

ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานต่อคุณภาพของคุกกี้

Effect of Dried Sweet Corn Cake Powder Substitution on Quality of Cookies

บงกชมาศ โสภา^{1*}, เสาวนีย์ ฝัดศิริ¹ และ จุฑามาศ กองผาพา²

Bongkochmas Sopa^{1*}, Saowanee Fudsiri¹ and Juthamas Kongphapa²

¹ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย

² ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ ประเทศไทย

¹ National Corn and Sorghum Research Center, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Thailand

² Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry,

Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Kasetsart University, Thailand

Received : 21 January 2025, Received in revised form : 13 May 2025, Accepted : 13 May 2025

Available online : 21 May 2025

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา : ผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวโพดหวานของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างถือได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในทุกเพศทุกวัย เนื่องจากมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์และรสชาติที่ถูกปาก ส่งผลให้ปริมาณการผลิตน้ำมันข้าวโพดออกสู่ตลาดมีปริมาณมากและทำให้มีกากข้าวโพดซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตมีปริมาณมากตามไปด้วย โดยส่วนใหญ่ผู้ผลิตจะนำกากข้าวโพดไปขายเพื่อผลิตเป็นอาหารสัตว์ประมาณ 900–1,000 กิโลกรัมต่อวัน ดังนั้นเพื่อเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรและลดปริมาณการใช้แป้งสาลี อีกทั้งยังทำให้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีคุณค่าอาหารเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการนำกากข้าวโพดหวานมาใช้ประโยชน์โดยการทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมที่ผู้บริโภคยอมรับดีที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย : ทำการเตรียมผงกากข้าวโพดหวานโดยนำกากสดข้าวโพดหวานอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง บดละเอียดจะได้แป้งที่มีลักษณะเป็นผงมีสีเหลืองละเอียด และทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS free radical scavenging assay ก่อนนำผงกากข้าวโพดหวานไปทดแทนการใช้แป้งสาลีในคุกกี้ ทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานสำหรับการผลิตคุกกี้ โดยใช้สูตรของคุกกี้ที่แตกต่างกัน 5 สูตร ด้วยวิธีประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 50 คน สูตรพื้นฐานที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดจะถูกนำมาทำการพัฒนาสูตรคุกกี้ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวาน โดยศึกษาการทดแทนการใช้แป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานในคุกกี้ที่ปริมาณร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 (โดยน้ำหนักแป้ง) นำตัวอย่างคุกกี้ไปตรวจสอบลักษณะทางด้านกายภาพ เคมี ได้แก่ ความกว้าง ความหนา อัตราการแผ่ขยายตัว ค่าความแข็ง ค่าสี ปริมาณน้ำอิสระ องค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า

คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร) ปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส

ผลการวิจัย : ผงกากข้าวโพดหวานที่ผ่านการอบแห้งและบดละเอียด พบว่ามีค่าความสว่าง (L^*) ความเป็นสีแดง (a^*) ความเป็นสีเหลือง (b^*) คือ 77.39, 7.68 และ 37.83 ตามลำดับ สำหรับค่าความสดของสี (C^*) คือ 38.60 ส่วนค่ามุมมองของโทนสี (h°) คือ 78.51 อยู่ในช่วงความเป็นสีส้มแดงถึงเหลือง และความแตกต่างของสี (ΔE) คือ 16.30 นอกจากนั้นแล้วยังมีสารเบต้าแคโรทีน 350.52 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด 55.36 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS 94.48 และ 44.72 มิลลิกรัมสมมูลของไทโรลออกซ์ต่อ 100 กรัม ตามลำดับสำหรับผลการคัดเลือกคูกี้สูตรพื้นฐานพบว่า คูกี้สูตรพื้นฐานสูตรที่ 4 มีค่าคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสูงกว่าสูตรอื่นๆ โดยมีส่วนประกอบหลัก คือ แป้งสาลีอเนกประสงค์ น้ำตาล เนยเค็ม ไข่ไก่ ผงฟู เบกกิ้งโซดา ร้อยละ 27.18, 27.18, 36.35, 8.95, 0.23 และ 0.11 ตามลำดับ ดังนั้นคูกี้สูตรพื้นฐานที่ 4 จึงถูกเลือกไปศึกษาในระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวาน พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานลงในคูกี้ไม่มีผลต่อค่าความกว้าง ความหนา และอัตราการแผ่ขยายตัว ($p>0.05$) ยกเว้นค่าความแข็งและปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่เพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทน ($p\leq 0.05$) นอกจากนั้นแล้วยังมีค่าความสว่างลดลง ส่วนค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น ($p\leq 0.05$) สำหรับค่าความสดของสี (C^*) และความแตกต่างของสี (ΔE) เพิ่มขึ้นขณะที่ค่ามุมมองของสี (h°) ลดตามระดับการทดแทนด้วยผงกากข้าวโพด โดยอยู่ในช่วง 63.92–75.36 แสดงถึงสีอยู่ในช่วงสีส้มแดงถึงสีเหลือง สำหรับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของคูกี้พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้น (ร้อยละ 2.00–3.39) โปรตีน (5.95–8.60) ไขมัน (ร้อยละ 28.67–32.22) เถ้า (ร้อยละ 1.08–2.01) และใยอาหาร (ร้อยละ 1.14–8.64) ขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง คือ ร้อยละ 63.32–53.79 ตามระดับของผงกากข้าวโพดหวานที่เพิ่มขึ้น ($p\leq 0.05$) นอกจากนั้นแล้วยังมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน สารปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และ ABTS เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญอีกด้วย ($p\leq 0.05$) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดร้อยละ 25 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$)

สรุปผลการวิจัย : อัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้ผงกากข้าวโพดหวานแทนแป้งสาลี คือ ร้อยละ 25 เนื่องจากได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$) คูกี้ที่ได้มีค่าความสว่าง 57.28 ความเป็นสีแดง 6.51 ความเป็นสีเหลือง 18.04 ค่าความสดของสี 21.88 และมุมมองของสี 71.93 (สีส้มแดงถึงสีเหลือง) มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร ร้อยละ 2.47, 6.77, 29.58, 1.27, 59.92 และ 2.28 ตามลำดับ มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 55.59 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม และ 98.62 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และ ABTS เท่ากับ 12.59 และ

35.16 มิลลิกรัมสมมูลโทรลอคซ์ต่อ 100 กรัม ตามลำดับสรุปได้ว่าการใช้ผงกากข้าวโพดหวานมีศักยภาพในการเพิ่มคุณค่าโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระของคุกกี้

คำสำคัญ : ผงกากข้าวโพดหวาน ; การทดแทนแป้งสาลี ; คุกกี้ ; การประเมินทางประสาทสัมผัส

Abstract

Background and Objectives : The sweet corn milk product from the National Corn and Sorghum Research Center is widely popular among people of all ages due to its unique aroma and pleasing taste. This has resulted in a large quantity of sweet corn milk being produced and released into the market, leading to a significant amount of corn residue, which is a by-product of the production process. The manufacturer sells this corn residue to be used as animal feed, amounting to approximately 900–1,000 kilograms per day. Therefore, to increase the value of agricultural by-products and reduce the use of wheat flour, while also enhancing the nutritional value of the developed products. The objective of this research is to investigate the optimal utilization of wheat flour supplemented with dried sweet corn cake (DSCP) in cookies. The ideal amount of sweet corn residue accepted by consumers was determined in this study.

Methodology : Sweet corn cake powder was prepared by drying fresh sweet corn cake in a hot air oven at 70 degrees Celsius for 24 hours, then grinding and sieving it into a fine yellow powder. The DSCP is analyzed for its physicochemical properties, including color value, beta-carotene content, total phenolic content, and antioxidant activity using the DPPH and ABTS free radical scavenging assay methods. Before using the DSCP to replace wheat flour in cookies, a basic recipe for cookie production was selected. This was done by evaluating five different cookie recipes using sensory evaluation with 50 general panelists as testers. The basic recipe that received the highest overall liking score from the panels was further developed into a cookie recipe by replacing wheat flour with DSCP. Utilization of DSCP for replacing wheat flour by 25, 50, 75 and 100% (w/w) of total flour in cookie were studied. The effect of DSCP supplementation on physical and chemical characteristics, including width, thickness, spread ratio, hardness, color value, water activity, proximate analysis (moisture, protein, fat, ash, carbohydrates and dietary fiber), beta-carotene content, total phenolic content and antioxidant activity were measured using the DPPH and ABTS free radical scavenging assays. The sensory quality attributes of the cookies were evaluated, including overall acceptance, appearance, color, taste, texture, and flavor.

Main Results : The dried and finely ground sweet corn residue powder was found to have lightness (L^*), redness (a^*), and yellowness (b^*) values of 77.39, 7.68, and 37.83, respectively. The chroma (C^*) value was 38.60, the hue

angle (h°) was 78.51, which corresponds to a color range from orange-red to yellow and color different (ΔE) was 16.30. Additionally, the DSCP contained beta-carotene at 350.52 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, a total phenolic content of 55.36 mg GAE/100 g DW and antioxidant activities measured by the DPPH and ABTS methods at 94.48 and 44.72 mg TE/100 g DW, respectively. For the results of the basic cookie selection, it was found that the basic cookie recipe formula 4 had higher liking scores of all sensory characteristics than other formulas. The main ingredients of the optimum basic formulation of cookie products included all-purpose wheat flour, sugar, salted butter, eggs, baking powder and baking soda at 27.18%, 27.18%, 36.35%, 8.95%, 0.23 and 0.11%, respectively. Therefore, the basic formula 4 was selected to study the optimum level of wheat flour replacement with sweet corn cake powder. It was found that adding DSCP to the cookies had no significant effect on width, thickness, or spread ratio ($p > 0.05$), except for hardness and water activity which increased with the substitution level ($p \leq 0.05$). Additionally, the cookies showed a decrease in lightness, while redness and yellowness values increased significantly ($p \leq 0.05$). The chroma value and ΔE increased, while the hue angle decreased as the substitution level of DSCP increased, ranging from 63.92 to 75.36, indicating a color range from orange-red to yellow. The proximate results of the cookies showed an increase in moisture content (2.00–3.39%), protein (5.95–8.60%), fat (28.67–32.22%), ash (1.08–2.01%) and total dietary fiber (1.14–8.64%) as well as decrease in carbohydrate (63.32–53.79) as substitution level of DSCP increase ($p \leq 0.05$). Furthermore, the cookies also showed a significant increase in beta-carotene content, total phenolic content and antioxidant activity when analyzed using the DPPH and ABTS assays ($p \leq 0.05$). The results from sensory evaluation showed that the sample containing 25% DSCP had no difference of overall liking score comparable to the control ($p > 0.05$).

