บทความวิจัย

การพัฒนาขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาล

สุคนธา สุคนธ์ธารา*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกและลดน้ำตาลโดยใช้สารให้ความหวานมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลส ผลการทดลองพบว่าเมื่อปริมาณข้าวไรซ์เบอรี่งอกเพิ่มขึ้นทำให้ขนมหม้อแกงมีสีม่วงเข้มขึ้น และเมื่อใช้มอลทิทอลร่วมกับซูคราโลสทดแทนน้ำตาลโตนดในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ผิวหน้าของขนมหม้อแกงมีสีอ่อนลง และความชอบโดยรวมลดลง จึงคัดเลือกสูตรที่ได้รับความชอบสูงสุดคือขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกร้อยละ 6 และทดแทนน้ำตาลโตนดด้วยมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลสร้อยละ 50 ไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลมีโปรตีนร้อยละ 6.07 ไขมันร้อยละ 13.02 เถ้าร้อยละ 0.55 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 29.87 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS เท่ากับ 40.61 mg VCE/mg extract และ 67.23 mg TE/mg extract ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลิกรวมมีค่าเท่ากับ 131.33 mg GE/mg extract และสาร GABA มีค่าเท่ากับ 1.18 mg GABA/100 g sample เมื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้ผู้ทดสอบในจังหวัดเพชรบุรีจำนวน 120 ท่าน พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมของขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลอยู่ในระดับชอบมากที่สุด มีการยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 99.2 และตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 97.5

คำสำคัญ: ขนมหม้อแกง, ข้าวไรซ์เบอรี่งอก, มอลทิทอล, ซูคราโลส

สาขาวิชาอาหารและโภชนาการประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, e-mail: sukontara@yahoo.com

Development of Germinated Riceberry Thai Egg Custard with Reduced Sugar

Sukhontha Sukhonthara*

ABSTRACT

The objective of this study was to develop germinated riceberry Thai egg custard recipe with sugar reduction using sugar substitutes of maltital and sucralose. The results showed that Thai egg custard at various levels of germinated riceberry provided darker color, and increase in substitution of maltital and sucralose instead of sugar resulted in decreasing crust color and overall liking score. Thai egg custard at 6% germinated riceberry and 50% maltital and sucralose was the most preferred and chosen to be the final product. Proximate analysis of germinated riceberry Thai egg custard with reduced sugars was as followings: protein 6.07%, fat 13.02%, ash 0.55% and carbohydrate 29.87%. The antioxidant activities by DPPH and ABTS assay were 40.61 mg VCE/mg extract and 67.23 mg TE/mg extract, respectively. Total phenolic compound was 131.33 mg GE/mg extract and GABA content was 1.18 mg GABA/100 g sample. Consumer tests were conducted by 120 consumers in Phetchaburi province and the data showed that the overall liking score of germinated riceberry Thai egg custard with reduced sugar was within the range of like highly, 99.2% of testing consumer accepted, and 97.5% would buy this product.

Keywords: Thai egg custard, germinated riceberry, maltitol, sucralose

Division of Applied Food and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi, Thailand

*Corresponding author, email: sukontara@yahoo.com

บทนำ

ขนมหม้อแกงเป็นขนมหวานที่ได้รับความนิยมตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน เป็นขนมที่มีชื่อเสียงของจังหวัดเพชรบุรีที่แสดงถึงวัฒนธรรมของชุมชน และสะท้อนความเป็นอยู่ของชาวบ้านในท้องถิ่น ลักษณะที่ดีของขนมหม้อแกงคือหน้าขนมต้องเรียบเสมอกัน มีกลิ่นหอมของน้ำตาลโตนด ไม่มีกลิ่นคาว เนื้อเนียนเรียบ มีสีน้ำตาลปานกลางไม่อ่อนหรือเข้มเกินไป เมื่อตัดขนมต้องไม่เห็นขนมเป็นชั้น [1] ส่วนประกอบหลักของขนมหม้อแกงคือ ไข่เป็ด น้ำตาลโตนด และกะทิ [2] ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ขนมหม้อแกงเป็นอาหารที่ให้น้ำตาล และพลังงานสูงซึ่งเป็นผลเสียต่อสุขภาพโดยเฉพาะผู้ที่เผชิญปัญหาโรคอ้วน หรือโรคฟันผุที่เกิดจากสารอาหารกลุ่มคาร์โบไฮเดรต [3]

