



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

3 ภูมิใจ สอาดโฉม*, ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา, ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา

4 Poomjai Sa-adchom*, Piyawan Supavititpatana, Thawatchai Supawithitpattana

5 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก, 65000

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

8 *Corresponding author: Tel: +66-8-1727-5771, E-mail: poomjai.s@psru.ac.th

9 บทคัดย่อ

10 งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับอุณหภูมิอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวระหว่าง
11 การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล หาความสัมพันธ์พลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง และหาสมบัติทางกายภาพด้านสีของแผ่นโฟม
12 มะขามเปรี้ยวหลังการอบแห้ง โดยอบแห้งแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวด้วยรังสีอินฟราเรดไกลที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C จนความชื้นสุดท้าย
13 ของโฟมมะขามเปรี้ยวต่ำกว่า 13%w.b. จากผลการทดลองพบว่า ระดับอุณหภูมิอบแห้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของแผ่นโฟม
14 มะขามเปรี้ยว ความสัมพันธ์พลังงานจำเพาะที่ใช้การอบแห้ง และสีของแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวอบแห้ง โดยแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวอบแห้ง
15 ที่อุณหภูมิ 60°C ใช้เวลาอบแห้งนานที่สุด ส่วนแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C ใช้เวลาอบแห้งสั้นที่สุด แผ่นโฟมมะขาม
16 เปรี้ยวอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีความสัมพันธ์พลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งน้อยกว่าแผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวอบแห้งที่อุณหภูมิสูง และ
17 ยังพบว่า แผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีค่าความสว่าง (ค่า L) และค่าสีเหลือง (ค่า b) มากกว่า แต่มีค่าสีแดง (ค่า a) น้อยกว่า
18 แผ่นโฟมมะขามเปรี้ยวอบแห้งที่อุณหภูมิสูง

19 คำสำคัญ: การอบแห้ง, โฟมเมท, มะขามเปรี้ยว, รังสีอินฟราเรดไกล

20 Abstract

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

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

32 1 บทนำ

33 มะขาม (Tamarind หรือ Indian date) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า
34 *Tamarindus indicac L.* อยู่ในตระกูล Leguminosae มะขามใน
35 ประเทศไทยแบ่งกลุ่มได้เป็น 2 กลุ่ม คือ มะขามหวาน และมะขาม
36 เปรี้ยว (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานพนธ์ (1), 2560)
37 โดยมะขามเปรี้ยวเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปี

38 พ.ศ. 2554 มะขามเปรี้ยวในรูปแบบมะขามเปียกมีปริมาณส่งออก
39 จำนวน 3,150 ตัน คิดเป็นมูลค่าส่งออก 76.03 ล้านบาท (สำนักงาน
40 เศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ตลาดส่งออกมะขามเปียกที่สำคัญใน
41 ต่างประเทศ ได้แก่ มาเลเซีย สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ ประเทศตะวันออก
42 กลาง และสหรัฐอเมริกา (สมพงษ์ สุขเขตต์, 2558) มะขามเปรี้ยว
43 จัดว่าเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงซึ่งอุดมไปด้วยวิตามิน
44 และแร่ธาตุที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินซี วิตามินบี 1