Conclusions : The optimal substitution ratio of DSCP for wheat flour was 25%, as the overall liking score was not significantly different from the control sample ($p > 0.05$). This formulation exhibited a lightness of 57.28, redness of 6.51, yellowness of 18.04, chroma of 21.88 and hue angle of 71.93, indicating a color range from orange-red to yellow. The chemical compositions of cookies with 25% DSCP consist of moisture, protein, total fat, ash, total carbohydrate and total dietary fiber at 2.47, 6.77, 29.58, 1.27, 59.92 and 2.28%, respectively. Beta-carotene and total phenolic content were 55.59 $\mu\text{g}/100\text{g}$ sample and 98.62 mg GAE/100g DW, respectively. Furthermore, the DPPH and ABTS radical scavenging activities were 12.59 and 35.16 mg TE/100g DW, respectively. It could be concluded that the use of DSCP had potential to enhance the nutritional and antioxidant potential of cookies.

Keywords : dried sweet corn cake powder ; wheat flour substitution ; cookie ; sensory evaluation

*Corresponding author. E-mail : ijsbms@ku.ac.th

Introduction

ลูกก๊เป็นหนึ่งนในขมมบที่ได้รับความนิยมทั้งในวัยหนุ่มสาวและผู้สูงอายุเนื่องจากราคาที่ไม่แพง สามารถเก็บรักษาได้นาน และมีคุณค่าทางโภชนาการ โดยมีรสหวานมัน กรอบว่วน ขนาดเล็ก มีหลากหลายรูปร่างและกลิ่นรสที่แตกต่างกัน สำหรับส่วนผสมที่สำคัญในการทำลูกก๊ คือ แป้งสาลี ซึ่งข้าวสาลีที่ปลูกได้ในประเทศไทยมีคุณภาพที่ไม่สม่ำเสมอ และปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้เนื่องจากสภาพภูมิอากาศของประเทศ วัตถุดิบดังกล่าวต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง (Wangpankhajorn *et al.*, 2020; Dangsongwal *et al.*, 2011) จึงมีงานวิจัยที่ทำการทดลองและพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้วัตถุดิบอื่นหรือผลพลอยได้จากการกระบวนการผลิตในการทดแทนการใช้แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ลูกก๊เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและมูลค่าให้กับวัตถุดิบ โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้กับกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ Ho & Abdul Latif (2016) รายงานว่าสามารถใช้แป้งจากเปลือกแก้วมังกรทดแทนการใช้แป้งสาลีบางส่วนในลูกก๊เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการยอมรับด้านประสาทสัมผัสของลูกก๊ Sahni & Shere (2017) นำกากแคร้งที่ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการกระบวนการผลิตน้ำผลไม้มาเพิ่มมูลค่าในผลิตภัณฑ์อาหาร พบว่าการเสริมผงกากแคร้งในลูกก๊ช่วยเพิ่มปริมาณใยอาหารได้อย่างมีนัยสำคัญ และที่ระดับของผงกากแคร้งร้อยละ 10 ลูกก๊ได้รับการยอมรับมากที่สุด เนื่องจากลูกก๊มีลักษณะปรากฏ รสชาติและกลิ่นที่ดี Al-Saab & Gadallah (2021) ได้เติมผงจากเปลือกส้มลงในลูกก๊ พบว่าสามารถเติมได้ที่ระดับสูงสุดร้อยละ 15 โดยที่ลูกก๊ที่ไ้ยังได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส นอกจากนั้นแล้วการเติมผงจากเปลือกส้มยังช่วยเพิ่มใยอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพให้กับลูกก๊ที่ได้อีกด้วย

ผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวโพดหวานของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างถือได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในทุกเพศทุกวัย เนื่องจากมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์และรสชาติที่ถูปาก ส่งผลให้ปริมาณการผลิตน้ำมันข้าวโพดออกสู่ตลาดมีปริมาณมากและทำให้มีกากข้าวโพดซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการบวนการผลิตมีปริมาณมากตามไปด้วย โดยส่วนใหญ่ผู้ผลิตจะนำกากข้าวโพดไปขายเพื่อผลิตเป็นอาหารสัตว์ประมาณ 900–1,000 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งกากข้าวโพดดังกล่าวยังมีคุณค่าทางอาหารที่มีประโยชน์ เมื่อนำกากข้าวโพดสดของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ไปทำอบแห้งและบดเป็นผงพบว่ามีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร ร้อยละ 2.76, 16.67, 9.10, 2.56, 68.91 และ 23.60 ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าในผงกากข้าวโพดหวานยังมีปริมาณเบต้าแคโรทีน 271.87 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม (Sopa *et al.*, 2021) ดังนั้นการนำผลพลอยได้จากการบวนการผลิตน้ำมันข้าวโพดหวานมาใช้ซ้ำจึงช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบ และช่วยลดปัญหาที่เกิดจากการกำจัดผลพลอยได้ในปริมาณมากของโรงงานผลิตน้ำมันข้าวโพด Tinchan *et al.* (2019) ได้เติมกากข้าวโพดหวานทั้งแบบสดและแบบผงในขนมปังโฮลวีต พบว่าการเติมกากข้าวโพดหวานส่งผลให้โครงสร้างของขนมปังเกิดการยุบตัว นอกจากนั้นแล้วยังเติมกากข้าวโพดแบบสดและแบบผงขนมปังที่ได้มีความแข็งแรงลดลงเมื่อเทียบกับขนมปังโฮลวีตทั่วไป โดยปริมาณกากสดที่ระดับร้อยละ 14 เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากช่วยลดความแข็งและเพิ่มปริมาตรจำเพาะของขนมปังได้ดีที่สุด ส่วน Lao *et al.* (2019) พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดเพื่อทดแทนแป้งสาลีทำให้ปริมาณใยอาหาร ไฟเลต วิตามินอี และแคโรทีนอยด์ในเค้กเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 60 ตัวอย่างเค้กมีลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ใช้แป้ง

สาธิต์ล้วน ขณะที่ Sopha *et al.* (2021) รายงานว่าสามารถใช้ผงกากข้าวโพดหวานทดแทนการใช้แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ได้ถึงร้อยละ 100 โดยที่บราวนี่ที่ผลิตได้มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม สำหรับ Nguyen *et al.* (2024) ได้เติมผงกากข้าวโพดหวานซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำนมข้าวโพดหวานเพื่อทดแทนการใช้ซีโมลินา (Semolina) บางส่วนในการผลิตพาสต้าที่มีใยอาหารสูง พบว่าที่ระดับการทดแทนร้อยละ 20 ช่วยเพิ่มใยอาหารปริมาณพินอลทั้งหมด และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในพาสต้าได้อย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดนำกากข้าวโพดที่เหลือทิ้งจากการผลิตน้ำนมข้าวโพดมาใช้ประโยชน์โดยการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับคุกกี้แล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการผลิตน้ำนมข้าวโพดอีกทางหนึ่ง ด้วยเตรียมกากข้าวโพดหวานให้อยู่ในรูปแบบผงเนื่องจากสะดวกต่อการใช้งานและการเก็บรักษา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี กายภาพ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้ผงกากข้าวโพดหวานทดแทนแป้งสาลี เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการพัฒนาคุกกี้ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ดี และสามารถเป็นทางเลือกสำหรับผู้ใส่ใจสุขภาพ

Methodology

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (COE No. COE67/106)

1. การเตรียมผงกากข้าวโพดหวานและการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี-กายภาพ

กากสดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำนมข้าวโพดหวานของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา เตรียมผงกากข้าวโพดหวานโดยนำกากสดข้าวโพดหวานอบแห้งในตู้อบลมร้อน (Memmert, Germany) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียด (Blendtec Connoisseur 825, USA) และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh (Sopha *et al.*, 2021) บรรจุตัวอย่างผงกากข้าวโพดหวานอบแห้ง (Dried sweet corn cake powder, DSCP) ใส่ถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE) ปิดให้สนิทภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาในตู้เย็นเพื่อใช้ในการผลิตคุกกี้ กากสดและผงกากข้าวโพดหวานที่ผ่านการอบแห้งจะถูกนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

1.1 วัดค่าสี ทำการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter รุ่น NR200, China) 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*) ค่ามุมของสี (Hue Angle, h°) ซึ่งจะเป็นค่าสีที่แท้จริงของตัวอย่าง (McGuire, 1992) และความแตกต่างของสี (ΔE) เปรียบเทียบตัวอย่างกากสดกับผงกากข้าวโพดหวาน (İncedayi *et al.*, 2016) จากสมการ

$$\text{Chroma } (C^*) = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (1)$$

$$\text{Hue Angle } (h^\circ) = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2)$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

1.2 วิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าแคโรทีน โดยวิธี Spectrophotometry ตามวิธีของ Nagata & Yamashita (1992) ทำการชั่งตัวอย่างผงกากข้าวโพด 1 กรัม ใส่ลงใน Conical Tube เติมน้ำสารละลายที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ Acetone ในอัตราส่วน 2 : 3 ตัวอย่างละ 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างที่เติมน้ำสารละลายไปปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer (IKA รุ่น T25, Germany) ที่ความเร็ว 9,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ปิดฝาแล้วพักไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 1 คืน นำสารละลายส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer model Evolution 201, China) ที่ความยาวคลื่น 663, 645, 505 และ 453 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ดังสมการ

$$\text{เบต้าแคโรทีน } (\mu\text{g}/100\text{g}) = 0.216A_{663} - 1.22A_{545} - 0.304A_{505} - 0.452A_{453} \quad (4)$$

1.3 วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging assay และ ABTS free radical scavenging assay

การสกัดตัวอย่าง นำตัวอย่างผงกากข้าวโพดหวาน 5 กรัม เติมเอทานอลสมบูรณ์ (Absolute ethanol) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องในสภาวะปลอดแสง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำตัวอย่างสารสกัดไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Hettich รุ่น Universal 320 R, Germany) ที่ความเร็วรอบ 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 (Merck, Germany) ดัดแปลงวิธีจาก Yingngam *et al.* (2014) นำสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 200 ไมโครลิตร เติมน้ำสารละลาย Folin-Ciocalteu's reagent ที่ทำการเจือจาง 10 เท่าปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมน้ำสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) (Merck, Germany) ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 90 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารประกอบ

ฟีนอลิกทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (Sigma-Aldrich, Germany) รายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (mg GAE/100g DW)

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงวิธีจาก Brand-Williams *et al.* (1995) นำสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่นละลาย DPPH (Sigma-Aldrich, Germany) ความเข้มข้น 0.6 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เก็บในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับสารมาตรฐานโทรลอคซ์ (Sigma-Aldrich, Germany) คำนวณหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรูปมิลลิกรัมสมมูลของโทรลอคซ์ (Trolox equivalent: TE) ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (mg TE/100g DW)

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ดัดแปลงวิธีจาก Re *et al.* (1999) ทำการเตรียมสารละลาย ABTS^{•+} (working solution) โดยป้อน ABTS (Sigma-Aldrich, Germany) ที่ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมกับโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (K₂S₂O₈) (Sigma-Aldrich, Germany) 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 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับสารมาตรฐานโทรลอคซ์ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรูปมิลลิกรัมสมมูลของโทรลอคซ์ (Trolox equivalent: TE) ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง (mg TE/100g DW)

2. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของคุกกี้

ทำการผลิตคุกกี้ตามสูตรที่คัดเลือกมาเบื้องต้นจากเอกสารงานวิจัยจำนวน 5 สูตร แสดงดัง Table 1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตคุกกี้ คัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมด้วยวิธีประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส โดยผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 50 คน (Jiamyangyuen, 2003) ที่เป็นนิสิตหรือนักศึกษาฝึกงาน, บุคลากรที่ปฏิบัติงาน ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ และประชาชนที่สนใจในพื้นที่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ประเมินความชอบด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1–9 คะแนน โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบอย่างยิ่ง และ 9 หมายถึง ชอบอย่างยิ่ง จากนั้นคัดเลือกสูตรคุกกี้ที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเพื่อใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานในการศึกษาขั้นต่อไป

3. การศึกษาปริมาณผงกากข้าวโพดอบแห้งที่เหมาะสมในการผลิตคุกกี้

ศึกษาระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานในการผลิตคุกกี้ 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 (โดยน้ำหนักแป้ง) ดัง Table 2 และกำหนดให้สูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกจากขั้นตอนการคัดเลือกคุกกี้สูตรพื้นฐานเป็นตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการทดแทน (ร้อยละ 0) ผลิตคุกกี้ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Poonnakasem (2016) เตรียมคุกกี้โดยนำเนยสดและน้ำตาลทรายตีผสมเครื่องผสม (KitchenAid รุ่น Artisan, USA) ให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นใส่ไข่ผสมเป็น

เวลา 1 นาที ตีด้วยความเร็วปานกลาง (ระดับ 5) ใส่ส่วนผสมของแห้งที่ร่อนไว้แล้ว (แป้งสาลี ผงฟู เบกิ้งโซดา เกลือ) ตีด้วยความเร็วระดับช้า (ระดับ 1) นาน 1 นาที ตักส่วนผสมที่ได้ใส่กระบอกกดคุกกี้ วางบนถาดที่ทาเนย อบคุกกี้ด้วยเตาอบ (Zanussi รุ่น ZOT105KX, China) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที พักให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที แล้วนำตัวอย่างคุกกี้ไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

Table 1 The ingredients of cookies for 5 basic formulas

Ingredients (Gram)	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4	Formula 5
All-purpose wheat flour	0.00	47.68	42.32	27.18	40.96
Cake flour	36.58	0.00	0.00	0.00	0.00
Sugar	18.29	16.28	20.42	27.18	18.43
Salted Butter	31.71	25.58	0.00	36.35	0.00
Unsalted Butter	0.00	0.00	20.42	0.00	30.72
Egg	12.20	9.30	14.94	8.95	6.40
Baking powder	0.49	0.81	1.00	0.23	0.35
Baking soda	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00
Salt	0.00	0.35	0.40	0.00	0.37
Milk	0.00	0.00	0.00	0.00	2.46
Vanilla extract	0.73	0.00	0.50	0.00	0.31

Source: Formula 1 (Meechai, 2017), Formula 2 (Premprasopchok *et. al*, 2015), Formula 3 (Ho & Abdul Latif, 2016), Formula 4 (Poonnakasem, 2016) and Formula 5 (Noiduang & Nakorn, 2015)

3.1 ตรวจสอบความกว้าง (Width; mm) ความหนา (Thickness; mm) และอัตราการแผ่กระจาย (Spread Ratio) ของตัวอย่างคุกกี้ (AAAC, 2000) โดยวัดความกว้างของคุกกี้ที่วางเรียงชิดกัน 6 ชิ้น และวัดความหนาของคุกกี้ที่วางซ้อนทับกัน 6 ชิ้นด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ จากนั้นคำนวณค่าอัตราการแผ่กระจาย ดังสมการ

$$\text{อัตราการแผ่ขยายตัว (Spread Ratio)} = \frac{\text{ความกว้าง (mm)}}{\text{ความหนา (mm)}} \quad (5)$$

3.2 วัดค่าความแข็ง (Hardness) ของคุกกี้ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (Model TA-XT plus, Stable Micro Systems, USA) โดยใช้หัววัดทรงกระบอก (Cylinder Probe, P/6) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัดก่อนวัด (Pre-Test Speed) เท่ากับ 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ขณะวัด (Test Speed) 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที และหลังวัด (Post-Test Speed) 10.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะกดจากผิวคุกกี้เท่ากับ 5 มิลลิเมตร แรงกด 5.0 กรัม ซึ่งค่าความแข็งของคุกกี้อ่านได้จากค่าแรงกดสูงสุด (Maximum Force) มีหน่วยเป็นกรัม (g) (Noiduang & Nakorn, 2015)

3.3 วัดค่าสี ของตัวอย่างคุกกี้ด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter รุ่น NR200) ในระบบ CIE L* a* และ b* คำนวณค่าความสดของสี (Chroma, C*) ค่ามุมของสี (Hue Angle, h°) (McGuire, 1992) และความแตกต่างของสี (ΔE) เปรียบเทียบตัวอย่างควบคุม (Incedayi *et al.*, 2016)

3.4 วัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w) นำตัวอย่างคุกกี้มาบดให้ละเอียดแล้วนำไปวัดค่า a_w ด้วยเครื่อง Water Activity ปริมาณน้ำอิสระ (Decagon, AquaLab Pre, USA) ควบคุมอุณหภูมิการวัดที่ 25 ± 1 องศาเซลเซียส (AOAC, 2019)

3.5 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis) ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และใยอาหาร สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้จากคำนวณ (AOAC, 2019)

3.6 วิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ปริมาณสารเบต้าแคโรทีน (Nagata & Yamashita, 1992) ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงวิธีจาก Yingngam *et al.*, 2014) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (ดัดแปลงวิธีจาก Brand-Williams *et al.*, 1995) และวิธี ABTS (ดัดแปลงจากวิธีของ Re *et al.*, 1999)

3.7 ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ โดยนำคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดไปประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส ด้วยผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 50 คน (Jiamyangyuen, 2003) เป็นนิสิตหรือนักศึกษาฝึกงาน, บุคลากรที่ปฏิบัติงาน ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ และประชาชนที่สนใจในพื้นที่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ประเมินความชอบด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1-9 คะแนน โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบอย่างยิ่ง และ 9 หมายถึง ชอบอย่างยิ่ง

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และทางเคมี โดยแต่ละสิ่งทดลองทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ สำหรับการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยให้ผู้ทดสอบชิมเป็น Block จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 14.0

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

Ingredients (Gram)	Cookies formulation (% of dried sweet corn cake powder; DSCP)				
	0%	25%	50%	75%	100%
All-purpose wheat flour	27.18	20.38	13.59	6.80	0.00
DSCP	0.00	6.80	13.59	20.38	27.18
Sugar	27.18	27.18	27.18	27.18	27.18
Salted Butter	36.35	36.35	36.35	36.35	36.35
Egg	8.95	8.95	8.95	8.95	8.95
Baking powder	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Baking soda	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11

Results

1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี-กายภาพของกากข้าวโพดหวาน

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี-กายภาพของกากข้าวโพดหวานที่ผ่านและไม่ผ่านการอบแห้ง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ของค่าสีได้แก่ มีค่าความสว่าง (L^*) ความเป็นสีแดง (a^*) ความเป็นสีเหลือง (b^*) ความสดของสี (C^*) และมุมของโทนสี (h°) เช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ดังแสดงใน Table 3 โดยกากสดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 มีค่าความสว่าง (L^*) 65.06 ความเป็นสีแดง (a^*) 3.03 ความเป็นสีเหลือง (b^*) 28.29 ค่าความสดของสี (C^*) 28.45 ส่วนค่ามุมของโทนสี (h°) 83.87 อยู่ในช่วงความเป็นสีส้มแดงถึงเหลือง เมื่อนำกากข้าวโพดสดไปอบแห้งและบดให้ละเอียดเป็นผงมีค่า L^* a^* และ b^* คือ 77.39, 7.68 และ 37.83 ตามลำดับ สำหรับค่า C^* คือ 38.60 มีค่า h° คือ 78.51 อยู่ในช่วงความเป็นสีส้มแดงถึงเหลือง (Figure 1) ส่วนความแตกต่างของสี (ΔE) ของกากข้าวโพดสดและผงกากข้าวโพด คือ 16.30 นอกจากนั้นแล้วในกากสดข้าวโพดหวานและผงกากข้าวโพดหวานยังมีปริมาณเบต้าแคโรทีน 170.14 และ 350.52 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด 11.30 และ 55.36 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม ตามลำดับ มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เท่ากับ 3.28 และ 9.45 มิลลิกรัมสมมูลของโพลกซ์ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ สำหรับค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS คือ 43.12 และ 44.72 มิลลิกรัมสมมูลของโพลกซ์ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ

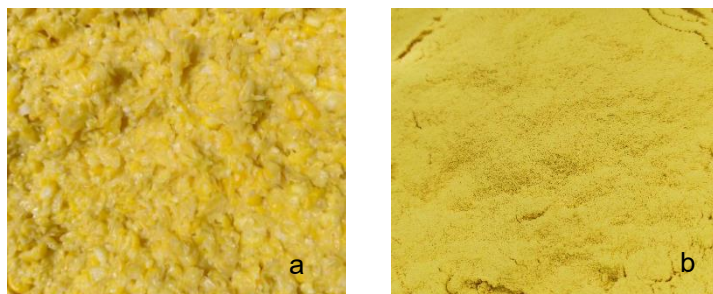


Figure 1 Fresh sweet corn cake (a) and dried sweet corn cake powder (b)

