

การอบแห้งข้าวสารชุบสีสมุนไพรด้วยคลื่นไมโครเวฟ Microwave Drying of Rice Herb Color Coating

ดร. รัฐศักดิ์ พรหมมาศ^{1*}
ดร. โศภิตา สังข์สุนทร²
ณิชากา มินาบุลย์³

^{1,2}สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

³สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

E-mail: ratthasak.pro@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองข้าวสารชุบสีสมุนไพรอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าข้าวสารและเพิ่มความหลากหลายแก่ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าว เนื่องจากประเทศไทยมีการทำอาชีพเกษตรกรรมเพาะปลูกข้าวเป็นส่วนใหญ่ อีกทั้งคนไทยส่วนใหญ่นิยมบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักและผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมสมุนไพรซึ่งมีคุณสมบัติประโยชน์และเกี่ยวข้องกับคนไทยมาช้านาน ซึ่งข้าวสารชุบสีสมุนไพรจะเป็นทางเลือกอีกหนึ่งทางเลือกให้ผู้บริโภค ในการทดลองทำข้าวสารชุบสีสมุนไพรได้ใช้สีสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด คือ สีขมิ้นชัน สีกระเจี๊ยบ และสีอัญชัน โดยการนำข้าวสารขาวลงในน้ำสีสมุนไพรและการแช่ในน้ำสีสมุนไพรใช้เวลา 1, 3 และ 5 min ข้าวสารที่ผ่านการชุบสีสมุนไพรมีความชื้นเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในช่วงระหว่าง 18-22 %wb แล้วทำการอบแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟเพื่อลดความชื้นข้าวสารที่ผ่านการชุบสีสมุนไพร อบแห้งโดยใช้กำลังไมโครเวฟที่ 80, 240 และที่ กำลัง 400 W ใช้เวลาการอบแห้ง 10, 6 และ 5 min ตามลำดับ เมื่อผ่านการอบแห้งที่ กำลังไมโครเวฟ 80 W ความชื้นสุดท้ายของข้าวสารชุบสีสมุนไพร หลังการอบอยู่ในช่วง 9-13 %wb อบที่ กำลังไมโครเวฟ 240 W ความชื้นสุดท้ายของข้าวสารชุบสีสมุนไพร หลังการอบอยู่ในช่วง 7-11 %wb อบที่ กำลังไมโครเวฟ 400 W ความชื้นสุดท้ายของข้าวสารชุบสีสมุนไพร หลังการอบอยู่ในช่วง 4-8 %wb สำหรับการหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะพบว่าการอบแห้งที่ กำลังไมโครเวฟ 80, 240 และ 400 W มีค่า 83.81, 35.67, 35.24 MJ/kg of water evap. ตามลำดับ

คำสำคัญ: สีสมุนไพร ข้าวสารชุบสีสมุนไพร การอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ

ABSTRACT : This paper presents the experimental study of drying rice soaking in Thai herb with microwave. The purpose is to increase the value of rice and increase the variety of products made from rice. Because Thailand is a rice farmer. Most Thai people prefer to consume rice as the main food, and most consumers prefer herbs that are beneficial and associated with the Thai people for a long time, where herbal rice is another choice for consumers. In the experiment 3 herbs were yellow, red and blue. The rice was dipped in herbal juice and soaked in water for 1, 3 and 5 min, respectively. The moisture content was changed between 18-22 %wb. Then microwave drying was performed to reduce the moisture content of the treated rice. Drying with microwave power at 80, 240 and 400 watts. Drying time was 10, 6 and 5 min. After 80 watt microwave drying. The final moisture content of the treated rice was 9 -13 %wb, microwave oven 240 watts. The final moisture content of rice after baking was 7-11 %wb, microwave oven 400 watt. The final moisture content of rice after baking was 4-8. %wb. For the specific energy consumption 80, 240 and 400 W microwave drying were 83.81, 35.67, 35.24 MJ / kg of water evap., respectively.

