
ผลของน้ำตาล กลีเซอรอล และอุณหภูมิการทำแห้งต่อคุณภาพของมัลเบอร์รี่อบแห้ง

ปิยะนุช รสเครือ^{1*} สุภัทรา แท่งทอง¹ และ กรรณิการ์ อินต๊ะ¹

¹ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน 59 ต.ฝายแก้ว อ.ภูเพียง จ. น่าน 55000

รับบทความ 27 ตุลาคม 2561 ตอรับบทความ 10 ธันวาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 15 มิถุนายน 2563

© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมของมัลเบอร์รี่อบแห้ง โดยการใช้การทดลองแบบผสม (Mixture design) กำหนดปัจจัยที่ทำการศึกษาแบบไม่กำหนดช่วง ศึกษา 3 ปัจจัย คือ ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละ 0-100) ปริมาณกลีเซอรอล (ร้อยละ 0-100) และอุณหภูมิการอบแห้ง (60-70 °C) ได้จำนวน 10 สิ่งทดลอง นำผลมัลเบอร์รี่อบแห้งศึกษาคุณภาพด้านสี ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์เอกติวิตี (aw) ความชื้น และการยอมรับทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ผลคุณภาพหาสูตรที่เหมาะสมโดยวิธีการวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง จากการศึกษ พบว่า สูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่อบแห้งสูตรที่ได้รับการยอมรับความชอบจากผู้บริโภค คือ สูตร 4 มีสัดส่วนของปริมาณน้ำตาล ร้อยละ 15 ปริมาณกลีเซอรอลร้อยละ 2.5 อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C โดยมีค่าวอเตอร์เอกติวิตี 0.52 และผู้ทดสอบชิมมีความชอบต่อผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่อบแห้ง โดยสูตรที่เหมาะสมจากงานวิจัยในครั้งนี้จะนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ไทยชนิดอื่น ๆ ต่อไป

คำสำคัญ: มัลเบอร์รี่อบแห้ง, ค่าวอเตอร์เอกติวิตี, อุณหภูมิการทำแห้ง, การวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง

Effects of Sugar and Glycerol Content and Temperature Drying On Quality of Dried Mulberry

Piyanuch Roskhrua^{1*} Supattra Tangtong¹ and Kannika Inta^{1*}

¹ Rajamangala University of Technology Lanna, Nan, 59 Fai Kaeo Subdistrict, Pupheang District, Nan 55000

Received: 27 October 2018 Accepted: 10 December 2018 Published online: 15 June 2020

© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

Abstract

The objective of this study was to investigate the optimal formulation of dried mulberry product by using mixture design. Three factors were determined by simplex centroid design; 0-30% sugar, 0-5% glycerol and temperature drying at 60-70°C. Then data was analyzed by using response surface methodology. From contour plot, the results showed that three components significantly affected ($p \leq 0.05$) the water activity (aw) content, texture profile and sensory score of overall liking. The optimal formulation was composed of 15% sugar, 2.5% glycerol and temperature drying at 65°C. The water activity and sensory score of overall liking were 0.52 and 6.0 (like slightly).

Keywords: Dried Mulberry, Water Activity Content, Drying Temperature, Mixture Response Surface

