ผลของการใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งมันสำปะหลังต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมผิง
Effect of Substituting Sago Flour for Cassava Flour on the Quality Attributes of Khanom Ping Products

รุ่งทิพย์ วัฒนวรกิต จินตนา เจริญเนตรกุล และน้ำฝน ชูพูล*
Rungtip Wuttanaworakit, Jintana Charoennatkul and Namfon Chupool*

สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000
Home Economics Program, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Mueang Songkhla, 90000 Thailand
*Corresponding author, e-mail: namfon.ch@rmutsv.ac.th
(Received: May 30, 2024; Revised: Oct 22, 2024; Accepted: Oct 29, 2024)

บทคัดย่อ

แป้งสาคูเป็นแป้งที่ผลิตจากต้นสาคู (*Metroxylon sagu* Rottb.) ซึ่งพบในภาคใต้ของประเทศไทยจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ย่อยสลายเป็นน้ำตาลได้ช้าซึ่งเหมาะสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาล ในเลือด โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในผลิตภัณฑ์ขนมผิง ร้อยละ 100:0 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการใช้แป้งสาคูเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ขนมผิง มีค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าความสว่าง (L*) และค่าความแข็งลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ยังทำให้มีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนน แบบ 9-point hedonic scale พบว่าการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในผลิตภัณฑ์ขนมผิง ร้อยละ 75:25 ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์สูงสุด อยู่ในระดับชอบมาก ด้านคุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู ให้พลังงานทั้งหมด 1,644 กิโลแคลอรี ไขมัน 28 กรัม โปรตีน 6 กรัม คาร์โบไฮเดรต 347 กรัม แคลเซียม 81 มิลลิกรัม และฟอสฟอรัส 84 มิลลิกรัม โดยตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาขนมผิงมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม ปริมาณยีสต์ และรามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราของขนมผิงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมผิง (มผช.745/2548)

คำสำคัญ : แป้งสาคู แป้งมันสำปะหลัง ขนมผิง ส่วนประกอบทดแทน การพัฒนาผลิตภัณฑ์

Abstract

Sago flour is a starch produced from the sago palm (*Metroxylon sagu* Rottb.) which is found in southern Thailand. It is classified as a complex carbohydrate that breaks down into sugar slowly, making it suitable for consumers who need to control their blood sugar levels. The study aimed to replace cassava flour with sago flour in Khanom Ping (a type of Thai cookie) products at ratios of 100:0 75:25 50:50 25:75 and 0:100. The results showed that increase the amount of sago flour led to a decrease in the moisture content, water activity, lightness (L*), and hardness of the product, while the color values (a* and b*) increased. Additionally, the fiber content also significantly increased ($p<0.05$). Sensory evaluation using a 9-point hedonic scale revealed that the replacement ratio of 25:75 (sago to cassava flour) received the highest scores for taste-liking and overall acceptability, indicating a high level of liking. In terms of nutritional value, the Khanom Ping product with sago flour provided a total energy of 1,644 kcal, with 28 grams of fat, 6 grams of protein, 347 grams of carbohydrates, 81 milligrams of calcium, and 84 milligrams of phosphorus. Throughout the 28-day storage period, the total microbial count remained below 1×10^4 colony-forming units per gram, with a slight increase in yeast and mold counts. However, the total microbial and yeast and mold counts remained within the standard limits for community product standards of Khanom Ping (TPS.745/2005).

Keywords: Sago flour, Tapioca flour, Khanom Phing product, Substitute component, Product development

บทนำ

ขนมไทยเป็นขนมหวานที่เป็นเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมของไทย โดยขนมผิงจัดเป็นขนมไทยโบราณ คำว่า “ผิง” หมายถึง การทำของให้สุกโดยใช้ไฟทั้งข้างล่างและข้างบน ดังนั้นการทำขนมผิงก็ต้องนำไปทำให้สุกด้วยการผิง ซึ่งจะมีขั้นตอนในการทำโดยเริ่มจากการเคี่ยวกะทิบนไฟอ่อน เติมน้ำตาลทรายเคี่ยวจนเดือดไม่แตกมัน ใส่แป้งลงไปกวนในกะทิจนแป้งสุกจับตัวเป็นก้อนแล้วนำมาปั้นก้อนกลม ๆ เล็ก ๆ บนถาดเหล็กนำไปผิงบนเตาถ่าน เรียกว่า ผิงล่าง ผิงบน ซึ่งขนมผิงยังถือเป็นคุกกี้ชนิดหนึ่งที่ผลิตได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำตาล ไข่แดงและน้ำกะทิเป็นขนมที่มีลักษณะเป็นก้อนกลมขนาดเล็ก สีเหลืองนวล มีรสชาติหวาน กรอบ และหอมกลิ่นของกะทิ (Boonna *et al*., 2022) โดยปกติขนมผิงในเชิงพาณิชย์จะมีคุณภาพหลากหลายที่มีแป้งมันสำปะหลังและน้ำตาลเป็นวัตถุดิบหลักในผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันพฤติกรรมการบริโภคอาหารประเภทเครื่องดื่ม ขนมขบเคี้ยว รวมทั้งขนมที่มีส่วนผสมของแป้งและน้ำตาลมีแนวโน้มมากยิ่งขึ้น (Ungchusak, 2012) ส่งผลก่อให้เกิดโรคอ้วน โรคเบาหวาน และโรคหัวใจหลอดเลือด ซึ่งถือเป็นปัญหาด้านสุขภาพ โดยคนไทยมีแนวโน้มจากการบริโภคแป้ง น้ำตาลจากขนม หรือผลิตภัณฑ์อาหารถึงวันละ 88 กรัม (22 ช้อนชา) หรือเพิ่มขึ้น 2.3 เท่า ซึ่งมากเกินความต้องการของร่างกายในแต่ละวันโดยเฉพาะในกลุ่มที่เสี่ยงต่อโรคที่เกิดจากการบริโภคแป้งและน้ำตาล (Rattanasakornchai, 2015)