KEYWORDS : Herb Color, Rice Herb, Microwave Drying

1. บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวประมาณ 64.57 ล้านไร่ [1] และผู้บริโภคส่วนใหญ่ในประเทศไทยบริโภคข้าวหอมมะลิเป็นอาหารหลัก เนื่องจากมีความหอมนุ่ม และเป็นอาหารหลักที่คนไทยส่วนใหญ่บริโภคเป็นประจำ [2] นอกจากการรับประทานข้าวหอมมะลิโดยตรงแล้วยังมีการใช้ประโยชน์จากการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าของข้าวหอมมะลิ ซึ่งมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น การผลิตแป้งข้าวกล้องหอมมะลิตดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบและนึ่ง สำหรับประเทศไทยยังมีความพยายามที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากข้าว [3] ทั้งนี้เพื่อเพิ่มมูลค่าของข้าว สามารถสร้างรายได้ให้กับกลุ่มผู้ที่สนใจหรือทำเป็นอุตสาหกรรมชุมชนเสริมสร้างรายได้ และเนื่องด้วยประเทศไทยเป็นประเทศที่มีสมุนไพรท้องถิ่นหลากหลาย ส่วนใหญ่สามารถหาได้ง่าย ตามท้องตลาดทั่วไปมีผลิตภัณฑ์สมุนไพรหลายชนิด จึงนำสมุนไพรของไทยหลายชนิดมาแต่งเติมสีกลิ่นของข้าวหอมมะลิเพื่อเพิ่มความสวยงามและสร้างสีสันให้น่ารับประทาน จะเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าตลอดจนเพิ่มความหลากหลายแก่ผลิตภัณฑ์โดยการศึกษาจะพิจารณาเลือกสมุนไพรที่มีสีสดใสสวยงาม หาง่าย และเป็นที่ยอมรับของคนไทย คือสีเหลือง สีน้ำเงินและสีแดง ซึ่งสีสมุนไพรของขมิ้นชัน อัญชัน และกระเจี๊ยบตามลำดับ

ในการทดลองการทำข้าวสีสมุนไพร ได้นำเอาน้ำสีจากสมุนไพร 3 ชนิดมาใช้ในการขึ้นตอนการชุบสีข้าวหอมมะลิ แล้วนำข้าวที่ชุบน้ำสีสมุนไพรแล้วมาอบลดความชื้นด้วยเครื่องอบคลื่นไมโครเวฟซึ่งคลื่นไมโครเวฟสามารถเปลี่ยน

เป็นพลังงานความร้อนเมื่อเกิดอันตรกิริยากับวัสดุทำให้เกิดการชนและเสียดสีกันจนเกิดเป็นความร้อนภายในทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ดังนั้นโมเลกุลของน้ำที่อยู่ในวัสดุก็จะได้รับความร้อนและเกิดการแพร่ไปยังบริเวณผิวของวัสดุ [4] ในการอบแห้งข้าวชุบสีสมุนไพรใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟที่ 80, 240 และ 400 W เวลาที่ใช้ในการอบ 10, 6 และ 5 min ตามลำดับ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำข้าวชุบสีสมุนไพรและสุดท้ายเปรียบเทียบค่าสิ้นเปลืองพลังงาน

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ขั้นตอนการทำข้าวชุบสีสมุนไพร การอบลดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ มีขั้นตอนดังนี้

2.1 การทำข้าวชุบสีสมุนไพร ทำโดยนำผงสีสมุนไพรสำเร็จรูปทั้ง 3 สี ได้แก่ สีขมิ้นชัน สีอัญชัน และสีกระเจี๊ยบแดง มาละลายในน้ำประปา ใช้อัตราส่วนผงสีสมุนไพร 5 g ต่อน้ำ 400 ml จากนั้นนำเมล็ดข้าวสารที่ผ่านการขัดสีแล้วมาชุบสีสมุนไพรโดยการจุ่มเมล็ดข้าวลงในน้ำสีสมุนไพร (ขาว) และการแช่ในน้ำสีสมุนไพรใช้เวลา 1, 3 และ 5 min จากนั้นนำเมล็ดข้าวขึ้นสะเด็ดน้ำด้วยผ้าขาวบางเพื่อเข้าเตาอบไมโครเวฟ

2.2 อบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ

หลังจากได้ข้าวที่ผ่านการชุบสีสมุนไพรแล้วนำมาชั่งน้ำหนักก่อนการอบแห้ง แล้วนำเมล็ดข้าวชุบสีสมุนไพรมาวางเกลี่ยกระจายบนจานกลม ทำการบันทึกน้ำหนักและอุณหภูมิของข้าวที่เปลี่ยนแปลงไปทุกๆ 1 min โดยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลค่าความละเอียดไม่น้อยกว่า 0.01 g สำหรับชั่งน้ำหนักข้าวชุบสีสมุนไพรและวัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องวัดอินฟราเรด

(infrared thermometer) ที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาการอบ และการอบแห้งข้าวซุบสีสมุนไพรรด้วยคลื่นไมโครเวฟ งานวิจัยนี้ได้ใช้เตาอบไมโครเวฟ Toshiba รุ่น ER-G23SC ขนาดกำลัง 800 W ความถี่คลื่น 2,450 MHz อบแห้งที่กำลังไมโครเวฟ 80 W เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 10 min กำลังไมโครเวฟ 240 W เวลาที่ใช้ในการอบ 6 min และกำลังไมโครเวฟที่ 400 W ใช้เวลาที่ใช้ในการอบ 5 min