1 วิตามินบี 2 วิตามินเอ แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก โปรตีน และ
2 คาร์โบไฮเดรต เป็นต้น มะขามเปรี้ยวมีสรรพคุณทางยา เช่น ทำให้
3 ชุ่มคอ ลดความร้อนของร่างกาย แก้ไอ ขับเสมหะ และแก้อาการ
4 ท้องผูก (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัย
5 พายัพ, 2560) อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษามะขามเปรี้ยวในรูปแบบ
6 มะขามเปียกเป็นระยะเวลาาน สีของมะขามเปียกจะเปลี่ยนเป็น
7 สีดำคล้ำเนื่องจากปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) ดังนั้น
8 การแปรรูปมะขามเปียกเป็นมะขามผงจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยยืด
9 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ได้
10 การผลิตมะขามผงทำได้โดยการอบแห้งมะขามเปียกแบบโคม
11 แมทแล้วจึงนำมาบดให้เป็นผง หลักการของการอบแห้งแบบโคม
12 แมทคือ การทำให้วัตถุดิบเกิดลักษณะเป็นโคมที่คงตัวในระหว่าง
13 การอบแห้ง โดยการตีปั่นเติมอากาศเข้าไปและเติมสารที่ช่วยให้
14 โคมคงตัว จากนั้นนำโคมที่ได้กลายเป็นชั้นบางๆ แล้วอบแห้งด้วย
15 ลมร้อน ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้มีโครงสร้างที่เป็นรูพรุน เมื่อนำไป
16 บดเป็นผงจะทำให้กลับคืนรูปเดิมได้เร็วมาก และสามารถรักษา
17 คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ได้เนื่องจากใช้เวลาอบแห้งที่สั้น (สมชาติ
18 ไสภภรณ์ฤทธิ์, 2540) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งแผ่นโคม
19 มะขามด้วยอากาศร้อน ได้แก่ งานวิจัยของ **วริยา พรหมทอง และ**
20 **คณะ (2551)** ได้ศึกษาผลของระดับปริมาณสารมอลโทเด็กซ์ทรีน
21 (Maltodextrin) ที่ใช้ต่อคุณภาพของแผ่นโคมมะขามอบแห้ง และ
22 หาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการอบแห้ง ผลการทดลองพบว่า
23 การเติมสารมอลโทเด็กซ์ทรีน 10-15% ช่วยทำให้มะขามผงละลาย
24 น้ำได้เร็วขึ้น เกิดการกระจายตัวได้ดีขึ้น ลดการดูดน้ำกลับและ
25 การเกาะตัวของมะขามผงได้ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้ง
26 มะขามแบบโคมแมท คือ 70°C
27 จากงานวิจัยข้างต้นพบว่า การผลิตมะขามแบบโคมแมทใช้
28 กระบวนการอบแห้งด้วยอากาศร้อน ซึ่งการอบแห้งด้วยอากาศร้อน
29 มีปัญหาที่พบคือ การใช้พลังงานที่สูงในระหว่างการอบแห้ง และ
30 คุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้ไม่ค่อยดี (วันชลิ เพ็ญพงศา, 2549)
31 ด้วยเหตุนี้จึงมีการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล เนื่องจากรังสี
32 อินฟราเรดไกลสามารถถ่ายโอนความร้อนให้กับผิวผลิตภัณฑ์
33 โดยตรง และสามารถทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ระดับหนึ่ง
34 โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางส่งผ่านความร้อนจึงทำให้ความชื้นใน
35 ผลิตภัณฑ์ลดลงได้อย่างรวดเร็ว (ภูมิใจ สอาดโหม และธนิต สวัสดิ์เสรี,
36 2557) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งผลิตภัณฑ์แบบโคมแมท
37 ด้วยรังสีอินฟราเรดไกล ได้แก่ งานวิจัยของ **พัทธสลา ใจดำรงค์**
38 **(2552)** ได้ศึกษาผลของสภาวะอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของโคมน้ำส้ม
39 หลังการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบอินฟราเรด โดย
40 ใช้อุณหภูมิอบแห้งที่ 40 และ 60°C และความดันที่ 0.1, 0.5 และ
41 1.0 bar ผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิอบแห้ง 60°C และความดัน
42 0.1 bar เป็นสภาวะอบแห้งซึ่งทำให้ได้น้ำส้มผงที่มีค่า a_w ต่ำที่สุด
43 คือ 0.411 และมีค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 87.67, -0.16 และ
44 48.41 ตามลำดับ ทั้งนี้จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นพบว่า ไม่มี
45 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งมะขามเปรี้ยวแบบโคมแมทด้วย
46 รังสีอินฟราเรดไกล

47 2 อุปกรณ์และวิธีการ

48 2.1 วัตถุดิบ และสารเคมี

49 2.1.1 มะขามเปียก จากตลาดสดเทศบาล อ.เมือง จ.ตาก

50 2.1.2 มอลโทเด็กซ์ทรีน DE 10%

51 2.1.3 เมทโทเซล E4M Premium

52 2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

53 2.2.1 เครื่องอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล

54 2.2.2 เครื่องปั่นผสมอาหาร (Blender)

