

## การพัฒนาเม็ดไข่มุกที่มีแป้งมันม่วงญี่ปุ่นเป็นส่วนประกอบ

### Development of Starch Ball Containing Japanese Purple Sweet Potato Flour as an Ingredient

วิภาวดี พันธุ์หนองหัว\* ศกพลวรรณ หวังเป็น และ กฤษติกา คุตะวรรณ

Wipavadee Punnongwa\* Sakolwan Wangpen and Krittika Kutawan

สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan  
Surin Campus

\*E-mail: punnongwa05@gmail.com

Received: Feb 12, 2023

Revised: Jul 26, 2023

Accepted: Aug 03, 2023

#### บทคัดย่อ

เม็ดไข่มุกที่นิยมใส่ในชาไข่มุกโดยทั่วไปผลิตจากแป้งมันสำปะหลัง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำแป้งมันม่วงญี่ปุ่น ซึ่งอุดมด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ มาใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตเม็ดไข่มุก ในการทดสอบเบื้องต้นพบว่าสูตรของเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาจากการวิเคราะห์สี การทดสอบทางประสาทสัมผัส และการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส คือ สูตรที่ประกอบด้วย แป้งมันสำปะหลัง 90 กรัม น้ำตาลสีน้ำตาล 45 กรัม และน้ำ 60 กรัม ดังนั้นจึงใช้สูตรของเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลังดังกล่าวเป็นสูตรควบคุม (สูตร F1) สำหรับการพัฒนาเม็ดไข่มุกที่มีแป้งมันม่วงญี่ปุ่นเป็นส่วนประกอบ ในการศึกษานี้ได้พัฒนาเม็ดไข่มุกที่มีแป้งมันม่วงญี่ปุ่นเป็นส่วนประกอบขึ้น 3 สูตร คือ S1, S2 และ S3 โดยมีการใช้แป้งมันม่วงญี่ปุ่นทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราร้อยละ 10, 20 และ 30 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์สี การทดสอบทางประสาทสัมผัส การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส การหาค่าน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม และการหาค่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม พบว่าสูตร S1 เป็นสูตรที่ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงนำสูตรดังกล่าว (สูตร S1) และสูตรควบคุม (สูตร F1) ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ผลการทดลองพบว่าสูตร S1 มีปริมาณแอนโทไซยานินที่สูงกว่าสูตรควบคุม งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำแป้งมันม่วงญี่ปุ่นมาทดแทนแป้งมันสำปะหลังบางส่วนในการผลิตเม็ดไข่มุกเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับเม็ดไข่มุก

**คำสำคัญ:** เม็ดไข่มุก แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันม่วงญี่ปุ่น

#### Abstract

Starch balls that are commonly used in bubble milk tea are generally made from tapioca starch. This research aimed to use Japanese purple sweet potato flour, rich in bioactive compounds, as an ingredient in the production of starch balls. In the initial test, the most suitable formula of tapioca starch ball, based on color analysis, sensory evaluation and texture profile analysis, was the formula containing 90 g of tapioca flour, 45 g of brown sugar and 60 g of water. Therefore, the aforementioned formula of tapioca starch ball was used as a control formula (formula F1) for the development of starch balls containing Japanese purple sweet potato flour as an ingredient. In this study, three formulas of Japanese purple potato starch ball were developed including S1, S2 and S3 having Japanese purple sweet flour substitution for tapioca flour at 10%, 20% and 30%, respectively. From color analysis, sensory evaluation, texture profile analysis, cooking yield determination and cooking loss determination, it was found that the formula S1 was the one having the best test results. Therefore, the formula S1 and the control (formula F1) were subjected to proximate analysis and analysis of bioactive compounds. The results revealed that the formula S1 had higher anthocyanin content than the control. This research demonstrates

the possibility of using Japanese purple sweet potato flour to partially replace tapioca flour in the production of starch ball to increase its nutritional value.

**Keywords:** Starch ball, Tapioca flour, Japanese purple sweet potato flour

## 1. บทนำ

การทำเม็ดไข่มุก (Starch ball) ของชานมไข่มุก (Bubble tea) แบบได้หวาน นิยมผลิตจากแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งนับว่ามีปริมาณอะไมโลส (Amylose) สูง นอกจากนั้นแล้วผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังยังถูกนำมาดัดแปรโมเลกุลแป้งให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อเป็นสารให้ความข้นหนืด สารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เช่น ใส้พาย พุดดิ้ง (Pudding) มายองเนส (Mayonnaise) ซอส (Sauce) ขนมหวาน เป็นต้น [1] การทำให้ความร้อนขึ้นหรือการนึ่งด้วยไอน้ำ นับเป็นวิธีการดัดแปรแป้งทางกายภาพที่ช่วยทำให้คุณสมบัติของแป้งบางประการดีขึ้น เช่น คุณสมบัติการพองตัว การละลาย ความหนืด ความคงตัวต่อการแช่เย็น ความคงตัวต่อการแช่แข็ง [2] ในอุตสาหกรรมอาหารสามารถทำการดัดแปรแป้งด้วยสองวิธีได้แก่ การดัดแปรแป้งทางเคมีและทางกายภาพ การดัดแปรแป้งในอุตสาหกรรมนิยมใช้สารเคมีช่วยในการดัดแปรโมเลกุลแป้งเพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติแป้งให้สามารถละลายได้ในน้ำเย็น นิยมใช้กับอาหารสำเร็จรูปทำให้ความหนืดลดลง ความสามารถคงตัวต่อความร้อนได้ [3]

