

การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการผลิตพริกแห้ง
ด้วยเตาอบไมโครเวฟ ลมร้อน และเตาอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน
A comparative study on chili drying process using
microwave, hot air and combined microwave-hot air dryers

สาวิตรี คำหอม¹, ธราวุธ บุญน้อม¹, ณัฐพงษ์ ประภากร¹, พรธชา ลิบลับ¹ และ วีรชัย อัจฉาญ^{1*}

¹ ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

*ติดต่อ: Arjharh@g.sut.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 0-4422-5007 และ 0-4422-5045, เบอร์โทรสาร 0-4422-5046

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการอบแห้งพริกโดยใช้เตาอบแบบไมโครเวฟเตาอบแบบลมร้อน และเตาอบแบบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน โดยพิจารณาคุณลักษณะการอบแห้ง คุณภาพของพริกแห้ง รวมไปถึงพลังงานที่ใช้และต้นทุนในการผลิต จากการศึกษาพบว่ากระบวนการผลิตพริกแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปพัฒนาต่อไปในเชิงพาณิชย์มากที่สุด พริกที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนมีลักษณะผิวเป็นสีแดง ใส ชุ่มชื้น และไม่แตก กำลังไมโครเวฟที่ใช้เท่ากับ 0.61 วัตต์ต่อกรัมพริกแห้ง และมีต้นทุน (พิจารณาเฉพาะค่าไฟฟ้า) การอบแห้งเท่ากับ 17 บาทต่อกิโลกรัมพริกแห้ง

คำหลัก: พริกแห้ง, การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ, การอบแห้งด้วยลมร้อน, การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน, การอบแห้ง

Abstract

The objective of this study was to compare chili drying process using microwave, hot air and combined microwave-hot air dryers. The study showed that chili drying process using the combined microwave-hot air dryer is the most suitable for further development in commercial scale. The combined microwave-hot air dryer produced dried chilies with shiny red skin and green calyx without skin cracking. The microwave power used was 0.61 W/g (dry weight), and the production cost (considering only electricity) was 17 Baht/kg (dry weight).

Keywords: dried chilies, microwave dryer, hot air dryer, combined microwave-hot air dryer, drying

1. บทนำ

การผลิตพริกแห้งในปัจจุบัน มี 2 ระดับ คือ ระดับครัวเรือน นิยมใช้วิธีการตากแดดกลางแจ้ง ใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 5 วัน [1] ซึ่งใช้เวลานานและต้องใช้แรงงานในครัวเรือน และระดับการค้า นิยมใช้การอบแห้ง

พริกในโรงเรือน ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 3 วัน [1] สามารถป้องกันฝนและน้ำค้างได้ แต่การอบแห้งในโรงเรือนนี้ จำเป็นต้องใช้แรงงานจำนวนมากในการกลับชั้น ซึ่งขณะทำการกลับชั้น ไอระเหยของพริกจะทำให้แช่บวมและจุกเป็นอันตรายต่อแรงงาน ทำให้การผลิตพริกแห้ง

ทำได้ด้วยความยากลำบาก ดังนั้นการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ในกระบวนการผลิตพริกแห้งจะสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

จากการศึกษางานวิจัยของ Tomas Funebo and Thomas Ohlsson (1998) ได้ใช้เตาอบไมโครเวฟร่วมกับระบบลมร้อนในการลดความชื้นของแอปเปิ้ล และเห็ดหอม ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพในด้านสีที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์สด และสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้ 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการอบแห้งแอปเปิ้ลและการอบแห้งเห็ดหอม ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยอากาศร้อนเพียงอย่างเดียว [2]