55 2.2.3 เครื่องปิดผนึกถุงด้วยความร้อน

56 2.2.4 ตู้อบลมร้อน

57 2.2.5 เวอร์เนียคาลิเปอร์

58 2.2.6 ปีกเกอร์ขนาด 200 และ 500 ml

59 2.3 เครื่องอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล

60 ลักษณะและส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

61 ไกลแสดงดัง Figure 1 และ 2 ตามลำดับ หลักการทำงานของ

62 เครื่องอบแห้งนี้เริ่มจากหลอดรังสีอินฟราเรดไกลยี่ห้อ Infrapara

63 รุ่น AW-2-250 ขนาด 250 W จำนวน 2 หลอด (หมายเลข 1) ซึ่ง

64 ถูกติดตั้งไว้ที่ผนังด้านบนของห้องอบแห้งได้ถ่ายเทความร้อนโดย

65 การแผ่รังสีความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์ (หมายเลข 2) โดยควบคุม

66 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งกลางห้องอบแห้งและเหนือผลิตภัณฑ์ 5 cm

67 ไว้ที่ 60, 70 และ 80°C ด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดียี่ห้อ

68 Toho รุ่น TTM-004-PA (หมายเลข 3) มีความถูกต้อง $\pm 1^\circ\text{C}$ และ

69 ใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K (หมายเลข 4) เป็นตัววัดอุณหภูมิ เมื่อ

70 ผ่านกระบวนการอบแห้งแล้วอากาศร้อนจะไหลตามท่อวนกลับ

71 (หมายเลข 5) เพื่อนำอากาศร้อนมาใช้อีกครั้ง อากาศร้อนบางส่วน

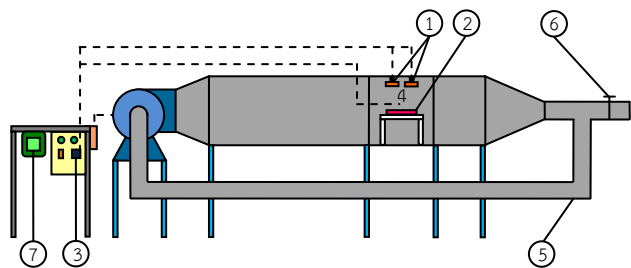
72 จะถูกปล่อยผ่านวาล์วปีกผีเสื้อ (หมายเลข 6) สู่อากาศภายนอกเพื่อ

73 ระบายความชื้นออกจากเครื่องอบแห้ง ทั้งนี้ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ใน

74 การอบแห้งถูกวัดด้วยมิเตอร์ไฟฟ้ายี่ห้อ Dai-ichi (หมายเลข 7)



76 Figure 1 Characteristic of far-infrared radiation dryer.



79 Figure 2 Schematic diagram of far-infrared radiation dryer.

1 2.4 วิธีการทดลอง

2 2.4.1 การเตรียมเนื้อมะขามเปียก

3 โดยใช้มะขามเปียก 1 ส่วน ผสมกับน้ำ 2 ส่วน จากนั้นคัดแยก
4 เนื้อมะขามออกจากเยื่อหุ้มเมล็ดออกด้วยมือ

5 2.4.2 การเตรียมปริมาณส่วนผสมของเนื้อมะขามเปียก มอลโทเด็กซ์
6 ทรีน และเจลมัทโทเซล

7 การเตรียมปริมาณส่วนผสมเพื่อผลิตแผ่นโฟมมะขามนี้ได้ใช้สูตร
8 ดัดแปลงจากสูตรของ **วิริยา พรหมทอง และคณะ (2551)** โดยใช้
9 เนื้อมะขามเปียก 340 g มอลโทเด็กซ์ทรีน 17 g และเจลมัทโทเซล
10 104.25 g (การเตรียมเจลมัทโทเซล 104.25 g ทำโดยนำเมทโทเซล
11 ผง 4.25 g เติมน้ำกลั่นร้อน (อุณหภูมิ 90°C) 100 g ในบีกเกอร์
12 250 ml แล้วใช้แท่งแก้วคนตลอดเวลาจนส่วนผสมเกิดเป็นเจล เรียบ
13 ใส และไม่ขุ่น)