มันเทศญี่ปุ่นสีม่วงสายพันธุ์ Japanese purple sweet lord มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Dioscorea alata* อยู่ในตระกูล Dioscoreaceae เป็นพืชที่นิยมปลูกหลังทานาข้าว มีคุณค่าทางโภชนาสูง อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต สารให้สี เช่น สีม่วงแดงของแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ไขมัน เส้นใย แร่ธาตุ วิตามิน สารต้านอนุมูลอิสระสารฟีนอลิก (Phenolics) ตลอดจนสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) [4]

ชานมไข่มุกเป็นเครื่องดื่มประจำชาติได้หวาน เป็นเครื่องดื่มคลายร้อนเพิ่มความสดชื่นซึ่งปัจจุบันเป็นที่นิยมมาก เพราะด้วยรสชาติของชาที่หอมนุ่มละมุน และเม็ดไข่มุกที่มีรสหวาน และเคี้ยวหนึบหนับอร่อยลงตัว โดยเม็ดไข่มุกเกิดจากการนำแป้งมันสำปะหลังมาทำให้ร้อน เคี้ยวกับน้ำตาล และน้ำในหม้อ จากนั้นหั่นแป้งที่เคี้ยวเป็นชิ้นเล็ก ๆ ปั่นให้เป็นก้อนกลม ๆ ออกมาเป็นเม็ดไข่มุกมันสำปะหลัง เอกลักษณ์เฉพาะของเม็ดไข่มุก คือ สีคล้ำ ซึ่งเกิดจากการใช้ผงน้ำตาลทรายสีร่า และการเคี้ยวด้วยความร้อนสูงเป็นเวลานาน [5]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำแป้งมันเทศญี่ปุ่น ซึ่งอุดมด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ มาใช้เป็นส่วนประกอบใน

การผลิตเม็ดไข่มุก งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยต่อเนื่องจากการศึกษากระบวนการผลิตแป้งมันม่วงด้วยวิธีการดัดแปรทางกายภาพ ได้แก่ การให้ความร้อนขึ้น และดัดแปรโมเลกุลแป้งด้วยการแช่กรดซิตริก [4] แล้วนำมาพัฒนาเป็นเม็ดไข่มุกเสริมแป้งมันม่วงดัดแปร เพื่อการใช้ประโยชน์ด้านการแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

## 2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

### 2.1. อุปกรณ์และสารเคมี

น้ำขจัดไอออน (Deionized water) เฮกเซน (Hexane) โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium hydrogen phosphate) เอทานอล (Ethanol) โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) ซิเตรทบัฟเฟอร์ (Citrate buffer) สารฟอลินซีโอแคลทู (Folin-ciocalteu reagent) กรดแกลลิก (Gallic acid) กรดกลูเซียมอะซิติก (Glacial acetic acid) แป้งมันสำปะหลัง และน้ำตาลทรายสีร่า

### 2.2. การเตรียมตัวอย่างแป้งมันม่วงญี่ปุ่น

มันเทศญี่ปุ่นสีม่วง หรือมันม่วงญี่ปุ่นที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นสายพันธุ์ Japanese purple sweet lord การเตรียมแป้งมันม่วงญี่ปุ่นใช้วิธีของ Rueangsuksud and Punnongwa [4] โดยนำมันม่วงญี่ปุ่นมาปอกเปลือกแช่น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 1 เพื่อกำจัดยาง นาน 10 นาที จากนั้นแช่กรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง นำไปนึ่งด้วยไอน้ำร้อนเป็นเวลา 40 นาที จากนั้นบดละเอียด นำเข้าตู้อบลมร้อน 50 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง บดด้วยเครื่องบดแบบจาน (Disc mill) และร่อนผ่านตะแกรง 60 เมช (Mesh) จากนั้นนำไปบรรจุในถุงสุญญากาศ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

### 2.3. การผลิตเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลัง

วิธีการทำเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch ball) ดัดแปลงจากวิธีการทดลองของ Leelawat et al. [5] โดยในการศึกษานี้ได้ทำเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลังขึ้น 3 สูตร คือ F1, F2 และ F3 (Table 1) นำแป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch) น้ำตาลสีร่า (Brown sugar) และน้ำ ตาม

ปริมาณที่แสดงไว้ใน Table 1 มาผสมกัน และให้ความร้อนจนแป้งจับตัวเป็นก้อน จากนั้นนวดแป้งจนเกิดก้อนโด (Dough) ที่เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วปั้นให้เป็นทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นดับไฟ และปิดฝาทิ้งไว้อีก 20 นาที นำเม็ดขนมที่ได้ไปแช่น้ำเชื่อมเพื่อไม่ให้เม็ดขนมเกาะติดกัน และเพิ่มรสหวาน