ข้าวไรซ์เบอรี่เป็นข้าวได้มาจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลักษณะเป็นข้าวเจ้ากล้องสีม่วงเข้ม มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง และมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ-ปานกลาง ซึ่งจะช่วยในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และมีคุณสมบัติที่ดีในการต้านเบาหวาน [4] การทำข้าวกล้องงอกเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของข้าว โดยพบว่ามีสารชีวกิจกรรมเพิ่มขึ้น เช่น สาร GABA (γ-aminobutyric acid) สารประกอบฟีนอลิกรวม (total phenolic compound) ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) และสารต้านอนุมูลอิสระ [5-6] มีรายงานว่าข้าวไรซ์เบอรี่งอกมีปริมาณฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิกรวม ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging capacity สูงกว่าข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอก และข้าวกล้องหอมมะลิพันธุ์ 105 งอก [7] นอกจากนี้ข้าวไรซ์เบอรี่งอกจากตำบลไร่มะขามจังหวัดเพชรบุรียังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สาร GABA และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS สูงกว่าข้าวไรซ์เบอรี่งอกที่มาจากแหล่งเพาะปลูกอื่นๆ ในจังหวัดเพชรบุรี [8]

มอลทิทอล (maltitol) เป็นสารให้ความหวานพลังงานต่ำโดยให้พลังงาน 2.1-2.4 kcal/g ขณะที่น้ำตาลซูโครสให้พลังงาน 4 kcal/g ไม่ทำให้เกิดระดับกลูโคสในเลือดสูงขึ้นในผู้ป่วยเบาหวาน เพิ่มมวลและความหนืดในอาหาร และไม่ก่อให้เกิดโรคฟันผุ [9-10] เนื่องจากมอลทิทอลมีความหวานประมาณร้อยละ 85-95 เมื่อเปรียบเทียบกับความหวานของน้ำตาล จึงใช้ร่วมกับสารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการหรือสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานแต่มีความหวานสูงเพื่อปรับความหวานให้เทียบเท่าน้ำตาล ซูคราโลส (sucralose) เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน มีความหวานเป็น 600 เท่าของน้ำตาลทราย มีรสชาติดีคล้ายน้ำตาล และสามารถทนความร้อนสูงในการแปรรูปอาหารได้ [11] งานวิจัยที่ผ่านมามีการใช้มอลทิทอลร่วมกับซูคราโลสเพื่อทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ได้แก่ คุกกี้ [12] อาลัวและฝอยทอง [13] และบิสกิต [14] ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาดูแลสุขภาพ และใส่ใจในเรื่องอาหารมากขึ้น จึงส่งผลให้ตลาดอาหารเพื่อสุขภาพขยายตัวเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีน้ำตาลและค่าพลังงานต่ำจึงได้รับความสนใจมากขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพัฒนาขนมหม้อแกงที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคคนไทยให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น และน้ำตาลลดลง โดยเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอก และทดแทนน้ำตาลโตนดด้วยสารให้ความหวานมอลทิทอลที่ปรับความหวานให้คงเดิมด้วยซูคราโลสให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขนมไทยที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีทดลอง

1. การเตรียมข้าวไรซ์เบอรี่งอก

ข้าวไรซ์เบอรี่ที่ปลูกในจังหวัดเพชรบุรีที่มีอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวน้อยกว่า 6 เดือน นำมาแช่ในน้ำประปาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปบ่มให้งอกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามวิธีของ Karladee and Suriyong [6] แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12-18 ชั่วโมง ให้ได้ความชื้นร้อยละ 14 นำข้าวไรซ์เบอรี่งอกที่ได้มาบรรจุในถุงพลาสติก และเก็บที่ไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส สำหรับการเตรียมข้าวไรซ์เบอรี่งอกหุงสุกทำได้โดยใช้อัตราส่วนของข้าว : น้ำ เป็น 1 : 3 โดยน้ำหนัก นำไปแช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมงเพื่อให้ข้าวสุกเร็วขึ้น ก่อนหุงด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ดัดแปลงจากวิธีของ Han and Lim [15]

2. การศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาล

2.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมหม้อแกง

การทดลองหาสูตรพื้นฐานของขนมหม้อแกง โดยทดลองสูตรขนมหม้อแกงจำนวน 3 สูตร (สูตรที่ 1 ดัดแปลงจากอภิญญา [17] สูตรที่ 2 ดัดแปลงจากสมคิด [18] และสูตรที่ 3 ดัดแปลงจากสุคนธา และคณะ [19]) โดยมีส่วนผสมดังตารางที่ 1 นำส่วนผสมของไข่เป็ดและน้ำตาลโตนดขยำกับใบเตยในอ่างผสม จากนั้นใส่ส่วนผสมที่เหลือลงไป คนผสมให้เข้ากัน นำไปกรองแล้วเทลงในพิมพ์ จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสคะแนนด้านความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธีการให้ความชอบ (5-point hedonic scale) โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน และเป็นนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีจำนวน 30 คน คัดเลือกสูตรที่ได้รับความชอบสูงสุด 1 สูตร เพื่อนำไปศึกษาในขั้นต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของขนมหม้อแกงในการคัดเลือกสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ไข่เป็ด	440	387	400
กะทิ	375	285	305
น้ำตาลโตนด	200	215	290
แป้งข้าวเจ้า	7	-	-

2.2 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของข้าวไรซ์เบอรี่งอกในขนมหม้อแกง

นำขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐานที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุดจากข้อ 2.1 มาเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกหุงสุกที่ระดับร้อยละ 0, 1.5, 3, 6 และ 9 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด โดยนำข้าวไรซ์เบอรี่งอกหุงสุกลงไปผสมในส่วนผสมก่อนนำไปอบ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามข้อ 2.1 ทำการเลือกสูตรที่ได้รับความชอบสูงสุดสำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป

2.3 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลสในขนมหม้อแกง

นำขนมหม้อแกงที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุดจากข้อ 2.2 มาทดลองใช้มอลทิทอลร่วมกับซูคราโลสในปริมาณเล็กน้อยเพื่อปรับให้ความหวานเทียบเท่ากับน้ำตาล (โดยคำนวณจาก relative sweetness ของซูโครส และซูคราโลส) [13] ทดแทนน้ำตาลโตนดที่ระดับร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ของน้ำหนักน้ำตาลโตนด ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามข้อ 2.1 ทำการเลือกสูตรที่ได้รับความชอบสูงสุดสำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป

2.4 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพได้แก่ ค่าสี (L^*, a^*, b^*) ด้วยเครื่องวัดสี (Konica Minolta Color Reader รุ่น CR 10, Japan) ของผิวหน้าและเนื้อในขนมหม้อแกง วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้นตามวิธี loss on drying ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส [20] โปรตีนตามวิธี Kjeldahl method [20] ไขมันตามวิธี Soxhlet extraction method [20] เถ้าตามวิธี dry ash method [20] และคาร์โบไฮเดรตโดยการคำนวณ (by difference; include crude fiber) [21] คำนวณค่าพลังงานจากปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต (พลังงานจากโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต 1 กรัม = 4 kcal พลังงานจากไขมัน 1 กรัม = 9 kcal) วิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay โดยใช้วิตามินซีเป็นสารมาตรฐาน แสดงในรูปมิลลิกรัมสมมูลของวิตามินซี/มิลลิกรัมของสารสกัด (mg VCE/mg extract) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS radical scavenging assay โดยใช้โทรลอกซ์เป็นสารมาตรฐาน แสดงในรูปมิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/มิลลิกรัมของสารสกัด (mg TE/mg extract) ตามวิธีของ Thaipong และคณะ [21] ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมโดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน แสดงในรูปมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/มิลลิกรัมของสารสกัด (mg GAE/mg extract) ตามวิธีของ Thaipong และคณะ [21] และปริมาณสาร GABA โดยใช้สาร GABA เป็นสารมาตรฐาน แสดงในรูปมิลลิกรัมของ GABA/100 กรัมของตัวอย่าง (mg GABA/100 g sample) ตามวิธีของ Karladee และ Suriyong [6]

3. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

นำขนมหม้อแกงที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดจากข้อ 2.3 มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคซึ่งเป็นบุคคลทั่วไปในจังหวัดเพชรบุรีโดยการสุ่มแบบบังเอิญ จำนวน 120 คน ด้วยวิธีการให้ความชอบ (5-point hedonic scale)

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) สำหรับการทดสอบทางกายภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพ และแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาล

1.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมหม้อแกง

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 2) พบว่าทั้ง 3 สูตร ได้รับระดับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.6-4.4 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับชอบมากในด้านสี และเนื้อสัมผัส ทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในด้านกลิ่น สูตรที่ 3 และสูตรที่ 2 มีค่ามากกว่าสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในด้านรสชาติ สูตรที่ 3 ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 2 ($p > 0.05$) แต่มีค่ามากกว่าสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และในด้านความชอบโดยรวม สูตรที่ 3 ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสูตรที่ 3 มีผิวหน้าเรียบ เนื้อเนียน นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำตาลโตนดสูง ส่งผลให้ขนมหม้อแกงมีรสชาติหวานมัน มีความหอม และผู้ชิมให้การยอมรับมากกว่า จึงเลือกสูตรที่ 3 เป็นสูตรพื้นฐานในการทดลองต่อไป

1.2 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของข้าวไรซ์เบอรี่งอกในขนมหม้อแกง

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมหม้อแกงที่เสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอก 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 1.5, 3, 6 และ 9 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (ตารางที่ 3) พบว่าทั้ง 5 สูตร มีระดับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.8-4.5 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับชอบมาก และการเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกลงไปมีผลต่อ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยพบว่าเมื่อปริมาณข้าวไรซ์เบอรี่งอกเพิ่มขึ้นส่งผลให้คะแนนความชอบทางด้านสีลดลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากข้าวไรซ์เบอรี่งอกมีรงควัตถุของข้าวหรือแอนโธไซยานินที่มีสีม่วงซึ่งละลายในน้ำได้ดี [22] ส่งผลให้ขนมหม้อแกงมีสีม่วงเพิ่มขึ้น ในด้านกลิ่น สูตรเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกร้อยละ 0 ได้รับคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) การเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกในขนมหม้อแกงทำให้คะแนนความชอบทางด้านกลิ่นลดลง อาจเป็นผลมาจากข้าวไรซ์เบอรี่งอกมีกลิ่นที่เกิดจากการหมัก การเปลี่ยนแปลงเมแทบอลิซึมที่เกิดระหว่างการงอกและการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวเมล็ดข้าวกล้อง [23] ในด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส พบว่าปริมาณข้าวไรซ์เบอรี่งอกที่เพิ่มขึ้นทำให้ขนมหม้อแกงมีรสชาติจืดลง และทำให้ผิวหน้าและเนื้อในของขนมหม้อแกงมีความขรุขระ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุคนธา และคณะ [18] ซึ่งรายงานว่าขนมหม้อแกงที่มีส่วนผสมของข้าวไรซ์เบอรี่ และลูกเดือยทำให้ขนมหม้อแกงมีรสชาติจืดลง เนื่องจากข้าวไรซ์เบอรี่ และลูกเดือยมีรสชาติจืด และงานวิจัยของอภิญญา และคณะ [24] ซึ่งรายงานว่าปริมาณข้าวโพดหวานในขนมหม้อแกงเพิ่มขึ้นทำให้หน้าขนมไม่เรียบ เนื่องจากเมล็ดข้าวโพดลอยขึ้นด้านบนผิวหน้าของขนมหม้อแกง อย่างไรก็ตามขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกร้อยละ 6 มีคะแนนเฉลี่ยด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกสูตรขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกร้อยละ 6 ไปทำการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 2 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของขนมหม้อแกง

ลักษณะผลิตภัณฑ์	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี^{ns}	4.2 ± 0.9	4.1 ± 0.8	4.2 ± 0.8
กลิ่น	3.6 ± 0.8^{b}	4.1 ± 0.9^{a}	4.3 ± 0.8^{a}
รสชาติ	3.9 ± 0.8^{b}	4.1 ± 0.8^{ab}	4.3 ± 0.6^{a}
เนื้อสัมผัส^{ns}	4.0 ± 0.8	4.1 ± 0.8	4.3 ± 0.8
ความชอบโดยรวม	3.9 ± 0.7^{b}	4.1 ± 0.7^{b}	4.4 ± 0.6^{a}

หมายเหตุ a, b หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
ns หมายถึง ตัวเลขในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอก 5 ระดับ

ลักษณะผลิตภัณฑ์	ปริมาณข้าวไรซ์เบอรี่งอก (ร้อยละ)				
	0	1.5	3	6	9
สี	4.4 ± 0.8^{a}	4.2 ± 0.7^{ab}	3.9 ± 0.8^{bc}	4.1 ± 0.9^{abc}	3.8 ± 0.9^{c}
กลิ่น	4.5 ± 0.6^{a}	4.1 ± 0.7^{b}	4.0 ± 0.8^{b}	3.9 ± 0.8^{b}	3.9 ± 0.9^{b}
รสชาติ	4.2 ± 0.8^{ab}	4.2 ± 0.7^{ab}	4.3 ± 0.8^{a}	4.2 ± 0.7^{ab}	3.9 ± 1.0^{b}
เนื้อสัมผัส^{ns}	4.3 ± 0.6	4.1 ± 0.6	4.2 ± 0.7	4.3 ± 0.7	4.1 ± 0.9
ความชอบโดยรวม	4.5 ± 0.7^{a}	4.3 ± 0.7^{ab}	4.4 ± 0.7^{a}	4.3 ± 0.6^{ab}	4.1 ± 0.6^{b}

