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

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่มีผลต่อลักษณะทางเคมีกายภาพ กิจกรรมการต้านออกซิเดชัน และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว

สุพิชญา คำคม*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
96 ถนนปรีดีพนมยงค์ ตำบลประตูชัย อำเภอเมืองพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 10300

รับบทความ 14 เมษายน 2563 แก้ไขบทความ 12 สิงหาคม 2563 ตอบรับบทความ 15 กันยายน 2563

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลต่อลักษณะทางเคมีกายภาพ กิจกรรมการต้านออกซิเดชัน และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว ซึ่งผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ถูกทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่ระดับร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 การวัดค่าสี (ค่าความสว่าง (*L**) ค่าความเป็นสีแดง (*a**) และค่าความเป็นสีเหลือง (*b**)) ของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวด้วยเครื่องวัดสี พบว่าค่า *L** และ *b** ของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวลดลง ในขณะที่ค่า *a** เพิ่มขึ้นตามระดับของแป้งข้าวหอมนิลที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 30 ลักษณะทางกายภาพประกอบด้วยค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่นและค่าความสามารถในการเกาะรวมกันของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลเนื่องจากการโครงสร้างแป้งโดถูกทำลาย ซึ่งความแข็งของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0 ถึง 30) แต่ค่าความยืดหยุ่นและค่าความสามารถในการเกาะรวมกันของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวลดลงเมื่อทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิล ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด/แอนโทไซยานินทั้งหมด และกิจกรรมต้านออกซิเดชัน (DPPH, FRAP และ ABTS) ของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 30 จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 20 สามารถผลิตหมั่นโถวที่ดีต่อสุขภาพ และเป็นที่ยอมรับ รวมทั้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด/สารแอนโธไซยานินทั้งหมด และกิจกรรมต้านออกซิเดชันสูงขึ้น

คำสำคัญ : หมั่นโถว; แป้งข้าวหอมนิล; ฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน; สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด; สารแอนโทไซยานินทั้งหมด

**** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 6051 7754, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: supichaya_culinary@hotmail.com***

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

Substitution of wheat flour with Hom Nil rice flour affects physicochemical characteristics, antioxidant activities, and sensory acceptance of Chinese steamed bread (Mantou)

Supichaya Khumkhom*

Faculty of Science and Technology, Phranakorn Si Ayutthaya Rajabhat University
96 Pridi Banomyong, Pratu chai, Phranakhon Si Ayutthaya, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000

Received 14 April 2020; Revised 12 August 2020; Accepted 15 September 2020

Abstract

This study investigated the effects of partial replacement of wheat flours with Hom Nil rice flour on the physicochemical characteristics, antioxidant activities, and sensory acceptance of chinese steam bread (Mantou). Mantou was made with wheat flours partially substituted with Hom Nil rice flour at the level of 0%, 10%, 20% and 30%. Colour parameters (lightness (*L**), redness (*a**) and yellowness (*b**)) of Mantou were measured using a Hunter colorimeter and found that *L** and *b** values of Mantou decreased while *a** value increased with increase in level of Hom Nil rice flour from 0 to 30%. Physical characteristics, including hardness, springiness, and cohesiveness, of Mantou were significantly affected with substitution due to the disruption of dough structure. The hardness of Mantou increased with the increasing of the Hom Nil rice flour substitution (0%-30%), in contrast with springiness and cohesiveness. The total phenolic/anthocyanin contents and antioxidant activities (DPPH, FRAP and ABTS) of Mantou increased with increasing Hom Nil rice flour level up to 30%. These results suggested that the substitution of 2 0 % Hom Nil rice flour would produce healthy and acceptable Mantou with higher total phenolic/anthocyanin contents and antioxidant activities.

Keywords : Mantou; Hom Nil Rice Flour; Antioxidant Activities; Total Phenolic Content; Total Anthocyanin Content

** Corresponding Author. Tel.: +668 6051 7754, E-mail Address: supichaya_culinary@hotmail.com*

1. บทนำ

ข้าว (Rice) เป็นธัญพืชที่มีความสำคัญกับประเทศไทยและของโลก เนื่องจากข้าวเป็นอาหารหลักประเภทคาร์โบไฮเดรตและเป็นแหล่งของพลังงานของประชากรมากกว่าครึ่งโลก ข้าวอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร วิตามิน และเกลือแร่ [1]-[3] สามารถจำแนกได้ 2 ประเภทตามลักษณะของรงควัตถุ (Pigment) ที่พบได้แก่ ข้าวไม่มีสี (Non-pigmented Rice) และข้าวมีสีหรือข้าวที่มีรงควัตถุ (Pigmented Rice) [2] ซึ่งข้าวมีสีหมายถึงข้าวที่มีรงควัตถุหรือสารให้สีกระจายอยู่ในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด ทำให้เมล็ดข้าวมีสีตามธรรมชาติที่แตกต่างกัน เช่น มีสีม่วง ดำ แดง น้ำเงิน หรือน้ำตาลแดง [4], [5] รงควัตถที่ให้สีที่อยู่ที่เยื่อหุ้มเมล็ด คือ สารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compound) และแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ซึ่งมีมากกว่าข้าวไม่มีสี [1], [6], [7] จากรายงานการวิจัย พบว่าสารเหล่านี้ที่พบในข้าวมีสีมีผลในการป้องกันการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังต่าง ๆ ได้แก่ ป้องกันโรคมะเร็ง เช่น มะเร็งเต้านม[8], [9], [4] มะเร็งลำไส้ [10] มะเร็งตับ มะเร็งรังไข่ และมะเร็งต่อม [11], [12] ป้องกันเบาหวาน [13]-[15] ต้านการอักเสบ [16]-[18] รวมทั้งยังมีฤทธิ์ในการต่อต้านออกซิเดชัน (Antioxidation) [19], [20], [5] จากความสำคัญและประโยชน์ที่พบในข้าวมีสีจึงทำให้ผู้บริโภคที่รักสุขภาพหันมาให้ความสนใจบริโภคข้าวมีสีมากขึ้น ซึ่งข้าวมีสีที่เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกในของประเทศไทยมีหลากหลายพันธุ์ เช่น ข้าวสังห์หยด ข้าวมันปู ข้าวมะลิแดง ข้าวไรซ์เบอรี่ และข้าวหอมนิล เป็นต้น

