

## การใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหางกระรอก เพื่อการพัฒนาคุกกี้ชนิดนิ่ม

### Utilization of Foxtail Millet (*Setaria italica* Beauv.) for the Development of Soft Cookies

ดร.ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์ (Dr.Parisut Chalermchaiwat)<sup>1\*</sup> ปริชญา ยาไชย (Parichaya Yachai)\*\*

ศุภัสสร สารเอื้อย (Supatsorn Sanueai)\*\* ปณพารีย์ ศิริชัย (Pandaree Sirichai)\*\*\*

อำไพ พรหมณเรศ (Amphai Promnaret)\*\*\*\*

(Received: October 3, 2024; Revised: November 8, 2024; Accepted: November 8, 2024)

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ชนิดนิ่มจากข้าวฟ่างหางกระรอกที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างหางกระรอก 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 30, 40 และ 50 ของปริมาณแป้งสาลี ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้ชนิดนิ่ม ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณข้าวฟ่างหางกระรอกส่งผลให้ผลิตภัณฑ์คุกกี้ชนิดนิ่มมีค่าความแข็ง อัตราการแผ่ขยายของคุกกี้เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความสว่าง (L\*) ค่าความเป็นสีแดง (a\*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b\*) ลดลง การเพิ่มขึ้นของปริมาณข้าวฟ่างหางกระรอกส่งผลให้ผลิตภัณฑ์คุกกี้ชนิดนิ่มมีปริมาณความชื้น เส้นใยหยาบ และเถ้าเพิ่มขึ้น มีคะแนนความชอบด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากสูตรควบคุม ( $p>0.05$ ) ผลจากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถนำข้าวฟ่างหางกระรอกมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ชนิดนิ่มได้ถึงร้อยละ 40 ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 6.42, 11.74, 17.65, 1.24, 1.42, 62.47 ตามลำดับ คุกกี้ชนิดนิ่มจากข้าวฟ่างหางกระรอกที่พัฒนาได้ จำนวน 1 ชิ้นหรือ 30 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ให้พลังงาน 137.10 กิโลแคลอรี และมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง

<sup>1</sup>Corresponding author: fagrpsch@ku.ac.th

\*รองศาสตราจารย์ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Associate Professor, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University

\*\*นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอาหาร โภชนาการ และการกำหนดอาหาร ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Student, Bachelor of Science Program in Food, Nutrition and Dietetics, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University

\*\*\*นักวิชาการโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Nutritionist Technical Officer, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University

\*\*\*\*นักวิจัย ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

## ABSTRACT

This research aimed to develop a nutritious and consumer-acceptable soft cookie product from foxtail millet by substituting wheat flour with foxtail millet flour at three levels: 30%, 40%, and 50% of the wheat flour content. The study examined the effects of these substitutions on the physical, chemical, and sensory qualities of the soft cookie product. The results indicated that increasing the amount of foxtail millet flour resulted in higher hardness and spread ratio of the cookies, while the lightness ( $L^*$ ), redness ( $a^*$ ), and yellowness ( $b^*$ ) values decreased. The increasing of foxtail millet content led to higher moisture, crude fiber, and ash content in the soft cookies. The taste and overall liking score were not significantly different from the control formula ( $p>0.05$ ). The study found that foxtail millet can be used to develop soft cookie products with 40% substitution. The developed product contains moisture, protein, fat, crude fiber, ash, and carbohydrate content of 6.42%, 11.74%, 17.65%, 1.24%, 1.42%, and 62.47%, respectively. A single serving of the developed soft cookie (one piece or 30 grams) provides 137.10 kilocalories of energy and received an overall liking score as like moderately.

**คำสำคัญ:** คุกกี้ชนิดนิ่ม ข้าวฟ่างหางกระรอก ประสาทสัมผัส

**Keywords:** Soft cookies, Foxtail millet, Sensory

## บทนำ

ข้าวฟ่างหางกระรอก (Foxtail Millet) จัดเป็นธัญพืชเมล็ดเล็กในตระกูล Gramineae (Poaceae) โดยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Setaria italica* (L.) P. Beauvois พบการเพาะปลูกทั่วโลกในภูมิภาคที่อบอุ่นและเขตร้อน เช่น เอเชีย ยุโรป อเมริกา และแอฟริกา [1] ในประเทศไทย แม้ข้อมูลการผลิตข้าวฟ่างหางกระรอกจะยังมีจำกัด แต่มีการประมาณว่า ผลผลิตข้าวฟ่างในปี 2565 อยู่ที่ประมาณ 50 ล้านกิโลกรัม และมีแนวโน้มการเติบโตสูงขึ้นร้อยละ 38.60 ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา [2] สอดคล้องกับการขยายพื้นที่เพาะปลูกในบริเวณที่มีสภาพอากาศและดินที่เหมาะสม โดยเฉพาะในพื้นที่อำเภอดงคำฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ รวมถึงพื้นที่อื่น ๆ เช่น ลพบุรี เพชรบูรณ์ สระบุรี และนครราชสีมา ซึ่งแสดงให้เห็นถึงโอกาสที่ดีในการพัฒนาและขยายการผลิต

ข้าวฟ่างหางกระรอกมีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ได้แก่ โปรตีน ใยอาหาร วิตามินบี และสารต้านอนุมูลอิสระ อีกทั้งยังปราศจากกลูเตน ทำให้เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้ที่แพ้กลูเตนหรือผู้ที่เป็นโรคเซลิแอค (Celiac Disease) ปัจจุบัน ข้าวฟ่างหางกระรอกมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เนื่องจากปลูกง่ายและทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้พัฒนาพันธุ์ข้าวฟ่างหางกระรอกสองสายพันธุ์ ได้แก่ กิรินี 1 และ กิรินี 2 เพื่อเพิ่มผลผลิตและทำให้สามารถปลูกได้ตลอดปี [3] โดยเฉพาะพันธุ์กิรินี 2 ซึ่งมีความโดดเด่น เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่มีเมล็ดสีดำ อุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิกและสารแอนโทไซยานิน อีกทั้งยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง [4] จากรายงานข้างต้น ด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่สูง ข้าวฟ่างหางกระรอกจึงควรได้รับการส่งเสริมให้ประชาชนบริโภคมากขึ้น นอกเหนือจากการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรและเสริมสร้างสุขภาพที่ดีแก่ประชาชน