**Table 1** Ingredients of tapioca starch balls

Ingredient (g)	Formula		
	F1	F2	F3
Tapioca starch	90	150	200
Brown sugar	45	60	70
water	60	100	160

#### 2.4. การผลิตเม็ดขนมที่มีแป้งมันม่วงญี่ปุ่น

การผลิตเม็ดขนมที่มีแป้งมันม่วงญี่ปุ่นเป็นส่วนประกอบ (Japanese purple sweet potato flour supplemented starch balls) ใช้สูตรเม็ดขนมแป้งมันสำหรับ F1 เป็นสูตรตั้งต้น ในการศึกษาได้พัฒนาเม็ดขนมที่มีแป้งมันม่วงญี่ปุ่นเป็นส่วนประกอบขึ้น 3 สูตร คือ S1, S2 และ S3 โดยมีการใช้แป้งมันม่วงญี่ปุ่นทดแทนแป้งมันสำหรับในอัตราร้อยละ 10, 20 และ 30 ตามลำดับ (Table 2)

#### 2.5. การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์เม็ดขนมมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวิธี 9-point hedonic scale ตามวิธีของ Charoenphun [6] ทำการประเมินโดยผู้ชิมไม่ผ่านการ

ฝึกจำนวน 30 คน ประเมินคุณภาพทาง ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม

#### 2.6. การวิเคราะห์ค่าสี

การวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์เม็ดขนมทำตามวิธีของ Rueangsuksud and Punnongwa [4] โดยวัดด้วยเครื่อง HunterLab รุ่น UltraScan VIS ด้วยระบบ Hunter lab โดยค่า L\* หรือความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว) ค่า a\* (+a = สีแดง, -a = สีเขียว) ค่า b\* (+b = สีเหลือง, -b = สีน้ำเงิน)

#### 2.7. การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture profile) ของผลิตภัณฑ์เม็ดขนมใช้เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT plus ตามวิธีของ Leelawat et al. [5] โดยวัดค่าความเหนียว (Adhesiveness) ค่าความหนึบ (Gumminess) และค่าความทนทานต่อการเคี้ยว (Chewiness)

#### 2.8. การวิเคราะห์ร้อยละผลผลิต

การวิเคราะห์ร้อยละผลผลิต (Cooking yield) ทำโดยการคำนวณหาร้อยละของปริมาณที่ได้หลังการต้มเม็ดขนม ดังสมการต่อไปนี้ ตามวิธีของ Muadiad [7]

ปริมาณที่ได้หลังการต้ม (%) =  $(\text{น้ำหนักเม็ดขนมหลังต้ม} / \text{น้ำหนักเม็ดขนมก่อนต้ม}) \times 100$

#### 2.9. การวิเคราะห์ร้อยละการสูญเสีย

การวิเคราะห์ร้อยละการสูญเสีย (Cooking loss) ทำโดยการคำนวณหาร้อยละของการสูญเสียของแข็งระหว่างการต้ม ดังสมการต่อไปนี้ ตามวิธีของ Muadiad [7]

ปริมาณการสูญเสียของแข็งระหว่างการต้ม (%) =  $(\text{น้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่} / \text{น้ำหนักเม็ดขนมก่อนต้ม}) \times 100$

**Table 2** Ingredients of Japanese purple sweet potato supplemented starch balls and the control formula (F1)

Ingredient (g)	Formula			
	F1	S1	S2	S3
Tapioca starch	90	81	72	63
Brown sugar	45	45	45	45
water	60	60	60	60
PF	-	9	18	27

PF = Japanese purple sweet potato flour

## 2.10. การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินรวม

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินรวมของผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุขตามวิธีของ AOAC [8] ทำโดยชั่งตัวอย่างมา 5 กรัม ทำการโฮโมจีไนส์ (Homogenized) เป็นเวลา 10 นาที เติมสารละลายเอทานอลร้อยละ 75 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร กรองเอาแต่ส่วนใน (Supernatant) จากนั้นบีบตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3 มิลลิลิตร (pH 1.0) และบีบตัวอย่างมา 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายซิเตรทบัฟเฟอร์ 3 มิลลิลิตร (pH 4.5) แล้วอ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตรของสารละลายทั้งสอง แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณของแอนโทไซยานินรวม ตามสมการต่อไปนี้

$$\text{Total anthocyanin content} = (A \times \text{MW} \times \text{DF} \times 1,000) / (\epsilon \times L)$$

เมื่อ

$$A = (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}}) \text{pH}_{1.0} - (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}}) \text{pH}_{4.5}$$

MW = Molecular weight of anthocyanin (เทียบ กับ cyanidin-3-glucoside ซึ่งมีค่าเท่ากับ 449.2 g/mol)

DF = Dilution factor

L = Path-length (cm)

$\epsilon$  = Molar extinction coefficient ซึ่งมีค่า 26,900 L/(mol·cm)