หมายเหตุ a, b, c หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
ns หมายถึง ตัวเลขในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

1.3 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลสในขนมหม้อแกง

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมหม้อแกงที่ทดแทนน้ำตาลโตนดด้วยมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลส 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ของน้ำหนักน้ำตาลโตนด (ตารางที่ 4) พบว่าทั้ง 5 สูตร มีระดับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.6-4.2 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับชอบมาก ในด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส พบว่าขนมหม้อแกงที่ทดแทนน้ำตาลโตนดด้วยมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลสร้อยละ 50 มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกับสูตรทดแทนร้อยละ 0 และ 25 ($p > 0.05$) แต่มีค่ามากกว่าสูตรทดแทนร้อยละ 75 และ 100 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และในด้านความชอบโดยรวม สูตรทดแทนร้อยละ 50 มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างจากสูตรทดแทน

ร้อยละ 0 ($p > 0.05$) เมื่อระดับมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลสในขนมหม้อแกงเพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนความชอบในทุกๆ ด้านลดลง โดยขนมหม้อแกงที่ทดแทนน้ำตาลโตนดด้วยมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลสในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผิวหน้าของขนมหม้อแกงมีสีอ่อนลง หน้าขนมไม่เกิดสีน้ำตาล ซึ่งเกิดจากมอลทิทอลเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Millard-type browning reactions) โดยปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar) กับกรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยา [25] ทำให้มีผลต่อคะแนนความชอบด้านสี นอกจากนี้น้ำตาลโตนดยังมีรสหวาน และกลิ่นหอมเฉพาะตัว [26] จึงทำให้มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น และรสชาติของขนมหม้อแกงอีกด้วย เนื่องจากสูตรทดแทนน้ำตาลโตนดด้วยมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลสร้อยละ 50 มีกลิ่นหอม รสชาติหวาน และหน้าขนมมีสีน้ำตาลใกล้เคียงกับสูตรทดแทนร้อยละ 0 ดังนั้นจึงเลือกสูตรทดแทนน้ำตาลโตนดด้วยมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลสร้อยละ 50 ไปทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

ตารางที่ 4 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านต่างๆ ของขนมหม้อแกงทดแทนน้ำตาลโตนดด้วยมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลส 5 ระดับ

ลักษณะผลิตภัณฑ์	ปริมาณมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลส (ร้อยละ)				
	0	25	50	75	100
สี	4.2 ± 0.8^{a}	4.0 ± 0.7^{ab}	3.9 ± 0.8^{ab}	3.7 ± 1.2^{b}	3.6 ± 1.1^{b}
กลิ่น	4.2 ± 0.8^{a}	4.0 ± 0.8^{ab}	3.9 ± 0.8^{ab}	3.8 ± 0.9^{b}	3.8 ± 0.9^{b}
รสชาติ	4.2 ± 0.8^{a}	4.0 ± 0.8^{ab}	4.1 ± 0.6^{ab}	3.8 ± 0.7^{b}	3.7 ± 0.7^{b}
เนื้อสัมผัส	4.1 ± 0.8^{a}	4.0 ± 0.7^{ab}	3.9 ± 0.8^{ab}	3.8 ± 0.9^{ab}	3.7 ± 0.7^{b}
ความชอบโดยรวม	4.1 ± 0.8^{a}	4.1 ± 0.9^{a}	4.0 ± 0.8^{a}	3.8 ± 1.0^{a}	3.7 ± 0.6^{b}

หมายเหตุ a, b หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2. คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาล

