

ผลของปริมาณพืชมะม่วงต่อสมบัติรีโอโลยีของแบทเทอร์และคุณภาพของวาฟเฟิล อบกรอบ

EFFECT OF MANGO PUREE ON THE RHEOLOGY OF BATTER AND QUALITIES OF CRISPY WAFFLE

ปรัสรา กนกบดีวนิช ปิติพร ฤทธิเรืองเดช*

*Prassara Kanokbodeevanit, Pitiporn Ritthiruangdej**

ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University.

**Corresponding author, e-mail: pitiporn@gmail.com*

Received: 25 July 2019; **Revised:** 24 December 2019; **Accepted:** 8 January 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณพืชมะม่วงต่อสมบัติรีโอโลยีของแบทเทอร์และสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของวาฟเฟิลอบกรอบ ในงานวิจัยนี้ใช้พืชมะม่วงทางการค้าที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ร้อยละ 11.7 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ร้อยละ 25.3 ปริมาณความชื้น ร้อยละ 69.8 และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 40 องศาบริกซ์ ทำการเติมพืชมะม่วงที่ปริมาณแตกต่างกัน 3 ระดับ (30, 40 และ 50 กรัม) ลงในแบทเทอร์ 100 กรัม ผลการทดสอบพบว่า สมการ Power Law สามารถอธิบายพฤติกรรม การไหลของแบทเทอร์ได้เป็นอย่างดี ($R^2 > 0.99$) โดยค่าดัชนีการไหลของแบทเทอร์ (n) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.42-0.48 แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการไหลแบบซูโดพลาสติก ($n < 1$) และการเพิ่มปริมาณพืชมะม่วงมีผลทำให้ค่าดัชนีความข้นเหลวของแบทเทอร์ (K) ลดลง จึงส่งผลต่อคุณภาพของวาฟเฟิลอบกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยอัตราการแผ่ตัว ค่าสี L^* a^* b^* ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อใส่พืชมะม่วงในปริมาณที่มากขึ้น ในขณะที่ค่าความหนา ค่าความแข็ง และปริมาณไขมันลดลง จากการพิจารณาคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส (Nine-Point Hedonic Sensory Score) พบว่าการใส่พืชมะม่วง 40 กรัมต่อแบทเทอร์ 100 กรัม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงปานกลาง (7)

คำสำคัญ: พืชมะม่วง วาฟเฟิลอบกรอบ แบทเทอร์

Abstract

The purpose of this research was to study the effect of quantity of mango puree on the rheology of batter and physical, chemical and sensory properties of crispy waffle. In this study, commercial mango puree was used for the experiments. It contained 11.7% of reducing sugar, 25.3% of total sugar, 69.8% of moisture, and 40 °Brix of total soluble solids. Three different levels of commercial mango puree (30g, 40g

and 50g) were added in 100 g of waffle batter. Based on the flow behavior test results, the data provided a good fit ($R^2 > 0.99$) for the power law model. The flow behavior index (n) ranged from 0.42 to 0.48, which showed a shear thinning behavior ($n < 1$). The consistency index (K) of batters decreased with increasing mango puree which affected to the qualities of crispy waffles. The values of diameter, spread ratio, L^* , a^* , and b^* , and the contents of moisture, ash, reducing and total sugar of crispy waffles increased with increasing mango puree content whereas the thickness, hardness and fat content of the sample showed a reverse trend. Considering the nine-point hedonic sensory scores, the results suggested that 40g of mango puree added to 100g of batter could be used to prepare crispy waffle with an overall liking score of about 7.

Keywords: Mango puree, Crispy waffles, Batter

บทนำ

มะม่วง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Mangifera indica* L. เป็นผลไม้เมืองร้อนที่นิยมบริโภคมากที่สุดในโลก โดยพบว่าในประเทศอินเดียมีสัดส่วนการปลูกมะม่วงมากที่สุด รองลงมาคือ ประเทศจีน ปากีสถาน เม็กซิโก และไทย [1] มะม่วงเป็นผลไม้ที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากสามารถบริโภคได้ทั้งผลดิบและผลสุก รสชาติอร่อย มีกลิ่นหอม สามารถแปรรูปเก็บไว้สำหรับจำหน่ายหรือรับประทานนอกฤดูกาลได้ เช่น น้ำผลไม้ พิวเร่ และเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ เป็นต้น [2-3]

