

<http://journal.rmutp.ac.th/>

ผลของแป้งข้าวกล้องงอกและอินูลินต่อคุณภาพของแป้งต็อกโบกิ

มนัสนันท์ ธีระเกียรติกำจร¹ จิรวิทย์ กาญจนลักษณ์¹ ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์^{1*}

และ พรราวตา จันทโร²

¹ สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² สาขานวัตกรรมการอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

¹ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² 272 ถนนสุราษฎร์-นาสาร ตำบลขุนทะเล อำเภอเมือง สุราษฎร์ธานี 84100

รับบทความ 4 กรกฎาคม 2564 แก้ไขบทความ 8 มีนาคม 2565 ตอรับบทความ 4 เมษายน 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต็อกจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมอินูลิน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้แป้งข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า และการเสริมอินูลินต่อคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของต็อก การใช้แป้งข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวเจ้าในต็อกที่อัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวเจ้า 2:1 แป้งข้าวเหนียวต่อแป้งข้าวกล้องงอก 2:1, 1:2 และ 1.5:1.5 พบว่าปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ต็อกมีความเป็นสีแดง (a^*) และความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น แต่ความสว่าง (L^*) ความสามารถเกาะรวมตัวกัน ความเหนียวเป็นยางหรือกาว ความทนต่อการเคี้ยว และคะแนนความชอบลดลง ศึกษาการเสริมอินูลินที่ร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 พบว่าการเสริมอินูลินส่งผลให้ต็อกมีความเป็นสีแดง (a^*) และความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง แต่ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความแข็ง และความสามารถเกาะรวมตัวกันเพิ่มขึ้น การเสริมอินูลินในต็อกที่ร้อยละ 30 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดในด้านสี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม องค์ประกอบทางเคมีของต็อกจากแป้งข้าวกล้องงอกเสริมอินูลินมีปริมาณความชื้นร้อยละ 44.78 โปรตีนร้อยละ 3.36 ไขมันร้อยละ 0.19 เถ้าร้อยละ 0.47 เส้นใยหยาบร้อยละ 0.48 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 51 และให้พลังงาน 84 กิโลแคลอรี/หน่วยบริโภค (40 กรัม)

คำสำคัญ : ต็อก; แป้งข้าวกล้องงอก; อินูลิน

<http://journal.rmutp.ac.th/>

Effects of Germinated Brown Rice Flour and Inulin on the Quality of Tteokbokki Flour

Manusanun Dheerakiatkumchorn¹ Jirawit Kanjanalux¹ Parisut Chalermchaiwat^{1*}
and Prawta Chantaro²

¹ Food and Nutrition Program, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University

² Food Innovation and Nutrition Program, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University

¹ 50 Ngam Wong Wan Road, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

² 272 Surat-Nasarn Road, Khun Talae, Muang, Surat Thani 84100

Received 4 July 2021; Revised 8 March 2022; Accepted 4 April 2022

Abstract

This research is the development of Tteok products from germinated brown rice flour supplemented with inulin. The objectives were to study the use of germinated brown rice flour as a substitute for glutinous rice flour and rice flour and inulin supplementation on physical, chemical and sensory qualities of Tteok. The germinated brown rice flour was substituted glutinous rice flour and rice flour in Tteok at different ratios; glutinous rice flour to rice flour 2:1, glutinous rice flour to germinated brown rice flour 2:1, 1:2, and 1.5:1.5. Increasing the germinated brown rice flour resulted in increased redness (a^*) and yellowness (b^*), but decreased lightness (L^*), cohesiveness, gumminess, chewiness and liking score. Inulin supplementation was studied at 0%, 20%, 30% and 40%. Supplementation with inulin caused a decrease in redness (a^*) and yellowness (b^*) of Tteok, whereas the lightness (L^*), hardness and adhesiveness increased. Tteok with 30% inulin obtained the highest liking score in color, texture, taste and overall liking. The chemical composition of germinated brown rice flour Tteok with inulin supplement contains 44.78% moisture content, 3.36% protein, 0.19% fat, 0.47% ash, 0.48% fiber, 51.00% carbohydrate and 84 kcal/serving (40 g).