ข้าวหอมนิล (Hom Nil Rice) เป็นข้าวมีสีที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ 78.09) โปรตีน (ร้อยละ 9.68) ไขมัน (ร้อยละ 3.71) ใยอาหาร (ร้อยละ 4.58) [3] รวมทั้งยังมีสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณ 588.28 mg GAE/100g และสารแอนโทไซยานินเท่ากับ 65.85 mg CyGE/100g [7] แกมมา-โอริซานอล (γ-Oryzanol) แอลฟา-โทโคฟีรอล (α-Tocopherol), แกมมา-โทโคฟีรอล (γ-Tocopherol) เท่ากับ 4.58, 30.54 และ 5.13 mg/g ตามลำดับ [7] จากประโยชน์ของสารพฤกษเคมีเหล่านี้ที่มีอยู่ในข้าวหอมนิลจึงทำให้นักวิจัยมีความสนใจในการนำข้าวมีสีชนิดนี้มาแปรรูป และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมนิล [21] และผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิล [22] เป็นต้น

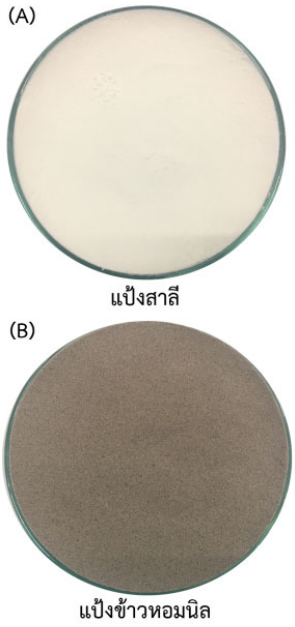
หมั่นโถว (Steamed Stuffed Bun หรือ Mantou) เป็นผลิตภัณฑ์ขนมนึ่งที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างสูงในการรับประทานเป็นอาหารหลักหรือรับประทานเป็นอาหารว่าง ทั้งนี้สามารถรับประทานได้ทุกเพศทุกวัย ทุกโอกาส ไม่ว่าจะเป็นเวลาและสถานที่ใดเหมาะกับสถานการณ์ปัจจุบันที่ผู้บริโภคมีความเร่งรีบในการทำงาน ต้องการความสะดวกสบาย และต้องการอาหารพร้อมรับประทานเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหมั่นโถวเป็นอาหารว่างที่มีต้นกำเนิดมาจากประเทศจีน มีลักษณะเนื้อนุ่มละเอียดที่เกิดจากกระบวนการหมักระหว่างแป้งสาลี น้ำและยีสต์ โดยยีสต์จะทำหน้าที่ช่วยให้ก้อนแป้งขึ้นฟู โดยการใช้น้ำตาลชนิดต่าง ๆ ที่ได้จากการย่อยแป้งและน้ำตาลที่เติมลงไป ได้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และแอลกอฮอล์ ส่งผลให้แป้งโด (Dough) มีสภาพเป็นกรดอ่อน และกลูเตนเกิดการอ่อนตัว มีลักษณะยืดหยุ่น มีรูอากาศ และมีกลิ่นเฉพาะตัว เนื่องจากผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีวัตถุดิบหลักที่สำคัญ คือ แป้งสาลีซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการน้อยที่ประกอบด้วยไขมัน (ร้อยละ 2.3) เถ้า (ร้อยละ 1.03) และใยอาหาร (ร้อยละ 0.59) รวมทั้งมีสารประกอบฟีนอลิกเพียง 8.23 mg GAE/100g เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวหอมนิล [23] จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สารพฤกษเคมี และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันให้กับผลิตภัณฑ์หมั่นโถวด้วยการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิล

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ABTS ของแป้งข้าวหอมนิล รวมทั้งศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งสาลี และแป้งข้าวหอมนิลที่เหมาะสมต่อลักษณะของสี เนื้อสัมผัส ปริมาณสารพฤกษเคมี ฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน และการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ และต่อยอดในการผลิตซาลาเปาจากแป้งข้าวหอมนิลในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต และเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.2 การเตรียม การวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของแป้งข้าวหอมนิล

นำข้าวหอมนิลที่ซื้อมาจากร้านอยุธยาพาวิเลียน ตราทิพ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งการเตรียมแป้งข้าวหอมนิล (Hom Nil Rice Flour) ดัดแปลงจากของ [24] ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (Hot Air Oven Drying) คัดเลือกสิ่งสกปรกออก และใส่ในถาด ๆ ละ 300 กรัม หลังจากนั้นนำไปให้อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด (Hammer Mill) เมื่อบดเสร็จแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อนที่ความละเอียด 100 Mesh และเก็บแป้งข้าวหอมนิลไว้ในถุงลามิเนทกันความชื้นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองนี้ต่อไป (รูปที่ 1) หลังจากนั้นนำแป้งข้าวหอมนิลไปวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Content) สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total Anthocyanin Content) และฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging Ability (DPPH) วิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) และวิธี ABTS Radical Cation Inhibition Antioxidant (ABTS) โดยทำการเปรียบเทียบกับแป้งสาลี (Wheat Flour)



รูปที่ 1 (A) แป้งสาลี และ (B) แป้งข้าวหอมนิล

2.3 การศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่เหมาะสมต่อลักษณะทางเคมีกายภาพ และประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว

ทำการศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์หมั่นโถว จำนวน 4 สูตร ได้แก่ ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด โดยส่วนผสมแสดงดังตารางที่ 1 กรรมวิธีการผลิตหมั่นโถวด้วยวิธีสปันจ์-โดดัดแปลงวิธีการ [25] มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ **ขั้นตอนที่ 1** เป็นขั้นตอนของการเตรียมส่วนของสปันจ์ เริ่มต้นด้วยการผสมแป้งตามอัตราส่วนในข้อ 2.1 (นำมาร้อยละ 70) กับยีสต์ (8 กรัม) ด้วยเครื่องผสมแบบสองแขน ในขณะผสมมีการเติมน้ำเย็น (165 กรัม) และนวดตีส่วนผสมนาน 10 นาที หลังจากนั้นพักก้อน สปันจ์ไว้ในตู้หมักแป้งที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ

70 นาน 2 ชั่วโมง **ขั้นตอนที่ 2** เป็นขั้นตอนของการเตรียมโด เริ่มต้นจากการร่อนแป้ง (อีกร้อยละ 30) นมผง (20 กรัม) และผงฟู (5 กรัม) ให้เข้ากัน และนำน้ำตาลทราย (100 กรัม) เกลือ (3 กรัม) และน้ำเย็น (60 กรัม) มาผสมและคนให้ละลายเข้ากัน ใส่แป้งโดที่เตรียมไว้ในเครื่องนวดสองแขน ค่อย ๆ เติมส่วนผสมของเหลว จากนั้นฉีกแป้งสปันจ์ใส่ในส่วนผสมโดโดยนวดจนเข้ากัน สุดท้ายเติมเนยขาวปริมาณ 30 กรัม นวดตีส่วนผสมจนก้อนโดเรียบเนียน หลังจากนั้นพักก้อนโดในตู้หมักแป้งที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 อีกเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นนำก้อนแป้งโดออกมาไล่อากาศ ตัดแบ่งเป็นก้อน ๆ ละ 30 กรัม คลึงให้กลมเรียบเนียน และนำไปใส่ในตู้หมักแป้งอีกครั้งภายใต้สภาวะเดียวกัน นาน 30 นาที (แป้งโดมีลักษณะขึ้นฟูเป็นสองเท่าจากเดิม) จากนั้นนำไปใส่ในลังถึง และนึ่งด้วยไอน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที [26]

ตารางที่ 1 ส่วนผสมและปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลในระดับที่แตกต่างกัน

ส่วนผสม (กรัม)	ปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิล (ร้อยละ)			
	0	10	20	30
สปันจ์				
แป้งสาลี	300	270	240	210
แป้งข้าวหอมนิล	0	30	60	90
น้ำเย็น	165	165	165	165
ผงยีสต์	3	3	3	3
โด				
แป้งสาลี	200	180	160	140
แป้งข้าวหอมนิล	0	20	40	60
นมผง	20	20	20	20
น้ำตาลทราย	25	25	25	25
เกลือ	3	3	3	3
น้ำเย็น	160	160	160	160
ชอตเทนนิ่ง	25	25	25	25

2.4 การวิเคราะห์ลักษณะสีและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิล

นำผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ถูกทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลใน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด มาวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี รุ่น Color Quest XE (Hunter Lab, USA) โดยค่าสีที่วัด ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) รวมทั้งวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ผลิตได้ด้วยเครื่องทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร (Food Texture Analyzer, Stable Micro Systems, UK) ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความสามารถเกาะรวมกัน (Cohesiveness) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness) วิธีการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis ใช้หัววัด Cylindrical Probe (P/100) ทำการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์หมั่นโถวนึ่งใหม่ หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที และนำตัวอย่างมาวางไว้กึ่งกลางของเครื่องวิเคราะห์ภายใต้สภาวะของการวัดมีดังต่อไปนี้ Pre-test และ Post-test Speed (4.00 mm/s), Test speed (4 mm/s), Trigger Force (5 N) และ Distance 10.0 mm [26] หลังจากนั้นเปรียบเทียบลักษณะดังกล่าวระหว่างผลิตภัณฑ์หมั่นโถวสูตรควบคุมกับสูตรที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่ร้อยละ 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด

2.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และแอนโทไซยานินทั้งหมดในผลิตภัณฑ์หมั่นโถว

นำผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด นำมาอบที่

อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบด และร่อนผ่านตะแกรงร่อนความละเอียด 100 mesh และเก็บตัวอย่างผงหมั่นโถวในถุงลามิเนทกันความชื้นที่ -20 องศาเซลเซียส การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างผงหมั่นโถวตามวิธีการของ [21] โดยชั่งตัวอย่างผงหมั่นโถวปริมาณ 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 (ปริมาตรต่อปริมาตร) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร (สำหรับวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด) ในขณะที่การเตรียมสารสกัดสำหรับการวิเคราะห์แอนโทไซยานินทั้งหมด นำตัวอย่างผงหมั่นโถวปริมาณ 5 กรัม มาสกัดด้วย Acidified Methanol (Methanol: 1 M HCl (85:15, ปริมาตรต่อปริมาตร)) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และนำตัวอย่างสารสกัดไปปั่นหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 7,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที [27] หลังจากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้มาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (PerkinElmer UV/VIS Spectrometer Lambda 25, USA) ตามวิธีการของ [27], [28] และคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (Gallic Acid Equivalent: GAE) ในรูปของมิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งหมั่นโถว [22] ในขณะที่สารแอนโทไซยานินคำนวนในรูปของมิลลิกรัมสมมูลย์ของไซยานิดิน 3 กลูโคไซด์ (Cyaniding-3-Glucoside Equivalent: CyGE) ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งหมั่นโถว (mg CyGE/100g) [27], [28] โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

2.6 การทดสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว

นำสารละลายที่สกัดได้จากข้อ 2.5 มาทดสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ABTS ตามวิธีการของ [28]-[30] และคำนวณหาฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันในรูปของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทร็อกซ์ (Trolox Equivalent, TE) ต่อ 100 กรัมน้ำหนักหมั่นโถว (mg TE/100g) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

2.7 การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว

นำผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด มาประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale โดยให้คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 9 (9 = ชอบมากที่สุด ถึง 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาในสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

2.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version (SPSS Inc., USA)

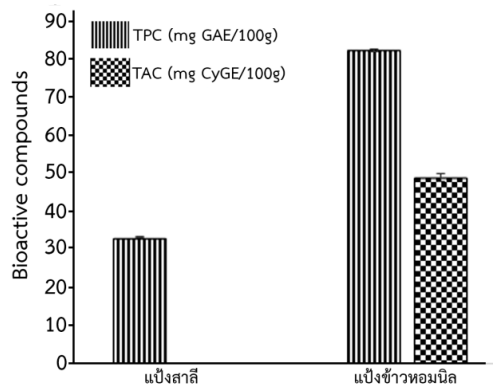
3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของแป้งข้าวหอมนิล