พิวเร่ (Puree) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำได้จากผลไม้หลากหลายชนิด เช่น พีช แอปเปิ้ล แพร์ กล้วย ส้ม สับปะรด มะม่วง และฝรั่ง เป็นต้น [4] ขั้นตอนการเตรียมผลไม้พิวเร่ เริ่มจากการปอกเปลือกผลไม้ การลดขนาด การให้ความร้อนเพื่อให้ผลไม้มีความนุ่มขึ้นและยับยั้งเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase) จากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้เอนไซม์ [5] มีการปรับกรดเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อนนำพิวเร่ไปลดอุณหภูมิลงและปิดผนึกเพื่อป้องกันออกซิเจน [6] ในการผลิตพิวเร่เริ่มมักมีการเติมวัตถุเจือปนในอาหารเพื่อช่วยในการปรับแต่งกลิ่น รส และเนื้อสัมผัส เช่น น้ำตาล กรด แสง เพคติน น้ำ และอื่น ๆ ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของพิวเร่ เช่น เนื้อสัมผัส pH Water Activity ค่าสี รวมถึงคุณสมบัติด้านการไหลของพิวเร่ โดยคุณภาพเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้สำหรับการออกแบบกระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ [7-8] เนื่องจากคุณภาพดังกล่าวมีผลต่อปฏิกิริยาทางเคมี และกิจกรรมทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ [9]

จากการรวบรวมงานวิจัย พบว่า มีการศึกษาผลของการใช้พิวเร่ผลไม้ต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่หลายชนิด เช่น งานวิจัยของ Ramírez-Maganda และคณะ [10] ได้ศึกษาการนำพิวเร่มะม่วงมาใช้แทนที่แป้งสาลีและน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน จำนวน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 50 และ 75 พบว่า การแทนที่พิวเร่มะม่วงในระดับที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่าความชื้นเพิ่มขึ้น ในขณะที่ไขมันมีค่าลดลง เนื่องจากโครงสร้างรูพรุนของเส้นใยมีการจับกับน้ำ จึงทำให้ความสามารถในการจับกับไขมันลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Asefa และคณะ [11] ที่ได้ศึกษาการนำพิวเร่มะม่วงมาแทนที่แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ จำนวน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 20, 30 และ 50 พบว่า เมื่อใช้พิวเร่มะม่วงแทนที่แป้งสาลีมากขึ้น ส่งผลให้ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (Water Absorption Index) และค่าความชื้นเพิ่มขึ้นตามลำดับ และในงานวิจัยของ Hussien [12] ได้ศึกษาการนำพิวเร่แคนตาลูปมาแทนที่ไขมันในผลิตภัณฑ์เค้ก จำนวน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 พบว่าการใช้พิวเร่แคนตาลูปในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาตรของเค้กลดลง และเพิ่มความแน่นเนื้อมากขึ้น แต่ยังไม่พบงานวิจัยที่นำพิวเร่มะม่วงมาใช้ในการทำวาฟเฟิลอบกรอบ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของปริมาณ

พืชมะม่วงต่อสมบัติด้านรีโอโลยีของแบทเทอร์และคุณภาพของวอฟเฟิลอบกรอบในด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์วอฟเฟิลอบกรอบมะม่วงให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของปริมาณพืชมะม่วงต่อคุณสมบัติด้านรีโอโลยีของแบทเทอร์และคุณสมบัติทางกายภาพทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของวอฟเฟิลอบกรอบ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. มะม่วงพืชมะม่วง

ในงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนพืชมะม่วงพันธุ์แก้วมื่นจากบริษัท ฐิตินันท์ ฟู้ด จำกัด โดยเมื่อนำพืชมะม่วงที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids) ด้วยเครื่อง Digital Refractometer (MA781, Milwaukee Instrument, United States) ที่อุณหภูมิ $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธี Lane and Eynon และปริมาณความชื้นตามวิธีการของ AOAC (2000) [13] และคุณภาพด้านสีด้วยระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (CM-3500d, Konica Minolta Sensing Americas, USA) ใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 มุมมองในการวัด 10° ได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพพืชมะม่วงที่ใช้ในงานวิจัย

ค่าคุณภาพ	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}\text{Brix}$)	40.03 ± 0.03
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (%)	11.65 ± 0.07
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%)	25.28 ± 0.14
ปริมาณความชื้น (%)	69.76 ± 0.09
ค่าสี L^*	54.13 ± 0.03
ค่าสี a^*	17.49 ± 0.03
ค่าสี b^*	74.28 ± 0.10

2. การวางแผนการทดลอง

ทำการแปรผันปริมาณพืชมะม่วง จำนวน 3 ระดับ คือ 30, 40 และ 50 กรัมต่อน้ำหนักส่วนผสมสูตรพื้นฐานทั้งหมด 100 กรัม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ได้สูตรของวอฟเฟิลอบกรอบทั้ง 3 สูตร แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สูตรวอฟเฟิลอบกรอบ จำนวน 3 สูตร