Table 3 Physical and chemical properties of fresh sweet corn cake powder (FSCP) and dried sweet corn cake powder (DSCP)

Physical and chemical properties	FSCP	DSCP
Color		
Lightness (L*)	65.06 ^b ±0.02	77.39 ^a ±0.30
Redness (a*)	3.03 ^b ±0.08	7.67 ^a ±0.17
Yellowness (b*)	28.29 ^b ±1.25	37.83 ^a ±0.88
Chroma (C*)	28.45 ^b ±1.25	38.60 ^a ±0.84
Hue angle (h°)	83.87 ^a ±0.21	78.51 ^b ±0.48
ΔE	-	16.30±0.96
β -carotene content (µg/100 g)	170.14 ^b ±1.64	350.52 ^a ±1.39
Total phenolic content (mg GAE/100g DW)	11.30 ^b ±0.04	55.36 ^a ±1.01
DPPH (mg TE/100g DW)	32.78 ^b ±1.14	94.48 ^a ±1.67
ABTS (mg TE/100g DW)	43.12 ^b ±0.15	44.72 ^a ±0.43

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

^{a,b} Means within the same column followed by different superscript letters are significant difference ($p \leq 0.05$)

2. ผลการคัดเลือกคุกกี้สูตรพื้นฐาน

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบโดยผู้ทดสอบชิมทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale ผลแสดงดัง Table 4 สำหรับลักษณะปรากฏของคุกกี้หลัง

อบทั้ง 5 สูตรแสดงดัง Figure 2 ผลการศึกษาพบว่าสูตรพื้นฐานสูตรที่ 4 (Poonnakasem, 2016) มีค่าคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสูงกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีส่วนประกอบหลัก คือ แป้งสาลี อเนกประสงค์ น้ำตาล เนยเค็ม ไข่ไก่ ผงฟู เบกกิ้งโซดา ร้อยละ 24.90, 24.90, 33.30, 8.20 และ 0.10 ตามลำดับ หากพิจารณาถึงความเหมาะสมจะเห็นได้ว่าคุกกี้สูตรที่ 4 มีคุณลักษณะที่โดดเด่นกว่าสูตรอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องรสชาติ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ดังนั้นจึงเลือกคุกกี้สูตรที่ 4 เป็นสูตรพื้นฐานเพื่อนำไปศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานในการคุกกี้นั้นต่อไป

Table 4 The sensory score of cookies in basic formulas

Formula	Overall acceptance	Appearance ^{ns}	Color ^{ns}	Taste	Texture	Flavor
1	6.80 ^{bc} ±1.20	6.82±1.14	7.16±0.91	6.52 ^b ±1.62	6.72 ^b ±1.40	6.88 ^{ab} ±1.39
2	6.92 ^{ab} ±1.61	6.70±1.50	6.80±1.53	6.86 ^{ab} ±1.76	6.98 ^{ab} ±1.53	6.82 ^{ab} ±1.48
3	7.18 ^{ab} ±1.06	7.04±1.01	7.18±1.14	6.98 ^{ab} ±1.34	7.16 ^{ab} ±1.36	7.02 ^a ±1.27
4	7.32 ^a ±1.15	7.08±1.21	7.12±1.14	7.34 ^a ±1.15	7.36 ^a ±1.32	7.20 ^a ±1.11
5	6.42 ^c ±1.51	7.02±1.17	7.20±1.26	6.64 ^b ±1.38	5.80 ^c ±1.95	6.52 ^b ±1.58

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

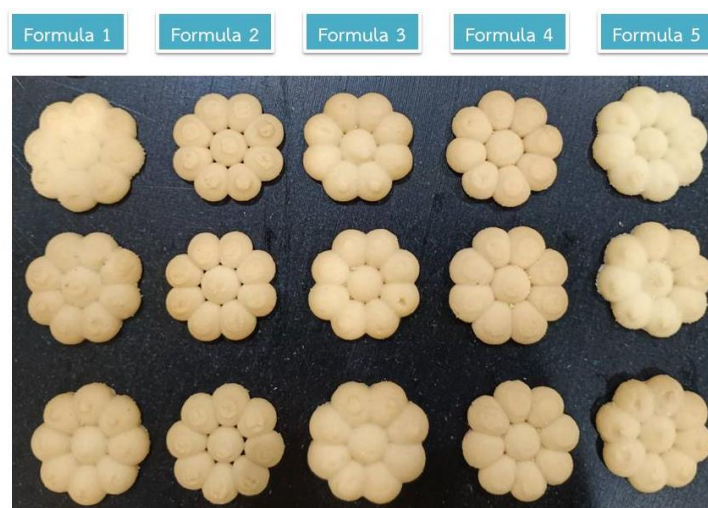


Figure 2 Appearance of cookie in basic formulas

3. ผลการศึกษาปริมาณผงกากข้าวโพดอบแห้งที่เหมาะสมในการผลิตคุกกี้

จากสูตรคุกกี้พื้นฐานที่คัดเลือกได้ (คุกกี้สูตรที่ 4) ทำการเติมผงกากข้าวโพดหวานเพื่อทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 (โดยน้ำหนักแป้ง) เมื่อนำตัวอย่างคุกกี้ทั้ง 5 ตัวอย่าง ไปวัดความกว้าง ความหนา อัตราการแผ่กระจายของขึ้นคุกกี้และค่าความแข็ง พบว่า ความกว้าง ความหนา อัตราการแผ่กระจายของขึ้นคุกกี้ที่ใช้ผงกากข้าวโพดหวานเพื่อทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างควบคุม ($p > 0.05$) ในขณะที่ค่าความแข็งของคุกกี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเพิ่มขึ้นตามปริมาณผงกากข้าวโพดที่เติมลงในคุกกี้ (Table 5)

Table 5 Physical properties of cookies added dried sweet corn cake powder

% DSCP (w/w)	Width ^{ns} (mm)	Thickness ^{ns} (mm)	Spread ^{ns} ratio	Hardness (g)
control	41.72±0.18	7.87±0.32	5.35±0.20	416.61 ^b ±38.68
25%	41.38±0.77	7.27±0.23	5.71±0.08	473.76 ^{ab} ±77.62
50%	42.22±0.16	7.66±0.06	5.53±0.03	503.83 ^{ab} ±59.27
75%	41.29±0.60	7.71±0.26	5.40±0.23	508.52 ^{ab} ±55.33
100%	41.09±0.59	7.90±0.40	5.29±0.44	524.38 ^a ±5.28

^{a,b} Means within the same column followed by different superscript letters are significant difference ($p \leq 0.05$)

สำหรับผลการวัดค่าสีในระบบ L* a* b* แสดงดัง Figure 3 และ Table 6 พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานลงในคุกกี้ทำให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง ขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) นอกจากนั้นแล้วค่าความสดของสี (C*) ยังเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทน แสดงถึงผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มของสีมากขึ้น ส่วนค่ามุมมองของสี (h°) ลดตามระดับการทดแทนด้วยผงกากข้าวโพด โดยอยู่ในช่วง 63.92–75.36 แสดงถึงสีอยู่ในช่วงสีส้มแดงถึงสีเหลือง สำหรับความแตกต่างของสี (ΔE) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ($p \leq 0.05$)

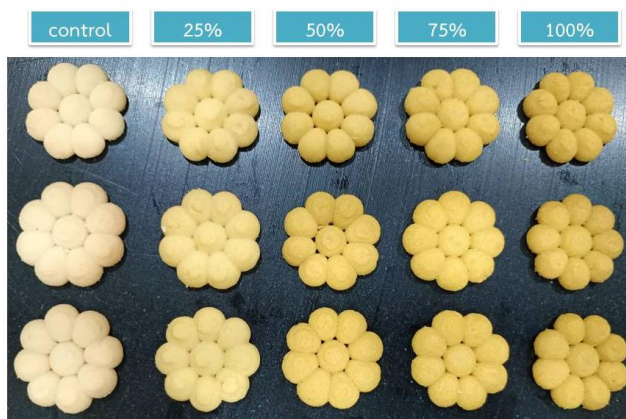


Figure 3 Appearance of cookie added dried sweet corn cake powder

Table 6 Color value (L^* , a^* , b^*) of cookies added dried sweet corn cake powder

% DSCP (w/w)	Lightness (L^*)	Redness (a^*)	Yellowness (b^*)	Chroma (C^*)	Hue angle (h°)	ΔE
control	64.46 ^a ±1.74	3.50 ^e ±0.33	15.98 ^c ±0.60	16.65 ^b ±0.40	75.36 ^a ±3.23	0.00 ^c ±0.00
25%	57.28 ^b ±2.52	6.51 ^d ±0.52	18.04 ^b ±0.75	21.88 ^a ±0.88	71.92 ^a ±0.22	7.89 ^b ±1.49
50%	55.09 ^c ±1.06	7.73 ^c ±0.40	18.85 ^{ab} ±1.29	20.76 ^a ±0.55	66.24 ^b ±2.01	10.04 ^{ab} ±0.31
75%	55.19 ^c ±1.87	8.14 ^b ±0.34	20.15 ^a ±2.03	21.98 ^a ±0.34	67.31 ^b ±0.82	10.22 ^{ab} ±1.05
100%	52.40 ^d ±0.61	8.77 ^a ±0.22	20.23 ^a ±2.12	21.46 ^a ±1.98	63.95 ^b ±0.14	11.67 ^a ±1.64

a,b,c,d,e Means within the same column followed by different superscript letters are significant difference ($p \leq 0.05$)

จาก Figure 4 จะเห็นได้ว่าการเติมผงกากข้าวโพดในคุกกี้ส่งผลให้คุกกี้มีปริมาณน้ำอิสระในอาหารเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความชื้นใน Table 7 ที่ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามระดับของผงกากข้าวโพดหวานที่เติมลงในคุกกี้ โดยผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่เติมผงกากข้าวโพดหวานที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 100 มีค่าปริมาณน้ำอิสระ อยู่ในช่วง 0.179–0.325

