

ผลของระดับอุณหภูมิอบแห้งต่อการอบแห้งมะขามเปรี้ยวแบบโฟมแมทด้วยรังสีอินฟราเรดไกล

ภูมิใจ สอาดโฉม, ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา, ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก, 65000

ผู้เขียนติดต่อ: ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา E-mail: poomjai.s@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับอุณหภูมิอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวระหว่างการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล หาค่าความสัมพันธ์พลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง และหาสมบัติทางกายภาพด้านสีของแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวหลังการอบแห้ง โดยอบแห้งแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวด้วยรังสีอินฟราเรดไกลที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C จนความชื้นสุดท้ายของโฟมมะขามเปรี้ยวต่ำกว่า 13% w.b. จากผลการทดลองพบว่า ระดับอุณหภูมิอบแห้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยว ความสัมพันธ์พลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง และสีของแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวอบแห้ง โดยแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C ใช้เวลาอบแห้งนานที่สุด ส่วนแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C ใช้เวลาอบแห้งสั้นที่สุด แผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีความสัมพันธ์พลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งน้อยกว่าแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวอบแห้งที่อุณหภูมิสูง และยังพบว่า แผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีค่าความสว่าง (ค่า L) และค่าสีเหลือง (ค่า b) มากกว่า แต่มีค่าสีแดง (ค่า a) น้อยกว่าแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวอบแห้งที่อุณหภูมิสูง

คำสำคัญ: การอบแห้ง, โฟมแมท, มะขามเปรี้ยว, รังสีอินฟราเรดไกล

Effect of Drying Temperature on Foam-mat Tamarind Drying Using Far-infrared Radiation

Poomjai Sa-adchom, Piyawan Supavititpatana, Thawatchai Supavititpatana*

Division of Food Science and Technology, Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, Thailand, 65000.

Corresponding author: Thawatchai Supavititpatana. E-mail: poomjai.s@psru.ac.th

Abstract

The objective of this research was to study the effect of drying temperature on the changes of the moisture content of foam-mat tamarind undergoing far-infrared radiation drying. Specific energy consumption and color of dried foam-mat tamarind were investigated. The foam-mat tamarind were dried at drying temperature of 60, 70 and 80°C, until its moisture content was lower than 13% wet basis. The experimental results showed that the drying temperature had effect on the changes of the moisture content of foam-mat tamarind, specific energy consumption, and color of dried foam-mat tamarind. The foam-mat tamarind dried at 60°C had the longest drying time, while the foam-mat tamarind dried at 80°C had the shortest drying time. The foam-mat tamarind dried at low temperature had lower specific energy consumption than those dried at high temperature. Moreover, the foam-mat tamarind dried at low temperature had higher lightness (L value) and yellowness (b value), but lower redness (a value) than those dried at high temperature.

Keywords: Drying, Far-infrared radiation, Foam-mat, Tamarind.

1. บทนำ

มะขาม (Tamarind หรือ Indian date) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Tamarindus indicac* L. อยู่ในตระกูล Leguminosae มะขามในประเทศไทยแบ่งกลุ่มได้เป็น 2 กลุ่ม คือ มะขามหวาน และมะขามเปรี้ยว (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานพนธ์ (1), 2560) โดยมะขามเปรี้ยวเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2554 มะขามเปรี้ยวในรูปแบบมะขามเปียกมีปริมาณส่งออก

จำนวน 3,150 ตัน คิดเป็นมูลค่าส่งออก 76.03 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ตลาดส่งออกมะขามเปียกที่สำคัญในต่างประเทศ ได้แก่ มาเลเซีย สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ ประเทศตะวันออกกลาง และสหรัฐอเมริกา (สมพงษ์ สุขเขตต์, 2558) มะขามเปรี้ยวจัดว่าเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงซึ่งอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินซี วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินเอ แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต

เป็นต้น มะขามเปรี้ยวมีสรรพคุณทางยา เช่น ทำให้ชุ่มคอ ลดความร้อนของร่างกาย แก้ไอขับเสมหะ และแก้อาการท้องผูก (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยพายัพ, 2560) อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษามะขามเปรี้ยวในรูปแบบมะขามเปียกเป็นระยะเวลานาน สีของมะขามเปียกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) ดังนั้นการแปรรูปมะขามเปียกเป็นมะขามผงจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ได้

