



## การใช้แป้งข้าวกล้องมันปูทดแทนแป้งสาลีสำหรับการผลิตขนมปุยฝ้าย

# Use of Unpolished Red Rice (Kaw Man Pu) Flour as A Substituted of Wheat Flour for Steamed Sponge Cake (Pui Fai) Production

ธีรนุช ฉายศิริโชติ<sup>1\*</sup> และ พรรณี สวนเพลง<sup>2</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 10700

<sup>2</sup>หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 10300

Teeranuch Chysirichote<sup>1\*</sup> and Pannee Suanpang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Culinary Technology and Service, School of Culinary Arts, Suan Dusit University, Bangkok, 10300 Thailand

<sup>2</sup>Department of Information Technology, Faculty of Science & Technology, Suan Dusit University, Bangkok, 10300 Thailand

\*Corresponding Author, Email: tchysirichote@gmail.com

Received: 16 July 2021 | Revised: 14 January 2022 | Accepted: 28 February 2022

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางอาหารของขนมปุยฝ้ายที่ผลิตโดยทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวกล้องมันปู พบว่าแป้งข้าวกล้องมันปูมีปริมาณไขมัน เถ้า และใยอาหารสูงกว่าแป้งสาลีถึงร้อยละ 0.43 0.56 และ 3.58 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบสารแอนโทไซยานินสูงถึง 18.26 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) เมื่อนำแป้งข้าวกล้องมันปูมาทดแทนแป้งสาลีในขนมปุยฝ้ายที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 15 30 และ 45 ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด พบว่าการเพิ่มปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมันปูมีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้แก่ สีน้ำตาลเข้มขึ้น ความนุ่มลดลง มีค่าความสว่าง (L\*) ลดลง และค่าสีแดง (a\*) เพิ่มขึ้น ( $p \leq 0.05$ ) อย่างไรก็ตามไม่มีผลต่อความกว้างของซันขนม ปริมาตรจำเพาะ ค่าสีเหลือง (b\*) และเนื้อสัมผัส ( $p > 0.05$ ) เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับกับผู้ทดสอบ 50 คน พบว่าขนมปุยฝ้ายสูตรทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมันปูร้อยละ 30 ได้รับความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความนุ่ม รสหวาน รสชาติดีค้างหลังรับประทาน และความชอบโดยรวมสูงสุด ในส่วนคุณค่าทางอาหารนั้น จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าขนมปุยฝ้ายสูตรทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมันปูร้อยละ 30 มีปริมาณใยอาหารและแอนโทไซยานินสูงกว่าสูตรควบคุม ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งแป้งข้าวกล้องมันปูนั้นสามารถใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปุยฝ้ายนั้นช่วยให้มีคุณค่าทางอาหารที่ดี ทั้งนี้ในการนำไปพัฒนาต่อควรคำนึงถึงคุณภาพทางประสาทสัมผัสร่วมด้วย

## ABSTRACT

This research was aimed to study on nutritional values of steamed sponge cake (Pui Fai) produced by partial substitution of wheat flour with unpolished red rice (Kaw Man Pu, KMP). Generally, KMP flour contained the contents of fat, ash, and fiber higher than that of wheat flour as 0.43, 0.56 and 3.58%, respectively. In addition, it provided high anthocyanin as 18.26 milligram per gram (dry weight). KMP flour was used to replace wheat flour for steamed sponge cake production at 0% (control), 15%, 30% and 45%. The result showed that the increase in wheat flour substitution with KMP flour affected on steamed sponge cake characteristics such as browning, softer, lower lightness ( $L^*$ ) and higher redness ( $a^*$ ) ( $p \leq 0.05$ ). However, the replacement by KMP flour was unaffected on changes in size, specific volume, yellowness ( $b^*$ ) and textural properties ( $p > 0.05$ ). The sensory evaluation conducted by 9-point hedonic scale (50 panelists) showed that the sample with 30% substitution had the highest likeness scores for appearance, color, odor, softness, sweetness, aftertaste, and overall liking. For nutritional value, the chemical study of steamed sponge cake sample with 30% KMP flour contained higher the contents of fiber and anthocyanin than the control ( $p \leq 0.05$ ). The KMP flour could substitute wheat flour for steamed sponge cake production with better nutritional value, but the improvement of some sensorial qualities of product should be considered.

**คำสำคัญ:** ข้าวสีแดง (ข้าวมันปู) แป้งข้าวกล้อง แป้งสาลี เค้กไข่ เค้กนึ่ง

**Keywords:** Red rice (Kaw Man Pu), Brown rice flour, Wheat flour, Sponge cake, Steamed cake

## บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่ปลูกข้าวมาช้านาน มีพันธุ์ข้าวมากมายรวมถึงข้าวมีสีหรือรวงควัดด้วย ข้าวมันปู จัดเป็นข้าวมีสีพันธุ์หนึ่งที่มีรงควัตถุหรือสารให้สีแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) อยู่ในส่วนเยื่อหุ้มชั้นนอกสุดและชั้นกลาง ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงิน สารนี้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูง ต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ช่วยลดปริมาณไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density Lipoprotein-LDL) จึงช่วยในการหมุนเวียนของกระแสโลหิต ช่วยลดอัตราการเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมอง ช่วยลดการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย ช่วยให้กลไกในร่างกายทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และยังมีสารแคโรทีนที่เปลี่ยนเป็นวิตามินเอ และใยอาหารสูงกว่าข้าวขาวขัดสี (สายสนม, 2551; Juliette, 2016) การนำข้าวมาใช้ประโยชน์มีทั้งที่อยู่ในรูปเมล็ดแล้ว ยังมีการใช้ในรูปของข้าวบดหยาบ ข้าวหัก และไม่เป็นแป้งซึ่งทำให้รูปแบบการใช้ประโยชน์จากข้าวมีความหลากหลายมากขึ้น จากรายงานวิจัยที่มีการนำแป้งข้าวมาทดแทนแป้งสาลีเพื่อเสริมคุณสมบัติต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์อาหาร ดังรายงานวิจัยของจากรูวรรณและจันทร์เฉิดฉาย (2560) พบว่าสามารถใช้แป้งข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนแป้งสาลีในเค้กกล้วยหอมได้ถึงร้อยละ 40