จิรวัฒน์กันต์ เกรียงวงศ์ และคณะ (2549) ได้ศึกษาการผลิตพริกแห้ง โดยเครื่องไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน พบว่าคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2450 เมกะเฮิร์ตซ์ กำลังไฟฟ้า 1.18 กิโลวัตต์ ความดันสุญญากาศ 60 มิลลิเมตรปรอท และเวลาในการทำแห้ง 44 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมทำให้ได้พริกแห้งที่มีลักษณะเฉพาะที่ไม่เหมือนกับพริกแห้งในท้องตลาด คือ มีสีแดงสดใสเม็ดป่องผิวเรียบแข็งเลื่อมมันมีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 34.14 ± 1.27 , 32.84 ± 1.94 และ 23.10 ± 0.69 ตามลำดับ ปริมาตรของพริกแห้งที่ได้เท่ากับ 1.63 ± 0.09 ลูกบาศก์เซนติเมตร/เม็ด ค่าความชื้นเท่ากับ 6.73 ± 0.64 เปอร์เซ็นต์ และค่า activity water เท่ากับ 0.444 ± 0.001 ซึ่งต่ำกว่าพริกแห้งในท้องตลาด ทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าพริกแห้งที่ผลิตจากเครื่องไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน มีสีแดงกลั่นหอม ความป่องความกรอบ และรสเผ็ดมากกว่าพริกแห้งในท้องตลาด [3]

คำนิ้ง วาทยธธา (2553) ได้ทำการศึกษาการอบแห้งยางแห้งด้วยเตาไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนระดับขยาย ใช้ความสูงชั้นยาง 10 และ 15 เซนติเมตร ใช้อุณหภูมิลมร้อน 100 องศาเซลเซียส ให้ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ต่ำ คือ 11.67 และ 11.96 เมกะจูลต่อกิโลกรัม น้ำระเหยตามลำดับ [4]

สุชาดา ไชยสวัสดิ์ และสุรัชย์ แก้วบุญเรือง (2552) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการอบแห้งเครื่องต้มยำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศโดยเปรียบเทียบวิธีการอบ 2 วิธี คือ การใช้เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศและเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ผลิตภัณฑ์เครื่องต้มยำที่นำมาอบแห้งนำมาทดสอบหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ลดลงจาก 106 colony forming unit per gram เหลือ 102 colony forming unit per gram ทั้งสองสภาวะทดสอบวิธีการอบแห้งเครื่องต้มยำโดยวิธีอบแห้งด้วยตู้อบแบบสุญญากาศจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีการอบแห้งแบบลมร้อน เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยแต่ยังมีต้นทุนสูงกว่า [5]

สาวิตรี คำหอม (2551) ได้ทำการพัฒนาต้นแบบเตาอบไมโครเวฟแบบสายพานที่มีแมกนีตรอนจำนวน 20 ตัว เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นความถี่ 2450 เมกะเฮิร์ตซ์ ควบคุมการเปิด-ปิดแมกนีตรอนด้วยคอมพิวเตอร์ มีระบบระบายความร้อนของแมกนีตรอนด้วยเครื่องปรับอากาศและพัดลม ขับเคลื่อนขึ้นงานด้วยสายพาน ควบคุมความเร็วด้วยอินเวอร์เตอร์ ห้องอบมีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความสูงเท่ากับ 80 เซนติเมตร x 200 เซนติเมตร x 45 เซนติเมตร ทางเข้า-ออกของวัตถุดิบมีขนาดกว้าง x สูงเท่ากับ 75 เซนติเมตร x 43 เซนติเมตร การพัฒนาต้นแบบเตาอบไมโครเวฟแบบสายพานนี้เพื่อใช้ในการศึกษาการประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟแบบสายพานในกระบวนการนึ่งปาล์มน้ำมัน พบว่าสามารถยับยั้งเอนไซม์ไลเปสและลดปริมาณกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมันได้ ในระยะเวลาการนึ่งที่สั้นกว่าการนึ่งปาล์มโดยใช้หม้อนึ่งไอน้ำ แต่เมื่อพิจารณาพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการนึ่ง พบว่าการนึ่งปาล์มน้ำมันโดยใช้เตาอบไมโครเวฟแบบสายพานมีค่าค่อนข้างสูงซึ่งจำเป็นต้องทำการปรับปรุงประสิทธิภาพและพัฒนาให้เหมาะสมกับวัสดุต่อไป [6]

การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว จำเป็นต้องมีการศึกษาผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นอย่างละเอียด โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้าน