จากปัญหาสุขภาพของประชากรในปัจจุบันที่การบริโภคอาหารเป็นส่วนหนึ่งในการทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ทางผู้วิจัยเห็นความสำคัญของการบริโภคอาหารจึงพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพที่ลดความเสี่ยงของโรคเหล่านี้ ด้วยการใช้แป้งสาคู (Sago flour) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ผลิตจากต้นสาคู (*Metroxylon sagu* Rottb.) และเป็นพืชอัตลักษณ์ในท้องถิ่นภาคใต้ของประเทศไทย โดยการผลิตแป้งสาคูที่จะใช้วิธีการสกัดแบบภูมิปัญญาชาวบ้านจึงทำให้ได้แป้งสาคูที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดมีสีน้ำตาลอ่อนซึ่งนิยมใช้สำหรับประกอบอาหารเป็นหลักโดยเฉพาะการทำขนมหวาน (Department of Agricultural Extension, 2022) ทั้งนี้สามารถสร้างรายได้และสร้างความยั่งยืนให้แก่ชาวบ้านหรือเกษตรกรที่ผลิตแป้งสาคู อีกทั้งยังช่วยอนุรักษ์กรรมวิธีการผลิตและภูมิปัญญาชาวบ้านให้คงอยู่ด้วยการนำแป้งสาคูมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมผิง (Khanom Ping) ซึ่งเป็นขนมไทยที่มีส่วนผสมหลัก คือ แป้งมันสำปะหลัง (Cassava flour) น้ำตาลทราย และกะทิ (Charoenphun, 2020) โดยแป้งสาคูสามารถใช้ทดแทนแป้งได้เกือบทุกชนิด เช่น แป้งมัน แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งถั่วเขียว เป็นต้น การนำแป้งสาคูมาแปรรูปเป็นอาหารจะมีจุดเด่นเฉพาะตัว คือ เม็ดแป้งมีความละเอียดสูงมีขนาดประมาณ 18-48 ไมโครกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังพบว่า มีความละเอียดเท่ากับ 0.04-27.39 ไมโครกรัม ซึ่งแป้งสาคู เป็นแป้งที่มีคุณสมบัติคงตัวได้ดีแม้ได้รับอุณหภูมิสูง เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นเนื้อแป้งสุก มีเนื้อสัมผัสที่เหนียว นุ่ม และมีรสหวานหอม เมื่อรับประทานแล้วท้องไม่อืดจึงเหมาะสำหรับคนที่แพ้แป้งบางชนิดและมีคุณค่าทางโภชนาการ (Keidlong, 2021) ซึ่งแป้งสาคูจะมีน้ำตาลน้อยกว่าข้าวแต่ให้พลังงานสูงมีไขมันต่ำและมีใยอาหารสูง ร้อยละ 0.26-0.32 (Ehara *et al*., 2018) ทั้งนี้ยังมีรายงานการวิจัยพบว่า แป้งสาคูทนต่อการย่อยและมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (GI=40.7) จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่เป็นเบาหวาน (Wahjuningsih *et al*., 2016) งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งมันสำปะหลังต่อคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ขนมผิง โดยศึกษากรรมวิธีการผลิตและสูตรมาตรฐานขนมผิง การทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในการทำขนมผิงและวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกสูตรผลิตภัณฑ์ขนมผิงต้นแบบในการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู รวมทั้งการคำนวณคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้ที่รักสุขภาพและช่วยลดความเสี่ยงของผู้บริโภคต่อการเกิดโรคต่าง ๆ รวมทั้งเป็นการใช้วัตถุดิบท้องถิ่นที่มีอยู่ในพื้นที่ภาคใต้เพื่อเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบทางการเกษตรและเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเพื่อสุขภาพชนิดอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษากรรมวิธีการผลิตและสูตรมาตรฐานขนมผิง

การศึกษาสูตรมาตรฐานขนมผิง โดยใช้สูตรขนมผิงพื้นฐานของ (Tanthasathien, 2010) (Laokoncome, 2021) และ (Panittha, 2010) ส่วนผสมแสดงดังตารางที่ 1 การเตรียมขนมผิงโดยการนำกะทิ (ตรา อร่อยดี) มาเคี่ยวจนแตกมัน ประมาณ 2 นาที เติมน้ำตาลทราย (ตรา มิตรผล) ลงไปเคี่ยวต่ออีก 2 นาที ยกลงจากเตาพักไว้ให้พออุ่น (45-50 องศาเซลเซียส) เติมไข่แดงลงไปคนให้เข้ากันและพักไว้ ร่อนแป้งมันสำปะหลัง (ตรา แมวแดง) ด้วยตะแกรงร่อนแป้งขนาด 60 เมช แบ่งแป้งครึ่งหนึ่งเติมลงในของเหลวที่พักไว้ตะล่อมให้เข้ากัน จากนั้นเติมแป้งส่วนที่เหลือลงไปแล้วตะล่อมให้เข้ากันอีกครั้ง นำไปตีด้วยเครื่องผสมอาหาร ยี่ห้อ Kitchen aid รุ่น 5K5SSWH ประเทศอังกฤษ ใช้หัวตีรูปใบไม้ที่ความเร็วปานกลาง 3 นาที นำไปใส่