ส่วนผสม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ฟิวรีมะม่วง (g)	30	40	50
แป้งสาลี (g)	33.40	33.40	33.40
ไข่ขาว (g)	25.97	25.97	25.97
น้ำตาลทราย (g)	18.55	18.55	18.55
เนยเค็ม (g)	16.70	16.70	16.70
ไข่แดง (g)	3.71	3.71	3.71
กลีนาวนิลลา (g)	1.48	1.48	1.48
เกลือ (g)	0.19	0.19	0.19

วิธีการทำวอฟเฟิลอบกรอบจากฟิวรีมะม่วง ทำได้โดยเทไข่แดง ไข่ขาว และน้ำตาลทราย ลงในโถผสมของเครื่อง Kitchen Aid (Kenwood, KMX51, Kenwood Limited, Havant, UK) ปั่นด้วยความเร็วปานกลาง (เบอร์ 3) เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นใส่เกลือ กลีนาวนิลลา และฟิวรีมะม่วงลงในโถผสม ปั่นด้วยความเร็วต่ำ (เบอร์ 2) เป็นเวลา 1 นาที ใส่แป้งสาลีลงไปปั่นด้วยความเร็วต่ำ (เบอร์ 2) เป็นเวลา 1 นาที ใส่เนยเค็มละลายลงไปปั่นด้วยความเร็วต่ำ (เบอร์ 2) เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเทส่วนผสมประมาณ 3 กรัม ใส่ลงในเครื่องทำวอฟเฟิล (SEVERIN, SEV-2082, SEVERIN Elektrogeräte GmbH, Sundern, Germany) ใช้อุณหภูมิต่ำ (เบอร์ 1) อบวอฟเฟิลเป็นเวลาประมาณ 1 นาที จนวอฟเฟิลมีสีเหลืองอ่อน

3. การวิเคราะห์คุณภาพของแบทเทอร์และวอฟเฟิลอบกรอบ

3.1 การวิเคราะห์ความหนืดของแบทเทอร์

ทำการวัดค่าความหนืดของแป้งแบทเทอร์ โดยดัดแปลงวิธีการของ Gómez และคณะ [14] ใช้เครื่อง Brookfield (DV-III ULTRA PROGRAMMABLE RHEOMETER, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Stoughton, Massachusetts, USA) ใช้หัววัดเบอร์ 29 ความเร็วรอบในการหมุนอยู่ในช่วง 10-100 rpm ควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างที่ $25 \pm 1^\circ\text{C}$ วัดค่า Shear Stress (τ) และ Shear Rate ($\dot{\gamma}$) เพื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า τ และ $\dot{\gamma}$ และอธิบายด้วยสมการ Power Law ($\tau = K\dot{\gamma}^n$) เพื่อหาค่าดัชนีความข้นเหลว (Consistency Index; K) และค่าดัชนีการไหล (Flow Behavior Index; n) ของแบทเทอร์

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพด้านความหนา และเส้นผ่านศูนย์กลางของวอฟเฟิลอบกรอบ

วิเคราะห์คุณภาพด้านความหนา (Thickness) และเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter) ของตัวอย่างวอฟเฟิลอบกรอบ โดยดัดแปลงวิธีการของ Kaur และคณะ [15] ใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (Series 530, Mitutoyo, Japan) วัดความหนา (cm) และเส้นผ่านศูนย์กลาง (cm) ของตัวอย่างวอฟเฟิลอบกรอบ นำมาคำนวณหาอัตราการแผ่ตัว (Spread Ratio) จากสูตร $\text{Spread Ratio} = \text{เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)} / \text{ความหนา (cm)}$

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของวอฟเฟิลอบกรอบ

วิเคราะห์คุณภาพด้านสีของตัวอย่างวอฟเฟิลอบกรอบ โดยดัดแปลงวิธีการของ Paciulli และคณะ [16] ทำการบดตัวอย่างวอฟเฟิลอบกรอบแล้วบรรจุลงใน Petri Dish (CM-A128, Konica Minolta Sensing Americas, United States) จนเต็ม จากนั้นเกลี่ยตัวอย่างให้เรียบแล้ววัดค่าสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer (CM-3500d, Konica Minolta Sensing Americas, USA) ในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 มุมมองในการวัด 10°

ค่าสีที่วัด ได้แก่ L^* (แสดงค่าความสว่างอยู่ระหว่าง 0 (มืด) ถึง 100 (สว่าง)), a^* (เครื่องหมาย + หมายถึงสีแดง และเครื่องหมาย - หมายถึงสีเขียว) และ b^* (เครื่องหมาย + หมายถึงสีเหลือง และเครื่องหมาย - หมายถึงสีน้ำเงิน)