คุณภาพของผลผลิต ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพ พลังงานที่ใช้ และต้นทุน ในกระบวนการผลิตพริกแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟ ธรรมดา และเตาอบไมโครเวฟร่วมกับความร้อน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต้นแบบเตาอบไมโครเวฟร่วมกับความร้อนในเชิงพาณิชย์ต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

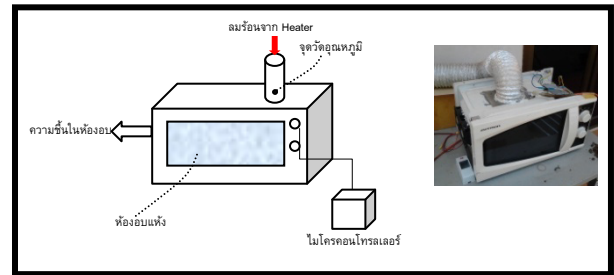
ในการศึกษานี้ใช้เตาไมโครเวฟแบบครัวเรือนความถี่ 2450 เมกะเฮิร์ตซ์ 1100 วัตต์ เจาะรูด้านบนห้องอบและติดตั้งท่อนำความร้อนเข้าสู่ห้องอบ รูที่เจาะป้องกันการรั่วของคลื่นด้วยตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ใช้ความร้อนจากเครื่องกำเนิดความร้อนไฟฟ้า(Heater) ขนาด 1000 วัตต์ ติดตั้ง Temperature Controller และ Thermo couple type K สำหรับควบคุมและวัดอุณหภูมิของความร้อน และติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของแมกนีตรอน ดังแสดงในรูปที่ 1

พริกที่ใช้ในการอบแห้งซื้อจากตลาด ไม่สนใจสายพันธุ์ คัดเลือกเฉพาะพริกสีแดงสด ขนาดใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 2

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 กรณี กรณีที่ 1 อบด้วยความร้อน กรณีที่ 2 อบด้วยไมโครเวฟ กรณีที่ 3 อบด้วยไมโครเวฟร่วมกับความร้อน ดังแสดงในตารางที่ 1 แต่ละกรณีใช้พริกสดน้ำหนัก 560 กรัม เท่ากัน วัดอุณหภูมิที่ผิวพริกด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด ทุกๆ 30 นาที และนำออกมาชั่งน้ำหนักจนน้ำหนักคงที่ นำตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านการอบในแต่ละกรณีไปวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab Color Quest XE)

ตารางที่ 1 การทดสอบ (อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส)

กรณี	วิธีการอบแห้ง	พารามิเตอร์ที่ศึกษา
1	ธรรมดา	1.ความชื้นพริก
2	ไมโครเวฟ	2.เวลาที่ใช้ในการผลิตพริกแห้ง
3	ไมโครเวฟร่วมกับความร้อน	3.ลักษณะทางกายภาพของพริกแห้ง 4.พลังงานที่ใช้และต้นทุนในการผลิตพริกแห้ง