## 2.11. การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compounds) ของผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุขตามวิธีของ Thaipong [9] ทำโดยนำตัวอย่างที่ได้จากการสกัดตามข้อ 2.10. จำนวน 0.5 มิลลิลิตร มาเติมสารละลาย Folin-ciocalteu reagent : น้ำกลั่น (1:10) จากนั้นเติมสารละลาย Folin-ciocalteu reagent ร้อยละ 10 ปริมาตร 1.25 มิลลิลิตร ทิ้งให้เกิดปฏิกิริยา 30 นาที แล้วทำการเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 3.75 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร โดยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงเพื่อให้เกิดปฏิกิริยา วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (รุ่น UV-VIS ยี่ห้อ GBC) โดยใช้กรดแกลลิกความเข้มข้น 0-1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรเป็นสารมาตรฐาน

## 2.12. การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสของผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุขใช้วิธีการของ Julino et al. [10] ทำโดยนำแป้งมา 0.1 กรัม ใส่ในขวดแก้วปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าเบา ๆ เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 9 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 24 ชั่วโมง เตรียมขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ชุดใหม่ เติมน้ำกลั่น 70 มิลลิลิตร สารละลายกรดเกลือละลายซีตริก 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร จากนั้นดูดน้ำแป้งใส่ในขวดปรับปริมาตรแล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาทีและนำไปวัดความเข้มของสีของสารละลายด้วย Spectrophotometer (รุ่น UV-VIS ยี่ห้อ GBC) โดยใช้อะไมโลส (Amylose) ความเข้มข้น 0-1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรเป็นสารมาตรฐาน

## 2.13. การวัดค่า Water activity

การวัดค่า Water activity ใช้วิธีของ Rueangsuksud and Punnongwa [4] โดยใช้เครื่อง Water activity meter

## 2.14. การวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเม็ดไข่มุขใช้วิธีของ AOAC [8]

## 2.15. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลการทดลองใช้แผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) สำหรับการทดสอบด้านเคมี และสำหรับการทดสอบด้านประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ Randomize completely block design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ ด้วยวิธีของ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05) ทำการทดลอง 3 ซ้ำการวิเคราะห์ในรูปแบบค่าเฉลี่ยและเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## 3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

### 3.1. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเม็ดไข่มุขแป้งมันสำปะหลัง

จากประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเม็ดไข่มุขแป้งมันสำปะหลังทั้ง 3 สูตร (F1, F2 และ F3) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกทั้งหมด 30 คน และใช้วิธีทดสอบแบบ 9-point

hedonic scale ได้ผลดังแสดงใน Table 3 ผู้ทดสอบชิมให้ความชอบด้านสี และรสชาติของเม็ดไข่มุกทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนด้านกลิ่นพบว่า สูตร F2 ได้คะแนนความชอบสูงสุด และด้านเนื้อสัมผัสพบว่า สูตร F1 และ F2 ได้คะแนนความชอบสูงสุดในด้านของความชอบโดยรวมพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสูตร F1 และ F2 มากที่สุด เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากสูตร F1 และสูตร F2 มีการใช้แป้งมันสำปะหลังในปริมาณต่ำ คือ 90 กรัม และ 150 กรัม และใช้น้ำตาลสีรำ 45 และ 60 กรัม เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณเฉลี่ยละ 16-18 ทำให้เมื่อใช้เม็ดไข่มุกและนำไปใส่ในผลิตภัณฑ์ชานมไข่มุก เนื้อสัมผัสของเม็ดไข่มุกไม่แข็งกระด้าง เนื่องจากปริมาณอะโมโลสมีในระดับปานกลาง ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความหนืดของแป้งมันสำปะหลังมีค่าความหนืดสูง สามารถเกิดการพองตัว การเกิดเจลที่ดี มีความเหนียวหนึบเมื่อถูกนำมาต้มให้ความร้อน [4], [5]

### 3.2. ผลการวัดค่าสีของเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลัง

จาก Table 4 พบว่า ค่า L\* หรือค่าความสว่างของเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลังทุกสูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่า a\* หรือค่าสีแดง พบว่า สูตร F1 มีค่าสีแดงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่า b\* หรือค่าสีน้ำเงิน พบว่า สูตร F1 และ F3 มีค่ามากที่สุด

### 3.3. ผลการประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลัง

Figure 1 แสดงให้เห็นว่าเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลังสูตร F1 มีค่า Gumminess และ Chewiness มากที่สุด เมื่อเทียบกับสูตร F2 และ F3 เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลังสูตร F1 มีปริมาณแป้งมันสำปะหลังน้อยกว่าเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลังสูตร F2 และ F3 การที่ปริมาณของแป้งมันสำปะหลังส่งผลต่อคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของเม็ดไข่มุก เนื่องจากโมเลกุลแป้งมันสำปะหลังประกอบด้วยโมเลกุลอะโมโลสในปริมาณสูงถึงร้อยละ 17 เมื่อโมเลกุลอะโมโลสเกิดการดูดน้ำ จะพองตัว และเมื่อเจอความร้อน จะทำให้แป้งมีความหนืดสูงขึ้นเรียกว่าแป้งเกิดเจลาคีไนซ์ (Gelatinized) จากนั้นเมื่อแป้งเย็นตัวลง โมเลกุลอะโมโลสจะบีบน้ำออกจากโมเลกุล ทำให้เนื้อสัมผัสแข็งขึ้น [12]