3.4 การวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของวaffleฟیلอบกรอบ

วิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่างวaffleฟیلอบกรอบ โดยดัดแปลงวิธีการของ Mudgil และคณะ [17] ใช้เครื่อง Texture Analyzer (TA.XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., UK) วัดค่าความแข็ง (N) โดยใช้วิธีการทดสอบแรงดัดโค้งแบบ 3 จุด (3-Point Bending Test) ใช้หัววัดแบบ 3-Point Bending Rig กำหนดสถานะในการวัด ดังนี้ Trigger Force 25 g, Load Cell 50 kg, Pre-Test Speed 1.5 mm/s, Test Speed 2.0 mm/s, Post-Test Speed 10 mm/s ระยะห่างระหว่างตัวค้ำด้านล่าง 2 จุด เท่ากับ 30 มิลลิเมตร และกดลงบนตัวอย่างเป็นระยะทาง 20 มิลลิเมตร

3.5 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของวaffleฟیلอบกรอบ

ทำการบดตัวอย่างวaffleฟิลอบกรอบให้ละเอียด ก่อนนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate Analysis) ตามวิธีการของ AOAC (2000) [13] ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โยอาหาร เถ้า และโปรตีน ($6.25 \times$ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด) วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของตัวอย่างวaffleฟิลอบกรอบ ตามวิธีการของ Lane and Eynon (AOAC, 2000) [13]

3.6 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของวaffleฟิลอบกรอบ

ทำการประเมินความชอบตัวอย่างวaffleฟิลอบกรอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scaling Test (คะแนนเท่ากับ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 9 คือ ชอบมากที่สุด) ในคุณลักษณะด้านสี รสหวาน กลิ่นรส มะม่วง ความกรอบ และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน เสิร์ฟตัวอย่างพร้อมกันโดยจัดลำดับการเสิร์ฟแบบสุ่ม วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design; RCBD) และกำหนดให้ผู้ชิมเป็นบล็อก (Block)

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำค่าคุณภาพของวaffleฟิลอบกรอบที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for Windows สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการวิจัย

