

สมบัติเชิงเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของเค้กที่เติมพืชมะม่วง

ปรัสรา กนกปติวณิช¹ ปิติพร ฤทธิเรืองเดช^{2*} ปารมี พูลสวัสดิ์³ และ สุพิชชา ไหมสมบุญ³

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

* Corresponding Author: pitiporn@gmail.com

¹ นิสิตปริญญาโท ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร

³ นิสิตปริญญาตรี ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร

ข้อมูลบทความ

บทคัดย่อ

ประวัติบทความ :

รับเพื่อพิจารณา : 20 สิงหาคม 2562

แก้ไข : 12 มกราคม 2563

ตอบรับ : 14 กุมภาพันธ์ 2563

คำสำคัญ :

พืชมะม่วง / เค้กมะม่วง /
แบทเทอร์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาผลของปริมาณพืชมะม่วงต่อสมบัติเชิงวิทยาการและของแบทเทอร์และสมบัติเชิงเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของเค้กที่เติมพืชมะม่วง โดยผ่านแปรรูปพืชมะม่วงในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (25 40 และ 55 กรัม) ลงในแบทเทอร์ 100 กรัม จากการศึกษา พบว่า แบทเทอร์ที่เตรียมที่ทุกสภาวะการทดลองมีพฤติกรรมการไหลแบบซูโดพลาสติก เนื่องจากมีค่าดัชนีการไหลอยู่ในช่วงระหว่าง 0.51-0.60 การเติมพืชมะม่วงปริมาณมากขึ้น ทำให้ค่าดัชนีความข้นเหลวของแบทเทอร์ลดลง ส่งผลต่อสมบัติเชิงเคมีและกายภาพของเค้กมะม่วง โดยปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณเส้นใยหยาบ ค่าความแข็ง แรงที่ใช้ในการเคี้ยว ค่า L^* a^* และ b^* เพิ่มขึ้นเมื่อใส่พืชมะม่วงในปริมาณที่มากขึ้น ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ปริมาณไขมัน ปริมาตรจำเพาะ ค่าการยี้ดเกาะกันภายในอาหาร และค่าการกลับคืนตัวลดลง ($p \leq 0.05$) ผลการประเมินสมบัติเชิงประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมเค้กมะม่วงที่ใส่พืชมะม่วง 25 และ 40 กรัมต่อแบทเทอร์ 100 กรัมมากที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

Chemical, Physical and Sensory Properties of Cake Added with Mango Puree

Prassara Kanokbodeevanit¹, Pitiporn Ritthiruangdej^{2*}, Paramee Poonsawat³
and Supitchar Maisombun³

Kasetsart University, Ladyaow, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding Author: pitiporn@gmail.com

¹ Graduate Student, Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry.

² Associate Professor, Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry.

³ Undergraduate Student, Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry.

Article Info

Abstract

Article History:

Received: August 20, 2019

Revised: January 12, 2020

Accepted: February 14, 2020

Keywords:

Mango Puree /

Mango Cake / Batter

The objective of this research was to investigate the effect of mango puree addition on the rheology of cake batter and to determine selected chemical, physical and sensory properties of the mango cake. Three different levels of mango puree (25, 40 and 55 g) were added in 100 g of cake batter. The results indicated that all cake batters exhibited pseudoplastic behavior; the flow behavior indices of the batters ranged from 0.51 to 0.60. The consistency index of cake batters decreased with increasing mango puree content; the decrease in turn affected the chemical and physical properties of the cake. The contents of moisture, ash and fiber and the values of hardness, chewiness, L^* , a^* and b^* of mango cake increased ($p \leq 0.05$) when the mango puree content increased, whereas the fat content, specific volume, cohesiveness and springiness of the samples showed an opposite trend ($p \leq 0.05$). Sensory evaluation showed that 25 g and 40 g of mango puree added to 100 g of cake batter resulted in the highest overall liking score; the results belonging to the two cake samples were nevertheless not significantly different ($p > 0.05$).

1. บทนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) มีชื่อสามัญว่า Mango จัดอยู่ในวงศ์ Anacardiaceae [1] เป็นผลไม้เมืองร้อนที่สำคัญซึ่งสามารถบริโภคได้ทั้งในรูปแบบสดหรือผ่านกระบวนการแปรรูป [2] ประเทศอินเดียมีสัดส่วนการปลูกมะม่วงมากที่สุดตามด้วยประเทศจีน ปากีสถาน เม็กซิโก และไทย [3] มะม่วงเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆ เช่น กรดแอสคอร์บิก เบต้าแคโรทีน และสารประกอบโพลีฟีนอลต่างๆ ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ [4] แต่เนื่องจากลักษณะที่บอบบางและเน่าเสียง่ายของมะม่วงสุกหลังจากการเก็บเกี่ยว จึงทำให้เกิดการสูญเสียในระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษา เป็นสาเหตุให้เกิดการแปรรูปมะม่วงสุกให้เป็นพืชร่เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อื่น (Intermediate ingredients) เช่น น้ำผลไม้ น้ำหวาน หรือใช้ในการผลิตแยม เยลลี่ ผลิตภัณฑ์นม และขนมอบต่างๆ [5] แต่เนื่องจากองค์ประกอบที่แตกต่างกันในพืชร่ เช่น น้ำตาล กรด แป้ง เพคติน น้ำ โยอาหาร และอื่นๆ ทำให้สมบัติเชิงกายภาพ เช่น เนื้อสัมผัส ความเป็นกรดต่าง ความหนืด วอเตอร์แอคทีวิตี ความหนาแน่น และค่าสีเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ใช้พืชร่เป็นวัตถุดิบ เช่น ความคงตัว ปฏิกริยาเคมี และกิจกรรมทางจุลินทรีย์ [6]