คุกกี้ (cookie) คือขนมอบชิ้นเล็ก ๆ รูปร่างแบน มีส่วนผสมหลักคือแป้งสาลี น้ำตาล เนย และไข่ไก่ สามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทตามวัตถุดิบหลัก คือ คุกกี้เนยและคุกกี้ไข่ ซึ่งคุกกี้เนยสามารถแบ่งได้อีกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ คุกกี้เนยชนิดนิ่ม คุกกี้เนยชนิดแข็ง และคุกกี้เนยชนิดกรอบร่วน [5] ซึ่งคุกกี้เนยชนิดนิ่ม หรือ Soft cookies เป็นคุกกี้ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในไทยและต่างประเทศ อาจเป็นเพราะคุกกี้ชนิดนี้มีรสชาติหวาน มีขนาดชิ้นที่ใหญ่กว่า คุกกี้เนยทั่วไป และมีเนื้อสัมผัสที่นิ่ม เนื่องจากมีปริมาณความชื้นในคุกกี้มากกว่าคุกกี้ชนิดอื่น ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณส่วนผสมของเหลวที่มากกว่าคุกกี้ชนิดอื่นนั่นเอง โดยมูลค่าทางการตลาดของคุกกี้ชนิดนิ่มในปี 2023 มีค่าอยู่ที่ 15.59 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ และคาดว่าจะเติบโตถึง 30.75 พันล้านดอลลาร์สหรัฐภายในปี 2030 ด้วยอัตราการเติบโตเฉลี่ย (CAGR) ร้อยละ 8.99 ซึ่งความนิยมของคุกกี้ชนิดนิ่มเกิดจากพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เน้นความสะดวก โดยมีรสชาติของคุกกี้เป็นปัจจัยหลักในการขับเคลื่อนตลาด นอกจากนี้ การใช้ส่วนผสมใหม่ ๆ เช่น ผลไม้แปลกใหม่ ช็อกโกแลตคุณภาพสูง และวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการ สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพได้ [6]

ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาสูตรคุกกี้เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้คุกกี้ในหลายรูปแบบ ซึ่งเป็นส่วนช่วยเพิ่มการเติบโตที่สำคัญในตลาดนี้ เช่น คุกกี้เนยเสริมข้าวกล้องงอก [7] คุกกี้เนยสดเสริมงาขี้ม่อน [8] คุกกี้เสริมข้าวฟ่างไม่กวน [9] คุกกี้เสริมใยอาหารจากกากสับปะรด [10] และคุกกี้โปรตีนสูง ปราศจากกลูเตนและไข่ เสริมด้วยแป้งทenyoy จากสาหร่าย [11] เป็นต้น แต่ยังไม่พบรายงานวิจัยที่มีการนำข้าวฟ่างทางกระรอกมาใช้ในการผลิตคุกกี้ชนิดนิ่ม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรและขยายขอบเขตการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างทางกระรอกโดยการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คุกกี้ชนิดนิ่มที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

## วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

### 1. การศึกษาองค์ประกอบของข้าวฟ่างทางกระรอก

ข้าวฟ่างทางกระรอกที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ข้าวฟ่างทางกระรอกพันธุ์กินรี 2 ที่เก็บเกี่ยวในเดือนเมษายน พ.ศ. 2566 จากศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา นำมาเก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนที่อุณหภูมิห้อง (4±2 องศาเซลเซียส) จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Colourflex ประเทศสหรัฐอเมริกา วัดค่าสีในระบบ CIE LAB โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 มุมผู้สังเกตการณ์มาตรฐาน 10 องศา แสดงผลเป็นค่าสี L\* (ค่าความสว่างมีค่า 0-100 โดย 0 หมายถึงวัตถุที่มีความสว่างสีดำ และ 100 หมายถึงวัตถุที่มีความสว่างสีขาว) ค่าสี a\* (+ หมายถึงวัตถุที่มีสีแดง, - หมายถึงวัตถุที่มีสีเขียว) ค่าสี b\* (+ หมายถึงวัตถุที่มีสีเหลือง, - หมายถึงวัตถุที่มีสีน้ำเงิน) จำนวน 3 ซ้ำ

1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ AOAC (2019) [12] จำนวน 3 ซ้ำ รายงานหน่วยเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเปียก (% wet basis)

1.3 วัดค่าปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) โดยใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ ยี่ห้อ AQUA Lab รุ่น 4TE ประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 3 ซ้ำ

### 2. การศึกษาสูตรพื้นฐานของคุกกี้ชนิดนิ่ม

#### 2.1 การเตรียมข้าวฟ่างทางกระรอก

นำข้าวฟ่างทางกระรอกมาล้างให้สะอาดและคัดแยกสิ่งเจือปนออก แขน้ำ ด้วยอัตราส่วนข้าวฟ่างต่อน้ำเท่ากับ 1:3 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทำแห้งด้วยการคั่วในกระทะด้วยไฟอ่อน จนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 แล้ว

นำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด (Nanotech รุ่น NT-010, ประเทศจีน) ร่อนผ่านตะแกรงที่มีความละเอียดขนาด 40 mesh ได้ผงข้าวฟ่างที่มีอนุภาค 400 Microns บรรจุใส่ถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น ( $4\pm 2$  องศาเซลเซียส)