1. บทนำ

มัลเบอร์รี่ (Mulberry) เป็นผลไม้ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่สูงอีกชนิดหนึ่ง โดยที่ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ น่าน กรมหม่อน ได้นำมาส่งเสริมให้เกษตรกรในโครงการพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ในพื้นที่จังหวัดน่านเพราะปลูก ตั้งแต่ปี 2551 เป็นต้นมา ปัจจุบันในปี 2561 มีพื้นที่ปลูกมัลเบอร์รี่ในจังหวัดน่าน ทั้งหมด 450 ไร่ ผลผลิตปี 2560 ในฤดูกลาง (ช่วงเดือน มกราคม – เมษายน) ประมาณ 300 ตัน คิดเป็นเงิน 15 ล้านบาท และนอกฤดูกลาง (ช่วงเดือน ตุลาคม – ธันวาคม) ประมาณ 180 ตัน คิดเป็นเงิน 9 ล้านบาท โดยเฉพาะในพื้นที่สถานีพัฒนาการเกษตรที่สูงตามพระราชดำริภูพยัคฆ์ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน ซึ่งเป็นแหล่งใหญ่ในการให้ผลผลิตหม่อนผลสด เมื่อปี 2561 มีผลผลิตมากถึง 120 ตัน คิดเป็นร้อยละ 40 ของผลผลิตทั้งจังหวัด นอกจากนี้ในพื้นที่อำเภอท่าวังผา มีกลุ่มเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการพระราชดำริฯ หลายกลุ่มที่เป็นรายย่อย ซึ่งคาดว่าผลผลิตจะเพิ่มขึ้นทุกปี แต่กลับพบปัญหาคุณภาพของมัลเบอร์รี่สดที่ต้องส่งเข้าโรงงานผลิตน้ำมัลเบอร์รี่เน่าเสียเร็วเนื่องจากใช้เวลาขนส่งนาน คมนาคมลำบากไม่สามารถขนส่งได้ทันก่อนการเน่าเสีย และการจำหน่ายบริโภคเป็นผลสดก็ไม่ทันต่อ การเน่าเสียเช่นกัน เนื่องจากผลผลิตมีปริมาณมาก ทางกลุ่มเกษตรกรได้เก็บผลผลิตในลักษณะแช่เยือกแข็งโดยแช่พื้นที่ของห้องแช่เยือกแข็งเอกชน แต่เนื่องจากปริมาณผลผลิตมาก พื้นที่ห้องแช่เยือกแข็งไม่เพียงพอ ดังนั้นเพื่อช่วยลดการเน่าเสีย เพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบ และรองรับผลผลิตที่จะเพิ่มขึ้นในปีต่อๆ ไป ทางนักวิจัยได้ทดลองทำการศึกษาเบื้องต้นร่วมกับผู้ประกอบการ บริษัททอชอินดัสตรีเรียล จำกัด ในการอบแห้งมัลเบอร์รี่ พบว่า มัลเบอร์รี่ผลสด 4 กก. ได้มัลเบอร์รี่แห้ง 1 กก. คิดเป็นต้นทุนการผลิตมัลเบอร์รี่อบแห้ง กก. ละ 200 บาท (รวมค่าน้ำ ไฟฟ้าและแรงงาน) สามารถจำหน่ายออกสู่ตลาดภายในและภายนอกประเทศ กก.ละ 350 บาท โดยเฉพาะผู้ประกอบการจากประเทศจีนได้ทดสอบชิมสินค้าแล้วสนใจจะสั่งนำเข้าประเทศ ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาอบแห้งสามารถใช้ผลมัลเบอร์รี่แช่เยือกแข็ง

ได้ทำให้สามารถมีผลผลิตมัลเบอร์รี่มาอบแห้งได้ทั้งปี โดยลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่แตกต่างจากหม่อนผลสด แต่เนื่องจากกระบวนการอบแห้งเป็นการลดปริมาณน้ำออกจากชิ้นอาหาร ถ้าอบแห้งนานมาก หรือดึงเอาน้ำออกมาก ทำให้มัลเบอร์รี่อบแห้งแห้งมากเกินไปเนื้อสัมผัสจะแข็งแห้ง รสชาติไม่ดี แต่ถ้าหากอบแห้งน้อย หรือดึงเอาน้ำออกน้อยทำให้มัลเบอร์รี่อบแห้งมีความชื้นมากโอกาสที่ผลิตภัณฑ์จะเกิดเชื้อรามีอยู่สูง ส่งผลให้อายุการเก็บสั้น

งานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์ มัลเบอร์รี่อบแห้ง โดยใช้ผลมัลเบอร์รี่ทั้งผล ศึกษาปริมาณน้ำตาล (0-30%) และปริมาณกลีเซอรอล (0-5%) ที่อุณหภูมิอบแห้ง (60-70 °C) ที่มีผลต่อคุณภาพคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของมัลเบอร์รี่อบแห้ง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่อบแห้งที่มีคุณภาพและผู้บริโภคยอมรับและเป็นทางเลือกหนึ่งของการแปรรูปผลมัลเบอร์รี่ต่อไป

2. วิธีการวิจัย

2.1 ศึกษาผลของน้ำตาล กลีเซอรอล และอุณหภูมิการทำแห้งต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่อบแห้ง

ผลมัลเบอร์รี่สดจากสถานีพัฒนาการเกษตรที่สูงตามพระราชดำริ ภูพยัคฆ์ จังหวัดน่าน วางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture Design) กำหนดปัจจัยที่ทำการศึกษาแบบไม่กำหนดช่วง (Simplex Centroid Design) แบบ 3 ปัจจัย ได้สิ่งทดลอง 10 สิ่งทดลอง ปัจจัยที่ทำการศึกษาประกอบด้วย ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละ 0-30) ปริมาณกลีเซอรอล (ร้อยละ 0-5) และอุณหภูมิอบแห้ง (60-70°C) นำมัลเบอร์รี่สดมาล้างน้ำให้สะอาด พักให้สะเด็ดน้ำ ก่อนคลุกน้ำตาลทรายและกลีเซอรอล นาน 12 ชั่วโมง เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 °C จากนั้นนำผลมัลเบอร์รี่ไปอบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60-70°C นานจนเหลือค่า aw ประมาณ 0.6 เก็บรักษาในถุงพอยด์ปิดสนิท ตรวจสอบคุณภาพ

- ค่าสี ด้วยเครื่อง colorimeter (Konica –10 Minolta CR Color Reader) ค่าที่วัดได้แก่ค่าสี L* (ค่า

ความสว่าง มีค่า 0 - 100), a^* (+ หมายถึง สีแดง, - หมายถึง สีเขียว), b^* (+หมายถึง สีเหลือง, - หมายถึง สีน้ำเงิน)

- ค่าวอเตอร์แอกทีวิตี (water activity, aw) (รุ่น 4TE, Aqua Lab, USA)

- วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC (2012)

- การยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้วยการให้คะแนนความชอบตามวิธี Hedonic ชนิด 9 สเกล ที่มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 9 โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึงชอบมากที่สุด ในคุณลักษณะ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม จำนวนผู้ทดสอบชิม 50 คน

2.2 การคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมของมัลเบอร์รี่อบแห้ง

ค่าคุณภาพที่ได้จากข้อ 4.1 นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของตัวแปร (Analysis of variance; ANOVA) ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Dunca's new multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้สมการเชิงเส้น (linear model) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ทางสถิติ คือ

$$Y_i = \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3$$

ทั้งนี้กำหนดให้ Y_i คือ คุณภาพ และ X_i คือ ปริมาณร้อยละของส่วนผสม ได้แก่ X_1 คือ ปริมาณน้ำตาล X_2 คือ ปริมาณกลีเซอรอล X_3 คือ อุณหภูมิการทำให้แห้ง จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยสร้างกราฟ กราฟคอนทัวร์ (contour plot) ของค่าวอเตอร์แอกทีวิตี (aw) ปริมาณความชื้น และค่าความชอบทางประสาทสัมผัส โดยเลือกพื้นที่ที่มีคะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะที่มีคะแนนความชอบมากกว่า 6 และนำกราฟคอนทัวร์ (contour plot) มาซ้อนทับกันเพื่อหาจุดที่เหมาะสมของปริมาณน้ำตาล ปริมาณกลีเซอรอล และอุณหภูมิอบแห้ง เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดของผลิตภัณฑ์

3. ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงค่าสีของมัลเบอร์รี่อบแห้ง พบว่าค่าสี L^* , a^* , b^* ของทุกสูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ค่าความสว่าง (L^*) ของมัลเบอร์รี่อบแห้ง อยู่ในช่วง 18.00-22.95 โดยที่สูตรที่ 4 มีค่ามากที่สุด (สัดส่วนของน้ำตาลทรายร้อยละ 15 และกลีเซอรอลร้อยละ 2.5 ของมัลเบอร์รี่สด อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C) ค่า a^* มีค่าเป็น + ซึ่งหมายถึงมีความเป็นสีแดง โดยที่สูตรที่ 4 มีค่ามากที่สุด ส่วนค่า b^* มีค่าเป็น - ซึ่งหมายถึงมีความเป็นสีน้ำเงิน โดยสูตรที่ 1 มีค่ามากที่สุด (สัดส่วนของน้ำตาลทรายร้อยละ 30 และไมใส่กลีเซอรอล อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C)

ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่อบแห้ง อยู่ในช่วงร้อยละ 14.04-19.41 โดยน้ำหนักเปียก ส่วนค่าวอเตอร์แอกทีวิตีของผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่อบแห้งอยู่ในช่วง 0.42-0.58 ซึ่งค่าปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทีวิตีมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลและกลีเซอรอลที่ใช้ในแต่ละสูตร โดยพบว่า สูตรที่ 6 มีค่าวอเตอร์แอกทีวิตีสูงสุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับสูตรที่ 7 และ 10 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าสูตรที่ 3 ไม่ผสมน้ำตาลและกลีเซอรอล อบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C มีค่าวอเตอร์แอกทีวิตีต่ำที่สุด

ตารางที่ 2 พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมของสูตรที่ 4 มีคะแนนความชอบมากที่สุด สัดส่วนของน้ำตาลทรายร้อยละ 15 และกลีเซอรอลร้อยละ 2.5 ของมัลเบอร์รี่สด อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C รองลงมาสูตรที่ 6 ไม่ผสมน้ำตาลทราย แต่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 2.5 ของมัลเบอร์รี่สด อบแห้งที่อุณหภูมิ 65°C โดยคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมของสูตรที่ 4 และ 6 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ข้อมูลที่ได้อาจจากการทดสอบคุณภาพด้านค่าวอเตอร์แอกทีวิตีและความชอบทางประสาทสัมผัสของมัลเบอร์รี่อบแห้ง 10 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยที่

ศึกษากับค่าคุณภาพ เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธี RSM สรแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้สมการเชิงเส้น (linear model) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกทีวิตีและทางประสาทสัมผัสกับปัจจัยที่

ทำการศึกษา คือ ปริมาณน้ำตาล (X_1) ปริมาณกลีเซอรอล (X_2) และอุณหภูมิการทำแห้ง (X_3) ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ค่าสี ปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอกทีวิตีของมัลเบอร์รี่อบแห้ง