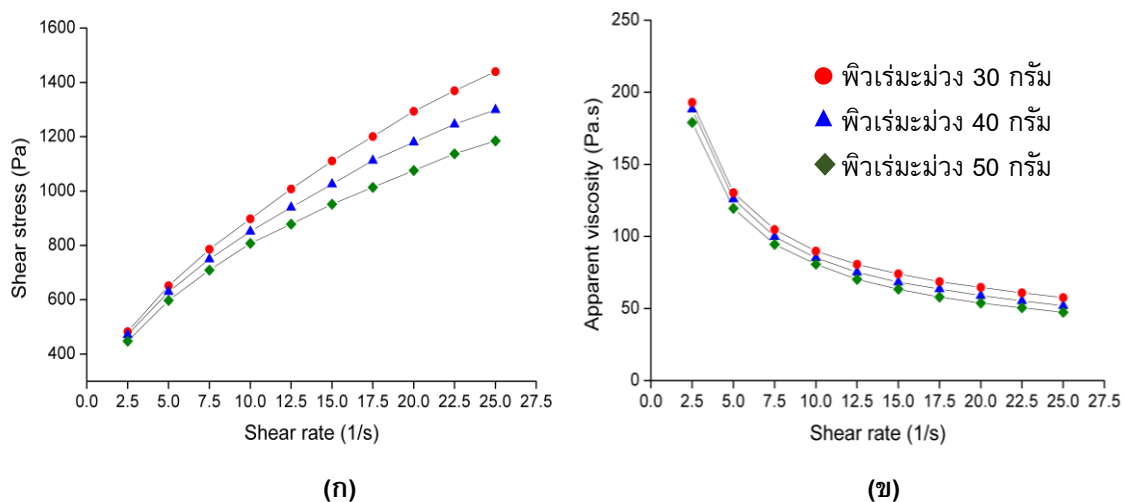
1. ผลการวิเคราะห์ความหนืดของแบทเทอร์

ภาพที่ 1(ก) แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Shear Stress และ Shear Rate ของแบทเทอร์ เมื่ออธิบายรูปแบบความสัมพันธ์ดังกล่าวด้วยสมการ Power Law ได้ค่าดัชนีความข้นเหลว (Consistency Index; K) และค่าดัชนีการไหล (Flow Behavior Index; n) ของแบทเทอร์แสดงดังตารางที่ 3 โดยพบว่า ค่าดัชนีการไหลของแบทเทอร์ (n) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.42-0.48 แสดงให้เห็นว่า แบทเทอร์ทุกสิ่งทดลองมีพฤติกรรมการไหลแบบซูดิพลาสติก (Shear Thinning) เนื่องจากมีค่า $n < 1$ [18-19] นั่นคือพฤติกรรมความหนืดปรากฏ (Apparent Viscosity) ของแบทเทอร์ลดลงเมื่ออัตราเฉือน (Shear Rate) เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 1 (ข) ซึ่งสอดคล้องกับค่าดัชนีความข้นเหลว (K) ในตารางที่ 3 มีค่าลดลงเมื่อใส่ฟิวเร่มะม่วงในปริมาณที่มากขึ้น ทั้งนี้อธิบายได้จากการเพิ่มปริมาณฟิวเร่มะม่วงเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำเข้าไปในส่วนผสมจึงส่งผลให้แบทเทอร์มีความหนืดลดลง [20]

ตารางที่ 3 ผลของปริมาณพื้ระเม่ม่วงต่อดัชนีความข้นเหลว (Consistency Index; K) และดัชนีการไหล (Flow Behavior Index; n) ของแบทเทอร์

ปริมาณพื้ระเม่ม่วง (กรัม) ต่อ แบทเทอร์ 100 กรัม	ดัชนีความข้นเหลว (K) (Pa s^n)	ดัชนีการไหล (n)	R^2
30	$470.32 \pm 4.05a$	$0.4811 \pm 0.003a$	0.9983
40	$463.89 \pm 3.79a$	$0.4457 \pm 0.003b$	0.9993
50	$446.26 \pm 2.56b$	$0.4231 \pm 0.001c$	0.9999

หมายเหตุ: ^{a-c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Shear Stress และ Shear Rate (ก) และกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Apparent Viscosity และ Shear Rate (ข) ของแบทเทอร์ที่เติมพื้ระเม่ม่วงในระดับแตกต่างกัน

2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของวาฟเฟิลอบกรอบ

ตารางที่ 4 แสดงผลของปริมาณพื้ระเม่ม่วงที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพของวาฟเฟิลอบกรอบ เมื่อพิจารณาค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter) และอัตราการแผ่ตัว (Spread Ratio) ของวาฟเฟิลอบกรอบพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณพื้ระเม่ม่วงมากขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความหนืดของแบทเทอร์ที่ลดลงดังแสดงในตารางที่ 3 ทั้งนี้เมื่อการแผ่ตัวของวาฟเฟิลมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่าความหนาและค่าความแข็งของวาฟเฟิลอบกรอบลดลงตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gurung และคณะ [21] ที่ได้นำพื้ระเม่ม่วงมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บิสกิตและพบว่า การใส่พื้ระเม่ม่วงในปริมาณที่มากขึ้น มีแนวโน้มทำให้อัตราการผลิตของบิสกิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากพื้ระเม่ม่วงที่นำมาใช้ทดแทนแป้งสาลีมีปริมาณความชื้นสูงถึงร้อยละ 92.1 ส่งผลให้ค่าความหนาของบิสกิตลดลง ทั้งนี้ในงานวิจัยของ Mohan และคณะ [22] ให้ผลการทดลองที่ขัดแย้งโดยเมื่อนำพื้ระเม่ม่วงโวกาโดมาใช้แทนที่เนยในผลิตภัณฑ์คุกกี้ช็อกโกแลตพบว่า การใส่พื้ระเม่ม่วงโวกาโดในปริมาณที่มากขึ้น มีผลให้อัตราการผลิตของคุกกี้ลดลง เนื่องจากปริมาณอะโวกาโดที่มากขึ้นทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำมากขึ้น จึงส่งผลให้ค่าความหนาของคุกกี้เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าคุณสมบัติด้านสีจากตารางที่ 4 พบว่า การใส่พื้ระเม่ม่วงในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น เนื่องจากพื้ระเม่ม่วงที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นมะม่วงสุก ซึ่งมีรายงานพบว่า ในมะม่วงสุกประกอบด้วยเบต้าแคโรทีนที่เป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลือง โดยทั่วไปมีปริมาณ 1,768 ไมโครกรัมต่อ 100

กรัมของเนื้อมะม่วง [23] อย่างไรก็ตามในงานวิจัยของ Selvakumaran และคณะ [24] ได้นำผิวเร่จากมันหวานสีส้ม ซึ่งมีแคโรทีนสูงมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่และพบว่า การใส่ผิวเร่จากมันหวานสีส้มในปริมาณที่มากขึ้น กลับส่งผลให้ค่า L^* , a^* และ b^* ของบราวนี่ลดลง เนื่องจากอุณหภูมิและเวลาที่สูงในการอบทำให้เกิดการสลายตัวของแคโรทีนและเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบเมลลาร์ด (Maillard Reaction) ได้มากขึ้นนั่นเอง

