http://journal.rmutp.ac.th/

การศึกษาระยะเวลาอบแห้งที่เหมาะสมและลักษณะทางกายภาพของหมูแผ่นอบแห้งด้วยไมโครเวฟตามด้วยอากาศร้อน

เอก ปัญญายืน จีระพงษ์ เล็กอ่อง กัญญา กุลสุวรรณ และ ภูมิใจ สอาดโฉม*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
41 ถนนพหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

รับบทความ 20 พฤษภาคม 2561 แก้ไขบทความ 21 สิงหาคม 2561 ตอบรับบทความ 29 สิงหาคม 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะเวลาอบแห้งที่เหมาะสมของการอบแห้งหมูแผ่นด้วยไมโครเวฟตามด้วยอากาศร้อน หาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง ศึกษาลักษณะทางกายภาพของหมูแผ่นอบแห้งด้านสีและความแข็ง และประเมินคุณภาพของหมูแผ่นอบแห้งด้านประสาทสัมผัส โดยอบแห้งหมูแผ่นขนาดพื้นที่ 50×50 ตารางมิลลิเมตร หนา 1.3 และ 2.2 มิลลิเมตร ด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 160, 320, 480, 640 และ 800 วัตต์ แล้วอบแห้งต่อด้วยอากาศร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส จนความชื้นของหมูแผ่นต่ำกว่าร้อยละ 20 มาตรฐานแห้ง จากผลการทดลองพบว่าระยะเวลาอบแห้งด้วยไมโครเวฟซึ่งทำให้ได้หมูแผ่นอบแห้งที่ไม่เกิดรอยไหม้อยู่ระหว่าง 50-600 วินาที โดยขึ้นอยู่กับระดับกำลังไมโครเวฟ และระดับความหนาหมูแผ่น และพบว่าในช่วงการอบแห้งด้วยอากาศร้อน หมูแผ่นหนา 1.3 และ 2.2 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลาอบแห้ง 30 และ 45 นาที ตามลำดับ ระดับกำลังไมโครเวฟไม่มีผลต่อค่าสีแดง (ค่า a) ค่าสีเหลือง (ค่า b) ความแข็งของหมูแผ่นอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระดับความหนาหมูแผ่นมีผลต่อค่าความสว่าง (ค่า L) ค่าสีเหลือง (ค่า b) ความแข็งของหมูแผ่นอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าหมูแผ่นอบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้มีคะแนนด้านประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับหมูแผ่นอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด

คำสำคัญ : การอบแห้ง; ไมโครเวฟ; หมูแผ่น; อากาศร้อน

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร.: +668 1727 5771, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: poomjai.s@gmail.com*

http://journal.rmutp.ac.th/

The Study of Suitable Drying Time and Physical Characteristic of Pork Slices Dried Using Microwave Followed by Hot Air

Aek Panyayuen Jeerapong Lek-ong Kanya Kunsuwan and Poomjai Sa-adchom*

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
41 Paholayothin Road, Mai Ngam, Mueang, Tak, 63000

Received 20 May 2018; Revised 21 August 2018; Accepted 29 August 2018

Abstract

The objectives of this research were to determine the suitable times of pork slices drying using microwave followed by hot air and to find specific energy consumption during drying. The physical characteristic (color and hardness) and the sensory test of dried pork slices were also investigated. Pork slices with the sizes of 50x50x1.3 and 50x50x2.2 millimeters were dried using the microwave at the powers of 160, 320, 480, 640 and 800 watts until the samples did not burn during drying. Then, the samples were dried using hot air at a temperature of 110°C until the moistures of the samples were lower than 20% dry basis. Based on the experimental results, it was found that the suitable times of the samples drying using microwave were 50-600 seconds which depended on the microwave powers and the pork thicknesses. In hot air drying period, drying times of the samples with thicknesses of 1.3 and 2.2 millimeters were 30 and 45 minutes, respectively. The microwave powers had no significant effect on the redness (a value) and yellowness (b value) of dried pork, the hardness of dried pork, and the specific energy consumption ($P>0.05$). The pork thicknesses had the significant effect on the lightness (L value) and yellowness (b value) of dried pork, the hardness of dried pork, and the specific energy consumption ($P£0.05$). Moreover, sensory scores of the dried pork obtained from this research were close to those obtained from the local market.

Keywords : Drying; Hot Air; Microwave; Pork Slices

** Corresponding Author. Tel.: +668 1727 5771, E-mail Address: poomjai.s@gmail.com*

1. บทนำ

สุกรหรือหมู เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยเพราะคนไทยนิยมบริโภคเนื้อหมู และหมูเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่ายและเจริญเติบโตได้เร็ว [1] นอกจากมีการบริโภคเนื้อหมูภายในประเทศแล้ว ยังมีการส่งออกเนื้อหมูไปประเทศอื่นๆ อีกด้วย โดยในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกเนื้อหมูและผลิตภัณฑ์ 10,882,937 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 2,097,252,258 บาท และมีปริมาณการนำเข้าเนื้อหมูและผลิตภัณฑ์ 500,560 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 111,648,656 บาท [2] นอกจากนี้เนื้อหมูยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ มีกรดไขมัน (โอเมก้า 3 และโอเมก้า 6) วิตามิน (วิตามินบี 6 และวิตามินบี 12) และแร่ธาตุต่างๆ (เหล็ก ไทอะมีน ซีลีเนียม สังกะสี ไนอะซิน และฟอสฟอรัส) [3] ในบางครั้งปริมาณเนื้อหมูมีมากเกินความต้องการของตลาด ทำให้เนื้อหมูมีราคาตกต่ำ การแปรรูปเนื้อหมูให้เป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ เช่น หมูแผ่น หมูหยอง แหนมหมู และไส้กรอก จึงเป็นวิธีที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและทำให้เนื้อหมูมีมูลค่าเพิ่มขึ้นได้