Keywords : Tteok; Germinated Brown Rice Flour; Inulin

** Corresponding Author. Tel.: +668 1448 4577, E-mail Address: fagrpsch@ku.ac.th*

1. บทนำ

ต็อกโบกี (Tteokbokki) เป็นอาหารเกาหลีที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย [1] ตัวแป้งต็อก (Tteok) ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเหนียวขึ้นรูปเป็นทรงกระบอก ทำให้สุกด้วยการต้มหรือหนึ่ง และนำไปปรุงรสด้วยซอสแบบเผ็ดที่ทำจากโคชูจัง (น้ำพริก) หรือซอสแบบไม่เผ็ดที่ทำจากคันจัง (ซอสถั่วเหลือง) ก็ได้ คุณค่าทางโภชนาการหลักคือคาร์โบไฮเดรต ปัจจุบันพฤติกรรมการบริโภคของคนไทยเน้นการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ ดังนั้นการใช้แป้งเพื่อสุขภาพ เช่น แป้งจากข้าวกล้องงอก (Germinated Brown Rice Flour) จึงเป็นทางเลือกที่ดีต่อสุขภาพ และได้คุณค่าทางโภชนาการมากยิ่งขึ้น

ข้าวกล้องงอก (Germinated Brown Rice) คือ การนำข้าวเปลือกหรือข้าวกล้องมาเพาะงอก และทำให้แห้งเพื่อลดความชื้น ข้าวกล้องงอกมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากข้าวกล้องงอกอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น อินโนซิทอล (Inositol) กรดเฟอร์รูริก (Ferulic Acid) กรดแกมมาอะมิโนบิวไทริก (Gamma-aminobutyric Acid, GABA) โทโคไตรอีนอล (Tocotrienols) และแกมมาออริซานอล (Gamma Oryzanol) เป็นต้น การรับประทานข้าวกล้องงอกอย่างต่อเนื่องมีผลต่อการป้องกันการปวดศีรษะ รักษาระดับน้ำตาลในเส้นเลือด ป้องกันโรคหัวใจ ช่วยลดความดันโลหิต และป้องกันโรคความจำเสื่อม [2] ในปัจจุบันมีการนำข้าวกล้องงอกมาผลิตเป็นแป้งข้าวกล้องงอกเพื่อให้นำไปใช้ได้ง่ายและผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย เช่น มัฟฟิน [3] และโดฟูกุ [4] เป็นต้น งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเมื่อนำแป้งข้าวกล้องงอกไปทดแทนในผลิตภัณฑ์อาหารมักเกิดปัญหาทางด้านเนื้อสัมผัส เนื่องจากเมื่อข้าวผ่านการงอกทำให้แป้งบางส่วนย่อยไปเป็นน้ำตาลส่งผลให้ค่าความหนืดลดลง [5] ซึ่งมีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียวในผลิตภัณฑ์ จึง

มีการใช้สารต่าง ๆ มาช่วยในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งอินูลินนิยมนำมาใช้ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัส โดยจะให้โยอาหารและมีรสหวานตามธรรมชาติ

อินูลินคือโยอาหารที่สกัดจากพืชและสามารถละลายน้ำได้ประกอบด้วยพอลิเมอร์ของฟรุคโตสอาจมีน้ำตาลกลูโคสอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ ถ้ามีน้ำตาลกลูโคสจะมีเพียง 1 โมเลกุล อยู่ที่ปลายด้านใดด้านหนึ่ง มีระดับการเกิดพอลิเมอร์ (Degree of Polymerization, DP) เท่ากับ 2-60 ซึ่งยึดเกาะกันด้วยพันธะ β -2,1 ที่ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร แต่สามารถถูกย่อยได้โดยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ [6] จึงมีประโยชน์ช่วยในการขับถ่าย ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด ลดจุลินทรีย์ที่ก่อโรค และเพิ่มภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายได้อีกด้วย [7] อินูลินถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส เช่น การใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันในคุกกี้ [8] บิสกิต [9] และไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ [6] ซึ่งพบว่าการเพิ่มอินูลินทำให้ค่าความแข็งของคุกกี้ บิสกิต และไส้กรอกไก่ไขมันต่ำเพิ่มขึ้นด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้แป้งข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าและการเสริมอินูลินต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของต็อก เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวกล้องงอก และเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบของไทยมากยิ่งขึ้น

