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

ผลของปริมาณน้ำตาล กรดซิตริก และเพคติน ที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่น

ปิยะนุช รสเครือ* และ มลิวรรณ์ กิจชัยเจริญ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
59 หมู่ 13 ต.ฝายแก้ว อ.ภูเพียง จ.น่าน 55000

รับบทความ 26 พฤษภาคม 2562 แก้ไขบทความ 29 เมษายน 2563 ตอบรับบทความ 30 เมษายน 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างเนื้อมัลเบอรี่ต่อน้ำที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่น ที่ระดับ 70:30, 60:40, 50:50, 40:60 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ นำอัตราส่วนระหว่างเนื้อมัลเบอรี่ต่อน้ำที่เหมาะสม มาศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่น วางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) กำหนดปัจจัยที่ทำการศึกษาแบบไม่กำหนดช่วง (Simplex centroid design) 3 ปัจจัย คือ ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละ 0-100 หรือ 0-50 กรัม) ปริมาณกรดซิตริก (ร้อยละ 0-100 หรือ 0-5 กรัม) และปริมาณเพคติน (ร้อยละ 0-100 หรือ 0-3 กรัม) เท่ากับร้อยละ 100 โดยกำหนดส่วนผสมอื่นปริมาณคงที่ ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติและสร้างสมการถดถอยด้วยพื้นผิวตอบสนอง (Mixture Response Surface Models) ผลจากการทดลองพบว่า อัตราส่วนระหว่างเนื้อมัลเบอรี่ต่อน้ำที่ อัตราส่วน 70:30 มีค่าแรงยึดเหนี่ยว (Adhesiveness Force) และค่าความเหนียวความหยุ่นตัว (Gumminess) สูงที่สุด เมื่อนำมาศึกษาสูตรที่เหมาะสมจากอิทธิพล 3 ปัจจัย พบว่า ทั้ง 3 ปัจจัยมีผลต่อค่า A_w ลักษณะเนื้อสัมผัส และคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่น เมื่อพิจารณาจากการซ้อนทับของกราฟคอนทัวร์ (Contour Plot) ของคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสที่มีคะแนนสูงกว่า 5.5 พบว่าสูตรที่เหมาะสมของมัลเบอรี่แผ่น คือ ปริมาณน้ำตาลช่วงร้อยละ 40-70 ปริมาณกรดซิตริกช่วงร้อยละ 0-5 และปริมาณเพคตินช่วงร้อยละ 30-55 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ในระดับคะแนน 6.3 และจากผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่ต้นแบบ พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่า A_w 0.49 มีค่าแรงยึดเหนี่ยว (Adhesiveness Force) ประมาณ 945.11 g.sec. ความสามารถในการเกาะตัว (Cohesiveness) ประมาณ 0.85 และค่าความเหนียวความหยุ่นตัว (Gumminess) ประมาณ 452.12 นิวตัน

คำสำคัญ : ผลไม้แผ่น; มัลเบอรี่; ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้; การวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 2165 8141, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: piyanuch_ros@hotmail.com*

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

Effects of Sugar, Citric Acid and Pectin Content on Quality of Mulberry Fruit Leather Product

Piyanuch Roskhrua* and Maliwan Kitchaicharoen

Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Nan, 59 Moo 13 Phai-Keaw Sub-district, Phuphieng District, Nan Province 55000

Received 26 May 2019; Revised 29 April 2020; Accepted 30 April 2020

Abstract

The objective of this study was to investigate the optimal formulation of mulberry fruit leather product when varying the weight ratio of mulberry fruit: water as 70:30, 60:40, 50:50, 40:60 and 30:70. Three factors were then determined by simplex centroid design; sugar (0-100% or 0-50 grams), citric acid (0-100% or 0-5 grams) and pectin (0-100% or 0-3 grams), which the sum of them equivalent to 100% while other ingredients remained constant. Analysis of the data was performed using ANOVA and Mixture Response Surface Models. The results indicated that the highest adhesiveness force and gumminess of mulberry fruit leather product were founded when the weight ratio of mulberry fruit to water was 70:30. The amount of sugar, acid and pectin had effects on water activity (A_w), texture profile and sensory score of overall liking of product. From contour plot, the predictive models were obtained by plottin g the contour line of all sensory attributes with acceptable score greater than 5.5 and thus the optimization area was selected. After overlapping contour plots, an optimal formulation obtained was composed of 40-70% sugar, 0-5% citric acid and 30-55% pectin. The sensory score of overall liking of product using a 9-point hedonic scale was 6.3. The water activity (A_w), adhesiveness force, cohesiveness and gumminess of the prototype mulberry fruit leather product was 4.9, 945.11 g. sec., 0.85 N and 452.12 N., respectively.