ผลิตภัณฑ์ขนมอบ (Bakery product) เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีการบริโภคมากที่สุดในโลก โดยเค้กเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดี [7] โดยทั่วไปส่วนผสมของเค้กประกอบด้วยไขมัน น้ำตาล แป้งสาลี ไข่ และนม ซึ่งปริมาณไขมัน (20-50%) และปริมาณน้ำตาล (10-30%) ในสูตรขึ้นอยู่กับประเภทของเค้ก [8] ส่วนผสมเหล่านี้เมื่อรวมกันจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อละเอียดและเบา คุณภาพของเค้กขึ้นอยู่กับการใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดี มีวิธีการผสม ระยะเวลาและอุณหภูมิในการอบที่ถูกต้อง สำหรับส่วนผสมที่ใช้ในการทำเค้กแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ทำให้เกิดโครงสร้างของเค้ก ได้แก่ แป้ง ไข่ และนม ส่วนกลุ่มที่ทำให้เค้กนุ่ม ได้แก่ น้ำตาล ไขมัน และผงฟู [9] ปัจจุบันแนวโน้มการตระหนักและใส่ใจในสุขภาพมีเพิ่มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ขนมอบส่วนใหญ่มักทำจากแป้งสาลีซึ่งเป็นแป้งที่มีเส้นใยอาหารจากธรรมชาติค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์จากธัญพืช [10] จึงเกิดการพัฒนาลักษณะขนมอบหลายรูปแบบเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร

และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค เช่น การแทนที่แป้งสาลีด้วยเส้นใยอาหารจากแหล่งอื่นๆ ซึ่งพืชร่เป็นหนึ่งในแหล่งของเส้นใยอาหารดังกล่าว [11]

จากการรวบรวมงานวิจัยต่างๆ พบว่า มีการนำพืชร่มะม่วงมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบหลายชนิด เช่น งานวิจัยของ Asefa และคณะ [12] ได้นำพืชร่มะม่วงมาแทนที่แป้งสาลีเพื่อศึกษาสมบัติเชิงเคมีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ และพบว่าการแทนที่แป้งสาลีด้วยพืชร่มะม่วงในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความชื้นและเถ้าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการนำพืชร่มะม่วงมาทำให้อยู่ในรูปของผงหรือแป้งเพื่อความสะดวกก่อนนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบต่างๆ โดยงานวิจัยของ Badifu และคณะ [13] ได้นำแป้งมะม่วงมาแทนที่แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังและพบว่าการแทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งมะม่วงในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความชื้น โยอาหาร เถ้า และปริมาณเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณไขมันลดลง แต่ยังไม่พบงานวิจัยที่นำพืชร่มะม่วงมาใช้ในการทำเค้ก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของการใช้พืชร่มะม่วงต่อสมบัติเชิงวิทยาการและของแบทเทอร์ และสมบัติเชิงเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของเค้กมะม่วง เพื่อพัฒนาลักษณะเค้กมะม่วงให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคต่อไป

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 พืชร่มะม่วง

พืชร่มะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท ฐิตินันท์ ฟู้ด จำกัด โดยคุณภาพของพืชร่มะม่วงมีดังนี้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 23.5 ± 0.10 องศาบริกซ์ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ร้อยละ 50.09 ± 0.62 และ 56.17 ± 0.86 ตามลำดับ ความชื้นร้อยละ 73.67 ± 0.16 ค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 54.14 ± 0.02 , 17.79 ± 0.05 และ 69.32 ± 0.29 ตามลำดับ

2.2 การวางแผนการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาผลของปริมาณพืชร่มะม่วงที่มีต่อค่าความหนืดของแบทเทอร์ และสมบัติเชิงเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของเค้กมะม่วง โดยผันแปรปริมาณพืชร่มะม่วงจำนวน 3 ระดับ คือ 25, 40 และ 55 กรัมต่อน้ำหนักส่วนผสมสูตรพื้นฐานทั้งหมด 100 กรัม วางแผนการทดลอง

แบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) สูตรพื้นฐานของเค้กประกอบด้วย แป้งเค้ก 26.46 กรัม ไข่ไก่ 24.27 กรัม น้ำตาลทราย 23.81 กรัม น้ำมันพืช 23.81 กรัม ผงฟู 0.66 กรัม เบคกิ้งโซดา 0.40 กรัม และเกลือ 0.40 กรัม