การผลิตมะขามผงทำได้โดยการอบแห้งมะขามเปียกแบบโคมเมทแล้วจึงนำมาบดให้เป็นผง หลักการของการอบแห้งแบบโคมเมทคือ การทำให้วัตถุดิบเกิดลักษณะเป็นโคมที่คงตัวในระหว่างการอบแห้ง โดยการตีปั่นเติมอากาศเข้าไปและเติมสารที่ช่วยให้โคมคงตัว จากนั้นนำโคมที่ได้เกลี่ยเป็นชั้นบางๆ แล้วอบแห้งด้วยลมร้อน ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้มีโครงสร้างที่เป็นรูพรุน เมื่อนำไปบดเป็นผงจะทำให้กลับคืนรูปเดิมได้เร็วมาก และสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ได้เนื่องจากใช้เวลาอบแห้งที่สั้น (สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, 2540) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งแผ่นโคมมะขามด้วยอากาศร้อน ได้แก่ งานวิจัยของ วิริยา พรหมกอง และคณะ (2551) ได้ศึกษาผลของระดับปริมาณสารมอลโตเด็คซ์ทรีน (Maltodextrin) ที่ใช้ต่อคุณภาพของแผ่นโคมมะขามอบแห้ง และหาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการอบแห้ง ผลการทดลองพบว่า การเติมสารมอลโตเด็คซ์ทรีน 10-15% ช่วยทำให้มะขามผงละลายน้ำได้เร็วขึ้น เกิดการกระจายตัวได้ดีขึ้น ลดการดูดน้ำกลับและการเกาะตัวของมะขามผงได้ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้งมะขามแบบโคมเมท คือ 70°C

จากงานวิจัยข้างต้นพบว่า การผลิตมะขามแบบโคมเมทใช้กระบวนการอบแห้งด้วยอากาศร้อน ซึ่งการอบแห้งด้วยอากาศร้อนมีปัญหาที่พบคือ การใช้พลังงานที่สูงในระหว่างการอบแห้ง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้ไม่ค่อยดี (วันชลิ เเพ็งพงศา, 2549) ด้วยเหตุนี้จึงมีการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล เนื่องจากรังสีอินฟราเรดไกลสามารถถ่ายโอนความร้อนให้กับผิวผลิตภัณฑ์โดยตรง และสามารถทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ระดับหนึ่ง โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางส่งผ่านความร้อนจึงทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลงได้อย่างรวดเร็ว (ภูมิใจ สอาดโหม และชนิด สวัสดิ์เสวี, 2557) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งผลิตภัณฑ์แบบโคมเมทด้วยรังสีอินฟราเรดไกล ได้แก่ งานวิจัยของ พัดสลา ใจดำรงค์ (2552) ได้ศึกษาผลของสภาวะอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของโพน้ำส้มหลังการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสูญญากาศแบบอินฟราเรด โดยใช้อุณหภูมิอบแห้งที่ 40 และ 60°C และความดันที่ 0.1, 0.5 และ 1.0 bar ผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิอบแห้ง 60°C และความดัน 0.1 bar เป็นสภาวะอบแห้งซึ่งทำให้ได้น้ำส้มที่มีค่า a_w ต่ำที่สุด คือ 0.411 และมีค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 87.67, -0.16 และ 48.41 ตามลำดับ ทั้งนี้จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นพบว่า ไม่มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งมะขามเปรี้ยวแบบโคมเมทด้วยรังสีอินฟราเรดไกล

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับอุณหภูมิอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของแผ่นโคมมะขามเปรี้ยวระหว่างการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล หาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง และหาสมบัติทางกายภาพด้านสีของแผ่นโคมมะขามเปรี้ยวหลังการอบแห้ง โดยอบแห้งแผ่นโคมมะขามเปรี้ยวด้วยรังสีอินฟราเรดไกลที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C จนความชื้นสุดท้ายของโคมมะขามเปรี้ยวต่ำกว่า 13%w.b.