Keywords : Fruit Leather; Mulberry Fruit; Water Activity; Response Surface Methodology

** Corresponding Author. Tel.: +668 2165 8141, E-mail Address: piyanuch_ros@hotmail.com*

1. บทนำ

ผลหม่อน หรือ ผลมัลเบอรี่ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus alba* เป็นพืชที่ปลูกในหลายประเทศ โดยใบมัลเบอรี่เป็นแหล่งที่สำคัญของอาหารสำหรับตัวไหม (*Bombyx Mori*) ส่วนผลมัลเบอรี่ (Mulberry Fruit) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการปลูกมัลเบอรี่เพื่อเลี้ยงไหม มีลักษณะผลแบบผลรวม ผลมัลเบอรี่สุกมีลักษณะอวบน้ำ มีสัดส่วนความเปรี้ยวและหวานสมดุลกัน เป็นผลไม้อีกชนิดหนึ่งที่มีสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) สารประกอบเควอซิติน ซึ่งเป็นรงควัตถุมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) และผลมัลเบอรี่สุกมีสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ เช่น คาร์โบไฮเดรต 21.35 กรัม/100 กรัม เหล็ก 43.48 มิลลิกรัม/100 กรัม วิตามินบีหนึ่ง 50.65 มิลลิกรัม/100 กรัม และวิตามินบีหก 390.10 มิลลิกรัม/100 กรัม เป็นต้น [1]

ผลไม้แผ่น (Fruit Leather) เป็นผลิตภัณฑ์จากผลไม้ที่ผ่านกระบวนการสกัดเอาเนื้อผลไม้ และอบแห้งจนมี ความชื้นต่ำถึงปานกลาง ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity; A_w) ประมาณ 0.5-0.7 [2], [3] สามารถเก็บได้นานที่อุณหภูมิห้อง คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขึ้นกับคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น กระบวนการต่าง ๆ ในขณะแปรรูป และสภาวะการเก็บรักษาก่อนบริโภค คำว่า “Fruit Leather, Fruit Sheet, Fruit Bar” หรือ “Fruit Slab” เป็นคำศัพท์ที่ใช้เรียกผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นที่มีความหนาแตกต่างกัน [3] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2532) กำหนดมาตรฐานผลไม้แห้งไว้ดังนี้ ความชื้นไม่เกินร้อยละ 18 ของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง น้ำตาลทั้งหมดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 65 จุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน $1x10^2$ โคโลนี/กรัมตัวอย่าง ยีสต์และราไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนี/กรัมตัวอย่าง

ผลไม้ที่นิยมทำผลไม้แผ่น ได้แก่ แอปเปิ้ล ท้อ กล้วย เชอรี่ องุ่น แพร์ สาลี่ บ๊วย สับปะรด แบลค-เคอแรนท์ พลัม พรุน ราสเบอร์รี่ สตรอเบอร์รี่ มะม่วง ฝรั่ง มะละกอ ขนุน มะเขือเทศ ส้มจีน (Tangerine) พุทรา ทุเรียน ชิกุ (Ciku) [4]-[8] นอกจากนี้ผักชนิดต่าง ๆ ถั่ว มันเทศ ก็นิยมเช่นกัน [9] จะเห็นได้ว่าผลผลไม้ส่วนใหญ่สามารถนำมาผลิตผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นได้ ดังนั้นจากกระบวนการผลิตน้ำมัลเบอรี่ มีส่วนของเนื้อมัลเบอรี่เหลือทิ้ง ซึ่งทางโรงงานจะนำบางส่วนมาผลิตเป็น มัลเบอรี่กวนหรือหยี แต่เนื่องจากส่วนเหลือทิ้งของเนื้อผลไม้มีมาก จึงสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่นได้เป็นอย่างดี และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานการผลิตผลไม้แผ่นชนิดอื่น ๆ ได้ต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้สนใจศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อมัลเบอรี่ต่อน้ำในการผลิตมัลเบอรี่แผ่น และศึกษาอิทธิพลของน้ำตาล กรดซิตริก และเพคติน ที่มีต่อคุณภาพมัลเบอรี่แผ่น เพื่อให้ได้สูตรที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่น

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อมัลเบอรี่ต่อน้ำในการผลิตมัลเบอรี่แผ่น

ศึกษาอัตราส่วนระหว่างเนื้อมัลเบอรี่ต่อน้ำในการผลิตมัลเบอรี่แผ่น ที่ระดับ 70:30, 60:40, 50:50, 40:60 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยมีส่วนทั้งหมด ดังตารางที่ 1 การเตรียมมัลเบอรี่แผ่นเริ่มจากการปั่นผสมเนื้อมัลเบอรี่กับน้ำด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า (BE-127A, OTTO, บริษัท ออตโต้ คิงส์กลาส จำกัด, ประเทศไทย) ให้ละเอียด ด้วยความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที นาน 2 นาที จากนั้นเติมส่วนผสมที่เหลือทั้งหมดแล้วนำไปตั้งไฟที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วเทลงถาด ขนาด 12x12 นิ้ว น้ำหนักต่อถาด 250 กรัม อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (TD 10, Since OFM 1997, บริษัท โอนเนอร์ ฟู้ดส์ แมชชีนเนอรี่ จำกัด, ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 7 ชั่วโมง [10] หรือจนให้มีค่าวอเตอร์แอกตีวิตี้ (A_w) ต่ำกว่า 0.6 [3]