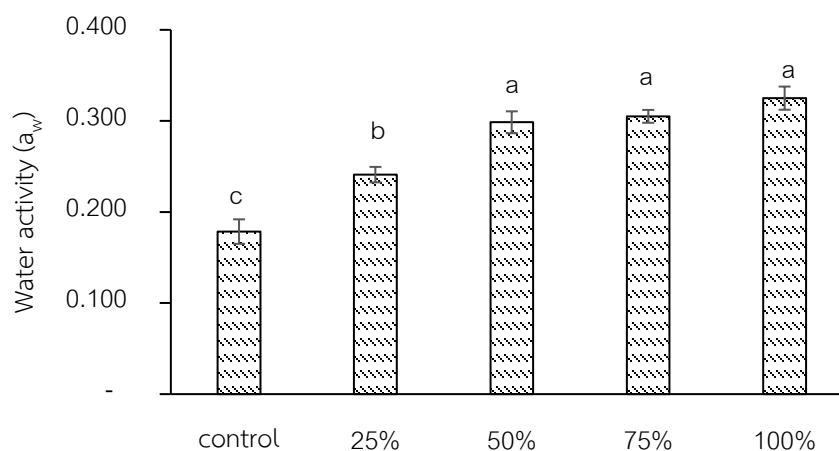


Figure 4 Water activity (a_w) of cookies added dried sweet corn cake powder

a, b, c Different lower letters on the bars represent significant difference ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาค่าองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างคุกกี้ทั้ง 5 ตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดหวานในระดับที่แตกต่างกัน แสดงดัง Table 7 พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานในคุกกี้ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้น (ร้อยละ 2.00–3.39) โปรตีน (ร้อยละ 5.95–8.60) ไขมัน (ร้อยละ 28.67–32.33) เกลือ (ร้อยละ 1.08–2.01) และใยอาหาร (ร้อยละ 1.14–

8.64) ขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีค่าลดลง (ร้อยละ 63.32–53.79) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานช่วยให้คุกกี้ที่ผลิตได้มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และใยอาหารสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

Table 7 Chemical composition of cookies added dried sweet corn cake powder

% DSCP (w/w)	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Ash (%)	Total carbohydrate (%)	Total dietary fiber (%)
control	2.00 ^d ±0.16	5.95 ^c ±0.35	28.67 ^d ±0.45	1.08 ^e ±0.00	62.32 ^a ±0.95	1.14 ^c ±0.80
25%	2.47 ^{cd} ±0.08	6.77 ^{bc} ±0.90	29.58 ^c ±0.01	1.27 ^d ±0.06	59.92 ^b ±0.75	2.28 ^c ±1.27
50%	2.82 ^{bc} ±0.30	6.73 ^{bc} ±0.93	29.62 ^c ±0.17	1.49 ^c ±0.01	59.35 ^b ±1.05	5.56 ^b ±0.16
75%	3.14 ^{ab} ±0.30	7.75 ^{ab} ±0.17	31.20 ^b ±0.18	1.74 ^b ±0.01	56.19 ^c ±0.29	6.44 ^b ±0.00
100%	3.39 ^a ±0.05	8.60 ^a ±0.24	32.22 ^a ±0.46	2.01 ^a ±0.01	53.79 ^d ±0.28	8.64 ^a ±0.40

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

สารเบต้าแคโรทีนเป็นแหล่งสำคัญและเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอในอาหารที่มีผลดีต่อสุขภาพของมนุษย์ พบว่าสารเบต้าแคโรทีนของคุกกี้ทั้ง 5 ตัวอย่าง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แปรผันตามปริมาณของผงกากข้าวโพดหวานและมีความสอดคล้องกับค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) (Table 6) โดยตัวอย่างคุกกี้ที่เติมผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 100 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงสุด คือ 167.73 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมาคือตัวอย่างคุกกี้ที่เติมผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 75, 50, 25 และ 0 โดยมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน 132.88, 98.31, 55.59 และ 14.02 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ดัง Figure 5 (A) อาหารที่อุดมด้วยสารประกอบฟีนอลิกได้รับความสนใจอย่างมากเนื่องจากมีฤทธิ์ทางชีวภาพเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านมะเร็ง ความต้องการอาหารเสริมด้วยสารอาหารที่เพิ่มขึ้นจึงนำไปสู่กลยุทธ์ในการเพิ่มสารประกอบฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อเพิ่มประโยชน์ต่อสุขภาพ (Obob & Adefegha, 2010) จาก Figure 5(B) พบว่าปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างคุกกี้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณของผงกากข้าวโพดหวาน โดยตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 100 มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 75, 50, 25 และตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติมผงกากข้าวโพดหวาน มีค่าเท่ากับ 166.39, 149.10, 126.62, 98.62 และ 75.13 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม ตามลำดับ สำหรับผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH ของคุกกี้ทั้ง 5 ตัวอย่าง พบว่าฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH ของคุกกี้แปรผันตามปริมาณของผงกากข้าวโพดหวานที่เติมลงในตัวอย่าง ($p \leq 0.05$) ดังแสดงใน Figure 5(C) โดยตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 100 มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH มากที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 75, 50, 25 และ 0 มีค่าเท่ากับ 36.01, 33.22, 24.27, 12.59 และ 6.43 กับมิลลิกรัมสมมูลของโทโรลออกซ์ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้วผล

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานในคุกกี้ทุกระดับแสดงให้ถึงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงใน Figure 5(D) โดยตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 100 มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS มากที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 75, 50, 25 และ 0 มีค่าเท่า 64.01, 52.53, 40.48, 35.16 และ 18.34 กับมิลลิกรัมสมมูลของไทโรลออกซิดต่อ 100 กรัม ตามลำดับ

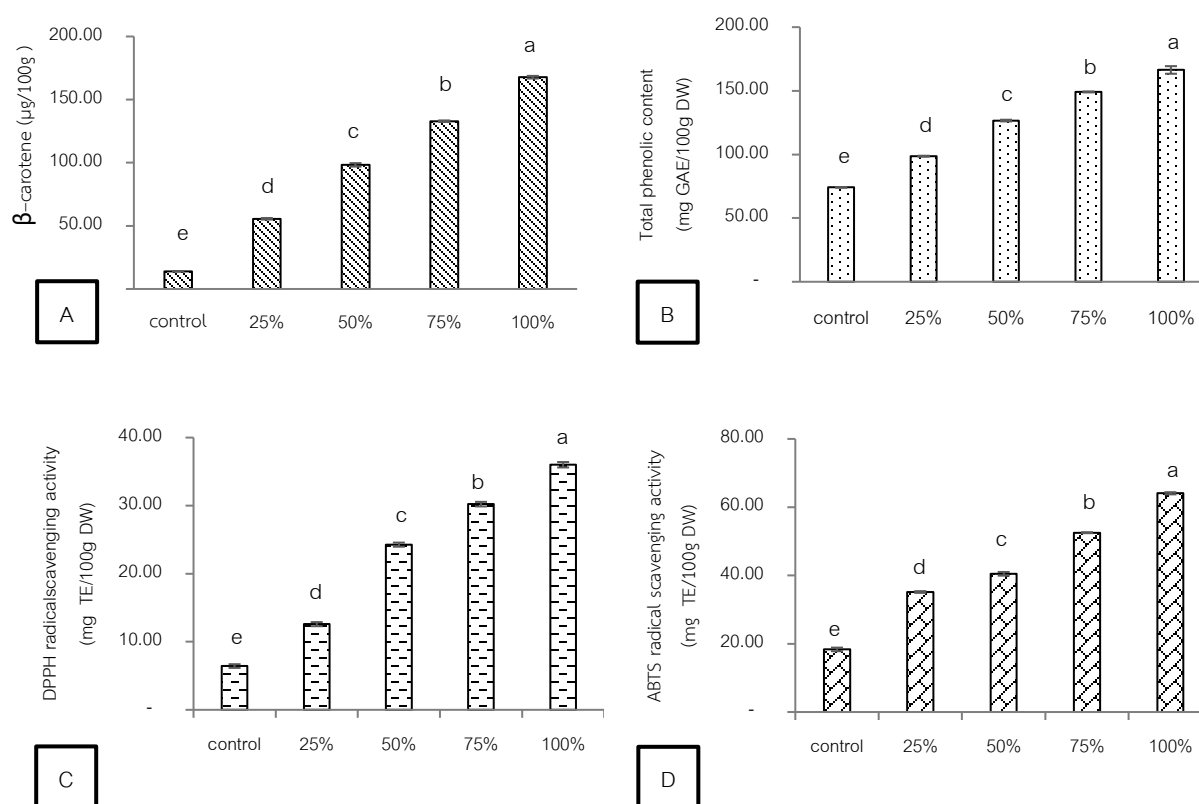


Figure 5 Effect of treatment on β -carotene content (A), total phenolic content (B), DPPH radical scavenging activity (C) and ABTS radical scavenging activity (D) of cookies added dried sweet corn cake powder

a, b, c, d, e Different lower letters on the bars represent significant difference ($p \leq 0.05$)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตัวอย่างคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวาน ทั้ง 5 ตัวอย่าง ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 50 คน (Table 8) พบว่าคุกกี้ที่เติมผงกากข้าวโพดหวานระดับร้อยละ 25 มีค่าคะแนนความชอบในทุกด้าน (ลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่นรส และความชอบ

โดยรวม) อยู่ในระดับชอบ (7.33–7.64) ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมผงกากข้าวโพดหวาน สำหรับคะแนนความชอบโดยรวมจะเห็นได้ว่าที่ระดับการทดแทนร้อยละ 50 เป็นระดับสูงสุดที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคะแนนเท่ากับ 6 คะแนน คืออยู่ในระดับชอบเล็กน้อย แต่เมื่อระดับการทดแทนเพิ่มเป็นร้อยละ 75–100 ผลิตภัณฑ์เริ่มไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม เนื่องจากมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 4–5 คะแนน คือ ไม่ชอบเล็กน้อย–บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

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

% DSCP (w/w)	Overall acceptance	Appearance	Color	Taste	Texture	Flavor
control	7.24 ^a ±1.90	7.27 ^{ab} ±1.59	6.87 ^{ab} ±1.83	7.29 ^a ±1.78	7.58 ^a ±1.39	7.00 ^a ±1.88
25%	7.60 ^a ±1.42	7.47 ^a ±1.20	7.33 ^a ±1.13	7.64 ^a ±1.40	7.49 ^a ±1.25	7.47 ^a ±1.50
50%	6.00 ^b ±1.78	6.87 ^{bc} ±1.32	6.67 ^b ±1.21	5.80 ^b ±1.77	6.27 ^b ±1.42	6.00 ^b ±1.78
75%	5.69 ^b ±1.94	6.87 ^{bc} ±1.20	6.44 ^{bc} ±1.39	5.49 ^b ±1.71	6.04 ^{bc} ±1.45	5.96 ^b ±1.57
100%	4.87 ^c ±1.42	6.51 ^c ±1.53	5.98 ^c ±1.67	4.62 ^c ±1.81	5.60 ^c ±1.67	5.29 ^c ±1.55