14 2.4.3 การเตรียมโฟมมะขามที่ใช้สำหรับอบแห้ง

15 2.4.3.1 นำเนื้อมะขามเปียก 340 g และมอลโทเด็กซ์ทรีน 17 g
16 มาผสมกันในเครื่องผสมอาหาร ใช้หัวตีรูปตะกร้อตีที่ความเร็วสูงสุด
17 จนส่วนผสมที่ได้เป็นเนื้อเดียวกัน

18 2.4.3.2 เติมน้ำเจลมัทโทเซล 104.25 g ลงในส่วนผสมแล้วตีปั่นผสม
19 กันด้วยเครื่องผสมอาหาร ใช้หัวตีรูปตะกร้อตีที่ความเร็วสูงสุดเป็น
20 เวลา 10 min จะได้โฟมมะขามที่ใช้สำหรับอบแห้ง นอกจากนี้
21 ความคงตัวของโฟมมะขามหาตามวิธีของ **Ekpong et al. (2016)**
22 (นำโฟมมะขาม 10 ml ใสในกระบอกตวง 10 ml แล้วตั้งโฟมมะขาม
23 ที่ไว้เป็นเวลา 1 hr สังเกตการแยกตัวของของเหลวโดยดูปริมาณ
24 น้ำจากตัวเลขในกระบอกตวง)

25 2.4.4 การอบแห้งแผ่นโฟมมะขาม

26 นำโฟมมะขามใสในแบบอะลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งมีลักษณะเป็น
27 ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm สูง 5 mm แล้วนำไป
28 อบแห้งแผ่นโฟมมะขามด้วยรังสีอินฟราเรดไกลที่อุณหภูมิ 60, 70
29 และ 80°C จนความชื้นสุดท้ายของแผ่นโฟมมะขามต่ำกว่า 13%w.b.
30 (อ้างอิงคุณลักษณะความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตามมาตรฐาน
31 ผลิตภัณฑ์ชุมชนของพืชสมุนไพรพวงปรงรส (มพช.1380/2550)
32 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2550)) ทั้งนี้ตำแหน่ง
33 ที่ควบคุมอุณหภูมิอบแห้งอยู่กลางห้องอบแห้งและเหนือผลิตภัณฑ์
34 5 cm

35 2.4.5 การหาความชื้นของแผ่นโฟมมะขาม

36 ความชื้นของแผ่นโฟมมะขามที่เวลาใดๆ หากจากสมการ (AOAC,
37 2012)

$$38 \quad M = \left(\frac{W - D}{W} \right) \times 100\% \quad (1)$$

39 โดยที่ M คือ ความชื้นของแผ่นโฟมมะขามที่เวลาใดๆ (%w.b.)
40 W คือ มวลของแผ่นโฟมมะขามที่เวลาใดๆ (g) และ D คือ มวลแห้ง
41 ของแผ่นโฟมมะขาม (g) ทั้งนี้มวลแห้งของแผ่นโฟมมะขามหาโดย
42 นำแผ่นโฟมมะขามไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105°C จนมวล
43 คงที่ และในแต่ละการทดลองจะชั่งมวลของแผ่นโฟมมะขามทุกๆ
44 10 min และทำซ้ำรวม 3 ครั้ง แล้วจึงคำนวณหาค่าความชื้นเฉลี่ย

45 2.4.6 การหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

46 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง คือ อัตราส่วน
47 ระหว่างปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออก
48 จากวัสดุอบแห้ง ซึ่งหาจากสมการ (**ฮาไพศักดิ์ ธิบุญมา และศักชัย
49 จงจำ, 2553**)

$$50 \quad SEC = \frac{E_{elec}}{M_w} \quad (2)$$

51 โดยที่ SEC คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง
52 (kWh·kg⁻¹) E_{elec} คือ ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง (kWh) และ
53 M_w คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้ง (kg) ทั้งนี้ในแต่ละ
54 การทดลองจะหาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง
55 จำนวน 3 ครั้ง และวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