Sukhonthara (2017) พบว่าสามารถใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งข้าวเจ้าที่ร้อยละ 50 ร่วมกับสารให้ความหวานที่มีส่วนผสมระหว่างมอลทิทอลกับซูคราโลสร้อยละ 50 ในขนมตาล ทำให้ลดค่าดัชนีน้ำตาลลงจากสูตรพื้นฐานได้ร้อยละ 30.03 และเพียรพรรณ และคณะ (2563) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปังมีผลให้ปริมาณความชื้น กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น ( $p \leq 0.05$ ) โดยสามารถใช้แป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงทดแทนแป้งสาลีได้ร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้ง

ขนมไทยมีส่วนผสมของข้าวและแป้งข้าวเป็นหลัก โดยมีวัตถุดิบอื่น เช่น กะทิ น้ำตาล ไข่ หรืออื่น ๆ มีกลิ่นหอมเฉพาะ สีสันสวยงาม มีรสหวาน อาจมีการแต่งสีและกลิ่นรส (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552) ขนมปุยฝ้ายเป็นหนึ่งในขนมมงคลของคนไทยที่รับวัฒนธรรมมาจากประเทศจีน เป็นที่นิยมของทั้งชาวไทยและชาวจีน จัดเป็นเค้กที่มีไข่เป็นส่วนผสมหลัก ขึ้นฟูจากไข่และมีส่วนผสมของแป้งสาลี น้ำตาลทราย น้ำ และกลิ่น ทำให้สุกด้วยการนึ่ง ลักษณะที่ดีของขนมนี้คือ มีความฟูเบา นุ่ม หน่าขนมแตกเป็นแฉกคล้ายดอกไม้ซึ่งแสดงถึงความเฟื่องฟู ความเจริญงอกงาม และความรุ่งเรือง (Pakditawan, 2016) งานวิจัยนี้ได้เห็นถึงคุณประโยชน์ของข้าวกล้องมันปูซึ่ง

นำมาใช้ในรูปของแป้งและนำแป้งจากข้าวไทยมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในขนมปุยฝ้าย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางอาหารของขนมปุยฝ้ายที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวกล้องงอกมันปู โดยทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องงอกมันปู ผลการใช้แป้งข้าวกล้องงอกมันปูทดแทนแป้งสาลีที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางประสาทสัมผัส และองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้าย ซึ่งการพัฒนาจะเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหาร โยอาหาร และสีส้มเฉพาะให้กับผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้าย เพิ่มรูปแบบการใช้และช่องทางการบริโภคแป้งข้าวกล้องงอกมันปูเพื่อเป็นแนวทางในการต่อยอดความคิดและการผลิตในการค้าต่อไป

## วิธีการดำเนินการวิจัย

### 1. การเตรียมแป้งข้าวกล้องงอกมันปูและการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

เตรียมแป้งข้าวกล้องงอกมันปูด้วยวิธีการไม่แห้งโดยนำเมล็ดข้าวกล้องงอก (จากจังหวัดลำปาง) มาแยกสิ่งเจือปนออก ใส่เมล็ดข้าวลงในเครื่องโม่หินชนิดไม่แห้ง บดเป็นผงแป้ง นำผงแป้งที่ได้มาร่อนผ่านเครื่องร่อนด้วยตะแกรงที่มีขนาด 100 เมช เก็บแป้งที่ร่อนได้ในถุงซิปล็อกและเก็บในภาชนะสะอาดและแห้ง ปิดฝาให้สนิท ที่อุณหภูมิห้อง ( $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) (Yeh, 2004) นำแป้งข้าวกล้องงอกมันปูและแป้งสาลีที่ใช้ในการทำขนมปุยฝ้ายคือแป้งเค้ก ตราพัดโบกไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับแป้งสาลีที่ใช้ในการทำขนมปุยฝ้าย ในที่นี้คือแป้งเค้ก ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน โยอาหาร (Dietary fiber) และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2016) และปริมาณแอนโทไซยานิน โดยวิธี pH-Differential Method (Wrolstad, 2000)

### 2. การใช้แป้งข้าวกล้องงอกมันปูทดแทนแป้งสาลีสำหรับผลิตขนมปุยฝ้าย

การวิจัยนี้ได้นำสูตรขนมปุยฝ้ายของรัชกุล (2562) เป็นสูตรพื้นฐาน นำแป้งข้าวกล้องงอกมันปูทดแทนแป้งสาลี คือ แป้งเค้กที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 15 30 และ 45 ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 1 ทำการร่อนแป้งเค้กตราพัดโบก (บริษัท ยูเอฟเอ็มฟู้ดเซ็นเตอร์ จำกัด) แป้งข้าวกล้องงอกมันปูกับผงฟูชนิดทำปฏิกิริยา 2 ครั้ง (Double action) ตราเบสท์ฟู้ดส์ (บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด) เข้าด้วยกัน นำไปผสมกับไข่ไก่ น้ำตาลทรายขาว น้ำ และอิมัลซิฟายเออร์ตราเอสพี (บริษัท

อเมริกันเบเกอรี่ จำกัด) ด้วยเครื่องผสมยี่ห้อ Kitchen Aid รุ่น K5SS โดยใช้หัวตีรูปตะกร้อ ผสมด้วยความเร็วต่ำ (เบอร์ 1) เป็นเวลา 3 นาที และความเร็วสูง (เบอร์ 10) เป็นเวลา 10 นาที เติมน้ำมันและกลี้นมะลิ ผสมต่อด้วยความเร็วกลางเป็นเวลา 3 นาที นำส่วนผสมที่ได้หยอดลงในพิมพ์ด้วยจิบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตรที่รองด้วยถ้วยกระดาษจนเกือบเต็มถ้วย (ประมาณ 40-42 กรัมต่อถ้วย) นำไปนึ่งด้วยไอน้ำ (อุณหภูมิ  $105-120^{\circ}\text{C}$ ) เวลา 12 นาที ยกขึ้น และนำออกจากถ้วยและนำไปวางบนตะแกรงทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง ( $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) เพื่อร่อนนำไปประเมินลักษณะขนมปุยฝ้าย ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสต่อไป

ทำการประเมินคุณภาพทางกายภาพของขนมปุยฝ้ายทั้งหมด 4 ตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างละ 10 ซ้ำ ได้แก่

(1) ความกว้างและความสูงด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (Vernier caliper, Winton, Japan) ความละเอียด 2 จุททศนิยม  
(2) ปริมาตรจำเพาะโดยการแทนที่ ด้วยยาง (Lee et al, 1982)