ภาชนะปิดสนิท พักไว้ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องแล้วนวดให้เข้ากันอีกครั้ง ปั้นเป็นลูกทรงกลมลูกละ 10 กรัม จัดเรียงบนถาดที่ปูด้วยกระดาษไขและอบด้วยเตาอบไฟฟ้า ยี่ห้อ Mallory รุ่น Nang Fang ประเทศจีน อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12-15 นาที เมื่อครบเวลานำขนมออกมาพักให้เย็นบรรจุในถุงพลาสติก (Polypropylene: PP) ขนาด 14 x 22 เซนติเมตร นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 30 คน ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) (Boonna *et al*., 2022) เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ขนมผิงที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ขนมผิงสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม (ร้อยละ)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งมันสำปะหลัง	48.07	48.78	84.74
กะทิ	24.03	24.39	42.37
น้ำตาลทรายขาว	24.03	17.07	42.37
ไข่แดง	3.84	9.75	6.77

ที่มา : สูตรที่ 1 (Tanthasathien, 2010) สูตรที่ 2 (Laokoncome, 2021) สูตรที่ 3 (Panittha, 2010)

2. ศึกษาการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ขนมผิง

โดยการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันสำปะหลัง (ตรา แมวแดง) เปรียบเทียบกับแป้งสาคูต้น (ตำบลโคกสะบ้า อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง) ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้าและเส้นใย ตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000) จากนั้นศึกษาการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู โดยการนำสูตรขนมผิงที่ได้รับคะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านรสชาติและความชอบโดยรวม ในข้อ 1 มาทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในการทำขนมผิง อัตราส่วนร้อยละ 100:0 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 ตามลำดับ จากนั้นนำขนมผิงมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพและการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ประกอบด้วย

2.1 คุณสมบัติทางเคมี ประกอบด้วย ปริมาณความชื้น องค์ประกอบทางเคมี ประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้าและเส้นใย ทำการทดลองจำนวน 5 ซ้ำ ตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000)

2.2 คุณสมบัติทางกายภาพ ประกอบด้วย ค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab color meter (Color Flex, Hunter Associate Laboratory Inc., VA, USA) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Novasina AG, Neuheimstrasse 12, CH-8853, Lachen, Switzerland) ทำการทดลองจำนวน 5 ซ้ำ และวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัส ทำการวัดค่าความแข็ง (Hardness) ของขนมผิงด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyze) รุ่น TA. XT & plus ประเทศอังกฤษ พร้อมหัววัดรูปทรงกระบอกขนาด 35 มิลลิเมตร (P/35) เลือกรูปแบบการวัดเป็นแบบ compression กำหนดสภาวะในการทำงานของเครื่อง Texture Analyzer ได้แก่ Pre-Test Speed 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที Test Speed 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที Post-Test Speed 10.0 มิลลิเมตรต่อวินาที Distance 20 มิลลิเมตรต่อวินาที ทำการทดลองจำนวน 5 ซ้ำ ตามวิธีของ (Boonna *et al*., 2022)

2.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation) โดยการเตรียมผลิตภัณฑ์ขนมผิงที่ทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู ทั้ง 5 อัตราส่วน สำหรับให้ผู้ทดสอบชิม อธิบายวิธีการชิมให้ผู้ทดสอบทราบและนำตัวอย่างให้ผู้ทดสอบชิม โดยเสิร์ฟตัวอย่างขนมผิงอัตราส่วนละ 1 ชิ้น น้ำหนักชิ้นละ 10 กรัม ใส่ถ้วยชิมพร้อมน้ำเปล่าให้ผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยการประเมินคุณภาพในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) (Boonna *et al*., 2022) (คะแนนความชอบ 1= ไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9= ชอบมากที่สุด)

3. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู

ทดสอบองค์ประกอบทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมผิงที่ได้รับความชอบสูงสุด ในข้อ 2 มาคำนวณคุณค่าทางโภชนาการด้วยโปรแกรมคำนวณโภชนาการ Inmucal Version 4.0 (Institute of Nutrition, Mahidol University)

4. ศึกษาคุณสมบัติทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู

นำผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูที่ได้รับความชอบสูงสุด ในข้อ 2 มาศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และรา ตามวิธี (BAM, 2001) โดยการ Pour plate ใช้อาหาร PCA บ่มจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48±2 ชั่วโมง ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ในตัวอย่างถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีน (Polypropylene: PP) และปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกด้วยความร้อนที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (27±5 องศาเซลเซียส) ทุก ๆ 7 วัน เป็นเวลา 28 วัน

5. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ทำการทดลอง 5 ซ้ำ วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วย Analysis of variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 26 (Minitabl Pty Ltd, Sydney NSW, Australia) ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในข้อที่ 2.3 วางแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาสูตรมาตรฐานขนมผิง

ผลการศึกษาสูตรมาตรฐานขนมผิง โดยการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน ซึ่งพิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แสดงในตารางที่ 2 จากการทดสอบพบว่า ขนมผิงสูตรพื้นฐานของ (Tanthasathien, 2010) สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวมสูงสุดอยู่ในเกณฑ์ระดับชอบมาก

ตารางที่ 2 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสูตรมาตรฐานขนมผิง

สูตรที่	คะแนนความชอบ					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น^{ns}	รสชาติ	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบโดยรวม
1	7.98±0.73^{b}	8.20±0.65^{ab}	8.15±0.86	8.28±0.88^{a}	8.13±0.88	8.38±0.77^{a}
2	8.55±0.77^{a}	8.33±0.69^{a}	7.93±0.88	7.73±0.99^{b}	7.68±0.98	7.88±0.88^{b}
3	7.48±0.93^{c}	7.88± 0.88^{b}	7.80±1.0	7.83±1.06^{b}	7.78±1.19	7.78±1.00^{b}

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

2. ผลการศึกษาการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ขนมผิง

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันสำปะหลัง (ตรา แมวแดง) และแป้งสาคูต้น (ตำบลโคกสะบ้า อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง) ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้าและเส้นใย แสดงดังตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของแป้งทั้ง 2 ชนิดพบว่า ปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และเส้นใยของแป้งสาคูมีค่ามากกว่าแป้งมันสำปะหลัง โดยมีค่าเท่ากับ 13.67 0.08 0.45 และ 2.44 ตามลำดับ ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณน้อยกว่าเท่ากับ 85.77 ทั้งนี้ปริมาณไขมันของแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูมีปริมาณเท่ากัน มีค่าเท่ากับ 0.03

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู (กรัมต่อ100 กรัม)

องค์ประกอบทางเคมี	แป้งมันสำปะหลัง	แป้งสาคูต้น
ปริมาณความชื้น	11.47	13.67
โปรตีน	0.00	0.08
คาร์โบไฮเดรต	88.41	85.77
ไขมัน	0.03	0.03
เถ้า	0.09	0.45
เส้นใย	1.01	2.44

เมื่อนำผลจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูตรมาตรฐานของขนมผิงตามในข้อ 1 และเลือกสูตรที่ 1 มาเป็นสูตรมาตรฐาน เพื่อนำมาศึกษาการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในอัตราส่วนร้อยละ 100:0 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ค่าสี (L^* a^* b^*) และค่าความแข็ง แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า เมื่อการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในผลิตภัณฑ์ขนมผิงเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง ในด้านค่าสี พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์ขนมผิงมีค่าลดลง เมื่อปริมาณการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในผลิตภัณฑ์ขนมผิงเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเข้มสี ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในผลิตภัณฑ์ขนมผิง

การทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู (ร้อยละ)	คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ					
	ความชื้น	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	ค่าความแข็ง (kg.force)	ค่าสี		
				L^*	a*	b^*
100:0	1.56±0.00^{c}	0.44±0.00^{a}	16.23±0.69^{a}	81.88±0.59^{a}	3.10±0.46^{e}	13.94±0.66^{e}
75:25	1.61±0.01^{b}	0.22±0.00^{b}	15.99±1.35^{b}	74.27±0.52^{b}	5.26±0.12^{d}	17.53±0.20^{d}
50:50	1.57±0.02^{c}	0.22±0.00^{b}	11.29±0.61^{c}	68.00±0.38^{c}	7.36±0.07^{c}	20.67±0.77^{c}
25:75	1.64±0.03^{a}	0.16±0.00^{c}	8.66±0.54^{d}	64.64±3.04^{d}	8.21±0.08^{b}	21.39±0.24^{b}
0:100	0.53±0.00^{d}	0.22±0.00^{b}	4.13±0.49^{e}	59.75±0.32^{e}	9.26±0.02^{a}	22.79±0.08^{a}

หมายเหตุ L* แสดงค่า ความสว่าง มีค่า ตั้งแต่ 0-100
a* แสดงค่า ความเป็นสีแดงเมื่อมีค่าเป็นบวก และสีเขียวเมื่อมีค่าเป็นลบ
b* แสดงค่า ความเป็นสีเหลืองเมื่อมีค่าเป็นบวก และสีน้ำเงินเมื่อมีค่าเป็นลบ
$^{a-d}$ ที่แตกต่างกันในคอลัมม์เดียวกัน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมผิง ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และเส้นใย แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในขนมผิงทั้ง 5 อัตราส่วน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ปริมาณเส้นใยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในผลิตภัณฑ์ขนมผิง

การทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู (ร้อยละ)	องค์ประกอบทางเคมี (กรัม)				
	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า	เส้นใย
100:0	1.42±0.05^{a}	7.47±0.02^{c}	89.25±0.01^{d}	0.28±0.00^{c}	0.33±0.03^{e}
75:25	1.32±0.01^{c}	7.84±0.00^{b}	88.88±0.05 ^{e}	1.61±0.01^{b}	0.36±0.00^{d}
50:50	1.31±0.03^{c}	7.01±0.05^{e}	89.72±0.00^{a}	1.57±0.01^{c}	0.38±0.00^{c}
25:75	2.05±0.05^{b}	7.06±0.01^{d}	89.40±0.01^{c}	1.64±0.03^{a}	0.46±0.05^{b}
0:100	1.42±0.01^{a}	8.08±0.00^{a}	89.42±0.05^{b}	0.53±0.00^{d}	0.52±0.01^{a}