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

Discussion

จากผลการศึกษาดัง Table 3 แสดงการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีของกากข้าวโพดสดที่ผ่านคั้นน้ำนมข้าวโพดเปรียบเทียบกับผงกากข้าวโพดหวานที่ผ่านการอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และบดละเอียดให้มีขนาดอนุภาค ≤ 100 Mesh พบว่าค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง ความเป็นสีเหลือง และค่าความสดของสีของกากข้าวโพดแบบผงมีค่าสูงกว่ากากข้าวโพดแบบสด ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการทำแห้งผงกากข้าวโพดทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (Non-enzymatic browning reaction) ซึ่งเกิดระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนอิสระเมื่อได้รับความร้อน โดยในกากข้าวโพดหวานมีองค์ประกอบของน้ำตาลและกรดอะมิโนจึงส่งผลให้ผงกากข้าวโพดหวานที่ผ่านการอบแห้งมีค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น (Wirivutthikorn, 2024; Sopha *et al.*, 2021) สำหรับค่ามุมของโทนสีของกากข้าวโพดทั้งแบบสดและแบบผงมีค่าอยู่ในช่วงความเป็นสีส้มแดงถึงเหลืองเช่นเดียวกัน นอกจากนั้นแล้วกากข้าวโพดสดหลังผ่านการอบแห้งแล้วพบว่ามีปริมาณของสารเบต้าแคโรทีน สารฟีนอลิกทั้งหมด และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) Tarwaca *et al.* (2021) ได้นำฟักทองไปอบแห้งในตู้อบแห้ง (Cabinet drier) พบว่าหลังจากผ่านการอบแห้งฟักทองที่ได้มีปริมาณเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นจาก 21.05 ไมโครกรัมต่อกรัม เป็น 1,786.61 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งปริมาณของสารเบต้าแคโรทีนที่เพิ่มขึ้นหลังการอบแห้ง อาจเกิดขึ้นจากความร้อนระหว่างการอบแห้งช่วยเพิ่มชีวปริมาณออกฤทธิ์ (Bioavailability) ของแคโรทีนอยด์ ซึ่งความร้อนที่ใช้ในการปรุงอาหารทำให้โครงสร้าง

ที่ยืดเหนียวระหว่างแคโรทีนกับใยอาหารเกิดการคลายตัว อาจทำให้สัดส่วนของปริมาณแคโรทีนและชีวปริมาณออกฤทธิ์เพิ่มขึ้น แต่อาจเกิดการสูญเสียสารอาหารบางส่วนไป ส่วน Li *et al.* (2016) รายงานว่าซิงสดที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลและมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเมื่อเทียบกับซิงสด เช่นเดียวกับ Kurniasari *et al.* (2022) พบว่าซิงที่ผ่านการอบแห้งในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าซิงสด การที่ตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณของสารฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าตัวอย่างสดอาจเนื่องมาจากความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ เช่น โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase) และเพอร์ออกซิเดส (Peroxidase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกในพืช ดังนั้นสารฟีนอลิกจึงไม่ถูกทำลายส่งผลให้สารฟีนอลิกทั้งหมดของตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณสูงกว่าตัวอย่างสด (Zhang *et al.*, 2023) ส่วนการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระหลังการผ่านความร้อนมีความสัมพันธ์กับการปลดปล่อยสารฟีนอลที่ถูกยึดเกาะออกมาเป็นสารฟีนอลอิสระเนื่องจากกระบวนการให้ความร้อน สำหรับ Akther *et al.* (2023) พบว่าตัวอย่างมะม่วงสดที่ผ่านการอบแห้งในตู้อบแห้ง (Cabinet drier) จะมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ สารฟีนอลิกทั้งหมด และสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น

จากการคัดเลือกสูตรคุกกี้พื้นฐานจาก 5 สูตร พบว่าตัวอย่างคุกกี้สูตรที่ 4 มีค่าคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรที่ 1 และ 5 ในทุกคุณลักษณะ คือ ด้านการยอมรับโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส ($p \leq 0.05$) นอกจากนั้นแล้วค่าคะแนนความชอบของสูตรที่ 4 ยังมีคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรที่ 2 และ 3 ในทุกคุณลักษณะแม้จะไม่มีนัยสำคัญก็ตาม ($p > 0.05$) โดยค่าคะแนนความชอบของตัวอย่างคุกกี้สูตรที่ 4 อยู่ในระดับชอบ คือ 7.08–7.36 คะแนน และยังเป็นสูตรที่มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด คือ 7.32 คะแนน

จากการศึกษาปริมาณผงกากข้าวโพดหวานอบแห้งที่เหมาะสมในการผลิตคุกกี้ พบว่าสามารถใช้ผงกากข้าวโพดหวานทดแทนการใช้แป้งสาลีได้เพียงบางส่วน ไม่สามารถใช้ทดแทนแป้งสาลีได้ทั้งหมด เนื่องจากหากใช้ผงกากข้าวโพดหวานเพียงอย่างเดียวคุกกี้ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัส ที่แน่น แข็ง และร่วน โดยการเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งในคุกกี้ อาจเนื่องมาจากในผงกากข้าวโพดหวานมีปริมาณของไขมันและใยอาหารสูง คือ ร้อยละ 9.10 และ 15.74 ตามลำดับ (Sopa *et al.*, 2021) จากการที่ใยอาหารมีความเป็นรุกรุนเนื่องจากประกอบไปด้วยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส จึงสามารถแทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดแป้ง มีสมบัติรวมตัวกับน้ำได้ดีส่งผลให้การพองตัวลดลง (Khumkhom, 2018) การลดลงของปริมาณแป้งสาลีในคุกกี้ทำให้เกิด gluten ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของไกลอะดินและกลูเตนินในผลิตภัณฑ์ลดลง ความสามารถในการเกิดโครงสร้างตาข่ายของโด (Dough) จึงลดลง ปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อค่าความแข็งคุกกี้ (Mudgil *et al.*, 2017) สอดคล้องกับ Khumkhom (2018) ที่รายงานว่าการเติมผงดอกโสนอบแห้งร้อยละ 0 ถึง 9 มีผลทำให้คุกกี้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ($p > 0.05$) จาก 25.17 เป็น 52.49 นิวตัน เช่นเดียวกับ Wangpankhajorn *et al.* (2020) พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสังข์หยดในผลิตภัณฑ์ที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 75 ส่งผลให้คุกกี้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) นอกจากนั้นลักษณะของแป้งจากผงกากข้าวโพดหวานมีค่ามุมองของโทนส์ (h°) 83.87 คือ สีเข้มแดงถึงเหลือง ส่งผลให้คุกกี้ที่มีส่วนผสมของผงกากข้าวโพดหวานจึงมีความสดของสี (c^*) ที่เข้มกว่าสูตรควบคุม และค่า h° อยู่ในช่วงสีเข้มแดงถึงสีเหลือง (Table 6) เนื่องจากกาก

ข้าวโพดหวานมีสารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุ (Pigment) ที่ให้สีเหลือง ส้ม แดง และส้ม-แดงเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งรงควัตถุสารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์นั้นประกอบไปด้วยแคโรทีนและแซนโทฟิลล์ โดยแคโรทีนอยด์ที่สำคัญ ได้แก่ ซีแซนทีน คริปโตแซนทีน เบต้าแคโรทีน และลูทีน (Omueti & Ajomale, 2005; Thepyothin *et al.*, 2021) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sopa *et al.* (2021) รายงานว่าระดับการเพิ่มขึ้นของรงควัตถุข้าวโพดหวานเพื่อทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ตัวอย่างคุกกี้ทั้ง 5 ตัวอย่างยังมีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่เป็นไปตามมาตรฐานโดยมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน “คุกกี้” (มผช. 118/2555) (Thai Industrial Standards Institute, 2012) และปริมาณน้ำอิสระอยู่ระหว่าง 0.3–0.4 เนื่องจากเป็นสภาวะที่อยู่ในระดับที่ไม่เสี่ยงต่อการเจริญของจุลินทรีย์หรือระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (Beuchat, 1981) Adebawale *et al.* (2012) กล่าวว่าผลิตภัณฑ์ขนมอบจำพวกเค้ก คุกกี้ และขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูง แบคทีเรีย ยีสต์และราเจริญเติบโตได้ดีจึงนำไปสู่การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามคุกกี้ควรจะมีค่าความชื้นที่ต่ำเพื่อให้ปลอดภัยขณะเก็บรักษาและป้องกันการเจริญเติบโตจากจุลินทรีย์ที่จะส่งผลต่อคุณภาพอีกด้วย สำหรับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และใยอาหาร โดยมีการเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ยกเว้นปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มีการลดลง ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับ Ikuomola *et al.* (2017) ที่รายงานว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยรำจากข้าวบาร์เลย์งอก (Malted barley bran) ที่ระดับร้อยละ 0, 5, 10, 20 และ 50 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์คุกกี้มีปริมาณโปรตีน เถ้า ไขมัน และใยอาหารเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของผลิตภัณฑ์ลดลงตามระดับการทดแทนแป้งสาลี เช่นเดียวกับที่ Ndife *et al.* (2014) รายงานว่าระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากถั่วเหลืองไขมันเต็มมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และเถ้า ในขณะที่ทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง สำหรับปริมาณใยอาหารที่พบในผงกากข้าวโพดหวานอาจเป็นสาเหตุให้คุกกี้มีระดับความชื้นที่เพิ่มตามปริมาณการทดแทน เนื่องจากใยอาหารช่วยในการดูดน้ำและกักเก็บน้ำได้เพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้จากการที่ปริมาณความชื้นแปรผันตามปริมาณใยอาหารที่พบในคุกกี้ (Mrabet *et al.*, 2016) ผลของการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นในคุกกี้ตามระดับการทดแทนยังคล้ายกับผลการศึกษาของ Baljeet *et al.* (2014) ซึ่งรายงานว่าการเพิ่มขึ้นของคุกกี้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตามระดับการเสริมคุณค่าด้วยผงกากแคร้งและแป้งถั่วลูกไก่ที่ผ่านการงอก นอกจากนั้นแล้วปริมาณความชื้นของคุกกี้ต่ำพอ (<ร้อยละ 10) จะช่วยลดโอกาสของการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ จึงช่วยคงเสถียรภาพในการเก็บรักษาให้ดีขึ้น (Ayo *et al.*, 2007) การเติมผงกากข้าวโพดหวานส่งผลให้คุกกี้มีปริมาณโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในผงกากข้าวโพดหวานมีปริมาณโปรตีนและไขมันเป็นองค์ประกอบ คือ ร้อยละ 16.67 และ 9.10 ตามลำดับ (Sopa *et al.*, 2021) การมีปริมาณไขมันในคุกกี้ยังส่งผลให้คุกกี้มีค่าพลังงานสูงขึ้น นอกจากนั้นแล้วไขมันที่พบในคุกกี้ยังทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่นที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส และจำเป็นสำหรับการขนส่งวิตามินที่ละลายในไขมัน ได้แก่ A, D, E และ K อย่างไรก็ตามระดับไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารควรไม่เกิน 25% เพราะอาจทำให้อาหารเหม็นหืนและเกิดสารประกอบที่มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ (Ihekoronye