## 2.2 กรรมวิธีในการผลิตคุกกี้ชนิดนี้

เริ่มจากการนำเนยจืดละลายผสมกับน้ำตาลทราย ตีด้วยตะกร้อมือจนน้ำตาลทรายละลาย จากนั้นใส่ไข่ไก่ และกลิ่นวานิลลา ตีจนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำส่วนผสมที่เป็นของแข็งร่อนใส่ส่วนผสมที่ดีไว้ ใส่ดาร์กช็อกโกแลตลงไปแล้วค่อย ๆ ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยตะกร้อมือ เป็นเวลา 5 นาที ปั้นให้เป็นก้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ก้อนละ 30 กรัม ใส่ลงในถาด นำไปใส่ในตู้เย็น ( $4\pm 2$  องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปอบด้วยเตาอบ (Sinmag รุ่น SE-923, ประเทศจีน) ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 นาที เมื่ออบเสร็จแล้วพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ( $27\pm 2$  องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 นาที ก่อนบรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน

## 2.3 ศึกษาสูตรพื้นฐานของคุกกี้ชนิดนี้

ศึกษาสูตรพื้นฐานของคุกกี้ชนิดนี้รสช็อกโกแลต โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) จำนวน 3 สูตร ได้แก่ สูตร A ดัดแปลงจากสูตรของ Panupongsawat C [13] สูตร B ดัดแปลงจากสูตรของ Hongwiwat N [14] และสูตร C ดัดแปลงจากสูตรของ Cooking Tree [15] โดยมีส่วนผสมแตกต่างกันแสดงดังตารางที่ 1 คัดเลือกสูตรด้วยการประเมินทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 1 ปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคุกกี้ชนิดนี้รสช็อกโกแลตสูตรพื้นฐาน

| วัตถุดิบ                 | สูตร A (กรัม) | สูตร B (กรัม) | สูตร C (กรัม) |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| แป้งสาลีเนกประสงค์       | 100           | 285           | 120           |
| แป้งเค้ก                 | 120           | -             | -             |
| ผงฟู                     | 2.6           | -             | 1             |
| เบกกิ้งโซดา              | 1.65          | 3.3           | 1             |
| เนยจืด                   | 120           | 170           | 50            |
| น้ำตาลทรายขาว            | 60            | 120           | 100           |
| น้ำตาลทรายแดง            | 100           | 150           | -             |
| เกลือ                    | 0.6           | 1             | 1             |
| ไข่ไก่                   | 55            | 55            | 30            |
| กลิ่นวานิลลา             | 3.3           | 6.6           | 1             |
| ดาร์กช็อกโกแลต ร้อยละ 64 | 185           | -             | -             |
| ดาร์กช็อกโกแลต ร้อยละ 70 | -             | 200           | -             |
| ดาร์กช็อกโกแลตชิพส์      | -             | -             | 100           |

## 2.4 การประเมินทางประสาทสัมผัส

การประเมินทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ชนิดนี้ที่ผลิตได้จากข้อ 2.3 ดำเนินการโดยใช้วิธี 9-point Hedonic Scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) กับกลุ่มผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน ซึ่งมีช่วงอายุระหว่าง 18-37 ปี จำนวน 50 คน โดยผู้ทดสอบเป็นนิสิต อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีข้อกำหนดว่าผู้ทดสอบต้องเป็นผู้ที่เคยรับประทานคุกกี้ชนิดนี้มาก่อนและไม่มีอาการแพ้ต่อส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์นี้ คุณลักษณะที่ทำการประเมินประกอบด้วย ลักษณะปรากฏ รสชาติโดยรวม เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งสูตรของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดจะถูกนำไปใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

### 3. ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างทางผลกระทบต่อคุณภาพของคุกกี้ชนิดนี้

ในการศึกษานี้ ได้นำคุกกี้ชนิดนี้มาทดสอบหาค่าคุณสมบัติพื้นฐานที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดจากข้อ 2 มาศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างทางผลกระทบต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยศึกษาปริมาณข้าวฟ่างทางกระรอก 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 30, 40 และ 50 (w/w) ตามลำดับ ปริมาณในการทดแทนนี้ถูกกำหนดขึ้นจากผลการทดลองเบื้องต้น (preliminary study) และเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมของคุกกี้ชนิดนี้ที่มีส่วนผสมของข้าวฟ่างทางกระรอกจะพิจารณาจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมี และประสาทสัมผัส

#### 3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

นำคุกกี้ชนิดนี้ที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ดังนี้

##### 3.1.1 วัดค่าสี ในระบบ CIE LAB ตามวิธีการข้อ 1.1

3.1.2 วิเคราะห์เนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA.XT plus ประเทศอังกฤษ ใช้หัววัดทรงกระบอก (Cylinder probe) P/6 การทำงานของเครื่องใช้ความเร็วก่อนทดสอบที่ 3 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วหลังทดสอบที่ 10 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทางที่หัววัดเคลื่อนที่ผ่านคุกกี้ 7 มิลลิเมตร แรงกระทบเริ่มต้น 5 กรัม รายงานผลเป็นค่าการแตกหัก (Fracturability) และค่าความแข็ง (Hardness) เป็นหน่วยนิวตัน (N) จำนวน 10 ซ้ำ

3.1.3 การคำนวณอัตราการแผ่กระจายทำได้โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของคุกกี้ที่วางเรียงกัน 6 ชิ้น โดยหมุนคุกกี้แต่ละชิ้นไป 90 องศา แล้ววัดเส้นผ่านศูนย์กลางใหม่เพื่อหาค่าเฉลี่ย จากนั้นวัดความสูงของคุกกี้ที่วางซ้อนกัน 6 ชิ้น แล้วเรียงคุกกี้ใหม่แบบสุ่มซ้อนกัน แล้ววัดความสูงอีกครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย อัตราการแผ่กระจายของคุกกี้จะคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้ หาค่าด้วยค่าเฉลี่ยของความสูงของคุกกี้ [16] จำนวน 3 ซ้ำ

#### 3.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการข้อ 1.2

##### 3.2.2 วัดค่าปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) ตามวิธีการข้อ 1.3

3.2.3 ค่าพลังงานสะสมของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter รุ่น 6100 PARR ประเทศสหรัฐอเมริกา รายงานผลเป็นหน่วยกิโลแคลอรีต่อกรัม (Kcal/g) จำนวน 3 ซ้ำ

