วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 27 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2565
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 27 (No.2) May – August 2022 บทความวิจัย

สมบัติทางกายภาพเคมี คุณค่าทางโภชนาการและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมโสมนัสด้วยไข่ขาวของไข่เป็ดเหลือใช้จากอุตสาหกรรมขนมไทย

Physicochemical Properties, Nutrition Values, and Sensory Acceptance of Khanom Sommanat with Duck Egg White Residue from Thai Dessert Industry

กรวิทย์ สักแกแก้ว*
Korawit Sakkaekaew*
สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปะการประกอบอาหาร คณะอุตสาหกรรมบริการ วิทยาลัยดุสิตธานี
Department of Culinary Arts and Kitchen Management, Faculty of Hospitality Industry, Dusit Thani College
Received : 16 August 2021
Revised : 28 September 2021
Accepted : 9 November 2021

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมโสมนัส จากไข่ขาวของไข่เป็ดที่เป็นวัตถุดิบเหลือใช้จากอุตสาหกรรมขนมไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) วิธีการเตรียมมะพร้าว ได้แก่ วิธีการอบ วิธีการคั่ว และมะพร้าวอบแห้งทางการค้า 2) อัตราส่วนของไข่ขาวของไข่ไก่ต่อไข่ขาวของไข่เป็ดทั้งหมด 5 อัตราส่วน ได้แก่ 100:0 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 (w/w) ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของขนมโสมนัส คุณค่าทางโภชนาการของขนมโสมนัส และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่า วิธีการอบส่งผลให้ลักษณะทางกายภาพของมะพร้าวมีสีเหลืองอ่อน โดยมีค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 36.26 และค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 63.42 อีกทั้งมะพร้าวที่ผ่านการอบมีค่าการยอมรับของผู้บริโภคสูงสุดในทุกคุณลักษณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ($P < 0.05$) เมื่ออัตราส่วนไข่ขาวของไข่เป็ดในขนมโสมนัสเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความชื้น และค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ในขณะที่ค่าความแข็ง ค่าความกรอบ ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มอัตราส่วนไข่ขาวของไข่เป็ดในขนมโสมนัสที่ 50:50 (w/w) มีค่าการยอมรับของผู้บริโภค และคุณค่าทางโภชนาการไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($P > 0.05$) ดังนั้นการพัฒนาขนมโสมนัสโดยใช้อัตราส่วนไข่ขาวของไข่เป็ดร้อยละ 50 จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการนำไข่ขาวของไข่เป็ดเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และช่วยลดโอกาสเกิดขยะเศษอาหาร (food waste) ได้อีกทางหนึ่งด้วย

คำสำคัญ : ขนมโสมนัส ; ไข่ขาวของไข่เป็ด ; สมบัติทางกายภาพและเคมี ; คุณค่าทางโภชนาการ ; ขยะเศษอาหาร

Abstract

The product development of Khanom Sommanat made from duck egg white, the by-products of Thai dessert was studied. The objectives of this study were: i) to investigate the effect of drying methods (roasting, pan-fried) on the quality of coconut and ii) to optimize the substitution ratios of hen egg white/duck egg white at 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0:100 (w/w) and their physicochemical properties, nutrition values and sensory acceptance were examined. The light-yellow and bright color (b^* = 36.26, L^* = 63.42) characteristics associated with the highest sensory acceptance, mainly in texture and overall likeness was found in an oven roasted coconut ($P < 0.05$). The increasing of substitution ratios of duck white egg in Khanom Sommanat resulted in low moisture content, brightness (L^*) and high hardness, fracturability, redness (a^*) and yellowness (b^*) were found ($P < 0.05$). No significant difference in sensory acceptance and nutrition value was found in Khanom Sommanat substituted with hen egg white/duck egg white at a ratio of 50:50 (w/w), compared with control ($P > 0.05$). Therefore, the use of duck egg white can effectively be substituted for hen egg white up to 50% in Khanom Sommanat without any negative effects on its quality. The use of duck white egg to produce Khanom Sommanat is not only beneficial for maximizing the use of by-products but reducing the food waste of the culinary industry.

Keywords : Khanom Sommanat ; duck egg white ; physicochemical properties ; nutritional values ; food waste

*Corresponding author. E-mail : korawit.sa@dtc.ac.th

บทนำ

ขนมไทยเป็นขนมที่มีเอกลักษณ์ด้านวัฒนธรรมประจำชาติไทยแสดงถึงภูมิปัญญาของบรรพบุรุษที่สืบทอดกันมาตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน นิยมรับประทานในทุกภาคของประเทศไทยใช้สำหรับเลี้ยงในงานพิธีการต่าง ๆ ของไทย เช่น งานบุญเลี้ยงพระ งานมงคล งานขึ้นบ้านใหม่ ฯลฯ เพราะขนมไทยถือเป็นสิ่งที่แสดงถึงความเป็นสิริมงคล ขนมไทยมีความละเอียดอ่อนประณีตตั้งแต่การเลือกวัตถุดิบ กรรมวิธีการผลิต ความพิถีพิถันทางด้านรสชาติ สีสัน รูปลักษณ์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สะท้อนคุณค่าของขนมไทย นอกจากวัตถุดิบหลักในการผลิตขนมไทย เช่น ข้าวเหนียว แป้ง น้ำตาล มะพร้าว หรือน้ำกะทิ ไข่เป็ดและไข่ไก่ยังเป็นส่วนผสมที่สำคัญในการผลิตขนมไทยที่ให้ทั้งสีสัน เนื้อสัมผัสนุ่ม การขึ้นฟูหรือให้โครงสร้างของขนมไทย ส่วนใหญ่มักใช้เพียงไข่แดงในการผลิตขนมตระกูลทอง เช่น ฝอยทอง ทองหยิบ ทองหยอด ทองเอก เป็นต้น จึงทำให้ไข่ขาวเหลือใช้จากการผลิตขนมตระกูลทอง ไข่ขาวของไข่เป็ดเป็นสิ่งที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมขนมไทย โดยร้านขนมไทยขนาดใหญ่มีปริมาณการใช้ไข่เป็ดประมาณ 1 หมื่นฟองต่อวัน ส่วนร้านขนาดเล็กมีปริมาณการใช้ไข่เป็ดประมาณ 4 พันฟองต่อวัน แสดงถึงปริมาณไข่ขาวที่เหลือใช้เป็นจำนวนมาก (Kasetsart University Research and Development Institute, 2013) ซึ่งไข่ขาวของไข่เป็ดที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมขนมไทยเหล่านี้ สามารถนำมาประกอบอาหารและขนมต่าง ๆ ได้