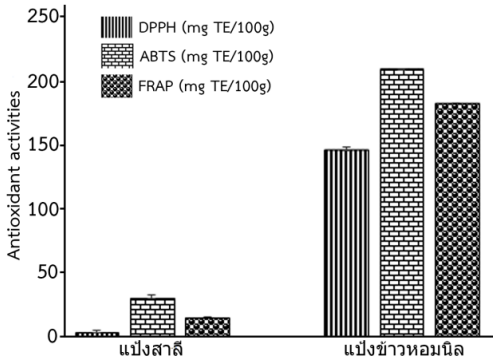
ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารแอนโทไซยานิน

ทั้งหมดในแป้งข้าวหอมนิลเปรียบเทียบกับแป้งสาลี แสดงดังรูปที่ 2 พบว่าแป้งข้าวหอมนิลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 82.49 mg GAE/100g และ 48.98 mg CyGE/100g ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าในแป้งสาลี (สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 33.23 mg GAE/100g และสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 0.00 mg CyGE/100g) (รูปที่ 2) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวหอมนิลมีปริมาณสารพฤกษเคมี (ทั้งสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารแอนโทไซยานินทั้งหมด) มากกว่าในแป้งสาลีถึง 2.48 และ 48.98 เท่า ตามลำดับ แตกต่างจากรายงานการวิจัยของ [7] พบว่าในแป้งข้าวหอมนิลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารแอนโทไซยานินเท่ากับ 588.28 mg GAE/100g และ 65.85 mg CyGE/100g ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแหล่งที่มาของข้าวหอมนิล แหล่งที่ปลูก และชนิดของพันธุ์ที่ต่างกัน [31] พบว่าข้าวสีม่วงดำ (ข้าวเหนียวลืมผัว ข้าวมะลินิลสุรินทร์ และข้าวไรซ์เบอรี่) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอยู่ในช่วง 7.92-11.55 µg/g สูงกว่าพันธุ์ข้าวสีแดง (ข้าวสินเหล็ก ข้าวทับทิมชุมแพ และข้าวมะลิโกเมนสุรินทร์) และสีขาว (พันธุ์ Fs Ro49, Fs Ro60, Fs Ro59 ดอกมะลิ 105 กข 21 และ กข 43) ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอยู่เพียง 2.37-8.90 µg/g [31]

ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของแป้งสาลีและแป้งข้าวหอมนิลเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ABTS แสดงดังรูปที่ 3 พบว่าแป้งข้าวหอมนิลมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันเท่ากับ 147.20, 209.72 และ 183.24 mg TE/100g ตามลำดับ ซึ่งมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันมากกว่าในแป้งสาลีที่มีค่าเท่ากับ 3.21, 30.83 และ 15.07 mg TE/100g ตามลำดับ (รูปที่ 3) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวหอมนิลมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ABTS สูงกว่าแป้งสาลีถึง 45.86, 6.80 และ 12.16 เท่า ตามลำดับ (รูปที่ 3)



รูปที่ 2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (TAC) ในแป้งสาลีและแป้งข้าวหอมนิล



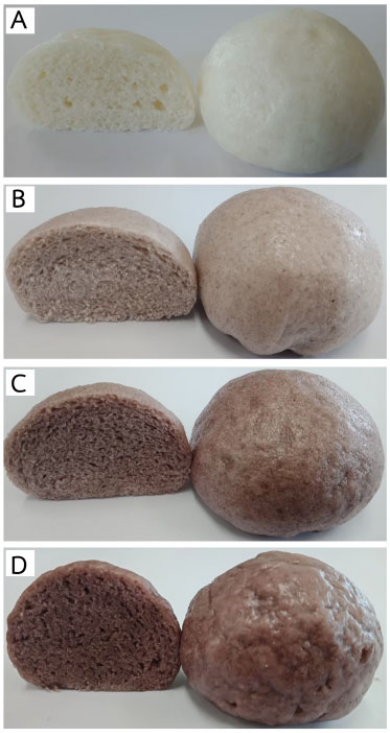
รูปที่ 3 ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ABTS ในแป้งสาลี และแป้งข้าวหอมนิล

เนื่องจากในแป้งข้าวหอมนิลประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดที่สำคัญ ซึ่ง Ferulic Acid มีปริมาณมากที่สุด รองลงมา คือ Protocatechuic Acid, *p*-Coumaric Acid, Vanillic Acid, Gallic Acid, Sinapic Acid, Chlorogenic Acid, Syringic Acid, และ Caffeic Acid และสารแอนโทไซยานิน ได้แก่ Cyanidin-3-glucoside, Pelargonidin และ Malvidin [7] ซึ่งสารเหล่านี้ที่มีอยู่ในแป้งข้าวหอมนิลจัดเป็นสารต้านออกซิเดชัน จากรายงานการวิจัยของ [31] ทำการศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวเหนียวลืมผัว ข้าวมะลินิลสุรินทร์ ข้าว

ไรซ์เบอรี่ ข้าวสินเหล็ก ข้าวทับทิมชุมแพ โกเมนสุรินทร์ พันธุ์ Fs Ro49, Fs Ro60, Fs Ro59 ดอกมะลิ 105 กข 21 และ กข 43 ด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่ากลุ่มข้าวสีม่วง-ดำ (ข้าวเหนียวลืมผัว ข้าวมะลินิลสุรินทร์ และข้าวไรซ์เบอรี่) มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันสูงกว่าพันธุ์ข้าวกลุ่มสีแดง และสีขาว เนื่องจากข้าวสีม่วงดำมีปริมาณสาร Ferulic Acid, Protocatechuic Acid, *p*-Coumaric Acid และ Vanillic Acid อยู่ในปริมาณสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ

3.2 ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่เหมาะสมต่อลักษณะสีและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว

ลักษณะสีของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด) แสดงดังตารางที่ 2 และรูปที่ 4 พบว่าการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีผลต่อค่า *L**, *a** และ *b** อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 100 มีค่า *L**, *a** และ *b** เท่ากับ 81.09, -0.53 และ 8.43 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นจากร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 30 ส่งผลให้ค่า *L** และ *b** ของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จาก 81.09 เป็น 45.46 และจาก 9.31 เป็น 8.43 (ตารางที่ 2) ในขณะที่ค่า *a** ซึ่งแสดงค่าความเป็นสีแดงของตัวอย่างผลิตภัณฑ์หมั่นโถว (ตารางที่ 2) พบว่าค่า *a** ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ถูกทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่า *a** เพิ่มขึ้นจาก -0.53 เป็น 5.22, 7.53 และ 9.64 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)