รูปที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ



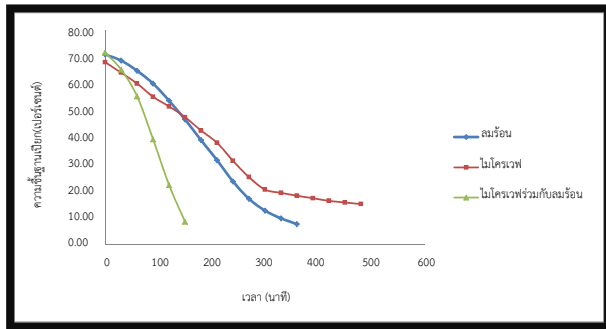
รูปที่ 2 ลักษณะพริกที่ใช้ในการทดสอบ

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

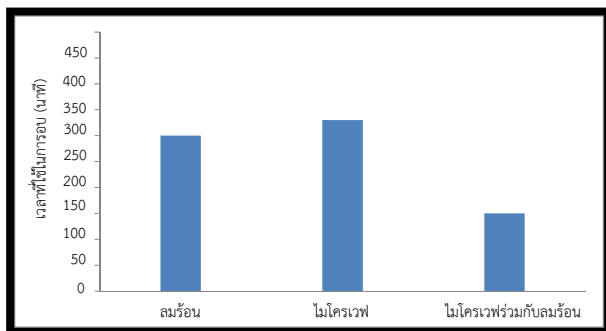
3.1 ความชื้นและเวลาการผลิตพริกแห้ง

จากการทดสอบผลิตพริกแห้งด้วยความร้อนร่วมกับไมโครเวฟ พบว่าความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ค่าความชื้นของพริกลดลงจาก 71.80 ถึง 8.61 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ในเวลา 150 นาที ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่า การอบแห้งด้วยความร้อนหรือ ไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว ดังแสดงใน รูปที่ 3 และ 4 ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งด้วยความร้อนเป็นการระเหยน้ำจากภายนอกผิวเข้าสู่ภายในเซลล์ที่ลึกเข้าไป เมื่อเวลาผ่านไปผิวภายนอกจะเกิดการหดตัวเป็นสาเหตุให้น้ำระเหยออกยากจึงต้องใช้เวลามากในการอบแห้ง ส่วนการทำแห้งด้วยไมโครเวฟนั้นเกิดขึ้นในเซลล์พริกที่มีความชื้นสามารถดูดซับพลังงานจากคลื่นย่านความถี่ไมโครเวฟ จนทำให้เป็นไอน้ำลอยตัวออกมาจากผิวของพริก หากไม่มีการระบายไอน้ำออกจากผิวพริก การอบแห้งโดยใช้เตาอบไมโครเวฟอย่างเดียว ทำให้น้ำระเหยออกจากเซลล์พริกได้ยาก หรืออาจมีความเสียหายเนื่องจากความร้อนได้ (Heat Injury) และต้องใช้เวลามากในการอบแห้ง

ดังนั้นเมื่อมีการใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนในการอบแห้งพริกจะสามารถแก้ไขการหดตัวของผิวพริกแห้งที่เกิดจากลมร้อนและ การเกิดการซึมน้ำที่ผิวของพริกที่เกิดจากการระเหยของน้ำภายในเซลล์พริกได้อย่างสมดุล ทำให้ลดระยะเวลาในการอบแห้งและสามารถผลิตพริกแห้งที่มีคุณภาพสูงได้



รูปที่ 3 ความชื้นและเวลาการผลิตพริกแห้ง



รูปที่ 4 เวลาการผลิตพริกแห้ง

3.2 ลักษณะทางกายภาพของพริกแห้ง

พริกแห้งที่อบด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน มีลักษณะผิวเป็นสีแดงใสขี้เขียว ไม่แตก และไม่เหี่ยว มีความหนาแน่นเท่ากับ 88.8 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ความชื้น 8.61 เปอร์เซ็นต์ (พริกสด ความหนาแน่นเท่ากับ 228.00 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรที่ความชื้น 71.80 เปอร์เซ็นต์) พริกแห้งที่อบด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนมีค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 23.78 ค่าสีแดง (a^*) เท่ากับ 22.10 และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 12.87 ตามลำดับ

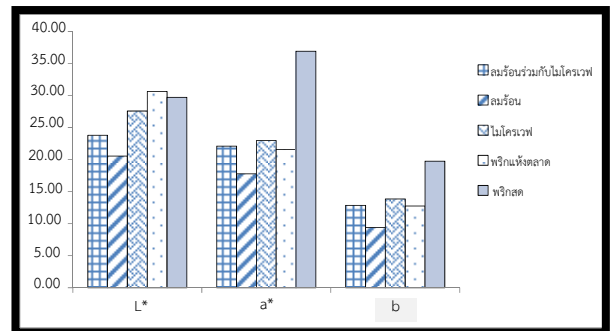
เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพกับพริกแห้งในท้องตลาดพบว่า พริกแห้งที่อบด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน มีค่าความสว่างน้อยกว่า ทั้งนี้หากจำเป็นสามารถปรับปรุงได้โดยนำ

การนึ่งหรือลวกพริกก่อนเข้ากระบวนการอบแห้ง [7] หรืออาจจะประยุกต์ใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อทำการนึ่งพริกก่อนแล้วจึงเข้ากระบวนการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนต่อไป