ตารางที่ 1 ส่วนผสมการผลิตมัลเบอรี่แผ่น

ส่วนผสม (กรัม)	อัตราส่วนระหว่างเนื้อผลไม้ต่อน้ำ (w/w)				
	70:30	60:40	50:50	40:60	30:70
เนื้อมัลเบอรี่	231	198	165	132	99
น้ำสะอาด	99	132	165	198	231
แบะแซ	50	50	50	50	50
กลีเซอรอล	45	45	45	45	45
เกลือ	2	2	2	2	2
มอลโตเด้กซ์ตริน	30	30	30	30	30
น้ำตาล	40	40	40	40	40
กรดซิตริก	3	3	3	3	3
เพคติน	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix) ค่า pH (BPA121-7.5, Mettler Toledo, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) ค่าวอเตอร์แอกตีวิตี้ (A_w, 4TE, Aqua lab, USA) และคุณภาพเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Brookfield CT3, Brookfield Engineering Laboratories, Inc. USD) บันทึกค่าแรงยึดเหนี่ยว (Adhesiveness Force) ค่าความแข็ง (Hardness, N) ความสามารถในการเกาะตัว (Cohesiveness) และค่าความเหนียวความหยุ่นตัว (Gumminess) โดยเลือกอัตราส่วนระหว่างเนื้อมัลเบอรี่ต่อน้ำที่มีค่าค่าแรงยึดเหนี่ยว (Adhesiveness Force) และค่าความเหนียวความหยุ่นตัว (Gumminess) สูงที่สุดมาศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่นต่อไป

2.2 ศึกษาอิทธิพลของน้ำตาล กรดซิตริก และเพคติน ที่มีต่อคุณภาพมัลเบอรี่แผ่น

นำสูตรที่อัตราส่วนระหว่างเนื้อมัลเบอรี่ต่อน้ำที่คัดเลือกจากข้อ 2.1 มาศึกษาสูตรที่เหมาะสมจากอิทธิพลของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละ 0-100 หรือ 0-50 กรัม) ปริมาณกรดซิตริก (ร้อยละ 0-100 หรือ 0-5 กรัม) และปริมาณเพคติน (ร้อยละ 0-100 หรือ 0-3 กรัม) ใช้แผนการทดลองแบบ Mixture Design ออกแบบการทดลองแบบ Simplex Centroid Design แบบ 3 ปัจจัย สิ่งทดลองแสดงดังตารางที่ 2 โดยมีส่วนผสมอื่นคงที่ ได้แก่ เนื้อมัลเบอรี่ 231 กรัม น้ำ 99 กรัม แบะแซ 50 กรัม กลีเซอรอล 45 กรัม มอลโตเด้กซ์ตริน 30 กรัม และเกลือ 2 กรัม ตามลำดับ ขั้นตอนการเตรียมตามวิธีการข้อ 2.1

วัดค่าวอเตอร์แอกตีวิตี้ (A_w, 4TE, Aqua lab, USA) ตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Brookfield CT3, Brookfield Engineering Laboratories, Inc. USD) ทำการบันทึกค่าแรงยึดเหนี่ยว (Adhesiveness Force) ค่าความแข็ง (Hardness, N) ความสามารถในการเกาะตัว (Cohesiveness) และค่าความเหนียวความหยุ่นตัว (Gumminess) และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนความชอบแบบ 9-Points Hedonic Scale เพื่อให้ได้สูตรที่เหมาะสมต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่น

ค่าคุณภาพที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของตัวแปรแต่ละตัว (Analysis of Variance; ANOVA) ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น α = 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้สมการเชิงเส้น (Linear Model) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ คือ $Yi = \beta_{1x1} + \beta_{2x2} + \beta_{3x3}$ ทั้งนี้กำหนดให้ Yi คือคุณภาพทางเนื้อสัมผัส และ ประสาทสัมผัส และ Xi คือ ปริมาณร้อยละของส่วนผสม ได้แก่ X_1 คือ ปริมาณของน้ำตาล X_2 คือ ปริมาณของกรด X_3 คือ ปริมาณของเพคติน จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยสร้างกราฟ Contour Plot ของค่าทางเนื้อสัมผัสและความชอบทางประสาทสัมผัสโดยเลือกพื้นที่ที่มีคะแนนความชอบของแต่ละคุณลักษณะที่มีคะแนนความชอบมากกว่า 5.5

ตารางที่ 2 สิ่งทดลองที่ใช้พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่น

สิ่งทดลอง	น้ำตาล (X_1)	กรด (X_2)	เพคติน (X_3)	น้ำตาล (g)	กรด (g)	เพคติน (g)
1	1.0	0	0	50	0	0
2	0	1.0	0	0	5	0
3	0	0	1.0	0	0	3
4	0.5	0.5	0	25	2.50	0
5	0.5	0	0.5	25	0	1.50
6	0	0.5	0.5	0	2.50	1.50
7	0.333	0.333	0.333	16.60	1.66	1
8	0.333	0.333	0.333	16.60	1.66	1
9	0.333	0.333	0.333	16.60	1.66	1