จากผลการทดลองที่ผ่านมาจะเห็นว่าเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลังสูตร F1 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวมมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ  $7.06 \pm 1.61$  และ  $7.06 \pm 1.84$  ตามลำดับ และมีค่า Gumminess และ Chewiness สูงสุด อีกทั้งยังใช้ปริมาณแป้งมันสำปะหลังในปริมาณต่ำ ซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้อีกหนทางหนึ่ง ดังนั้นจึงได้คัดเลือกเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลังสูตร F1 เป็นสูตรตั้งต้นสำหรับพัฒนาเม็ดไข่มุกเสริมแป้งมันม่วงญี่ปุ่นต่อไป

Table 3 Sensory evaluation of tapioca starch balls

Formula	Color <sup>ns</sup>	Odor	Taste <sup>ns</sup>	Texture	Overall
F1	6.26±1.44	5.94±1.65 <sup>b</sup>	6.68±1.80	7.06±1.61 <sup>a</sup>	7.06±1.84 <sup>a</sup>
F2	6.55±1.35	6.07±1.56 <sup>a</sup>	6.62±1.37	7.00±1.34 <sup>a</sup>	7.03±1.35 <sup>a</sup>
F3	6.13±1.48	5.87±1.41 <sup>b</sup>	6.10±1.56	6.40±1.70 <sup>b</sup>	6.47±1.38 <sup>b</sup>

Values in a column followed by different superscript letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

ns = not significantly different

Table 4 Color of tapioca starch balls

Formula	L* <sup>ns</sup>	a*	b*
F1	26.57±0.51	1.81±0.37 <sup>a</sup>	2.41±0.42 <sup>a</sup>
F2	26.32±0.16	0.81±0.24 <sup>b</sup>	1.14±0.39 <sup>b</sup>
F3	26.48±0.76	1.04±0.19 <sup>b</sup>	2.11±0.43 <sup>a</sup>

Values in a column followed by different superscript letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

ns = not significantly different

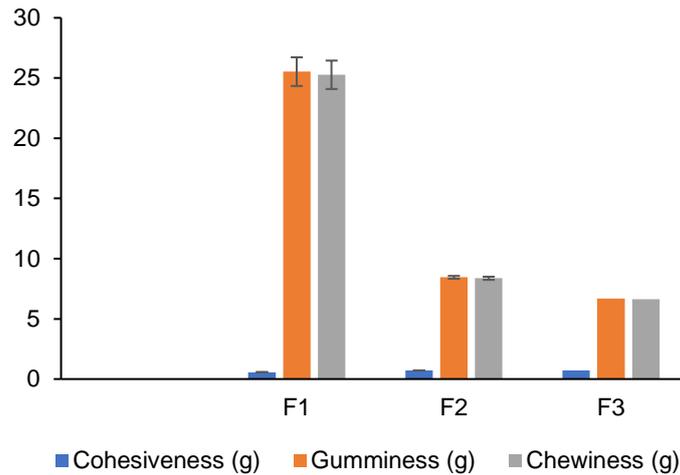


Figure 1 Texture profile analysis of tapioca starch balls

### 3.4. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเม็ดไข่มุกเสริมแป้งมันม่วงญี่ปุ่น

จากประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเม็ดไข่มุกเสริมแป้งมันม่วงญี่ปุ่นทั้ง 3 สูตร (S1, S2 และ S3) เทียบกับสูตรควบคุม F1 โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกทั้งหมด 30

คน และใช้วิธีทดสอบแบบ 9-point hedonic scale ได้ผลดังแสดงใน Table 5 ผู้ทดสอบชิมให้ความชอบด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของเม็ดไข่มุกทั้ง 4 สูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนด้านกลิ่นพบว่าสูตร S1 และ S3 ได้คะแนนความชอบสูงสุด

Table 5 Sensory evaluation of Japanese purple sweet potato supplemented starch balls and the control formula (F1)

Formula	Color <sup>ns</sup>	Odor	Taste <sup>ns</sup>	Texture <sup>ns</sup>	Overall <sup>ns</sup>
Control (F1)	6.26±1.44	5.94±1.65 <sup>b</sup>	6.68±1.80	7.06±1.61	7.06±1.84
S1	6.33±1.10	6.00±1.55 <sup>a</sup>	6.37±1.61	6.50±1.61	6.60±1.20
S2	6.50±1.28	5.97±1.77 <sup>b</sup>	6.40±1.70	6.40±1.50	6.47±1.55
S3	6.80±1.37	6.40±1.57 <sup>a</sup>	6.77±1.25	6.57±1.07	6.77±1.20