หมายเหตุ $^{a-b}$ ที่แตกต่างกันในคอลัมม์เดียวกัน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู ทั้ง 5 อัตราส่วน แสดงดังตารางที่ 6 พบว่า คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของขนมผิงในทุกระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบโดยรวม มีคะแนนความชอบที่ใกล้เคียงกัน แต่ในคุณลักษณะด้านรสชาติ พบว่า การทดแทนแป้งมันสำปะหลังโดยแป้งสาคูร้อยละ 25:75 มีคะแนนความชอบสูงสุดเท่ากับ 8.05 ซึ่งมีความแตกต่างกับการทดแทนในระดับอื่น

ตารางที่ 6 คะแนนความชอบเฉลี่ยของการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในผลิตภัณฑ์ขนมผิง

การทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู (ร้อยละ)	คะแนนความชอบ					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบรวม
100:0	7.88±0.85^{a}	7.88±0.97^{a}	8.00±0.85^{a}	7.88±0.85^{ab}	7.75±0.93	7.85±0.66^{ab}
75:25	7.95±0.81^{a}	7.90±0.71^{a}	7.85±0.95^{ab}	7.95±0.90^{ab}	7.85±0.86	7.93±0.86^{a}
50:50	8.50±0.96^{a}	7.95±1.01^{a}	7.88±1.40^{ab}	7.65±0.89^{ab}	7.83±1.06	7.83±0.96^{ab}
25:75	7.93±0.92^{a}	7.83±1.01^{a}	7.85±1.05^{ab}	8.05±1.04^{a}	7.98±1.05	7.85±1.10^{ab}
0:100	7.40±1.01^{b}	7.23±0.89^{b}	7.53±0.91^{b}	7.53±1.06^{b}	7.60±1.15	7.48±0.93^{b}

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)
$^{a-b}$ ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

3. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู

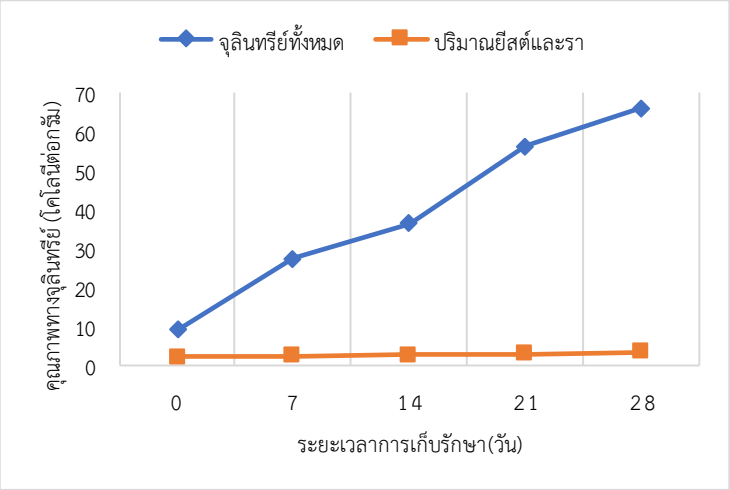
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู ดังตารางที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของขนมผิงสูตรมาตรฐานและขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู ร้อยละ 25:75 ซึ่งเป็นอัตราส่วนการทดแทนที่ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติสูงสุด ในข้อ 2 พบว่า ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู จะให้พลังงานทั้งหมดและคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่าขนมผิงสูตรมาตรฐาน เท่ากับ 1,644 กิโลแคลอรี และ 347 กรัม ส่วนปริมาณโปรตีน แคลเซียม และฟอสฟอรัส ของขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู มีมากกว่าขนมผิงสูตรมาตรฐาน เท่ากับ 6 กรัม 81 มิลลิกรัม และ 84 มิลลิกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 7 คุณค่าทางโภชนาการของขนมผิงสูตรมาตรฐานและผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู

องค์ประกอบทางโภชนาการ	ขนมผิงสูตรมาตรฐาน	ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	1,825	1,644
ไขมัน (กรัม)	28	28
โปรตีน (กรัม)	1.60	6
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	453	347
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	37	81
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	82	84

4. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู

ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู แสดงดังภาพที่ 1 พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในขนมผิงมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเริ่มต้นวันที่ 1 จำนวนน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ในวันที่ 7 เพิ่มจำนวนขึ้นเป็น 27.33 โคโลนีต่อกรัม และเพิ่มจำนวนเท่ากับ 36.33 โคโลนีต่อกรัม ในวันที่ 14 และเมื่อเก็บรักษาที่เวลา 28 วันมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 66.00 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาขนมผิง ตั้งแต่วันที่ 1-28 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าไม่เกิน 1×10^{4} โคโลนีต่อกรัม ปริมาณยีสต์และรา มีค่าเริ่มต้นในวันที่ 1 จำนวน 2.00 โคโลนีต่อกรัม ในวันที่ 7 เพิ่มจำนวนขึ้นเป็น 2.33 โคโลนีต่อกรัม และเพิ่มจำนวนเป็น 2.67 โคโลนีต่อกรัม ในวันที่ 14 และเมื่อเก็บรักษาที่เวลา 28 วัน ปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 3.33 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแล้วไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู ระหว่างการเก็บรักษา เป็นเวลา 28 วัน