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 วัตถุดิบ

แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว (นิเวศ, ไทย) แป้งข้าวกล้องงอกได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เมดิฟูดส์ (ประเทศไทย) จำกัด อินูลิน (SL inulin 101) ซอสต็อกโบกีสำเร็จรูป (Mom's Mam, เกาหลี)

2.2 การใช้แป้งข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของต็อก

การผลิตต็อกสูตรพื้นฐาน (สูตร A) โดยมีอัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าเท่ากับ 2:1 ซึ่งดัดแปลงมาจากสูตรของ Jinny [10] แล้วทำการทดแทนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวกล้องงอกเท่ากับ 2:1 (สูตร B), 1:2 (สูตร C) และ 1.5:1.5 (สูตร D) มีวิธีการผลิตคือ นำแป้ง 30 กรัม มาผสมให้เข้ากัน เติมน้ำร้อน (80 องศาเซลเซียส) 28 กรัม นวดให้ส่วนผสมเข้ากันด้วยมือ จากนั้นนำไปนึ่งในลังถึง นาน 150 วินาที เติมน้ำมันงา 1 กรัม ลงในแป้งที่นึ่งแล้ว และนวดให้เข้ากัน คลึงแป้งให้เป็นเส้นยาวมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ตัดเป็นท่อนยาว 3 เซนติเมตร โดยให้แต่ละชิ้นหนัก 2 กรัม บรรจุต็อกในถุงพลาสติก โพลีเอทิลีนและเก็บที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 1 ชั่วโมง ก่อนนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและประเมินทางประสาทสัมผัส

2.2.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

นำต็อกที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ดังนี้

1) ค่าสี ในระบบ CIE LAB โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colourflex, Hunter Lab, สหรัฐอเมริกา) โดยค่าสี L^* (ค่าความสว่างมีค่า 0-100, 0 หมายถึงวัตถุที่มีความสว่างสีดำ และค่า 100 หมายถึงวัตถุที่มีความสว่างสีขาว) ค่าสี a^* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีแดง, - หมายถึง วัตถุที่มีสีเขียว) ค่าสี b^* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีเหลือง, - หมายถึงวัตถุที่มีสีน้ำเงิน) วัดค่าจำนวน 3 ซ้ำ

2) ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis โดยใช้เครื่อง Texture analyzer (TA.XT plus, Stable Micro System, อังกฤษ) ใช้หัววัด P/35 กดลงบนตัวอย่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร และยาว 3 เซนติเมตร โดยวางตัวอย่างใน

แนวนอนและกดลงไปเป็นระยะทางร้อยละ 75 ของความสูงชิ้นตัวอย่าง ด้วยความเร็วในการทดสอบ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที วัดค่าจำนวน 10 ครั้งในการทดสอบ 1 ซ้ำ รายงานผลออกมาเป็นค่าความแข็ง (Hardness) ความสามารถในการเกาะติดผิววัสดุ (Adhesiveness) ความยืดหยุ่น (Springiness) ความสามารถเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) และความเหนียวเป็นยางหรือกาว (Gumminess)

2.2.2 ประเมินทางประสาทสัมผัส

นำต็อกที่ผลิตได้มาประเมินความชอบด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 - Points Hedonic Scale) กับผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน โดยทำการประเมิน 2 แบบ คือ (1) ตอกประเมินคุณลักษณะด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และ (2) ตอกพร้อมซอส ประเมินคุณลักษณะด้าน รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

2.3 การศึกษาปริมาณอินูลินต่อคุณภาพทางกายภาพเคมี และประสาทสัมผัสของต็อก

นำตอกสูตรที่ผ่านการคัดเลือกโดยใช้เกณฑ์คะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุดในข้อ 2.2 มาศึกษาการเสริมอินูลิน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (B1) ร้อยละ 20 (B2) ร้อยละ 30 (B3) และร้อยละ 40 (B4) ตามลำดับ ซึ่งปริมาณอินูลินที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คำนึงถึงปริมาณอินูลินที่สามารถบริโภคได้ใน 1 วัน เนื่องจากหากร่างกายได้รับอินูลินมากเกินไปวันละ 15-40 กรัมต่อวัน จะทำให้เกิดอาการท้องเสียได้ [7] โดยผลิต ตอกตามวิธีการผลิตในข้อ 2.2 จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพตามข้อ 2.2.1 และประเมินทางประสาทสัมผัสตามข้อ 2.2.2