ตารางที่ 4 ผลของการเติมผิวเร่มะม่วงที่ระดับแตกต่างกันในแบทเทอร์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพของวาฟเฟิลอบกรอบ

คุณสมบัติทางกายภาพ	ปริมาณผิวเร่มะม่วง (กรัม) ต่อแบทเทอร์ 100 กรัม		
	30	40	50
Diameter (cm)	5.70 ± 0.04^c	5.82 ± 0.03^b	6.06 ± 0.02^a
Thickness (cm)	0.19 ± 0.01^a	0.18 ± 0.00^b	0.15 ± 0.01^c
Spread ratio	29.35 ± 1.37^c	31.66 ± 0.68^b	39.28 ± 2.11^a
Hardness (N)	7.75 ± 0.41^a	6.84 ± 0.21^b	5.85 ± 0.15^c
L^*	74.62 ± 0.20^b	74.76 ± 0.27^b	75.15 ± 0.23^a
a^* ^{ns}	7.38 ± 0.03	7.50 ± 0.19	7.52 ± 0.18
b^*	40.13 ± 0.25^c	42.16 ± 0.57^b	43.96 ± 0.38^a

หมายเหตุ: ^{a-c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} แสดงถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)



ผิวเร่มะม่วง 30 กรัม

ผิวเร่มะม่วง 40 กรัม

ผิวเร่มะม่วง 50 กรัม

ภาพที่ 2 ลักษณะปรากฏของวาฟเฟิลอบกรอบที่เติมผิวเร่มะม่วงในระดับแตกต่างกันในแบทเทอร์

3. ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีของวาฟเฟิลอบกรอบ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้ผลแสดงดังตารางที่ 5 เมื่อเพิ่มปริมาณผิวเร่มะม่วงในวาฟเฟิลอบกรอบมากขึ้น พบว่า ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากผิวเร่มะม่วงที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัยนี้มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก (ร้อยละ 69.76) และมีน้ำตาลรีดิวซิงและน้ำตาลทั้งหมดในปริมาณที่สูง (ร้อยละ 11.65 และ 25.28 ตามลำดับ) อีกทั้งยังมีรายงานพบว่าในมะม่วงสุกประกอบด้วยโพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม และสังกะสี [25] จึงส่งผลให้มีปริมาณแร่ในวาฟเฟิลอบกรอบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาปริมาณเส้นใยหยาบในวาฟเฟิลอบกรอบพบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณผิวเร่มะม่วงมากขึ้น ทั้งนี้มีรายงานพบว่าในมะม่วงสุกประกอบด้วยใยอาหารปริมาณ 1.6 กรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อมะม่วง [23] ในขณะที่ปริมาณไขมันในวาฟเฟิลอบกรอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณผิวเร่มะม่วงมากขึ้นเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณ

เส้นใยที่เพิ่มมากขึ้นสามารถอุ้มน้ำในรูปพรุนของโครงสร้าง Microstructure ได้เป็นอย่างดี จึงไปลดความสามารถในการจับกับน้ำมัน (Oil-Binding Capacity) ของส่วนผสม จึงส่งผลให้ปริมาณไขมันรวมของผลิตภัณฑ์สุดท้ายลดลง [10, 26]

ตารางที่ 5 ผลของการเติมฟิวรีมะม่วงที่ระดับแตกต่างกันในแบบเทอร์ตอคุณภาพทางเคมีของวาฟเฟิลอบกรอบ

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณฟิวรีมะม่วง (กรัม) ต่อแบบเทอร์ 100 กรัม		
	30	40	50
ความชื้น (%)	2.97 ± 0.02 ^c	3.41 ± 0.02 ^b	4.69 ± 0.00 ^a
ไขมัน (%)	21.29 ± 1.03 ^a	18.75 ± 2.10 ^{ab}	16.45 ± 0.09 ^b
โปรตีน (%) ^{ns}	9.39 ± 0.40	9.22 ± 0.03	9.23 ± 0.08
เถ้า (%)	0.85 ± 0.02 ^b	0.84 ± 0.05 ^b	1.36 ± 0.01 ^a
เส้นใยหยาบ (%) ^{ns}	1.47 ± 0.19	1.50 ± 0.08	1.58 ± 0.08
น้ำตาลน้ำตาลรีดิวซิง (%)	5.32 ± 0.03 ^c	6.85 ± 0.02 ^b	8.45 ± 0.11 ^a
น้ำตาลทั้งหมด (%)	37.15 ± 0.29 ^c	38.72 ± 0.57 ^b	42.44 ± 0.56 ^a