การอบแห้งด้วยไมโครเวฟเป็นเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวอย่างหนึ่งซึ่งช่วยรักษาคุณภาพ ลดความสูญเสีย และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ รวมทั้งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปมีมูลค่าเพิ่มขึ้น โดยไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีความถี่สูง คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุทะลวงเข้าไปภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ เมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับคลื่นไมโครเวฟ น้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์จะดูดซับพลังงานของคลื่นไมโครเวฟเข้าไปซึ่งโมเลกุลของน้ำเป็นโมเลกุลที่มีทั้งขั้วบวกและลบ โมเลกุลของน้ำจึงเกิดการหมุนตัวเพื่อปรับเรียงตัวตามสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงสลับไปมา และมีการเสียดสีกัน เกิดเป็นความร้อน ทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น ส่งผลให้น้ำระเหย ความชื้นในผลิตภัณฑ์จึงลดลงอย่างรวดเร็ว [4] ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้มีลักษณะรูปร่างที่ใกล้เคียงกับสภาพเดิม และผิวนอกของผลิตภัณฑ์ไม่แข็งเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อน เนื่องจากความร้อนจากไมโครเวฟเกิดขึ้นภายในชิ้นผลิตภัณฑ์และมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ ส่วนการอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนจากลมร้อนเข้าสู่ภายในชิ้นผลิตภัณฑ์ซึ่งทำให้ผิวนอกของผลิตภัณฑ์แห้งก่อนเนื้อภายในผลิตภัณฑ์ [5] นอกจากนี้การอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยไมโครเวฟยังใช้เวลาอบแห้งสั้น ประหยัดพลังงานที่ใช้อบแห้ง และผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้มีคุณภาพที่สูง (มีความพรุนและความกรอบมาก) [6] งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ ได้แก่ ลำไย [6] ข้าวเปลือก [7] แครอท [8] แอปเปิ้ล [9] ฟักทอง [10] เนื้อหมู [11] และเนื้อวัว [12]

อย่างไรก็ตามการอบแห้งด้วยไมโครเวฟเพียงอย่างเดียวอาจทำให้คุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้ไม่ค่อยดีเนื่องจากใช้อุณหภูมิอบแห้งที่สูงตลอดเวลา ดังนั้นจึงมีการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยไมโครเวฟแบบหลายขั้นตอน ได้แก่ A. Chinthammit [13] ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการใช้ไมโครเวฟหลังการอบแห้งแครอทและเนื้อไก่ด้วยลมร้อน ผลการทดลองพบว่าการใช้ไมโครเวฟในช่วงสุดท้ายของการอบแห้งสามารถลดความชื้นแครอทและเนื้อไก่ได้เร็วกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว โดยการอบแห้งแครอทด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ตามด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 80 วัตต์ ใช้เวลาอบแห้ง 3 ชั่วโมง 15 นาที ส่วนการอบแห้งแครอทแบบลมร้อนเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง และพบว่าการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ตามด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 400 วัตต์ ใช้เวลาอบแห้ง 1 ชั่วโมง 3 นาที ส่วนการอบแห้งเนื้อไก่ด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้ง 3 ชั่วโมง K. Rattanaphitakkul [14] ได้ศึกษาการอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยไมโครเวฟตามด้วยลมร้อน โดยใช้กำลังไมโครเวฟ (0.5 และ 1 วัตต์ต่อกรัม) เวลาที่ใช้ไมโครเวฟ

(5 และ 10 นาที) และอุณหภูมิลมร้อน (70 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองพบว่าการอบแห้งกล้วยด้วยไมโครเวฟที่ 0.5 วัตต์ต่อกรัม เป็นเวลา 10 นาที และที่ 1 วัตต์ต่อกรัม เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดเวลาการอบแห้งด้วยลมร้อนลงได้ และพบว่าการอบแห้งกล้วยด้วยไมโครเวฟที่ 0.5 วัตต์ต่อกรัม เป็นเวลา 5 นาที ทำให้ค่าความสว่าง (L*) สูงสุด และมีการลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด S. Tirawanichakul et al. [15] ได้ศึกษาปัจจัยสภาวะการอบแห้งต่อจลนพลศาสตร์และคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของขนุนอบแห้ง โดยทดลองอบแห้งขนุน 4 สภาวะ คือ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลเพียงอย่างเดียว การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับลมร้อน การอบแห้งด้วยไมโครเวฟตามด้วยลมร้อน และการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว โดยใช้รังสีอินฟราเรดที่กำลัง 1,000 วัตต์ ไมโครเวฟที่กำลัง 90 วัตต์ และลมร้อนที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลเพียงอย่างเดียวมีอัตราการอบแห้งสูงที่สุด การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับลมร้อน และการอบแห้งด้วยไมโครเวฟตามด้วยลมร้อนมีอัตราการอบแห้งที่ใกล้เคียงกัน ส่วนการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวมีอัตราการอบแห้งต่ำที่สุด และพบว่า ขนุนอบแห้งทั้ง 4 สภาวะ ไม่มีความแตกต่างกันทางด้านประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 O. Buntawong et al. [16] ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งลูกเดือยสุกด้วยลมร้อนตามด้วยไมโครเวฟ ผลการทดลองพบว่าการแช่น้ำลูกเดือยที่อุณหภูมิห้องนาน 22 ชั่วโมง แล้วทำให้ลูกเดือยสุกด้วยการนึ่งความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 20 นาที และอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง 15 นาที จากนั้นอบลูกเดือยต่อด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 800 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที 30 วินาที จะได้ลูกเดือยอบกรอบที่มีลักษณะการพองตัวมากที่สุด T.Q. Le and W. Jittanit [17] ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูปด้วยไมโครเวฟตามด้วยลมร้อน โดยใช้อัตราส่วนของน้ำต่อข้าว (3:1, 1.5:1 และ 1.7:1) กำลังไมโครเวฟ (595, 425 และ 255 วัตต์) และอุณหภูมิลมร้อน (50, 70 และ 90 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะที่สุดในการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป คือ ใช้อัตราส่วนของน้ำต่อข้าวที่ 1.44:1 และอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่ 499.8 วัตต์ ตามด้วยลมร้อนที่ 89.99 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ได้คุณภาพด้านสี การคืนตัว และเนื้อสัมผัสของข้าวกึ่งสำเร็จรูปดีที่สุด

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นพบว่าการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยไมโครเวฟแบบหลายขั้นตอนสามารถประยุกต์ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ธัญพืช ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ได้ และเป็นวิธีการอบแห้งที่มีความน่าสนใจซึ่งอาจทำให้หมูแผ่นสามารถลดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว มีความพองตัว และมีความกรอบที่ดี ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะเวลาอบแห้งที่เหมาะสมของการอบแห้งหมูแผ่นด้วยไมโครเวฟตามด้วยลมร้อน หาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง ศึกษาลักษณะทางกายภาพของหมูแผ่นอบแห้งด้านสีและความแข็ง และประเมินคุณภาพของหมูแผ่นอบแห้งด้านประสาทสัมผัส ซึ่งข้อมูลต่างๆ นี้มีประโยชน์ต่อการผลิตหมูแผ่นอบแห้งของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2.1.1 เครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟ (ยี่ห้อ LG รุ่น MH63 83BAR, ประเทศไทย)