การหาค่าความชื้นของข้าวซุบสีสมุนไพรร โดยการนำข้าวซุบสีสมุนไพรรอบด้วยลมร้อนจนเมล็ดข้าวไม่มีความชื้นแล้วนำมวลแห้งของข้าวมาคำนวณหาความชื้น โดยหาได้ดังสมการที่ (1) [5]

$$M_w = \frac{(w - d)}{w} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ M_w ความชื้นมาตรฐานเปียก, %wb
 w มวลเปียกของวัสดุ, g
 d มวลแห้งของวัสดุ, g

2.3 อัตราการอบแห้งและค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

จากผลการทดลองทำการคำนวณหาอัตราการอบแห้งโดยนำค่าความชื้นของข้าวซุบสีสมุนไพรรก่อนการอบแห้งและหลังการอบแห้ง และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมดคำนวณหาอัตราการอบแห้ง (Drying Rate, DR) ดังสมการที่ (2) [6]

$$DR = \frac{w_i - w_f}{t} \quad (2)$$

โดยที่ $w_{initail}$ น้ำหนักข้าวก่อนอบ, g
 $w_{finished}$ น้ำหนักข้าวหลังอบ, g
 t เวลาอบแห้ง, min

และค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน (Specific Energy Consumption, SEC) ที่ใช้ในการอบแห้งข้าวซุบสีสมุนไพรร คำนวณดังสมการที่ (3) [7]

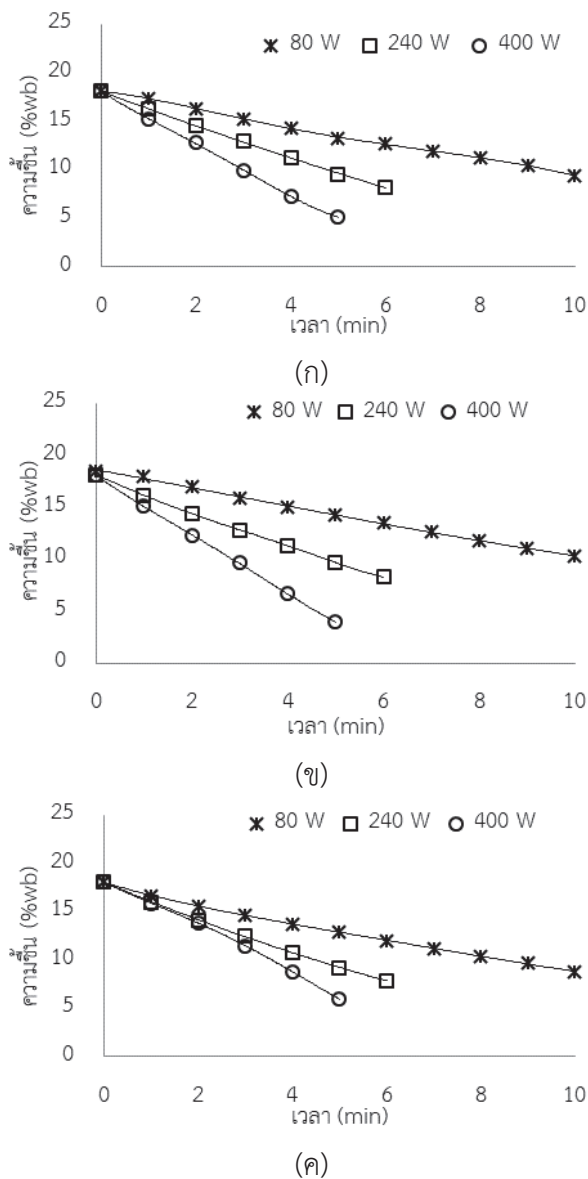
$$SEC = \frac{3.6 W}{w_i - w_f} \quad (3)$$

โดยที่ W พลังงานไฟฟ้า, kWh
 w_i น้ำหนักข้าวก่อนอบ, kg
 w_f น้ำหนักข้าวหลังอบ, kg

3. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

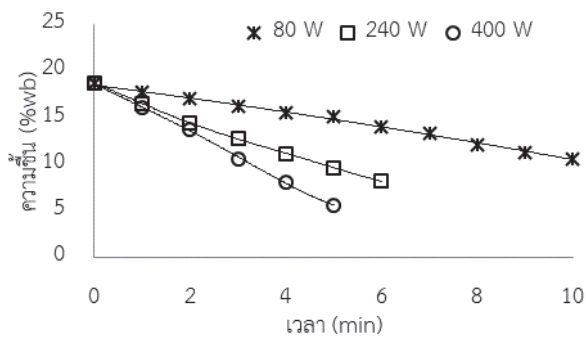
การดำเนินงานวิจัยการอบแห้งข้าวสารซุบสีสมุนไพรรมีผลการศึกษาดังนี้