อภิปรายผลการวิจัย

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ขนมผิงสูตรพื้นฐานสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติสูงสุด เท่ากับ 8.28 และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์สูงสุด เท่ากับ 8.38 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก เนื่องจากได้รับผลคะแนนการทดสอบในด้านรสชาติและความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรขนมผิงพื้นฐานสูตรอื่น ๆ และผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้ความคิดเห็นขนมผิงสูตรพื้นฐาน 1 เมื่อได้ทดสอบชิมพบว่า ลักษณะผลิตภัณฑ์ขนมผิงจะคงรูปได้ดี เนื้อสัมผัส กรอบร่วน และมีกลิ่นหอมมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรขนมผิงพื้นฐานสูตรอื่น ๆ ทั้งนี้ขนมผิงสูตรพื้นฐานสูตร 1 ยังมีลักษณะตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมผิง (Khanom Ping) (TPS.745/2005) (Industrial Product Standards Office, 2005) คือ มีลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบ ละลายในปากและไม่แข็งกระด้าง

จากการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในผลิตภัณฑ์ขนมผิง ร้อยละ 100:0 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 ดังตารางที่ 4 พบว่า ค่าความชื้น มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.53-1.64 และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีค่าอยู่ในช่วง 0.22-0.44 โดยปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ไม่เกินคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว Division of food (2020) ซึ่งค่ามาตรฐานของปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวต้องไม่มากกว่า 0.85 และงานวิจัยของ Sukjuntra (2016) พบว่าปริมาณแป้งสาคูที่เพิ่มขึ้นในการทำข้าวเกรียบจะทำให้ปริมาณความชื้นลดต่ำลงกว่าข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลังอย่างเดียว เนื่องจากแป้งสาคูมีปริมาณอะมิโลแพกทินใกล้เคียงกับแป้งมันสำปะหลัง คือ ร้อยละ 17-24 แต่มีปริมาณอะมิโลสสูงกว่า จึงทำให้ข้าวเกรียบที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมในปริมาณมากมีการพองตัวสูงและส่งผลให้ปริมาณความชื้นในข้าวเกรียบสูงกว่า ทั้งนี้การพองตัวและปริมาณความชื้นมีผลทำให้ค่าความแข็งลดลงพบว่า การทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในผลิตภัณฑ์ขนมผิง ร้อยละ 0:100 มีค่าความแข็งต่ำสุด เท่ากับ 4.13 กิโลกรัม.แรง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kulnuwong *et al.* (2021) ที่ศึกษาการผลิตขนมปั้นขลิบทอดโดยใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งสาลีบางส่วน ซึ่งพบว่า การใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เนื้อสัมผัสมีความหนาแน่นลดลง ความแข็งลดลง ความเปราะเพิ่มขึ้น และจากรายงานวิจัยของ Lekjing *et al.* (2019) พบว่า ค่าความแข็งของขนมขบเคี้ยวที่เติมแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวสาลีในปริมาณที่ต่างกันจะมีผลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัส เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องสังข์หยดลงในผลิตภัณฑ์จะทำให้ค่าความแข็งหรือความกรอบร่วนในตัวผลิตภัณฑ์ลดน้อยลง เนื่องจากแป้งสาคูมีคาร์โบไฮเดรตและอะไมโลสสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังมาก แป้งสาคูเมื่อดูดซับน้ำมากจะทำให้เนื้อสัมผัสแป้งไม่เกาะตัวจึงมีความเปราะได้ง่ายเมื่อการทดแทนในปริมาณที่มากขึ้น จากการวิเคราะห์ค่าสีพบว่า เมื่ออัตราส่วนของการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูที่เพิ่มขึ้น ค่า L* จะมีค่าลดลง ส่วนค่า a* และ b* เพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีสีขาวและเมื่อเจลแป้งมันสำปะหลังสุกจะมีลักษณะใส (Yamirudeng, 2019) เมื่อทดแทนด้วยแป้งสาคูในผลิตภัณฑ์ขนมผิงมีผลทำให้มีค่าความสว่างลดลงและผลิตภัณฑ์ขนมผิงจะมีสีเข้มขึ้น เนื่องจากการเกิดสีน้ำตาลจากแป้งสาคูที่มีปริมาณน้ำตาลสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง เมื่อนำผลิตภัณฑ์ขนมผิงไปอบทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Maillard reaction) ชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์