& Ngoddy, 1985) การเพิ่มขึ้นของปริมาณเถ้าในคุกกียังเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณแร่ธาตุในอาหารเนื่องจากเถ้าเป็นสารอนินทรีย์หรือแร่ธาตุที่เหลืออยู่ภายหลังจากการกำจัดน้ำและสารอินทรีย์โดยการเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 500–550 องศาเซลเซียส ดังนั้นอาหารที่มีเถ้าสูงมักจะมีแร่ธาตุสูงตาม (Sanni *et al.* 2008; Sinay & Harijati, 2021) ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตในส่วนผสมของคุกกี้ที่ลดลงตามสัดส่วนของผงกากข้าวโพดหวานที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากผงกากข้าวโพดหวานมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าแป้งสาลี โดย Sopa *et al.* (2021) รายงานว่าในผงกากข้าวโพดหวานมีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 68.91 ส่วน Kulkarni *et al.* (2012) รายงานว่าแป้งสาลีมีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 74.77 สำหรับใยอาหารในผงกากข้าวโพดหวานยังมีประโยชน์ต่อร่างกายเนื่องจากไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหารหรือดูดซึมเข้าร่างกายจึงไม่ให้พลังงานแต่มีส่วนช่วยลดน้ำตาลในเลือดและป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ (Lattimer & Haub, 2010) นอกจากนั้นแล้วปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำและปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้นยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายประการ เนื่องจากช่วยในการย่อยอาหารในลำไส้ใหญ่และลดอาการท้องผูกที่มักเกิดจากผลิตภัณฑ์จากแป้งขัด (Slavin, 2005; Elleuch *et al.*, 2011) ซึ่งจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมผงกากข้าวโพดหวานในผลิตภัณฑ์คุกกี้เป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ระดับของผงกากข้าวโพดหวานที่สูงขึ้นยังส่งผลให้คุกกี้มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยสารเบต้าแคโรทีนจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มแคโรทีนอยด์สามารถพบได้ในข้าวโพดหวาน โดยหน้าที่สำคัญของเบต้าแคโรทีนในร่างกายมนุษย์คือการเป็นแหล่งโปรวิตามินเอ ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาของตัวอ่อน การเจริญเติบโต และการมองเห็น การได้รับในปริมาณที่เพียงพอสามารถลดความเสี่ยงการเกิดมะเร็งเต้านม โรคหลอดเลือดหัวใจและตาได้ (Krinsky, 1994; Milani *et al.*, 2017; Bogacz-Radomska & Harasym, 2018) Scott & Eldridge (2005) พบว่าในข้าวโพดฝักสดพันธุ์ White Shoepeg (WS) และ Golden Whole Kernel (GWK) มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน 0.82 และ 15.69 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม Sopa *et al.* (2022) พบว่าข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์อื่นที่ 2, KSSC 704, KSSC 705 และ Hi-brix 81 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน 67.37 63.71 59.90 และ 40.77 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้วผลการทดลองที่ได้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lao *et al.* (2019) พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานจากข้าวโพดพันธุ์ YT28 ในผลิตภัณฑ์เค้กส่งผลให้ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในผลิตภัณฑ์เค้กเพิ่มขึ้นจาก 2.35 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม (ผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 0) เป็น 4.59 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม (ผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 100) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าคุกกี้ที่ทดแทนการใช้แป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานถือได้ว่าเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ กล่าวคือการเติมผงกากข้าวโพดหวานช่วยเพิ่มสารเบต้าแคโรทีน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของคุกกี้ อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน Figure 5 สอดคล้องกับผลการทดลองของ Nguyen *et al.* (2024) ที่รายงานว่าการเพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วยผงกากข้าวโพดหวานที่ระดับร้อยละ 20 มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 18 และ 83 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนั้นแล้วฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ FRAB ยังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามสัดส่วนการทดแทนที่เพิ่มขึ้น โดยที่ระดับการทดแทนร้อยละ 20 มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ FRAB เพิ่มขึ้นร้อยละ 51 และ 60 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม เมื่อพิจารณาถึงความชอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานเพื่อทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้

ส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบในทุกๆ ด้านมีแนวโน้มลดลงตามระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามที่ระดับทดแทนร้อยละ 25 มีค่าคะแนนความชอบในทุกๆ คุณลักษณะ ได้แก่ ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และกลิ่นรสไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมผงกากข้าวโพดหวาน ($p > 0.05$) ค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและสีของคุกกี้ที่ลดลงเมื่อเติมผงกากข้าวโพดหวานอาจเกิดจากการมีค่าความสว่างที่ลดลง มีค่าความเป็นสีแดงและความเป็นสีเหลืองที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากปริมาณสารเบต้าแคโรทีนที่สูงขึ้นในผงกากข้าวโพดหวาน รวมถึงค่า C^* และ ΔE ของคุกกี้ที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ h° ลดลงหลังจากเติมผงกากข้าวโพดเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยค่า ΔE ของตัวอย่างคุกกี้ที่เติมผงกากข้าวโพดอยู่ในระดับมากกว่า 5 ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าสามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของสีได้ด้วยตาเปล่าอย่างชัดเจนระหว่างตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดหวานกับตัวอย่างควบคุม การเติมผงกากข้าวโพดหวานจึงส่งผลกระทบต่อความรู้สึกละและคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสีของผู้ทดสอบชิม (Nguyen *et al.* (2024) ดัง Table 6 และ Figure 5 นอกจากนั้นแล้วระดับการเพิ่มขึ้นของผงกากข้าวโพดหวานยังส่งผลกระทบต่อคะแนนความชอบด้านรสชาติและกลิ่นรสของคุกกี้อีกด้วย ($p \leq 0.05$) สำหรับการลดลงของคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของผงกากข้าวโพดหวานอาจเกี่ยวข้องกับผลการวัดค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นของคุกกี้ (Table 5) กล่าวคือค่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของคุกกี้มีค่าแปรผกผันกับค่าความแข็งที่เป็นผลจากการเติมผงกากข้าวโพดหวาน ดังนั้นปัจจัยที่ทำให้คุกกี้สุตรที่เติมผงกากข้าวโพดหวานที่ระดับร้อยละ 50–100 ไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้ทดสอบชิมเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม อาจเนื่องมาจากสีของผลิตภัณฑ์ที่เข้มขึ้น และคุกกี้มีกลิ่นของข้าวโพดที่มากเกินไป รวมถึงคุกกี้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่น แข็ง ร่วน และมีการเกาะตัวไม่ดี นอกจากนั้นแล้วสาเหตุของการลดลงของคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่เสริมด้วยผงกากข้าวโพดอาจเกิดจากผงกากข้าวโพดหวานไม่สามารถเกิดโครงสร้างของกลูเตน ทำให้คุกกี้ที่เสริมด้วยผงกากข้าวโพดหวานขาดคุณสมบัติในการเกิดลักษณะของร่างแหที่สามารถกักเก็บอากาศไว้ในโครงสร้างได้ (Usman *et al.*, 2020) Sahni & Shere (2017) รายงานว่าการเติมผงจากกากแควร์รอตเพื่อเพิ่มใยอาหารให้กับคุกกี้มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่นรส รวมถึงการยอมรับโดยรวมลดลงตามระดับการทดแทนเช่นเดียวกับ Kausar *et al.* (2024) พบว่าการเสริมคุณค่าทางอาหารด้วยผงที่ได้จากพืช คือ ผงเปลือกเกรปฟรุต์ในผลิตภัณฑ์คุกกี้มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยการเติมผงเปลือกเกรปฟรุต์ร้อยละ 10 ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดจากผู้ทดสอบชิม ดังนั้นปริมาณผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 25 จึงเป็นปริมาณที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งสาลีเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ผู้บริโภคสามารถยอมรับได้

Conclusions

การศึกษาปริมาณของผงกากข้าวโพดหวานที่เหมาะสมเพื่อทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้ที่ระดับร้อยละ 0–100 พบว่าปริมาณของผงกากข้าวโพดหวานมีผลทำให้คุกกี้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) และค่าความสดของสี (C^*) ผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความสว่าง (L^*) และค่ามุมมองของโทนสี

(h^o) ลดลงตามระดับการทดแทนด้วยผงกากข้าวโพดหวาน ($p \leq 0.05$) ปริมาณของผงกากข้าวโพดหวานที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้ คือ ร้อยละ 25 เนื่องจากเป็นระดับที่มีค่าคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และกลิ่นรสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p > 0.05$) คุกกี้สูตรดังกล่าวยังมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร ปริมาณสารเบต้าแคโรทีน สารฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS สูงกว่าตัวอย่างควบคุม ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงสามารถนำผงกากข้าวโพดหวานมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เพื่อทดแทนแป้งสาลีและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้ ผลผลิตคุกกี้ที่ได้มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นแหล่งของวิตามินเอเพิ่มขึ้น 4 เท่า ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS เพิ่มขึ้น 2 เท่า เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนั้นแล้วยังเป็นการนำกากข้าวโพดหวานซึ่งเป็นของเหลือใช้จากกระบวนการผลิตน้ำนมข้าวโพดหวานมาใช้ให้เกิดประโยชน์และสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รวมถึงรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

Acknowledgments

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยครั้งนี้

References

- AACC. (2000). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. (8th ed.), Minnesota: The American Association of Cereal Chemists Inc.
- Adebawale, A.A., Adegoke, M.T., Sanni, S.A., Adegunwa, M.O., & Fetuga, G.O. (2012). Functional properties and biscuit making potentials of sorghum–wheat flour composite. *American Journal of Food Technology*, 7(6), 372–379.
- Akther, S., Jothi, J.S., Badsha, M.R., Rahman, M.M., Das, G.B., & Alim, A.A. (2023). Drying methods effect on bioactive compounds, phenolic profile, and antioxidant capacity of mango powder. *Journal of King Saud University*, 35(1), 1–11.
- Al-Saab, A.H., & Gadallah, M.G.E. (2021). Phytochemicals, antioxidant activity and quality properties of fibre enriched cookies incorporated with orange peel powder. *Food Research*, 5(4), 72–79.