2.3 วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่นต้นแบบ

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีการของ A.O.A.C. (2005) วัดค่าสีของผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่องวัดสี Spectrophotometer (ค่าสีตามระบบ CIE L*a*b* CIE (1986) ใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 ค่าที่วัดได้แก่ ค่าสี L* (ค่าความสว่างมีค่า 0 – 100 โดย 0 หมายถึงวัตถุมีความสว่างสีดำ, 100 หมายถึงวัตถุมีความสว่างสีขาว), a* (+ หมายถึง วัตถุมีสีออกแดง, - หมายถึงวัตถุมีสีออกสีเขียว) และ b* (+หมายถึง วัตถุที่มีสีเหลือง, - หมายถึงวัตถุที่มีสีออกสีน้ำเงิน) วัดค่า A_w และวัดแรงดึงด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) บันทึกค่าแรงยึดเหนี่ยว (Adhesiveness Force) ค่าความแข็ง (Hardness, N) ความสามารถในการเกาะตัว (Cohesiveness) และ ค่าความเหนียวความหยุ่นตัว (Gumminess) ผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่นต้นแบบ

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อมัลเบอรี่ต่อน้ำในการผลิตมัลเบอรี่แผ่น

อัตราส่วนระหว่างเนื้อมัลเบอรี่ต่อน้ำที่ใช้ในการผลิตมัลเบอรี่แผ่นมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix) ค่า pH ค่าวอเตอร์แอกตีวิตี้ (A_w) คุณภาพเนื้อสัมผัส และคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 3 โดยพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่า pH และค่า A_w มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนเนื้อมัลเบอรี่มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในงานวิจัยใช้มัลเบอรี่ผลสุก (สีม่วงดำ ร้อยละ 100) มีรสชาติหวาน ทำให้สูตรที่ใส่เนื้อมัลเบอรี่มากจึงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูง ค่า pH สูงขึ้นเล็กน้อย โดยมัลเบอรี่แผ่นที่มีส่วนของเนื้อมัลเบอรี่ในอัตราส่วน 70:30 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่า pH และ ค่า A_w สูงที่สุด และเมื่อปริมาณเนื้อมัลเบอรี่ลดลง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่า pH และ ค่า A_w มีแนวโน้มลดลง ส่วนคุณภาพเนื้อสัมผัสมัลเบอรี่แผ่น พบว่า ค่าแรงยึดเหนี่ยวของเจล (Adhesiveness), ความแข็งแรงของโครงสร้างเจล (Hardness), ความสามารถในการรวมตัวกัน (Cohesiveness) และค่าความเหนียวความหยุ่นตัว (Gumminess) มีค่าสูงสุดที่อัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก รองลงมา อัตราส่วน 60:40, 50:50, 40:60 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มเนื้อมัลเบอรี่มากขึ้นทำให้เพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างเจล (Hardness) แรงยึดเหนี่ยวของเจล (Adhesiveness) และความสามารถในการรวมตัวกัน (Cohesiveness) ดีขึ้น เนื่องจากเนื้อมัลเบอรี่มีเพคตินโดยธรรมชาติที่ช่วยให้เกิดการอุ้มน้ำและเป็นเจล และเนื้อมัลเบอรี่ช่วยเพิ่มส่วนของเส้นใยเกาะกันเป็นแผ่นแน่นขึ้นหลังการอบแห้ง โดยลักษณะเนื้อสัมผัส ความยืดหยุ่น เป็นเจล เกิดจากสมดุลขององค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ปริมาณน้ำตาล กรดซิตริก และเพคติน ที่มีผลต่อความสมบูรณ์ด้านความต่อเนื่อง (Continuity) และความแข็งแรง (Rigidity)

ของโครงสร้างเจล [11]-[13] ดังนั้นจากค่าแรงยึดเหนี่ยวของเจล (Adhesiveness), ความแข็งแรงของโครงสร้างเจล (Hardness), ความสามารถในการรวมตัวกัน (Cohesiveness) และค่าความเหนียวความหยุ่นตัว (Gumminess) ของอัตราส่วน 70:30 มีค่าสูงสุดจึงเลือกใช้ศึกษาสูตรที่เหมาะสมต่อไป

ตารางที่ 3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดค่าวอเตอร์แอกตีวิตี้ (A_w) และคุณภาพเนื้อสัมผัสของมัลเบอรี่แผ่น