#### 3.3 การประเมินทางประสาทสัมผัส ตามวิธีการข้อ 2.4

#### 3.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

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

## ผลการทดลอง และวิจารณ์

### 1. ผลการศึกษาองค์ประกอบของข้าวฟ่างหางกระรอก

ข้าวฟ่างหางกระรอกพันธุ์กินรี 2 มีลักษณะเป็นเมล็ดทรงกลมค่อนข้างรี ขนาดเล็ก มีเปลือกอ่อนสีน้ำตาลดำหุ้มเมล็ด และมีเนื้อเมล็ดมีสีเหลือง แสดงดังภาพที่ 1 โดยคุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างหางกระรอกพันธุ์กินรี 2 แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ข้าวฟ่างหางกระรอกในงานวิจัยนี้มีปริมาณโปรตีน เส้นใยหยาบ และ เถ้า สูงถึงร้อยละ 28.32, 8.02 และ 3.32 ตามลำดับ ในขณะที่ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวฟ่างหางกระรอกพันธุ์กินรี 2 จากงานวิจัยของ Kunna et al. [4] ซึ่งเป็นสายพันธุ์เดียวกัน มีปริมาณโปรตีน (11.50) และเส้นใยหยาบ (7.68) ต่ำกว่าแต่มีปริมาณ เถ้า (4.18) สูงกว่า ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของช่วงเวลาในการเพาะปลูก และสภาพแวดล้อมจึงส่งผลให้ค่าที่ได้มีความแตกต่างกัน สำหรับองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ ยังคงสอดคล้องกับข้อมูลของสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [3] ที่รายงานว่า เมล็ดข้าวฟ่างหางกระรอก มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต อยู่ที่ร้อยละ 10.90, 18.10, 4.90, 1.90, 0.40 และ 74.90 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ข้าวฟ่างหางกระรอกพันธุ์กินรี 2

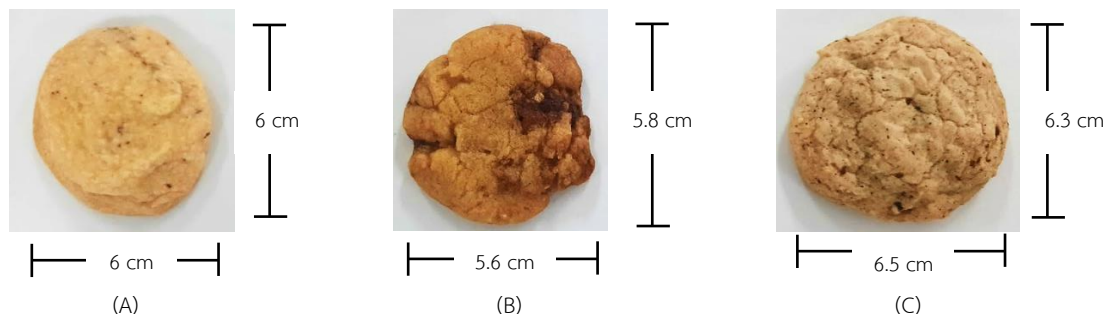
ตารางที่ 2 องค์ประกอบของข้าวฟ่างหางกระรอกพันธุ์กินรี 2

| องค์ประกอบ                          | ปริมาณ     |
|-------------------------------------|------------|
| <b>คุณภาพทางกายภาพ</b>              |            |
| ค่าสี L*                            | 45.27±0.31 |
| a*                                  | 2.46±0.04  |
| b*                                  | 13.70±0.06 |
| <b>องค์ประกอบทางเคมี</b>            |            |
| ความชื้น (ร้อยละ)                   | 10.09±0.44 |
| โปรตีน (ร้อยละ)                     | 28.32±0.44 |
| ไขมัน (ร้อยละ)                      | 3.50±0.45  |
| เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)                 | 8.02±0.02  |
| เถ้า (ร้อยละ)                       | 3.32±0.07  |
| คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)               | 47.22±0.64 |
| ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a <sub>w</sub> ) | 0.61±0.00  |

### 2. ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานของคุกกี้ชนิดนี้ม

ลักษณะปรากฏของคุกกี้ชนิดนี้มทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างกันทั้งด้าน สี ขนาด และเนื้อสัมผัส โดยสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่า คุกกี้ชนิดนี้มสูตร B มีสีเข้มมากที่สุด เนื่องจากเป็นสูตรที่มีปริมาณดาร์กช็อกโกแลตมากที่สุด ในขณะที่คุกกี้ชนิดนี้มสูตร C มีขนาดใหญ่ที่สุด และมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มที่สุดเมื่อบิดหรือหักคุกกี้ อาจเนื่องมาจากคุกกี้ชนิดนี้มสูตร C มีอัตราส่วนผสมของเปียก (ไข่ไก่, เนยละลาย) ต่อของแห้ง (แป้งสาลี, น้ำตาลทรายขาว) เท่ากับ 1:3 ซึ่งมากกว่าอัตราส่วนผสมของเปียกต่อของแห้งของคุกกี้สูตรอื่น ส่งผลให้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มที่สุด (ภาพที่ 2) รวมทั้งผลการประเมินทาง

ประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale พบว่า คูกี้ชนิดนี้สูตร C ได้รับคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง แสดงตารางที่ 3 จึงคัดเลือกคูกี้ชนิดนี้สูตร C เป็นสูตรพื้นฐานเพื่อการศึกษาในขั้นต่อไป



ภาพที่ 2 ลักษณะปรากฏของคูกี้ชนิดนี้ทั้ง 3 สูตรในการศึกษาสูตรพื้นฐาน

ตารางที่ 3 คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสของสูตรคูกี้ชนิดนี้รสช็อกโกแลตที่แตกต่างกัน ในการศึกษาสูตรพื้นฐาน ( $n=50$ )