ขนมโสมนัสเป็นขนมไทยที่มีความหมายดี ไพเราะ หรือหมายถึงความปิติ ยินดี ความปลาบปลื้มใจ เหมาะสำหรับเป็นของฝาก โดยขนมโสมนัสมีส่วนประกอบหลักจากไข่ขาวร้อยละ 20-30 (Chomchom *et al*., 2014) ขนมไทยที่ใช้ไข่ขาวเป็นหลัก เช่น ขนมโสมนัส ขนมเห็ดโคน ขนมหม้อแกง เมอแร็งก์ (Meringue) หรือครีมของไส้ขนมเบื้องไทย เป็นต้น ส่วนมากนิยมใช้ไข่ขาวจากไข่ไก่เพียงอย่างเดียว เนื่องจากไข่เป็ดอาจจะมีข้อจำกัดในการบริโภค ราคาที่สูง เนื้อสัมผัสที่แน่น และมีกลิ่นคาว ไข่ขาวยังมีสมบัติทางกายภาพและเคมี เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ การจับตัวของน้ำมัน และเพิ่มความหนืด อีกทั้งยังมีสมบัติเชิงหน้าที่ เช่น การผลิตโฟม และการเกิดเจลเมื่อได้รับความร้อน โดยการเกิดโฟมเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตเมอแร็งก์ ขนมปัง คุกกี้ เค้ก และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่หลายชนิด (Chaiyasit *et al*., 2019) นอกจากนี้ไข่ขาวยังมีประโยชน์ต่อร่างกาย เพราะไข่ขาวอุดมไปด้วยโปรตีนที่มีคุณภาพและย่อยง่าย เป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย ไม่มีไขมัน ไม่มีโคเลสเตอรอล และให้พลังงานต่ำกว่าไข่แดงถึง 4 เท่า สามารถบริโภคได้ทุกเทศทุกวัย (Mann, 2017) โดยปริมาณของกรดอะมิโนบางชนิดในไข่ขาวของไข่เป็ดมีค่าสูงกว่าไข่ขาวของไข่ไก่ เช่น กลูตามิก (Glutamic acid) เซอรีน (Serine) เมไทโอนีน (Methionine) ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) ทรีโอนีน (Threonine) และไทโรซีน (Tyrosine) (Sun *et al*., 2019) นอกจากนั้นไข่ขาวยังมีส่วนช่วยในการสร้างกล้ามเนื้อ เส้นผม เล็บ รวมถึงสามารถต่อต้านเชื้อแบคทีเรียได้ (Lesnierowski & Stangierski, 2017)

จะเห็นได้ว่าไข่ขาวนับว่าเป็นของเหลือใช้ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมโสมนัสจากไข่ขาวของไข่เป็ดที่เหลือใช้จากการผลิตขนมไทยตระกูลทอง ซึ่งขนมโสมนัสมีองค์ประกอบหลักจากไข่ขาว อีกทั้งยังมีต้นทุนต่ำ ส่วนผสมน้อย อายุการจัดเก็บที่นาน เพื่อเป็นการนำไข่ขาวเหลือใช้เหล่านี้กลับมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าไข่ขาวของไข่เป็ดเหลือใช้นี้จะสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิต และลดปริมาณอาหารเหลือทิ้ง (Food waste) ลงได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. *การเตรียมมะพร้าว*

วิธีการเตรียมมะพร้าวก่อนนำมาผลิตขนมโสมนัส เตรียมโดย 2 วิธีดังนี้

1) วิธีการที่ 1 ทำการเตรียมมะพร้าวขูดขาว 500 กรัม ต่อการอบ 1 ถาด (ถาดอบขนาด 40x60 เซนติเมตร) แล้วนำเข้าเตาอบ (Franke, FO40012 96MXS, Thailand) ที่อุณหภูมิ 120±3 องศาเซลเซียส ใช้เวลานาน 30 นาที แล้วนำออกมาเคล้าให้เข้ากัน อบต่ออีก 10 นาที นำออกจากเตาอบพักไว้ให้เย็นสนิท ชั่งน้ำหนักหลังอบเท่ากับ 250 กรัม เก็บใส่ถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนปิดปากถุงด้วยระบบสุญญากาศ เพื่อเตรียมสำหรับการนำไปใช้ (Kulma, 2017)

2) วิธีการที่ 2 ดัดแปลงจาก Ruangthamsing (2015) โดยทำการเตรียมมะพร้าวขูดขาว 500 กรัม ต่อการคั่ว 1 กระทะทองเหลือง (เส้นผ่านศูนย์กลาง 14 นิ้ว) คั่วด้วยไฟอ่อนๆ วัดอุณหภูมิประมาณ 100±3 องศาเซลเซียส ใช้เวลานาน 30-40 นาที ให้มีสีเหลืองทอง เทมะพร้าวลงในถาด พักไว้ให้เย็นสนิท ชั่งน้ำหนักหลังคั่วเท่ากับ 250 กรัม เก็บใส่ถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนปิดปากถุงด้วยระบบสุญญากาศ เพื่อเตรียมสำหรับการนำไปใช้

2. *การคัดเลือกสูตรผลิตภัณฑ์ขนมโสมนัส*

ทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมโสมนัส โดยสูตร 1 ดัดแปลงจาก Kongphan (2019) สูตร 2 จาก Khaedee (2014) และสูตร 3 จาก Kulma (2017) นำขนมโสมนัสที่ผลิตได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนการยอมรับ 9 ระดับ (9-Point hedonic scale) ได้แก่ คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 50 คน เพื่อคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่มีคะแนนยอมรับสูงที่สุดมาใช้ในการศึกษาต่อไป

ในกระบวนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโสมนัส ผู้วิจัยจะแจ้งส่วนผสมและข้อมูลที่อาจส่งผลต่อสุขภาพให้ผู้ทดสอบรับทราบก่อนการทดสอบ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการแพ้อาหารจากวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต และผู้วิจัยจะยุติการทดสอบทันที เมื่อผู้ทดสอบมีอาการแพ้จากอาหารดังกล่าว

ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมของสูตรพื้นฐานขนมโสมนัส

วัตถุดิบ	สูตรพื้นฐานขนมโสมนัส (กรัม)		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ไข่ขาว	120	110	120
น้ำตาลปี๊น	195	200	130
มะพร้าวอบแห้ง (วิธีการที่ 1)	150	180	100
น้ำมะนาว	12	12	5
ผงโกโก้	14	-	-
รวม	**491**	**502**	**355**

3. *ขั้นตอนการเตรียมขนมโสมนัส*

นำไข่ขาว (ตามสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด) มาตีด้วยเครื่องผสม (Kitchen Aid, Heavy Duty, USA) ความเร็วระดับ 5 เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้ไข่ขาวฟูและเบาขึ้น จากนั้นเติมน้ำตาลป่นครั้งละ 20 กรัม ทุก ๆ 1 นาที ในระยะเวลา 10 นาที ด้วยความเร็วระดับ 5 ตีต่อ 20 นาที ให้ไข่ขาวตั้งยอดแข็ง (ระดับ Stiff peak) เมื่อไข่ตั้งยอดและอยู่ตัว เติมน้ำมะนาวแล้วตีต่อด้วยความเร็วระดับ 5 เวลาอีก 5 นาที จากนั้นปรับความเร็วลงเป็นระดับ 1 พร้อมกับ ใส่มะพร้าวอบแห้งและผงโกโก้ลงไปตีจนกระทั่งส่วนผสมทั้งหมดรวมเป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากที่ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันแล้ว ตักหยอดบนถาดอบ (ถาดอบขนาด 40x60 เซนติเมตร) ที่รองด้วยแผ่นรองอบ ก้อนละประมาณ 10 กรัม อบด้วยเตาอบ (Franke, FO40012 96MXS, Thailand) อุณหภูมิ 120±3 องศาเซลเซียสนาน 60 นาที พักให้เย็นสนิท บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4. *การศึกษาคุณลักษณะของมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมโดยวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน*