56 2.4.7 การทดสอบคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์อบแห้ง

57 2.4.7.1 คุณภาพด้านสีของแผ่นโฟมมะขามอบแห้งวัดด้วยเครื่องวัด
58 สีอาหารยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-231 โดยวัดค่าสีของแผ่นโฟมมะขาม
59 อบแห้งตามระบบฮันเตอร์ (Hunter system) ซึ่งแสดงในเทอม
60 ของตัวแปร L a และ b โดยค่า L แสดงค่าความสว่าง a แสดงค่า
61 สีแดงและสีเขียว และ b แสดงค่าสีเหลืองและน้ำเงิน

62 2.4.7.2 คุณภาพด้านสีของมะขามผงหาโดยนำแผ่นโฟมมะขาม
63 อบแห้ง 100 g เข้าเครื่องบดอาหารยี่ห้อ Haopeng มีความจุ 500
64 g เป็นเวลา 5 min และนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 60 เมช
65 (Mesh) แล้วนำมะขามผงที่ได้ไปวัดด้วยเครื่องวัดสีอาหารยี่ห้อ
66 Minolta รุ่น CR-231

67 ในแต่ละการทดลองจะทดสอบคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์
68 อบแห้งจำนวน 3 ชิ้น และวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

69 3. ผลและวิจารณ์

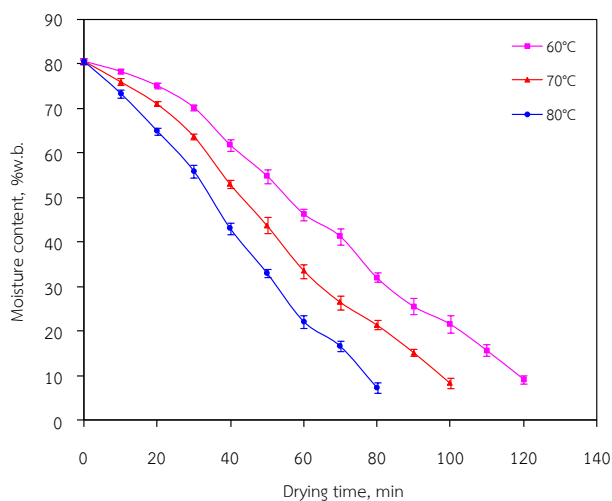
70 3.1 ผลของระดับอุณหภูมิอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของ
71 แผ่นโฟมมะขาม

72 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของแผ่นโฟมมะขามระหว่างการ
73 อบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C แสดงดัง Figure 3 พบว่า
74 แผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C สามารถลดความชื้นได้
75 เร็วกว่าแผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 60°C ตามลำดับ
76 เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อน
77 มากขึ้น ส่งผลให้อัตราการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์สูงขึ้น ทั้งนี้
78 แผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C ใช้เวลาอบแห้ง
79 120, 100 และ 80 min ตามลำดับ

80 3.2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้ง

81 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอบแห้งแสดงดัง
82 Table 1 พบว่า แผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีความ
83 สิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเฉลี่ยน้อยกว่าแผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่
84 อุณหภูมิ 80°C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05 เนื่องจากการ
85 อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C ใช้ปริมาณไฟฟ้าน้อยกว่าการอบแห้งที่
86 อุณหภูมิ 80°C อย่างเห็นได้ชัดเจน และยังพบว่า ความสิ้นเปลือง
87 พลังงานจำเพาะเฉลี่ยของแผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C

1 ไม่มีความแตกต่างกับแผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ
 2 80°C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P>0.05$ เนื่องจากการอบแห้งที่
 3 อุณหภูมิ 70°C ใช้ปริมาณไฟฟ้าใกล้เคียงกับการอบแห้งที่อุณหภูมิ
 4 60 และ 80°C



5
 6 Figure 3 Changes of moisture content of foam-mat
 7 tamarind undergoing far-infrared radiation drying at 60,
 8 70 and 80°C.