2.1.2 เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อน (ประเทศไทย)

2.1.3 เครื่องบดอาหาร (ยี่ห้อ TJ-12/22 รุ่น TJ-M12E, ประเทศจีน)

2.1.4 เครื่องผสมอาหาร (ยี่ห้อ Otto รุ่น HM-273, ประเทศไทย)

2.1.5 เครื่องรีดอาหาร (ยี่ห้อ Hope Win รุ่น HP-180F, ประเทศจีน)

2.1.6 ตู้อบลมร้อน (ยี่ห้อ Smeg รุ่น SC485X-8, ประเทศอิตาลี)

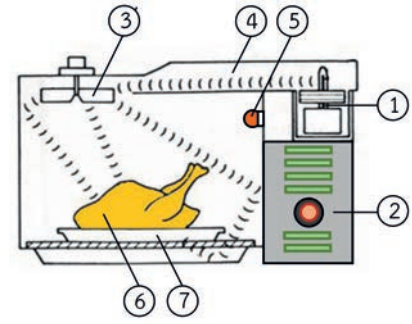
2.1.7 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Huajie รุ่น DJ-1002C, ประเทศจีน)

2.2 การอบแห้งด้วยไมโครเวฟและลมร้อน

2.2.1 การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ

ลักษณะและส่วนประกอบสำคัญของเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟแสดงดังรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟนั้น เริ่มจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากหลอดแมกนีตรอนจะแพร่กระจายไปสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ น้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์จะดูดซับพลังงานของคลื่นไมโครเวฟเข้าไปซึ่งโมเลกุลของน้ำเป็นโมเลกุลที่มีทั้งขั้วบวกและลบ โมเลกุลของน้ำจึงเกิดการหมุนตัว และมีการเสียดสีกัน เกิดเป็นความร้อนทำให้ผลิตภัณฑ์สุกอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟนี้ควบคุมกำลังไว้ที่ 160, 320, 480, 640 และ 800 วัตต์ และจานวางผลิตภัณฑ์สามารถหมุนได้เพื่อให้ผลิตภัณฑ์รับความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอ

รูปที่ 1 ลักษณะของเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟ



(1) แมกนีตรอน (2) แผงควบคุมระบบไฟฟ้า (3) ใบกวน (4) ท่อนำคลื่น (5) หลอดไฟ (6) ผลิตภัณฑ์ และ (7) จานวางผลิตภัณฑ์

รูปที่ 2 ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟ

2.2.2 การอบแห้งด้วยลมร้อน

ลักษณะและส่วนประกอบสำคัญของเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแสดงดังรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งนี้เริ่มจากพัดลมชนิดแรงเหวี่ยงโค้งหน้า (หมายเลข 1) ซึ่งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ยี่ห้อ Toshiba รุ่น IK ขนาด 746 วัตต์ ถูกควบคุมด้วยตัวปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ยี่ห้อ Reckon (หมายเลข 2) เป่าลมไหลผ่านตัวทำความร้อน 2.5 กิโลวัตต์ จำนวน 2 ตัว (หมายเลข 3) จนกลายเป็นลมร้อนแล้วเข้าสู่ห้องอบแห้ง (หมายเลข 4) โดยควบคุมอุณหภูมิลม ณ ตำแหน่งกลางห้องอบแห้งและอยู่เหนือผลิตภัณฑ์ 5 เซนติเมตร ไว้ที่ 110 องศาเซลเซียส ด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด K (หมายเลข 5) ต่อกับเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดียี่ห้อ Toho รุ่น TTM-004-PA (หมายเลข 6) มีความละเอียด ±1 องศาเซลเซียส ลมร้อนจะถ่ายเทความร้อนโดยการพาไปยังผลิตภัณฑ์ (หมายเลข 7) เมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งแล้วลมร้อนจะไหลตามท่อลมร้อนย้อนกลับ (หมายเลข 8) เพื่อนำลมร้อน (ประมาณร้อยละ 80 ของลมร้อนทั้งหมด) มาใช้อีกครั้ง ส่วนลมร้อนที่เหลือ (ประมาณร้อยละ 20 ของลมร้อนทั้งหมด) จะไหลผ่านวาล์วปีกผีเสื้อ (หมายเลข 9) สู่สิ่งแวดล้อมเพื่อระบายความชื้นออกจากเครื่องอบแห้ง ทั้งนี้ความเร็วของลมร้อนภายในห้อง

อบแห้งควบคุมไว้ที่ 0.3 เมตรต่อวินาที และปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งถูกวัดด้วยมิเตอร์ไฟฟ้ายี่ห้อ Dai-ichi (หมายเลข 10)

2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

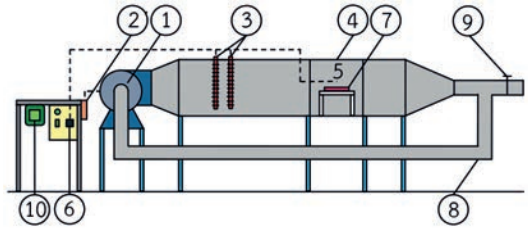
(1) ซื้อเนื้อหมูส่วนสันนอก (สุกรพันธุ์ CP ขุนเล็ก, อายุประมาณ 6 เดือน) จากตลาดสดเทศบาล อำเภอเมือง จังหวัดตาก

(2) นำเนื้อหมูเข้าเครื่องบดเนื้อหมูที่มีหน้าแว่นรังผึ้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรู 2 มิลลิเมตร

(3) นำหมูบดผสมกับเครื่องปรุงรสในอัตราส่วนของหมูบด 500 กรัม น้ำตาล 120 กรัม ซีอิ๊วขาว 30 กรัม เกลือ 4 กรัม และน้ำ 50 กรัม ด้วยเครื่องผสมอาหารเป็นเวลา 20 นาที

(4) นำหมูบดปรุงรสใส่ลงในถุงพลาสติกแล้วรีดเป็นแผ่นหนา 1.3 และ 2.2 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องรีดเนื้อหมูแล้วจึงตัดให้เป็นแผ่นขนาดพื้นที่ 5×5 ตารางเซนติเมตร