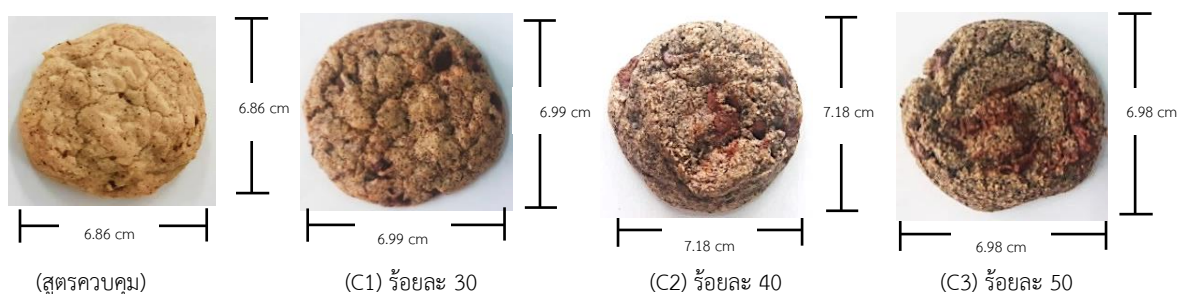
| สูตรคูกี้ชนิดนี้ | คุณลักษณะ   |                   |                   |                   |
|------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                  | รสช็อกโกแลต | ลักษณะปรากฏ       | รสชาติโดยรวม      | เนื้อสัมผัส       |
| สูตร A           |             | $6.28 \pm 2.20^b$ | $6.34 \pm 2.31^b$ | $6.13 \pm 2.08^b$ |
| สูตร B           |             | $5.70 \pm 2.13^c$ | $5.70 \pm 2.13^c$ | $4.74 \pm 1.93^c$ |
| สูตร C           |             | $6.62 \pm 1.61^a$ | $7.30 \pm 1.44^a$ | $7.19 \pm 1.63^a$ |

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวดิ่งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

### 3. ผลศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างทางกระรอกต่อคุณภาพของคูกี้ชนิดนี้

#### 3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของคูกี้ชนิดนี้

ลักษณะของคูกี้ชนิดนี้ที่ได้จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างทางกระรอกในส่วนที่แตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 3 จากการสังเกตพบว่า การใส่ข้าวฟ่างทางกระรอกส่งผลให้คูกี้ชนิดนี้มีสีเข้มมากขึ้น และมีผิวสัมผัสที่ขรุขระมากขึ้น สอดคล้องกับค่าสีที่ได้จากการวิเคราะห์ (ตารางที่ 4) โดยคูกี้ชนิดนี้สูตรควบคุมมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) สูงที่สุด ในขณะที่สูตร C3 ซึ่งเป็นสูตรที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างทางกระรอกมากที่สุด มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ต่ำที่สุด เช่นเดียวกับค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) เนื่องจากข้าวฟ่างทางกระรอก พันธุ์กินรี 2 มีสีดำ การเพิ่มขึ้นของปริมาณข้าวฟ่างทางกระรอกจึงทำให้ผลิตภัณฑ์คูกี้มีสีเข้มขึ้นตามลำดับ



(สูตรควบคุม)

(C1) ร้อยละ 30

(C2) ร้อยละ 40

(C3) ร้อยละ 50

ภาพที่ 3 คูกี้ชนิดนี้ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างทางกระรอกที่ร้อยละ 30 (C1), 40 (C2) และ 50 (C3)

เปรียบเทียบกับตัวอย่างสูตรควบคุม (C)

**ตารางที่ 4** ค่าสีของผลิตภัณฑ์คุกกี้ชนิดนุ่มที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างทางกระรอกที่ร้อยละ 30-50 (w/w)

| ปริมาณข้าวฟ่างทางกระรอก | ค่าสี                   |                        |                         |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
|                         | L*                      | a*                     | b*                      |
| สูตรควบคุม              | 48.67±2.45 <sup>a</sup> | 6.08±0.04 <sup>a</sup> | 15.92±0.07 <sup>a</sup> |
| สูตร C1 (ร้อยละ 30)     | 45.42±0.61 <sup>a</sup> | 2.54±0.21 <sup>c</sup> | 13.89±0.75 <sup>b</sup> |
| สูตร C2 (ร้อยละ 40)     | 44.99±0.23 <sup>a</sup> | 2.56±0.17 <sup>c</sup> | 13.94±0.27 <sup>b</sup> |
| สูตร C3 (ร้อยละ 50)     | 38.66±5.35 <sup>b</sup> | 2.83±0.12 <sup>b</sup> | 13.55±0.41 <sup>b</sup> |

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของคุกกี้ชนิดนุ่มแสดงดังตารางที่ 5 พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างทางกระรอกปริมาณมากขึ้น คุกกี้ชนิดนุ่มที่ได้มีค่าความแข็ง (Hardness) และอัตราการแผ่ขยาย (Spread ratio) เพิ่มขึ้นเนื่องจากองค์ประกอบของแป้งสาลีมีโปรตีนกลูเตน (gluten) เมื่อผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม จะทำให้เกิดโด (Dough) ซึ่งมีความเหนียวและยืดหยุ่นได้ โดยคุณสมบัติของกลูเตนคือทำหน้าที่เป็นโครงร่าง รักษารูปทรงให้แก่ผลิตภัณฑ์ [5] ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นและคงโครงสร้างได้ดี เมื่อใช้แป้งชนิดอื่นที่ไม่มีกลูเตนเป็นองค์ประกอบจะทำให้โดที่ได้มีโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง ไม่ยืดหยุ่น ซึ่งส่งผลให้อัตราการแผ่ขยายของคุกกี้ชนิดนุ่มที่ใส่ข้าวฟ่างทางกระรอกมีมากกว่าคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลี [17] สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kunna et al. [4] ที่พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณข้าวฟ่างดำในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแปรผันตรงต่อค่าความแข็ง (Hardness) ของผลิตภัณฑ์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Uhlman A et al. [11] ที่พบว่าคุกกี้สูตรปราศจากกลูเตนมีอัตราการแผ่ขยาย (Spread ratio) มากกว่าสูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลี ในขณะที่ค่าการแตกหัก (Fracturability) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าแรงที่ฟันใช้กดลงบนคุกกี้ชนิดนุ่มทั้งสูตรควบคุม และสูตรที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างทางกระรอกเพื่อให้แตกเป็นชิ้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