รูปที่ 4 ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่ระดับร้อยละ 0 (A), 10 (B), 20 (C) และ 30 (D) ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด

ตารางที่ 2 ค่าสีของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลในระดับที่แตกต่างกัน

ปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิล (ร้อยละ)	ค่าสีของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว		
	ค่าความสว่าง (*L**)	ค่าความเป็นสีแดง (*a**)	ค่าความเป็นสีเหลือง(*b**)
0	81.09±0.46a	0.53±0.03d	9.31±0.05a
10	66.47±0.53b	5.22±0.08c	8.82±0.03b
20	57.08±0.24c	7.53±0.16b	8.72±0.05b
30	45.46±0.79d	9.64±0.13a	8.43±0.08c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ด้วยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลมีลักษณะสีม่วง-แดงเพิ่มมากขึ้น (รูปที่ 4) เนื่องจากในแป้งข้าวหอมนิลมีรงควัตถุสีม่วง-แดงของสารกลุ่มแอนโทไซยานิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [7] พบว่าสารในกลุ่มแอนโทไซยานินที่มีปริมาณมากที่สุดในแป้งข้าวหอมนิล คือ Cyanidin-3-glucoside รองลงมาคือ Pelargonidin และ Malvidin ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ [32] ได้ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วแดงที่ประกอบด้วยสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง ม่วงหรือน้ำเงิน เมื่อนำไปวัดค่าสี พบว่าผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วแดงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 40 มีผลทำให้ค่า a^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จาก 0.27 เป็น 8.43 ในขณะที่ค่า L^* จาก 89.64 เป็น 67.30 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีสีแดงคล้ำ เช่นเดียวกับ [33] พบว่าการทดแทนด้วยแป้งมันม่วงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 40 มีผลทำให้ค่า a^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ค่า L^* และ b^* ลดลง ในขณะที่ [34] ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์หมั่นโถวด้วยการเสริมแป้งมันฝรั่ง พบว่าการเสริมแป้งมันฝรั่งในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 35 มีผลทำให้ค่า a^* และ b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จาก -1.07 เป็น 0.12 และเพิ่มขึ้นจาก 13.15 เป็น 15.87 จากสารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์ ในขณะที่ค่า L^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะเห็นว่าลักษณะสีของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวขึ้นอยู่กับรงควัตถุที่มีอยู่ในแป้ง และปริมาณการใช้

ตารางที่ 3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลในระดับที่แตกต่างกัน

ปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิล (ร้อยละ)	ค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว		
	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	ค่าความยืดหยุ่น (มิลลิเมตร)	ค่าความสามารถเกาะรวมกัน
0	2.52±0.18d	-11.14±0.07a	0.86±0.04a
10	4.54±0.07c	10.53±0.10b	0.78±0.03b
20	4.92±0.05b	9.54±0.07c	0.72±0.03c
30	5.14±0.06a	8.74±0.08d	0.63±0.02d

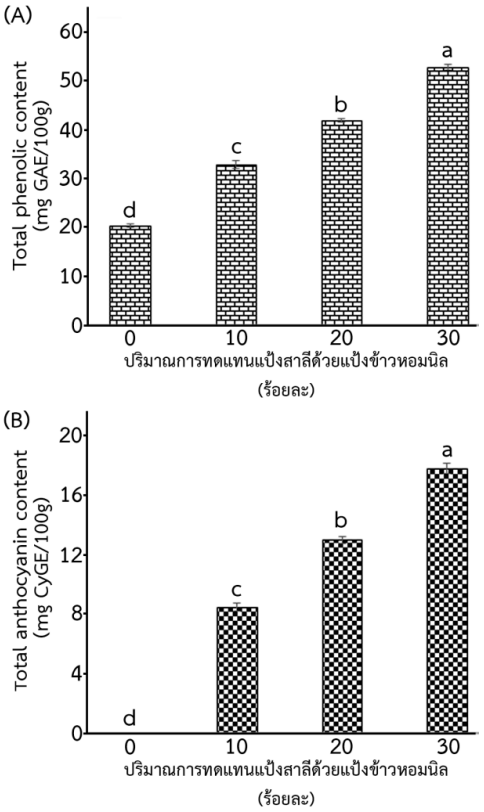
หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่ระดับร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมดต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นจาก 2.52 เป็น 5.14 นิวตัน ซึ่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์หมั่นโถวสูตรที่ถูกทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 30 มีค่าความแข็งสูงที่สุด เท่ากับ 5.14 นิวตัน (ตารางที่ 3) ในขณะที่ค่าความยืดหยุ่นและค่าความสามารถในการเกาะรวมกันของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จาก 11.14เป็น 8.74 มิลลิเมตร และจาก 0.86 เป็น 0.63 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) จากผลการทดลองแสดงเห็นได้ว่าการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิล

ที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีลักษณะแข็งเพิ่มขึ้น แต่ความยืดหยุ่นและความสามารถเกาะรวมกันลดลง เนื่องจากการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณโปรตีนกลูเตน (Gluten) ที่มีอยู่ในแป้งสาลีมีค่าลดลง (ถูกเจือจางลง) ดังนั้นผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ส่วนผสมของแป้งสาลีร้อยละ 100 (สูตรควบคุม) จึงมีความสามารถในการเกาะรวมกัน การกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการหมักโดยยีสต์หรือผงฟูได้ดีกว่า รวมทั้งมีความนุ่มและความยืดหยุ่นสูง ซึ่งลักษณะที่ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีความแข็งเพิ่มขึ้น เมื่อทดแทนแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ [33] พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันม่วง (ร้อยละ 5-50) แป้งมันฝรั่ง (ร้อยละ 0-35) [34] แป้งถั่วแดง (ร้อยละ 10-40) [32] รำข้าวโอ๊ต (ร้อยละ 5 ถึง 15) [35] การเสริมผงเมล็ดแฟลกซ์ (ร้อยละ 0-20) [36] และแป้งบัควีท (ร้อยละ 5-15) [37] ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว คือ มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ความยืดหยุ่นและการเกาะรวมตัวกันมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

3.3 ผลของการศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งข้าวสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่เหมาะสมต่อปริมาณสารพฤกษเคมีในผลิตภัณฑ์หมั่นโถว