สิ่งทดลอง	ปริมาณน้ำตาล (X_1)	ปริมาณกลีเซอรอล (X_2)	อุณหภูมิอบแห้ง (X_3)	ค่าสี			ปริมาณความชื้น (% wet basis)	ค่าวอเตอร์แอกทีวิตี (a_w)
				L^*	a^*	b^*		
1	1.0	0	0	18.10 ^e ±0.22	+2.95 ^{cd} ±0.22	-18.15 ^a ±0.35	16.39 ^e ±0.24	0.50 ^{de} ±0.03
2	0	1.0	0	22.35 ^{ab} ±0.49	+3.15 ^c ±0.04	-12.60 ^{de} ±0.40	17.12 ^d ±0.39	0.46 ^{ef} ±0.02
3	0	0	1.0	21.15 ^{bcd} ±0.13	+3.35 ^{abc} ±0.22	-14.00 ^c ±0.27	14.04 ^f ±0.36	0.42 ^f ±0.05
4	0.5	0.5	0	22.95 ^a ±0.22	+3.90 ^a ±0.27	-11.25 ^f ±0.17	18.75 ^{ab} ±0.05	0.52 ^{bcd} ±0.01
5	0.5	0	0.5	21.45 ^{bcd} ±0.40	+3.30 ^{bc} ±0.18	-10.00 ^g ±0.34	17.56 ^{cd} ±0.21	0.46 ^{ef} ±0.02
6	0	0.5	0.5	22.25 ^{ab} ±0.22	+3.10 ^{cd} ±0.32	-11.95 ^{ef} ±0.31	18.12 ^{bc} ±0.15	0.58 ^a ±0.03
7	0.333	0.333	0.333	20.75 ^d ±0.40	+2.85 ^{cd} ±0.31	-14.65 ^c ±0.35	19.41 ^a ±0.19	0.55 ^{ab} ±0.02
8	0.333	0.333	0.333	18.00 ^e ±0.19	+3.75 ^{ab} ±0.04	-16.85 ^b ±0.16	17.46 ^{cd} ±0.10	0.49 ^{de} ±0.01
9	0.333	0.333	0.333	21.00 ^d ±0.10	+3.05 ^{cd} ±0.13	-13.75 ^{cd} ±0.15	17.49 ^{cd} ±0.10	0.50 ^{de} ±0.01
10	0.333	0.333	0.333	21.05 ^{cd} ±0.34	+2.50 ^d ±0.09	-14.50 ^c ±0.09	19.41 ^a ±0.21	0.55 ^{ab} ±0.02