รูปที่ 3 ลักษณะของเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อน



(1) พัดลมชนิดแรงเหวี่ยงโค้งหน้า (2) ตัวปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ (3) ตัวทำความร้อน (4) ห้องอบแห้ง (5) เทอร์โมคัปเปิล (6) เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (7) ผลิตภัณฑ์ (8) ท่อลมร้อนย้อนกลับ (9) วาล์วปีกผีเสื้อ และ (10) มิเตอร์ไฟฟ้า

รูปที่ 4 ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อน

2.3.2 วิธีการอบแห้งหมูแผ่น

นำหมูแผ่นหนา 1.3 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น มีขนาดพื้นที่รวม 5×10 ตารางเซนติเมตร (หมูแผ่นหนา 1.3 มิลลิเมตร แต่ละแผ่นมีขนาดพื้นที่ 5×5 ตารางเซนติเมตร และมีมวล 26 กรัม) และหมูแผ่นหนา 2.2 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น มีขนาดพื้นที่รวม 5×10 ตารางเซนติเมตร (หมูแผ่นหนา 2.2 มิลลิเมตร แต่ละแผ่นมีขนาดพื้นที่ 5×5 ตารางเซนติเมตร และมีมวล 44 กรัม) มาอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 160, 320, 480, 640 และ 800 วัตต์ คิดเป็น 20, 40, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของกำลังไมโครเวฟสูงสุดที่ใช้ ตามลำดับ จนได้หมูแผ่นอบแห้งที่ไม่เกิดรอยไหม้ (สังเกตการเปลี่ยนแปลงของหมูแผ่นทุกๆ 10 วินาที) แล้วอบแห้งต่อด้วยลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส จนความชื้นสุดท้ายของหมูแผ่นต่ำกว่าร้อยละ 20 มาตรฐานแห้ง

2.3.3 การหาความชื้นของหมูแผ่น

ความชื้นของหมูแผ่นที่เวลาใดๆ หาจากสมการที่ (1) [18]

$$M = (\frac{W - D}{D}) \times 100\% \qquad (1)$$

โดยที่

M = ความชื้นของหมูแผ่นที่เวลาใดๆ (ร้อยละมาตรฐานแห้ง)

W = มวลของหมูแผ่นที่เวลาใดๆ (กรัม)

D = มวลแห้งของหมูแผ่น (กรัม)

ทั้งนี้มวลแห้งของหมูแผ่นหาโดยนำหมูแผ่นไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จนมวลคงที่ [18] และในแต่ละการทดลองจะชั่งมวลของหมูแผ่นทุกๆ 5 นาที และทำซ้ำรวม 3 ครั้ง แล้วจึงคำนวณหาค่าความชื้นเฉลี่ยของหมูแผ่น

2.3.4 การทดสอบคุณภาพของหมูแผ่นอบแห้ง

(1) การทดสอบคุณภาพด้านสี

คุณภาพด้านสีของหมูแผ่นวัดโดยเครื่องวัดสีอาหารยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-231 โดยวัดค่าสีของหมูแผ่นตามระบบ Hunter ซึ่งแสดงในเทอมของตัวแปร L a และ b โดยค่า L แสดงค่าความสว่าง a แสดงค่าสีแดงและสีเขียว และ b แสดงค่าสีเหลืองและน้ำเงิน ทั้งนี้การทดสอบใช้ตัวอย่างละ 5 ชิ้น

(2) การทดสอบคุณภาพด้านความแข็ง

คุณภาพด้านความแข็งของหมูแผ่นอบแห้งวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA.XT Plus ความแข็งพิจารณาจากค่าแรงกดสูงสุด (Peak Maximum Force) ที่กระทำต่อชิ้นหมูแผ่นอบแห้ง หัวกดที่ใช้ทดสอบมีลักษณะเป็นทรงกระบอก (Cylinder) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร และมีความเร็วในการกด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ทั้งนี้การทดสอบใช้ตัวอย่างละ 5 ชิ้น

2.3.5 การหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์อบแห้ง โดยหาจากสมการที่ (2) [19]

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

โดยที่

SEC = ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม)

E_{elec} = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง (กิโลวัตต์ชั่วโมง)

M_w = ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์อบแห้ง (กิโลกรัม)

2.3.6 การประเมินความชอบของหมูแผ่นอบแห้งด้านประสาทสัมผัส

จากผลการทดสอบคุณภาพด้านความแข็ง หมูแผ่นอบแห้งจะถูกเลือกมาเพื่อเปรียบเทียบความชอบทางประสาทสัมผัสกับหมูแผ่นอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด (หมูแผ่นอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดนี้มีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร มีอายุก่อนการประเมินความชอบประมาณ 1 เดือน และผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนซึ่งควบคุมด้วยระบบไฟฟ้า) โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จำนวน 100 คน (ผู้ทดสอบเป็นเพศชายทั้งหมด และมีอายุระหว่าง 18-20 ปี) แบบสอบถามในการทดสอบประกอบด้วยคำถาม 5 ข้อ ได้แก่ คุณลักษณะด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม

2.3.7 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ปัจจัยที่ศึกษามี 2 ปัจจัย คือ 1) ความหนาหมูแผ่น 2 ระดับ ได้แก่ 1.3 และ 2.2 มิลลิเมตร และ 2) กำลังไมโครเวฟ 5 ระดับ ได้แก่ 160, 320, 480, 640 และ 800 วัตต์ ดังนั้นการทดสอบคุณภาพของหมูแผ่นอบแห้งด้านสี ความแข็ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งได้มีการจัดสิ่งทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล 2x5 ในแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Factorial 2x5 in Completely Randomized Design, CRD) และทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (P£0.05) ส่วนการประเมินความชอบของหมูแผ่นอบแห้งด้านประสาทสัมผัสได้วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) แล้ววิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มตัวอย่าง (หมูแผ่นที่ได้จากงานวิจัยนี้จำนวน 1 ตัวอย่าง และหมูแผ่น

อบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 1 ตัวอย่าง) โดยใช้วิธี Independent Sample T-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ระยะเวลาอบแห้งด้วยไมโครเวฟซึ่งทำให้ได้หมูแผ่นอบแห้งที่ไม่เกิดรอยไหม้