หมายเหตุ: ^{a-c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} แสดงถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของวาฟเฟิลอบกรอบ

จากตารางที่ 6 แสดงผลการทดสอบความชอบของวาฟเฟิลอบกรอบ ประเมินโดยผู้ทดสอบ 30 คน พบว่าวาฟเฟิลอบกรอบทั้ง 3 สูตร มีคะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านสี รสหวาน กลิ่นรสมะม่วง และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบส่วนใหญ่อยู่ระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก ส่วนคะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านความกรอบของวาฟเฟิลอบกรอบทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า วาฟเฟิลอบกรอบสูตรที่ใส่ฟิวรีมะม่วง 30 และ 40 กรัมต่อน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด 100 กรัม เป็นสูตรที่มีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมากที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 6 ผลค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบในคุณลักษณะต่าง ๆ ของวาฟเฟิลอบกรอบจากการเติมฟิวรีมะม่วงที่ระดับแตกต่างกันในแบบเทอร์ โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน ประเมินด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale Tests

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณฟิวรีมะม่วง (กรัม) ต่อแบบเทอร์ 100 กรัม		
	30	40	50
สี ^{ns}	6.9 ± 1.2	6.9 ± 1.0	7.0 ± 1.4
รสหวาน ^{ns}	7.3 ± 1.0	7.0 ± 0.9	7.0 ± 1.2
กลิ่นรสมะม่วง ^{ns}	6.4 ± 1.3	6.6 ± 1.0	6.7 ± 1.3
ความกรอบ	7.6 ± 0.9 ^a	7.1 ± 1.0 ^{ab}	6.8 ± 1.3 ^b
ความชอบโดยรวม ^{ns}	7.2 ± 0.9	7.0 ± 0.9	6.9 ± 1.2

หมายเหตุ: ^{a-b} ตัวอักษรที่ต่างกันแนวนอนแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} แสดงถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุปและอภิปรายผล

การใส่ผิวมะม่วงในปริมาณที่แตกต่างกันส่งผลต่อคุณภาพของแบทเทอร์และวอฟเฟิลอบกรอบทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส เมื่อพิจารณาความหนืดของแบทเทอร์พบว่า แบทเทอร์ทุกสูตรมีพฤติกรรมไหลแบบซิวโดพลาสติก การใส่ผิวมะม่วงในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้แบทเทอร์มีความหนืดลดลงเนื่องจากปริมาณน้ำในส่วนผสมที่มากขึ้น เมื่อพิจารณาคุณภาพของวอฟเฟิลอบกรอบพบว่า การใส่ผิวมะม่วงในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีค่าความหนา ค่าความแข็ง และปริมาณไขมันลดลง ในขณะที่เส้นผ่านศูนย์กลาง อัตราการแผ่ตัว (Spread Ratio) ค่าความเป็นสีเหลือง ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของวอฟเฟิลอบกรอบพบว่าวอฟเฟิลอบกรอบสูตรที่ใส่ผิวมะม่วง 30 และ 40 กรัมต่อน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด 100 กรัม เป็นสูตรที่มีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมากที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Gundurao, A.; Ramaswamy, H.S., & Ahmed, J. (2011, August). Effect of soluble solids concentration and temperature on thermo-physical and rheological properties of mango puree. *International journal of food properties*, 14(5), 1018-1036.
- [2] Montri Nantasit. (2013). *Mango Planting*. Bangkok: Kaset Siam.
- [3] Singh, N.I., & Eipeson, W.E. (2007, January). Rheological behaviour of clarified mango juice concentrates. *Journal of Texture Studies*, 31(3), 287-295.
- [4] Alvarez, E.; Cancela, M.A.; Delgado-Bastidas, N., & Maceiras, R. (2008, April). Rheological Characterization of Commercial Baby Fruit Purees. *International Journal of Food Properties*, 11(2), 321-329.
- [5] Rao, M.A.; Cooley, H.J.; Nogueira, J.N., & McLellan, M.R. (1986, January). Rheology of Apple Sauce: Effect of Apple Cultivar, Firmness, and Processing parameters. *Journal of Food Science*, 51(1), 176-179.
- [6] Yap, M.; Fernando, W.M.; Brennan, C.S.; Jayasena, V., & Coorey, R. (2017, July). The effects of banana ripeness on quality indices for puree production. *LWT - Food Science and Technology*, 80, 10-18.
- [7] Tansakul, A.; Kantrong, H.; Saengrayup, R., & Sura, P. (2012, August). Thermophysical properties of papaya puree. *International Journal of Food Properties*, 15, 1086-1100.
- [8] Tonon, R.V.; Alexandre, D.; Hubinger, M.D., & Cunha, R.L. (2009, June). Steady and dynamic shear rheological properties of acai pulp (*Euterpe oleraceae* Mart.). *Journal of Food Engineering*, 92, 425-431.
- [9] Tansakul, A.; Kantrong, H.; Saengrayup, R., & Sura, P. (2012, August). Thermophysical properties of papaya puree. *International Journal of Food Properties*, 15, 1086-1100.
- [10] Ramírez-Maganda, J.; Blancas-Benítez, F.J.; Zamora-Gasga, V.M.; García-Magaña, M.D.L.; Bello-Perez, L.A.; Tovar, J., & Sáyago-Ayerdi, S.G. (2015, July). Nutritional properties and phenolic content of a bakery product substituted with a mango (*Mangifera indica*) 'Ataulfo' processing by-product. *Food Research International*, 73, 117-123.