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ และสารเคมี

- มะขามเปียก จากตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.ตาก
- มอลโตเด็คซ์ทรีน DE 10%
- เมทโทเซล E4M Premium

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

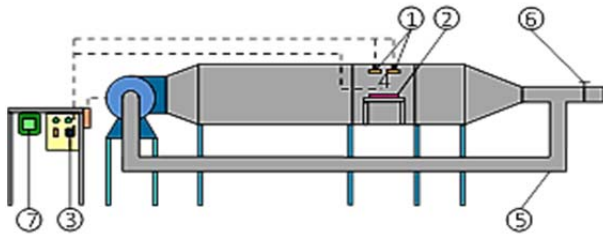
- เครื่องอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล
- เครื่องปั่นผสมอาหาร (Blender)
- เครื่องปิดผนึกถุงด้วยความร้อน
- ตู้อบลมร้อน
- เวอร์เนียคาลิเปอร์
- ปิกเกอร์ขนาด 200 และ 500 ml

2.3 เครื่องอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล

ลักษณะและส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลแสดงดัง Figure 1 และ 2 ตามลำดับ หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งนี้เริ่มจากหลอดรังสีอินฟราเรดไกลยี่ห้อ Infrapara รุ่น AW-2-250 ขนาด 250 W จำนวน 2 หลอด (หมายเลข 1) ซึ่งถูกติดตั้งไว้ที่ผนังด้านบนของห้องอบแห้งได้ถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์ (หมายเลข 2) โดยควบคุมอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งกลางห้องอบแห้งและเหนือผลิตภัณฑ์ 5 cm ไว้ที่ 60, 70 และ 80°C ด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดียี่ห้อ Toho รุ่น TTM-004-PA (หมายเลข 3) มีความถูกต้อง $\pm 1^\circ\text{C}$ และใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K (หมายเลข 4) เป็นตัววัดอุณหภูมิ เมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งแล้วอากาศร้อนจะไหลตามท่อนกลับ (หมายเลข 5) เพื่อนำอากาศร้อนมาใช้อีกครั้ง อากาศร้อนบางส่วนจะถูกปล่อยผ่านวาล์วปีกผีเสื้อ (หมายเลข 6) สู่อากาศเพื่อระบายความชื้นออกจากเครื่องอบแห้ง ทั้งนี้ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งถูกวัดด้วยมิเตอร์ไฟฟ้ายี่ห้อ Dai-ichi (หมายเลข 7)



Figure 1 Characteristic of far-infrared radiation dryer.



(1) Infrared lamp (2) Foam-mat tamarind (3) Temperature controller (4) Thermocouple (5) Duct (6) Butterfly valve and (7) Energy meter

Figure 2 Schematic diagram of far-infrared radiation dryer.

2.4 วิธีการทดลอง

2.4.1 การเตรียมเนื้อมะขามเปียก

โดยใช้มะขามเปียก 1 ส่วน ผสมกับน้ำ 2 ส่วน จากนั้นคัดแยกเนื้อมะขามออกจากเยื่อหุ้มเมล็ดออกด้วยมือ

2.4.2 การเตรียมปริมาณส่วนผสมของเนื้อมะขามเปียก มอลโทเด็กซ์ทรีน และเจลเมทโทเซล

การเตรียมปริมาณส่วนผสมเพื่อผลิตแผ่นโฟมมะขามนี้ได้ใช้สูตรดัดแปลงจากสูตรของ วิริยา พรหมกอง และคณะ (2551) โดยใช้เนื้อมะขามเปียก 340 g มอลโทเด็กซ์ทรีน 17 g และเจลเมทโทเซล 104.25 g (การเตรียมเจลเมทโทเซล 104.25 g ทำโดยนำเมทโทเซล ผง 4.25 g เติมน้ำกลั่นร้อน (อุณหภูมิ 90°C) 100 g ในบีกเกอร์ 250 ml แล้วใช้แท่งแก้วคนตลอดเวลาจนส่วนผสมเกิดเป็นเจล เรียบใส และไม่ขุ่น)

2.4.3 การเตรียมโฟมมะขามที่ใช้สำหรับอบแห้ง

- นำเนื้อมะขามเปียก 340 g และมอลโทเด็กซ์ทรีน 17 g มาผสมกันในเครื่องผสมอาหาร ใช้หัวตีรูปตะกร้อตีที่ความเร็วสูงสุดจนส่วนผสมที่ได้เป็นเนื้อเดียวกัน