วิธีการทำเค้กมะม่วงทำได้โดย ร่อนแป้งเค้ก ผงฟู เบคกิ้งโซดา และเกลือผสมรวมกัน เทไข่ไก่ และน้ำตาลทรายลงในโถผสมของเครื่อง Kitchen aid (KMX51, Kenwood, Kenwood Limited, Havant, United Kingdom) ปั่นด้วยความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นใส่แป้งที่ร่อนเตรียมไว้ และน้ำมันพืชลงในโถผสม ปั่นด้วยความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 1 นาที ใส่ผิวมะม่วงลงไปปั่นต่อด้วยความเร็วปานกลางเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเทส่วนผสม 500 กรัม ใส่ลงในพิมพ์เค้กสี่เหลี่ยมขนาด $5 \times 5 \times 2.5$ นิ้ว อบเค้กโดยใช้เครื่อง Electric Convection Oven (DH4B-B, LinkRich, Linkrich Machinery Development Co., Ltd., Saint-Petersburg, Russia) ที่อุณหภูมิ 190°C เป็นเวลาประมาณ 30 นาที

2.3 การวิเคราะห์ความหนืดของแบทเทอร์

ทำการวัดค่าความหนืดของแป้งแบทเทอร์โดยดัดแปลงวิธีการของ Chaia และ Pongsawatmanit [14] ใช้เครื่อง Brookfield (DV-III ULTRA PROGRAMMABLE RHEOMETER, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Stoughton, Massachusetts, United States) 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 $\dot{\gamma}$ และอธิบายความสัมพันธ์ด้วยสมการ Power law ($\tau = K\dot{\gamma}^n$) เพื่อหาค่าดัชนีความข้นเหลว (consistency index; K) และค่าดัชนีการไหล (flow behavior index; n) ของแบทเทอร์

2.4 การวิเคราะห์สมบัติเชิงเคมีของเค้กมะม่วง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) ของตัวอย่างเค้ก ตามวิธีการของ AOAC [18] ได้แก่ ความชื้น ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และโปรตีน ($5.70 \times$ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด) แล้วนำมาคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากสูตร คาร์โบไฮเดรต (%) = $100 - (\text{ความชื้น} (\%) + \text{ไขมัน} (\%) + \text{เส้นใยหยาบ} (\%) + \text{เถ้า} (\%) + \text{โปรตีน} (\%))$

2.5 การวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะของเค้กมะม่วง

วิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะของตัวอย่างเค้กตามวิธีการของ TIS.(374-2534) [15] โดยใช้การแทนที่ด้วยเมล็ดงา (Rapeseed displacement) ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างเค้กมะม่วง (ก) จากนั้นใส่เค้กมะม่วงลงในภาชนะที่มีความสูงและความกว้างมากกว่าเค้กมะม่วงที่จะทำการวัดปริมาตรจำเพาะเติมเมล็ดงาให้เต็มช่องว่างทั้งด้านข้างและด้านบนของภาชนะวัดปริมาตรของเมล็ดงาที่ใช้เติมลงไปทั้งหมด (ข) ด้วยกระบอกตวง จากนั้นวัดปริมาตรของภาชนะเปล่าโดยการเติมเมล็ดงาให้เต็มภาชนะแล้ววัดปริมาตรของเมล็ดงา (ค) ด้วยกระบอกตวง นำมาคำนวณหาปริมาตรจำเพาะ (specific volume) จากสูตร ปริมาตรจำเพาะ = $[\text{ปริมาตรเมล็ดงา (ค)} - \text{ปริมาตรเมล็ดงา (ข)}] / \text{น้ำหนักเค้กมะม่วง (ก)}$

2.6 การวิเคราะห์สมบัติเชิงสีของเค้กมะม่วง

วิเคราะห์สมบัติเชิงสีของตัวอย่างเนื้อเค้กด้านใน (crumb) และด้านนอก (crust) โดยดัดแปลงวิธีการของ Ronda และคณะ [16] ทำการหั่นตัวอย่างเค้กมะม่วงเป็นสี่เหลี่ยมขนาด $30 \times 30 \times 30$ มิลลิเมตร วัดค่าสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer (CM3500d, Konica Minolta Sensing Americas, United States) ในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 มุมมองในการวัด 10° ค่าสีที่วัดได้แก่ L^* (แสดงถึงความสว่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 0 (มืด) ถึง 100 (สว่าง)), a^* (เครื่องหมาย + หมายถึงสีแดง และเครื่องหมาย - หมายถึงสีเขียว) และ b^* (เครื่องหมาย + หมายถึงสีเหลือง และเครื่องหมาย - หมายถึงสีน้ำเงิน)

2.7 การวิเคราะห์สมบัติเชิงเนื้อสัมผัสของเค้กมะม่วง

วิเคราะห์สมบัติเชิงเนื้อสัมผัสของตัวอย่างเค้ก โดยดัดแปลงวิธีการของ Huang และ Yang [17] ใช้เครื่อง Texture analyzer (TA.XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., United Kingdom) ด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) โดยการทดสอบแรงกด (Compression Test) วัดค่าความแข็ง (Hardness, N) ค่าการยึดเกาะกันภายในอาหาร (Cohesiveness) ค่าการกลับคืนตัว (Springiness) และแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness, N) ของตัวอย่างเค้กมะม่วงที่หั่นเป็นสี่เหลี่ยม