Values in a column followed by different superscript letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

ns = not significantly different

### 3.5. ผลการวัดค่าสีของเม็ดไข่มุกเสริมแป้งมันม่วงญี่ปุ่น

จาก Table 6 พบว่าค่า L\* หรือค่าความสว่างของเม็ดไข่มุกสูตร S1 มีค่าความสว่างสูงสุด (L\*) โดยมีค่าเท่ากับ  $42.72 \pm 1.58$  ในขณะที่สูตร F1 และสูตร S3 มีค่าสีแดง (a\*) และค่าสีเหลือง (b\*) สูงสุด เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากการเติมแป้งมันม่วงญี่ปุ่นในปริมาณต่ำส่งผลให้เม็ดไข่มุกมีสีสว่างสอดคล้องกับการทดลองที่ผ่านมาที่พบว่าสารแอนโทไซยานินในมันเทศสีม่วงหลังจากการแปรรูปด้วยการนึ่งด้วยไมโครเวฟและการทอดทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดลดลงร้อยละ 8-16 แต่การแปรรูปมันเทศด้วยความร้อนขึ้นหรือการนึ่งเป็น

การกระตุ้นให้สารแอนโทไซยานินในมันเทศปรากฏชัดมากขึ้นเนื่องจากความร้อนไปกระตุ้นให้เซลล์มันเทศปลดปล่อยสารแอนโทไซยานินจากผนังเซลล์มันเทศ และมีสีที่เด่นชัดสีม่วงเข้ม [13], [14] ในทางกลับกันการเติมแป้งมันม่วงญี่ปุ่นในปริมาณที่สูงขึ้น ทำให้เม็ดไข่มุกมีสีเข้มขึ้นดังแสดงใน Figure 2 แต่เนื่องจากสูตรควบคุม (สูตร F1) มีการใช้แป้งมันสำหรับหลังเพียงอย่างเดียว แต่กระบวนการผลิตเม็ดไข่มุกนั้นได้มีการนำไปต้มเคี่ยวในน้ำตาลสีน้ำตาลด้วยอุณหภูมิสูง เป็นเวลานานทำให้เกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชัน (Caramelization) ของน้ำตาลใหม่ [4]

**Table 6** Color of Japanese purple sweet potato starch balls and the control formula (F1)

Formula	L*	a*	b*
Control (F1)	26.57±0.51 <sup>c</sup>	1.81±0.37 <sup>a</sup>	2.41±0.42 <sup>a</sup>
S1	42.72±1.58 <sup>a</sup>	1.82±0.22 <sup>c</sup>	2.82±0.12 <sup>b</sup>
S2	38.30±2.27 <sup>b</sup>	2.90±0.37 <sup>b</sup>	2.75±0.08 <sup>b</sup>
S3	29.91±0.53 <sup>c</sup>	4.64±0.19 <sup>a</sup>	4.27±0.29 <sup>a</sup>

Values in a column followed by different superscript letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).



**Figure 2** Color of Japanese purple sweet potato supplemented starch balls and the control formula (F1)

### 3.6. ผลการตรวจสอบ Cooking yield และ Cooking loss

จากการวิเคราะห์ค่า Cooking yield พบว่าสูตร S3 มี % Cooking yield สูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 184.41±0.74 (Figure 3) รองลงมา ได้แก่ สูตร S2, S1 และ F1 ตามลำดับ ส่วนค่าการสูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking lose) พบว่าสูตรที่มีการสูญเสียมากที่สุดคือ สูตรที่ S1 เท่ากับ ร้อยละ 52.1±0.80 รองลงมา ได้แก่ สูตร S2, S3 และ F1 ตามลำดับ จากผลการทดลองนี้จะเห็นได้ว่ายังมีการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งมันม่วงญี่ปุ่นในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า Cooking yield สูงขึ้น เหตุที่เป็นเช่นนี้น่าจะเกี่ยวข้องกับ ความแตกต่างของปริมาณอะไมโลสที่มีในแป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันม่วงญี่ปุ่น [4] นอกจากนี้ความแตกต่างดังกล่าวก็ ยังส่งผลต่อค่า Cooking loss เนื่องจากค่าดังกล่าวมีความแตกต่างกันระหว่างเม็ดไข่มุกแต่ละสูตร ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่าง แป้งมันสำปะหลังกับแป้งมันม่วงญี่ปุ่นแตกต่างกัน

### 3.7. ผลการตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัมผัสของเม็ด ไข่มุกเสริมแป้งมันม่วงญี่ปุ่น

การทดสอบด้านเนื้อสัมผัสของเม็ดไข่มุกเสริมแป้งมันม่วงญี่ปุ่นทั้ง 3 สูตร (S1, S2 และ S3) และเม็ดไข่มุก แป้งมันสำปะหลังสูตร F1 ด้วยเครื่อง Texture profile analyzer พบว่าค่า Cohesiveness ของทุกสูตรไม่แตกต่างกันมาก (Figure 4) ในขณะที่สูตร F1 มีค่า Gumminess และค่า Chewiness สูงกว่าสูตร S1, S2 และ S3 มาก (Figure 4) การที่แป้งมันม่วงญี่ปุ่นมีค่าอะไมโลสที่ต่ำกว่า แป้งมันสำปะหลังส่งผลทำให้เกิดความแตกต่างในคุณภาพ เนื้อสัมผัสดังกล่าว ดังนั้นไข่มุกที่มีการทดแทนแป้งมัน สำปะหลังด้วยแป้งมันม่วงญี่ปุ่นในอัตราส่วนที่ต่ำ (สูตร S1) จึงมีค่า Gumminess และค่า Chewiness สูงกว่า ไข่มุกที่มีการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งมันม่วงญี่ปุ่นใน อัตราส่วนที่สูงกว่า (สูตร S2 และ S3)