ทำการศึกษาวิธีการเตรียมมะพร้าว โดยนำสูตรพื้นฐานที่ผู้บริโภคให้คะแนนชอบสูงที่สุด มาศึกษาโดยเปรียบเทียบวิธีการเตรียมระหว่างวิธีการอบมะพร้าว (วิธีที่ 1) และการคั่วมะพร้าว (วิธีที่ 2) ร่วมกับมะพร้าวอบแห้งทางการค้า จากนั้นทำการผลิตขนมโสมนัสและนำขนมโสมนัสที่ผลิตได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนการยอมรับ 9 ระดับ (9-Point hedonic scale) ได้แก่ คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 50 คน

5. *การศึกษาอัตราส่วนไข่ขาวของไข่ไก่และไข่ขาวของไข่เป็ดในการผลิตขนมโสมนัส*

ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไข่ขาวของไข่ไก่และไข่ขาวของไข่เป็ด กำหนดให้อัตราส่วนระหว่างไข่ขาวของไข่ไก่ต่อไข่ขาวของไข่เป็ด ทั้งหมด 5 อัตราส่วน ดังนี้ 100:0 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 (โดยน้ำหนัก) จากนั้นทำการผลิตขนมโสมนัสและนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนการยอมรับ 9 ระดับ (9-Point hedonic scale) ได้แก่ คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 50 คน จากนั้นเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพและเคมีของขนมโสมนัสทั้ง 5 ตัวอย่าง

6. *การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของขนมโสมนัส*

นำตัวอย่างขนมโสมนัสมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีดังนี้

1) การวิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่องวัดค่าสี Hunter Lab รุ่น Color Flex, USA. รายงานค่าสีตามระบบ Hunter ค่าที่ปรากฏมีทั้งหมด 3 ค่า คือ ค่าสี L^* (ค่าความสว่าง) ค่าสี a^* (ค่าสีแดง-สีเขียว) และ b^* (ค่าสีเหลือง-สีน้ำเงิน) วิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ และจดบันทึกค่า L^* a^* และ b^*

2) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ดัดแปลงจาก Reitz (2016) ทำการทดลองวัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT Plus texture analyzer (Stable Micro Systems Ltd, Godalming, Surrey, UK) โดยใช้หัววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร (P/100 probe) ระยะทางการกดเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ความเร็วของหัววัด (test speed) เท่ากับ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ทั้งขณะกดและกลับสู่ตำแหน่งเดิม (pre-posttest) เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ใช้เวลา 5 วินาทีระหว่างกด รายงานผลเป็นค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความเปราะหรือความกรอบ (Fracturability) รายงานผลเป็นหน่วย นิวตัน (N) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3) การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยใช้วิธีของ AOAC (2016) ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ในภาชนะที่อบแห้งแล้ว (น้ำหนักคงที่) นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ นำไปใส่ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่เหลือ ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ นำค่าที่ได้ไปคำนวณปริมาณความชื้นของตัวอย่าง

$$Moisture\ content\ (\%) = \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} \times 100$$

โดยที่ W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ
W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

4) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ หรือ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ด้วยเครื่องด้วยเครื่อง a_w meter (RS-232, AQUA Lab, USA) จำนวน 3 ซ้ำ ทำการตรวจวัด ณ อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส แล้วจดบันทึกแล้วคำนวนหาค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำอิสระ

7. *วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมโสมนัส*

นำข้อมูลหรือน้ำหนักของส่วนผสมที่ใช้มาคำนวณพลังงานและคุณค่าทางโภชนาการของขนมโสมนัส โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป INMUCAL-Nutrients V. 4.0 (Institution of Nutrition, 2018) เพื่อหาค่าพลังงาน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุอื่น ๆ จากนั้นเปรียบเทียบค่าพลังงานและคุณค่าทางโภชนาการของขนมโสมนัสในสูตรต่าง ๆ

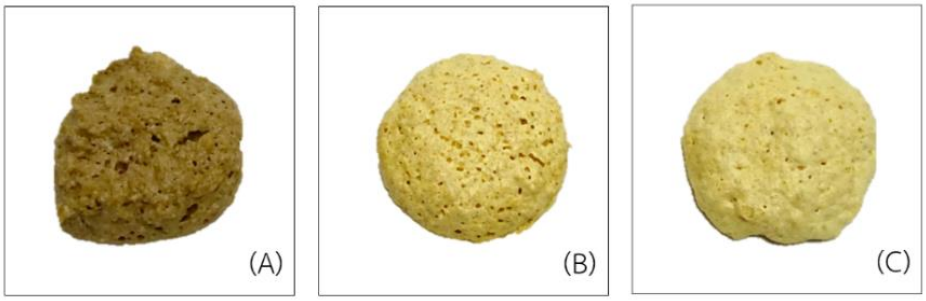
8. *วิเคราะห์ผลทางสถิติ*

วิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและเคมี คุณค่าทางโภชนาการของขนมโสมนัสตามแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมโสมนัสจะวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป SPSS (SPSS 26.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. *ผลของการคัดเลือกสูตรพื้นฐาน*

ลักษณะปรากฏของขนมโสมนัสทั้ง 3 สูตร พบว่า สูตรที่ 1 มีสีเข้มที่สุดในขณะที่อีก 2 สูตรมีสีที่ใกล้เคียงกัน ในด้านผิวสัมผัสของขนมสูตรที่ 1 ยังมีความเปราะบางกว่าสูตรอื่นๆ สังเกตได้จากรูพรุนบริเวณผิวหน้าของขนม ขนมสูตรที่ 1 และ 2 มีอัตราส่วนของน้ำตาลสูงจึงทำให้เกิดเงาเคลือบผิวหน้าของชิ้นขนม ส่วนสูตรที่ 3 มีอัตราส่วนน้ำตาลน้อยที่สุดจึงทำให้ผิวหน้าไม่เงา มีรูพรุนเล็กน้อย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะของขนมโสมนัส (คัดเลือกสูตรมาตรฐาน) A : สูตรที่ 1 B : สูตรที่ 2 C : สูตรที่ 3

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโสมนัสทั้ง 3 ตัวอย่าง พบว่า คะแนนการยอมรับทุกคุณลักษณะมีระดับการยอมรับอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ยระหว่าง 6.36 ถึง 8.16 อยู่ในเกณฑ์ระดับชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด โดยขนมโสมนัสทั้ง 3 ตัวอย่างมีกลิ่นรสและรสชาติที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) เนื่องจากในทุกสูตรมีการใส่น้ำตาลทรายและมะพร้าวคั่วในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนการยอมรับที่ไม่แตกต่างกัน ขณะที่สูตรที่ 2 และ 3 มีคะแนนการยอมรับด้านสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 2 โดยสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด (8.16) และสูงกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ดังนั้น จึงเลือกขนมโสมนัสสูตรที่ 3 เป็นสูตรมาตรฐานเพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป โดยมีส่วนประกอบ ได้แก่ ไข่ขาว 120 กรัม น้ำตาลปน 130 กรัม มะพร้าวอบหรือคั่ว 100 กรัม และ น้ำมะนาว 5 กรัม

ตารางที่ 2 ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโสมนัส (คัดเลือกสูตรมาตรฐาน)