**ตารางที่ 5** ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและอัตราการแผ่ขยายของคุกกี้ชนิดนุ่มที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างทางกระรอกที่ร้อยละ 30-50 (w/w)

| ปริมาณข้าวฟ่างทางกระรอก | การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส |                                     | เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.) | ความสูง (ซม.)          | อัตราการแผ่ขยาย        |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
|                         | ค่าความแข็ง (นิวตัน)    | ค่าการแตกหัก <sup>ns</sup> (นิวตัน) |                         |                        |                        |
| สูตรควบคุม              | 12.06±0.83 <sup>c</sup> | 37.39±1.29                          | 6.86±0.18 <sup>b</sup>  | 1.57±0.15 <sup>a</sup> | 4.41±0.38 <sup>b</sup> |
| สูตร C1 (ร้อยละ 30)     | 12.83±0.55 <sup>b</sup> | 37.99±0.86                          | 6.99±0.18 <sup>ab</sup> | 1.35±0.14 <sup>b</sup> | 5.22±0.55 <sup>a</sup> |
| สูตร C2 (ร้อยละ 40)     | 13.24±0.76 <sup>b</sup> | 37.75±0.76                          | 7.18±0.24 <sup>a</sup>  | 1.41±0.12 <sup>b</sup> | 5.12±0.14 <sup>a</sup> |
| สูตร C3 (ร้อยละ 50)     | 15.20±2.38 <sup>a</sup> | 37.62±0.80                          | 6.98±0.24 <sup>ab</sup> | 1.36±0.14 <sup>b</sup> | 5.21±0.65 <sup>a</sup> |

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 3.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของคุกกี้ชนิดนุ่ม

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี แสดงดังตารางที่ 6 พบว่า คุกกี้ชนิดนุ่มทุกสูตรมีปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) เท่ากับ 0.51 มีค่าต่ำกว่า 0.6 ซึ่งปริมาณน้ำอิสระนี้ เป็นเกณฑ์ในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารจากเชื้อจุลินทรีย์ มีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ [18] และคุกกี้ชนิดนุ่มสูตรควบคุม C1และC2 มีปริมาณ

ความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ประเภทขนมปังกรอบ กรณีมีการเติมแต่ง (มผช.523/2563) [19] ดังนั้น ผลิตภัณฑ์คุกกี้ชนิดนี้มีความปลอดภัยจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และมีแนวโน้มที่จะมีอายุการเก็บรักษาใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์คุกกี้ในยีสต์เสริมสารสกัดหยาบกระพังโหม ซึ่งมีปริมาณน้ำอิสระที่ใกล้เคียงกัน จากการวิจัยของ Thankhanithikun T และ Nikomtat J [20] ที่ได้ทดสอบอายุการเก็บรักษาโดยการทดสอบทางจุลินทรีย์ พบว่าสามารถเก็บรักษาคุกกี้ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ( $27 \pm 2$  องศาเซลเซียส) ได้ 10 วัน อย่างไรก็ตาม การยืนยันอายุการเก็บรักษาของคุกกี้ชนิดนี้มีความจำเป็นต้องมีการทดสอบทางจุลินทรีย์เพิ่มเติม

เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนด้วยข้าวฟ่างทางกระรอก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์คุกกี้มีปริมาณความชื้น เส้นใยหยาบ และเถ้าสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และพลังงานไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยปริมาณเส้นใยหยาบ และเถ้าที่เพิ่มขึ้นนี้ เป็นเพราะองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างทางกระรอกที่มีปริมาณเส้นใยหยาบ และเถ้าที่สูงกว่าแป้งข้าวสาลี [21] เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างทางกระรอกในปริมาณที่มากขึ้น ปริมาณเส้นใยหยาบและเถ้าของผลิตภัณฑ์คุกกี้ชนิดนี้จะมีมากขึ้นเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kunna et al. [4] ที่ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ สมบัติทางกายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวที่ได้รับผลจากอัตราส่วนของแป้งข้าวสาลีกับแป้งข้าวฟ่างที่ต่างกัน พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวฟ่างส่งผลให้ปริมาณเส้นใยหยาบ และเถ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ในขณะที่ปริมาณโปรตีนในคุกกี้ไม่เพิ่มขึ้นตามปริมาณข้าวฟ่างทางกระรอกซึ่งมีโปรตีนสูง อาจเป็นสาเหตุมาจากโปรตีนในข้าวฟ่างทางกระรอกอาจมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำ เมื่อผ่านกระบวนการอบที่ใช้ความร้อน อาจทำให้โปรตีนเกิดการตกตะกอนหรือสูญเสียโครงสร้างบางส่วนรวมทั้งการเสื่อมสภาพของโปรตีนจากความร้อนทำให้ปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายไม่แสดงผลเพิ่มขึ้นตามที่คาดหวัง นอกจากนี้ การคงอยู่ของโปรตีนในผลิตภัณฑ์สุดท้ายอาจขึ้นอยู่กับชนิดของโปรตีนที่ใช้ในวัตถุดิบด้วยเช่นกัน [2]

**ตารางที่ 6** คุณภาพทางเคมีของคุกกี้ชนิดนี้ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างทางกระรอกที่ร้อยละ 30-50 (w/w)