2.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

นำตอกที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดจากข้อ 2.3 มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีดังนี้

1) ปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน เส้นใย หยาบ และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ AOAC (2016)

2) ค่าพลังงานของต็อก โดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter (6100, PARR, สหรัฐอเมริกา) รายงานผลเป็นหน่วยกิโลแคลอรี (kcal)

2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ดำเนินการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS version 21 (IBM, สหรัฐอเมริกา)

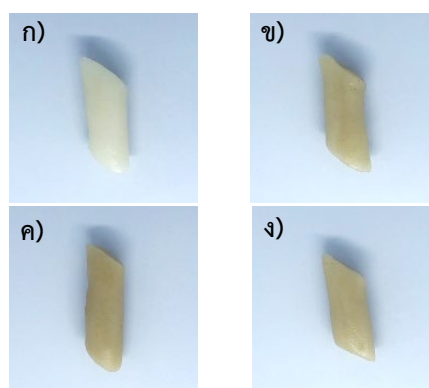
3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลของการใช้แป้งข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของต็อก

ลักษณะของต็อกที่ได้จากการทดแทนแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งข้าวกล้องงอกแตกต่างกันทั้ง 4 สูตร ดังแสดงในรูปที่ 1 พบว่า ต็อกสูตร A มีสีข้าวที่สุกเพราะไม่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องงอก ส่วนต็อกสูตร C มีสีน้ำตาลที่สุดเนื่องจากมีการทดแทนแป้งข้าวกล้องงอกปริมาณมากที่สุด

ค่าสีของต็อกแสดงในตารางที่ 1 พบว่า ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของต็อกทั้ง 4 สูตรนั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) พิจารณาค่าความสว่าง (L^*) พบว่าต็อกสูตรพื้นฐาน (สูตร A) มีค่า L^* มาก

ที่สุด ความเป็นสีแดง (a^*) และความเป็นสีเหลือง (b^*) น้อยที่สุดเนื่องจากแป้งข้าวเจ้ามีลักษณะเป็นผงสีขาว ปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า L^* ลดลง โดยต็อกสูตร C ค่า L^* น้อยที่สุด มีค่า a^* และ ค่า b^* มากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของอภิญา [3] ที่ศึกษาการทดแทนแป้งข้าวสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกในมัฟฟินแล้วพบว่า ค่า L^* ลดลง ส่วนค่า a^* และ ค่า b^* เพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งข้าวกล้องงอกมีสีเข้มกว่าแป้งข้าวสาลี



รูปที่ 1 ต็อกที่ได้จากการทดแทนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวกล้องงอกที่ต่างกัน
ก) สูตร A ข) สูตร B ค) สูตร C และ ง) สูตร D

ลักษณะเนื้อสัมผัสของต็อกแสดงในตารางที่ 2 พบว่า การทดแทนแป้งข้าวเจ้า (สูตร A) ด้วยแป้งข้าวกล้องงอก (สูตร B) ในปริมาณที่เท่ากัน ส่งผลให้ ค่าความแข็ง (Hardness) และความเหนียวเป็นยางหรือกาว (Gumminess) ลดลง ในขณะที่การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกและลดแป้งข้าวเหนียว (สูตร C) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตร B พบว่าทำให้ค่าความแข็ง (Hardness) เพิ่มขึ้น ความยืดหยุ่น (Springiness) ความสามารถเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) และความเหนียวเป็นยางหรือกาว (Gumminess) ลดลง เนื่องจากข้าวที่ผ่านการงอกทำให้แป้งบางส่วนย่อยไปเป็นน้ำตาลค่าความหนืดจึงมีค่าลดลง [5] ส่งผลให้

ผลิตภัณฑ์มีความแข็งและเหนียวลดลง เมื่ออัตราส่วน แป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวกล้องงอกเท่ากันคือ 1.5:1.5 (สูตร D) เปรียบเทียบกับสูตร C พบว่าปริมาณแป้งข้าวเหนียวที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) เพิ่มขึ้น

การประเมินทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้ คะแนนความชอบของต็อก แสดงดังตารางที่ 3 และ

คะแนนความชอบของต็อกกับซอส แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า การบริโภคต็อกร่วมกับซอสส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ต็อกสูตร B และสูตร D ทั้งแบบไม่มีซอสและมีซอส ได้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน

ตารางที่ 1 ค่าสีของต็อกที่ได้จากการทดแทนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวกล้องงอกที่แตกต่างกัน

Treatment	Color		
	L*	a*	b*
A (Basic formula)	52.49 $\pm$ 0.02 ^a	-0.77 $\pm$ 0.01 ^d	10.37 $\pm$ 0.07 ^d
B	47.69 $\pm$ 0.07 ^b	1.22 $\pm$ 0.06 ^c	16.46 $\pm$ 0.13 ^c
C	45.48 $\pm$ 0.02 ^d	2.21 $\pm$ 0.03 ^a	18.74 $\pm$ 0.05 ^a
D	45.77 $\pm$ 0.01 ^c	1.78 $\pm$ 0.05 ^b	18.13 $\pm$ 0.03 ^b

หมายเหตุ ^{a-d} ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าเนื้อสัมผัสของต็อกที่ได้จากการทดแทนแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งข้าวกล้องงอกที่แตกต่างกัน

Texture	Treatment			
	A (Basic formula)	B	C	D
Hardness (N)	3651.00 $\pm$ 261.34 ^a	3027.56 $\pm$ 148.47 ^b	3740.26 $\pm$ 197.51 ^a	3071.88 $\pm$ 172.12 ^b
Adhesiveness	-712.43 $\pm$ 289.78 ^b	-519.93 $\pm$ 147.76 ^{ab}	-644.27 $\pm$ 214.11 ^{ab}	-480.83 $\pm$ 164.89 ^a
Springiness	0.66 $\pm$ 0.18 ^{ab}	0.75 $\pm$ 0.06 ^a	0.53 $\pm$ 0.15 ^b	0.61 $\pm$ 0.15 ^b
Cohesiveness	0.74 $\pm$ 0.07 ^a	0.78 $\pm$ 0.03 ^a	0.57 $\pm$ 0.07 ^c	0.66 $\pm$ 0.07 ^b
Gumminess	2702.17 $\pm$ 237.79 ^a	2360.23 $\pm$ 126.87 ^b	2128.45 $\pm$ 240.78 ^c	1993.61 $\pm$ 209.96 ^c

หมายเหตุ ^{a-d} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบของต็อกที่ได้จากการทดแทนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวกล้องงอก

Treatment	Tteok			
	Color	Flavor	Taste	Texture
A (Basic formula)	7.78 $\pm$ 1.28 ^a	6.88 $\pm$ 1.06 ^a	6.64 $\pm$ 1.06 ^a	6.69 $\pm$ 1.21 ^a
B	6.72 $\pm$ 1.33 ^b	6.78 $\pm$ 1.38 ^{ab}	6.74 $\pm$ 1.28 ^a	7.02 $\pm$ 1.55 ^a
C	5.56 $\pm$ 1.43 ^c	5.92 $\pm$ 1.60 ^c	5.68 $\pm$ 1.20 ^b	6.06 $\pm$ 1.36 ^b
D	5.92 $\pm$ 1.50 ^c	6.28 $\pm$ 1.47 ^{bc}	6.52 $\pm$ 1.33 ^a	6.96 $\pm$ 1.59 ^a

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

ตารางที่ 4 คะแนนความชอบของต็อกกับซอสที่ได้จากการทดแทนแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวกล้องงอก

Treatment	Tteok with sauce		
	Taste	Texture	Overall liking
A (Basic formula)	7.40 ± 0.78 ^a	7.20 ± 1.03 ^a	7.40 ± 0.83 ^a
B	7.20 ± 1.34 ^a	7.30 ± 1.43 ^a	7.42 ± 1.23 ^a
C	6.46 ± 1.40 ^b	6.24 ± 1.21 ^b	6.42 ± 1.23 ^b
D	7.04 ± 1.36 ^a	7.10 ± 1.54 ^a	7.28 ± 1.26 ^a