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 5 พบว่าการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 30 มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารแอนโทไซยานินทั้งหมดในผลิตภัณฑ์หมั่นโถวเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (รูปที่ 5) โดยผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ถูกทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 20.41, 33.00, 42.00 และ 52.93 mg GAE/100g ตามลำดับ (รูปที่ 5A) และมีสารแอนโทไซยานินเท่ากับ 0.00, 8.49, 13.03 และ 17.81 mg CyGE/100g ตามลำดับ (รูปที่ 5B) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวหอมนิลเหล่านี้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้น 1.62 และ 1.62 เท่า ตามลำดับ (รูปที่ 5A และ 5B)

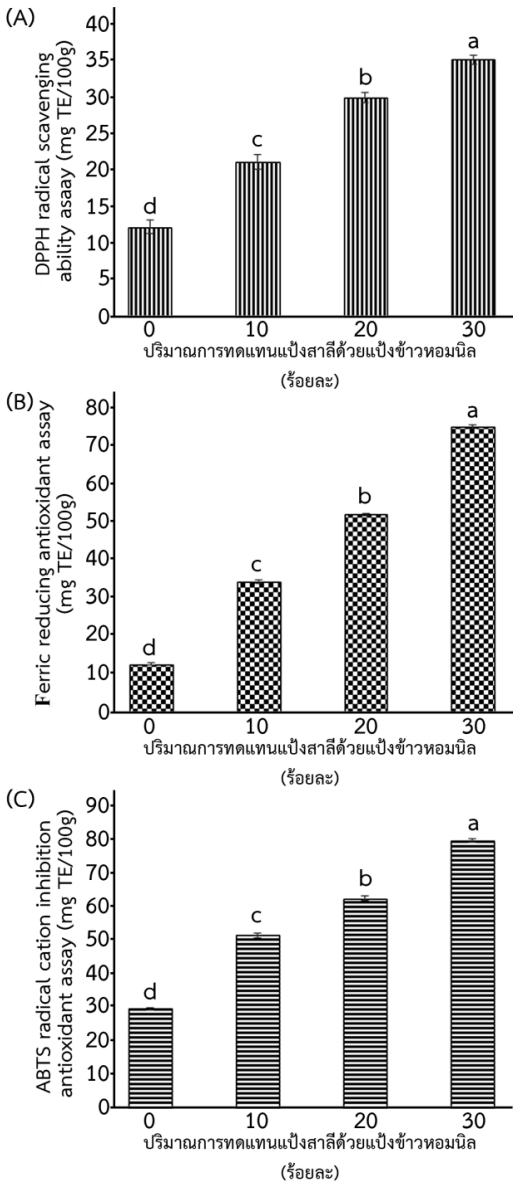


รูปที่ 5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (B) ในผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลในระดับที่แตกต่างกัน (หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันบนแท่งกราฟแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$))

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ปริมาณสารพฤกษเคมีเพิ่มขึ้น โดยสารพฤกษเคมีที่สำคัญที่พบมากในแป้งข้าวหอมนิล ได้แก่ protocatechuic acid, ferulic acid และ cyanidin-3-glucoside สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ [32] พบว่าผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วแดงร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 40 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเพิ่มขึ้นจาก 63.06 เป็น 127.67 mg GAE/100g

3.4 ผลของการศึกษาปริมาณของการทดแทนแป้งข้าวสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่เหมาะสมต่อฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว

ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ABTS ในผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด) แสดงดังรูปที่ 6 พบว่าการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 30 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) (รูปที่ 6) การทดสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH พบว่าผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจาก 12.23 เป็น 35.23 mg TE/100g (รูปที่ 6A) ส่วนการทดสอบด้วยวิธี FRAP เพิ่มขึ้นจาก 12.45 เป็น 75.36 mg TE/100g (รูปที่ 6B) ในขณะที่การทดสอบด้วยวิธี ABTS ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้นจาก 29.32 เป็น 79.76 mg TE/100g (รูปที่ 6C) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้น โดยผันแปรตามปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารแอนโทไซยานินทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์หมั่นโถว สอดคล้องกับ



รูปที่ 6 ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลในระดับที่แตกต่างกัน เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH (A), FRAP (B) และ ABTS (C) (หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันบนแท่งกราฟแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$))

รายงานของ [32] ทำการทดสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของหมั่นโถวทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วแดงด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ABTS พบว่าการทดแทนในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 40 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) โดยการทดสอบด้วยวิธี DPPH เพิ่มขึ้นจาก 80.31 เป็น 236.67 µM TE/100g การทดสอบด้วยวิธี ABTS เพิ่มขึ้นจาก 785.00 เป็น 1153.67 µM TE/100g และการทดสอบด้วยวิธี FRAP เพิ่มขึ้นจาก 396.04 เป็น 703.75 µM TE/100g

นอกจากนี้ [38] ได้ทำการทดสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวฟ่างแดงและแป้งข้าวฟ่างขาว (ร้อยละ 0 ถึง 30) ด้วยวิธี ABTS พบว่าผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวฟ่างแดง (ร้อยละ 30) มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันสูงกว่าหมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวฟ่างสีขาว ในขณะที่ [39] ได้ทำการศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS ในผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่เสริมผงชาเขียว พบว่าปริมาณการเสริมผงชาเขียวที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 4 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 4 การประเมินลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลในระดับที่แตกต่างกัน

ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส	ปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิล (ร้อยละ)			
	0	10	20	30
ลักษณะที่ปรากฏ	6.98±0.17c	7.28±0.11ab	8.02±0.20a	6.25±0.14d
สี	7.11±0.26c	7.48±0.34b	7.88±0.21a	6.08±0.35d
กลิ่น	6.91±0.45c	7.31±0.30b	8.08±0.36a	7.38±0.41d
รสชาติ	7.14±0.40c	7.54±0.51ab	7.88±0.15a	7.05±0.10cd
เนื้อสัมผัส	7.28±0.07c	7.88±0.35ab	8.00±0.21a	6.77±0.19d
ความชอบโดยรวม	7.28±0.45c	7.78±0.21ab	8.28±0.42a	6.91±0.25d