คุณลักษณะ	ขนมโสมนัส (คัดเลือกสูตรมาตรฐาน)		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ลักษณะปรากฏ	6.36 ± 1.65 ^{b}	7.10 ± 1.39 ^{ab}	7.26 ± 1.31 ^{a}
สี	6.36 ± 1.67 ^{b}	7.56 ± 1.16 ^{a}	7.56 ± 1.35 ^{a}
กลิ่นรส	7.20 ± 1.73 ^{a}	7.03 ± 1.47 ^{a}	7.56 ± 1.61 ^{a}
รสชาติ	7.26 ± 1.61 ^{a}	7.56 ± 1.27 ^{a}	7.86 ± 1.33 ^{a}
เนื้อสัมผัส	6.76 ± 1.77 ^{b}	7.00 ± 1.70 ^{b}	7.93 ± 1.14 ^{a}
ความชอบโดยรวม	7.03 ± 1.49 ^{b}	7.43 ± 1.43 ^{b}	8.16 ± 0.83 ^{a}

หมายเหตุ : $^{a, b}$ หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

2. *ผลของการศึกษาคุณลักษณะของมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมโดยวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน*

ลักษณะปรากฏของมะพร้าวที่ได้จากการเตรียมมะพร้าวทั้ง 2 วิธี (การอบและการคั่ว) และมะพร้าวอบแห้งทางการค้า พบว่า มะพร้าววิธีการคั่ว มีสีน้ำตาลเข้ม รองลงมาเป็นวิธีการอบ ขณะที่มะพร้าวทางการค้ามีสีขาวสว่าง ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 ลักษณะมะพร้าวที่ได้จากวิธีการเตรียมต่าง ๆ A : มะพร้าวอบแห้งทางการค้า B : วิธีการอบ C : วิธีการคั่ว

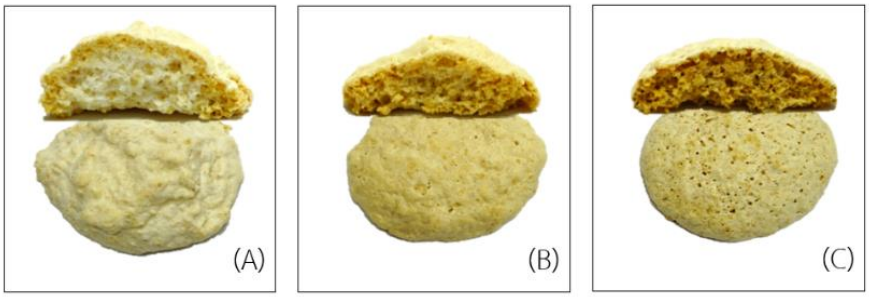
จากการวิเคราะห์ค่าสีของมะพร้าวที่ได้จากการเตรียมมะพร้าวทั้ง 2 วิธี (การอบและการคั่ว) และมะพร้าวอบแห้งทางการค้า เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่าง (*L**) ค่าความเป็นสีแดง (*a**) และค่าความเป็นสีเหลือง (*b**) พบว่า มะพร้าวอบแห้งทางการค้ามีค่าความสว่างสูงกว่าวิธีการอบ และวิธีการคั่ว ในขณะเดียวกันค่าความเป็นสีแดง วิธีการคั่ว มีค่าสูงที่สุดและค่าความเป็นสีเหลืองของวิธีการอบมีค่าสูงที่สุด ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกัน โดยปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของมะพร้าวทางการค้ามีค่าสูงกว่าวิธีการอบและวิธีการคั่วตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของมะพร้าวแห้งที่เตรียมโดยการคั่วและอบ

สมบัติทางกายภาพเคมี	**มะพร้าวฝอยอบแห้ง (ทางการค้า)**	**การเตรียมมะพร้าว**	
		วิธีที่ 1 (การอบ)	**วิธีที่ 2 (การคั่ว)**
ค่าสี			
*L**	88.76 ± 0.13 [a]	63.42 ± 0.05 [b]	40.77 ± 0.12 [c]
*a**	0.14 ± 0.10 [c]	12.94 ± 0.09 [b]	16.59 ± 0.06 [a]
*b**	9.51 ± 0.20 [c]	36.26 ± 0.24 [a]	31.73 ± 0.15 [b]
ค่าความชื้น (ร้อยละ)	3.10 ± 0.07 [a]	0.82 ± 0.04 [b]	0.27 ± 0.02 [c]
ค่า a_w	0.51 ± 0.03 [a]	0.38 ± 0.01 [b]	0.32 ± 0.01 [c]

หมายเหตุ : [a, b] หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เมื่อนำมะพร้าวทั้ง 2 วิธี (การอบและการคั่ว) และมะพร้าวทางการค้า มาผลิตของขนมโสมนัสด้วยสูตรมาตรฐาน พบว่า ขนมโสมนัสมีลักษณะภายนอกและสีที่แตกต่างกัน คือ ขนมโสมนัสจากมะพร้าวทางการค้ามีสีที่อ่อนที่สุด ผิวหน้าไม่สม่ำเสมอ ขรุขระ ขณะที่วิธีการอบขนมมีสีน้ำตาลอ่อน ผิวหน้าขรุขระเล็กน้อย ส่วนวิธีการคั่วมีสีเข้มที่สุด ผิวหน้าเรียบ มีรูพรุนกระจายทั่วทั้งชิ้น ส่วนลักษณะภายในของขนมโสมนัสทั้ง 3 ตัวอย่าง พบว่า ขนมโสมนัสจากมะพร้าวทางการค้ามีโพรงอากาศที่ค่อนข้างมาก เนื้อขนมมีสีขาว บริเวณขอบมีสีน้ำตาลอ่อนๆ ใกล้เคียงกับสีของผิวด้านนอก ส่วนขนมโสมนัสที่ใช้มะพร้าวจากวิธีการอบและการคั่ว มีลักษณะและโพรงอากาศที่ใกล้เคียงกัน สีมีความสม่ำเสมอกันทั้งชิ้น แต่สีของวิธีการอบมีสีที่อ่อนกว่าวิธีการคั่วอย่างเห็นได้ชัด ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลักษณะขนมโสมนัสจากวิธีการเตรียมมะพร้าวต่าง ๆ A : มะพร้าวอบแห้งทางการค้า B : วิธีการอบ C :วิธีการคั่ว

ในส่วนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโสมนัสจากมะพร้าวที่เตรียมทั้ง 2 วิธี (การอบและการคั่ว) และมะพร้าวทางการค้า ดังตารางที่ 4 พบว่า คะแนนการยอมรับทุกด้านมีระดับการยอมรับอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ยระหว่าง 6.10 ถึง 8.00 จัดอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยในแต่ละคุณลักษณะของขนมโสมนัสที่ใช้มะพร้าวจากวิธีการอบมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างอื่น เมื่อเปรียบเทียบขนมโสมนัสที่ผลิตจากมะพร้าวอบแห้งทางการค้ากับวิธีการอบ พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับในทุกคุณลักษณะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาขนมโสมนัสที่ใช้มะพร้าวจากวิธีการอบกับวิธีการคั่ว พบว่า ในด้านลักษณะปรากฏและสีมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำ คัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนด้านอื่นๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ขณะที่มะพร้าวทางการค้าและมะพร้าวจากวิธีการคั่ว มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4 ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโสมนัสต่อวิธีการเตรียมมะพร้าว