(3) สี ด้วยเครื่องวัดสี (Nippon Denshoku NR-3000, Japan) ระบบ CIE โดยค่า  $L^*$  แสดงถึง ค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าตั้งแต่ 0-100 ซึ่ง 0 คือสีดำ และ 100 คือสีขาว ค่า  $a^*$  แสดงถึงค่าสีเขียว ( $-a^*$ ) จนถึงค่าสีแดง ( $+a^*$ ) ค่า  $b^*$  แสดงถึง ค่าสีน้ำเงิน ( $-b^*$ ) จนถึงค่าสีเหลือง ( $+b^*$ ) โดยนำขนมตัวอย่างวางบนแผ่นพลาสติก วัดค่าสีโดยวัดที่จุดกึ่งกลางและด้านข้าง

(4) เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stable Micro System TA-XT2i, England) โดยตัดตัวอย่างขนมปุยฝ้ายขนาด  $2.5 \times 2.5 \times 2.5$  เซนติเมตร ให้มีหน้าขนมเรียบเท่ากัน ใช้หัววัดแรงกด Compression ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร (P100) ความเร็วในการทดสอบ (Test Speed) เท่ากับ 10.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ใช้วัดเนื้อสัมผัสของค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness)

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านการแตกของหน้าขนม สี กลิ่น ความนุ่ม รสหวาน การตกค้างในปาก และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point hedonic scale test) คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด กับผู้ทดสอบจำนวน 50 คน เพื่อ

คัดเลือกที่สุตรได้รับคะแนนความชอบมากกว่าสุตรอื่น 1 ดำรับ (ไม่น้อยกว่า 7 คะแนน) สำหรับการทดลองต่อไป

### 3. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขนมปุยฝ้ายทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงมัญ

นำขนมปุยฝ้ายทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงมัญที่ได้รับการคัดเลือกโดยได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด (ไม่น้อยกว่า 7 คะแนน) มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) โดยเปรียบเทียบกับขนมปุยฝ้ายสุตรพื้นฐาน (สุตรควบคุม) ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน โยอาหาร (Dietary fiber) และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2016) และปริมาณแอนโทไซยานินโดยวิธี pH-Differential method (Wrolstad, 2000)

### 4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องงมัญเปรียบเทียบกับแป้งเค้กวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design-CRD) และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของแป้งทั้ง 2 ตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ทดสอบความแตกต่างด้วย t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ ในการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของขนมปุยฝ้ายทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงมัญ 4 ระดับวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design-CRD) ส่วนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวาง

แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design-RCBD) และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### ผลการวิจัย

#### 1. ผลการศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีและแป้งข้าวกล้องงมัญ

แป้งข้าวกล้องงมัญที่ได้จากวิธีการโม่แห้งมีสีแดงอมน้ำตาล เป็นผงค่อนข้างละเอียด แต่หยาบกว่าแป้งสาลี(แป้งเค้ก) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 2 พบว่าแป้งข้าวกล้องงมัญมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกับแป้งเค้ก ( $p < 0.05$ ) คือแป้งข้าวกล้องงมัญมีปริมาณความชื้น และโปรตีน น้อยกว่าแป้งเค้กคิดเป็นร้อยละ 1.02 และ 1.15 ตามลำดับ แต่มีปริมาณไขมัน เถ้า และโยอาหาร (Dietary fiber) สูงกว่าแป้งเค้กคิดเป็นร้อยละ 0.43, 0.56 และ 3.58 ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณโยอาหารของแป้งข้าวกล้องงมัญมากกว่าแป้งเค้กคิดเป็น 3.0 เท่า ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในแป้งทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) นอกจากนี้ยังพบแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ในแป้งข้าวกล้องงมัญ ในขณะที่แป้งเค้กตรวจไม่พบ

ตารางที่ 1 สุตรขนมปุยฝ้ายผสมแป้งข้าวกล้องงมัญทดแทนแป้งสาลีในระดับต่าง ๆ

ส่วนผสม	ปริมาณแป้งข้าวกล้องงมัญที่ทดแทนแป้งสาลี (%)			
	0 (สุตรควบคุม)	15	30	45
แป้งสาลี (แป้งเค้ก)	32.65	27.75	22.85	17.96
แป้งข้าวกล้องงมัญ	0.00	4.90	9.80	14.69
ผงฟู	0.29	0.29	0.29	0.29
ไข่ไก่	7.26	7.26	7.26	7.26
น้ำตาลทรายขาว	29.03	29.03	29.03	29.03
น้ำ	29.03	29.03	29.03	29.03
อิมัลซิฟายเออร์	1.09	1.09	1.09	1.09
น้ำมันาว	0.58	0.58	0.58	0.58
กลิ่นมะลิ	0.07	0.07	0.07	0.07
รวม	100	100	100	100

## 2. ผลการใช้แป้งข้าวกล้องงอกแทนแป้งสาลีสำหรับผลิตขนมปุยฝ้าย

จากการนำแป้งข้าวกล้องงอกมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 15, 30 และ 45 ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมดพบว่าการเพิ่มปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องงอกมีผลให้ส่วนผสมมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น มีจุดสีน้ำตาลของแป้งข้าว มีความชื้นลดลง มีกลิ่นมะลิเล็กน้อย ลักษณะของขนมปุยฝ้ายที่ขึ้นฟูแล้ว มีหน้าขนมแตก แต่การขึ้นฟูลดลง มี

สีน้ำตาลเข้มขึ้น ความนุ่มลดลง ความร่วนเพิ่มขึ้น มีกลิ่นแป้งข้าวเพิ่มขึ้น มีรสหวานเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนแป้งข้าวกล้องงอกจนถึงร้อยละ 45 พบว่า ขนมปุยฝ้ายยังมีความนุ่มเล็กน้อย เนื้อขนมมีความหยาบ และมีการตกค้างในปากค่อนข้างชัดเจน การละลายในปากลดลง ทั้งนี้ขนมปุยฝ้ายนั้นทำให้รู้สึกด้วยไอน้ำจึงทำให้ขนมมีความนุ่มกว่าขนมเค้กประเภทไข่ที่ใช้การอบด้วยความร้อนแห้ง แสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 1

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเค้กเปรียบเทียบกับแป้งข้าวกล้องงอก

องค์ประกอบทางเคมี	แป้งเค้ก	แป้งข้าวกล้องงอก
ความชื้น (%)	11.52 <sup>a</sup> ±0.10	10.50 <sup>b</sup> ±0.09
โปรตีน (%)	8.21 <sup>a</sup> ±0.23	7.06 <sup>b</sup> ±0.20
ไขมัน (%)	1.12 <sup>b</sup> ±0.02	1.55 <sup>a</sup> ±0.15
เถ้า (%)	0.47 <sup>b</sup> ±0.03	1.03 <sup>a</sup> ±0.01
คาร์โบไฮเดรต <sup>ns</sup> (%)	78.68±0.53	79.86±0.64
ใยอาหาร (%)	1.74 <sup>b</sup> ±0.15	5.32 <sup>a</sup> ±0.15
แอนโทไซยานิน (mg/g dry basis)	-	18.26±0.01

ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 1 ลักษณะขนมปุยฝ้ายที่ผลิตจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอก 4 ระดับ

เมื่อนำขนมปุยฝ้ายมาวัดคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ขนาด ปริมาตรจำเพาะ ค่าสี และเนื้อสัมผัส แสดงดังตารางที่ 3

ขนาดของขนมปุยฝ้าย พบว่า ทุกตัวอย่างมีความกว้างประมาณ 6.3 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) เพราะมีพิมพ์เป็นตัวกำหนดความกว้างของขนม อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกส่งผลให้ขนมปุยฝ้ายมีความสูงลดลง ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนปริมาตรจำเพาะ พบว่าขนมปุยฝ้ายแต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) โดยมีปริมาตรจำเพาะอยู่ในช่วง 5.11-5.38

ด้านเนื้อสัมผัส พบว่าเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องงอกในขนมปุยฝ้ายมีผลให้ด้านความแข็ง ด้านความยืดหยุ่น และด้านความสามารถเกาะรวมตัวกันไม่มีความ

แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) โดยการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกทำให้ค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยขนมปุยฝ้ายทั้ง 4 ตัวอย่างจะมีค่าความแข็งในช่วง 175.84-230.69 กรัม ค่าความยืดหยุ่นอยู่ในช่วง 1.00-1.01 มิลลิเมตร และความสามารถเกาะตัวมีค่า 0.04-0.02

ค่าสี พบว่า ขนมปุยฝ้ายทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกจะมีสีน้ำตาลอมแดง เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนจะทำให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของขนมปุยฝ้ายทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกมีค่าลดลงจากสูตรควบคุม ด้านสีแดง ( $a^*$ ) มีค่าเพิ่มขึ้นจากสูตรควบคุม ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ของขนมปุยฝ้ายทั้ง 4 ตัวอย่างพบว่าอยู่ในช่วง 9.43-10.70 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน ( $p > 0.05$ )

เมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบที่มีต่อขนมพายฝ้ายที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมันปูที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 15 30 และ 45 ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด โดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของขนมพายฝ้ายทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมันปูทั้ง 4 สูตร ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ในที่นี้คือการแตกของหน้าขนม สี กลิ่น ความนุ่ม รสชาติตกค้างในปาก และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยสูตรที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมันปูร้อยละ 30 ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าสูตรอื่น (7.70 คะแนน) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ส่วนคะแนนความชอบด้านรสหวานของแต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) โดยสูตรที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมันปูร้อยละ 30 ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าสูตรอื่น อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสร่วมกับคุณภาพทางกายภาพ พบว่าแม้ขนมพายฝ้ายที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมันปูจะมีขนาดและปริมาตรจำเพาะที่เล็กกว่า มีความนุ่มน้อยกว่า มีสีน้ำตาลแดงที่แตกต่างจากสูตรควบคุม แต่ผู้ทดสอบก็ให้คะแนนความชอบทั้งด้านการแตกของหน้าขนม สี กลิ่น ความนุ่ม รสหวาน รสชาติตกค้างในปาก และความชอบโดยรวมของขนมพายฝ้ายที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องมันปูร้อยละ 30 ใกล้เคียงกับขนมพายฝ้ายสูตรควบคุม รวมถึงความคิดเห็นของผู้ทดสอบเกี่ยวกับความรู้สึกถึงประโยชน์ต่อสุขภาพและจากคะแนนความชอบเฉลี่ยในตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องมันปูจนถึงร้อยละ 45 จะมีผลให้คะแนนความชอบด้านต่าง ๆ ลดลง แม้ว่าคะแนนความชอบด้านรสหวานจะไม่แตกต่างจากตัวอย่างอื่นก็ตาม ( $p > 0.05$ )

จากผลการศึกษาผู้วิจัยจึงคัดเลือกขนมพายฝ้ายที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมันปูที่ระดับร้อยละ 30 ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด เป็นสูตรที่เหมาะสมซึ่งประกอบด้วยแป้งสาลีสำหรับทำเค้กร้อยละ 22.86 แป้งข้าวกล้องมันปูร้อยละ 9.80 ผงฟูร้อยละ 0.29 ไข่ไก่อ้อยู่ละ 7.26 น้ำตาลทรายขาว 29.03 กรัม อ้อยละ 2.9 0.3 อิมัลซิฟายเออร์ร้อยละ 1.09 น้ำมันอาร้อยละ 0.38 และ กลิ่นมะลิร้อยละ 0.07 สำหรับทดลองต่อไป

### 3. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขนมพายฝ้ายทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมันปู

เมื่อนำขนมพายฝ้ายที่ได้รับการคัดเลือก คือ มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมันปูที่ระดับร้อยละ 30 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับขนมพายฝ้ายสูตรควบคุมแสดงดัง ตารางที่ 5 พบว่า ขนมพายฝ้ายทั้ง 2 ตัวอย่างมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) ส่วนขนมพายฝ้ายที่ได้รับการคัดเลือกมีปริมาณไขมันและพลังงานทั้งหมดน้อยกว่าสูตรควบคุม ( $p \leq 0.05$ ) คิดเป็นร้อยละ 1.59 และ 12.95 ตามลำดับ แต่มีปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต โยอาหาร (Dietary fiber) และแอนโทไซยานินมากกว่าสูตรควบคุม ( $p \leq 0.05$ ) มีความชื้น และโยอาหารเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 1.21 และ 0.77 ตามลำดับ ทั้งนี้จะขนมพายฝ้ายที่ได้รับการคัดเลือกนี้มีปริมาณโยอาหารสูงกว่าขนมพายฝ้ายสูตรควบคุมประมาณ 2 เท่า ซึ่งแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 1.22 (น้ำหนักแห้ง) และร้อยละ 0.74 (ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์) อย่างไรก็ตามขนมพายฝ้ายที่ได้รับการคัดเลือกยังมีพลังงานทั้งหมดลดลงจากขนมพายฝ้ายสูตรควบคุมเป็นเพราะปริมาณโปรตีนและไขมันที่ลดลง