คุณลักษณะ	อัตราส่วนระหว่างเนื้อผลไม้ต่อน้ำ (w/w)				
	70:30	60:40	50:50	40:60	30:70
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix)	48.70^{a}±1.02	47.50^{b}±0.95	46.90^{bc}±1.00	46.50^{c}±0.89	44.20^{d}±0.92
pH	2.99^{a}±0.07	2.98^{a}±0.06	2.90^{ab}±0.11	2.93^{a}±0.04	2.85^{b}±0.08
Water activity (A_w)	0.55^{a}±0.08	0.53^{a}±0.05	0.48^{b}±0.06	0.50^{ab}±0.04	0.47^{b}±0.04
คุณภาพเนื้อสัมผัส					
- Adhesiveness (g.sec.)	773.76^{a}±23.62	300.55^{d}±12.91	462.43^{c}±22.65	515.17^{b}±21.20	294.02^{e}±19.26
- Hardness (N)	457.31^{a}±18.23	374.65^{b}±11.56	292.93^{c}±13.28	270.93^{d}±16.02	247.37^{e}±10.26
- Cohesiveness	0.91^{a}±0.04	0.87^{b}±0.08	0.89^{ab}±0.07	0.90^{a}±0.06	0.86^{b}±0.05
- Gumminess (N)	416.15^{a}±15.89	325.94^{b}±12.22	260.71^{c}±11.25	246.54^{c}±12.36	212.74^{e}±13.14

หมายเหตุ ตัวอักษร a-c ในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4 ค่าวอเตอร์แอกตีวิตี้ (A_w) และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่น

สิ่งทดลอง	ปริมาณน้ำตาล (X1)	ปริมาณกรด (X2)	ปริมาณเพคติน (X3)	water activity (A_w)	ลักษณะเนื้อสัมผัส			
					Adhesiveness (g.sec.)	Hardness (N)	Cohesiveness	Gumminess (N)
1	1.0	0	0	0.59±0.02	945.11±18.26	562.56±11.26	0.85±0.06	452.12±14.26
2	0	1.0	0	0.55±0.03	652.23±12.25	452.69±13.22	0.91±0.08	491.89±13.15
3	0	0	1.0	0.49±0.05	792.45±13.11	483.11±15.13	0.99±0.06	679.56±20.11
4	0.5	0.5	0	0.51±0.04	859.23±10.59	498.45±14.65	0.81±0.05	458.56±18.69
5	0.5	0	0.5	0.57±0.02	892.25±15.12	426.87±15.89	0.84±0.04	598.45±17.59
6	0	0.5	0.5	0.58±0.03	738.22±11.89	504.78±16.48	0.75±0.03	549.68±16.57
7	0.333	0.333	0.333	0.46±0.01	773.76±23.62	457.31±18.23	0.91±0.04	416.15±15.89
8	0.333	0.333	0.333	0.48±0.04	801.59±16.58	472.65±18.49	0.90±0.06	448.59±14.26
9	0.333	0.333	0.333	0.50±0.05	789.58±15.78	466.56±13.57	0.87±0.05	428.48±13.45

3.2 อิทธิพลของน้ำตาล กรดซิตริก และเพคตินที่มีต่อคุณภาพมัลเบอรี่แผ่น

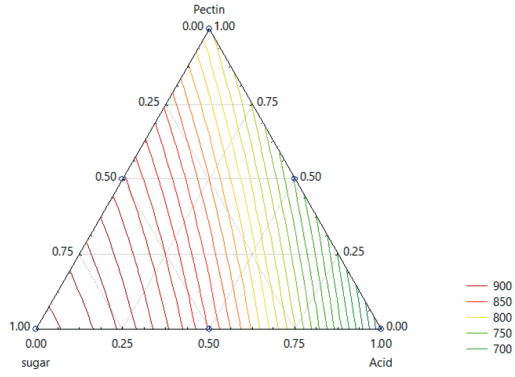
มัลเบอรี่แผ่นทั้ง 9 สิ่งทดลองให้ ค่า A_w และลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดย ค่า A_w ของผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่นอยู่ในช่วง 0.46-0.59 ซึ่งจัดเป็นอาหารที่มีความชื้นต่ำ คือมีค่า A_w ต่ำกว่า 0.6 ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ประเภทเชื้อราไม่สามารถเจริญได้ [13] โดยสิ่งทดลองที่ 1 สัดส่วนของน้ำตาลต่อกรดต่อเพคติน เท่ากับ 1.0: 0: 0 มีค่าเฉลี่ยของแรงยึดเหนี่ยวของเจล (Adhesiveness) และความแข็งแรงของโครงสร้างเจล (Hardness) มากที่สุด และสิ่งทดลองที่ 3 สัดส่วนของน้ำตาลต่อกรดต่อเพคตินเท่ากับ 0: 0: 1.0 แต่มีความสามารถในการเกาะตัว (Cohesiveness) และค่าความเหนียวความหยุ่นตัว (Gumminess) มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับอัตราส่วนของส่วนเพคตินที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองอื่นๆ ผลิตภัณฑ์จึงมีลักษณะเกาะตัวดี และมีความยืดหยุ่น ดังตารางที่ 4 ซึ่งเพคตินทำหน้าที่เป็นสารเกิดเจล (Gelling Agents) แล้วยังเป็น สารเพิ่มความข้นหนืด (Thickener) สารที่ดูดซับน้ำ (Water binder) ทำให้เนื้อสัมผัสมีลักษณะข้นหนืดและยืดหยุ่นมากขึ้น [11], [12]

คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านสี รสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของสิ่งทดลองที่ 5 สัดส่วนของน้ำตาลต่อกรดต่อเพคติน เท่ากับ 0.5: 0: 0.5 มีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ซึ่งเท่ากับ 6.0, 6.9, 6.1 และ 6.3 ตามลำดับ

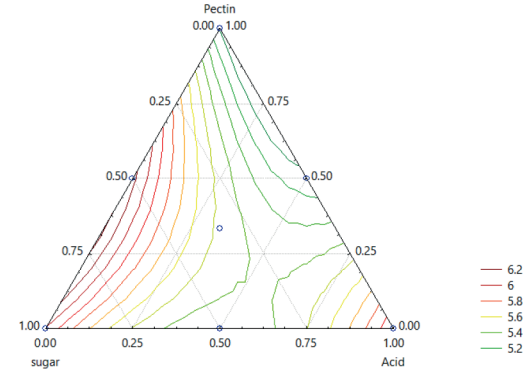
ตารางที่ 5 คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่น

สิ่งทดลอง	ปริมาณน้ำตาล (X1)	ปริมาณกรด (X2)	ปริมาณเพคติน (X3)	คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส					
				สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	1.0	0	0	6.1±0.2	6.7±0.2	6.0±0.2	5.1±0.1	5.8±0.1	6.2±0.1
2	0	1.0	0	6.2±0.1	6.5±0.1	6.0±0.3	5.1±0.1	5.5±0.1	6.2±0.1
3	0	0	1.0	6.3±0.1	6.8±0.1	5.1±0.3	5.3±0.2	6.2±0.1	6.1±0.2
4	0.5	0.5	0	6.1±0.2	6.5±0.2	5.3±0.1	5.4±0.2	6.1±0.2	6.0±0.1
5	0.5	0	0.5	6.0±0.1	6.9±0.2	6.1±0.1	5.3±0.1	6.0±0.1	6.4 ±0.1
6	0	0.5	0.5	6.4±0.2	6.7±0.1	5.1±0.2	4.9±0.1	5.3±0.1	5.9±0.2
7	0.333	0.333	0.333	6.0±0.3	6.0±0.3	5.5±0.1	5.2±0.1	5.7±0.1	6.2±0.2
8	0.333	0.333	0.333	6.1±0.1	6.2±0.3	5.4±0.2	5.5±0.2	5.8±0.1	6.3±0.1
9	0.333	0.333	0.333	6.2±0.1	5.1±0.2	5.6±0.2	5.1±0.2	6.0±0.1	6.2±0.1

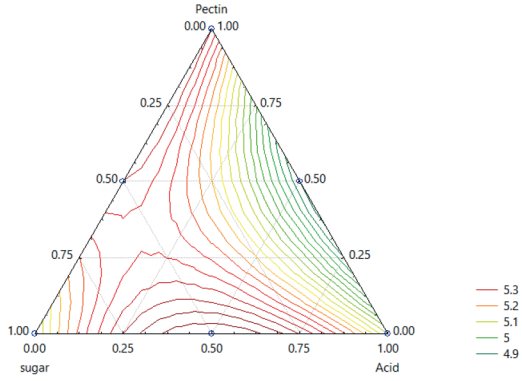
(1) Adhesiveness



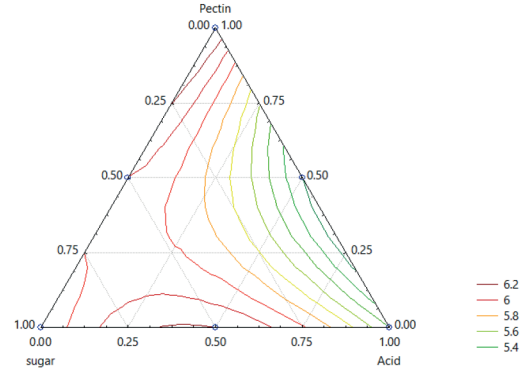
(ก) Adhesiveness



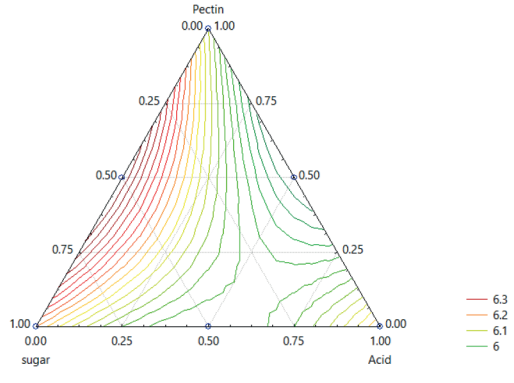
(ข) Taste



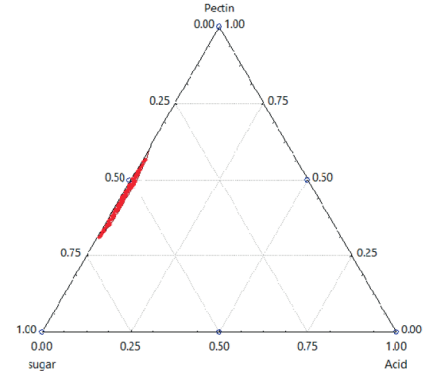
(ค) Appearance



(ง) Texture



(จ) Overall liking



(ฉ) Optimum overlapping

รูปที่ 1 Contour Plot ของแรงยึดเหนี่ยวของเจล รสชาติ ลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของมัลเบอร์รี่แผ่น