อย่างไรก็ดี แม้ว่าพริกแห้งตามท้องตลาดจะมีค่าความสว่างสูง แต่เมื่อพิจารณาลักษณะผิวของพริกแห้งพบว่าผิวจะเหี่ยวและขี้ดำ ต่างจากพริกแห้งที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน โดยลักษณะทางกายภาพของพริกแห้ง และ ความสว่างและสี แสดงไว้ในรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของพริกแห้ง



รูปที่ 6 ค่าความสว่าง สีแดง และสีเหลืองของพริกแห้ง

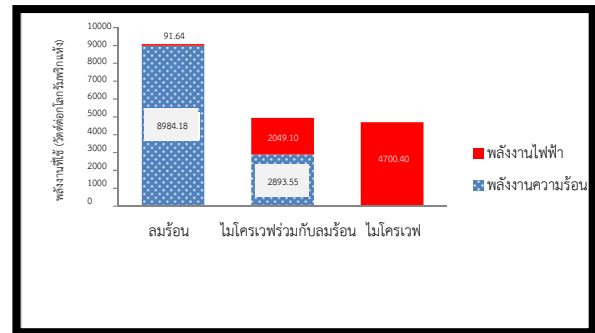
จากการพิจารณาค่าสีแดงและสีเหลือง ของพริกแห้งที่ผ่านการอบแห้งแบบต่าง ๆ พบว่า พริกแห้งที่อบด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนจะมีค่าสีแดงและสีเหลืองต่ำกว่าการอบแห้งด้วยไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว แต่สูงกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม การอบพริกแห้งที่อบด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนจะมีค่าสีแดงและสีเหลืองต่ำกว่าการอบแห้งด้วยไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว แต่เมื่อเปรียบเทียบกับพริกแห้งจากตลาดและเปรียบเทียบระยะเวลาในการอบแห้งแล้วสามารถ

พิจารณาได้ว่า การอบพริกโดยใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน เป็นวิธีการที่มีศักยภาพ สามารถพัฒนาประสิทธิภาพ และคุณภาพของผลผลิตพริกแห้งต่อไปได้

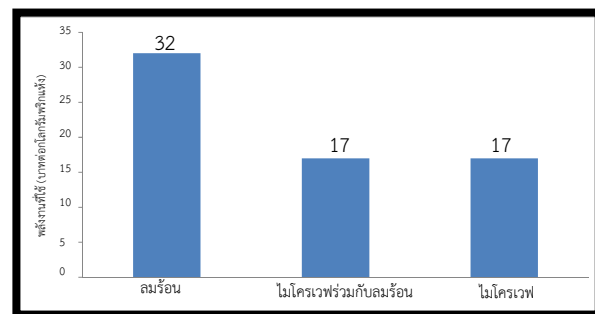
3.3 พลังงานที่ใช้และต้นทุนในการผลิตพริกแห้ง

จากการวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในการอบแห้งพริกด้วยวิธีการต่าง ๆ 3 วิธี พบว่า การใช้พลังงานในการอบแห้งพริก เรียงจากน้อยไปหามาก คือ การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน และการอบแห้งด้วยลมร้อน ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 7 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ระยะเวลาในการอบแห้งประกอบ คุณภาพของพริกแห้ง พบว่า การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการอบแห้งพริก มากกว่าวิธีการอื่น ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน คือ อุณหภูมิลมร้อนเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที คลื่นไมโครเวฟ เท่ากับ 0.61 วัตต์ต่อกรัมพริกแห้ง ใช้พลังงาน 4,942.7 วัตต์ต่อกิโลกรัมพริกแห้ง ต้นทุนการอบแห้งเท่ากับ 17.00 บาทต่อกิโลกรัมพริกแห้ง (ราคาค่าไฟฟ้า 3.5 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง) ใกล้เคียงกันกับการอบแห้งพริกด้วยไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว ขณะที่การอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวมีต้นทุนการอบแห้งสูงมาก 32.00 บาทต่อกิโลกรัมพริกแห้ง ดังแสดงใน รูปที่ 8

อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน พบว่าพลังงานส่วนใหญ่ (มากกว่าร้อยละ 50) ใช้ไปกับการผลิตลมร้อน ขณะที่พลังงานที่ใช้กับการผลิตคลื่นไมโครเวฟลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแนวทางการพัฒนา ระบบเตาอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนให้ใช้ในเชิงพาณิชย์ โดยใช้แหล่งพลังงานความร้อนทดแทน Electric Heater ที่มีต้นทุนต่ำกว่า ซึ่งจำเป็นต้องทำการพัฒนาต่อไป



รูปที่ 7 พลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง



รูปที่ 8 ต้นทุนการอบแห้ง

4. สรุปผลการศึกษา

การอบแห้งพริกโดยใช้เตาอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน สามารถผลิตพริกแห้งที่มีคุณภาพเทียบเคียงกันกับท้องตลาด มีลักษณะผิวเป็นสีแดงใสขั้วเขียวไม่แตก และไม่เหี่ยว สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน คือ อุณหภูมิลมร้อนเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที คลื่นไมโครเวฟเท่ากับ 0.61 วัตต์ต่อกรัมพริกแห้ง ค่าความชื้นของพริกลดลงจาก 71.80 ถึง 8.61 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ภายในเวลา 150 นาที โดยมีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 23.78, 22.10 และ 12.87 ตามลำดับ และมีต้นทุนการอบแห้งเท่ากับ 17 บาทต่อกิโลกรัมพริกแห้ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแนวทางการพัฒนา ระบบเตาอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนให้ใช้ในเชิงพาณิชย์

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุน
สนับสนุนงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Kaewkiew, S. Nabnean , S. Janjai (2011).
Experimental investigation of the performance
of a large-scale greenhouse type solar dryer for
drying chilli in Thailand, Procedia Engineering
vol.32 (2012), pp. 433 – 439.
- [2] Tomas Funebo and Thomas Ohlsson
(1998).Microwave Assisted Air Dehydration of
Apple and Mushroom Journal of Food
Engineering 38(1998); 353-367.
- [3] จีรวัฒน์ กันต์เกรียงวงศ์ วรพจน์ สุนทรสุข และประ
เวทย์ ตัญเต็มวงศ์. (2549). การผลิตพริกแห้งแบบใหม่โดย
เครื่องไมโครเวฟสุญญากาศแบบถ้งหมุน วารสาร
วิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 37 ฉบับที่ 2 (พิเศษ). 2549;
หน้า 178-181.
- [4] คำนึ่ง วาทยธธา (2553).การศึกษาการอบแห้งยาง
แท่งด้วยเตาไมโครเวพระดับขยายส่วน.ราย งานการวิจัย
ฉบับสมบูรณ์โครงการการศึกษาการอบแห้งยางแท่งด้วย
เตาไมโครเวพระดับขยายส่วน.สำนักงานกองทุนสนับสนุน
การวิจัย (สกว.)สนับสนุนงบประมาณวิจัย.ศูนย์นวัตกรรม
เทคโนโลยี หลังการเก็บเกี่ยวมหาวิทยาลัย ขอนแก่น.
- [5] สุชาติา ไชยสวัสดิ์ และสุรัชย์ แก้วบุญเรือง.(2552).
การเปรียบเทียบวิธีการอบแห้งเครื่องต้มยำแห้งด้วยเครื่อง
อบแห้งแบบลมร้อนและเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ.
The 35th Congress on Science and Technology
of Thailand (STT35). 15-17 ตุลาคม 2552. ณ
มหาวิทยาลัย บุรพา จังหวัดชลบุรี.
- [6] สาวิตรี คำหอม. (2551).การศึกษาการประยุกต์ใช้
เตาอบไมโครเวฟแบบสายพานในกระบวนการนึ่งปาล์ม
น้ำมัน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุ
รนารี

- [7] นาริสา บินหะยีดิง ปิยาภรณ์ ภาษิตกุล และวิภา
พลันสังเกต. (2553).อิทธิพลของสารกับการเปลี่ยนแปลง
สีของพริกชี้ฟ้าแห้ง. The 36th Congress on Science
and Technology of Thailand. 26 - 28 ตุลาคม
2553. ณ กรุงเทพฯ มหานคร.