ตารางที่ 2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมัลเบอร์รี่อบแห้ง

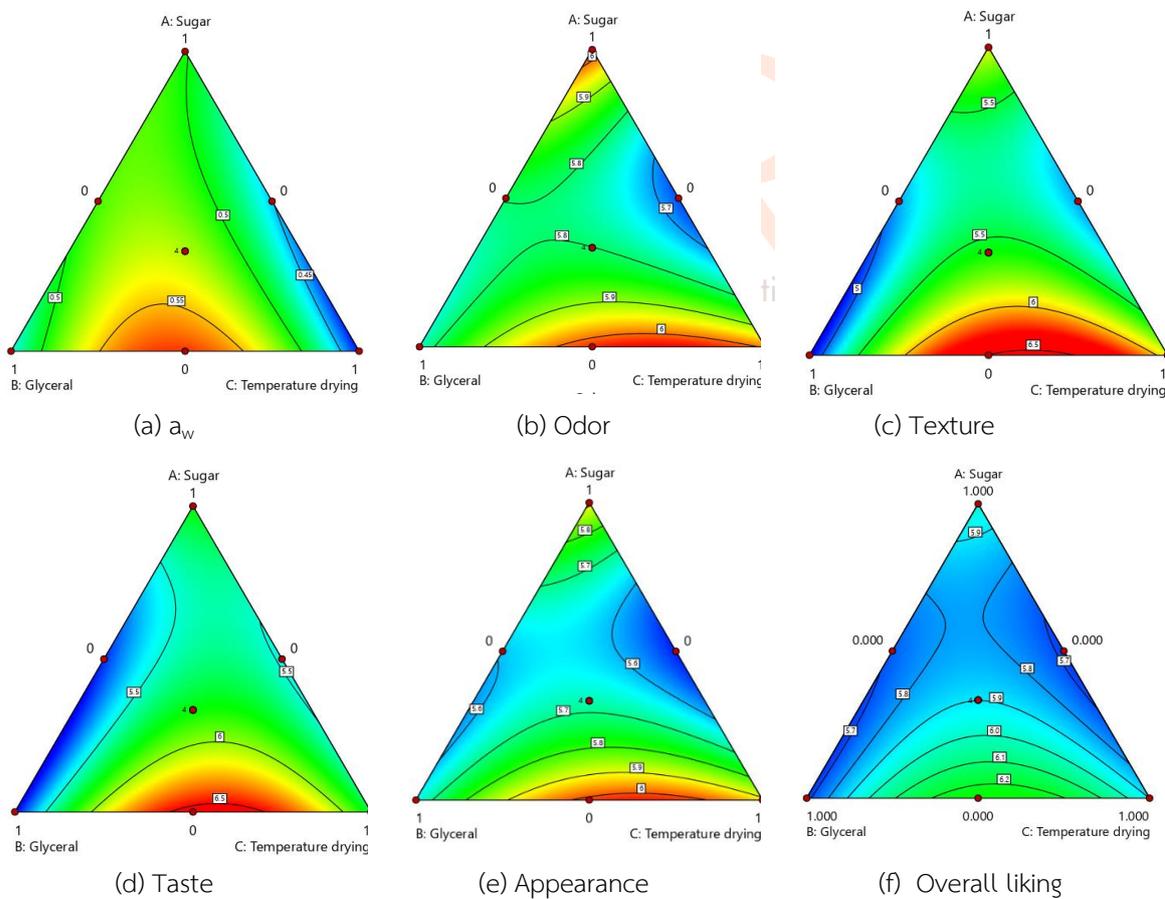
สิ่งทดลอง	ปริมาณน้ำตาล (X_1)	ปริมาณกลีเซอรอล (X_2)	อุณหภูมิอบแห้ง (X_3)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)					
				สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ลักษณะปรากฏ	ความชอบโดยรวม
1	1.0	0	0	5.77 ^{bc} ±0.21	6.05 ^{ab} ±0.18	5.95 ^b ±0.12	5.82 ^{bc} ±0.31	5.91 ^{ab} ±0.11	6.00 ^b ±0.29
2	0	1.0	0	5.95 ^{bc} ±0.24	5.77 ^b ±0.36	4.86 ^{cd} ±0.24	5.09 ^{cd} ±0.22	5.64 ^{bc} ±0.16	5.68 ^b ±0.12
3	0	0	1.0	5.73 ^{bc} ±0.19	5.64 ^b ±0.24	4.45 ^d ±0.22	4.50 ^d ±0.18	5.23 ^c ±0.24	5.05 ^c ±0.17
4	0.5	0.5	0	6.27 ^a ±0.27	6.27 ^a ±0.19	6.45 ^a ±0.15	6.55 ^a ±0.25	6.18 ^a ±0.22	6.59 ^a ±0.29
5	0.5	0	0.5	5.68 ^c ±0.16	5.64 ^b ±0.12	4.86 ^{cd} ±0.15	5.41 ^{bc} ±0.13	5.55 ^{bc} ±0.10	5.64 ^b ±0.12
6	0	0.5	0.5	6.05 ^{ab} ±0.23	6.00 ^{ab} ±0.18	6.27 ^a ±0.26	6.50 ^a ±0.19	6.05 ^{ab} ±0.31	6.23 ^{ab} ±0.19
7	0.333	0.333	0.333	6.05 ^{ab} ±0.25	5.86 ^{ab} ±0.19	5.36 ^{bc} ±0.17	5.82 ^{bc} ±0.24	5.64 ^{bc} ±0.24	5.82 ^b ±0.24
8	0.333	0.333	0.333	5.91 ^{bc} ±0.14	5.68 ^b ±0.16	5.86 ^b ±0.27	5.59 ^{bc} ±0.23	5.50 ^{bc} ±0.14	5.82 ^b ±0.35
9	0.333	0.333	0.333	6.05 ^{ab} ±0.33	5.86 ^{ab} ±0.11	5.73 ^{bc} ±0.15	6.05 ^b ±0.18	5.73 ^{bc} ±0.27	6.00 ^b ±0.19
10	0.333	0.333	0.333	6.14 ^{ab} ±0.24	5.86 ^{ab} ±0.23	5.86 ^b ±0.16	5.86 ^{bc} ±0.11	5.86 ^{ab} ±0.21	6.05 ^b ±0.28

หมายเหตุ: ตัวอักษร a-c ในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 3 สมการรีเกรสชันของค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมของมัลเบอร์รี่อบแห้ง