### วิจารณ์ผลการวิจัย

#### 1. องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องมันปูเปรียบเทียบกับแป้งสาลี

แป้งข้าวกล้องมันปูมีปริมาณความชื้น และโปรตีนน้อยกว่าแป้งเค้ก ( $p \leq 0.05$ ) แต่มีปริมาณไขมัน ไขมัน และโยอาหารสูงกว่าแป้งเค้ก ( $p \leq 0.05$ ) นอกจากนี้ยังพบแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ในแป้งข้าวกล้องมันปู ในขณะที่แป้งเค้กตรวจไม่พบ โดยแป้งทั้ง 2 ชนิดมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักและยังมีองค์ประกอบอื่น ได้แก่ โปรตีนที่มีผลต่อการพองตัว การดูดน้ำ การกระจายของเม็ดแป้ง และการเกิดแป้งสุก (Gelatinization) โดยโปรตีนมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งเกี่ยวกับการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยามเมลลาร์ด (Maillard reaction) และกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นแป้งเค้กที่มีโปรตีนสูงจึงมีโอกาสเกิดปฏิกิริยามเมลลาร์ดสูงกว่าแป้งข้าวกล้องมันปู และในส่วนของไขมันในเม็ดแป้งนั้นจะเชื่อมต่อกับคาร์โบไฮเดรตอย่างหลวม ๆ จะมีคุณสมบัติลดความสามารถในการพองตัว การละลายและการดูดน้ำของแป้ง

ซึ่งไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่บริเวณผิวเมล็ดแป้งมีผลให้แป้งเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation reaction) (กลั้มรงค์และเกื้อกุล, 2550) ดังนั้นแป้งข้าวกล้องมันปูจึงมีโอกาสเกิดกลิ่นหืนเมื่อเก็บไว้มากกว่าแป้งเค้ก และจะเห็นได้ว่าแป้งเค้กมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งข้าวกล้องมันปู ( $p < 0.05$ ) ซึ่งแป้งเค้กจัดเป็นแป้งสาลีชนิดโปรตีนต่ำ (Low-protein flour) มีปริมาณโปรตีนในช่วงร้อยละ 7-9 และมีโปรตีนสำคัญที่เมื่อผสมกับของเหลวแล้วจะได้กลูเตน (Gluten) ที่มีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่นได้ โดยกลูเตนประกอบด้วยกลูเตนิน (Glutenin) ที่ทำให้ส่วนผสมมีกำลังอุ้มก๊าซที่ขึ้นฟูไว้และเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และไกลอะดีน (Gliadin) มีผลให้กลูเตนมีความยืดหยุ่นโดยจะเป็นตัวให้ความแข็งกับกลูเตน (จิตธนา และอรอนงค์, 2560; Gisslen, 2016; Furner, 2020) และในส่วนของเถ้าแสดงถึงส่วนประกอบของสารอินทรีย์หรือเกลือแร่ ได้แก่ โซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม และโพแทสเซียม ซึ่งแป้งข้าวกล้องมันปูไม่จากเมล็ดข้าวที่ยังมีจมูกข้าว (Germ) ที่มีไขมันอยู่ และยังมีส่วนของรำ (Bran) เยื่อหุ้มเมล็ดชั้นของแอลูโรน (Aleurone layer) ซึ่งมีแร่ธาตุ วิตามินและใยอาหารสูง อาจมีผลต่อการขึ้นฟูและเนื้อสัมผัสของขนมปุยฝ้าย ดังนั้นงานวิจัยของไศรดาและคณะ (2553) ที่พบว่าเมื่อระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารจากเปลือกทุเรียนตั้งแต่ร้อยละ 10 ขึ้นไปจะมีผลให้ปริมาตรของขนมปังขาวลดลง ( $p < 0.05$ ) เป็นเพราะ

การแทนที่แป้งสาลีด้วยใยอาหารมีผลให้ความเข้มข้นของกลูเตนที่ทำหน้าที่ให้โครงสร้างเพื่อเก็บก๊าซลดลงและอาจเกิดอันตรกิริยาระหว่างใยอาหารและกลูเตน ซึ่งแป้งข้าวกล้องมันปูจะมีปริมาณใยอาหาร (Dietary fiber) ที่มากกว่าแป้งเค้กอย่างเห็นได้ชัด ( $p < 0.05$ ) ใยอาหารในแป้งสาลีและแป้งข้าวกล้องมันปูทั้งที่ย่อยและที่ย่อยไม่ละลายน้ำที่พบส่วนใหญ่ในรูปเยื่อใยหยาบคือ เซลลูโลส (Cellulose) และใยอาหารในรูปเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) หรือเพนโทแซน (Pentosan) โดยมักพบในรำข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดซึ่งมีองค์ประกอบของผนังเซลล์ได้แก่ บีตา-ดี-กลูแคน ( $\beta$ -D-Glucan) และแอราบินอกซ์แลน (Arabinoxylan) โดยทั้งรำข้าวสาลีและรำข้าวจะมีปริมาณแอราบินอกซ์แลนอยู่ค่อนข้างสูง (สายสนม, 2551) ทั้งนี้ข้าวกล้องมันปูที่นำมาใช้นั้นมีเยื่อหุ้มที่มีสีแดงซึ่งจัดเป็นสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ คือแอนโทไซยานินที่เป็นสารให้สีในธรรมชาติ (ฉัตฐาวุฒิ และคณะ, 2555; Yamuangmorn et al., 2020) ส่วนแป้งเค้กซึ่งเป็นแป้งสาลีนั้นมีการใช้การฟอกสีและสารปรับสภาพเพื่อให้แป้งมีความขาวแต่ส่งผลให้สารให้สีลดลง

ตารางที่ 3 คุณภาพทางกายภาพของขนมปุยฝ้ายทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมันปูระดับต่าง ๆ

คุณภาพทางกายภาพ	ปริมาณแป้งข้าวกล้องมันปูที่ทดแทนแป้งสาลี (%)			
	0 (สูตรควบคุม)	15	30	45
ขนาด				
ความกว้าง (cm.) <sup>ns</sup>	6.30 ± 0.00	6.30 ± 0.00	6.30 ± 0.00	6.30 ± 0.00
ความสูง (cm.)	5.10 <sup>a</sup> ± 0.90	5.00 <sup>ab</sup> ± 0.20	4.83 <sup>b</sup> ± 0.21	4.29 <sup>c</sup> ± 0.04
ปริมาตรจำเพาะ <sup>ns</sup>	5.58 ± 0.41	5.29 ± 0.19	5.20 ± 0.42	5.11 ± 0.33
เนื้อสัมผัส				
- ความแข็ง (g) <sup>ns</sup>	175.84 ± 29.55	214.13 ± 35.14	217.76 ± 31.81	230.69 ± 17.89
- ความยืดหยุ่น (mm.) <sup>ns</sup>	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.01	1.01 ± 0.00	1.01 ± 0.02
- ความสามารถเกาะรวมตัว (-) <sup>ns</sup>	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.03
สี				
- L*	82.43 <sup>a</sup> ± 0.37	75.66 <sup>b</sup> ± 2.60	71.03 <sup>c</sup> ± 0.47	65.69 <sup>d</sup> ± 0.37
- a*	1.63 <sup>c</sup> ± 0.57	5.16 <sup>b</sup> ± 0.98	5.96 <sup>b</sup> ± 0.45	7.06 <sup>a</sup> ± 0.50
- b* <sup>ns</sup>	9.93 ± 1.63	9.43 ± 5.16	10.53 ± 5.96	10.70 ± 7.06

ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 4** คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบ 50 คน ที่มีต่อขนมพายี่ทอดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมันปูที่ระดับร้อยละ 15 30 และ 45 ของแป้งสาลีทั้งหมด

คุณลักษณะ	ปริมาณแป้งข้าวกล้องมันปูที่ทดแทนแป้งสาลี (%)			
	0 (สูตรควบคุม)	15	30	45
การแตกของหน้าขนม	7.25 <sup>ab</sup> ±0.97	7.00 <sup>b</sup> ± 0.88	7.50 <sup>a</sup> ± 0.86	6.72 <sup>b</sup> ± 0.83
สี	7.34 <sup>a</sup> ±1.02	7.18 <sup>ab</sup> ± 1.04	7.42 <sup>a</sup> ± 0.90	6.76 <sup>b</sup> ± 0.87
กลิ่น	6.91 <sup>ab</sup> ±0.94	6.94 <sup>ab</sup> ± 0.89	7.18 <sup>a</sup> ± 0.74	6.69 <sup>b</sup> ± 1.05
ความนุ่ม	7.14 <sup>a</sup> ±0.87	7.12 <sup>a</sup> ± 1.02	7.16 <sup>a</sup> ± 0.95	6.68 <sup>b</sup> ± 0.89
รสหวาน <sup>ns</sup>	6.88±0.75	6.74 ± 1.00	6.94 ± 0.89	6.66 ± 0.84
รสชาติติดค้ำในปาก	7.00 <sup>a</sup> ±0.97	6.98 <sup>a</sup> ± 0.89	6.92 <sup>a</sup> ± 0.82	6.48 <sup>b</sup> ± 1.14
ความชอบโดยรวม	7.31 <sup>a</sup> ±0.91	7.06 <sup>b</sup> ± 1.03	7.70 <sup>a</sup> ± 0.90	6.74 <sup>b</sup> ± 0.82

ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 5** องค์ประกอบทางเคมีและพลังงานทั้งหมดของขนมพายี่ทอดที่ได้รับการคัดเลือกเปรียบเทียบกับขนมพายี่สูตรควบคุม

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรควบคุม	สูตรที่ได้รับการคัดเลือก
ความชื้น (%)	38.11 <sup>b</sup> ± 0.06	39.32 <sup>a</sup> ± 0.42
โปรตีน <sup>ns</sup> (%)	4.00 ± 0.20	3.89 ± 0.17
ไขมัน (%)	6.10 <sup>a</sup> ± 0.42	4.51 <sup>b</sup> ± 0.70
เถ้า <sup>ns</sup> (%)	0.34 ± 0.03	0.38 ± 0.02
คาร์โบไฮเดรต <sup>ns</sup> (%)	51.45 ± 0.30	51.90 ± 1.85
ใยอาหาร (%)	0.84 <sup>b</sup> ± 0.00	1.61 <sup>a</sup> ± 0.01
แอนโทไซยานิน (mg/g dry basis)	0.00 <sup>b</sup> ± 0.00	12.22 <sup>a</sup> ± 0.01
พลังงานทั้งหมด (kcal/100 g)	276.70 <sup>a</sup> ± 1.57	263.75 <sup>b</sup> ± 2.46

ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## 2. การใช้แป้งข้าวกล้องมันปูทดแทนแป้งสาลีในขนมพายี่

ปริมาตรจำเพาะของขนมพายี่ที่ใช้แป้งข้าวกล้องมันปูทดแทนแป้งสาลีแต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) โดยการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องมันปูมีผลให้ขนมพายี่มีแนวโน้มของปริมาตรจำเพาะลดลง เป็นเพราะแป้งข้าวกล้องมันปูมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าแป้งสาลีและไม่มีการดูดน้ำที่เป็นโปรตีนที่เป็นโครงสร้างในการเก็บอากาศที่มาจากส่วนผสมและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการทำงานของผงฟู แป้งข้าวกล้องยังมีการดูดน้ำมาก เมื่อแป้งสุกจะเกิดความหนืดมีผลให้การขึ้นฟูลดลง ซึ่งรายงานของ Cappelli et al. (2020) ได้กล่าวไว้ว่านอกเหนือจากโปรตีนในแป้งที่เป็นโครงสร้างแล้ว ผลิตภัณฑ์ยังมีโครงสร้างจากโปรตีนในไข่และอิมัลซิฟายเออร์หรือส่วนผสมอื่นในผลิตภัณฑ์ด้วย ส่วนค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย เป็นเพราะ

แป้งข้าวมีปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกตินเป็นองค์ประกอบ เมื่อเมิดแป้งสุกจะมีลักษณะขุ่น ร่วน เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นจะอยู่ตัว เม็ดแป้งจะร่วน และไม่เหนียว (Retrogradation) (นิธิยา, 2553) ซึ่งใยอาหารในแป้งข้าวกล้องยังมีผลให้โครงสร้างของขนมเก็บก๊าซและขึ้นฟูลดลง จึงทำให้ขนมมีความแข็งเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัย Sukhonthara (2017) พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งข้าวเจ้าในขนมตาลเป็นผลให้ค่าความแน่นเนื้อ ความแข็ง และความเหนียวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เพียรพรรณ และคณะ (2563) ยังพบว่า การเพิ่มปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในขนมปังมีผลให้ค่าความแข็ง ความเหนียว และความต้านทานการเคี้ยวของขนมปังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ด้านค่าสีนั้น พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องมันปูเป็นผลให้ขนมพายี่มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ลดลง