ช่วงการอบแห้งหมูแผ่นด้วยไมโครเวฟนี้ หมูแผ่นขนาดพื้นที่ 5×5 ตารางเซนติเมตร หนา 1.3 และ 2.2 มิลลิเมตร มีความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 200-210 มาตรฐานแห้ง ถูกอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 160, 320, 480, 640 และ 800 วัตต์ จนได้หมูแผ่นอบแห้งที่ไม่เกิดรอยไหม้ (สังเกตการเปลี่ยนแปลงของหมูแผ่นทุกๆ 10 วินาที) ระยะเวลาอบแห้งด้วยไมโครเวฟซึ่งทำให้ได้หมูแผ่นอบแห้งที่ไม่เกิดรอยไหม้แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ที่ระดับความหนาหมูแผ่นเดียวกัน ระยะเวลาอบแห้งลดลงเมื่อกำลังไมโครเวฟเพิ่มขึ้น เนื่องจากการอบแห้งที่กำลังไมโครเวฟสูงทำให้อัตราการถ่ายโอนความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น [6] ส่งผลให้ความชื้นระเหยออกจากหมูแผ่นเร็วขึ้น และพบว่าที่ระดับกำลังไมโครเวฟเดียวกัน ระยะเวลาอบแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาหมูแผ่นมากขึ้น เนื่องจากหมูแผ่นที่มีความหนามากจะมีระยะทางที่ความชื้นต้องใช้ในการเคลื่อนที่จากภายในหมูแผ่นออกมายังผิวมาก ความชื้นจึงเคลื่อนที่ออกจากหมูแผ่นได้ช้า [1]

3.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของหมูแผ่นในช่วงการอบแห้งด้วยลมร้อน

ช่วงการอบแห้งด้วยลมร้อนนี้เป็นการอบแห้งต่อจากการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ โดยหมูแผ่นมีความชื้นประมาณร้อยละ 40-50 มาตรฐานแห้ง ถูกอบแห้งด้วยลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส จนหมูแผ่นมีความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าร้อยละ 20 มาตรฐานแห้ง ระยะเวลาอบแห้งด้วยไมโครเวฟตามด้วยลมร้อนแสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ที่ระดับความหนาหมูแผ่นเดียวกัน หมูแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 160, 320, 480, 640 และ 800 วัตต์ ตามด้วยลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาอบแห้งด้วยลมร้อนที่เท่ากัน (หมูแผ่นหนา 1.3 และ 2.2 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลาอบแห้ง 30 และ 45 นาที ตามลำดับ) เนื่องจากหลังการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับกำลังต่างๆ หมูแผ่นมีความชื้นใกล้เคียงกัน (ประมาณร้อยละ 40-50 มาตรฐานแห้ง) ส่งผลให้หมูแผ่นใช้ระยะเวลาอบแห้งด้วยลมร้อนที่เท่ากัน

การเปลี่ยนแปลงความชื้นของหมูแผ่นหนา 1.3 และ 2.2 มิลลิเมตร ในช่วงการอบแห้งด้วยลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 5 พบว่าที่ระดับกำลังไมโครเวฟเดียวกัน หมูแผ่นหนา 1.3 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลาอบแห้งสั้นกว่าหมูแผ่นหนา 2.2 มิลลิเมตร เนื่องจากหมูแผ่นที่มีความหนาน้อยจะมีระยะทางที่ความชื้นต้องใช้ในการเคลื่อนที่จากภายในเนื้อหมูออกมายังผิวน้อย ดังนั้นความชื้นจึงเคลื่อนที่ออกจากหมูแผ่นได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ใช้ระยะเวลาอบแห้งที่สั้น ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ K. Kanlaya et al. [20] ได้พบว่า เนื้อปลาบดแผ่นหนา 1.3 มิลลิเมตร สามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าเนื้อปลาบดแผ่นหนา 2.2 มิลลิเมตร ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ หมูแผ่นหนา 1.3 และ 2.2 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลาอบแห้ง 30 และ 45 นาที ตามลำดับ

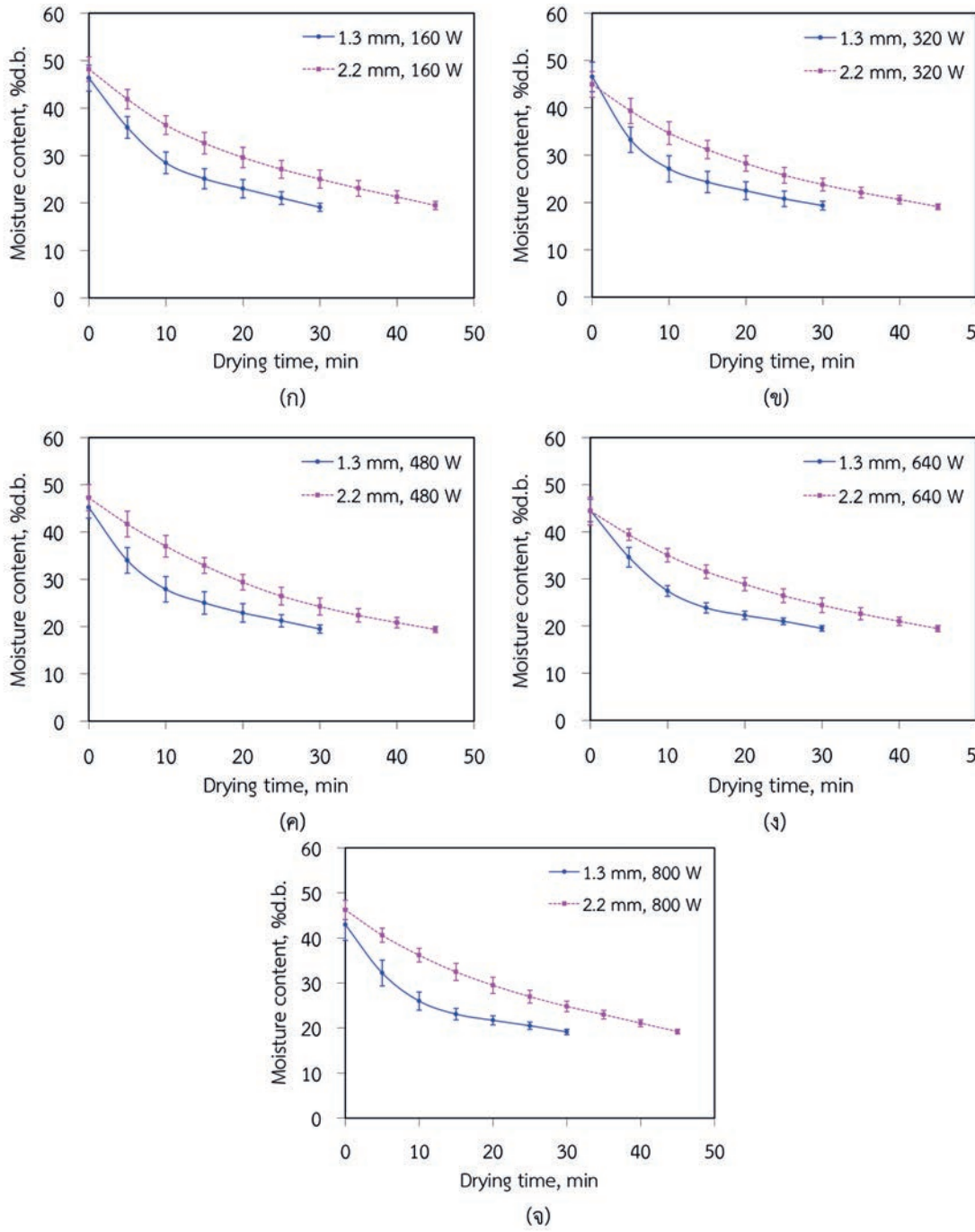
3.3 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งหมูแผ่นด้วยไมโครเวฟตามด้วยลมร้อนแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ที่ระดับความหนาหมูแผ่นเดียวกัน ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเฉลี่ยที่ใช้ในการอบแห้งหมูแผ่นด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 160, 320, 480, 640 และ 800 วัตต์ ตามด้วยลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากหมูแผ่นที่ผ่านการอบแห้ง