จากการทดลองทำข้าวสารซุบสีสมุนไพรร ได้นำเมล็ดข้าวสารซุบน้ำสีสมุนไพรรโดยจุ่มเมล็ดข้าวลงในน้ำสีสมุนไพรรแล้วนำขึ้น (ข้าว) เมล็ดข้าวสารมีความชื้นเปลี่ยนแปลงไปอยู่ที่ 18 %wb การแช่เมล็ดข้าวในสีสมุนไพรรเป็นเวลา 1, 3 และ 5 min ทำให้เมล็ดข้าวสารมีความชื้นเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงไปอยู่ที่ 18.6, 19.2 และ 21.5 %wb แล้วอบด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลังไมโครเวฟ 80, 240 และ 400 W ใช้เวลาการอบ 10, 6 และ 5 min ตามลำดับ และทำการวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอุณหภูมิของเมล็ดข้าวสารซุบสีสมุนไพรรขณะอบแห้งทุก ๆ 1 min โดยชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวจากเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลค่าละเอียด 0.01 g

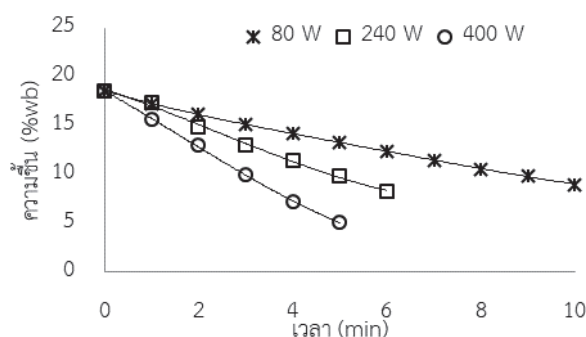


ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาของข้าวซุบสีสมุนไพรโดยการชวอบแห้งที่กำลังไมโครเวฟแต่ละระดับ (ก) สีส้มมัน (ข) สีอัญชัน (ค) สีกระเทียม

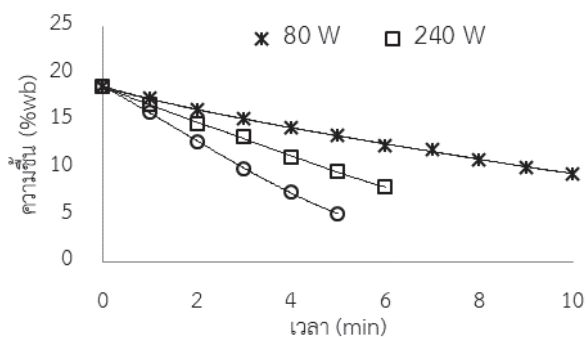
จากภาพที่ 1 เป็นผลการอบเพื่อลดความชื้นของข้าวซุบสีสมุนไพรที่ผ่านการชวข้าวผ่านน้ำสีสมุนไพร ความชื้นหลังการซุบสีสมุนไพรอยู่ที่ 18%wb แล้วนำมาอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นด้วยไมโครเวฟกำลังต่าง ๆ ภาพที่ 1 (ก) ข้าวซุบสีสมุนไพรขมมันชั้นเมื่ออบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 80 W เวลาในการอบ 10 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 9.42%wb อบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 240 W เวลาในการอบ 6 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 8.21%wb และอบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 400 W เวลาในการอบ 5 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 5.15%wb ภาพที่ 1 (ข) ข้าวซุบสีสมุนไพรอัญชันเมื่ออบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 80 W เวลาในการอบ 10 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 10.35%wb อบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 240 W เวลาในการอบ 6 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 8.3%wb และอบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 400 W เวลาในการอบ 5 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 4%wb ภาพที่ 1 (ค) ข้าวซุบสีสมุนไพรกระเทียมเมื่ออบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 80 W เวลาในการอบ 10 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 8.78%wb อบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 240 W เวลาในการอบ 6 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 7.85%wb และอบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 400 W เวลาในการอบ 5 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 5.93%wb



(ก)



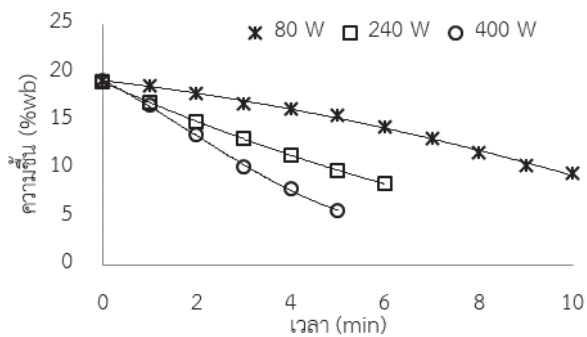
(ข)