- เติมเจลเมทโทเซล 104.25 g ลงในส่วนผสมแล้วตีปั่นผสมกันด้วยเครื่องผสมอาหาร ใช้หัวตีรูปตะกร้อตีที่ความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 10 min จะได้โฟมมะขามที่ใช้สำหรับอบแห้ง นอกจากนี้ความคงตัวของโฟมมะขามหาตามวิธีของ Ekpong et al. (2016) (นำโฟมมะขาม 10 ml ใส่ในกระบอกตวง 10 ml แล้วตั้งโฟมมะขามทิ้งไว้เป็นเวลา 1 hr สังเกตการแยกตัวของของเหลวโดยดูปริมาณน้ำจากตัวเลขในกระบอกตวง)

2.4.4 การอบแห้งแผ่นโฟมมะขาม

นำโฟมมะขามใส่ในแบบอะลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm สูง 5 mm แล้วนำไปอบแห้งแผ่นโฟมมะขามด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C จนความชื้นสุดท้ายของแผ่นโฟมมะขามต่ำกว่า 13%w.b. (อ้างอิงคุณลักษณะความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของพืชสมุนไพรพวงปรงรส (มผช.1380/2550) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2550)) ทั้งนี้ตำแหน่งที่

ควบคุมอุณหภูมิอบแห้งอยู่กลางห้องอบแห้งและเหนือผลิตภัณฑ์ 5 cm

2.4.5 การหาความชื้นของแผ่นโฟมมะขาม

ความชื้นของแผ่นโฟมมะขามที่เวลาใดๆ หากจากสมการ (AOAC, 2012)

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

โดยที่ M คือ ความชื้นของแผ่นโฟมมะขามที่เวลาใดๆ (%w.b.) W คือ มวลของแผ่นโฟมมะขามที่เวลาใดๆ (g) และ D คือ มวลแห้งของแผ่นโฟมมะขาม (g) ทั้งนี้มวลแห้งของแผ่นโฟมมะขามหาโดยนำแผ่นโฟมมะขามไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105°C จนมวลคงที่ และในแต่ละการทดลองจะชั่งมวลของแผ่นโฟมมะขามทุกๆ 10 min และทำซ้ำรวม 3 ครั้ง แล้วจึงคำนวณหาค่าความชื้นเฉลี่ย

2.4.6 การหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้ง ซึ่งหาจากสมการ (อำไพศักดิ์ ทับุญมา และศักชัย จงจำ, 2553)

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

โดยที่ SEC คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง (kWh·kg⁻¹) E_{elec} คือ ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง (kWh) และ M_w คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้ง (kg) ทั้งนี้ในแต่ละการทดลองจะหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งจำนวน 3 ครั้ง และวิเคราะห์ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

2.4.7 การทดสอบคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์อบแห้ง

- คุณภาพด้านสีของแผ่นโฟมมะขามอบแห้งวัดด้วยเครื่องวัดสีอาหารยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-231 โดยวัดค่าสีของแผ่นโฟมมะขามอบแห้งตามระบบฮันเตอร์ (Hunter system) ซึ่งแสดงในเทอมของตัวแปร L a และ b โดยค่า L แสดงค่าความสว่าง a แสดงค่าสีแดงและสีเขียว และ b แสดงค่าสีเหลืองและน้ำเงิน

- คุณภาพด้านสีของมะขามผงหาโดยนำแผ่นโฟมมะขามอบแห้ง 100 g เข้าเครื่องบดอาหารยี่ห้อ Haopeng มีความจุ 500 g เป็นเวลา 5 min และนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 60 เมช (Mesh) แล้วนำมะขามผงที่ได้ไปวัดด้วยเครื่องวัดสีอาหารยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-23

ในแต่ละการทดลองจะทดสอบคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์อบแห้งจำนวน 3 ชั้น และวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์อบแห้งทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

3. ผลและวิจารณ์

3.1 ผลของระดับอุณหภูมิอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของแผ่นโฟมมะขาม

การเปลี่ยนแปลงความชื้นของแผ่นโฟมมะขามระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C แสดงดัง Figure 3 พบว่า แผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C สามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าแผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 60°C ตามลำดับ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์สูงขึ้น ทั้งนี้แผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C ใช้เวลาอบแห้ง 120, 100 และ 80 min ตามลำดับ

