ำในแต่ละชั้นของถาดภายในห้องอบแห้งในแต่ละอุณหภูมิต่างๆ จะเห็นได้ว่า บริเวณของชั้นถาดที่ 1 มีแนวโน้มของอัตราการระเหยของมวลน้ำมากที่สุด เนื่องจากว่าชั้นถาดดังกล่าวนั้นอยู่ชั้นบนสุดซึ่งสามารถพิจารณาปัจจัยจากอิทธิพลของการแผ่รังสีความร้อนจากแหล่งพลังงานความร้อนเหนี่ยวนำซึ่งอยู่ด้านบนของชั้นถาดดังกล่าวและการกระจายอากาศลมร้อนภายในห้องอบนั้นยังมีผลการกระจายไม่สม่ำเสมอ

เมื่อพิจารณาอัตราการระเหยของมวลน้ำ จากทั้ง 6 บีกเกอร์รวมกันมีน้ำหนักมวลของน้ำเริ่มต้น 0.18 กิโลกรัม วางในห้องอบแห้งเป็นระยะเวลา 180 นาที และอุณหภูมิเริ่มต้นในห้องอบแห้ง 28 องศาเซลเซียส จากตารางที่ 2 ได้แสดงถึงการเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนให้กระจายภายในห้องอบ 50, 70 และ 90

องศาเซลเซียสตามลำดับ พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองของพลังงานไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยนั่นคือ 0.75, 1.05 และ 1.47 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ซึ่งจะส่งผลให้การระเหยของมวลน้ำที่ทำไ้เร็วยิ่งขึ้นนั่นคือ 0.0322, 0.0655 และ 0.1168 กิโลกรัมตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ากับการอบแห้งลมร้อนอาศัยแหล่งความร้อนด้วยขดลวดไฟฟ้า [6] พบว่างานวิจัยนี้มีความสามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองของพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้รังสีอินฟราเรดมาเป็นแหล่งให้ความร้อนในการอบแห้งร่วมกับสุญญากาศ [17] จะเห็นได้ว่างานวิจัยนี้ยังสามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองของพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าอีกเช่นกัน

ตารางที่ 2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระเหยของน้ำ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 180 นาที

รายละเอียด	อุณหภูมิของลมร้อน		
	50 °C	70 °C	90 °C
มวลของน้ำที่ระเหยไป (kg)	0.0322	0.0655	0.1168
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	0.75	1.05	1.47
อัตราการอบแห้ง (kg/hr)	0.0107	0.0218	0.0389
อัตราการลดความชื้นจำเพาะ (kg/kWh)	0.0429	0.0623	0.0794
ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (kWh/kg)	23.29	16.03	12.58

นอกจากนี้ตารางที่ 2 นั้น ยังแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการใช้พลังงานซึ่งพบว่าเมื่ออุณหภูมิในห้องอบแห้งเพิ่มขึ้น อัตราการลดความชื้นจำเพาะของน้ำนั้นจะเพิ่มขึ้นตาม และจะส่งผลให้ค่าความสิ้นเปลืองของพลังงานจำเพาะลดลง

4. สรุปผล

งานวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นผลของการศึกษาความเป็นไปได้ในการอบแห้งลมร้อนด้วยเทคนิคการเหนี่ยวนำความร้อน ผลการศึกษาพบว่าการเหนี่ยวนำความร้อนมีความสามารถทำให้เกิดลมร้อนภายในห้องอบแห้งได้ที่อุณหภูมิ 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียส โดยตู้อบแห้งลมร้อนที่มีแหล่งพลังงานความร้อนเหนี่ยวนำที่สร้างขึ้น สามารถลดความชื้นที่อัตราการอบแห้ง 0.0107, 0.0218 และ 0.0389 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการลดความชื้นจำเพาะ 0.0429, 0.0623 และ 0.0794 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 23.29, 16.03 และ 12.58 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม งานวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำเปล่าเพื่อศึกษาการระเหยเมื่อให้ความร้อน ในความเป็นจริงแล้วน้ำต้องระเหยออกจากวัสดุอบแห้งอย่างเช่น สมุนไพร กล้วย เนื้อ และอื่นๆ ซึ่งจะนำเสนอในโอกาสต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร ที่อนุญาตให้ใช้อุปกรณ์เครื่องมือและสถานที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า สำหรับการทดลองงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Hall, C.W., 2006. Handbook of industrial drying. Taylor & Francis Group.
- [2] Mongpraneet, S., Abe, T. and Tsurusaki, T., 2002. Accelerated drying of welsh onion by far infrared radiation under vacuum conditions. *Journal of Food Engineering*, 55, 147–156.
- [3] Rossi, S.J., Neves, L.C. and Kieckbusch, T.G., 1992. Thermodynamic and energetic evaluation of a heat pump applied to drying of vegetables. *Drying Technology*, 10, 1475-1484.
- [4] Chua, K.J. and Chou, S.K., 2003. Low-cost drying methods for developing countries. USA : Trends in Food Science & Technology. 14(12), 519-528.
- [5] Condori, M. 2001. Solar drying of sweet pepper and garlic using the tunnel greenhouse drier. *Renewable energy*, 22(4), 447-460.
- [6] Theamtun, P., 2001. Development of an automatic small scale hot air oven. M.Eng. Thesis, Department of Agricultural Engineering, Kasatsart University. (in Thai)
- [7] Thanasookprasert, S., Swasdisevi, T., Devahastin, S., and Soponronnarit, S., 2012. Dehydration of unhusked rice by using impinging stream dryer. *Journal of Science and Technology* 1(2), 1-10. (in Thai)
- [8] Sudchaleaw, S., 2007. A Study on hot air drying combined with electric field. M.Eng. Thesis, Department of Engineering (Energy Technology), Mahasarakham University (in Thai).
- [9] Puban, S., Rungsin, S., Thantong, P., Duangchan, S. and Chantawong, P., 2012. Fin-Solar collector for producing heat in drying process. *The Journal of Industrial Technology*, 8(3), 9-17. (in Thai)
- [10] Zinn, S. and Semiatin, S.L., 1988. Elements of induction heating. Ohio: Metal Park.
- [11] Davies, E.J. and Simpson, P., 1979. Induction heating handbook. McGraw-Hill, UK.
- [12] Application Notes AN9012, 2000. *Induction heating system topology review*. Fairchild Semiconductor, [online] Available at :
<<https://www.fairchildsemi.com/applications/welding-induction-heating/>>
[Accessed 5 August 2014].
- [13] Circuits.dk. 2014. *Flat spiral coil inductor calculator*. [online] Available at :
<<http://www.circuits.dk/>> [Accessed 9 October 2014].
calculator_flat_spiral_coil_inductor.htm / # List, 9 January 2014.

- [14] Kwon, Y.S. Bong Yoo and Dong - Seok Hyun., 1999. Half-Bridge series resonant inverter for induction heating applications with load adaptive PFM control strategy. *IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition*, 575-581.
- [15] Kawaguchi, Y. Hiraki, E. Tanaka, T. and Nakaoka, M., 2008. Basic study of a phase shifted soft switching high frequency inverter with boost PFC converter for induction heating. *Journal of Power Electronics*, 8(2), 192-198.
- [16] Nimmol, C. and Devahastin, S., 2010. Evaluation of performance and energy consumption of an impinging stream dryer for paddy. *Applied Thermal Engineering*. 30(14&15), 2204-2212.
- [17] Teeboonma, U. and Jongjam, S., 2010. Ginger drying using infrared-vacuum technique. *Burapha Sci. J.*, 15, 76-86. (in Thai)