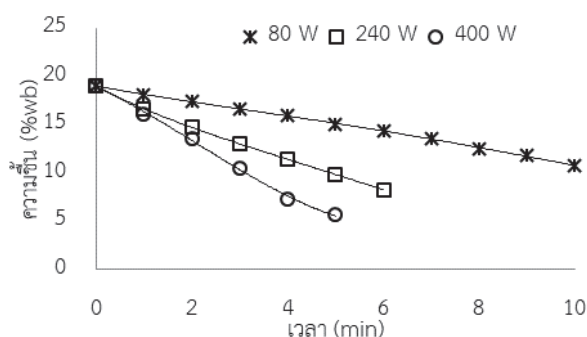
(ค)

ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งข้าวซูปส์สมุนไพรมะนาวโดยการแช่ 1 min ที่กำลังไมโครเวฟแต่ละระดับ (ก) สีขมิ้นชัน (ข) สีอัญชัน (ค) สีกระเจี๊ยบ

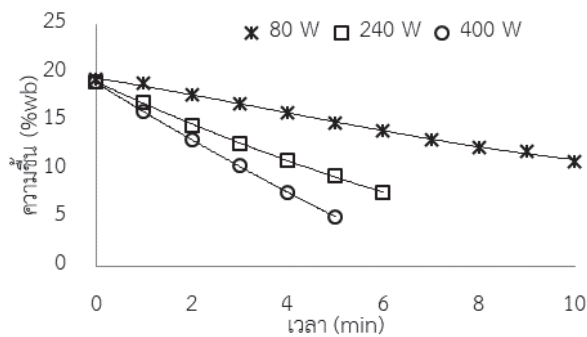
จากภาพที่ 2 เป็นผลการอบเพื่อลดความชื้นของข้าวซูปส์สมุนไพรมะนาวที่ผ่านการแช่น้ำสีสมุนไพรมะนาว 1 min ความชื้นหลังการซูปส์สมุนไพรมะนาวอยู่ที่ 18.6%wb แล้วนำมาอบแห้งเพื่อลดความชื้นด้วยไมโครเวฟกำลังต่างๆ ภาพที่ 2 (ก) ข้าวซูปส์สมุนไพรมะนาวสีขมิ้นชันเมื่ออบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 80 W เวลาในการอบ 10 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 10.58%wb อบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 240 W เวลาในการอบ 6 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 8.16%wb และอบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 400 W เวลาในการอบ 5 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 5.59 %wb ภาพที่ 2 (ข) ข้าวซูปส์สมุนไพรมะนาวสีอัญชันเมื่ออบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 80 W เวลาในการอบ 10 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 9%wb อบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 240 W เวลาในการอบ 6 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 8.29 %wb และอบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 400 W เวลาในการอบ 5 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 5.1%wb ภาพที่ 2 (ค) ข้าวซูปส์สมุนไพรมะนาวสีกระเจี๊ยบเมื่ออบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 80 W เวลาในการอบ 10 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 9.40%wb อบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 240 W เวลาในการอบ 6 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 7.94%wb และอบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 400 W เวลาในการอบ 5 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 5.11%wb



(ก)



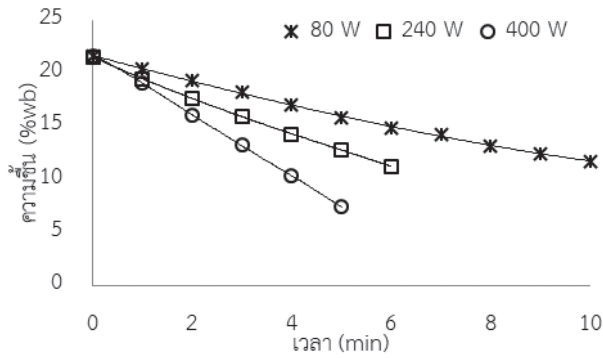
(ข)



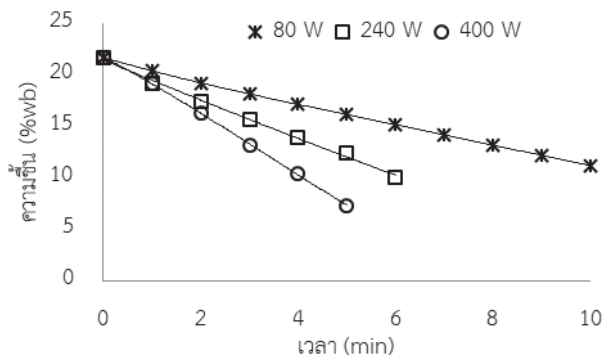
(ค)

ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งข้าวชุปสีผสมไพโรโดยการแช่ 3 min ที่กำลังไมโครเวฟแต่ละระดับ (ก) สีขมึนชั้น (ข) สีอัญชัน (ค) สีกระเจี๊ยบ