ขนาด 20 x 20 x 20 มิลลิเมตร ใช้หัววัดแบบทรงกระบอก ขนาด 36 มิลลิเมตร (36 mm cylinder probe) กำหนดสภาวะในการวัดดังนี้ load cell 50 kg, pre-test speed 5 mm/s, test speed 1 mm/s, post-test speed 1 mm/s และกดลงบนตัวอย่างเป็นระยะทาง 10 มิลลิเมตร

2.8 การประเมินสมบัติเชิงประสาทสัมผัสของเค้กมะม่วง

ทำการประเมินความชอบตัวอย่างเค้กด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scaling Test (คะแนนเท่ากับ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 9 คือ ชอบมากที่สุด) ในคุณลักษณะด้านสี น้ำตาลของหน้าเค้ก ความมันวาวของหน้าเค้ก ความแน่นเนื้อ กลิ่นรสมะม่วง ความนุ่ม รสหวาน และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน เสิร์ฟตัวอย่างพร้อมกันโดยจัดลำดับการเสิร์ฟแบบสุ่ม วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design; RCBD) และกำหนดให้ผู้ชิมเป็นบล็อก (Block)

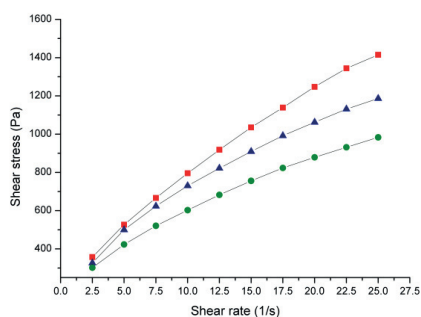
2.9 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำค่าสมบัติเชิงกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของเค้กมะม่วงที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for Windows (IBM Co., New York, United States)

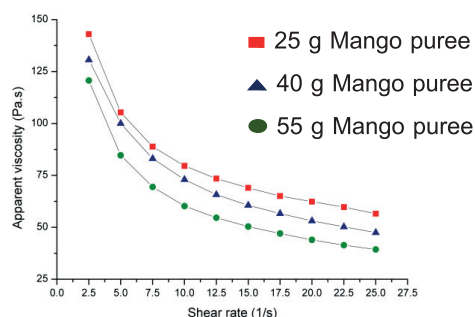
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการวิเคราะห์ความหนืดของแบทเทอร์

เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่าง shear stress และ shear rate ของแบทเทอร์ที่ผันแปรปริมาณพืชมะม่วงในระดับแตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 1(ก) ร่วมกับผลการใช้สมการ Power law อธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าวดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าสมการ Power law สามารถอธิบายพฤติกรรม การไหลของแบทเทอร์ทุกสิ่งทดลองได้เป็นอย่างดี ($R^2 = 0.99$) โดยแบทเทอร์ทุกสิ่งทดลองแสดงพฤติกรรมกรไหลแบบซูโดพลาสติก (pseudoplastic) เนื่องจากค่าดัชนีการไหล (flow behavior index; n) ของแบทเทอร์อยู่ในช่วง 0.51-0.60 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 [19] โดยความหนืดปรากฏ (apparent viscosity) ของแบทเทอร์ลดลงเมื่ออัตราเฉือน (shear rate) และปริมาณการใส่พืชมะม่วงเพิ่มขึ้น [20] แสดงดังรูปที่ 1 (ข) และเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความข้นเหลว (consistency index; K) ของแบทเทอร์ที่สามารถอธิบายถึงค่าความหนืดได้ [21] พบว่าเมื่อใส่พืชมะม่วงในปริมาณที่มากขึ้น มีผลทำให้แบทเทอร์มีค่าความหนืดลดลงพิจารณาได้จากค่าดัชนีความข้นเหลวลดลงตามปริมาณพืชมะม่วงที่ใส่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gurung และคณะ [22] ที่ได้นำพืชมะม่วงมาแทนที่แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บิสกิต และพบว่ากรใส่พืชมะม่วงในปริมาณที่มากขึ้นเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำลงในส่วนผสมของแบทเทอร์เนื่องจากพืชมะม่วงที่นำมาใช้มีปริมาณความชื้นสูงถึงร้อยละ 92.1 ส่งผลให้ความหนืดของแบทเทอร์ และความหนาของบิสกิต ลดลงตามลำดับ



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง shear stress และ shear rate (ก) และกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง apparent viscosity และ shear rate (ข) ของแบทเทอร์ที่เติมพืชมะม่วงในระดับแตกต่างกัน

ตารางที่ 1 ผลของปริมาณพืชมะม่วงต่อดัชนีความชื้นเหลว (consistency index; K) และดัชนีการไหล (flow behavior index; n) ของแบบเทอร์