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

ตารางที่ 5 ค่าสีของต็อกที่เสริมปริมาณอินูลินที่แตกต่างกัน

Treatment	Color		
	L*	a*	b*
B1	47.69 ± 0.07 ^d	1.22 ± 0.06 ^a	16.46 ± 0.13 ^a
B2	48.21 ± 0.02 ^c	0.71 ± 0.13 ^b	15.73 ± 0.05 ^b
B3	49.34 ± 0.02 ^b	0.67 ± 0.06 ^b	14.99 ± 0.11 ^c
B4	50.57 ± 0.02 ^a	-0.09 ± 0.03 ^c	13.86 ± 0.08 ^d

หมายเหตุ ^{a-d} ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ค่าเนื้อสัมผัสของต็อกที่เสริมปริมาณอินูลินแตกต่างกัน

Texture	Treatment			
	B1	B2	B3	B4
Hardness (N)	3027.56 ± 148.47 ^b	4032.24 ± 272.61 ^a	4113.27 ± 408.24 ^a	4259.80 ± 501.39 ^a
Adhesiveness	-519.93 ± 147.76 ^b	-279.71 ± 119.09 ^a	-329.02 ± 65.70 ^a	-249.70 ± 78.16 ^a
Springiness ^{ns}	0.75 ± 0.06	0.67 ± 0.10	0.77 ± 0.40	0.68 ± 0.07
Cohesiveness	0.78 ± 0.03 ^a	0.64 ± 0.03 ^b	0.66 ± 0.04 ^b	0.60 ± 0.02 ^c
Gumminess	2360.23 ± 126.87 ^b	2580.14 ± 228.54 ^{ab}	2727.65 ± 264.29 ^a	2561.70 ± 319.75 ^{ab}

หมายเหตุ ^{a-d} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

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

ตารางที่ 7 คะแนนความชอบของต็อกที่เสริมอินูลินแตกต่างกัน

Treatment	Tteok			
	Color	Flavor ^{ns}	Taste	Texture
B1	6.42 ± 1.11 ^b	6.82 ± 1.27	6.44 ± 1.31 ^b	6.96 ± 1.20 ^{bc}
B2	6.78 ± 1.28 ^b	6.48 ± 1.27	6.70 ± 1.33 ^{ab}	7.04 ± 0.86 ^{ab}
B3	7.36 ± 1.01 ^a	6.98 ± 1.19	7.20 ± 1.46 ^a	7.46 ± 1.16 ^a
B4	7.70 ± 1.30 ^a	6.78 ± 1.15	6.80 ± 1.18 ^{ab}	6.54 ± 1.09 ^c

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

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

3.2 ผลของการเสริมอินูลินต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของดอก

ค่าสีของดอกที่มีการเสริมอินูลินในปริมาณที่แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 5 พบว่า ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของดอกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดอกสูตรควบคุม (B1 : ไม่เสริมอินูลิน) มีค่า L^* น้อยที่สุด ในขณะที่ค่า a^* และค่า b^* มากที่สุด การเสริมอินูลินในดอกที่ใช้แบ่งข้าวกล้องงอกทดแทนแบ่งข้าวเหนียวและแบ่งข้าวเจ้า พบว่า ปริมาณอินูลินที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า L^* ของดอกเพิ่มขึ้น ลักษณะเนื้อสัมผัสของดอกสูตร B ใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐาน (ตารางที่ 2) จึงเลือกสูตร B เพื่อไปศึกษาการเสริมอินูลินต่อไป โดยดอกที่เสริมอินูลินร้อยละ 40 มีค่า L^* มากที่สุด มีค่า a^* และค่า b^* น้อยที่สุด สำหรับดอกที่มีการเสริมอินูลินร้อยละ 20 มีค่า L^* น้อยที่สุด มีค่า a^* และ ค่า b^* มากที่สุด สอดคล้องกับการใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันในคุกกี้ [8] เนื่องจากอินูลินมีลักษณะเป็นผงสีขาว ส่งผลให้มีค่า L^* เพิ่มขึ้น ค่า a^* และ ค่า b^* ลดลง

ลักษณะเนื้อสัมผัสของดอกเสริมอินูลินในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่า การเสริมอินูลินในดอก ทำให้ค่า Hardness, Adhesiveness และ Gumminess เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า Cohesiveness ลดลง แต่ไม่ส่งผลต่อค่า Springiness