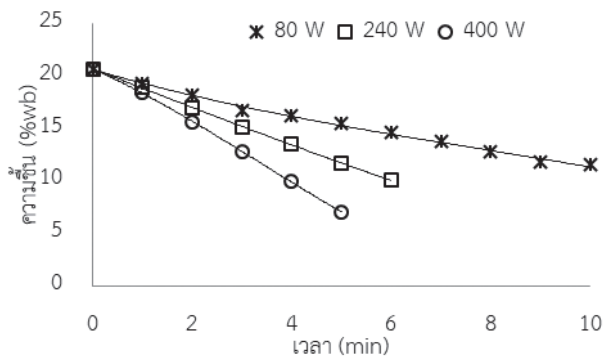
จากภาพที่ 3 เป็นผลการอบเพื่อลดความชื้นของข้าวชุปสีผสมไพโรที่ผ่านการแช่น้ำสีผสมไพโร 3 min ความชื้นหลังการชุปสีผสมไพโรอยู่ที่ 19.2%wb แล้วนำมาอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นด้วยไมโครเวฟกำลังต่างๆ ภาพที่ 3 (ก) ข้าวชุปสีผสมไพโรขมึนชั้นเมื่ออบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 80 W เวลาในการอบ 10 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 9.51%wb อบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 240 W เวลาในการอบ 6 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 8.40%wb และอบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 400 W เวลาในการอบ 5 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 5.63 %wb ภาพที่ 3 (ข) ข้าวชุปสีผสมไพโรอัญชันเมื่ออบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 80 W เวลาในการอบ 10 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 10.75%wb อบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 240 W เวลาในการอบ 6 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 8.26%wb และอบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 400 W เวลาในการอบ 5 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 5.63%wb ภาพที่ 3 (ค) ข้าวชุปสีผสมไพโรกระเจี๊ยบเมื่ออบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 80 W เวลาในการอบ 10 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 10.79%wb อบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 240 W เวลาในการอบ 6 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 7.56%wb และอบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 400 W เวลาในการอบ 5 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 5.1%wb



(ก)



(ข)



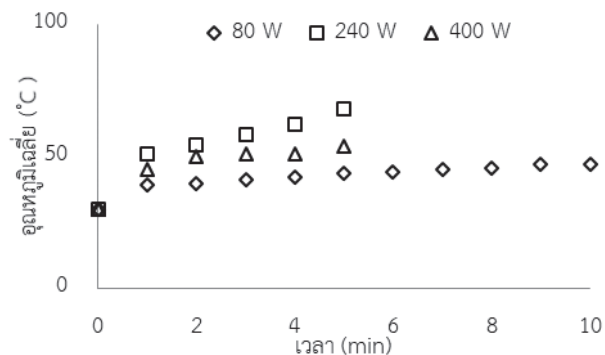
(ค)

ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งข้าวซุบสีสมุนไพรโดยการแช่ 5 min ที่กำลังไมโครเวฟระดับต่างๆ (ก) สีขมมันชัน (ข) สีอัญชัน (ค) สีกระเจี๊ยบ

จากภาพที่ 4 เป็นผลการอบเพื่อลดความชื้นของข้าวซุบสีสมุนไพรที่ผ่านการแช่น้ำสีสมุนไพร 1 min ความชื้นหลังการซุบสีสมุนไพรอยู่ที่ 21.5%wb แล้วนำมาอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นด้วยไมโครเวฟกำลังต่างๆ ภาพที่ 4 (ก) ข้าวซุบสีสมุนไพรขมมันชันเมื่ออบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 80 W เวลาในการอบ 10 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 11.7%wb อบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 240 W เวลาในการอบ 6 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 11.2%wb และอบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 400 W เวลาในการอบ 5 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 7.4%wb ภาพที่ 4 (ข) ข้าวซุบสีสมุนไพรอัญชันเมื่ออบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 80 W เวลาในการอบ 10 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 11.19%wb อบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 240 W เวลาในการอบ 6 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 9.98%wb และอบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 400 W เวลาในการอบ 5 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 7.32%wb ภาพที่ 4 (ค) ข้าวซุบสีสมุนไพรกระเจี๊ยบเมื่ออบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 80 W เวลาในการอบ 10 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 11.52%wb อบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 240 W เวลาในการอบ 6 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 10%wb และอบแห้งด้วยกำลังไมโครเวฟ 400 W เวลาในการอบ 5 min ความชื้นสุดท้ายหลังการอบ 7%wb

จากการทดลองข้าวซุบสีสมุนไพรอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ ซุบสีข้าวโดยการชวผ่านน้ำสีสมุนไพร แช่น้ำสีสมุนไพรเป็นเวลา 1, 3 และ 5 min เมื่อผ่านการซุบสีสมุนไพรขมมันชันเมล็ดข้าวสารมีการดูดซับน้ำสีสมุนไพรทำให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาการซุบ

น้ำสีสมุนไพรมานี้ทำการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟเพื่อลดความชื้นของข้าวสารที่ผ่านการซุบสีสมุนไพรมานี้ เมื่อน้ำในข้าวซุบสีสมุนไพรมานี้ดูดซับพลังงานไมโครเวฟ เกิดการเรียงตัวตามการหมุนกลับไปกลับมาอย่างรวดเร็วตามระดับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เกิดการเสียดสีกันของโมเลกุลน้ำ ทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในเนื้อวัสดุ [8, 9] และเป็นการเกิดความร้อนขึ้นกันพร้อมกันทั้งปริมาตร (Volumetric Heating) [10] กำลังไมโครเวฟเพิ่มขึ้นข้าวซุบสีสมุนไพรมานี้สามารถดูดซับพลังงานไมโครเวฟได้มากขึ้น ทำให้อุณหภูมิของข้าวสูงขึ้นตามกำลังไมโครเวฟอย่างต่อเนื่องดังภาพที่ 5 ส่งผลให้น้ำในเมล็ดข้าวเคลื่อนที่ออกมาสู่อากาศและระเหยสู่ภายนอกได้มากขึ้นจึงทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งลดลงโดยการนำข้าวซุบสีสมุนไพรมานี้ไปอบแห้งที่กำลังไมโครเวฟ 80, 240 และ 400 W เวลาในการอบแห้ง 10, 6 และ 5 min เมื่อข้าวซุบสีสมุนไพรมานี้ผ่านการอบแห้งที่กำลังไมโครเวฟ 400W ระยะเวลาดำเนินการอบแห้ง 5 min ระดับความชื้นสุดท้ายหลังอบแห้งอยู่ในช่วง 4-8 %wb ข้าวซุบสีสมุนไพรมานี้ที่ผ่านการอบแห้งที่กำลังไมโครเวฟ 240 W ระยะเวลาดำเนินการอบแห้ง 6 min ระดับความชื้นสุดท้ายหลังการอบแห้งอยู่ในช่วง 7-11 %wb แล้วข้าวซุบสีสมุนไพรมานี้ที่ผ่านการอบแห้งที่กำลังไมโครเวฟ 80 W ระยะเวลาดำเนินการอบแห้ง 10 min ระดับความชื้นสุดท้ายหลังการอบแห้งอยู่ในช่วง 9-13 %wb



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบข้าวซุบสีสมุนไพรมานี้ที่ กำลังไมโครเวฟระดับต่างๆ

อัตราการใช้พลังงานและค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งข้าวซุบสีสมุนไพรมานี้ด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ กำลังไมโครเวฟ 80, 240 และ 400 W ดังตารางที่ 1

การใช้กำลังไมโครเวฟเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นตามกำลังไมโครเวฟ เวลาในการอบแห้งจึงลดลงทำให้ใช้พลังงานที่ใช้ในการอบแห้งน้อยลง การใช้กำลังไมโครเวฟที่ 80 W มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมากที่สุด ส่วนการอบแห้งที่ 240 W และ 400 W มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะแตกต่างกันไม่มากแต่ใช้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำกว่าการอบแห้งที่ กำลังไมโครเวฟ 80 W แต่การอบแห้งที่ กำลังไมโครเวฟ 400 W ข้าวซุบสีสมุนไพรมานี้เกิดปริแตกบางส่วน ทำให้การอบแห้งที่ กำลังไมโครเวฟ 240 W เหมาะสมในการอบแห้งข้าวซุบสีสมุนไพรมานี้

ตารางที่ 1 อัตราการใช้พลังงานจำเพาะในการอบแห้งข้าวชุปสีสมุนไพรด้วยคลื่นไมโครเวฟ

กำลังไมโครเวฟ (W)	อัตราแห้งเฉลี่ย (g/min)	พลังงานจำเพาะ (MJ/kg of water evaporated)
80	1.04	83.81
240	2.12	35.67
400	2.79	35.24