9 3.3 ผลการทดสอบคุณภาพด้านสีของแผ่นโฟมมะขามอบแห้ง
 10 Table 2 แสดงผลการทดสอบคุณภาพด้านสีของแผ่นโฟม
 11 มะขามอบแห้ง พบว่า แผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีค่า
 12 ความสว่าง (ค่า L) และค่าสีเหลือง (ค่า b) มากกว่า แต่มีค่าสีแดง
 13 (ค่า a) น้อยกว่าแผ่นโฟมมะขามอบแห้งที่อุณหภูมิสูงอย่างมีนัยสำคัญ
 14 ทางสถิติที่ $P\leq 0.05$ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำทำให้เกิดปฏิกิริยา
 15 เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) น้อยกว่าการอบแห้งที่
 16 อุณหภูมิสูง (ฤทธิ์ชัย อัครราชันย์ และคณะ, 2559)

17 3.4 ผลการทดสอบคุณภาพด้านสีของมะขามผง
 18 ผลการทดสอบคุณภาพด้านสีของมะขามผงแสดงดัง Table 3
 19 พบว่า มะขามผงอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีค่าความสว่าง (ค่า L)
 20 และค่าสีเหลือง (ค่า b) มากกว่า แต่มีค่าสีแดง (ค่า a) น้อยกว่า
 21 มะขามผงอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่
 22 $P\leq 0.05$ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิสูง (วิศณีย์
 23 โพธิ์หล้า และทรงศิลป์ พจนชนะชัย, 2556) อย่างไรก็ตามค่าสี
 24 (ค่า L, a และ b) ของมะขามผงอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C ไม่มีความ
 25 แตกต่างกับมะขามผงอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 80°C อย่างมี
 26 นัยสำคัญทางสถิติที่ $P>0.05$ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C
 27 ใช้เวลาอบแห้งใกล้เคียงกับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 80°C

28 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

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

30 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

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

32 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

33 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 ทั้งนี้ งานวิจัยต่อไปควรประเมินคุณภาพมะขามผงอบแห้งทางด้านประสาทสัมผัส และประเมินอายุการเก็บรักษาของมะขามผง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดีโดยการสนับสนุนของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

6. เอกสารอ้างอิง

ปัตธสลา ใจดำรงค์. 2552. การผลิตน้ำส้มผงด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศแบบอินฟราเรดหลังผ่านกรรมวิธีโม่เม็ด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. 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 สอดโฉม, ธนิต สวัสดิ์เสวี. 2557. การอบแห้งเนื้อหุ้มบดแผ่นด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกล. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 7(1), 83-97.
วันชลิ เพ็งพงศา. 2549. การอบแห้งเนื้อหุ้มปรุงรสด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับบีบความร้อน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
วิริยา พรหมกอง, อภิญญา เอกพงษ์, เอกสิทธิ์ อ่อนสะอาด. 2551. การศึกษากระบวนการผลิตมะขามอบแห้งแบบโฟม. รายงานผลการวิจัย. อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
วิศณีย์ โพธิ์หล้า, ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย. 2556. ผลของอุณหภูมิสูงต่อลักษณะปรากฏและปริมาณแคโรทีนอยด์ของพริก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2)(พิเศษ), 549-552.
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยพายัพ. 2560. น้ำมะขามเปียก. แหล่งข้อมูล: <http://www.thai-nutrient.com/?page=mat&genlangmat=2102201420>

3554&mattype=4#ad-image-0. เข้าถึงเมื่อ 14 กรกฎาคม 2560.
สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2550. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน พืชสมุนไพรปรุงรส (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 ไสภรณ์ฤทธิ. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
สมพงษ์ สุขเขตต์. 2558. วิจัยและพัฒนามะขามเปรี้ยว. รายงานโครงการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร.
อำไพศักดิ์ ทิบุญมา, ศักชัย จงจำ. 2553. การอบแห้งขิงด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับอินฟราเรด. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 15(2), 76-86.
ฤทธิชัย อัครราชันย์, อุมพร อุประ, เสมอขวัญ ตันติกุล, พัชรณีนุช อุนนทิพัฒพงศ์. 2559. จลนพลศาสตร์การอบแห้งเนื้อลำไยสีทองด้วยการใช้อุณหภูมิแบบขั้นเดียวและอุณหภูมิแบบหลายขั้น. 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.