และค่าสีแดง ( $a^*$ ) เพิ่มขึ้น ( $p \leq 0.05$ ) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) นั้นไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) ( $p > 0.05$ ) แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและจากรูปที่ 1 จะเห็นว่าขนมพายมีสีเข้มคล้ำเพิ่มขึ้น เป็นเพราะแป้งข้าวกล้องงอกที่ทดแทนแป้งสาลีนั้นมีสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารให้สีม่วงแดงในเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวรวมถึงเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเมลลาร์ดซึ่งเกิดจากโปรตีนในแป้งและส่วนผสมที่ทำให้ปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) เมื่อถูกความร้อนทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น (นิธิยา, 2553) ดังที่วารสารต้นและดวงกมล (2563) ที่พบว่า การเพิ่มแป้งข้าวหอมนิลที่มีสารแอนโทไซยานินมีผลให้ผลิตภัณฑ์ออลมีสีม่วงคล้ำมากขึ้น และ Sukhonthara (2017) พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งข้าวเจ้าในขนมตาลที่ระดับร้อยละ 75 และร้อยละ 100 มีผลให้ค่าความสว่างลดลงจากสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) นั้นไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) ( $p > 0.05$ )

เมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบขนมพายที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกที่ระดับร้อยละ 0 15 30 และ 45 ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมดพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านการแตกของหน้าขนม สีกลิ่น ความนุ่ม รสชาติตกค้างในปาก และความชอบโดยรวมของขนมพายที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกที่ร้อยละ 30 มากกว่าสูตรอื่น ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ทั้งนี้คะแนนความชอบด้านรสหวานของขนมพายทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) แต่พบว่ารสชาติตกค้างในปากมีความแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยรสหวานนั้นได้จากน้ำตาลในส่วนผสมซึ่งทุกตัวอย่างมีปริมาณเท่ากัน แต่มีผลต่อรสชาติที่ตกค้างในปากซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องงอกที่ร้อยละ 45 จะมีคะแนนความชอบน้อยกว่าขนมพายตัวอย่างอื่น ( $p \leq 0.05$ ) อาจเป็นเพราะถ้าทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกในปริมาณมากเกินไปจะทำให้ขนมพายมีความชื้นและเป็นก้อนในปากมากกว่าขนมพายสูตรควบคุมทำให้เกิดรสชาติตกค้างในปากเพิ่มขึ้น (Hartley, 2021) ผู้วิจัยจึงคัดเลือกขนมพายที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกที่ระดับร้อยละ 30 ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมดเป็นสูตรที่เหมาะสม

### 3. องค์ประกอบทางเคมีของขนมพายที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอก

ขนมพายที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกที่ระดับร้อยละ 30 ที่ได้รับการคัดเลือกมีปริมาณไขมันและพลังงาน

ทั้งหมดน้อยกว่าสูตรควบคุม ( $p \leq 0.05$ ) โดยขนมพายที่มีแป้งข้าวกล้องงอกนั้นจะมีส่วนของรำข้าวปะปนมาด้วยจะมีกรดไขมันทั้งชนิดอิ่มตัว (Saturated fatty acid-SFA) และชนิดไม่อิ่มตัวแบบโมโน (Monounsaturated fatty acid) และแบบพอลิ (Poly-unsaturated fatty acid-PUFA) ที่น้ำมันรำข้าวจะมีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณที่องค์การอนามัยโลกแนะนำและมีผลต่อกลิ่นเฉพาะของข้าว (สายสนม, 2551) อย่างไรก็ตามปริมาณไขมันจากขนมพายนั้นยังมาจากส่วนผสมอื่นด้วย ในส่วนของปริมาณไขมัน คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร (Dietary Fiber) ของขนมพายที่ได้รับการคัดเลือกมีปริมาณมากกว่าขนมพายสูตรควบคุม ( $p \leq 0.05$ ) เป็นเพราะแป้งข้าวกล้องจะมีใยอาหารสูงกว่าแป้งขาว โดยองค์ประกอบเหล่านี้อาจมีผลต่อกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความร่วนของผลิตภัณฑ์ซึ่งมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสและเมื่อเก็บขนมพายนานขึ้นนอกจากนี้ข้าวกล้องงอกยังมีรงควัตถุหรือสารสีแดง ม่วง และน้ำเงิน ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) คือ แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูง ช่วยยับยั้งการเกิดออกซิเดชันและมีบทบาทในการป้องกันการเกิดโรคเรื้อรัง เช่น โรคระบบหัวใจ โรคหลอดเลือด มะเร็ง และเบาหวาน (ฉัตรฐารุณี และคณะ, 2555) ทั้งนี้จากงานวิจัยของสุพิชญา (2563) ที่ใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์หมั่นโถวได้ร้อยละ 20 จะเป็นที่ยอมรับและมีปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดและกิจกรรมต้านออกซิเดชันสูงขึ้นไป และเพียรพรรณและคณะ (2563) พบว่าสามารถใช้แป้งข้าวกล้องงอกหมั่นโถวร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังมีสารแอนโทไซยานินทั้งหมดและกิจกรรมต้านออกซิเดชันสูงกว่าขนมปังสูตรควบคุม ( $p \leq 0.05$ )

### สรุปผลการวิจัย

แป้งข้าวกล้องงอกที่ได้จากวิธีใหม่แห้งมีสีแดงอมน้ำตาลเป็นผงค่อนข้างละเอียด มีปริมาณความชื้น โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่าแป้งเค้ก แต่มีปริมาณไขมัน ใยอาหาร และสารแอนโทไซยานินสูงกว่าแป้งเค้ก ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อนำแป้งข้าวกล้องงอกมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์พบว่า การเพิ่มปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องงอกมีผลให้ส่วนผสมมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น มีความชื้นลดลง ลักษณะของขนมพายที่นิ่งสุกแล้ว มีหน้าขนมแตกแต่การขึ้นฟูลดลง มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ความนุ่มลดลง