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์หมั่นโถวสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) ทั้งนี้ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 20 สูงกว่าผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ถูกทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 0, 10 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด และมีค่าคะแนนเฉลี่ยทางด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด และมีค่าคะแนนเท่ากับ 8.42, 7.88, 8.18, 7.98, 8.40 และ 8.28 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับความชอบปานกลางถึงชอบมาก เนื่องจากผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีเนื้อสีม่วงอ่อนเป็นที่พึงพอใจของผู้

ทดสอบมากกว่าผลิตภัณฑ์หมั่นโถวเนื้อสีขาว ในขณะที่ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 30 มีลักษณะเนื้อสีม่วงเข้มคล้ำมากเกินไป ลักษณะเนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็งกระด้าง รวมทั้งการขึ้นฟูต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ค่าสีและเนื้อสัมผัสที่ พบว่าการเพิ่มระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิล จะส่งผลถึงลักษณะของสีและเนื้อสัมผัส รวมทั้งจะส่งผลให้ค่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้านมีค่าคะแนนลดลง (ตารางที่ 4)

4. สรุป

ผลการศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ พบว่าปริมาณแป้งข้าวหอมนิลที่เหมาะสมสำหรับทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์หมั่นโถว คือ ร้อยละ 20 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด และผู้บริโภคให้การยอมรับในระดับความชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยลักษณะของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ได้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความยืดหยุ่นและค่าความสามารถในการเกาะรวมกันลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) ค่าสีของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีความสว่างลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดงมีค่าเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีสีม่วงแดงเพิ่มขึ้น และเมื่อนำผลิตภัณฑ์หมั่นโถวไปวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารแอนโทไซยานินทั้งหมด รวมทั้งมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันสูงกว่าหมั่นโถวสูตรควบคุม

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ประจำปีงบประมาณ 2560 และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาที่ได้อนุเคราะห์เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการดำเนินการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Y. Shao, Z. Hu, Y, Yu, R. Mou, Z. Zhu and T. Beta, “Phenolic acids, anthocyanins, proanthocyanidins, antioxidant activity, minerals and their correlations in non-pigmented, red, and black rice,” *Food Chemistrys*, vol. 239, pp. 733-741, Jun. 2018.

[2] S. Kraithong, S. Lee and S. Rawdkuen, “Physicochemical and functional properties of Thai organic rice flour,” *Journal of Cereal Science*, vol. 79, pp. 259-266, Jun. 2018.

[3] N. Tangsrianugul, R. Wongsagonsup and M. Suphantharika, “Physicochemical and rheological properties of flour and starch from Thai pigmented rice cultivars,” *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 137, pp. 666-675, Jun. 2019.

[4] G. Pereira-Caro, G. Cros, T. Yokota and A. Crozier, “Phytochemical profiles of black, red, brown, and white rice from the Camargue region of France,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 61, pp. 7976-7986, Aug. 2013.

[5] D.K. Verma and P.P. Srivastav, “Bioactive compounds of rice (Oryza sativa L.): Review on paradigm and its potential benefit in human health,” *Trends in Food*

Science & Technology, vol. 97, pp. 355-365, Jan. 2020.

[6] V. Melini, G. Panfili, A. Fratianni and R. Acquistucci, "Bioactive compounds in rice on Italian market: pigmented varieties as a source of carotenoids, total phenolic compounds and anthocyanins, before and after cooking," *Food Chemistry*, vol. 277, pp. 119-127, Oct. 2019.

[7] J. Ratseewo, N. Meeso and S. Siriamornpun, "Changes in amino acids and bioactive compounds of pigmented rice as affected by far-infrared radiation and hot air drying," Food Chemistry, vol. 306, pp. 125644, Oct. 2020.

[8] E.A. Hudson, P.A. Dinh, T. Kokubun, M.S.J. Simmonds and A. Gescher, "Characterization of potentially chemopreventive phenols in extracts of brown rice that inhibit the growth of human breast and colon cancer cells," *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, vol. 9, no. 11, pp. 1163-1170, Nov. 2000.

[9] K. Pintha, S. Yodkeeree and P. Limtrakul, "Proanthocyanidin in red rice inhibits MDA-MB-231 breast cancer cell invasion via the expression control of invasive proteins," Biological & Pharmaceutical Bulletin, vol. 38, no. 4, pp. 571-581, Jan. 2015

[10] G.M. Forster, K. Raina, A. Kumar, S. Kumar, R. Agarwal, M.H. Chen, J.E. Bauer, A.M. McClung and E.P. Ryan, "Rice varietal differences in bioactive bran components for inhibition of colorectal cancer cell growth," *Food Chemistry*, vol. 141, pp. 1545–1552, Nov. 2013.

[11] R.D. Verschoyle, P. Greaves, H. Cai, R.E. Edwards, W.P. Steward and A.J. Gescher, "Evaluation of the cancer chemopreventive efficacy of rice bran in genetic mouse models of breast, prostate and intestinal carcinogenesis," *British Journal of Cancer*, vol. 96, pp. 248-254, Jan. 2007.

[12] M.E. Norhaizan, S.K. Ng, M.S. Norashareena and M.A. Abdah, "Antioxidant and cytotoxicity effect of rice bran phytic acid as an anticancer agent on ovarian, breast and liver cancer cell lines," *Malaysian Journal of Nutrition*, vol. 17, pp. 367-375, Dec. 2011.

[13] P.Tantipaiboonwong, K. Pintha, W. Chaiwangyen, T. Chewonarin, K. Pangjit, O. Chumphukam, N. Kangwan and M. Suttajit, "Anti-hyperglycaemic and anti-hyperlipidaemic effects of black and red rice in streptozotocin-induced diabetic rats," *ScienceAsia*, vol. 43, pp. 281-288, Sep. 2017.

[14] E.E. Hlaing, P. Piamrojanaphat, N. Lailerd, N. Phaonakrop and S. Roytrakul, "Anti-diabetic activity and metabolic changes in purple rice bran supplement type 2 diabetic rats by proteomics," *International Journal of Pharmacognosy*

and Phytochemical Research, vol. 9, no. 3, pp. 428-436, Mar. 2017.

[15] S.M. Boue, K.W. Daigle, M.H. Chen, H. Cao and M.L. Heiman, "Antidiabetic potential of purple and red rice (*Oryza sativa* L.) bran extracts," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 64, pp. 5345-5353, Jun. 2016.