ปริมาณพืชมะม่วง (กรัม) ต่อแบบเทอร์ 100 กรัม	ดัชนีความชื้นเหลว (K) (Pa s ⁿ)	ดัชนีการไหล (n)	R ²
25	384.99	0.6069	0.9990
40	334.14	0.5573	0.9991
55	297.52	0.5186	0.9995

3.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงเคมีของเค้กมะม่วง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเค้กมะม่วง ได้ผลแสดงดังตารางที่ 2 เมื่อใส่พืชมะม่วงในปริมาณที่มากขึ้น พบว่าปริมาณความชื้น เถ้า และเส้นใยหยาบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากพืชมะม่วงที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัยนี้มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลักถึงร้อยละ 73.7 อีกทั้งมะม่วงเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยใยอาหาร ธาตุเหล็ก และโพแทสเซียม [23, 24] ส่งผลให้เค้กมะม่วงมีปริมาณเส้นใยหยาบและเถ้าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากกรุพูนของโครงสร้าง

เส้นใยสามารถอุ้มน้ำได้เป็นอย่างดี ดังนั้นปริมาณเส้นใยที่เพิ่มมากขึ้น จึงไปลดความสามารถในการจับกับน้ำมันที่ใช้เป็นวัตถุดิบ (oil-binding capacity) ส่งผลให้ปริมาณไขมันรวมของผลิตภัณฑ์สุดท้ายลดลง [25, 26] สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ramírez-Maganda และคณะ [27] ที่ได้นำพืชมะม่วงมาแทนที่แป้งสาลี และน้ำตาลทรายเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารในผลิตภัณฑ์ที่มีฟีนอล ผลพบว่าการแทนที่แป้งสาลีและน้ำตาลทรายด้วยพืชมะม่วงในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความชื้นและเถ้าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณไขมันลดลงเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 2 ผลของการเติมพืชมะม่วงที่ระดับแตกต่างกันในแบบเทอร์ต่อองค์ประกอบทางเคมีของเค้กมะม่วง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณพืชมะม่วง (กรัม) ต่อแบบเทอร์ 100 กรัม		
	25	40	55
Moisture (%)	21.76 ± 0.95 ^c	23.57 ± 0.41 ^b	28.27 ± 0.17 ^a
Protein (%) ^{ns}	6.60 ± 0.32	6.64 ± 0.06	6.89 ± 0.01
Fat (%)	29.00 ± 0.32 ^a	27.49 ± 0.12 ^b	26.57 ± 0.16 ^c
Ash (%)	1.28 ± 0.02 ^c	1.31 ± 0.01 ^b	1.39 ± 0.01 ^a
Fiber (%)	0.90 ± 0.06 ^b	1.06 ± 0.11 ^{ab}	1.28 ± 0.20 ^a
Carbohydrate (%)	39.65 ± 1.64 ^a	38.53 ± 0.59 ^a	35.12 ± 0.17 ^b

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

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

3.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงกายภาพของเค้กมะม่วง

โดยทั่วไปแล้วปริมาตรจำเพาะของเค้กมีความสัมพันธ์

กับค่าความหนืดของแบบเทอร์ ในงานวิจัยนี้พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณพืชมะม่วง ส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะของเค้กลดลง ดังแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 2 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากเมื่อ

เพิ่มปริมาณพืชมะม่วงมากขึ้น ส่งผลให้ความหนืดของแบทเทอร์ลดลง (ดังตารางที่ 1) มีผลทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำซึ่งเกิดการขยายตัวในระหว่างการอบไม่ถูกกักเก็บไว้ในเค้ก จึงทำให้การขึ้นฟูและปริมาตรจำเพาะของเค้กลดลงตามลำดับ [28] สอดคล้องกับงานวิจัยของ Erfanian และ Rasti [29] ที่ได้นำนมถั่วเหลืองมาแทนที่นมวัวในผลิตภัณฑ์เค้กและพบว่า การแทนที่นมถั่วเหลืองในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ความหนืดของแบทเทอร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากความสามารถในการจับกับน้ำของนมถั่วเหลืองมากกว่านมวัว แบทเทอร์จึงสามารถกักเก็บแก๊สและไอน้ำได้ดี ส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะของเค้กเพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาจากเนื้อสัมผัสจากตารางที่ 3 พบว่า การใส่พืชมะม่วงในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่าการยึดเกาะกันภายใน

อาหาร (cohesiveness) และค่าการกลับคืนตัว (springiness) ลดลง ในขณะที่ค่าความแข็ง (hardness) และแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากปริมาตรจำเพาะและปริมาณไขมันที่ลดลงส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น [30, 31] สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hussien [32] ที่ได้นำพืชมะม่วงมาแทนที่ไขมันในผลิตภัณฑ์เค้กแล้วพบว่า การเพิ่มปริมาณพืชมะม่วงในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งและแรงที่ใช้ในการเคี้ยวเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณไขมันที่ลดลงและปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนฟองอากาศและปริมาตรจำเพาะในเค้กลดลงตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลของการเติมพืชมะม่วงที่ระดับแตกต่างกันในแบทเทอร์ต่อองค์ประกอบทางเคมีของเค้กมะม่วง