Dependent variable ; y	Predictive Model	R ²
ค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ (a _w)	$= 0.4479*X_1+0.4516*X_2+0.4188*X_3-0.2009*X_1*X_2+1.2103*X_1*X_3+0.0887*X_2*X_3$	0.87
รสชาติ (taste)	$= 6.1194*X_1+4.5205*X_2+4.5013*X_3+0.6279*X_1*X_2+2.1776*X_1*X_3+3.8729*X_2*X_3$	0.91
ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture)	$= 6.4619*X_1+4.9761*X_2+4.4556*X_3+0.8888*X_1*X_2-2.3699*X_1*X_3+0.0846*X_2*X_3$	0.86
ลักษณะปรากฏ (appearance)	$= 6.3202*X_1+5.8924*X_2+5.228*X_3-0.384*X_1*X_2-3.2771*X_1*X_3-0.7126*X_2*X_3$	0.84
ความชอบโดยรวม (overall liking)	$= 6.4918*X_1+5.8457*X_2+5.0464*X_3+1.1322*X_1*X_2-3.362*X_1*X_3+0.0789*X_2*X_3$	0.83

หมายเหตุ: X₁ = ปริมาณน้ำตาล X₂ = ปริมาณกลีเซอรอล X₃ = อุณหภูมิการทำแห้ง



รูปที่ 1 Contour plot ของค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ (a) ความชอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น (b) ลักษณะเนื้อสัมผัส (c) รสชาติ (d) ลักษณะปรากฏ (e) และความชอบโดยรวม (f) ของผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่อบแห้ง

เมื่อนำสมการรีเกรสชันของค่าวอเตอร์แอกติวิตี และคะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสจาก ตารางที่ 3 มาสร้างกราฟคอนทัวร์ (Contour plot) โดยพิจารณาเฉพาะคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังรูปที่ 1 (a) - (f) นำกราฟ ซ้อนทับกันเพื่อหาพื้นที่ในการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม ดังรูปที่ 1 (f) และทำการเลือกพื้นที่ที่มีคะแนนความชอบมากกว่า 6.0 (ชอบเล็กน้อย) เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ ที่เหมาะสม จากรูปที่ 2 พบว่า พื้นที่ทับกันเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมของปริมาณน้ำตาล กลีเซอรอล และอุณหภูมิ ทำแห้งผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่อบแห้ง โดยมีปริมาณน้ำตาลช่วงร้อยละ 50 ของช่วงปริมาณน้ำตาลร้อยละ 0-30 ปริมาณ กลีเซอรอลร้อยละ 50 ของช่วงปริมาณกลีเซอรอลร้อยละ 0-5 และอุณหภูมิทำแห้ง 60 °C

4. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่อบแห้งมีความสัมพันธ์กับค่าวอเตอร์แอกติวิตี เนื่องจากในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่อบแห้งได้กำหนดค่าวอเตอร์แอกติวิตีให้ต่ำกว่า 0.6 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่สามารถเก็บรักษาได้นาน ไม่เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ประเภทเชื้อราได้ง่าย (นิริยา, 2549) และเนื่องจากในแต่ละสูตรใช้ปัจจัยปริมาณน้ำตาล และปริมาณกลีเซอรอลที่แตกต่างกันทำให้แต่ละสูตรมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ โครงสร้างแตกต่างกัน ส่งผลให้ปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอกติวิตีของมัลเบอร์รี่อบแห้งแตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในวัตถุดิบ และที่เติมลงไปในส่วนผสมสามารถเข้าไปแทนที่น้ำในผลิตภัณฑ์ทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ลดลงส่งผลให้ ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ลดลง นอกจากนี้พบว่าสูตรที่ไม่ผสมน้ำตาลและกลีเซอรอล อบแห้งที่อุณหภูมิสูง (70°C) มีค่า วอเตอร์แอกติวิตีต่ำที่สุด เนื่องจากอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยออกอย่างรวดเร็ว (Lombard et. al, 2008)