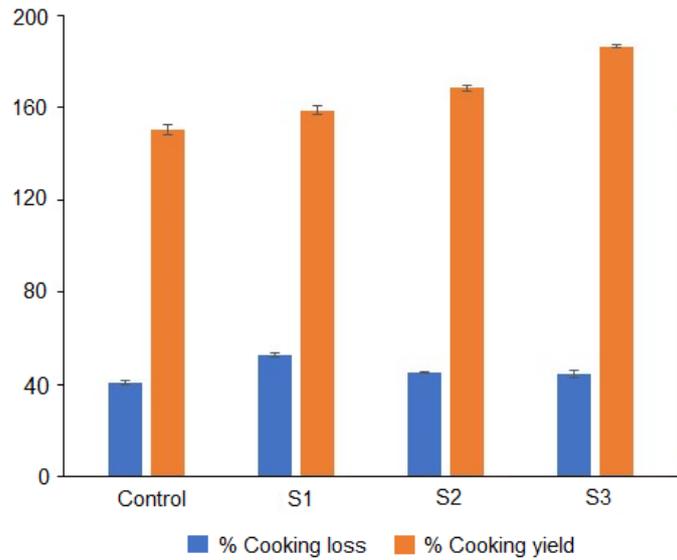


Figure 3 Cooking yields and cooking losses of Japanese purple sweet potato supplemented starch balls and the control formula (F1)

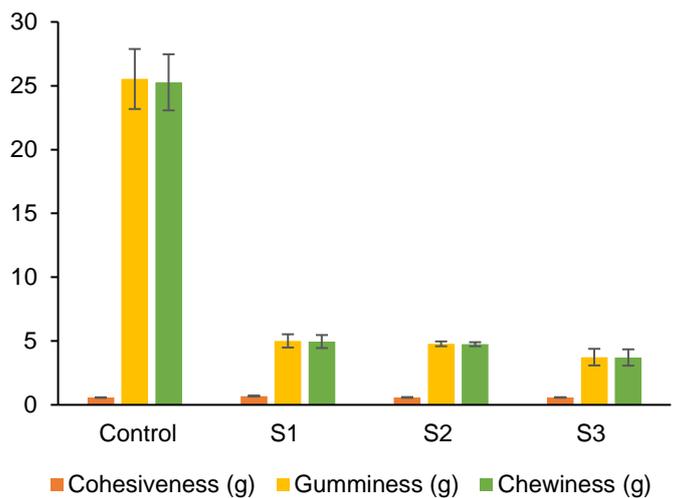


Figure 4 Texture profile analysis of Japanese purple sweet potato supplemented starch balls and the control formula (F1)

### 3.8. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

จากการวิเคราะห์สี การทดสอบทางประสาทสัมผัส การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส การหาค่าน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม และการหาค่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม พบว่าเม็ดไข่มุกสูตร S1 เป็นสูตรที่ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงนำสูตรดังกล่าว (สูตร S1) และสูตรควบคุม (สูตร F1) ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเม็ดไข่มุกสูตร F1 และ S1 พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และค่า aw ของเม็ดไข่มุกทั้ง 2 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 7)

ในขณะที่เม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลังสูตร F1 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าเม็ดไข่มุกสูตร S1 (Table 7) เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากว่าในกระบวนการผลิตเม็ดไข่มุกที่ต้องมีการให้ความร้อนอาจทำให้มีการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิก

ออกจากแป้งมันสำปะหลังได้ดีกว่าแป้งมันม่วงญี่ปุ่น

ส่วนปริมาณแอนโทไซยานินรวมพบในเม็ดไข่มุกสูตร S1 มากกว่าเม็ดไข่มุกสูตร F1 ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าแป้งมันม่วงญี่ปุ่นมีสารแอนโทไซยานินมาก [4] ดังนั้นแป้งที่ผลิตจากมันดังกล่าวจึงมีสารแอนโทไซยานินมาก ส่งผลให้เม็ดไข่มุกที่เสริมด้วยแป้งมันม่วงญี่ปุ่นมีสารแอนโทไซยานินมาก