ซึ่งเกิดจากน้ำตาลรีดิวซิงค์ทำปฏิกิริยากับหมู่แอมิโนในโมเลกุลของโปรตีน (Rattanapanont, 2014) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังตารางที่ 5 พบว่า ปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในผลิตภัณฑ์ขนมผิงมากขึ้น เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูมีความแตกต่างกัน ซึ่งจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู (ตารางที่ 4) แสดงให้เห็นว่า แป้งสาคูมีปริมาณเส้นใยมากกว่าแป้งมันสำปะหลัง 1.43 เท่า ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมผิงเมื่ออัตราส่วนการทดแทนแป้งสาคูเพิ่มขึ้นจะทำให้มีปริมาณเส้นใยในผลิตภัณฑ์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suthinee (2020) ที่ได้ศึกษาคุณสมบัติแป้งต่อผลิตภัณฑ์ในการแปรรูปอาหาร พบว่า องค์ประกอบของเม็ดแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณไขมัน โปรตีน และเถ้า ร้อยละ 0.1 0.1 และ 0.2 ซึ่งจะมีปริมาณน้อยกว่าแป้งสาคูที่มีปริมาณไขมัน โปรตีน และเส้นใย ร้อยละ 0.20 0.13 และ 0.03 กรัม เมื่อการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมผิง

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในผลิตภัณฑ์ขนมผิง แสดงดังตารางที่ 6 พบว่า การทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในผลิตภัณฑ์ขนมผิง ร้อยละ 25:75 ได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติสูงสุด เท่ากับ 8.05 สูงกว่าสูตรอื่น ๆ เนื่องจากแป้งสาคูที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมผิงมีความหวานที่เป็นเอกลักษณ์และมีรสชาติแตกต่างจากการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในอัตราส่วนอื่น ทั้งนี้ลักษณะของขนมผิงยังมีความโปร่งและยังคงมีความกรอบ ร่วน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมผิง (TPS.745/2005) (Industrial Product Standards Office, 2005)

จากตารางที่ 7 แสดงคุณค่าโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู ให้พลังงานทั้งหมด 1,644 กิโลแคลอรี ไขมัน 28 กรัม โปรตีน 6 กรัม คาร์โบไฮเดรต 347 กรัม แคลเซียม 81 มิลลิกรัม และฟอสฟอรัส 84 มิลลิกรัม ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางโภชนาการสอดคล้องกับผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูพบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีแนวโน้มลดลง เมื่อการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูเพิ่มขึ้นแต่ในทางกลับกันปริมาณโปรตีน เส้นใยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และจากรายงานวิจัยของ Hansriwijit (2021) ที่พบว่า แป้งสาคูมีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 0.19-0.25 และเส้นใย ร้อยละ 0.26-0.32 ซึ่งมีปริมาณมากกว่าแป้งมันสำปะหลัง โดยแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.13 เส้นใยร้อยละ 0.11 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ehara et al (2018) ที่พบว่า แป้งสาคูมีปริมาณเส้นใยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.26-0.32 จากรายงานองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าจากโภชนาการของขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู จัดได้ว่า เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในกลุ่มขนมผิงทั่วไป ซึ่งสามารถต่อยอดสู่การทำวิจัยในอนาคตได้

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์ แสดงดังภาพที่ 1 พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมผิงทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู ตั้งแต่ 1 วัน ถึง 28 วัน ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม ปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 3.33 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและไม่เกินค่ามาตรฐานด้านคุณลักษณะที่ต้องการของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมผิง (TPS.745/2005) (Industrial Product Standards Office, 2005) ซึ่งกำหนดว่า “จุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม เนื่องมาจากส่วนผสมในการผลิตขนมผิงมีน้ำเป็นองค์ประกอบปริมาณน้อย อีกทั้งการผลิตมีการให้ความร้อนด้วยการอบทำให้น้ำในขนมผิงระเหยออกไป รวมไปถึงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษามีค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำจนทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ อัตราการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์จึงลดลงทำให้ยืดระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมผิงได้นานยิ่งขึ้น (Poolcharoensil *et al.*, 2023) จึงสรุปได้ว่า ขนมผิงที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีนมีปริมาณยีสต์และราและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด เมื่อเก็บรักษาได้ 28 วัน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผิงในการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู โดยการนำแป้งสาคูมาเป็นวัตถุดิบซึ่งเป็นพืชอัตลักษณ์ในท้องถิ่นภาคใต้มาทดแทนแป้งมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายให้แก่ผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในอัตราส่วนร้อยละ 25:75 เมื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมผิงได้รับคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติสูงสุดอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ซึ่งลักษณะของขนมผิงที่ได้จะมีสีน้ำตาลอ่อนจากสีธรรมชาติของแป้งสาคู ลักษณะคงรูป มีเนื้อสัมผัสกรอบร่วน มีกลิ่นหอมของแป้งสาคูที่มีความเป็นเอกลักษณ์ และมีคุณลักษณะตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน การทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคูในผลิตภัณฑ์ขนมผิง มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ พลังงานทั้งหมด 1,644 กิโลแคลอรี ไขมัน 28 กรัม โปรตีน 6 กรัม คาร์โบไฮเดรต 347 กรัม แคลเซียม

81 มิลลิกรัม และฟอสฟอรัส 84 มิลลิกรัม นอกจากนั้นแล้วขนมผิงที่ทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งสาคู จะให้พลังงานทั้งหมดและคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขนมผิงทั่วไป และสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ได้อย่างน้อยเป็นระยะเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งการใช้แป้งสาคูในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยสามารถต่อยอด ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่นเพื่อเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มในการสร้างความหลากหลายให้แก่ผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกลุ่มอื่น ๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณเงินรายได้ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

เอกสารอ้างอิง

AOAC. (1990) *Official methods of analysis* (15th ed.). Washington DC: The Association of Official Analytical Chemists Inc.