- AOAC. (2019). Official Methods of Analysis of AOAC International. (21th ed.). Washington DC.: The Association of Official Analytical Chemists Inc.
- Ayo, J. A., Ayo, V. A., Nkama, I., & Adeworie, R. (2007). Physiochemical, invitro digestibility and organoleptic evaluation of acha–wheat biscuit supplemented with soybean flour. *Nigerian Food Journal*, 25(1), 77–89.
- Baljeet, S. Y., Ritika, B. Y. , & Reena, K. (2014). Effect of incorporation of carrot pomace powder and germinated chickpea flour on the quality characteristics of biscuits. *International Food Research Journal*, 21(1), 217–222.
- Beuchat, L. (1981). Microbial stability as affected by water activity. *Cereal Foods World*, 26, 345–349.
- Bogacz-Radomska, L., & Harasym, J. (2018). β -Carotene–properties and production methods. *Food Quality and Safety*, 2(2), 1–6.
- 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.
- Dangsungwal, N., Siri Wong, N., & Riebroy, S. (2011). Use of banana flour substituted for wheat flour in brownie. In *Proceeding of the 49th Kasetsart University Annual Conference*. (pp. 66-73). Bangkok. (in Thai)
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Atta, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products offood processing: Characterization, technological functionality and commercial applications : A review. *Food Chemistry*, 124, 411–421.
- Ho, L.H., & Abdul Latif, N.W. (2016). Nutritional composition, physical properties, and sensory evaluation of cookies prepared from wheat flour and pitaya (*Hylocereus undatus*) peel flour blends. *Cogent Food and Agriculture*, 2(1), 1–10.
- Ihekoronye, A.I. ,& Ngoddy, P.O. (1985). *Integrated Food Science and Technology for the Tropics*. (pp. 306) London : Macmillan.
- Ikuomola, D.S. , Otutu, O.L., & Oluniran, D.D. (2017). Quality assessment of cookies produced from wheat flour and malted barley (*Hordeum vulgare*) bran blends. *Cogent Food & Agriculture*, 3(1), 1–12.

- İncedayı, B., Tamer, C. E., Sınır, G.Ö. Suna, S., & Çopur, Ö.U. (2016). Impact of different drying parameters on color, beta-carotene, antioxidant activity and minerals of apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Food Science and Technology*, 36(1), 171–178.
- Jiamyangyuen, S. (2003). *Sensory evaluation in food*. Phitsanulok: Naresuan University. (in Thai)
- Kausar, T., Saeed, E., Hussain, A., Firdous, N., Bibi, B., Kabir, K., An, Q.U., Ali, M.Q., Najam, A., Ahmed, A. Yaqub, S., & Elkhedir, A.E. (2024). Development and quality evaluation of cookies enriched with various levels of grapefruit pomace powder. *Discover Food*, 65(4), 1–12.
- KhumKhom, S. (2018). Effect of additional dried sesbania (*Sesbania javanica* Miq.) flowers powder on physical, nutritional and organoleptic characteristics of butter cookies. *Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology)*, 13(1), 139–154. (in Thai)
- Krinsky, N.I. (1994). The Biological Properties of Carotenoids. *Pure and Applied Chemistry*, 66(5), 1003–1010.
- Kulkarni, S.S., Desai, A.D., Ranveer R.C. & Sahoo, A.K. (2012). Development of nutrient rich noodles by supplementation with malted ragi flour. *International Food Research Journal*, 19(1), 309–313.
- Kurniasari, H., David, W., Cempaka, L & Ardiansyah, A. (2022). Effects of drying techniques on bioactivity of ginger (*Zingiber officinale*): A meta-analysis investigation. *Agriculture and Food*, 7(2), 197–211.
- 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), 1–13.
- Lattimer, J.M., & M.D. Haub. (2010). Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*, 2, 1266–1289.
- Li, Y., Hong, Y., Han, Y., Wang, Y., & Xia, L. (2016). Chemical characterization and antioxidant activities comparison in fresh, dried, stir-frying and carbonized ginger. *Journal of Chromatography B*, 1011, 223–232.

- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Meechai, P. 2017. *Count 1 to 10 gets rich from the bakery*. Bangkok: Book Maker. (in Thai)
- Milani, A., Basirnejad, S., Shahbazi, S., & Bolhassani, A. (2017). Carotenoids: biochemistry, pharmacology and treatment. *British Journal of Pharmacology*, 174(11), 1290–1324.
- Mrabet, A., Rodriguez-Gutierrez, G., Rodriguez-Arcos, R., Guillen-Bejarano, R., Ferchichi, A., Sindic, M., & Jimenez-Araujo, A. (2016). Quality characteristics and antioxidant properties of muffins enriched with date fruit (*Phoenix dactylifera* L.) fiber concentrates. *Journal Food Quality*, 39(4), 237–44.
- Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B.S. (2017). 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.
- 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.
- Ndife, J., Kida, F., & Fagbemi, S. (2014). Production and quality assessment of enriched cookies from whole wheat and full fat soya. *European Journal of Food Science and Technology*, 2(2), 19–29.
- Nguyen, T.Q.N., Nguyen, P.H., Vo, M.T., & Le, V.V.M. (2024). Utilizing sweet corn “milk” residue to develop fiber-rich pasta: effects of replacement ratio and transglutaminase treatment on pasta quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2024(1), 1–9.
- Noiduang, P., & Nakhon, B. (2015). Utilization of maltitol and sucralose in low-calories butter cookies production. *APHEIT Journal*, 21(2), 42–51. (in Thai)
- Oboh, G., & Adefegha, S.A. (2010). Inhibitory properties of phenolic enriched in wheat biscuits on Fe²⁺ induced Lipid peroxidation in Rat's brain *in vitro*. *Advances in Food Sciences*, 32(3), 162-169.
- Omueti, O., & Ajomale, K. (2005). Chemical and sensory attributes of soy-corn milk types. *African Journal of Biotechnology*, 4(9), 847-851.

- Poonnakasem, N. (2016). Development of butter cookie with fiber from pomelo albedo. *SDU Research Journal Science and Technology*, 9(1), 35–49. (in Thai)
- Premprasopchok, T., Jankao, S., & Tanoi¹, Pr. (2015). Substitution of sugar with banana (*Musa sapientum* Linn.) for cookies production. In *Proceeding The 53th Kasetsart University Annual Conference*. (pp. 923–930). Bangkok. (in Thai).
- Promthep, N. (2020). Study of antioxidant and development of sterilized concentrated corn milk products. Master Thesis, Mahasarakham University, Mahasarakham. (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.
- Sahni, P., & Shere, D.M. (2017). Physico-chemical and sensory characteristics of carrot pomace powder incorporated fibre rich cookies. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 36(4), 327–331.
- Sanni, S.A., Adebawale, A.A., Olayiwola, I. O., & Maziya–Dixon, B. (2008). Chemical composition and pasting properties of iron fortified maize flour. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 6(3&4), 172–175.
- 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.
- Slavin, J.L. (2005). Dietary fiber and body weight. *Nutrition*, 21(3), 411–418.
- Sopa, B., Fudsiri, S., & Jankuen, S. (2021). Utilization of dried sweet corn cake powder for wheat flour replacement in brownies. *Agricultural Science*, 52(1)(Suppl.), 61–64. (in Thai)
- Sopa, B., S. Fudsiri, S. Jankuen , C. Jitlaka, K, Kanyakam , & J. Kongphapa. (2022). Effect of sweet corn varieties on quality of boiled sweet corn and corn milk products. *Agricultural Science Journal*, 53(3), 226–241. (in Thai)

- Tarwaca, S.N., Karyadi, J.N.W., Nugraheni, N.F., Indrasari, Y.P., Albyan, R., Setiyadi, I., & Ayuni, D. (2021). Effect of various drying methods on the physicochemical characteristics of pumpkin powder. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. (pp. 1–6). Montréal: Canada.
- Thai Industrial Standards Institute. (2012). Thai Community Product standard (TCPS 118/2012): Cookies. Ministry of Industry, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thepyothin, W., Senawong, N., & Muang Phrom, J. (2021). The Quality and consumer acceptance of corn milk powder with sugar coating and pasteurized process. In *Proceeding The 5th Rajamangala University of Technology National Conference*. (pp. 192-202). Bangkok. (in Thai)
- Tinchan, P., Dechkunchorn, M., & Kaewka, K. (2019). Effect of corn milk by-product addition on the physical properties of whole wheat bread. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 18(1), 94–106.
- Usman, M., Ahmed, S., Mehmood, A., Bilal, M., Patil, P.J., Akram, K., & Farooq, U. (2020). Effect of apple pomace on nutrition, rheology of dough and cookies quality. *Journal of Food Science and Technology*, 57(9), 3244–3251.
- Wangpankhajorn, P., Maneechot, S., Jungsi, M., Jannu. T., & R. Sukeaw Samakradhamrongthai. (2020). Effect of substitution of wheat flour with Sungyod rice flour on physical and sensory qualities in cookies. *Journal of Science and Technology*, 9(2), 63–70. (in Thai)
- Wrivutthikorn, W. (2024). Development of Crispy Roti Flour Using Riceberry Flour as Substitute for All Purpose Wheat Flour . *Burapha Science Journal*, 29(1), 160–180.
<https://li05.tci-thaijo.org/index.php/buuscij/article/view/213>
- 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(1)(Suppl.), S497–S505.

Zhang, B., Quan, H., Cai, Y., Han, X., Kang, H., Lu, Y., Cheng, H., Xiang, N., Lan, X., & Guo, X. (2023).

Comparative study of browning, phenolic profiles, antioxidant and antiproliferative activities in hot air and vacuum drying of lily (*Lilium lancifolium* Thunb.) bulbs. *LWT–Food Science and Technology*, 184, 1–13.