สมบัติทางกายภาพเคมี	มะพร้าวฝอยอบแห้ง (ทางการค้า)	การเตรียมมะพร้าว	
		วิธีที่ 1 (การอบ)	วิธีที่ 2 (การคั่ว)
ลักษณะปรากฏ	6.37 ± 1.07 [b]	7.17 ± 1.37 [a]	6.70 ± 1.44 [ab]
สี	6.40 ± 1.13 [b]	7.17 ± 1.26 [a]	7.03 ± 1.40 [ab]
กลิ่นรส	6.10 ± 1.12 [b]	7.47 ± 1.33 [a]	6.70 ± 1.62 [b]
รสชาติ	6.33 ± 1.06 [b]	7.43 ± 1.36 [a]	6.27 ± 1.62 [b]
เนื้อสัมผัส	6.60 ± 1.19 [b]	8.00 ± 1.08 [a]	7.10 ± 1.58 [b]
ความชอบโดยรวม	6.43 ± 1.07 [b]	7.70 ± 1.12 [a]	6.77 ± 1.28 [b]

หมายเหตุ : [a, b] หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3. *ผลของการศึกษาอัตราส่วนของไข่ขาวของไข่ไก่และไข่ขาวของไข่เป็ดในการผลิตขนมโสมนัส*

ลักษณะของขนมโสมนัสในแต่ละอัตราส่วนของไข่ขาวของไข่ไก่และไข่ขาวของไข่เป็ดทั้ง 5 ตัวอย่าง ได้แก่ 100:0 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 (w/w) จะเห็นได้ว่าขนมโสมนัสที่เพิ่มอัตราส่วนของไข่ขาวของไข่เป็ดมากขึ้น ขนมจะมีสีที่เข้มขึ้นตามลำดับ ผิวหน้าของชิ้นขนมมีรูพรุนเล็กๆ กระจายทั่วทั้งชิ้น น้ำหนักของขนมเบาและกรอบ ในขณะเดียวกันลักษณะภายในของชิ้นขนมมีโพรงอากาศกระจายทั่วทั้งชิ้น ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 ลักษณะของขนมโสมนัสในอัตราส่วนของไข่ขาวของไข่ไก่ต่อไข่ขาวของไข่เป็ดระดับต่างๆ
A : สูตรที่ 1 (100:0) B : สูตรที่ 2 (75:25) C : สูตรที่ 3 (50:50) D : สูตรที่ 4 (75:25) และ E : สูตรที่ 5 (0:100)

4. *ผลของการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของขนมโสมนัส*

จากการวิเคราะห์ค่าสีของขนมโสมนัสในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทั้ง 5 ตัวอย่าง พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนไข่ขาวของไข่เป็ดสูงขึ้น ทำให้ค่าความสว่างของขนม (L^*) มีแนวโน้มลดลง ขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ขณะที่ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของขนมโสมนัสสูตรที่ 1 ถึง 3 มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และมีผลไปในทิศทางเดียวกับปริมาณความชื้น ด้านเนื้อสัมผัสของขนมโสมนัสจากวิธี TPA จะเห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนไข่ขาวของไข่เป็ดสูงขึ้น ขนมโสมนัสมีค่าความแข็งและค่าความกรอบสูงขึ้นตาม ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมบัติทางกายภาพเคมีของขนมโสมนัสขนมโสมนัสในอัตราส่วนของไข่ขาวของไข่ไก่ต่อไข่ขาวของไข่เป็ดระดับต่างๆ

สมบัติทางกายภาพเคมี	ขนมโสมนัส (ไข่ขาวของไข่ไก่ : ไข่ขาวของไข่เป็ด (w/w))				
	สูตร 1 (100 : 0)	สูตร 2 (75 : 25)	สูตร 3 (50 : 50)	สูตร 4 (25 : 75)	สูตร 5 (0 : 100)
ค่าสี					
L^*	65.36 ± 0.03 [a]	62.48 ± 0.04 [b]	62.58 ± 0.05 [b]	56.51 ± 0.05 [c]	46.47 ± 0.09 [d]
a^*	10.52 ± 0.08 [e]	14.13 ± 0.06 [d]	15.87 ± 0.06 [c]	16.17 ± 0.02 [b]	17.27 ± 0.10 [a]
b^*	29.51 ± 0.14 [e]	34.11 ± 0.12 [d]	35.86 ± 0.17 [c]	37.86 ± 0.06 [b]	37.54 ± 0.15 [a]
ค่าความชื้น (ร้อยละ)	1.38 ± 0.06 [a]	1.20 ± 0.14 [b]	0.95 ± 0.07 [c]	0.52 ± 0.03 [d]	0.23 ± 0.03 [e]
ค่า a_w	0.41 ± 0.01 [a]	0.41 ± 0.01 [a]	0.41 ± 0.01 [a]	0.39 ± 0.01 [b]	0.34 ± 0.01 [c]
ค่า Hardness (N)	851.19 ± 12.41 [e]	1,059.86 ± 28.36 [d]	1,233.46 ± 18.24 [c]	1,623.64 ± 23.25 [b]	1,944.89 ± 29.40 [a]
ค่า Fracturability (N)	75.93 ± 2.42 [e]	105.05 ± 2.03 [d]	126.73 ± 2.87 [c]	155.30 ± 3.00 [b]	184.28 ± 3.63 [a]

หมายเหตุ : [a, b] หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

5. *ผลของการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมโสมนัส*

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมโสมนัสทั้ง 5 ตัวอย่าง ด้วยโปรแกรม INMUCAL-Nutrients V. 4.0 (Institution of Nutrition, 2018) พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของไข่ขาวของไข่เป็ดมากขึ้น ทำให้ค่าพลังงานและปริมาณไขมันมีแนวโน้มลดลง ขณะเดียวกันปริมาณคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนกลับมีค่าสูงขึ้น ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณค่าทางโภชนาการของขนมโสมนัสในอัตราส่วนของไข่ขาวของไข่ไก่ต่อไข่ขาวของไข่เป็ดในหน่วย 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ขนมโสมนัส (ไข่ขาวของไข่ไก่ : ไข่ขาวของไข่เป็ด (w/w))				
	สูตร 1 (100 : 0)	สูตร 2 (75 : 25)	สูตร 3 (50 : 50)	สูตร 4 (25 : 75)	สูตร 5 (0 : 100)
พลังงาน (kcal)	255.19 ± 0.27 [a]	254.88 ± 0.31 [a]	254.57 ± 0.16 [a]	254.26 ± 0.20 [a]	253.94 ± 0.34 [a]
คาร์โบไฮเดรต (g)	40.30 ± 0.08 [a]	40.37 ± 0.11 [a]	40.44 ± 0.15 [a]	40.50 ± 0.18 [a]	40.57 ± 0.22 [a]
โปรตีน (g)	4.48 ± 0.01 [a]	4.52 ± 0.00 [a]	4.56 ± 0.02 [a]	4.60 ± 0.04 [a]	4.64 ± 0.06 [a]
ไขมัน (g)	8.45 ± 0.11 [a]	8.37 ± 0.06 [a]	8.29 ± 0.02 [a]	8.20 ± 0.02 [a]	8.12 ± 0.06 [a]