ด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 160, 320, 480, 640 และ 800 วัตต์ ตามด้วยลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้งที่ใกล้เคียงกัน (ดูตารางที่ 1) ส่งผลให้ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน และยังพบว่าที่ระดับกำลังไมโครเวฟเดียวกัน ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเฉลี่ยที่ใช้ในการอบแห้งหมูแผ่นหนา 1.3 มิลลิเมตร มีค่ามากกว่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเฉลี่ยที่ใช้ในการอบแห้งหมูแผ่นหนา 2.2 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P£0.05) เนื่องจากหมูแผ่นหนา 1.3 มิลลิเมตร มีปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งค่อนข้างสูง และมีปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ที่น้อย ส่งผลให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเฉลี่ยที่ใช้ในการอบแห้งมีค่ามากกว่าหมูแผ่นหนา 2.2 มิลลิเมตร ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ P. Sa-adchom and T. Swasdisevi [1] ได้พบว่าการอบแห้งเนื้อหมูบดแผ่นหนา 1.3 มิลลิเมตร มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมากกว่าการอบแห้งเนื้อหมูบดแผ่นหนา 2.2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 ระยะเวลาอบแห้งด้วยไมโครเวฟ (160, 320, 480, 640 และ 800 วัตต์) ตามด้วยลมร้อน (110 องศาเซลเซียส)

ความหนาหมูแผ่น (มิลลิเมตร)	กำลังไมโครเวฟ (วัตต์)	เวลาอบแห้งด้วยไมโครเวฟ (วินาที)	ลมร้อน (องศาเซลเซียส)	เวลาอบแห้งด้วยลมร้อน (นาที)
1.3	160	420	110	30
	320	180		30
	480	120		30
	640	80		30
	800	50		30
2.2	160	600	110	45
	320	360		45
	480	240		45
	640	170		45
	800	60		45



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของหมูแผ่นหนา 1.3 และ 2.2 มิลลิเมตร ในช่วงการอบแห้งด้วยลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส เมื่อ (ก) หมูแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่ 160 วัตต์ (ข) หมูแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่ 320 วัตต์ (ค) หมูแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่ 480 วัตต์ (ง) หมูแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่ 640 วัตต์ และ (จ) หมูแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่ 800 วัตต์

ตารางที่ 2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ความหนา (มิลลิเมตร)	วิธีการอบแห้ง	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำที่ระเหย (กรัม)	ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม)
1.3	MW 160 W + HA 110°C	1.724±0.001	15.13±0.23	113.99±1.71[a]
	MW 320 W + HA 110°C	1.716±0.001	15.01±0.22	114.31±1.63[a]
	MW 480 W + HA 110°C	1.714±0.001	14.73±0.15	116.37±1.16[a]
	MW 640 W + HA 110°C	1.712±0.001	14.83±0.17	115.45±1.32[a]
	MW 800 W + HA 110°C	1.708±0.001	14.80±0.25	115.40±1.88[a]
2.2	MW 160 W + HA 110°C	2.505±0.001	29.89±0.37	83.80±1.05[b]
	MW 320 W + HA 110°C	2.504±0.001	29.66±0.49	84.44±1.37[b]
	MW 480 W + HA 110°C	2.502±0.001	29.41±0.37	85.09±1.06[b]
	MW 640 W + HA 110°C	2.500±0.001	30.02±0.46	83.27±1.27[b]
	MW 800 W + HA 110°C	2.477±0.001	29.75±0.40	83.27±1.14[b]

หมายเหตุ 1. MW คือ การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ และ HA คือ การอบแห้งด้วยลมร้อน

2. อักขระต่างกันในคอลัมน์เดียวกันจะให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P£0.05)

3.4 การทดสอบคุณภาพด้านสีของหมูแผ่นอบแห้ง

ผลการทดสอบคุณภาพด้านสีของหมูแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟตามด้วยลมร้อนแสดงดังตารางที่ 3 พบว่าที่ระดับความหนาหมูแผ่นเดียวกัน ค่าสีแดง (ค่า a) และค่าสีเหลือง (ค่า b) ของหมูแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 160, 320, 480, 640 และ 800 วัตต์ ตามด้วยลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เนื่องจากในช่วงการอบแห้งด้วยลมร้อนหมูแผ่นใช้ระยะเวลาอบแห้งที่เท่ากัน (ดูตารางที่ 1 หมูแผ่นหนา 1.3 และ 2.2 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลาอบแห้ง 30 และ 45 นาที ตามลำดับ) ส่งผลให้หมูแผ่นอบแห้งที่ระดับความหนาเดียวกันมีสีใกล้เคียงกัน และพบว่าค่าความสว่าง (ค่า L) ของหมูแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 160, 320, 480 และ 640 วัตต์ ตามด้วยลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามค่าความสว่าง (ค่า L) ของหมูแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 160 และ 800 วัตต์ ตามด้วยลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P£0.05) เนื่องจากการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังสูงๆ ทำให้หมูแผ่นมีอุณหภูมิสูงขึ้นเร็ว ส่งผลให้หมูแผ่นเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบเมลลาร์ด (Maillard Reaction) มากกว่าการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังต่ำๆ อย่างชัดเจน [6]

