

การทดแทนแป้งสาลีในบัตเตอร์เค้กด้วยผงกากข้าวโพดหวาน

Substitution of Wheat Flour with Dried Sweet Corn Cake Powder for Butter Cake

บงกชมาศ โสภา^{1*}, เสาวนีย์ ผัดศิริ¹ และจุฑามาศ กองผาพา²Bongkochmas Sopa^{1*}, Saowanee Fudsiri¹ and Juthamas Kongphapa²

Received date: 9 ม.ค. 67 Revised date: 2 เม.ย. 67 Accepted date: 15 พ.ค. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.010>

บทคัดย่อ

กากข้าวโพดหวานเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตนํ้านมข้าวโพดหวาน เพื่อเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรและลดปริมาณการใช้แป้งสาลี งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการนำกากข้าวโพดหวานมาใช้ประโยชน์โดยการทดแทนแป้งสาลีในบัตเตอร์เค้ก ทำการเตรียมโดยนำกากสดข้าวโพดหวานอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง บดละเอียดจะได้แป้งที่มีลักษณะเป็นผงมีสีเหลืองละเอียด มีร้อยละของผลผลิต 8.62 ของน้ำหนักกากสด จากการศึกษาการทดแทนการใช้แป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานในบัตเตอร์เค้กที่ปริมาณร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 (โดยน้ำหนักแป้ง) โดยนำตัวอย่างไปตรวจสอบลักษณะทางด้านกายภาพ เคมีและการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของบัตเตอร์เค้กเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ส่วนความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนด้วยผงกากข้าวโพดหวานขณะที่ปริมาตรเค้กมีค่าลดลง ($P<0.05$) สำหรับผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสพบว่าค่าความยืดหยุ่น และความยากในการเคี้ยวของบัตเตอร์เค้กมีค่าลดลง ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าความแข็ง การเกาะตัวกัน และความเหนียวคล้ายยางของตัวอย่าง ($P>0.05$) จากการทดสอบทางประสาทพบว่าตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดร้อยละ 50 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($P>0.05$) บัตเตอร์เค้กที่เติมผงกากข้าวโพดหวานทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 50 มีปริมาณโปรตีน เถ้า โยอาหารและสารเบต้าแคโรทีนสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ($P<0.05$) โดยมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และโยอาหาร ร้อยละ 29.68, 8.07, 24.15, 1.14, 36.97 และ 1.68 ตามลำดับ มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน 61.39 ไมโครกรัม/100 กรัม

คำสำคัญ: ผงกากข้าวโพดหวาน การทดแทนแป้งสาลี บัตเตอร์เค้ก การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

Abstract

Fresh sweet corn cake was a by-product of sweet corn milk production. To increase the value of by-product from the agricultural product processing process and reduce the amount of wheat flour used, the objective of this research was to evaluate the optimum level of dried sweet corn cake as a substitute for wheat flour in butter cake. Dried sweet corn cake powder (DSCP) was prepared by fresh sweet corn cake residue, which was dried at 70 degrees Celsius for 24 hours, and then ground to obtain the yellow fine powder. The yield of DSCP was 8.62% of fresh sweet corn cake residue. Utilization of DSCP as a substitute for wheat flour by 25, 50, 75 and 100% (w/w) of total flour in butter cake were studied. The effects of DSCP substitution on physical, chemical and sensory quality of the cakes were evaluated. It was found that the addition of DSCP resulted in the decreasing value of lightness (L^*) while the increase of redness (a^*) and yellowness (b^*) were observed ($P<0.05$). Cake density increased with increasing DSCP substitution while cake volume decreased ($P<0.05$). Texture analysis showed that adding DSCP reduced springiness and chewiness of butter cake ($P<0.05$), but there was no significant ($P>0.05$) difference in hardness, cohesiveness and gumminess of samples. The results from sensory evaluation showed that the sample containing 50% DSCP had no difference of overall liking score comparable to the control group ($P>0.05$). The 50% DSCP butter cake contained higher protein ash and beta-carotene contents than the control group ($P<0.05$). The chemical compositions of butter cake

¹ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครราชสีมา 30320

² ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ สกลนคร 47000

¹ National Corn and Sorghum Research Center, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Nakhon Ratchasima 30320

² Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Kasetsart University 47000

* Corresponding author: ijsbms@ku.ac.th

with 50% DSCP consisted of moisture, protein, total fat, ash, total carbohydrate and total dietary fiber at 29.68, 8.07, 24.15, 1.14, 36.97 and 1.68%, respectively. Beta-carotene content was 61.39 $\mu\text{g}/100\text{g}$ sample.

Keywords: dried sweet corn cake powder, wheat flour substitution, butter cake, sensory evaluation

คำนำ

ขนมอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคโดยเฉพาะขนมอบประเภทเค้ก เนื่องจากความนุ่มฟูและความหอมอร่อยของผลิตภัณฑ์ โดยลักษณะของเค้กที่ดีควรมีสีผิวรอบนอกเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาลอ่อนสม่ำเสมอ ผิวหน้าเค้กมันเรียบ ลักษณะของเนื้อในละเอียดไม่แน่น มีความชื้นแต่ไม่แฉะหรือร่วน มีความนุ่มนวล สามารถยืดหยุ่นกลับที่เดิมเมื่อเอามือแตะเบาๆ และกลิ่นหอมชวนรับประทาน (Siriamornpun, 2003) ลักษณะดังกล่าวสามารถตรวจสอบได้โดยใช้ระดับความความพอใจของผู้บริโภคเป็นดัชนีชี้วัดความรู้สึกรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิตจึงต้องศึกษาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อความพอใจหรือการยอมรับของผู้บริโภค เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) เป็นสิ่งที่แสดงถึงความรู้สึกรับหรือการสัมผัส ลักษณะของสี (Color) ที่ปรากฏต่อสายตา ลักษณะปรากฏ (Appearance) แสดงถึงการมองเห็น และรสชาติ (Flavor) เป็นลักษณะของที่แสดงถึงความรู้สึกรับของผู้บริโภคด้านรสชาติ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้วิธีการประเมินทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เค้กสามารถใช้ควบคู่กับการวัดค่าโดยใช้เครื่องมือเพื่อเป็นการตรวจสอบผลการประเมินอีกครั้งหนึ่ง โดยการวิเคราะห์วัดค่าทางกายภาพ เช่น การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารด้วยเครื่อง Texture Analyzer หรือการวัดสีของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดสี เป็นต้น เนื่องจากปฏิกิริยาของมนุษย์ต่อผลิตภัณฑ์ที่สามารถที่จะอธิบายได้ในลักษณะที่คล้ายกับการวิเคราะห์กายภาพของผลิตภัณฑ์ (Wiriyaacharee, 2018) สำหรับวัตถุดิบหลักในการทำขนมเค้กคือแป้งสาลีซึ่งมีโปรตีนกลูเตนเป็นองค์ประกอบสำคัญทำหน้าที่ให้โครงสร้างแก่ผลิตภัณฑ์และทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปได้เมื่ออบเสร็จ โดยแป้งสาลีเป็นวัตถุดิบที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง เนื่องจากข้าวสาลีที่ปลูกได้ในประเทศไทยมีคุณภาพที่ไม่สม่ำเสมอ ปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ จึงมีงานวิจัยที่ทำการทดลองและพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้วัตถุดิบอื่นทดแทนการใช้แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่โดยที่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังคงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารและมูลค่าให้กับวัตถุดิบ นอกจากนั้นแล้วยังเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ เพราะในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจเรื่องสุขภาพและเลือกรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น Pongjanta et al. (2006) นำผงฟักทองมาทดแทนการใช้แป้งสาลีในขนมปังแซนวิช ขนมปังหวาน บัตเตอร์เค้ก ชิฟฟอนเค้ก และคุกกี้ พบว่าการเติมผงฟักทองร้อยละ 20 เป็นปริมาณที่เหมาะสมของการทดแทนแป้งสาลีในบัตเตอร์เค้กและชิฟฟอนเค้ก ขณะที่ร้อยละ 10 คือปริมาณที่ได้รับการยอมรับเมื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแซนวิช ขนมปังหวาน และคุกกี้ นอกจากนั้นแล้วผู้บริโภคร้อยละ 90-100 ให้การยอมรับและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ Ho (2017) ทำการศึกษาผลของทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งจากมันเทศต่อคุณภาพสปันจ์เค้ก พบว่าที่ระดับการทดแทนร้อยละ 20 ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์และสปันจ์เค้กที่ได้มีใยอาหารอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม Ahmed et al. (2021) ใช้ผงเปลือกกล้วยซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรทดแทนการใช้แป้งสาลีและเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับผลิตภัณฑ์เค้ก พบว่าที่ระดับการทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 12 และ 15 สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของเค้กทางด้านกายภาพ เคมี และทำหน้าที่เป็นสารต้านจุลชีพจึงช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ เค้กที่ได้มีคุณค่าทางอาหาร เช่น โปรตีน กรดอะมิโนจำเป็น แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระ (ฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และแคโรทีนอยด์) ที่ส่งผลดีต่อสุขภาพของมนุษย์เพิ่มขึ้นอีกด้วย

ผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวโพดหวานของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา ถือได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในทุกเพศทุกวัย เนื่องจากมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์และรสชาติที่ถูกปาก ส่งผลให้มีปริมาณการผลิตน้ำมันข้าวโพดออกสู่ตลาดมีปริมาณมากและทำให้มีกากข้าวโพดซึ่งเป็นของเหลือหรือผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตมีปริมาณมากตามไปด้วย โดยส่วนใหญ่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติจะจำหน่ายกากข้าวโพดหวานให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ประมาณวันละ 900-1,000 กิโลกรัม ซึ่งกากข้าวโพดดังกล่าวยังมีคุณค่าทางอาหารที่มีประโยชน์และสามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้ เมื่อนำกากข้าวโพดสดของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ไปอบแห้งและบดเป็นผงพบว่ามีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร ร้อยละ 2.76, 16.67, 9.10, 2.56, 68.91 และ 23.60 ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าในผงกากข้าวโพดหวานยังมีปริมาณเบต้าแคโรทีน 271.87 ไมโครกรัม/100 กรัม (Sopa et al., 2021) Sumon et al. (2006) ได้การเสริมเยื่อใยจากกากข้าวโพดลงในกุนเชียง พบว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อลักษณะสี และกลิ่นรสของกุนเชียงเมื่อเสริมกากข้าวโพดสดไม่เกินร้อยละ 20 ส่วน Mahasawasde (2010) ได้นำผงกากข้าวโพดหวานทดแทนแป้งสาลีในตัวอย่างวอฟเฟิล พบว่าที่ระดับการทดแทนร้อยละ 7.5 ตัวอย่างวอฟเฟิลมีลักษณะนิ่มและกรอบกว่าตัวอย่างควบคุม ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ขณะที่ Lao et al. (2019) พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดเพื่อทดแทนแป้งสาลีทำให้ปริมาณใยอาหาร

โฟเลต วิตามินอี และแคโรทีนอยด์ในเค้กเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 60 ตัวอย่างเค้กมีลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ใช้แป้งสาลีล้วน สำหรับ Sopa et al. (2021) รายงานว่าสามารถใช้ผงกากข้าวโพดหวานทดแทนการใช้แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ได้ถึงร้อยละ 100 โดยที่บราวนี่ที่ผลิตได้มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม จากเหตุผลที่กล่าวมาคณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กโดยใช้ผงกากข้าวโพดหวานทดแทนแป้งสาลี เพื่อช่วยลดปริมาณการใช้แป้งสาลี และเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการผลิตน้ำมันข้าวโพด ได้ผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกใหม่ที่มีคุณค่าทางอาหารให้กับผู้บริโภคผู้รักสุขภาพ โดยการศึกษาผลของการใช้ผงกากข้าวโพดหวานทดแทนแป้งสาลีต่อคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัสเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมที่ผู้บริโภคยอมรับดีที่สุด

วิธีการศึกษา

การเตรียมผงกากข้าวโพดหวาน

กากสดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันข้าวโพดหวานของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา เตรียมผงกากข้าวโพดหวานโดยนำกากสดข้าวโพดหวานอบแห้งในตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 149 ไมครอน (Sopa et al., 2021) บรรจุตัวอย่างผงกากข้าวโพดหวานอบแห้ง (Dried sweet corn cake powder, DSCP) ใส่ถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE) ปิดให้สนิทเก็บรักษาในตู้เย็นเพื่อใช้ในการผลิตบัตเตอร์เค้กและวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

1. วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter รุ่น NR200) รายงานค่าสีที่ได้ในระบบ CIE L* a* และ b* โดยค่า L* เป็นค่าความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว) ส่วนค่า a* และค่า b* มีทั้งบวกและลบ โดยค่า a* ที่เป็นบวกแสดงความเป็นสีแดง แต่ค่า a* ที่เป็นลบแสดงความเป็นสีเขียว และในค่า b* ที่เป็นบวกแสดงความเป็นสีเหลือง แต่ถ้าค่า b* เป็นลบแสดงความเป็นสีน้ำเงิน คำนวณค่าความสดของสี (Chroma, C*) และค่ามุมของสี (Hue Angle, h°) ซึ่งจะเป็นค่าสีที่แท้จริงของตัวอย่างจากสมการ $Chroma = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ และ $h^\circ = \tan^{-1} (b^*/a^*)$ (McGuire, 1992)

2. วิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าแคโรทีน โดยวิธี Spectrophotometry ตามวิธีของ Nagata and Yamashita (1992) ทำการชั่งตัวอย่างผงกากข้าวโพด 1 กรัม ใส่ลงใน Conical tube เติมน้ำละลายที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ Acetone : Hexane ในอัตราส่วน 2 : 3 ตัวอย่างละ 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างที่เติมน้ำละลายไปปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer เป็นเวลา 1 นาที ปิดฝาแล้วพักไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 1 คืน นำสารละลายส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663, 645, 505 และ 453 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ดังสมการ

$$\text{เบต้าแคโรทีน } (\mu\text{g}/100 \text{ g}) = 0.216A_{663} - 1.22A_{545} - 0.304A_{505} + 0.452A_{453}$$

3. วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging assay และ ABTS free radical scavenging assay

การสกัดตัวอย่าง นำตัวอย่างผงกากข้าวโพดหวาน 5 กรัม เติมนิเอทานอลสมบูรณ์ (Absolute ethanol) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องในสภาวะปลอดแสง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำตัวอย่างสารสกัดไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1,400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที (ดัดแปลงจาก Promthep, 2020) นำสารละลายส่วนใสไปวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และ ABTS ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer model Evolution 201, China)

วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-ciocalteu's phenol reagent ดัดแปลงวิธีจาก Yingngam et al. (2014) นำสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 200 ไมโครลิตร เติมน้ำละลาย Folin-Ciocalteu's reagent ที่ทำการเจือจาง 10 เท่า ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมน้ำละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 90 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก รายงานผลเป็น มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง (mg GAE/100g DW)

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงวิธีจาก Brand-Williams et al. (1995) นำสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมน้ำละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.6 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เก็บในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับสารมาตรฐานโทโรกซ์ คำนวณหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรูปมิลลิกรัมสมมูลของโทโรกซ์ (Trolox equivalent: TE) ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง (mg TE/100g DW)

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ดัดแปลงวิธีจาก Re et al. (1999) ทำการเตรียมสารละลาย ABTS⁺ (working solution) โดยปิเปต ABTS ที่ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตรผสมกับโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (K₂S₂O₈) ที่ความเข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่มืดเป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง จากนั้นเจือจางสารละลาย ABTS⁺ ให้สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ 0.70 ± 0.02 ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยเมทานอล นำสารละลาย ABTS⁺ ปริมาตร 3 มิลลิลิตรผสมกับตัวอย่างสารสกัดปริมาณ 100 ไมโครลิตร เก็บไว้ที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับสารมาตรฐาน Trolox ค่าความหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรูปมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox (Trolox equivalent: TE) ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (mg TE/100g DW)