หมายเหตุ : [a, b] หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

6. *ผลของการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมโสมนัส*

จากการศึกษาอัตราส่วนไข่ขาวของไข่ไก่และไข่ขาวของไข่เป็ดในการผลิตขนมโสมนัสด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโสมนัสทั้ง 5 ตัวอย่าง (ตารางที่ 7) พบว่า คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคทุกด้านอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ยระหว่าง 5.40 ถึง 7.66 อยู่ในเกณฑ์ระดับเฉยๆ ถึงชอบมาก โดยคะแนนการยอมรับของขนมโสมนัสที่อัตราส่วนระหว่างไข่ขาวของไข่ไก่ต่อไข่ขาวของไข่เป็ด สูตรที่ 1 2 และ 3 (100:0 , 75:25 และ 50:50) มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในทุกคุณลักษณะ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโสมนัสในอัตราส่วนของไข่ขาวของไข่ไก่ต่อไข่ขาวของไข่เป็ดระดับต่างๆ

คุณลักษณะ	ขนมโสมนัส (ไข่ขาวของไข่ไก่ : ไข่ขาวของไข่เป็ด (w/w))				
	สูตร 1 (100 : 0)	สูตร 2 (75 : 25)	สูตร 3 (50 : 50)	สูตร 4 (25 : 75)	สูตร 5 (0 : 100)
ลักษณะปรากฏ	7.38 ± 1.10 [a]	7.02 ± 1.22 [a]	7.08 ± 1.01 [a]	6.04 ± 1.18 [b]	5.40 ± 1.01 [c]
สี	7.42 ± 1.25 [a]	7.16 ± 1.39 [a]	7.22 ± 1.22 [a]	6.30 ± 1.33 [b]	5.86 ± 1.14 [c]
กลิ่นรส	7.46 ± 1.31 [a]	7.02 ± 1.08 [ab]	7.04 ± 1.07 [ab]	6.60 ± 1.49 [bc]	6.30 ± 1.23 [c]
รสชาติ	7.54 ± 1.34 [a]	7.08 ± 1.36 [a]	7.26 ± 1.10 [a]	6.54 ± 1.23 [b]	6.30 ± 1.05 [b]
เนื้อสัมผัส	7.46 ± 1.29 [a]	7.22 ± 1.18 [a]	7.38 ± 1.22 [a]	6.58 ± 1.40 [b]	5.88 ± 0.96 [c]
ความชอบโดยรวม	7.66 ± 1.11 [a]	7.22 ± 1.20 [a]	7.52 ± 1.07 [a]	6.74 ± 1.13 [b]	6.04 ± 1.19 [c]

หมายเหตุ : [a, b] หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. *ผลของการคัดเลือกสูตรผลิตภัณฑ์ขนมโสมนัส*

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโสมนัสทั้ง 3 ตัวอย่าง เมื่อพิจารณาจากคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ขนมโสมนัสสูตรที่ 3 มีคะแนนการยอมรับสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม เนื่องจากขนมโสมนัสสูตรที่ 3 มีองค์ประกอบของมะพร้าวอบน้อยที่สุดจึงส่งผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมโสมนัสมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่า เมื่อเทียบกับสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ร่วมกับความคิดเห็นของผู้ทดสอบ พบว่า ผู้ทดสอบให้ความสำคัญของขนมโสมนัสในเรื่อง สี กลิ่นรส รสชาติและเนื้อสัมผัส โดยขนมโสมนัสต้องมีลักษณะตามข้อกำหนด คือ ขนมมีสีน้ำตาลอ่อนๆ กลิ่นหอมมะพร้าวรสชาติหวานมัน และเนื้อสัมผัสกรอบร่วน ซึ่งทำให้คะแนนการยอมรับของขนมโสมนัสสูตรที่ 3 มีคะแนนสูงที่สุด ($P < 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกขนมโสมนัสสูตรที่ 3 เป็นสูตรมาตรฐานในการศึกษาต่อไป

2. *ผลของการศึกษาคุณลักษณะของมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมโดยวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน*

จากการวิเคราะห์ค่าสีของมะพร้าวที่ได้จากการเตรียมมะพร้าวทั้ง 2 วิธี (การอบและการคั่ว) และมะพร้าวอบแห้งทางการค้า พบว่า วิธีการอบมะพร้าวในเตาอบ มีการหมุนเวียนของลมร้อน ความร้อนในระบบปิดสามารถระบายความชื้นที่มีในมะพร้าวได้อย่างทั่วถึง จึงเกิดการกระจายความร้อนได้ดี ทำให้ลักษณะของมะพร้าวที่ได้มีความสว่าง และมีสีเหลืองอ่อน ขณะที่วิธีการคั่วเป็นการให้ความร้อนทิศทางเดียว มะพร้าวโดยได้รับความร้อนจากตัวนำความร้อนโดยตรง (ผิวกระทะทองเหลือง) จึงอาจจะทำให้มะพร้าวได้รับความร้อนจากก้นกระทะ และไม่สม่ำเสมอ สีของมะพร้าวจึงมีสีที่เข้มกว่าวิธีการอบ ซึ่งกลไกของการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการคั่ว อาจเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Maillard reaction) โดยมี 3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ โปรตีนและน้ำตาลที่อยู่ในเนื้อมะพร้าว รวมกับความร้อน จึงทำให้เกิดสีน้ำตาลที่เนื้อมะพร้าวระหว่างการคั่ว ในส่วนของมะพร้าวอบแห้งทางการค้ามีสีขาว อาจจะมีการควบคุมคุณภาพระหว่างการผลิต โดยมีการฟอกสี (Bleaching) หรือเติมสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างการอบแห้ง เช่น วิตามินซี (Ascorbic acid) หรือกรดซิตริก (Citric acid) เป็นต้น ทั้งนี้ความต่างของสีของมะพร้าวทั้ง 2 วิธี ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น แหล่งความร้อน การคนระหว่างคั่ว การควบคุมอุณหภูมิระหว่างให้ความร้อน รวมถึงชนิดของเตา ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีของมะพร้าว

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นมะพร้าวทั้ง 3 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ กับมาตรฐานของมะพร้าวอบสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ระบุว่าเนื้อมะพร้าวอบแห้งต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 ซึ่งมะพร้าวทั้ง 3 ตัวอย่างจัดว่ามีความชื้นต่ำกว่ามาตรฐาน (Thai Industrial Standards Institute, 2015) ปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในมะพร้าวของวิธีการอบมีค่าสูงกว่าวิธีการคั่ว สอดคล้องกับปริมาณความชื้น ซึ่งทั้ง 2 วิธี (การอบและการคั่ว) ยังถือว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่อาหารอบแห้งที่มีค่าความเป็นกรดต่ำ หรือมีค่า pH มากกว่า 4.5 ควรมีปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งมะพร้าวทั้ง 2 วิธีจัดว่ามีค่า a_w ต่ำมาก ซึ่งสามารถจัดเก็บในภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิห้องได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Juntachote (2013) ที่รายงานว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นจะ