AOAC. (2000). *Official methods of analysis of association of official chemists* (17th ed.). Washington DC: The Association of Official Analytical Chemists Inc.

Boonna, P. Manarote, A. Panyathitipong, A. & Masavang, S. (2022). Effect of sugar content on physical and sensory properties of tapioca-based cookies. *Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST), 21*(2), 14-25. (in Thai)

Charoenphun, N. (2020). Utilization of broken rice flour for herbal Khanom Phing recipes production. *Thai Science and Technology Journal (TSTJ), 28*(9), 1595-1607. (in Thai)

Department of Agricultural Extension. (2022). *Unveiling the secrets of Sago: Local wisdom in food.* Nonthaburi: Printing House of the Cooperative League of Thailand Limited. (in Thai)

Division of food. (2020). *Guide to requesting permission for snack products and related laws.* Nonthaburi: Food and Drug Administration, Ministry of Public Health.

Ehara, H., Toyoda, Y. & Johnson, D. (2018). *Sago plam multiple contributions to food security and sustainable livelihoods.* Singapore: Springer Nature. (in Thai).

Hansriwijit, S. (2021). *Research and development for enhancing Sago flour and products in Khoksaba community, Nayong District, Trang Province.* Nakhon Si Thammarat: Faculty of Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Srivijaya. (in Thai)

Industrial Product Standards Office. (2005). *Standard for Khanom Ping products (TPS.745/2005).* Bangkok: Ministry of Industry. (in Thai)

Keidlong, B. (2021). *77 Local wisdoms across Thailand*. Bangkok: Printing House of the Department of Agricultural Promotion - Bureau of Technology Transfer Development. (in Thai)

Klungvijit, S. Poolcharoensil, N. & Pramuansuk, P. (2015). *Development of standards for Thai dry dessert recipes*. The research report received a research grant from Rajamangala University of Technology. Bangkok: Rajamangala University of Technology. (in Thai)

Kulnuwong, P., Tan Nong, K., Denmalai, T. & Suebhet, W. (2021). Partial replacement of wheat flour with Saku flour in making fried Pun Klib. In *6th Liberal Arts National Conference Integrated Disciplines and Research for Sustainable Development (LANC 2021) and Liberal Arts International Conference: Challenges of Education in the New Normal (LAIC 2021)*, July 15-16, 2021. Songkhla: Rajamangala University of Technology Srivijaya. (in Thai)

Laokoncome, N. (2021). *Khanom Ping* [Online]. Retrieved November 18, 2023, from: https://www.instagram.com/khrunid. (in Thai)

Lekjing, S. Noonim, P. Boottajean, S. & Chantawong, P. (2019). Effect of substitution of wheat flour with Sangyod brown rice flour on physicochemical and sensory qualities in snack product. *Khon Kaen Agr. J., 47*(Suppl. 1), 679-684. (in Thai)

Panittha. (2010). *Khanom Ping menu* [Online]. Retrieved November 18, 2023, from: https://www.wongnai.com. (in Thai)

Phianthong, J. Tanthiang, O. Kaewsrithong, J. & Thanawatchai, A. (2015). Development of Khanom Ping products fortified with Centella asiatica juice. *The National Academic conference research and development institute Kamphaeng Phet Rajabhat University*, December 22, 2015. Kamphaeng Phet: Kamphaeng Phet Rajabhat University. (in Thai)

Poolcharoensil, N., Uthai, N., Thaweeratthanon, T., Yampuang, R., Subannamanee, N., Mala, T., *et al.* (2023). Effect of storage time on chemical, physical and microorganism quality of Kanom Nah Nuan. *Journal of Home Economic*, *66*(1), 119-130. (in Thai)

Rattanapanont, N. (2014). *Food chemistry*. Bangkok: Odeon Store Printing House. (in Thai)

Rattanasakornchai, S. (2019). Affect factors on food consumption behavior of sixth class high school student in Muang Chumphon District, Chumphon Province. *Thai Food and Drug Journal*, *26*(2), 93-100. (in Thai)

Sukjuntra, J. (2016). Development of traditional food from Sago starch: Frozen Palaw Keropok. *Burapha Science Journal*, *21*(2), 17-30. (in Thai)

Suthinee, S. (2020). *Properties of starch that affect product processing.* Research and development documents for aquatic animal products. Bangkok: Fisheries Department. (in Thai)

Tanthasathien, P. (2010). *Khanom Ping* [Online]. Retrieved November 18, 2023, from: https://www.phofood mafia.com. (in Thai)

Ungchusak, J. (2012). *Sugar, health and proper consumption management*. Bangkok: The Printing House of the War Veterans Organization Under Royal Patronage. (in Thai)

Wahjuningsih, S. B., Marsono, Y., Praseptiangga, D. & Haryanto, B. (2016). Resistant starch content and glycaemic index of Sago (*Metroxylon* spp.) starch and red bean (*Phaseolus vulgaris*) based analogue rice. *Pakistan Journal of Nutrition*, *15*(7), 667-672.

Yamirudeng, K. (2019). Substitution of wheat flour with rice flour in Curry Puff. *YRU Journal of Science and Technology, 4*(2), 104-112. (in Thai)