การคัดเลือกเค้กสูตรพื้นฐานของบัตเตอร์เค้ก

ทำการผลิตบัตเตอร์เค้กตามสูตรที่คัดเลือกมาเบื้องต้นจากเอกสารงานวิจัย เว็บไซต์และตำราอาหารจำนวน 5 สูตร แสดงดัง Table 1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตบัตเตอร์เค้ก คัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมด้วยวิธีประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ตัวอย่างเค้กถูกตัดให้มีขนาด 1.5x4x4 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) แล้วนำไปทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส โดยผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 50 คน ที่เป็นลูกค้าร้านจำหน่ายข้าวโพดหวานของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ประเมินความชอบด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1-9 คะแนน โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบอย่างยิ่ง และ 9 หมายถึง ชอบอย่างยิ่ง วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จากนั้นคัดเลือกสูตรบัตเตอร์เค้กที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเพื่อใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานในการศึกษาขั้นต่อไป

Table 1 The ingredients of butter cake for 5 basic formulas

Ingredients (Gram)	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4	Formula 5
Cake flour	19.85	28.01	18.53	29.15	24.46
Unsalted Butter	21.85	14.01	32.42	11.66	14.74
Egg	27.06	20.54	16.49	21.87	14.66
Sugar	14.43	21.48	12.97	20.41	25.59
Milk	0.00	0.00	13.90	0.00	19.56
Baking powder	0.06	0.93	0.00	2.92	0.52
Baking soda	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00
Salt	0.10	0.28	0.14	0.06	0.24
Milk powder	6.82	1.87	4.63	3.50	0.00
Water	7.82	12.14	0.00	10.20	0.00
Vanilla essence	0.00	0.47	0.00	0.23	0.24
S.P.	2.00	0.00	0.93	0.00	0.00

Source: Formula 1 (Threebears, 2019), Formula 2 (Maeban, 2011), Formula 3 (Chanpreamjit, 2019), Formula 4 (Samiha, 2015), and Formula 5 (Boonkong and Ratchompoo, 2010).

การศึกษาปริมาณผงกากข้าวโพดอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อทดแทนแป้งสาลีในบัตเตอร์เค้ก

ศึกษาระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานในการผลิตบัตเตอร์เค้ก 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 (โดยน้ำหนักแป้ง) ดัง Table 2 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และกำหนดให้สูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกจากขั้นตอนการคัดเลือกเค้กสูตรพื้นฐานเป็นตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีกรทดแทน (ร้อยละ 0) ผลิตบัตเตอร์เค้กตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Threebears (2019) เตรียมบัตเตอร์เค้กโดยตีเนยสด S.P. และน้ำตาลจนขึ้นฟูด้วยเครื่องผสม (KitchenAid รุ่น Artisan, USA) ที่ระดับความเร็วสูงประมาณ 10 นาที เติมน้ำไข่ไก่ ผสมให้เข้ากันด้วยความเร็วปานกลาง จากนั้นเติมน้ำมันของแข็งที่ร้อนไว้แล้ว ได้แก่ แป้งสาลี ผงกากข้าวโพดหวาน ผงฟู นมผง และเกลือ สลับกับน้ำสะอาด ผสมให้เข้ากันด้วยความเร็วต่ำแล้วเปลี่ยนเป็นความเร็วกลางตีให้เนียน ใช้ความเร็วต่ำตีตักฟองอากาศอีก 2 นาที เทส่วนผสมเค้กลงในพิมพ์บัตเตอร์เค้กเบอร์ 8 เกลี่ยหน้าให้เนียน เคาะพิมพ์เบาๆ 2-3 ครั้งเพื่อไล่อากาศ อบด้วยเตาอบ (ZANUSSI รุ่น ZOT105KX,

China) ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส อบไฟบนล่างนาน 60 นาที เมื่อเค้กสุกดีแล้วนำออกจากพิมพ์ พักให้เย็นบนตะแกรง แล้วนำตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

1. น้ำหนักของบัตเตอร์เค้กหลังอบ ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างบัตเตอร์เค้กหลังอบทั้งก้อนที่พักจนเย็นตัวด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักของบัตเตอร์เค้กในหน่วยกรัม

2. ปริมาตรของบัตเตอร์เค้ก วัดปริมาตรของบัตเตอร์เค้กด้วยวิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา (AACC, 2000) ทำการวัดปริมาตรของภาชนะที่ใช้ในการวัดปริมาตรบัตเตอร์เค้กโดยใส่เมล็ดงาขาวให้เต็มภาชนะ ปาดผิวด้านบนให้เรียบ เทเมล็ดงาออกจากภาชนะ จากนั้นนำบัตเตอร์เค้กทั้งก้อนวางลงในภาชนะเดิม เทเมล็ดงาให้เต็มภาชนะปาดผิวด้านบนให้เรียบ วัดปริมาตรของเมล็ดงาที่เหลือโดยใช้กระบอกตวง บันทึกปริมาตรเมล็ดงาที่เหลืออยู่เป็นค่าปริมาตรของบัตเตอร์เค้กในหน่วยลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเทียบจากปริมาตร 1 มิลลิลิตรมีค่าเท่ากับ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3. ความหนาแน่นของบัตเตอร์เค้ก คำนวณค่าความหนาแน่นของตัวอย่างบัตเตอร์เค้กในหน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยนำน้ำหนักของบัตเตอร์เค้กหลังอบ (กรัม) หารด้วยปริมาตรของบัตเตอร์เค้กหลังอบ (ลูกบาศก์เซนติเมตร) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

4. วัดค่าสีของบัตเตอร์เค้ก ด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter รุ่น NR200) โดยใช้ตัวอย่างขนาด 1.5x5x5 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) ในระบบ CIE L* a* และ b* คำนวณค่าความสดของสี (Chroma, C*) และค่ามุมของสี (Hue Angle, h°) (McGuire, 1992)

5. ลักษณะเนื้อสัมผัสของบัตเตอร์เค้ก วัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ด้านความแข็ง (Hardness) การคืนตัว (Springiness) การเกาะตัวกัน (Cohesiveness) ความเหนียวคล้ายยาง (Gumminess) และความยากในการเคี้ยว (Chewiness) ด้วยหัววัดอะลูมิเนียมทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (P/50) ตั้งค่าความเร็วของหัววัด 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที และระยะกดตัวอย่างเท่ากับร้อยละ 40 ของความสูงเริ่มต้นของตัวอย่างบัตเตอร์เค้ก ขนาดของตัวอย่าง คือ 1.5x6x6 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) (ดัดแปลงตามวิธี Al-Muhtaseb et al., 2013)

6. วิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนของบัตเตอร์เค้ก โดยวิธี Spectrophotometry (Nagata and Yamashita, 1992)

7. คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของบัตเตอร์เค้ก ทำการตัดตัวอย่างบัตเตอร์เค้กให้มีขนาด 1.5x4x4 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) แล้วนำไปประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส ด้วยผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 50 คน ที่เป็นลูกค้าร้านจำหน่ายข้าวโพดหวานของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ประเมินความชอบด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1-9 คะแนน โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบอย่างยิ่ง และ 9 หมายถึง ชอบอย่างยิ่ง วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD)

Table 2 Formulation of butter cake with different dried sweet corn cake powder

Ingredients (Gram)	Butter cake formulation (% of dried sweet corn cake powder)				
	0%	25%	50%	75%	100%
Wheat flour	19.85	14.89	9.92	4.96	0.00
DSCP	0.00	4.96	9.92	14.89	19.85
Unsalted Butter	21.85	21.85	21.85	21.85	21.85
Egg	27.06	27.06	27.06	27.06	27.06
Sugar	14.43	14.43	14.43	14.43	14.43
Baking powder	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Salt	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Milk powder	6.82	6.82	6.82	6.82	6.82
Water	7.82	7.82	7.82	7.82	7.82
S.P.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