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองและวิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้จากการอบแห้งข้าวสารที่ผ่านการชุบสีสมุนไพรด้วยระดับกำลังไมโครเวฟ 2 ระดับคือ 80, 240 และ 400 W โดยระดับกำลังไมโครเวฟมีผลต่อการลดความชื้น โดยการอบแห้งที่ระดับกำลังไมโครเวฟสูงนั้นสามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าที่ระดับกำลังไมโครเวฟต่ำ เนื่องจากระดับกำลังไมโครเวฟที่สูงขึ้นข้าวสารชุบสีสมุนไพรดูดซับพลังงานไมโครเวฟได้มากขึ้น แล้วเปลี่ยนเป็นความร้อนภายใน ทำให้น้ำเคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณผิวของวัสดุเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีอัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่ลดลง เมื่อเทียบที่กำลังไมโครเวฟ 400 W ใช้พลังงานในการอบแห้งน้อยกว่าเมื่อเทียบกับที่กำลังไมโครเวฟ 240 W เนื่องจากน้ำระเหยออกอย่างรวดเร็ว [11, 12] และอุณหภูมิของข้าวชุปสีสมุนไพรเพิ่มขึ้นตามกำลังไมโครเวฟที่สูงขึ้นแต่การชุบสีสมุนไพรเพื่อให้สีสมุนไพรเคลือบที่เมล็ดข้าวทั้ง 3 สี ได้แก่ ขมิ้นชัน อัญชัน กระเจี๊ยบ ด้วยการนำเมล็ดข้าวขาวผ่านน้ำสีสมุนไพร แช่ในน้ำสมุนไพรเป็นเวลา

1, 3 และ 5 min พบว่ามีความชื้นเพิ่มขึ้นหลังการชุบสีสมุนไพรไม่แตกต่างกันมากนัก เพราะระยะเวลาการดูดซับน้ำของเมล็ดข้าวไม่แตกต่างกัน และสีสมุนไพรที่เคลือบเมล็ดข้าวค่อนข้างอ่อนเมื่อเทียบกับการชุบสีข้าวโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำสีสมุนไพรที่เพิ่มขึ้น

การใช้กำลังไมโครเวฟเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นตาม ส่งผลให้ใช้เวลาในการอบแห้งลดลงทำให้ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลงตามกำลังไมโครเวฟที่เพิ่มขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณนายจักรกฤษ สุขสายชล นายณัฐพล ไสรดสง และนายศรุต บุราณเศรษฐ์ ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดการทำวิจัยนี้

บรรณานุกรม

- (1) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554. พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิต ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ข้าวหอมมะลิ แยกตามพื้นที่ข้าวสำคัญ. ศูนย์สารสนเทศ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.
- (2) กรมวิชาการเกษตร, การวิเคราะห์คุณภาพข้าวหอมมะลิ ทางเคมี. สถาบันวิจัยข้าว : ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี, 2544.
- (3) สุขุมภรณ์ พุ่มพวง, 2555. อิทธิพลของสภาวะแช่ในสารละลายสมุนไพรไทย 4 ชนิดต่อคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องออก 4 พันธุ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- (4) ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช, 2551. พื้นฐานการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

- (5) สมชาติ โสภณธนฤทธิ, 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- (6) Tirawanichakul Y. and Tirawanichakul S.,2 008. Mathematical Model of Fixed-bed Drying and Strategies for Crumb Rubber Producing STR20, Drying Technology.
- (7) Mujumdar, 2000. Drying technology in agriculture and food sciences. Science Publishers, Inc. Enfield (NH), U.S.A.
- (8) สายสนม ประดิษฐ์ดวง, 2543. การให้พลังงานความร้อนด้วยไมโครเวฟและการฉายรังสีอาหาร. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- (9) Raghavan, G.S.V., Rennie, T.J., Sunjka, P.S., Orsat, V., Phaphuangwittayakul, W. and Terdtoon, P., 2005. Overview of new techniques for drying biological materials with emphasis on energy aspects, Brazilian Journal of Chemical Engineering.
- (10) นพวรรณ ดวงม, ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช และวารุณี กลิ่นไกล, 2549. การอุ้ยงธรรมชาติด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยใช้ระบบไมโครเวฟชนิดท่อนำคลื่นรูปทรงสี่เหลี่ยม (MODE:TE10). การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20. 18-20 ตุลาคม 2549. นครราชสีมา.
- (11) สุวิมล เสนิงวงศ์ ณ อยุธยา, อีรพจน์ เวชพันธุ์, ไชยณรงค์ จักรธรานนท์ และผดุงศักดิ์ รัตนเดโช., 2552. การศึกษากระบวนการทำความร้อนในชั้นวัสดุที่เป็นของเหลว โดยใช้คลื่นไมโครเวฟติดท่อนำคลื่นรูปทรงสี่เหลี่ยม (โหมด TE10) ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบสามมิติ. วารสารทางวิชาการ สภาอาจารย์ โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า, 6: 210 - 219.
- (12) ไศภิดา สังข์สุนทร, ดนุสรณ์ ชาติเขยแดง, วัชรพงศ์ บุญครอง และสมศักดิ์ วงษ์ประดับไชย., 2559. ผลของการใช้ไมโครเวฟร่วมกับสุญญากาศในการอบแห้งสับปะรด (กรณีศึกษา: กำลังไมโครเวฟ). วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า, 14: 159 - 170.