สมบัติเชิงกายภาพ	ปริมาณพืชมะม่วง (กรัม) ต่อแบทเทอร์ 100 กรัม		
	25	40	55
Specific volume	2.27 ± 0.06 ^a	2.17 ± 0.07 ^b	1.53 ± 0.04 ^c
Hardness (N)	2.06 ± 0.10 ^c	2.26 ± 0.14 ^b	3.53 ± 0.16 ^a
Cohesiveness	0.74 ± 0.02 ^a	0.72 ± 0.02 ^b	0.66 ± 0.03 ^c
Springiness	0.933 ± 0.007 ^a	0.925 ± 0.012 ^b	0.900 ± 0.015 ^c
Chewiness (N)	1.44 ± 0.07 ^c	1.51 ± 0.06 ^b	2.05 ± 0.20 ^a
L* (Crumb)	57.11 ± 0.18 ^b	61.89 ± 0.03 ^a	62.53 ± 0.20 ^a
a* (Crumb)	10.42 ± 0.22 ^b	10.65 ± 0.16 ^b	12.08 ± 0.14 ^a
b* (Crumb)	36.66 ± 0.21 ^c	37.53 ± 0.20 ^b	39.14 ± 0.08 ^a
L* (Crust)	40.39 ± 0.25 ^c	43.42 ± 0.41 ^b	47.60 ± 0.15 ^a
a* (Crust)	12.58 ± 0.37 ^c	17.50 ± 0.38 ^b	19.91 ± 0.04 ^a
b* (Crust)	17.27 ± 0.33 ^c	18.86 ± 0.24 ^b	27.66 ± 0.21 ^a

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



รูปที่ 2 ลักษณะปรากฏของเค้กมะม่วงที่เติมพืชมะม่วงในระดับแตกต่างกันในแบทเทอร์

เมื่อพิจารณาค่าสมบัติเชิงสีจากตารางที่ 3 พบว่า การใส่พิวรีมะม่วงในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของเปลือกด้านนอก (crust) และเนื้อด้านใน (crumb) ของเค้กเพิ่มขึ้น เนื่องจากพิวรีมะม่วงที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นมะม่วงสุก โดยทั่วไปมะม่วงสุกประกอบด้วยเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลืองปริมาณ 1,768 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม

ของเนื้อมะม่วง [33] สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mala และคณะ [34] ได้นำผงฟักทองที่เตรียมจากเนื้อฟักทองซึ่งมีเบต้าแคโรทีนสูงมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟินและพบว่า การใส่ผงฟักทองในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของเนื้อด้านในมัฟฟินเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบในคุณลักษณะต่างๆ ของเค้กมะม่วงจากการเติมพิวรีมะม่วงที่ระดับแตกต่างกันในแบบเทอร์ โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ประเมินด้วยวิธี 9-point hedonic scaling test

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณพิวรีมะม่วง (กรัม) ต่อแบบเทอร์ 100 กรัม		
	25	40	55
สีน้ำตาลของหน้าเค้ก	7.0 $\pm$ 1.2 ^a	6.5 $\pm$ 1.4 ^a	5.7 $\pm$ 1.8 ^b
ความมันวาวของหน้าเค้ก ^{ns}	6.5 $\pm$ 1.3	6.1 $\pm$ 1.4	6.3 $\pm$ 1.5
ความแน่นเนื้อ	6.4 $\pm$ 1.8 ^a	6.4 $\pm$ 1.5 ^a	5.6 $\pm$ 1.8 ^b
กลิ่นรสมะม่วง ^{ns}	6.0 $\pm$ 1.4	5.8 $\pm$ 1.4	5.5 $\pm$ 1.7
ความนุ่ม	6.6 $\pm$ 1.6 ^{ab}	6.8 $\pm$ 1.3 ^a	6.0 $\pm$ 1.8 ^b
รสหวาน	6.7 $\pm$ 1.4 ^a	6.3 $\pm$ 1.6 ^{ab}	5.7 $\pm$ 2.0 ^b
ความชอบโดยรวม	6.6 $\pm$ 1.3 ^a	6.4 $\pm$ 1.3 ^a	5.6 $\pm$ 1.8 ^b

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

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

3.4 ผลการประเมินสมบัติเชิงประสาทสัมผัสของเค้กมะม่วง

จากตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินความชอบเค้กมะม่วงที่ประเมินโดยผู้ทดสอบ 50 คน พบว่าเค้กมะม่วงทั้ง 3 สูตร มีคะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านความมันวาวของหน้าเค้ก และกลิ่นรสมะม่วงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบส่วนใหญ่อยู่ระหว่างบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบถึงชอบเล็กน้อย ส่วนคะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านสีน้ำตาลของหน้าเค้ก ความแน่นเนื้อ ความนุ่ม รสหวาน และความชอบโดยรวมของเค้กมะม่วงทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเค้กมะม่วงสูตรที่ใส่พิวรีมะม่วง 25 และ 40 กรัมต่อน้ำหนักส่วนผสม 100 กรัม มีคะแนนความชอบด้านคุณลักษณะดังกล่าวมากที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