8. ปริมาณน้ำอิสระและองค์ประกอบทางเคมี ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดและไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมจะถูกเลือกมาตรวจสอบปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Decagon, AquaLab Pre, USA) ควบคุมอุณหภูมิการวัดที่ 25 ± 1 องศาเซลเซียส (AOAC, 2019)

และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โยอาหาร และเถ้า (AOAC, 2019) คำนวณค่าพลังงานทั้งหมดและพลังงานจากไขมันจากแฟคเตอร์ (Caloric factor) ดังนี้ ไขมัน 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for window

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการเตรียมผงกากข้าวโพดหวาน

กากสดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ผ่านการอบแห้งและบดละเอียดเป็นผง พบว่ามีร้อยละของผลผลิต 8.62 ของน้ำหนักกากสด มีค่าความสว่าง (L^*) 77.86 ความเป็นสีแดง (a^*) 7.44 และความเป็นสีเหลือง (b^*) 39.83 ค่าความสดของสี (C^*) 40.52 และค่ามุมของโทนสี (h°) 79.45 อยู่ในช่วงความเป็นสีส้มแดงถึงเหลือง (Figure 1) สำหรับผลการตรวจสอบปริมาณเบต้าแคโรทีนพบว่ามีปริมาณ 307.63 ไมโครกรัม/100 กรัม นอกจากนั้นยังมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด 56.28 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เท่ากับ 9.18 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์ต่อ 100 กรัม ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS เท่ากับ 42.29 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์ต่อ 100 กรัม (Table 3)



Figure 1 Dried sweet corn cake powder.

Table 3 Color and antioxidant activities of dried sweet corn cake powder (DSCP)

Quality attributes	DSCP
Color	
Lightness (L^*)	77.86±2.53
Redness (a^*)	7.44±1.33
Yellowness (b^*)	39.83±1.30
Chroma (C^*)	40.52±1.53
Hue angle (h°)	79.45±1.52
β -carotene content ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	307.63±7.94
Total phenolic content (mg GAE/100g DW)	56.28±2.45
DPPH (mg TE/100g DW)	9.18±0.88
ABTS (mg TE/100g DW)	42.29±1.26

mg GAE = mg gallic acid equivalent, mg TE = mg trolox equivalent

ผลการคัดเลือกเค้กสูตรพื้นฐาน

ทำการคัดเลือกสูตรเค้กพื้นฐานจาก 5 สูตร ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale โดยลูกค้าร้านจำหน่ายข้าวโพดหวานของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ แสดงดัง Table 4 สำหรับลักษณะปรากฏของเค้ก

หลังอบทั้ง 5 สูตรแสดงดัง Figure 2 จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแบตเตอรี่เค้กทั้ง 5 สูตร พบว่าตัวอย่างแบตเตอรี่เค้กสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรที่ 4 และ 5 ในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และเนื้อสัมผัส ($P<0.05$) ในขณะที่ค่าคะแนนความชอบของสูตรที่ 1 และ 2 สูงกว่าสูตรที่ 3 ในบางลักษณะ คือ ด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัส ($P<0.05$) โดยค่าคะแนนความชอบของสูตรที่ 1 และ 2 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย คือ 6.58-6.92 คะแนน และ 6.10-6.87 คะแนน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม คะแนนความชอบของสูตรที่ 1 ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 2 ยกเว้นด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งแบตเตอรี่เค้กสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และมีคะแนนความชอบโดยรวม 6.70 คะแนน อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ดังนั้นหากพิจารณาถึงความเหมาะสมจะเห็นว่าแบตเตอรี่เค้กสูตรที่ 1 มีคุณลักษณะที่โดดเด่นกว่าสูตรอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ สี รวมถึงรสชาติ ผู้วิจัยจึงเลือกแบตเตอรี่เค้กสูตรที่ 1 เป็นสูตรพื้นฐานเพื่อนำไปศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานในการผลิตแบตเตอรี่เค้กในขั้นต่อไป

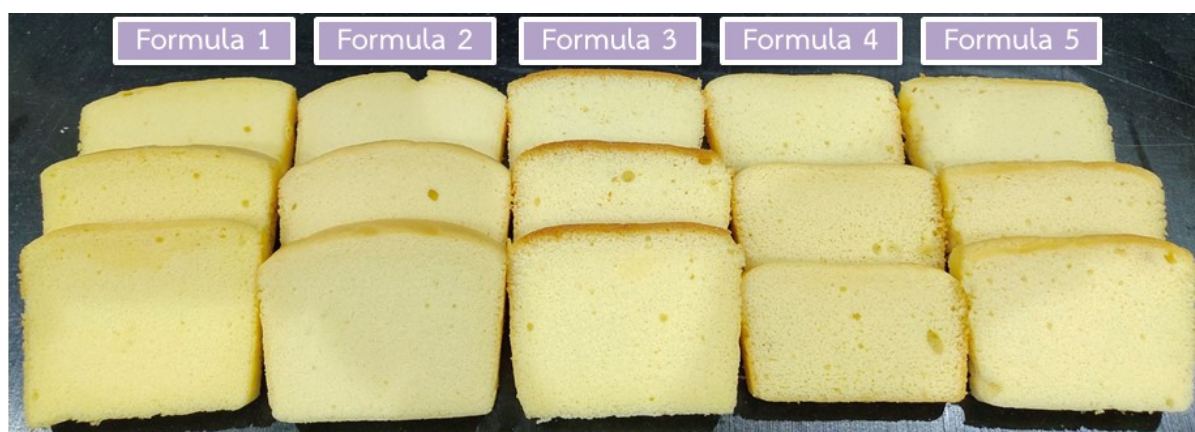


Figure 2 Appearance of butter cake in basic formulas.

Table 4 The sensory score of butter cake in basic formulas

Formula	Overall acceptance	Appearance	Color	Taste	Texture
1	6.70 ^a ±1.39	6.70 ^a ±1.17	6.92 ^a ±1.01	6.58 ^a ±1.55	6.83 ^a ±1.37
2	6.23 ^{ab} ±1.38	6.62 ^a ±1.28	6.87 ^{ab} ±0.98	6.10 ^{abc} ±1.50	6.15 ^b ±1.49
3	6.37 ^{ab} ±1.81	6.18 ^b ±1.43	6.53 ^{abc} ±1.41	6.32 ^{ab} ±1.94	6.25 ^b ±1.91
4	5.70 ^c ±1.66	5.97 ^b ±1.64	6.48 ^{bc} ±1.44	5.55 ^c ±1.76	5.30 ^c ±1.72
5	6.12 ^{bc} ±1.57	5.98 ^b ±1.64	6.35 ^c ±1.36	6.00 ^{bc} ±1.72	5.78 ^{bc} ±1.65

^{a,b,c} Means within the same column followed by different superscript letters are significant difference ($P<0.05$).