ตารางที่ 3 ยังพบว่าที่ระดับกำลังไมโครเวฟเดียวกัน หมูแผ่นอบแห้งหนา 1.3 มิลลิเมตร มีค่าความสว่าง (ค่า L) มากกว่า แต่มีค่าสีเหลือง (ค่า b) น้อยกว่าหมูแผ่นอบแห้งหนา 2.2 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P£0.05) เนื่องจากหมูแผ่นอบแห้งหนา 1.3 มิลลิเมตร ใช้เวลาอบแห้งสั้นกว่า ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบเมลลาร์ดน้อยกว่าหมูแผ่นอบแห้งหนา 2.2 มิลลิเมตร [20] อย่างไรก็ตามค่าสีแดง (ค่า a) ของหมูแผ่นอบแห้งหนา 1.3 และ 2.2 มิลลิเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

3.5 การทดสอบคุณภาพด้านความแข็งของหมูแผ่นอบแห้ง

ผลการทดสอบคุณภาพด้านความแข็งของหมูแผ่นอบแห้งด้วยไมโครเวฟตามด้วยลมร้อนแสดงดังตารางที่ 3 พบว่าที่ระดับความหนาหมูแผ่นเดียวกัน ความแข็งของหมูแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 160, 320, 480, 640 และ 800 วัตต์ ตามด้วยลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เนื่องจากหมูแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 160, 320, 480, 640 และ 800 วัตต์ ตามด้วยลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาอบแห้งใกล้เคียงกัน (ดูตารางที่ 1 ในช่วงการอบแห้งด้วยลมร้อน หมูแผ่นที่ระดับความหนาเดียวกันจะใช้ระยะเวลาอบแห้งที่เท่ากัน) ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อของหมูแผ่นเกิดการหดตัวที่ใกล้เคียงกัน [21] ความแข็งของหมูแผ่นจึงมีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่าที่ระดับกำลังไมโครเวฟเดียวกัน หมูแผ่นอบแห้งหนา 1.3 มิลลิเมตร มีความแข็งน้อยกว่าหมูแผ่นอบแห้งหนา 2.2 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P£0.05)

3.6 การประเมินความชอบของหมูแผ่นอบแห้งด้านประสาทสัมผัส

ในงานวิจัยนี้ หมูแผ่นหนา 1.3 มิลลิเมตร อบแห้งด้วยไมโครเวฟที่ 800 วัตต์ ตามด้วยลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส ถูกเลือกเพื่อนำมาประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส เนื่องจากหมูแผ่นนี้มีความแข็งน้อย (ดูตารางที่ 3) และใช้ระยะเวลาอบแห้งน้อยที่สุด (ช่วงการอบแห้งด้วยไมโครเวฟใช้ระยะเวลาอบแห้ง 50 วินาที และช่วงการอบแห้งด้วยลมร้อนใช้ระยะเวลาอบแห้ง 30 นาที (ดูตารางที่ 1)) ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 4 พบว่าคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวมของหมูแผ่นที่ได้จากงานวิจัยนี้และหมูแผ่นอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากการอบแห้งด้วยไมโครเวฟในขั้นตอนแรกทำให้หมูแผ่นที่ได้จากงานวิจัยนี้เกิดการพองตัวและมีความกรอบที่ใกล้เคียงกับหมูแผ่นอบแห้งที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาด ทั้งนี้คะแนนความชอบโดยรวมของหมูแผ่นอบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้อยู่ในช่วงความชอบมาก

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคุณภาพด้านสีและความแข็งของหมูแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟตามด้วยลมร้อน

ความหนา (มิลลิเมตร)	กำลังไมโครเวฟ (วัตต์)	ลมร้อน (องศาเซลเซียส)	สี			ความแข็ง (นิวตัน)
			ค่า L	ค่า a	ค่า b	
1.3	160	110	50.88±0.72^{a}	13.14±0.75^{a}	85.01±1.56^{b}	4.70±0.51^{b}
	320	110	50.18±0.69^{ab}	13.49±0.89^{a}	85.22±1.38^{b}	5.51±0.73^{b}
	480	110	49.63±0.75^{abc}	13.86±1.20^{a}	85.10±1.75^{b}	5.43±0.82^{b}
	640	110	49.19±0.86^{abcd}	14.21±0.62^{a}	86.19±1.97^{b}	5.20±0.64^{b}
	800	110	48.58±0.45^{bcde}	14.90±1.29^{a}	86.59±1.31^{b}	4.95±0.86^{b}
2.2	160	110	48.73±1.25^{bcde}	13.77±1.84^{a}	91.61±2.09^{a}	24.09±1.53^{a}
	320	110	48.22±0.99^{cdef}	14.28±1.54^{a}	91.23±1.53^{a}	25.05±1.44^{a}
	480	110	47.64±1.22^{def}	14.63±1.86^{a}	89.57±1.71^{a}	23.62±1.25^{a}
	640	110	47.24±1.34^{ef}	15.18±1.63^{a}	91.33±1.97^{a}	24.22±1.36^{a}
	800	110	46.45±1.16^{f}	15.84±1.48^{a}	90.42±1.54^{a}	24.35±1.18^{a}

หมายเหตุ อักขระต่างกันในคอลัมน์เดียวกันจะให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P£0.05)

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพของหมูแผ่นอบแห้งด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์	คุณลักษณะ				
	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)	ความชอบโดยรวม
หมูแผ่นหนา 1.3 มิลลิเมตร อบแห้งด้วยไมโครเวฟที่ 800 วัตต์ ตามด้วยลมร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส	7.47±0.82	7.55±0.87	7.85±0.93	8.02±0.94	8.00±0.70
หมูแผ่นอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด	7.92±0.84	7.72±0.78	7.88±0.98	8.29±0.74	8.14±0.78
T-test	-3.836	-1.456	-0.223	-2.250	-1.328
Sig.	0.000	0.147	0.824	0.026	0.186