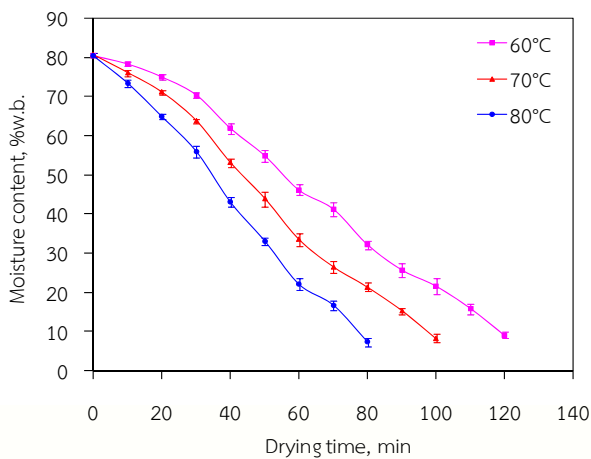


Figure 3 Changes of moisture content of foam-mat tamarind undergoing far-infrared radiation drying at 60, 70 and 80°C.

3.2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งแสดงดัง Table 1 พบว่า แผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเฉลี่ยน้อยกว่าแผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C ใช้ปริมาณไฟฟ้าน้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C อย่างเห็นได้ชัด และยังพบว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเฉลี่ยของแผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C ไม่มีความแตกต่างกับแผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 80°C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C ใช้ปริมาณไฟฟ้าใกล้เคียงกับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 80°C

3.3 ผลการทดสอบคุณภาพด้านสีของแผ่นโฟมมะขามอบแห้ง

Table 2 แสดงผลการทดสอบคุณภาพด้านสีของแผ่นโฟมมะขามอบแห้ง พบว่า แผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีค่าความสว่าง (ค่า L) และค่าสีเหลือง (ค่า b) มากกว่า แต่มีค่าสีแดง (ค่า a) น้อยกว่าแผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) น้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง (ฤทธิชัย อัครราชันย์ และคณะ, 2559)

3.4 ผลการทดสอบคุณภาพด้านสีของมะขามผง

ผลการทดสอบคุณภาพด้านสีของมะขามผงแสดงดัง Table 3 พบว่า มะขามผงอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีค่าความสว่าง (ค่า L) และค่าสีเหลือง (ค่า b) มากกว่า แต่มีค่าสีแดง (ค่า a) น้อยกว่ามะขามผงอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิสูง (วิศณีย์ โพธิ์หล้า และทรงศิลป์ พงษ์ชนะชัย, 2556) อย่างไรก็ตามค่าสี (ค่า L, a และ b) ของมะขามผงอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C ไม่มีความแตกต่างกับมะขามผงอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 80°C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C ใช้เวลาอบแห้งใกล้เคียงกับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 80°C

Table 1 Specific energy consumption of foam-mat tamarind drying using far-infrared radiation.

Drying temp. (°C)	Drying time (min)	Electrical energy consumed during drying process (kWh)			Water evaporated during drying process (g)			Specific energy consumption (kWh·kg ⁻¹)			
		1 st	2 nd	3 rd	1 st	2 nd	3 rd	1 st	2 nd	3 rd	Average
60	120	0.44	0.44	0.45	33.48	32.05	31.18	13.14	13.73	14.43	13.77±0.65 ^b
70	100	0.49	0.48	0.48	32.29	33.73	31.28	15.17	14.23	15.35	14.92±0.60 ^{ab}
80	80	0.52	0.51	0.52	31.34	33.58	31.98	16.59	15.19	16.26	16.01±0.73 ^a

Values with the same superscript letters within columns are not significantly different ($P > 0.05$).

Table 2 Color of dried foam-mat tamarind after far-infrared radiation drying.

Drying temp. (°C)	Drying time (min)	Color of dried foam-mat tamarind		
		L-value	a-value	b-value
60	120	25.85±0.87 ^a	3.36±0.31 ^c	43.89±0.95 ^a
70	100	22.09±0.73 ^b	4.04±0.28 ^b	41.50±0.90 ^b
80	80	19.42±0.78 ^c	4.87±0.37 ^a	39.35±0.81 ^c

Values with the same superscript letters within columns are not significantly different ($P>0.05$).

Table 3 Color of tamarind powder after far-infrared radiation drying.