ผลการศึกษาปริมาณผงกากข้าวโพดอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อทดแทนแป้งสาลีในแบตเตอรี่เค้ก

จากสูตรแบตเตอรี่เค้กพื้นฐานที่คัดเลือกได้ (แบตเตอรี่เค้กสูตรที่ 1) ทำการเติมผงกากข้าวโพดหวานเพื่อทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 (โดยน้ำหนักแบ่ง) เมื่อนำตัวอย่างแบตเตอรี่เค้กทั้ง 5 ตัวอย่าง ไปชั่งน้ำหนักวัดปริมาตร และความหนาแน่น ผลแสดงดัง Table 5 พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานเพื่อทดแทนแป้งสาลีไม่มีผลต่อน้ำหนักของแบตเตอรี่เค้ก ($P>0.05$) แต่ส่งผลให้แบตเตอรี่เค้กมีปริมาตรลดลง เนื่องจากผงกากข้าวโพดหวานที่เติมลงไปเพื่อทดแทนแป้งสาลีได้ไปเจือจางโปรตีนในส่วนผสมเค้ก ทำให้ความสามารถในการเก็บอากาศในโครงสร้างระหว่างกระบวนการอบลดลง เป็นผลให้ตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดมีความฟูน้อยและปริมาตรลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม (AlKehayez et al., 2022) และยังส่งผลให้เค้กมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนด้วยผงกากข้าวโพดหวานอีกด้วย ($P<0.05$) สังเกตได้ด้วยตาจะเห็นว่าบริเวณด้านล่างของเค้กมีลักษณะอัดตัวกันแน่น และมีรูพูนขนาดเล็ก Salehi and Aghajanzadeh (2020) รายงานว่าการเติมผงที่ได้จากผลไม้และผัก เช่น แอปเปิล มะตูม อโรเนียเบอร์รี่ กากองุ่น เนื้อมะม่วง เปลือกมะม่วง แครร์รอต และฟักทอง เป็นต้น มีอิทธิพลต่อลักษณะทางกายภาพของเค้ก เช่น ปริมาตร ความหนาแน่น และเนื้อสัมผัส ผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rupasinghe et al. (2009) ที่รายงานว่าการลดปริมาณกลูเตนจากการใช้แอปเปิลผสมกับแป้งสาลีมีผลต่อว่าความสูง ปริมาตร และความหนาแน่นของเค้ก นอกจากนี้ Mau et al. (2017) พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสาลีที่ระดับ 10-

100 ไม่มีผลต่อของน้ำหนักซีฟฟอนเค้ก ($P>0.05$) แต่ส่งผลให้เค้กที่ได้มีปริมาตรลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เช่นเดียวกับ Kumnongphai and Nanthachai (2018) พบว่าการเพิ่มระดับของผงใบมะรุมาจากร้อยละ 0-20 โดยน้ำหนักมีผลต่อการลดลงของปริมาตรและการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของเค้กสปันจ์ ($P<0.05$)

สำหรับผลการวัดค่าสีในระบบ $L^* a^* b^*$ แสดงดัง Figure 3 และ Table 6 พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานลงในบัตเตอร์เค้กทำให้เค้กมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ค่าความสดของสี (C^*) เพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทน แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีความเข้มของสีมากขึ้น ส่วนค่ามุมองศาของโทนสี (h°) ลดลงตามระดับการทดแทนด้วยผงกากข้าวโพดหวานอย่างมีนัยสำคัญ โดยอยู่ในช่วง 75.73-83.60 แสดงถึงสีอยู่ในช่วงส้มแดงถึงเหลือง เมื่อพิจารณาจาก C^* และ h° ของตัวอย่างบัตเตอร์เค้กอยู่ในช่วงสีเหลืองและความเข้มของสีเพิ่มตามระดับการทดแทนของผงกากข้าวโพดหวาน ทั้งนี้เนื่องจากผงกากข้าวโพดหวานมีลักษณะเป็นสีเหลืองส่งผลให้บัตเตอร์เค้กที่เติมผงกากข้าวโพดหวานมีสีเหลืองที่เข้มกว่าสูตรควบคุม เพราะในกากข้าวโพดหวานมีสารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลือง ส้ม แดง และส้ม-แดงเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งรงควัตถุสารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์นั้นประกอบไปด้วยแคโรทีนและแซนโทฟิลล์ โดยแคโรทีนอยด์ที่สำคัญ ได้แก่ ซีแซนทีน คริปโตแซนทีน เบต้าแคโรทีน และลูทีน (Omueti and Ajomale, 2005; Thepyothin et al., 2021)

Table 5 Cake weight, cake volume and cake density of butter cake added dried sweet corn cake powder

% DSCP (w/w)	Cake weight ^{ns} (g)	Cake volume (cm ³)	Cake density (g/cm ³)
control	433.64±5.42	798.00 ^a ±28.28	0.54 ^c ±0.01
25%	436.22±0.07	728.00 ^b ±11.31	0.60 ^b ±0.01
50%	430.57±4.14	688.00 ^b ±2.83	0.63 ^b ±0.01
75%	433.89±2.92	605.00 ^c ±35.36	0.72 ^a ±0.04
100%	431.42±0.49	576.00 ^c ±8.49	0.75 ^a ±0.01

^{a,b,c} Means within the same column followed by different superscript letters are significant difference ($P<0.05$).

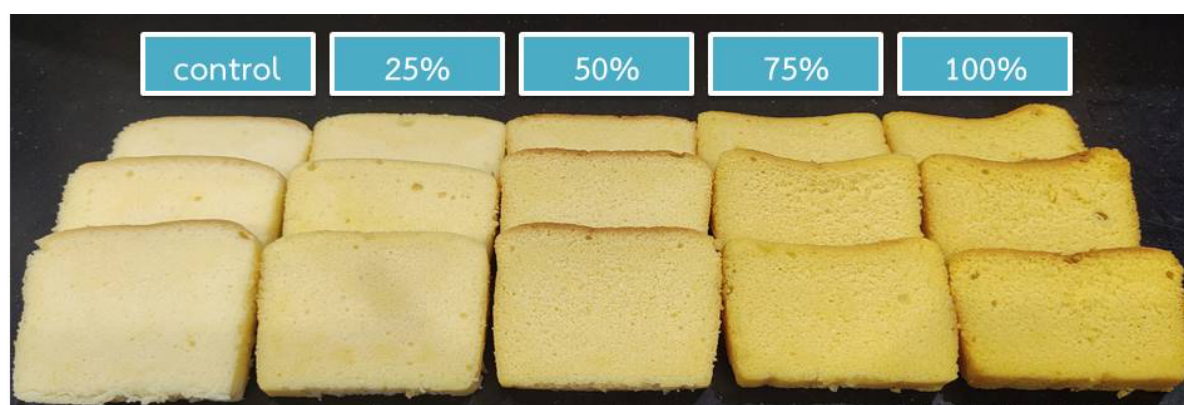


Figure 3 Appearance of butter cake added dried sweet corn cake powder.

Table 6 Color value of butter cake added dried sweet corn cake powder

% DSCP (w/w)	L^*	a^*	b^*	Chroma (C^*)	Hue angle (h°)
control	69.89 ^a ±0.04	2.59 ^d ±0.15	23.00 ^b ±1.00	23.15 ^c ±1.01	83.60 ^a ±0.04
25%	67.49 ^{ab} ±0.57	4.00 ^{cd} ±0.02	28.33 ^a ±0.03	28.61 ^b ±0.03	81.97 ^{ab} ±0.04
50%	64.32 ^{bc} ±1.05	5.61 ^{bc} ±0.75	29.71 ^a ±0.78	30.24 ^{ab} ±0.63	79.28 ^{bc} ±1.68
75%	62.44 ^c ±2.20	6.44 ^{ab} ±1.04	29.96 ^a ±0.42	30.95 ^a ±0.24	77.87 ^c ±2.06
100%	62.34 ^c ±2.21	7.72 ^a ±0.66	30.43 ^a ±1.32	31.12 ^a ±1.07	75.73 ^c ±1.76

^{a,b,c} Means within the same column followed by different superscript letters are significant difference ($P<0.05$).

จากการวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของบัตเตอร์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานที่ระดับต่างๆ ด้วยเครื่อง Texture Analyzer แสดงดัง Table 7 พบว่าบัตเตอร์เค้กที่ใช้ผงกากข้าวโพดหวานทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0-50 มีค่าความแข็ง (Hardness) ความยืดหยุ่น (Springiness) การเกาะตัวกัน (Cohesiveness) ความเหนียวคล้ายยาง (Gumminess) และความยากในการเคี้ยว (Chewiness) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนที่ร้อยละ 75-100 ส่งผลให้ตัวอย่างบัตเตอร์เค้กมีความยืดหยุ่นและความยากในการเคี้ยวลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม สำหรับความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงตามระดับการทดแทน อาจเกิดจากการที่ผลิตภัณฑ์มีปริมาณกลูเตนลดลง เนื่องจากกลูเตนมีคุณสมบัติทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวและความยืดหยุ่นได้ นอกจากนั้นยังทำหน้าที่เป็นตัวกักเก็บก๊าซและการเกิดโครงร่างของผลิตภัณฑ์เมื่อได้รับความร้อน (Dangsungwal et al., 2011; Saentaweek and Santea, 2014) จากการทดลองจะสังเกตได้ว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานที่ระดับน้อยกว่าร้อยละ 50 ส่งผลให้บัตเตอร์เค้กมีค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น การเกาะตัวกัน ความเหนียวคล้ายยาง และความยากในการเคี้ยวลดลง แต่เมื่อระดับการทดแทนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 100 เค้กจะเริ่มมีค่าความแข็ง การเกาะตัวกัน ความเหนียว รวมถึงความยากในการเคี้ยวเพิ่มขึ้นแม้จะไม่มีความสำคัญก็ตาม เนื่องจากที่ระดับการทดแทนร้อยละ 100 ไม่มีกลูเตนในระบบ โครงสร้างของเค้กจึงเกิดการยุบตัวขณะอบและแน่นเนื้อ สังเกตเห็นได้จากบริเวณผิวหน้าหรือด้านบนของบัตเตอร์เค้กมีลักษณะยุบตัว เนื้อเค้กมีลักษณะร่วนนุ่ม ส่วนด้านล่างเนื้อเค้กอัดตัวกันแน่น ดัง Figure 3 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Lao et al. (2019) ที่พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานจากข้าวโพดพันธุ์ YT28 ที่ระดับต่ำกว่าร้อยละ 60 ในผลิตภัณฑ์เค้กส่งผลให้ค่าความแข็งและความยากในการเคี้ยวลดลง ส่วนความเหนียวคล้ายยางของเค้กแทบจะไม่มีเลย แต่เมื่อเพิ่มผงกากข้าวโพดหวานที่ระดับร้อยละ 90 หรือ 100 เค้กมีความแข็งและเคี้ยวได้ยากมากขึ้น สำหรับความยืดหยุ่นและการคืนตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้เค้กมีคุณภาพลดลง นอกจากนั้นแล้วผลการทดลองยังคล้ายคลึงกับ Tongtangwong (2010) ที่ทำรายงานว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสาลีที่ระดับร้อยละ 50-80 ส่งผลให้บัตเตอร์เค้กมีความแน่นเนื้อ (Firmness) ความเหนียวคล้ายยางและความยากในการเคี้ยวต่ำกว่าบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งสาลีล้วน แต่เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนถึงร้อยละ 90-100 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้นและใกล้เคียงกับสูตรควบคุม เนื่องจากบัตเตอร์เค้กมีปริมาณกลูเตนลดลงหรือไม่มีเลย โครงสร้างของเค้กจึงมีความแข็งแรงน้อย เค้กจึงเกิดการยุบตัวขณะอบ เนื้อเค้กจึงอัดตัวกันแน่นและมีเนื้อสัมผัสที่แข็ง Salehi et al. (2016) ใช้ผงแครอทเพื่อเพิ่มใยอาหารให้กับผลิตภัณฑ์สปีนจ์เค้ก พบว่าการเติมผงแครอทร้อยละ 0-10 เค้กมีค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น การเกาะตัวกัน ความเหนียวคล้ายยาง และความยากในการเคี้ยวลดลง แต่เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนเป็นร้อยละ 30 ส่งผลให้ค่าดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนของบัตเตอร์เค้กทั้ง 5 ตัวอย่าง พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานทำให้ผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยที่ระดับการทดแทนร้อยละ 100 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงสุดคือ 88.18 ไมโครกรัม/100 กรัม รองลงมาคือที่ระดับการทดแทนร้อยละ 75, 50, 25 และ 0 ซึ่งมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 80.60, 61.39, 41.23 และ 20.48 ไมโครกรัม/100 กรัม ตามลำดับ (Figure 4) สารเบต้าแคโรทีนสามารถพบได้ในข้าวโพดหวาน มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้แข็งแรง เป็นสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งช่วยลดความเสี่ยงต่อภาวะมะเร็ง ทั้งยังบำรุงสุขภาพของดวงตา (Druesne-Pecollo et al., 2009) Scott and Eldridge (2005) พบว่าในข้าวโพดฝักสดพันธุ์ White Shoepeg (WS) และ Golden Whole Kernel (GWK) มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน 0.82 และ 15.69 ไมโครกรัม/100 กรัม Sopa et al. (2022) พบว่าข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์อินทรี 2, KSSC 704, KSSC 705 และ Hi-brix 81 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน 67.37, 63.71, 59.90 และ 40.77 ไมโครกรัม/100 กรัม ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้วผลการทดลองที่ได้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lao et al. (2019) พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานจากข้าวโพดพันธุ์ YT28 ในผลิตภัณฑ์เค้กส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นจาก 2.35 ไมโครกรัม/100 กรัม (ผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 0) เป็น 4.59 ไมโครกรัม/100 กรัม (ผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 100)

Table 7 Textural properties of butter cake added dried sweet corn cake powder

%DSCP (w/w)	Hardness ^{ns} (g)	Springiness	Cohesiveness ^{ns}	Gumminess ^{ns} (g)	Chewiness (g)
Control	4,867.71±465.31	0.68 ^a ±0.07	0.42±0.04	2,011.55±24.24	1,370.57 ^a ±116.70
25%	4,517.56±583.87	0.71 ^a ±0.08	0.40±0.05	1,841.23±453.45	1,317.26 ^a ±416.77
50%	4,467.54±745.88	0.57 ^{ab} ±0.11	0.36±0.00	1,592.38±272.08	932.59 ^{ab} ±322.28
75%	4,518.97±409.53	0.51 ^b ±0.06	0.35±0.02	1,565.96±106.35	799.87 ^b ±134.12
100%	4,669.32±214.62	0.50 ^b ±0.06	0.38±0.05	1,788.42±277.07	889.84 ^{ab} ±155.71

^{a,b,c} Means within the same column followed by different superscript letters are significant difference ($P<0.05$).

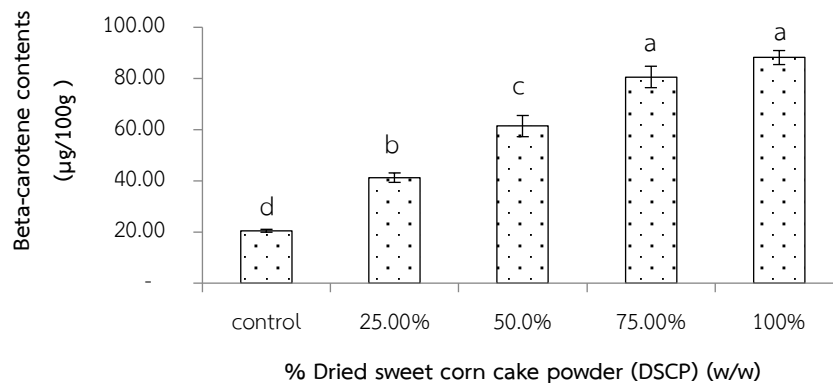


Figure 4 β -carotene content of butter cake added dried sweet corn cake powder. ^{a, b, c, d} Different letters on the bars represent significant difference ($P < 0.05$).