4. สรุปผลการทดลอง

การใส่พิวรีมะม่วงในปริมาณที่แตกต่างกันส่งผลต่อสมบัติเชิงกระแสวิทย์ของแบบเทอร์และสมบัติเชิงเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของเค้กมะม่วง เมื่อพิจารณาความหนืดของแบบเทอร์พบว่า แบบเทอร์ทุกสิ่งทดลองมีพฤติกรรมการไหลแบบซูโดพลาสติก และการใส่พิวรีมะม่วงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้แบบเทอร์มีความหนืดลดลงเนื่องจากปริมาณน้ำในส่วนผสมที่มากขึ้น เมื่อพิจารณาสมบัติเชิงเคมีและกายภาพของเค้กมะม่วงพบว่า การใส่พิวรีมะม่วงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณเส้นใยหยาบ ค่าความแข็ง แรงที่ใช้ในการเคี้ยว และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณไขมัน ปริมาตรจำเพาะ ค่าการยัดเกาะกันภายในอาหาร และค่าการกลับคืนตัวลดลง สำหรับสมบัติเชิงประสาทสัมผัสของเค้กมะม่วงพบว่า เค้กมะม่วงสูตรที่ใส่พิวรี

มะม่วง 25 และ 40 กรัมต่อน้ำหนักส่วนผสม 100 กรัม เป็นสูตรที่มีความชอบโดยรวมมากที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท ลูตินันท์ ฟู้ด จำกัด ที่ให้การสนับสนุนพืชมะม่วง เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

1. Postharvest Technology Innovation Center, 2013, Mango-Production and Post-harvest Technology, Office of the Higher Education Commission, Chiang Mai. (In Thai)
2. Sogi, D.S., Siddiq, M., Greiby, I. and Dolan, K.D., 2013, "Total Phenolics, Antioxidant Activity, and Functional Properties of 'Tommy Atkins' Mango Peel and Kernel as Affected by Drying Methods," *Food Chemistry*, 141 (3), pp. 2649-2655.
3. Gundurao, A., Ramaswamy, H.S. and Ahmed, J., 2011, "Effect of Soluble Solids Concentration and Temperature on Thermo-physical and Rheological Properties of Mango Puree," *International Journal of Food Properties*, 14 (5), pp. 1018-1036.
4. Sehwat, R., Nema, P.K. and Kaur, B.P., 2018, "Quality Evaluation and Drying Characteristics of Mango Cubes Dried using Low-pressure Superheated Steam, Vacuum and Hot Air Drying Methods," *LWT*, 92, pp. 548-555.
5. Kermani, Z.J., Shpigelman, A., Houben, K., ten Geuzendam, B., Van Loey, A.M. and Hendrickx, M.E., 2015, "Study of Mango Endogenous Pectinases as a Tool to Engineer Mango Purée Consistency," *Food Chemistry*, 172, pp. 272-282.
6. Tansakul, A., Kantrong, H., Saengrayup, R. and Sura, P., 2012, "Thermophysical Properties of Papaya Puree," *International Journal of Food Properties*, 15, pp. 1086-1100.
7. Eke, J., Sanni, S.A. and Owuno, F., 2009, "Proximate and Sensory Properties of Banana Cakes," *Nigerian Food Journal*, 27 (2).
8. Akubor, P.I., Eze, E.C. and Popoola, C.A., 2017, "Effect of Substituting Fat with Pawpaw Puree on the Qualities of Cake," *FUW Journal of Agriculture and Life Sciences*, 1 (1), pp. 1-8.
9. Jammek, J. and Naivikul, O., 2011, Basic of Bakery Technology, Text and Journal Publication, Bangkok. (In Thai)
10. Cheong, G., 2001, "Quality Characteristics of Korean Wheat Flour and Imported Wheat Flour," *Korean Journal of Community Living Science*, 12, pp. 23-27.
11. Kim, J.H., Lee, H.J., Lee, H.S., Lim, E.J., Imm, J.Y. and Suh, H.J., 2012, "Physical and Sensory Characteristics of Fibre-enriched Sponge Cakes Made with Opuntia Humifusa," *LWT-Food Science and Technology*, 47 (2), pp. 478-484.
12. Asefa, B., Assefa, H., Girma, G., Tsehanew, H. and Shemsadin F., 2017, "The Physicochemical and Sensory Characteristic of Cookies Baked from Wheat Flour and Mango Pulp," *Food Science and Quality Management*, 65, pp. 16-21.
13. Badifu, G.I.O., Chima, C.E., Ajayi, Y.I. and Ogori, A.F., 2005, "Influence of Mango Mesocarp Flour Supplement to Micronutrient, Physical and Organoleptic Qualities of Wheat-based Bread," *Nigerian Food Journal*, 23 (1), pp. 59-68.
14. Chaiya, B. and Pongsawatmanit, R., 2011, "Quality of Batter and Sponge Cake Prepared from Wheat-tapioca Flour Blends," *Kasetsart Journal of National Science*, 45, pp. 305-311.
15. Thai Industrial Standards Institute, 1991, Standard for Wheat Flour : Bread Flour, TIS.374-2534. (In Thai)
16. Ronda, F., Gómez, M., Caballero, P.A., Oliete,