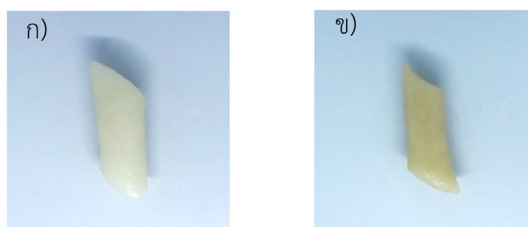
การเพิ่มปริมาณอินูลินส่งผลให้ค่า Hardness ของดอกมากขึ้นสอดคล้องกับการเสริมอินูลินในไส้กรอกไก่ไข่มุนต์ดำ [6] ที่รายงานว่าอินูลินทำให้ค่า Hardness ของไส้กรอกไก่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเกิดเจลของอินูลินส่งผลให้ความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 7 และ 8 พบว่า ดอกสูตร B3 เสริมอินูลินร้อยละ 30 มีคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบมากที่สุดในทุกคุณลักษณะโดยอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

ดอกที่เสริมอินูลินได้คะแนนความชอบเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะด้านสี เนื้อสัมผัส และรสชาติ เนื่องจาก

การเติมอินูลินทำให้ค่าความสว่างของดอกมากขึ้น เนื่องจากผงอินูลินมีสีขาว นอกจากนี้ยังช่วยให้เนื้อสัมผัสของดอกในด้านความแข็งและความเหนียวดีขึ้น

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดอกที่มีการทดแทนแบ่งข้าวเจ้าด้วยแบ่งข้าวกล้องงอกเสริมอินูลินที่ระดับร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (รูปที่ 2) แสดงในตารางที่ 9 สอดคล้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแบ่งแค้นตะวัน [13] พบว่าการเพิ่มปริมาณแบ่งแค้นตะวันส่งผลต่อโครงสร้างของขนมปังโดยเนื้อขนมปังจะแน่นขึ้นและค่าความแข็งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ อินูลินเป็นสารทดแทนความหวานจึงทำให้ดอกมีรสชาติที่ดียิ่งขึ้นสังเกตได้จากค่าคะแนนความชอบโดยการเสริมอินูลินที่ระดับร้อยละ 30 จะทำให้ได้คะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบมากที่สุด



รูปที่ 2 ดอก ก) สูตรพื้นฐาน) ข) สูตรที่พัฒนาได้

การทดแทนแบ่งข้าวเจ้าด้วยแบ่งข้าวกล้องงอกและการเสริมอินูลินที่ระดับร้อยละ 30 ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในดอกลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน ปริมาณเส้นใยหยาบในดอกที่พัฒนาได้มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากข้าวกล้องงอกและอินูลินมีใยอาหารสูง ทั้งนี้ดอกที่มีการใช้แบ่งข้าวกล้องงอกทดแทนแบ่งข้าวเจ้าและแบ่งข้าวเหนียวคาดว่าจะมีปริมาณสาร GABA สูงกว่าสูตรพื้นฐาน เช่นเดียวกับการใช้ข้าวกล้องงอกในผลิตภัณฑ์โดพูกและคุกกี้ พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่า GABA เพิ่มขึ้นจากเดิม [4], [14]

ตารางที่ 8 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของต็อกบกกับซอสที่เสริมอินูลินแตกต่างกัน

Treatment	Tteok with sauce		
	Taste	Texture	Overall liking
B1	6.98 ± 1.17 ^b	7.08 ± 1.26 ^a	7.10 ± 1.07 ^b
B2	7.22 ± 1.18 ^{ab}	7.16 ± 0.79 ^a	7.12 ± 0.94 ^b
B3	7.64 ± 1.16 ^a	7.50 ± 1.22 ^a	7.84 ± 1.04 ^a
B4	7.28 ± 0.99 ^{ab}	6.56 ± 1.15 ^b	7.00 ± 0.99 ^b

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

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของต็อกสูตรพื้นฐานและสูตรที่พัฒนาได้