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส และความชอบทางประสาทสัมผัสของมัลเบอรี่แผ่น เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธี Response Surface Methodology (RSM) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้สมการเชิงเส้น (Linear model) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณน้ำตาล (X_1) ปริมาณกรด (X_2) และปริมาณเพคติน (X_3) ผลดังแสดงตารางที่ 6 เมื่อนำสมการรีเกรสชันของค่าแรงยึดเหนี่ยวของเจล และคะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสจาก ตารางที่ 6 มาสร้างกราฟคอนทัวร์ (Contour Plot) โดยพิจารณาเฉพาะคุณลักษณะด้านรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังรูปที่ 1 (ก)-(จ) จากนั้นนำกราฟซ้อนทับกันเพื่อหาพื้นที่ในการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม ดังรูปที่ 1 (ฉ) และทำการเลือกพื้นที่ที่มีคะแนนความชอบมากกว่า 5.5 (ชอบเล็กน้อย) เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมพบว่า ความเหมาะสมของปริมาณน้ำตาล กรดซิตริก และเพคติน ในสูตรมัลเบอรี่แผ่นพื้นฐาน โดยมีปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วงร้อยละ 40-70 ปริมาณกรดซิตริกอยู่ใน ช่วงร้อยละ 0-5 และปริมาณเพคตินอยู่ในช่วงร้อยละ 30-55 ซึ่งได้สมการรีเกรสชันที่ได้สามารถใช้เพื่อทำนายความสัมพันธ์ของส่วนผสมต่อลักษณะคุณภาพที่ต้องการได้ [14]

ตารางที่ 6 สมการรีเกรสชันของแรงยึดเหนี่ยวของเจล รสชาติ ลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของมัลเบอร์รี่แผ่น

Dependent variable ; y		Predictive Model	R^2
แรงยึดเหนี่ยวของเจล (Adhesiveness)	=	$975.97*x_1 +680.06* x_2+725.44*x_3$	0.93
รสชาติ (Taste)	=	$5.7*x_1 +5.7*x_2+4.9*x_3$	0.90
ลักษณะปรากฏ (Appearance)	=	$5.28*x_1 +5.12*x_2+5.24*x_3$	0.90
ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)	=	$5.01*x_1 +4.57*x_2+4.69*x_3$	0.91
ความชอบโดยรวม (Overall liking)	=	$5.15*x_1 +4.99*x_2+5.13*x_3$	0.88

หมายเหตุ x_1 = ปริมาณน้ำตาล x_2 = ปริมาณกรด x_3= ปริมาณเพคติน

ตารางที่ 7 ค่าวอเตอร์แอกตีวีตี้ (A_w) ค่าสี ลักษณะ เนื้อสัมผัส และองค์ประกอบทางเคมีของมัลเบอรี่แผ่น

คุณภาพ	มัลเบอรี่แผ่น
ค่าวอเตอร์แอกตีวีตี้ (A_w)	0.49
ค่าสี	
L*	30.4
a*	-1.4
b*	+11.2
คุณภาพเนื้อสัมผัส	
Adhesiveness (g.sec.)	945.11±18.26
Hardness (N)	562.56±11.21
Cohesiveness	0.85±0.02
Gumminess (N)	452.12±14.26
องค์ประกอบทางเคมี	
ความชื้น (g/100g)	9.35
เถ้า (g/100g)	1.79
ไขมัน (g/100g)	1.08
โปรตีน (g/100g)	1.82
คาร์โบไฮเดรต (g/100g)	85.96
น้ำตาล (g/100g)	35.45
โซเดียม (g/kg)	3.42

3.3 คุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่นต้นแบบขั้นสุดท้าย

ผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่นต้นแบบที่ได้มีคุณภาพมี ค่าสีอยู่ในโทนสีม่วงเข้มอมแดง ลักษณะเนื้อสัมผัสมีแรงยึดเหนี่ยวของเจล เหนียว หยุ่นตัวดี และองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่นต้นแบบที่ได้จาก การทดลอง พบว่า มีน้ำตาลสูง ช่วยให้ค่า A_w เท่ากับ 0.49 ดังตารางที่ 7 ซึ่งมัลเบอรี่แผ่นจัดว่าเป็นอาหารแห้ง ที่ให้พลังงานสูง หรือเป็นอาหารที่มีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำ (Low Water Activity Food) มี A_w น้อยกว่า 0.6 มีความชื้น (Moisture Content) น้อย (ต่ำกว่าร้อยละ 15) เพื่อป้องกันและควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ทั้ง รา ยีสต์ และแบคทีเรีย [9] ดังนั้นมัลเบอรี่แผ่นสามารถเก็บไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่เน่าเสีย ไม่ต้องแช่เย็น แต่ทั้งนี้ควรเก็บในที่แห้ง เพื่อรักษาคุณภาพและต้องเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ให้ต่ำเพื่อป้องกันการดูดน้ำกลับ