ทำให้ผงมะพร้าวมีปริมาณความชื้น ค่าความหนาแน่นจำเพาะ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง ขณะที่ค่าการเกิดสีน้ำตาลมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ในส่วนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมโสมนัสจากมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีต่างๆ ทั้ง 3 ตัวอย่าง จะเห็นได้ว่า มะพร้าวที่ผ่านการเตรียมที่แตกต่างกันส่งผลทำให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับที่แตกต่างกัน โดยขนมโสมนัสที่ใช้มะพร้าววิธีการอบ มีคะแนนการยอมรับสูงที่สุดในทุกด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ขณะที่มะพร้าววิธีการคั่ว ทำให้ขนมโสมนัสมีสีน้ำตาลเข้มอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 3) สอดคล้องกับค่าความเป็นสีแดง (a^*) ดังตารางที่ 3 และมะพร้าวทางการค้ามีคะแนนการยอมรับที่ต่ำในทุกคุณลักษณะ เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ร่วมกับความคิดเห็นของผู้ทดสอบ พบว่า ผู้ทดสอบให้ความสำคัญในเรื่องสี กลิ่นรส (กลิ่นขนมโสมนัสหลังรับประทาน) รสชาติ (ความหวานของขนมโสมนัส) และเนื้อสัมผัส (ความกรอบและเนื้อมะพร้าว) ซึ่งคะแนนการยอมรับของขนมโสมนัสที่เตรียมด้วยวิธีการอบมีคะแนนสูงที่สุด ($P < 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกวิธีการอบมะพร้าวในการศึกษาอัตราส่วนของการใช้ไข่ขาวของไข่เป็ดต่อไป

3. *ผลของการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของขนมโสมนัส*

จากการตรวจสอบค่าสีของผลิตภัณฑ์ขนมโสมมัสนั้นพบว่า ลักษณะปรากฏขนมโสมนัสมีสีค่อนข้างเหลืองถึงน้ำตาล ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*)ลดลง ในขณะเดียวกันทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) สูงขึ้น ทั้งนี้ปรากฏการณ์ดังกล่าวอาจจะมีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (Maillard reaction) ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต ปฏิกิริยานี้เกิดจากการทำปฏิกิริยาของหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลรีดิวซ์ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนที่มีอยู่ในไข่ขาว โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดเป็นสารประกอบ ไกลโคซิลเอมีน (N-substituted glycosylamine) ที่มีสีน้ำตาลจนถึงคล้ำ (Quan & Benjakul, 2019) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hwang *et al*. (2018) ที่รายงานว่าเมื่อใช้ไข่เป็ดในการทำเค้กสปันจ์ทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาปริมาณความชื้น พบว่า อัตราส่วนไข่ขาวของไข่เป็ดสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลง เนื่องจาก ไข่ขาวไข่เป็ดมีปริมาณโอแวลบูมิน (Ovalbumin) ที่ต่ำกว่าไข่ขาวของไข่ไก่ ซึ่งโอแวลบูมินเป็นโปรตีนที่มีบทบาทสำคัญต่อคุณสมบัติการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปโปรตีนโอแวลบูมินสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำช่วยให้น้ำระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ได้ยากขึ้นในระหว่างการทำแห้ง อีกทั้งโปรตีนชนิดนี้ยังช่วยเพิ่มความคงตัวของโฟมอีกด้วย (Huang & Lin, 2011) จากการวิจัยของ Chiralaksanakul (2019) พบว่า การแยกตัวของของเหลวในระหว่างการเกิดโฟม (Foam drainage) พบมากในไข่ขาวของไข่เป็ด ส่งผลให้น้ำสามารถระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่ายในระหว่างกระบวนการทำแห้งผลิตภัณฑ์

ส่วนปริมาณน้ำอิสระ (a_w) พบว่า ปริมาณน้ำอิสระของตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 0.34-0.41 แต่อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนไข่ขาวของไข่เป็ด สูงกว่าร้อยละ 50 ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีค่าลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ปริมาณโปรตีนที่เพิ่มสูงขึ้นในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้น้ำอิสระ (Free water) เปลี่ยนเป็น น้ำเกาะติด (Bound water) มากขึ้น อันเนื่องมาจากการสร้างพันธะระหว่างโปรตีนกับน้ำ เป็นผลให้น้ำอิสระมีค่าลดลง โดยทั่วไปขนมไทยอบกรอบและผลิตภัณฑ์ขนมไทยที่มีปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 และความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 จะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ

เชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรค และช่วยลดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Thai Industrial Standards Institute, 2005) ผลการศึกษาสอดคล้องกับ Hwang *et al*. (2018) ที่รายงานว่า เมื่อใช้ไข่เป็ดในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีค่าต่ำลง อีกทั้งสอดคล้องกับ Kulma (2017) ที่ได้ศึกษาขนมโสมนัสเสริมแกนสับปะรดร้อยละ 10 ส่งผลทำให้ขนมโสมนัสมีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีค่าลดลง ซึ่งปริมาณน้ำอิสระและความชื้นขึ้นกับกระบวนการผลิต อาจจะเกิดจากปัจจัยเรื่อง อุณหภูมิ ระยะเวลาในการอบแห้ง รวมถึงวิธีการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ก็ส่งผลต่อการเพิ่มหรือลดของปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระได้

ในส่วนของค่าความแข็ง และค่าความกรอบที่มีค่าสูงขึ้นตามอัตราส่วนของไข่เป็ด เกิดจากในขั้นตอนการตีโฟมไข่ขาว ทำให้โปรตีนในไข่ขาวถูกตีจนเกิดการเสียสภาพ โครงสร้างของฟองอากาศในไข่ขาวเรียงชิดติดกันแน่น เมื่อได้รับความร้อนสูง โปรตีนจะเกิดการหดและแข็งตัว ฟองอากาศที่กักเก็บไว้จะแตกออก ความชื้นหรือน้ำที่อยู่ระหว่างฟองอากาศจะระเหยเป็นไอน้ำระหว่างอบ ทำให้โปรตีนเรียงตัวชิดติดกันแน่นขึ้น ส่งผลให้ขนมมีเนื้อสัมผัสที่แข็งและกรอบมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sun *et al.* (2019) ที่รายงานว่า ไข่เป็ดให้เนื้อสัมผัสที่แน่นและแข็งกว่าไข่ไก่เมื่อนำมาผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Hwang *et al.* (2018) ยังรายงานว่าเค้กสปันจ์ที่ผลิตจากไข่เป็ดมีค่าความแข็งเป็น 2 เท่าของไข่ไก่ เนื่องจากค่าความคงตัวของโฟมไข่เป็ด (Foam stability) มีความเสถียรต่ำกว่าไข่ขาวของไข่ไก่ จึงไม่สามารถกักเก็บอากาศเอาไว้ได้

4. *<u>ผลของการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมโสมนัส</u>*

เมื่อพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการจากสารอาหารที่ได้รับจากไข่ขาวของไข่เป็ด จะเห็นได้ว่า ไข่ขาวของไข่เป็ด อุดมไปด้วยสารอาหารประเภทโปรตีนคุณภาพดีที่อุดมไปด้วยกรดอะมิโนครบทั้ง 20 ชนิด โดยมีกรดอะมิโนจำเป็น เช่น เมไทโอนีน (Methionine) ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) ทรีโอนีน (Threonine) สูงกว่าไข่ขาวของไข่ไก่ (Sun *et al*., 2019) และสามารถบริโภคทดแทนไข่ขาวของไข่ไก่ได้ ดังนั้น การบริโภคขนมโสมนัสที่มีการทดแทนไข่ขาวของไข่เป็ด ไม่ได้ทำให้คุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงไปจากสูตรมาตรฐาน (ดังตารางที่ 6) เมื่อพิจารณาค่าพลังงานขนมโสมนัสถือว่ามีค่าพลังงานไม่สูงมาก ซึ่งขนมโสมนัสทั้ง 5 ตัวอย่าง มีการใช้น้ำตาลและมะพร้าวในปริมาณเท่ากันทุกสูตร จึงทำให้ค่าคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของไข่ขาวของไข่เป็ดเพิ่มขึ้น ขนมโสมนัสที่ใช้ไข่ขาวของไข่เป็ดร้อยละ 100 ทำให้ปริมาณไขมันต่ำที่สุด เท่ากับ 8.12 กรัม คิดเป็นร้อยละ 12.49 ของปริมาณไขมันที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน ซึ่งใน 1 วันควรบริโภคไขมันเท่ากับ 65 กรัมต่อวัน (Ministry of Public Health, 1998) การบริโภคไขมันจำนวนมากอาจจะส่งผลเสียต่อร่างกาย หรือทำให้เกิดโรคภาวะโภชนาการเกิน (Overnutrition) เช่น โรคอ้วน หรือน้ำหนักตัวเกิน โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น (Dholvitayakhun, 2013)