[16] Y. Niu, B. Gao, M. Slavin, X. Zhang, F. Yang, J. Bao, H. Shi, Z. Xie and L.L. Yu, "Phytochemical compositions, and antioxidant and anti-inflammatory properties of twenty-two red rice samples grown in Zhejiang," *LWT-Food Science and Technology*, vol. 54, pp. 521-527, Dec. 2013.

[17] T. Kitisin, N. Saewan and N. Luplertlop, "Potential anti-inflammatory and antioxidative properties of Thai colored-rice extracts," *Plant Omics*, vol. 8, no. 1, pp. 69-77, Jan. 2015.

[18] P. Limtrakul, S. Yodkeeree, P. Pitchakarn and W. Punfa, "Anti-inflammatory effects of proanthocyanidin-rich red rice extract via suppression of MAPK, AP-1 and NF-κB pathways in raw 264.7 macrophages," *Nutrition Research and Practice*, vol. 10 no. 3, pp. 251-258, Jun. 2016.

[19] Y.P. Huang and H.M. Lai, "Bioactive compounds and antioxidative activity of colored rice bran," *Journal of Food and Drug Analysis*, vol. 24, pp. 564-574, Mar. 2016.

[20] F.M. Bhat and C.S. Riar, "Characterizing the pigmented traditional rice cultivars grown in temperate regions of Kashmir (India) for free and bound phenolics compounds and in vitro antioxidant properties," *Journal of Cereal Science*, vol. 76, pp. 253-262, Jul. 2017.

[21] J. Tirasarot and C. Thanomwong, "Production of healthy beverage from "Homnil" rice," *KKU Science Journal*, vol. 43, pp. 395-402, Jul.-Sep. 2015.

[22] A. Rodmui and O. Jitwaropas, "Production of cookies using wheat flour partial substituted with Hom nin rice flour," *Journal of Food Technology, Siam University*, vol. 3, no. 1, pp. 37-42, Jun. 2006-May. 2007.

[23] M. Kaur, V. Singh and R. Kaur, "Effect of partial replacement of wheat flour with vary levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies," *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, vol. 9 , pp 14-20, Dec. 2017.

[24] N. Onanong, *Rice : Science and Technology,* 3rd ed. Bangkok: Kasetsart University Press, 2013.

[25] C. Jitana and N. Onanong , *Basic Baking Science and Technology*, 11st ed. Bangkok: Kasetsart University Press, 2011.

[26] K. supichaya, "Effect of partial replacement of wheat flour with purple sweet potato flour on physicochemical properties and antioxidant activities of

steamed bun (Mantou)," *Thai Journal of Burapha Science*, vol. 25, no. 2, pp. 664-679, May-Aug. 2020.

[27] Y. Shao, F. Xu, X. Sun, J. Bao and T. Beta, "Identification and quantification of phenolic acids and anthocyanins as antioxidants in bran, embryo and endosperm of white, red and black rice kernels (*Oryza sativa* L.)," *Journal of Cereal Science*, vol. 59, pp. 211-218, Mar. 2014.

[28] J. Kubola, S. Siriamornpun and N. Meeso, "Phytochemical, vitamin C and sugar content of Thai fruits," *Food Chemistry*, vol. 126, pp. 972-981, Jun. 2011.

[29] T. Belwal, P. Dhyani, I.D Bhatt, R.S. Rawal and V. Pande, "Optimization extraction conditions for improving phenolic content and antioxidant activity in *Berberis asiatica* fruits using response surface methodology (RSM)," *Food Chemistry*, vol. 207, pp. 115-124, Sep. 2016.

[30] Q.H. Gao, P.T. Wu, J.R. Liu, C.S. Wu, J.W. Parry and M. Wang, "Physico-chemical properties and antioxidant capacity of different jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) cultivars grown in loess plateau of China," *Scientia Horticulturae*, vol. 130, pp. 67-72. Aug. 2011.

[31] V. Jansom, C. Jansom and N. Lerdvuthisopon, "The Relationship between Color Values in Rice to Phenolic Acids, Flavonoids, and Antioxidants," *Journal of the Medical Association of Thai*. vol. 103, pp. 80-86, Mar. 2020.

[32] H. Wiangwalai and K. Phuworg, "Effect of red bean flour substituted for wheat flour on physicochemical properties and free radical scavenging activities in steamed bun," *Thai Journal of Science and Technology,* vol. 7, no. 5, pp. 534-543, Aug. 2018.

[33] T. Zhang, F. Zhang, Y. Cao, H. Zhang, Z. Yang and H. Li, "Effect of whole purple potato flour on dough properties and quality of steamed bread," *Journal of Food Research*, vol. 8, no. 4, pp. 122-130, Jul. 2019.

[34] L. Xing-li, M. Tai-hua, S. Hong-nan, Z. Miao and C. Jing-wang, "Influence of potato flour on dough rheological properties and quality of steamed bread," *Journal of Integrative Agriculture,* vol. 15, no. 11, pp. 2666–2676, Mar. 2016.

[35] L. Wenjun, B. Margaret, S. Luca and B. Charles, "The Effect of Oat Bran on the Dough Rheology and Quality of Chinese Steamed Bread," *Grain & Oil Science and Technology*. vol. 1, no. 3, pp. 126-130, Sep. 2018.

[36] F. Zhu and J. Li, "Physicochemical properties of steamed bread fortified with ground linseed (*Linum usitatissimum*," *International Journal of Food Science and Technology*. vol. 54, pp. 1670–1676, Nov. 2019.

[37] W. Liu, M. Brennan, L. Serventi and C. Brennan, "Buckwheat flour inclusion in Chinese steamed bread: potential reduction in glycemic response and effects on dough quality, "*European Food Research and Technology*, vol. 243, pp. 727–734, Sep. 2017.

[38] G. Wu, Y. Shen, Y. Qi, H. Zhang, L. Wang, H. Qian, X. Qia, Yan Li and S. K. Johnson, "Improvement of in *vitro* and cellular antioxidant properties of Chinese steamed bread through sorghum addition," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 91, pp. 77-83, Jan. 2018.

[39] J. Ning, G. G. Hou, J. Sun, Z. Zhang and X. Wan, "Effects of green tea powder on the quality attributes of hard red winter wheat flour and Chinese steamed bread," *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 54, pp. 576-582, Oct. 2019.