4. สรุป

การผลิตผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่นใช้ผลมัลเบอรี่ที่มีระยะผลสุก (สีม่วงร้อยละ 100) เพื่อให้มีรสหวานธรรมชาติ โดยใช้ในอัตราส่วนเนื้อมัลเบอรี่ต่อน้ำ 70:30 โดยน้ำหนัก ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถในการยึดเกาะดี และจากการศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์มัลเบอรี่แผ่น พบว่า สูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค มีสัดส่วนของปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วงร้อยละ 40-70 ปริมาณกรดซิตริกอยู่ใน ช่วงร้อยละ 0-5 และปริมาณ เพคตินอยู่ในช่วงร้อยละ 30-55 ของน้ำหนักส่วนผสมรวม 46.5 กรัม โดยมีค่าวอเตอร์แอกตีวีตี้ 0.49 ปริมาณความชื้นร้อยละ 9.35 โดยน้ำหนัก แห้ง ซึ่งถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง โดยสูตรที่เหมาะสมจากงานวิจัยในครั้งนี้จะนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ไทยชนิดแผ่นต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยและช่วยสนับสนุนให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] S.Ercisli and E.Orhan, "Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits," *Food Chemistry*, vol. 103, no. 4, pp. 1380–1384, Jan. 2007.

[2] S. Kaya and T. Kahyaoglu, "Thermodynamic properties and sorption equilibrium of pestil (grape leather)," *Journal of Food Engineering*, vol. 71, no. 2, pp. 200–207, Nov. 2005.

[3] C. Raab and N. Oehler, "Making Dried Fruit Leather," Fact Sheet 232, Oregon State University Extension Service, Tillamook, Ore, USA, May 2000.

[4] A.L. Moyls, "Drying of Apple Purees," *Journal of Food Science*, vol. 46, no. 3, pp. 939–942, May 1981.

[5] N. A. Quintero Ruiz, S. M. Demarchi, J. F. Massolo, L. M. Rodoni and S. A. Giner, "Evaluation of quality during storage of apple leather," *LWT*, vol. 47, no. 2, pp. 485–492, Jul. 2012.

[6] R. Kumar, R. T. Patil and G. Mondal, "Development and evaluation of blended papaya leather," *Acta Horticulturae*, vol. 851, pp. 565–570, Jan. 2010.

[7] S. O. Babalola, O. A. Ashaye, A. O. Babalola and J. O. Aina. "Effect of cold temperature storage on quality attributes of pawpaw and guava leathers," *African Journal of Biotechnology*, vol. 1, no. 2, pp. 61-63, Dec. 2002.

[8] Y. B. C. Man, I. Jaswir, S. Yusof, J. Selamat and H. Sugisawa, "Effect of different dryers and drying conditions on acceptability and physicochemical characteristics of durian leather," *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 21, no. 5, pp. 425–441, Nov. 1997.

[9] S.Saencom, N.Chiewchan and S. Devahastin, "Production of dried ivy gourd sheet as a health snack," *Food and Bioproducts Processing*, vol. 89, no. 4, pp. 414–421, Oct. 2011.

[10] S. Hematurin, P. Songsri, B. Suriharn and K. Lertrat, "The development of natural mao leather product," *Khon Kaen Agriculture Journal*, vol. 42, Suppl. 4, pp. 112-117, 2014.

[11] L. Diamante, S. Li, Q. Xu and J. Busch, "Effects of Apple Juice Concentrate, Blackcurrant Concentrate and Pectin Levels on Selected Qualities of Apple-Blackcurrant Fruit Leather," *Foods*, vol. 2, no. 3, pp. 430–443, Sep. 2013.

[12] C. Phimpharian, A. Jangchud, K. Jangchud, N. Therdthai, W. Prinyawiwatkul and H. K. No, "Physicochemical characteristics and sensory optimisation of pineapple leather snack as affected by glucose syrup and pectin concentrations: Machine-formed pineapple leathers," *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 46, no. 5, pp. 972–981, May 2011.

[13] H. Singh Gujral and S. Singh Brar, "Effect of Hydrocolloids on the Dehydration Kinetics, Color, and Texture of Mango

Leather," *International Journal of Food Properties*, vol. 6, no. 2, pp. 269–279, Jan. 2003.

[14] M. M. I. Chowdhury, B. K. Bala, and M. A. Haque, "Mathematical modeling of thin-layer drying of jackfruit leather," *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 35, no. 6, pp. 797–805, Dec. 2011.