Chemical quality	Treatment	
	A (Basic formula)	B3 (Developed formula)
Moisture (% wb)	50.38 ± 0.26 ^a	44.78 ± 0.17 ^b
Protein (% wb)	4.03 ± 0.05 ^a	3.36 ± 0.03 ^b
Fat (% wb)	0.16 ± 0.01 ^b	0.19 ± 0.01 ^a
Ash (% wb)	0.19 ± 0.09 ^b	0.47 ± 0.08 ^a
Crude fiber (% wb)	0.22 ± 0.03 ^b	0.48 ± 0.02 ^a
Carbohydrate (% wb)	44.87 ± 0.56 ^b	51.00 ± 0.13 ^a
Energy ^{ns} (kcal/40 g)	85.40 ± 0.01 ^a	84.40 ± 0.00 ^b

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

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

4. สรุป

ต็อกที่พัฒนาได้ประกอบไปด้วยแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวกล้องงอกในอัตราส่วน 2:1 และเสริมอินูลินร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีคุณค่าทางโภชนาการด้านใยอาหารเพิ่มขึ้น และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการนำแป้งข้าวกล้องงอกมาใช้ร่วมกับอินูลินเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต็อกได้ ซึ่งเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่า สร้างความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ และส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Lampao, "The study of attitude, perception and behavior on Korean trends," Ph.D. dissertation, Dept. Applied Statistics, National Institute of Development Administration Univ., Bangkok, Thailand, 2013.

- [2] U. Wattanakul, W. Wattanakul, N. Mahae and P. Jarunrat, "Effect of harvesting maturity and storage time on nutritional properties of Sung Yod Phatthalung brown rice and germinated brown rice," *Thaksin University Journal*, vol. 14, pp. 50-58, 2011.
- [3] A. Charoenkul, "Effect of wheat flour substitution with germinated brown rice flour on qualities of muffin," *Agricultural Science Journal*, vol. 44 (Suppl.), pp. 237-240, 2013.
- [4] C. Wongbasg and K. Jangchud, "Effect of ingredients on the quality of Daifuku from germinated glutinous brown rice flour," in *Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry*, Kasetsart University, Thailand, 2011, pp. 173-181.
- [5] C. Sovaphan, K. Jangchud and P. Tungtrakul, "Effect of germination conditions on pasting properties and gaba content of germinated brown rice flour produced from paddy rice," in *Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry*, Kasetsart University, Thailand, 2011, pp. 250-257.
- [6] R. Srisamran, C. Phunchaisri, T. Keokamnerd and W. Daengprok, "Effect of inulin addition on physical quality and sensory property of low-fat chicken sausage," M.S. thesis, Dept. Faculty of Engineering and AgroIndustry, Maejo Univ., Chiang Mai, Thailand, 2012.
- [7] S. Tanjor, K. Judprasong, C. Chaito and S. Jogloy, "Inulin and fructooligosacharides in different varieties of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.)," *Khon Kaen University Research Journal*, vol. 17, pp. 25-34, 2012.
- [8] Hala S. Sayed and Soha R. Khalil, "Effect of chicory inulin extract as a fat replacer on texture and sensory properties of cookies," *Middle East Journal of Applied Sciences*, vol. 07, pp. 168-177, 2017.
- [9] M. Krystyjan, D. Gumul, R. Ziobro and M. Sikora, "The effect of inulin as a fat replacement on dough and biscuit properties," *Journal of food*, vol. 38, pp. 305-315, 2015.
- [10] J. Teoh. (2020, April 15). Ttoek poki (1st ed.). [Online]. Available: <https://cookpad.com>
- [11] J. Othong, L. Klinmalai and A. Chareonchai, "The using of inulin replaced with sugar in milk Ice cream supplemented with chicken breast," *Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi*, vol 19, pp. 39-50, 2020.
- [12] H. Sriprapai, C. Boonchai and Y. Huadong, "Development of fresh pasta from brown rice flour," *Thai Journal of Science and Technology*, vol. 7, pp. 58-69, 2018.
- [13] J. Singthong, "Development of healthy bread product from sunchoke (*Helianthus tuberosus* L.) flour," *Journal of Science and Technology Ubonratchathani University*, vol. 21, pp. 76-89, 2019.
- [14] R. Jiamjariyatam, "Development of a cookie-type snack from geminated brown rice flour and selected herb fillings," M.S. thesis, Dept. Agro-Industrial Product Development, Kasetsart Univ., Bangkok, Thailand, 2008.