ความร่วนเพิ่มขึ้น มีกลิ่นแป้งข้าวเพิ่มขึ้น มีรสหวานเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ลดลง แต่ค่าสีแดง ( $a^*$ ) เพิ่มขึ้น ( $p \leq 0.05$ ) แต่ไม่มีผลต่อความกว้างของชั้นขนม ปริมาตรจำเพาะ ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) เนื้อสัมผัสทั้งด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น และความสามารถเกาะรวมตัว ( $p > 0.05$ ) แต่ค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านการแตกของหน้าขนม สี กลิ่น ความนุ่ม รสชาติติดค้างในปาก และความชอบโดยรวมของสูตรที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องมันปूर้อยละ 30 ซึ่งได้รับการคัดเลือกนั้นมีคะแนนความชอบมากกว่าสูตรอื่น ( $p \leq 0.05$ ) อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง องค์ประกอบทางเคมีของขนมปุยฝ้ายสูตรที่พัฒนานี้ 100 กรัม ประกอบด้วยความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร 39.32 3.89 4.51 0.38 51.90 และ 1.61 กรัม ตามลำดับ พลังงานทั้งหมด 263.75 กิโลแคลอรี และมีแอนโทไซยานิน 12.22 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งขนมปุยฝ้ายสูตรที่ได้รับการคัดเลือกนี้มีปริมาณใยอาหารและแอนโทไซยานินสูงกว่าสูตรควบคุม ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้การใช้แป้งข้าวกล้องมันปุดทดแทนแป้งสาลีในขนมปุยฝ้ายในปริมาณมากเกินไป จะมีผลต่อสี ความแข็ง ความร่วน และกลิ่นเมื่อเก็บขนมไว้นานขึ้น ทั้งนี้ขนมประเภทนี้เป็นขนมที่ทำให้สุกด้วยไอน้ำจึงสามารถเติมแป้งข้าวกล้องมันปุดได้มากกว่าขนมที่ใช้การอบหรือความร้อนแห้งในการทำให้สุก ดังนั้นเมื่อขนมสุกแล้ว ก่อนเก็บใส่ภาชนะไม่ควรทิ้งให้เย็นจนผิวหน้าขนมแห้งเกินไป

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต โดยได้รับความอนุเคราะห์คำปรึกษาและความร่วมมือจากคณาจารย์ของมหาวิทยาลัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง

## เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. (2550). เทคโนโลยีของแป้ง. (พิมพ์ ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 105-110.

จาวรธรรม นามวัฒน์ และจันทร์เจิดฉาย สังเกตกิจ. (2560). การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องในเค้กกล้วยหอม. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017 “วิจัยจากองค์ความรู้สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน”. คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

ราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต และคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์, สุรินทร์. 493-499.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2560). เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. (พิมพ์ ครั้งที่ 13). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 25-28.

ณัฐราวุฒิ ฐิติปราโมทย์ นิสากร แซ่วัน ภาพพงษ์ ใจวุฒิ ปัญญาวัฒน์ ปินดาทอง นนท์ ธิติเลิศเดชา นัฏฐเนศวร์ ลับเลิศลบ และอัษฎาวุธ พิธัญรัตน์. (2555). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโปรแอนโทไซยานินดิน และแอนโทไซยานินจากข้าวที่มีสี 4 ชนิด. แหล่งข้อมูล: <https://tarr.arda.or.th/preview/item/13301>. ค้นเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2563.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2553). เคมีอาหาร. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โอเดียน-สตรี. หน้า 117, 321.

เพียรพรรณ สุภะโคตร ศิวพร แซ่เล่า และ อวรรณ ไบศิลา. (2563). การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง. วารสารเกษตรพระวรุณ 17(2): 273-287.

รัชกฤษ ภาวธาปยการ. (2562). ขนมอร่อยโดยครูดัม. แหล่งข้อมูล: <https://www.foodyas.com/TH/Amphoe-Ban-Pong>. ค้นเมื่อวันที่ 2 พฤษภาคม 2563.

วรารัตน์ สานนท์ และดวงกมล แสงธีรกิจ. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาลาว์แป้งข้าวหอมนิลเสริมสารสกัดน้ำอัญชัน. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 15(3): 37-51.

ไตรดา วัลภา กุลรักษ์ วชิรศิริ ดำรงชัย สิทธิสาอางค์ และ ฐิติชญา สุวรรณทัฬ. (2553). ผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกทุเรียนต่อคุณภาพของขนมปังขาว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41(3/พิเศษ): 205-208.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2552). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมไทย (มผช.1/2552). แหล่งข้อมูล: [http://tcps.tisi.go.th/pub/tcp1\\_52.pdf](http://tcps.tisi.go.th/pub/tcp1_52.pdf). ค้นเมื่อวันที่ 2 พฤษภาคม 2564.

สายสนม ประดิษฐ์ดวง. (2551). ข้าวในมิติของอาหารด้านโรค. กรุงเทพฯ: ธนาเพรส. หน้า 13-25.

สุพิชญา คำคม. (2563). การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่มีผลต่อลักษณะทางเคมีกายภาพ กิจกรรมการต้านออกซิเดชัน และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว. วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร 14(2): 135-151.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2016). Official methods of analysis. 20<sup>th</sup> ed. Maryland: AOAC International.

Cappelli, A., Oliva, N. and Civi, E. (2020). A systematic review of gluten-free dough and bread: dough rheology, bread

- characteristics, and improvement strategies. *Applied Sciences* 10(18): 6559.
- Furner, S. (2020). From wheat to flour-a kitchen staple. Retrieved 13 March 2021 from <https://www.utahfarmbureau.org/Article/From-Wheat-to-FlourA-Kitchen-Staple>.
- Gisslen, W. (2016). *Professional baking*. 7<sup>th</sup> ed. U.S.A.: John Wiley & Sons.
- Hartley, G. (2021). The ultimate guide to rice flour. Available from: <https://fromthelarder.co.uk/white-rice-flour>.
- Juliette, S. (2016). Types of rice: the benefits, differences and the healthiest. Available from: [https://www.huffingtonpost.com.au/2016/04/29/types-of-rice\\_n\\_9802746.html](https://www.huffingtonpost.com.au/2016/04/29/types-of-rice_n_9802746.html). Retrieved on 2 May 2020.
- Lee, C.C., Hosney, R. C. and Varriano-Marston, E. (1982). Development of a laboratory scale single stage cake Mix. *Cereal Chemistry* 59(2): 389-392.
- Pakditawan, S. (2016). Thai steamed cupcakes: Khanom Pui Fai. Available from <https://www.sirinyas-thailand.de/2016/01/04/thai-steamed-cupcakes-khanom-pui-fai>. Retrieved on 2 May 2020.
- Sukhonthara, S. (2017). Using brown rice flour and alternative sweetener to reduce glycemic index in toddy palm cake. *Silapakorn University Science and Technology Journal* 11(1): 17-26.
- Wrolstad, R.E. (2000). Anthocyanins, in natural food colorants, Francis, F. J. and Lauro, G. J. (eds.). New York: Marcel Dekker.
- Yamuangmorn, S., Dell, B. and Prom-u-thai, Ch. (2020). Anthocyanin and phenolic acid profiles in purple, red and non-pigmented rice during germination. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences* 19(4): 865-878.
- Yeh, A.I. (2004). Preparation and application of rice flour. *In* Champagene E.T., ed. *Rice: chemistry and technology*. (3<sup>rd</sup> ed.). Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc. p. 495-539.