#### 4. บทสรุป

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำแป้งมันม่วงญี่ปุ่น ซึ่งอุดมด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ มาใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตเม็ดไข่มุก โดยงานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการศึกษาหาสูตรเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมก่อน โดยเม็ดไข่มุกชนิดนี้เป็นเม็ดไข่มุกที่นิยมผลิตกันโดยทั่วไป จากการทดสอบเม็ดไข่มุกแป้งมันสำปะหลัง 3 สูตร พบว่าสูตร F1 ที่ประกอบด้วยแป้งมันสำปะหลัง 90 กรัม น้ำตาลสีฟ้า 45 กรัม และน้ำ 60 กรัม เป็นสูตรที่ให้ผลการทดสอบการวิเคราะห์สี การทดสอบทางประสาทสัมผัส และการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด ดังนั้น

จึงนำสูตรดังกล่าวมาดัดแปลงโดยการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งมันม่วงญี่ปุ่นในอัตราร้อยละ 10 (สูตร S1), 20 (สูตร S2) และ 30 (สูตร S3) เมื่อนำเม็ดไข่มุกที่มีการเสริมด้วยแป้งมันม่วงญี่ปุ่นไปศึกษาการวิเคราะห์สี การทดสอบทางประสาทสัมผัส การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส การหาค่าน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม และการหาค่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม พบว่าสูตร S1 เป็นสูตรที่ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพพบว่าสูตรดังกล่าวมีปริมาณแอนโทไซยานินรวมสูง งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำแป้งมันม่วงญี่ปุ่นมาทดแทนแป้งมันสำปะหลังบางส่วนในการผลิตเม็ดไข่มุกเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับเม็ดไข่มุก

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางนันทิยา ยิ่งมีนา เจ้าหน้าที่ประจำสาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

**Table 7** Proximate analysis and analysis of bioactive compounds of the formula S1 and the control formula (F1)

Content	Formula	
	Control (F1)	S1
Moisture (%)*	22.12±0.88	26.48±0.62
Protein (%) <sup>ns</sup>	0.27±0.07	0.24±0.02
Fat (%)*	0.05±0.40	0.35±0.16
Ash (%) <sup>ns</sup>	0.58±0.01	0.40±0.06
Fiber (%) <sup>ns</sup>	3.22±0.74	3.56±0.21
Carbohydrate (%)*	76.55±1.21	72.74±0.94
Anthocyanin (µg/g DW)*	103.15±6.23	177.22±13.25
Phenolics (µg GAE/g FW)*	50.00±0.58	20.00±0.45
Amylose (µg/g FW)*	137.60±5.23	66.43±2.56
aw <sup>ns</sup>	0.86±0.00	0.88±0.01

\* = significantly different, ns = not significantly different

## 6. References

- [1] Jubril, I., Muazu, J. and Mohammed, G.T. 2012. Effects of phosphate modified and pregelatinized sweet potato starches on disintegrant property of paracetamol tablet formulations. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**. 2(2): 32-36.
- [2] Yadav, B.S., Guleria, P. and Yadav, R.B. 2013. Hydrothermal modification of Indian water chestnut starch: Influence of heat-moisture treatment and annealing on the physicochemical, gelatinization and pasting characteristics. **LWT-Food Science and Technology**. 53: 211-217.
- [3] Liao, L. and et al. 2019. Structural properties of sweet potato starch and its vermicelli quality as affected by heat-moisture treatment. **International Journal of Food Properties**. 22(1): 1122-1133.
- [4] Rueangsuksud, P. and Punnongwa, W. 2022. Physicochemical properties and antioxidant activity of Japanese purple sweet potato starch modified by acid and heat treatments. **Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University**. 24(2): 72-80. (*in Thai*)
- [5] Leelawat, B., Tilokkul, R. and Baikhunakon, M. 2020. Development of Kaimook from purple rice. **Thai Science and Technology Journal**. 28(3): 455-465. (*in Thai*)
- [6] Charoenphun, N. 2018. Development of cookie products from sweet potato. **Journal of Food Technology, Siam University**. 13(1): 32-43. (*in Thai*)
- [7] Muadiad, K. 2018. Product development of dried gluten-free pasta from Sangyod rice flour. **UTK Research Journal**. 12(2): 91-102. (*in Thai*)
- [8] Seawan, N. and et al. 2014. Antioxidant capacities, phenolic, anthocyanin and proanthocyanidin contents of pigmented rice extracts obtained by microwave-assisted method. **Suranaree Journal of Science and Technology**. 21(4): 301-306.
- [9] Thaipong, K. and et al. 2006. Comparison of DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**. 19(7): 669-675.
- [10] Julino, B.O. and et al. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. **Starch**. 33(5): 157-162.
- [11] Association Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17<sup>th</sup> edition. Gaithersburg, MD: AOAC International.
- [12] Belitz, H.D., Grosch, W. and Schieberle, P. 2009. **Food Chemistry**. 4<sup>th</sup> edition. Berlin: Springer.
- [13] Dong, S. and et al. 2011. Chemical and antioxidant properties of casein peptide and its glucose Maillard reaction products in fish oil-in-water emulsions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 59(24): 13311-13317.
- [14] Punnongwa, W. and et al. 2022. Application of mild-subcritical alkaline water extraction: optimum condition for phenolic antioxidant extracted from cold-pressed defatted KDML 105 rice bran and its phenolic profile. **Food Research**. 6(1): 120-131.