หมายเหตุ 1. ระดับคะแนนของการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส: 1=ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3=ไม่ชอบปานกลาง 4=ไม่ชอบเล็กน้อย 5=เฉยๆ 6=ชอบเล็กน้อย 7=ชอบปานกลาง 8=ชอบมาก และ 9=ชอบมากที่สุด

2. * แสดงนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. สรุป

ระยะเวลาอบแห้งด้วยไมโครเวฟซึ่งทำให้ได้หมูแผ่นอบแห้งที่ไม่เกิดรอยไหม้อยู่ระหว่าง 50-600 วินาที โดยขึ้นอยู่กับระดับกำลังไมโครเวฟ (160, 320, 480, 640 และ 800 วัตต์) และระดับความหนาหมูแผ่น (1.3 และ 2.2 มิลลิเมตร) และพบว่าในช่วงการอบแห้งด้วยลมร้อน หมูแผ่นหนา 1.3 และ 2.2 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลาอบแห้ง 30 และ 45 นาที ตามลำดับ ระดับกำลังไมโครเวฟไม่มีผลต่อค่าสีแดง (ค่า a) ค่าสีเหลือง (ค่า b) ความแข็ง และความสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ส่วนระดับความหนาหมูแผ่นมีผลต่อค่าความสว่าง (ค่า L) ค่าสีเหลือง (ค่า b) ความแข็ง และความสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P£0.05) นอกจากนี้ยังพบว่าหมูแผ่นอบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้มีคะแนนทางด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับหมูแผ่นอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด ทั้งนี้คะแนนความชอบโดยรวมของหมูแผ่นอบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้อยู่ในช่วงความชอบมาก ในงานวิจัยต่อไปควรศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งหมูแผ่นด้วยไมโครเวฟตามด้วยลมร้อนเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการอบแห้ง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีโดยการสนับสนุนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก

6. เอกสารอ้างอิง

[1] P. Sa-adchom and T. Swasdisevi, “Pork slices drying using a combined vacuum and far-infrared radiation technique,” *Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 83-97, Jan. 2014.

[2] Office of Agricultural Economics. (2018, May 19). Thailand import and export

statistics. [Online]. Available: http://oldweb.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php

[3] A. Arnarson. (2018, May 19). Pork 101: nutrition facts and health effects. [Online]. Available: https://www.healthline.com/nutrition/foods/pork

[4] P. Pornchaloempong and N. Rattanapanon. (2018, May 19). Microwave drier. [Online]. Available: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3007/microwave-drier

[5] W. Kaensup. (2018, May 19). Microwave vacuum rotary drum dryer. [Online]. Available: https://www.kmutt.ac.th/rippc/best1.htm

[6] S. Paengkanya, "Microwave-vacuum drying of Peeled longan," M.S.thesis, Dept. Energy Tech., King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, 2010.

[7] G. A. Olatunde, G. G. Atungulu and D. L. Smith, "One-pass drying of rough rice with an industrial 915 MHz microwave dryer: quality and energy use consideration," *Biosystems Engineering*, vol. 155, pp. 33-43, Mar. 2017.

[8] H. Pu, Z. Li, J. Hui and G. S. V. Raghavan, "Effect of relative humidity on microwave drying of carrot," *Journal of Food Engineering*, vol. 190, pp. 167-175, Dec. 2016.

[9] G. Cuccurullo, L. Giordano, A. Metallo and L. Cinquanta, "Drying rate control in microwave assisted processing of sliced apples," *Biosystems Engineering*, vol. 170, pp. 24-30, Jun. 2018.

[10] R. L. Monteiro, J. V. Link, G. Tribuzi, B. A. M. Carciofi and J. B. Laurindo, "Microwave vacuum drying and multi-flash drying of pumpkin slices," *Journal of Food Engineering*, vol. 232, pp. 1-10, Sep. 2018.

[11] T. Basak and B. S. Rao, "Theoretical analysis on pulsed microwave heating of pork meat supported on ceramic plate," *Meat Science*, vol. 86, no. 3, pp. 780-793, Nov. 2010.

[12] C. Jouquand, F. J. Tessier, J. Bernard, D. Marier and J. C. Laguerre, "Optimization of microwave cooking of beef burgundy in terms of nutritional and organoleptic properties," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 60, no. 1, pp. 271-276, Jan. 2015.

[13] A. Chinthammit, "Development of drying process of carrot and chicken by combination of air drying and microwave heating," M.S. thesis, Dept. Food Science & Tech., Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 2003.

[14] K. Rattanaphitakkul, "Influence of dehydration processes on quality changes and antioxidant activity of dried banana," M.S. thesis, Dept. Food Science & Tech., Naresuan University, Phitsanulok, Thailand, 2007.

[15] S. Tirawanichakul, S. Lamaepae and Y. Tirawanichakul, "Combined infrared/microwave and hot air drying for jackfruit: kinetics, quality and sensory analysis,"

Burapha Science Journal, vol. 17, no. 1, pp. 117-129, Jan. 2012.

[16] O. Buntawong, S. Pikasem and W. Intanun. (2018, May 19). Effect of processing methods on product quality of puffed job's tears snack. [Online]. Available: http://journal.rmutp.ac.th/wp -content/uploads/2014/08/Special-Food-Agriculture-Biotechnology-27.pdf

[17] T. Q. Le and W. Jittanit, "Optimization of operating process parameters for instant brown rice production with microwave-followed by convective hot air drying," *Journal of Stored Products Research*, vol. 61, pp. 1–8, Mar. 2015.

[18] AOAC, *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Virginia: Association of Official Analytical Chemists, 2012.

[19] P. Kongpoopha, U. Tapai and P. Sa-adchom, "Effect of drying temperatures on charcoal briquettes drying using a combined solar energy and far-Infrared radiation dryer, and a far-infrared radiation dryer," *RMUTP Research Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 77-93, Mar. 2016.

[20] K. Kanlaya, P. Sa-adchom and T. Swasdisevi, "Drying of ground fish slices using superheated steam combined with hot air," *RMUTP Research Journal*, vol. 8, no. 1, pp. 51-63, Mar. 2014.

[21] P. Sa-adchom, T. Swasdisevi, T. Thomthong, P. Samuttharin and S. soponronnarit, "Drying of ground fish slices using superheated steam," *RMUTP Research Journal*, vol. 7, no. 2, pp. 74-86, Mar. 2013.