- [11] Asefa, B.; Assefa, H.; Girma, G.; Tsehanew, H., & Shemsadin F. (2017). The Physicochemical and Sensory Characteristic of Cookies Baked from Wheat Flour and Mango Pulp. *Food Science and Quality Management*. 65: 16-21.
- [12] Hussien, H.A. (2016, July). Using vegetable purée as a fat substitute in cakes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 5, 284-292.
- [13] Association of Official Analytical Chemists. (2000). *Official Method of Analysis of AOAC International*. 17th ed. Gaithersburg: Maryland.
- [14] Gómez, M.; Ruiz, E., & Oliete, B. (2011, May). Effect of batter freezing conditions and resting time on cake quality. *LWT-Food Science and Technology*, 44(4), 911-916.
- [15] Kaur, M.; Singh, V., & Kaur, R. (2017, January). Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 9, 14-20.
- [16] Paciulli, M.; Rinaldi, M.; Cavazza, A.; Ganino, T.; Rodolfi, M.; Chiancone, B., & Chiavaro, E. (2018, December). Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and oxidative stability of gluten-free biscuits during storage. *LWT - Food Science and Technology*, 98, 451-457.
- [17] Mudgil, D.; Barak, S., & Khatkar, B.S. (2017, March). Cookie texture, spread ratio and sensory acceptability of cookies as a function of soluble dietary fiber, baking time and different water levels. *LWT-Food Science and Technology*, 80, 537-542.
- [18] Ronda, F.; Oliete, B.; Gómez, M.; Caballero, P.A., & Pando, V. (2011, February). Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. *Journal of Food Engineering*, 102(3), 272-277.
- [19] Baixauli, R.; Sanz, T.; Salvador, A., & Fiszman, S.M. (2003, August). Effect of the addition of dextrin or dried egg on the rheological and textural properties of batters for fried foods. *Food Hydrocolloids*, 17(3), 305-310.
- [20] Ketan, M.R., & Pagote, C.N. (2017, October). Effect of moisture level on the rheological properties of khoa jalebi batter and its modelling. *International Food Research Journal*, 24(5), 2064-2070.
- [21] Gurung, B.; Ojha, P., & Subba, D. (2016, October). Effect of mixing pumpkin puree with wheat flour on physical, nutritional and sensory characteristics of biscuit. *Journal of Food Science and Technology Nepal*, 9, 85-89.
- [22] Mohan, P.; Mukherjee, I., & Jain, S. (2018, January). Study on the physico-chemical and sensory characteristics of cookies made using avocado as a fat (Butter) substitute. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 3(1), 68-72.
- [23] Department of Health. (2001). *Nutritive Values of Thai Foods*. Bangkok: The War Veterans Organization of Thailand under Royal Patronage of His Majesty the King.
- [24] Selvakumaran, L.; Shukri, R.; Ramli, N.S.; Dek, M.S.P., & Ibadullah, W.Z.W. (2019, July). Orange sweet potato (*Ipomoea batatas*) puree improved physicochemical properties and sensory acceptance of brownies. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18, 332-336.

- [25] Meena, N.K., & Asrey, R. (2018, March). Tree Age Affects Postharvest Attributes and Mineral Content in Amrapali Mango (*Mangifera indica*) Fruits. *Horticultural Plant Journal*, 4(2), 55-61.
- [26] Jeddou, K.B.; Bouaziz, F.; Zouari-Ellouzi, S.; Chaari, F.; Ellouz-Chaabouni, S.; Ellouz-Ghorbel, R., & Nouri-Ellouz, O. (2017, February). Improvement of texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of dietary fiber and protein. *Food chemistry*, 217, 668-677.