5. *ผลของการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมโสมนัส*

จากการศึกษาอัตราส่วนไข่ขาวของไข่ไก่และไข่ขาวของไข่เป็ดในการผลิตขนมโสมนัสต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค เมื่อพิจารณาขนมโสมนัสทั้ง 5 ตัวอย่าง จะเห็นได้ว่าการเพิ่มอัตราส่วนไข่ขาวของไข่เป็ดที่มากขึ้น ส่งผลทำให้คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคมีแนวโน้มลดลงทุกๆ คุณลักษณะ ไข่ขาวของไข่เป็ดส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับในคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม สอดคล้องกับความเห็นของผู้ทดสอบ ซึ่งได้ให้ความคิดเห็น ของผลิตภัณฑ์โสมนัสที่มีอัตราส่วนของไข่ขาวของไข่เป็ดสูงสุด (สูตรที่ 5) ดังนี้ สีเข้มเกินไป กลิ่นรสไม่หอม เนื้อสัมผัสแข็งกระด้างเล็กน้อย เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมโสมนัสจากไข่ขาวของไข่เป็ด โดยวิธีการเตรียมะพร้าว พบว่า วิธีการอบส่งผลให้ลักษณะทางกายภาพของมะพร้าวมีสีเหลืองอ่อน โดยมีค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 36.26 และ ค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 63.42 และมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงสุด เมื่อเทียบกับวิธีการคั่วและมะพร้าวทางการค้า จากการทดแทนปริมาณไข่ขาวในขนมโสมนัสด้วยไข่ขาวของไข่เป็ด ปริมาณร้อยละ 0-100 โดยน้ำหนัก ส่งผลให้ขนมโสมนัสมีความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และค่าความสว่างลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง ค่าความเป็นสีเหลือง ค่าความแข็ง และค่าความกรอบเพิ่มสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามคุณค่าทางโภชนาการมีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้การทดแทนปริมาณไข่ขาวของไข่เป็ด ในอัตราส่วนร้อยละ 0-50 โดยน้ำหนัก ไม่มีผลกระทบต่อการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทดแทนไข่ขาวเพื่อผลิตขนมโสมนัสจากไข่ขาวของไข่เป็ด ที่ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เป็นระดับสูงสุดที่แนะนำ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในอตุสาหกรรมขนมไทยต่อไป อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการใช้วัตถุดิบเหลือใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกทางหนึ่งด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนวิจัยภายในวิทยาลัยดุสิตธานี ประจำปีการศึกษา 1/2563

เอกสารอ้างอิง

AOAC. (2016). *Official Methods of Analysis of Association of Official Chemists* (20th). Washington DC: The Association of official Analytical Chemists Inc.

Chaiyasit, W., Brannan, R. G., Chareonsuk, D., & Chanasattru, W. (2019). *Comparison of physicochemical and functional properties of chicken and duck egg albumens*. Brazilian Journal of Poultry Science, *21*(1), 1-9.

Chiralaksanakul, N. (2019). *Effects of mixing time before baking, egg white aging, reduction of sugar and icing sugar content on the quality of macaron shells* Master thesis. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand. (in Thai)

Chomchom, N., Sakulyunyonfsuk, N., & Auppathak, C. (2014). *Development of Thai Dessert Products from Used Coconut Residue*. Research report. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai)

Dholvitayakhun, A. (2013). *Introduction Nutrition* (2nd ed.). Bangkok: Odeon Store. (in Thai)

Huang, J. F., & Lin, C. C. (2011). Production, composition, and quality of duck eggs. In *Improving the safety and quality of eggs and egg products* (pp. 487-508). Woodhead Publishing.

Hwang, J., Shyu, Y., Yeh, L., & Sung, W. (2018). Study on Sponge Cake Qualities Made from Hen, Duck and Ostrich Eggs. *Journal of Food and Nutrition Research*, *6*(2), 110-115.

Institution of Nutrition, M. U. (2018). Nutrients calculation software: INMUCAL-Nutrients V.4.0 (Version Database version NB.). Thailand.

Juntachote, T. (2013). Effect of Vacuum Drying on Physico-Chemical Properties and Antioxidant Activity of Coconut Juice Mixed with Coconut Flesh Powder. *Thaksin University Journal*, *16*(3), 147-152. (in Thai)

Kasetsart University Research and Development Institute. (2013). *Processing egg whites from duck eggs*. Retrieved 15 July 2021, from https://www3.rdi.ku.ac.th (in Thai)

Khaedee, K. (2014). *Thai Desserts*. Bangkok: Maeban. (in Thai)

Kongphan, S. (2019). *Khanom-Wan-Khanom-Thai*. Bangkok: S.S.S.S. (in Thai)

Kulma, A. (2017). *Khanom Sommanat Supplemented with Dried Pineapple Core*. Master dissertation. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai)

Lesnierowski, G. & Stangierski, J. (2017). What's New in Chicken Egg Research and Technology for Human Health Promotion? - A review. *Trends in Food Science & Technology*, *71*, 46–51.

Mann, K. (2017). Proteomics of Egg White. *Proteomics in Food Science*. 261-276.

Ministry of Public Health. (1998). *Notification of the Ministry of Public Health (No. 182) B.E. 2541 (1998) Re: Nutrition Labelling.* Nonthaburi. (in Thai)

Quan, T. H., & Benjakul, S. (2019). Duck Egg Albumen: Physicochemical and Functional Properties as Affected by Storage and Processing. *Journal of Food Science and Technology*, *56*(3), 1104-1115.

Reitz, N. F. (2016). *Investigating the chemical basis of functionality differences between beet and cane sugar sources in model egg white foams and other products*. Doctoral dissertation. University of Illinois at Urbana-Champaign, USA.

Ruangthamsing, R. (2015). *Thai Desserts Production 1*. Bangkok: n.p. (in Thai)

Sun, C., Liu, J., Yang, N., & Xu, G. (2019). Egg Quality and Egg Albumen Property of Domestic Chicken, Duck, Goose, Turkey, Quail, and Pigeon. *Poultry Science*, *98*(10), 4516-4521.

Thai Industrial Standards Institute. (2005). *Thai Community Product Standard of Khanom Ping*. TCPS no. 745/2548. (in Thai)

Thai Industrial Standards Institute. (2015). *Thai Community Product Standard of Dried Coconut Meat*. TCPS no. 685/2558. (in Thai)