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Table 8) พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานเพื่อทดแทนแป้งสาลีในบัตเตอร์เค้กส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมีแนวโน้มลดลงตามระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามที่ระดับการทดแทนร้อยละ 25-50 ค่าคะแนนความชอบในทุกๆ คุณลักษณะ ได้แก่ ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมผงกากข้าวโพดหวาน ($P > 0.05$) นอกจากนั้นแล้วการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานที่ระดับร้อยละ 25-50 บัตเตอร์เค้กมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่แตกต่างกับการใช้แป้งสาลีล้วน สังเกตได้จากค่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสที่ได้จากผู้ทดสอบชิมมีความสอดคล้องกับผลการวัดเนื้อสัมผัสที่ได้จากเครื่อง Texture Analyzer (Table 6) ซึ่งพบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 25-50 บัตเตอร์เค้กมีค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น การเกาะตัวกัน ความเหนียวคล้ายยาง รวมถึงความยากในการเคี้ยวไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($P > 0.05$) สำหรับคะแนนความชอบโดยรวมจะเห็นได้ว่าที่ระดับการทดแทนร้อยละ 75 เป็นระดับสูงสุดที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคะแนนมากกว่า 6 คะแนน คืออยู่ในระดับชอบเล็กน้อย แต่เมื่อระดับการทดแทนเพิ่มเป็นร้อยละ 100 ผลิตภัณฑ์เริ่มไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม เนื่องจากมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 5 คะแนน คือ บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ ปัจจัยที่ทำให้บัตเตอร์เค้กไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้ทดสอบชิม อาจเนื่องมาจากสีของผลิตภัณฑ์ที่เข้มขึ้น บัตเตอร์เค้กมีกลิ่นของข้าวโพดที่มากเกินไป รวมถึงเนื้อเค้กมีลักษณะที่ร่วน Salehi and Aghajanzadeh (2020) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพเคมีของเค้กที่เติมผงจากผักและผลไม้บดแห้งมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส นอกจากนั้นแล้วชนิดและปริมาณของผงจากพืชยังมีความสำคัญ เนื่องจากมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบ Kirbaş et al. (2019) พบว่าการเสริมโยอาหารด้วยผงที่ได้จากพืช คือ ผงกากแอปเปิล ผงกากแครอท และผงกากส้มในผลิตภัณฑ์เค้กมีผลต่อการการยอมรับทางประสาทสัมผัส เช่น สี เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวม โดยการเติมผงกากส้มร้อยละ 5 ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดจากผู้ทดสอบชิม

ดังนั้นจึงเลือกการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานที่ระดับร้อยละ 50 สำหรับการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบและการยอมรับที่สูงในทุกคุณลักษณะและไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

Table 8 Sensory evaluation of butter cake added dried sweet corn cake powder

% DSCP (w/w)	Overall acceptance	Appearance	Color	Texture	Taste	Flavor
Control	7.18 ^a ±1.29	7.26 ^a ±1.44	7.22 ^a ±1.56	7.10 ^a ±1.28	7.10 ^a ±1.28	6.90 ^a ±1.25
25%	6.98 ^a ±1.36	7.10 ^a ±0.91	7.26 ^a ±0.85	6.88 ^a ±1.48	6.88 ^a ±1.48	6.88 ^a ±1.22
50%	6.80 ^a ±1.43	6.92 ^a ±1.12	6.94 ^a ±1.25	6.60 ^{ab} ±1.48	6.60 ^{ab} ±1.48	6.52 ^{ab} ±1.37
75%	6.16 ^b ±1.61	6.16 ^b ±1.56	6.22 ^b ±1.61	6.10 ^b ±1.61	6.10 ^b ±1.61	6.28 ^b ±1.37
100%	5.58 ^c ±1.81	5.50 ^c ±1.67	5.70 ^c ±1.66	5.42 ^c ±1.97	5.42 ^c ±1.97	5.76 ^c ±1.73

^{a,b,c} Means within the same column followed by different superscript letters are significant difference ($P < 0.05$).

ผลการตรวจสอบคุณภาพของบัตเตอร์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยกากข้าวโพดที่ได้รับการคัดเลือก

เมื่อนำบัตเตอร์เค้กที่เติมผงกากข้าวโพดหวานทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 50 ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าบัตเตอร์เค้กที่เติมผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 50 มีปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำกว่าสูตรควบคุม ($P<0.05$) และปริมาณความชื้นต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากผงกากข้าวโพดหวานมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้น้อยกว่าแป้งสาลี Phugan (2016) รายงานว่าการเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าร้อยละ 10-30 ในผลิตภัณฑ์เค้กส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระของเค้กลดลงและการเสริมผงกล้วยหอมที่ระดับร้อยละ 10 ยังทำให้ตัวอย่างเค้กมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม เช่นเดียวกับ Teeta et al. (2023) ที่พบว่าตัวอย่างชิฟอนเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยดิบที่ระดับร้อยละ 20-100 มีการลดลงของปริมาณน้ำอิสระ นอกจากนั้นแล้วการเติมผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 50 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กมีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณโปรตีน เถ้า และใยอาหารสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (Table 9) จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณเถ้าในตัวอย่างบัตเตอร์เค้กยังสามารถใช้ประมาณการถึงปริมาณแร่ธาตุทั้งหมดในอาหารได้ด้วย เนื่องจากเถ้าคือสารอนินทรีย์หรือแร่ธาตุที่เหลืออยู่หลังจากการเผาไหม้สารอินทรีย์ในอาหารที่อุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส ดังนั้นอาหารที่มีเถ้าสูงมักจะมีแร่ธาตุสูงตาม (Sinay and Harijati, 2021) สำหรับค่าพลังงานและพลังงานจากไขมันของตัวอย่างที่ระดับการทดแทนร้อยละ 50 ไม่พบความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุม ($P>0.05$)

Table 9 Chemical composition of cookies added dried sweet corn cake powder

Chemical compositions	Control	DSCP 50%
Water activity	0.948 ^a ±0.001	0.935 ^b ±0.001
Moisture ^{ns} (%)	30.04±0.33	29.68±0.25
Protein (%)	7.39 ^b ±0.09	8.07 ^a ±0.04
fat ^{ns} (%)	24.41±0.63	24.15±1.02
Ash (%)	0.94 ^b ±0.01	1.14 ^a ±0.03
Total carbohydrate ^{ns} (%)	37.24±0.39	36.97±1.33
Total dietary fiber (g/100 g)	0.38 ^b ±0.23	1.68 ^a ±0.21
Total energy ^{ns} (kcal/100 g)	398.13±4.48	397.49±3.99
Energy from fat ^{ns} (kcal/100 g)	219.65±5.66	217.35±9.16

^{a,b} Means within the same row followed by different superscript letters are significant difference ($P<0.05$).

^{ns} means no significant difference ($P>0.05$).

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาปริมาณของผงกากข้าวโพดหวานที่เหมาะสมเพื่อทดแทนแป้งสาลีในบัตเตอร์เค้กที่ระดับร้อยละ 0-100 พบว่าปริมาณของผงกากข้าวโพดหวาน มีผลให้เค้กมีปริมาตรลดลง ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังส่งผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ทำให้ค่าความสดของสี (C^*) ผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ส่วนค่ามุมมองของโทนสี (h°) ลดลงตามระดับการทดแทนด้วยผงกากข้าวโพดหวาน ($P<0.05$) ปริมาณของผงกากข้าวโพดหวานที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในการทดแทนแป้งสาลีในการทำบัตเตอร์เค้ก คือ ร้อยละ 50 เนื่องจากเป็นสูตรที่มีค่าคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($P>0.05$) บัตเตอร์เค้กสูตรดังกล่าวยังมีปริมาณโปรตีน เถ้า ใยอาหาร และสารเบต้าแคโรทีนสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ($P<0.05$) ดังนั้นจึงสามารถนำผงกากข้าวโพดหวานมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กเพื่อทดแทนแป้งสาลีและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้ ผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กที่ได้มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นแหล่งของวิตามินเอเพิ่มขึ้น 3 เท่า เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนั้นแล้วยังเป็นการนำกากข้าวโพดหวานซึ่งเป็นของเหลือใช้จากกระบวนการผลิตนํ้ามข้าวโพดหวานมาใช้ให้เกิดประโยชน์และสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รวมถึงรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2565 ที่สนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยครั้งนี้

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: บงกชมาศ โสภา, เสาวนีย์ ฝัดศิริ. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: บงกชมาศ โสภา, เสาวนีย์ ฝัดศิริ, จุฑามาศ กองผาพา. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: บงกชมาศ โสภา. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: บงกชมาศ โสภา. การมีส่วนร่วมในการเขียน manuscript: บงกชมาศ โสภา.