| คุณภาพทางเคมี                               | สูตรคุกกี้ชนิดนี้      |                         |                        |                        |
|---------------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
|                                             | สูตรควบคุม             | สูตร C1<br>(ร้อยละ 30)  | สูตร C2<br>(ร้อยละ 40) | สูตร C3<br>(ร้อยละ 50) |
| ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) <sup>ns</sup>      | 0.51±0.00              | 0.51±0.00               | 0.51±0.00              | 0.51±0.00              |
| ความชื้น (ร้อยละ)                           | 6.18±0.44 <sup>b</sup> | 5.91±0.11 <sup>b</sup>  | 6.42±0.81 <sup>b</sup> | 8.73±1.19 <sup>a</sup> |
| โปรตีน (ร้อยละ) <sup>ns</sup>               | 11.33±0.90             | 11.44±0.06              | 11.74±1.12             | 11.52±0.59             |
| ไขมัน (ร้อยละ) <sup>ns</sup>                | 16.96±1.22             | 16.75±1.95              | 17.65±0.78             | 18.00±1.90             |
| เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)                         | 0.03±0.14 <sup>b</sup> | 0.74±0.17 <sup>ab</sup> | 1.24±0.00 <sup>a</sup> | 1.68±0.71 <sup>a</sup> |
| เถ้า (ร้อยละ)                               | 0.98±0.97 <sup>b</sup> | 1.59±0.35 <sup>a</sup>  | 1.42±0.09 <sup>a</sup> | 1.54±0.06 <sup>a</sup> |
| คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) <sup>ns</sup>         | 64.50±1.22             | 63.55±1.20              | 62.47±1.68             | 57.99±4.82             |
| พลังงานสะสม (กิโลแคลอรี/กรัม) <sup>ns</sup> | 5.27±0.11              | 4.86±0.42               | 4.57±0.33              | 4.85±0.10              |

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

:<sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 3.3 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ชนิดนี้

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ชนิดนี้ แสดงดังตารางที่ 7 พบว่า การใช้ข้าวฟ่างทางกระรอกทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ชนิดนี้ไม่ส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านรสชาติโดยรวมและความชอบโดยรวม

( $p>0.05$ ) ในขณะที่ด้านลักษณะปรากฏและด้านเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) โดยคูกี้ชนิดนี้สูตร C1 และ C2 ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏสูงสุด แสดงให้เห็นว่าการใช้ข้าวฟ่างทางกระรอกทดแทนแป้งสาลีช่วยส่งเสริมลักษณะปรากฏของคูกี้ชนิดนี้ให้เป็นที่ยอมรับต่อผู้บริโภคมากขึ้น แต่เมื่อทดแทนถึงร้อยละ 50 กลับทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Leelawat B, Jaengarunjiramanee N, Pischom A. [7] เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ผ่านการพรีเจลาติไนซ์ และแป้งข้าวกล้องงอก ส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านสีและเนื้อสัมผัส โดยความชอบในลักษณะเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งที่ทดแทนในระดับหนึ่ง แต่จะเริ่มลดลงหากปริมาณแป้งที่ใช้ทดแทนมีมากเกินไป แสดงให้เห็นว่าความชอบด้านลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัส เป็นปัจจัยสำคัญทางประสาทสัมผัสในการคัดเลือกที่สามารถนำข้าวฟ่างทางกระรอกมาใช้ทดแทนแป้งสาลีได้ในช่วงร้อยละ 30-40 เพื่อให้คูกี้ชนิดนี้ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ ดังนั้น สูตรที่เหมาะสมในการผลิตคูกี้ชนิดนี้คือ สูตร C2 ซึ่งมีการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างทางกระรอกที่ร้อยละ 40 เนื่องจากเป็นสูตรที่มีปริมาณเถ้าและเส้นใยหยาบสูงและได้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะสูงที่สุด

**ตารางที่ 7** คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสของคูกี้ชนิดนี้ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวฟ่างทางกระรอกที่ร้อยละ 30-50 (w/w) (n=50)

| สูตรคูกี้ชนิดนี้    | คุณลักษณะ              |                            |                         |                             |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
|                     | ลักษณะปรากฏ            | รสชาติโดยรวม <sup>ns</sup> | เนื้อสัมผัส             | ความชอบโดยรวม <sup>ns</sup> |
| สูตรควบคุม          | 6.62±1.61 <sup>b</sup> | 7.30±1.44                  | 7.19±1.63 <sup>ab</sup> | 7.26±1.61                   |
| สูตร C1 (ร้อยละ 30) | 7.44±1.47 <sup>a</sup> | 7.48±1.36                  | 7.37±1.40 <sup>ab</sup> | 7.62±1.35                   |
| สูตร C2 (ร้อยละ 40) | 7.42±1.71 <sup>a</sup> | 7.60±1.30                  | 7.65±1.22 <sup>a</sup>  | 7.65±1.22                   |
| สูตร C3 (ร้อยละ 50) | 6.56±1.76 <sup>b</sup> | 7.21±1.42                  | 6.92±1.45 <sup>b</sup>  | 7.10±1.26                   |

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ )

:<sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

## สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการนำข้าวฟ่างทางกระรอกพันธุ์กินรี 2 มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คูกี้ชนิดนี้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ โดยสามารถทดแทนแป้งสาลีได้ถึงร้อยละ 40 ผลจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์คูกี้ชนิดนี้ส่งผลให้มีปริมาณเส้นใยหยาบ และเถ้าเพิ่มขึ้นจากคูกี้ชนิดนี้สูตรพื้นฐาน ได้ถึง 24.67 และ 1.62 เท่า ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์คูกี้ชนิดนี้มาจากข้าวฟ่างทางกระรอก จำนวน 1 ชีนหรือ 30 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ให้พลังงาน 137.10 กิโลแคลอรี ผลจากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงแนวทางในการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบทางการเกษตรของไทย ขยายขอบเขตการใช้ประโยชน์ และสร้างความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์อาหารจากข้าวฟ่างทางกระรอกได้อีกทางหนึ่ง แนวทางการศึกษาต่อไปในอนาคตคือการทดสอบผลกระทบต่อสุขภาพในกลุ่มผู้บริโภคเฉพาะ เช่น ผู้ที่มีภาวะเสี่ยงต่อโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) ซึ่งอาจได้ประโยชน์จากปริมาณเส้นใยหยาบที่สูงในผลิตภัณฑ์คูกี้ชนิดนี้ รวมทั้งการประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ ศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนจากการใช้ข้าวฟ่างทางกระรอกเป็นส่วนประกอบหลักในผลิตภัณฑ์คูกี้เมื่อเทียบกับแป้งสาลี เพื่อนำไปสู่การขยายผลจากงานวิจัยไปสู่เชิงพาณิชย์