Drying temp. (°C)	Drying time (min)	Color of tamarind powder		
		L-value	a-value	b-value
60	120	26.23±0.86 ^a	3.14±0.30 ^b	46.11±0.94 ^a
70	100	24.59±0.91 ^{ab}	3.61±0.37 ^{ab}	44.33±1.08 ^{ab}
80	80	22.96±0.82 ^b	4.15±0.31 ^a	42.46±0.91 ^b

Values with the same superscript letters within columns are not significantly different ($P>0.05$).

4. สรุป

ระดับอุณหภูมิอบแห้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของแผ่นโฟมมะขามอบแห้ง โดยแผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C สามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าแผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 60°C ตามลำดับ แผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยกว่าแผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิสูง แผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีค่าความสว่าง (ค่า L) และค่าสีเหลือง (ค่า b) มากกว่า แต่มีค่าสีแดง (ค่า a) น้อยกว่าแผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้งานวิจัยต่อไปควรประเมินคุณภาพมะขามอบแห้งทางด้านประสาทสัมผัส และประเมินอายุการเก็บรักษาของมะขามผง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีโดยการสนับสนุนของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

6. เอกสารอ้างอิง

พัตสลา ใจดำรง. 2552. การผลิตน้ำส้มผงด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบอินฟราเรดหลังผ่านกรรมวิธีโฟมแมต. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, นิธิยา รัตนานนท์ (1). 2560. มะขาม. แหล่งข้อมูล: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1661/tamarind-มะขาม>. เข้าถึงเมื่อ 14 กรกฎาคม 2560.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, นิธิยา รัตนานนท์ (2). 2560. ปฏิกริยาเมลลาร์ด. แหล่งข้อมูล: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0397/maillard-reaction-ปฏิกริยาเมลลาร์ด>. เข้าถึงเมื่อ 14 กรกฎาคม 2560.

ภูมิใจ สอาดโฉม, ธนิต สวัสดิ์เสวี. 2557. การอบแห้งเนื้อหมูปดแผ่นด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกล. วารสารวิชาการ

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 7(1), 83-97.

วันชลี เพ็งพงศา. 2549. การอบแห้งเนื้อหมูปรุงรสด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับป้อนความร้อน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วิริยา พรหมกอง, อภิญา เอกพงษ์, เอกสิทธิ์ อ่อนสะอาด. 2551.

การศึกษากระบวนการผลิตมะขามอบแห้งแบบโฟม. รายงานผลการวิจัย. อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

วิศณีย์ โพธิ์หล้า, ทรงศิลป์ พจนนชนะชัย. 2556. ผลของอุณหภูมิสูงต่อลักษณะปรากฏและปริมาณแคโรทีนอยด์ของพริก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2)(พิเศษ), 549-552.

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยพายัพ.

2560. น้ำมะขามเปียก. แหล่งข้อมูล: <http://www.thai-nutrient.com/?page=mat&genlangmat=21022014203554&matttype=4#ad-image-0>. เข้าถึงเมื่อ 14 กรกฎาคม 2560.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2550. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน พืชสมุนไพรผงปรุงรส (มผช.1380/2550). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สถิติการส่งออก. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php. เข้าถึงเมื่อ 14 กรกฎาคม 2560.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สมพงษ์ สุขเขตต์. 2558. วิจัยและพัฒนามะขามเปรี้ยว. รายงานโครงการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร.

อำไพศักดิ์ ทีบุญมา, ศักชัย จงจำ. 2553. การอบแห้งขิงด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับอินฟราเรด. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 15(2), 76-86.

- ฤทธิชัย อัครราชันย์, อูมาพร อุประ, เสมอขวัญ ตันติกุล, พัชรมณี อุณหพิพัฒพงศ์. 2559. จลนพลศาสตร์การอบแห้งเนื้อลำไยสีทอง ด้วยการใช้อุณหภูมิแบบขั้นเดียวและอุณหภูมิแบบหลายขั้น. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 22(2), 30-40.
- AOAC. 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International. (19th ed.). Virginia: Association of Official Analytical Chemists.
- Ekpong, A., Phomkong, W., Onsaard, E. 2016. The effects of maltodextrin as a drying aid and drying temperature on production of tamarind powder and consumer acceptance of the powder. International Food Research Journal 23(1), 300-308.