เอกสารอ้างอิง

- Ahmed, Z. Al-Sharnoby, G. A., & EL-Waseif, M. A. (2021). Use of banana peela A by-product to increase the nutritive value of the cake. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 12(4), 87-97.
- AlKehayez, N. M., Alshawi, A. H., & Aljobair, M. O. (2022). The physicochemical composition and sensory attributes of sponge cake fortification with date powder. *Food Science and Technology*, 42(1), e92522.
- Al-Muhtaseb, A. H., McMinn, W., Megahey, E., Neill, G., & Magee, R. (2013). Textural characteristics of microwave-baked and convective-baked madeira cake. *Journal of Food Processing & Technology*, 4(2), 1-8.
- AACC. (2000). *Approved Methods of The American Association of Cereal Chemists*. 10th Ed. American Association of Cereal Chemists, Inc.
- AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 21st Ed. Association of Official Agricultural Chemists International.
- Boonkong, J., & Ratchompoo, N. (2010). Partial utilization of eucia as fat replacer in butter cake. *Journal of Food Technology, Siam University*. 5(1), 26-35. (in Thai).
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Chanpreamjit, N. (2019). *Butter Cake: ChefNuN Cooking*. Retrieved from: <https://www.youtube.com/watch?v=WRNNZVotTE0>. (in Thai).
- Dangsungwal, N., Siri Wong, N., & Riebroy, S. (2011). Use of banana flour substituted for wheat flour in brownie. In *Proceedings of the 49th Kasetsart University Annual Conference*, pp. 66-73. Kasetsart University. (in Thai).
- Druesne-Pecollo, N., Latino-Martel, P., Norat, T., Barrandon, E., Bertrais, S., Galan, P., & Hercberg, H. (2009). Beta-carotene supplementation and cancer risk: a systematic review and metaanalysis of randomized controlled trials. *International Journal of Cancer*, 127(1), 172-184.
- Ho, L. H. (2017). Nutritional, physical and sensory quality evaluation of sponge cake prepared by substitution of wheat flour by sweet potato (*Ipomoea* spp.) flours. *World Applied Sciences Journal*, 35(8), 1348-1360.
- Kirbaş, Z., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2019). Effects of apple, orange and carrot pomace powders on gluten-free batter rheology and cake properties. *Journal of Food Science & Technology*, 56(2), 914-926.
- Kumnongphai, P., & Nanthachai, N. (2018). Effect of Moringa leaf powder on quality of sponge cake. In *Proceedings of the 6th Academic Science and Technology Conference 2018*, pp. AS-405-410. Huachiew Chalermprakiet University. (in Thai).
- Lao, Y. X., Yu, Y. Y., Li, G. K., Chen, S. Y., Li, W., Xing, X. P., Wang, X. M., Hu, J. G., & Guo, X. B. (2019). Effect of sweet corn residue on micronutrient fortification in baked cakes. *Foods*, 8(7), 260.
- Maeban Publishing. (2011). *Basic Bakery*. Maeban Publishing. (in Thai).
- Mahasawasde, S. (2010). Effects of adding dried corn cake powder on physical properties of a waffle. In *Proceedings of the 48th Kasetsart University Annual Conference*, pp. 147-153. Kasetsart University. (in Thai).
- McGuire, R. G. (1992) Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Mau, J. L., Lee, C. C., Chen, Y. P., & Lin, S. D. (2017). Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of chiffon cake prepared with black rice as replacement for wheat flour. *LWT-Food Science and Technology*, 75(1), 434-439.

- Nagata, M., & Yamashita, I. (1992). Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaish**, 39(10), 925-928.
- Omueti, O., & Ajomale, K. (2005). Chemical and sensory attributes of soy-corn milk types. **African Journal of Biotechnology**, 4(9), 847-851.
- Phugan, P. (2016). Effects of banana peel powder supplementation on qualities of banana cake. **Srinakharinwirot Science Journal**, 32(2), 227-238. (in Thai).
- Pongjanta, J., Naulbunrang, A., Kawngdang, S., Manon, T., & Thepjaikat, T. (2006). Utilization of pumpkin powder in bakery products. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, 28(Suppl.1), 71-79.
- Promthep, N. (2020). **Study of Antioxidant and Developement of Sterilized Concentrated Corn Milk Products**. Master's Thesis. Mahasarakham University. (in Thai).
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yanh, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, 26(9-10), 1231-1237.
- Rupasinghe, H. P. V., Wang, L., Pitts, N. L., & Astatkie, T. (2009). Baking and sensory characteristics of muffins incorporated with apple skin powder. **Journal of Food Quality**, 32(6), 685-694.
- Salehi, F., Kashaninejad, M., Akbari, E., Sobhani, S. M., & Asadi, F. (2016). Potential of sponge cake making using infrared-hot air dried carrot. **Journal of Texture Studies**, 47(1), 34-39.
- Salehi, F., & Aghajanzadeh, S. (2020). Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: a review. **Trends in Food Science & Technology**, 95(1), 162-172.
- Samiha, A. A. (2015). Chemical, physical and sensory properties of sweet potato cake. **Egyptian Journal of Agricultural Research**, 93(1), 101-115.
- Saentaweek, S., & Santea, M. (2014). Effect of substitution of wheat flour by soymilk meal on butter cake quality. **Agricultural Science**, 45(Suppl.2), 453-456. (in Thai).
- Scott, C. E., & Eldridge, A. L. (2005). Comparison of carotenoid content in fresh. **Journal of Food Composition and Analysis**, 18(6), 551-559.
- Sinay, H., & Harijati, N. (2021). Determination of proximate composition of local corn cultivar from Kisar Island, Southwest Maluku Regency. **Journal of Biology & Biology Education**, 13(3), 258-266.
- Siriamornpun, S. (2003). **Substitution for rice flour for cake production**. Mahasarakham University. (in Thai).
- Sopa, B., Fudsiri, S., & Jankuen, S. (2021). Utilization of dried sweet corn cake powder for wheat flour replacement in brownies. **Agricultural Science**, 52(Suppl.1), 61-64. (in Thai).
- Sopa, B., Fudsiri, S., Jankuen, S., Jitlaka, C., Kanyakam, K., & Kongphapa, J. (2022). Effect of sweet corn varieties on quality of boiled sweet corn and corn milk products. **Agricultural Science**, 53(3), 226-241. (in Thai).
- Sumon, W., Sumon, N., Yaigate, T., Ponglumjiak, S., & Sookmanee, N. (2006). Using of fresh corn fiber after corn milk processing supplemented in Chinese sausage. In **Proceeding of the 44th Kasetsart University Annual Conference**, pp. 56-63. Kasetsart University. (in Thai).
- Teeta, S., Sarobol, M., Wanida, P., Muangtha, N., & Poratoso, Y. (2023). Effects of using green banana flour as a substitute for wheat flour on the production of chiffon cakes. **Food Agricultural Sciences and Technology**, 9(2), 66-78.
- Thepyothin, W., Senawong, N., & Muangphrom, J. (2021). The quality and consumer acceptance of corn milk powder with sugar coating and pasteurized process. In **Proceedings of the 5th Rajamangala University of Technology National Conference**, pp. 192-202. Rajamangala University of Technology. (in Thai).
- Threebbears. (2019). **Butter cake**. Retrieved from: <https://www.youtube.com/watch?v=OiXmpKYF9hM>. (in Thai).
- Tongtangwong, U. (2010). **Substitution of Wheat Flour with Sinin Rice Flour in Cake**. Master's Thesis. Thammasat University. (in Thai).
- Wiriacharee, P. (2018). **Sensory Evaluation**. 2nd Ed. Chiang Mai University. (in Thai).
- Yingngam, B., Monschein, M., & Brantner, A. (2014). Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Cratogeomys formosus* ssp. *formosus* leaves using central composite design and evaluation of its protective ability against H₂O₂-induced cell death. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, 7(Suppl.1), S497-S505.