มัลเบอร์รี่อบแห้งสูตร 4 และ สูตร 6 มีการเติมส่วนผสมกลีเซอรอลในปริมาณเท่ากัน ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม อาจเป็นเพราะกลีเซอรอลที่ผสมในส่วนผสมช่วยให้มัลเบอร์รี่อบแห้งมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มรับประทานง่าย (Surbkar, 2013) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรที่ 2, 3 และ 6 เป็นสูตรที่ไม่เติมน้ำตาลทราย แต่เติมกลีเซอรอล อบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน พบว่าอุณหภูมิการอบแห้งมัลเบอร์รี่มีผลต่อความชอบเนื้อสัมผัสมัลเบอร์รี่อบแห้ง โดยสูตรที่ 6 ใช้อุณหภูมิมอบแห้งที่ 65°C ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด ระดับ 6.27 คะแนน รองลงมาสูตรที่ 2 และ 3 ตามลำดับ อาจเป็นเพราะการอบแห้งอุณหภูมิ 60°C ใช้เวลานานทำให้น้ำระเหยออกจากเนื้อเยื่อผลไม้มากเกินไป ส่วนการอบแห้งอุณหภูมิ 70°C ใช้อุณหภูมิสูงทำให้น้ำบริเวณผิวของมัลเบอร์รี่ระเหยออกเร็วเกินไป ลักษณะเนื้อสัมผัสจึงแห้งแข็ง (Taikhao and Teekasap, 2013)

สรุป สูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่อบแห้งสูตรที่ได้รับการยอมรับความชอบจากผู้บริโภค คือ สูตร 4 มีสัดส่วนของปริมาณน้ำตาลร้อยละ 15 ปริมาณกลีเซอรอลร้อยละ 2.5 อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C โดยมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.52 และผู้ทดสอบชิมมีความชอบต่อผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่อบแห้ง โดยสูตรที่เหมาะสมจากงานวิจัยในครั้งนี้จะนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ไทย ชนิดอื่น ๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน และ บริษัทภูตอย อินดัสเตรียล จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] คณิตตา พัฒนาภา. (2553). การพัฒนากระบวนการผลิตส้มสายน้ำผึ้งเชื่อมอบแห้ง.

- วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- [2] นันทวัน เทอดไทย. (2551). การออกแบบ
กระบวนการทางอุตสาหกรรมเกษตร.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร
- [3] นิธิยา รัตนูปนนท์. (2549). เคมีอาหาร.
กรุงเทพมหานคร : โอ.เอส.พรีนติ้ง เฮ้าส์.
- [4] ลดาวัลย์ ช่างชุบ และ เสาวนีย์ เลิศวรสิริกุล.
(2554). การพัฒนากรรมวิธีการผลิตเปลือก
มะนาวแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส. งาน
ประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์
ครั้งที่ 49. 1-4 กุมภาพันธ์ 2555. กรุงเทพ มหา
นคร.
- [5] วนิตา สระทองคำ และ ปราณี อ่านเปรื่อง.
(2544). ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้งฟักทองด้วย
วิธีออสโมซิส. อาหาร 31(4): 279-289.
- [6] AOAC. (2012). Official Methods of
Analysis of AOAC International. (19th
ed.). Virginia: Association of Official
Analytical Chemists.
- [7] Surbkar,R.(2013).DehydrationTechnology.
The Journal of King Mongkut's University
of Technology North Bangkok, 23(2), 500-
512.
- [8] Taikhao, A., and Teekasap, S. (2013).
Natural Convection and Forced
Convection Solar Dryers. EAU Heritage
Journal, 7(1), 23-31.
- [9] Lombard, G.E., Oliveira, J.C., Fito, P. and
Andres, A. (2008). Osmotic dehydration
of pineapple as a pre-treatment for
further drying. Journal of Food
Engineering, 85: 277-284.