- B. and Blanco, C. A., 2009, "Improvement of Quality of Gluten-free Layer Cakes," *Food Science and Technology International*, 15 (2), pp. 193-202.
17. Huang, M. and Yang, H., 2019, "Eucheuma Powder as a Partial Flour Replacement and its Effect on the Properties of Sponge Cake," *LWT*, 110, pp. 262-268.
18. AOAC., 2000, Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.
19. Noorlaila, A., Hasanah, H. N., Asmeda, R. and Yusoff, A., 2018, "The Effects of Xanthan Gum and Hydroxypropylmethylcellulose on Physical Properties of Sponge Cakes," *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.
20. Chhabra, R.P., 2010, Non-Newtonian Fluids: An Introduction in Rheology of Complex Fluids, Springer, New York.
21. Baixauli, R., Sanz, T., Salvador, A. and Fiszman, S.M., 2003, "Effect of the Addition of Dextrin or Dried Egg on the Rheological and Textural Properties of Batters for Fried Foods," *Food Hydrocolloids*, 17 (3), pp. 305-310.
22. Gurung, B., Ojha, P. and Subba, D., 2016, "Effect of Mixing Pumpkin Puree with Wheat Flour on Physical, Nutritional and Sensory Characteristics of Biscuit," *Journal of Food Science and Technology Nepal*, 9, pp. 85-89.
23. Hernández-Sánchez, C., Luis, G., Moreno, I., Cameán, A., González, A.G., González-Weller, D. and Hardisson, A., 2012, "Differentiation of Mangoes (*Mangifera indica* L.) Conventional and Organically Cultivated According to their Mineral Content by using Support Vector Machines," *Talanta*, 97, pp. 325-330.
24. Vergara-Valencia, N., Granados-Pérez, E., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., Ruales, J. and Bello-Pérez, L.A., 2007, "Fibre Concentrate from Mango Fruit: Characterization, Associated Antioxidant Capacity and Application as a Bakery Product Ingredient," *LWT-Food Science and Technology*, 40 (4), pp. 722-729.
25. Zamora-Gasga, V.M., Bello-Pérez, L.A., Ortiz-Basurto, R.I., Tovar, J. and Sáyago-Ayerdi, S.G., 2014, "Granola Bars Prepared with Agave Tequilana Ingredients: Chemical Composition and in Vitro Starch Hydrolysis," *LWT-Food Science and Technology*, 56 (2), pp. 309-314.
26. Jeddou, K.B., Bouaziz, F., Zouari-Ellouzi, S., Chaari, F., Ellouz-Chaabouni, S., Ellouz-Ghorbel, R. and Nouri-Ellouz, O., 2017, "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, pp. 668-677.
27. Ramírez-Maganda, J., Blancas-Benítez, F.J., Zamora-Gasga, V.M., García-Magaña, M.D.L., Bello-Pérez, L.A., Tovar, J. and Sáyago-Ayerdi, S.G., 2015, "Nutritional Properties and Phenolic Content of a Bakery Product Substituted with a Mango (*Mangifera indica*) 'Ataulfo' processing by-product," *Food Research International*, 73, pp. 117-123.
28. Ashwini, A., Jyotsna, R. and Indrani, D., 2009, "Effect of Hydrocolloids and Emulsifiers on the Rheological, Microstructural and Quality Characteristics of Eggless Cake," *Food Hydrocolloids*, 23 (3), pp. 700-707.
29. Erfanian, A. and Rasti, B., 2019, "Effects of Soy Milk on Physical, Rheological, Microbiological and Sensory Properties of Cake," *International Food Research Journal*, 26 (1), pp. 237-245.
30. Martínez-Cervera, S., de la Hera, E., Sanz, T., Gómez, M. and Salvador, A., 2013, "Effect of Nutriose on Rheological, Textural and Sensorial Characteristics of Spanish Muffins," *Food and Bioprocess Technology*, 6 (8), pp. 1990-1999.
31. Marina, A.M., Nurhanan, A.R., Rosli, W.W. and

- Ain, O.N., 2016, "Physical Properties and Microstructure of Butter Cake Added with Persea Americana Purée," *Sains Malaysiana*, 45 (7), pp. 1105-1111.
32. Hussien, H.A., 2016, "Using Vegetable Purée as a Fat Substitute in Cakes," *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 5, pp. 284-92.
33. Department of Health, 2001, Nutritive Values of Thai Foods, The War Veterans Organization of Thailand Under Royal Patronage of His Majesty the King, Bangkok. (In Thai)
34. Mala, S.K., Aathira, P., Anjali, E.K., Srinivasulu, K. and Sulochanamma, G., 2018, "Effect of Pumpkin Powder Incorporation on the Physico-chemical, Sensory and Nutritional Characteristics of Wheat Flour Muffins," *International Food Research Journal*, 25 (3), pp. 1081-1087.