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการอนุเคราะห์ข้าวฟ่างทางกระรอก พันธุ์กินรี 2 เพื่อใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

1. Food and Agriculture Organization. Proposal for an International Year of Millets [Internet]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2018 [cited 2024 Feb 4]. Available from: <https://www.fao.org/3/my336en/my336en.pdf>
2. Tridge. Sorghum Market Intelligence [Internet]. Tridge; 2024 [updated 2024 Oct; cited 2024 Nov 5]. Available from: <https://www.tridge.com/intelligences/sorghum/TH>
3. Kasetsart University Research and Development Institute. KU Reserch Weekly: Foxtail millet [Internet]. 2021 [updated 2021 Jun 12; cited 2024 May 12]. Available from: <https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=66357>. Thai.
4. Kunna N, Chalermchaiwat P, Siri Wong N, Chanput W. Nutritional, physical properties and sensory acceptance of snack affected by different ratios of Sinlek rice flour to black sorghum flour. Academic Research in Information Technology [Internet]. 2020 [cited 2023 Dec 12]. Available from: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj/article/view/234752/161453>. Thai.
5. Benchamat D, Sangsuwannachut S. Using Mae Phaya Thongdam Hom Khao flour in place of wheat flour in production of fresh butter cookies. RBRU e-Research [Internet]. 2021 [cited 2023 Dec 12]. Available from: <https://ereseach.rbru.ac.th/showthesis.php?theid=1968&depid=6>. Thai.
6. Verified Market Reports. Soft Cookies Market Size and Forecast [Internet]. Verified Market Reports; 2024 [updated 2024 Aug; cited 2024 Aug 14]. Available from: <https://www.verifiedmarketreports.com/product/soft-cookies-market-size-and-forecast/>
7. Leelawat B, Jaengarunjiramanee N, Pischom A. Development of soft cookie from pregelatinized banana flour and germinated brown rice. International Journal of Agricultural Technology [Internet]. 2022 [cited 2024 May 11]. Available from: [https://www.thaiscience.info/view\\_content.asp?id=10996528](https://www.thaiscience.info/view_content.asp?id=10996528). Thai.
8. Khaomueang K, Suthibut N. Product development of Perilla seed cookies. RSU National Research Conference 2020 [Internet]. 2020 [cited 2023 Dec 12]. Available from: <https://rsucon.rsu.ac.th/files/proceedings/nation2020/NA20-107.pdf>. Thai.
9. Karakannavar S, Nayak G, Hegde S, Sreeramaiah H. Development and evaluation of the Proso Millets Cookies [Internet]. 2022 [cited 2023 Dec 12]. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/364581186\\_DEVELOPMENT\\_AND\\_EVALUATION\\_OF\\_THE\\_PROSO\\_MILLET\\_COOKIES](https://www.researchgate.net/publication/364581186_DEVELOPMENT_AND_EVALUATION_OF_THE_PROSO_MILLET_COOKIES)
10. Phuchan P, Nuchim P, Satam N, Phranseo A. Cookie product development adds dietary fiber from pineapple pulp by baking it in a charcoal oven. Srinakharinwirot University Journal of Science and Technology [Internet]. 2021 [cited 2023 Dec 12]. Available from: <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/SWUJournal/article/view/13700>. Thai.

11. Uhlman A, Schumacher B, Hall C, Ganorkar PM, Jain R, Ciabotti A, et al. Nutritional and functional properties of high protein gluten-free cookies with flaxseed. *Journal of Food Science*. 2014;10(3):45–67.
12. AOAC. Official Method of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 18th ed. Gaithersburg (MD): AOAC International; 2019.
13. Panupongsawat C. Perfect Chocolate Chip Cookies. YouTube [Internet]. 2021 [cited 2024 Feb 4]. Available from: <https://youtu.be/LbW16DhbDs4>. Thai.
14. Hongwiwat N. Dark Chocolate Soft Cookies. Krua.co [Internet]. 2021 [cited 2024 Feb 4]. Available from: <https://krua.co/recipe/dark-choco-soft-cookies>. Thai.
15. Cooking Tree. How to Make Moist Chocolate Chip Cookies. Naver Blog [Internet]. 2023 [cited 2024 Feb 5]. Available from: <https://blog.naver.com/winterhaha/222534923103>
16. Mudgil D, Barak S, Khatkar BS. Cookie texture, spread ratio and sensory acceptability of cookies as a function of soluble dietary fiber, baking time and different water levels. *ScienceDirect* [Internet]. 2017 [cited 2024 Mar 24]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643817301548>
17. Rongchoung J, Naphatrapi L. Development of cookies product from selected gluten-free flours. *Research Journal of Phranakhon Rajabhat: Science and Technology*. 2018;13(2):34–45. Thai.
18. Sandulachi E. Water activity concept and its role in food preservation [Internet]. 2012 [cited 2024 May 13]. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/310605656\\_WATER\\_ACTIVITY\\_CONCEPT\\_AND\\_ITS\\_ROLE\\_IN\\_FOOD\\_PRESERVATION](https://www.researchgate.net/publication/310605656_WATER_ACTIVITY_CONCEPT_AND_ITS_ROLE_IN_FOOD_PRESERVATION)
19. Ministry of Industry. Thai Community Product Standard: Crackers and Biscuits (523/2563) [Internet]. 2020 [cited 2024 Feb 20]. Available from: [https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0523\\_63\(ขนมปังกรอบ\).pdf](https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0523_63(ขนมปังกรอบ).pdf). Thai.
20. Thankhanithikun T, Nikomtat J. The antioxidant properties of Skunk Vine (*Paederia foetida* L.) crude extracts and its application in butter cookie. *Burapha Science Journal*. 2023;28(2):1110–25.
21. Ajatta MA, Akinola SA, Osundahunsi OF. Proximate, functional and pasting properties of composite flours made from wheat, breadfruit and cassava starch. *Applied Tropical Agriculture*. 2016;21(3):158–65.
22. Orlén V, Rinnan Å. Processing effects on protein structure and physicochemical properties. *Foods*. 2022;11(11):1607. doi:10.3390/foods11111607