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลด้วยการเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกร้อยละ 6 และทดแทนน้ำตาลโตนดด้วยมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลสร้อยละ 50 เปรียบเทียบกับขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐาน ได้แก่ ค่าสี องค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางชีวภาพ (ตาราง 5) พบว่าในด้านค่าสี (ทั้งส่วนผิวหน้าและเนื้อใน) ขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ต่ำกว่า และค่าสีแดง (a^*) สูงกว่าขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐาน ทั้งนี้เพราะการเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกที่มีแอนโธไซยานินส่งผลให้ขนมหม้อแกงมีสีม่วงเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของนรินทร์ภพ และคณะ [27] ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของการเติมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในไอศกรีมไขมันต่ำ พบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่เพิ่มขึ้นทำให้ไอศกรีมมีสีม่วงเข้มขึ้น ส่งผลให้ค่า L^* ของไอศกรีมมีค่าลดลง ขณะที่ค่า a^* มีค่าเพิ่มขึ้น ในด้านองค์ประกอบทางเคมี ขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลมี

โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 50.49, 6.07, 13.02, 0.55 และ 29.87 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐาน ค่าพลังงานจากการคำนวณขนมหม้อแกงทั้ง 2 สูตรมีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากแหล่งคาร์โบไฮเดรตของขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลที่มีปริมาณน้ำตาลโตนด และมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลสในอัตราส่วนที่เท่ากันคือ 145 กรัม หรือร้อยละ 14.57 จะทำให้ขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลมีค่าพลังงานต่ำกว่าขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐานที่มีปริมาณน้ำตาลโตนด 290 กรัม หรือร้อยละ 29.14 ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาล 1 กรัม ให้พลังงาน 4 kcal ขณะที่มอลทิทอล 1 กรัม ให้พลังงาน 2.1-2.4 kcal [9] ส่วนซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน

ตารางที่ 5 ค่าสี องค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางชีวภาพของขนมหม้อแกงทั้ง 2 สูตร

การวิเคราะห์คุณภาพ	ขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐาน	ขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาล
ค่าสี (ผิวหน้า)		
L^*	45.90 ± 0.10^a	43.77 ± 0.25^b
a^*	4.27 ± 0.05^a	4.60 ± 0.17^b
b^*	16.03 ± 0.15^a	14.80 ± 0.36^b
ค่าสี (เนื้อใน)		
L^*	60.87 ± 0.86^a	54.03 ± 0.25^b
a^*	1.57 ± 0.12^b	2.27 ± 0.31^a
b^*	17.00 ± 0.10^a	13.37 ± 0.15^b
องค์ประกอบทางเคมี		
ความชื้น (%)	49.95	50.49
โปรตีน (%)	6.09	6.07
ไขมัน (%)	13.42	13.02
เถ้า (%)	0.54	0.55
คาร์โบไฮเดรต (%)	30.00	29.87
ฤทธิ์ทางชีวภาพ		
DPPH* scavenging activity (mg VCE/mg extract)	34.79 ± 1.51^b	40.61 ± 1.77^a
ABTS* scavenging activity (mg TE/mg extract)	40.75 ± 0.46^b	67.29 ± 0.92^a
Total phenolic compound (mg GE/mg extract)	114.33 ± 1.53^b	131.33 ± 1.15^a
GABA (mg GABA/100 g sample)	not detected	1.18 ± 0.05^a

หมายเหตุ a, b หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ในด้านฤทธิ์ทางชีวภาพพบว่าขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลมีค่า DPPH และ ABTS เท่ากับ 40.61 mg VCE/mg extract และ 67.23 mg TE/mg extract ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐานซึ่งมีค่า DPPH และ ABTS เท่ากับ 34.79 mg VCE/mg extract และ 40.75 mg TE/mg extract ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลิกรวมของขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลมีค่า 131.33 mg GE/mg extract ซึ่งมีค่ามากกว่าขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐาน (114.33 mg GE/mg extract) โดยทั่วไปแล้วข้าวมีสีจะประกอบด้วยรงควัตถุ (แอนโธไซยานิน) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่พบในข้าวเจ้า [28] แต่พบในข้าวมีสี เช่น ข้าวหอมนิล ข้าวเหนียวดำ และข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นต้น [29] นอกจากนี้การงอกของข้าวสามารถเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารต้านอนุมูลอิสระได้ [30-31] จึงทำให้การเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกในขนมหม้อแกงส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และค่าการต้านอนุมูลอิสระในขนมหม้อแกงเพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณสาร GABA ของขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลมีค่าเท่ากับ 1.18 mg GABA/100 g sample ซึ่งไม่พบในขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐาน โดยสาร GABA เกิดจากกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชั่น (decarboxcylation) ของกรดกลูตามิก (glutamic acid) หรืออะมิโนกลูตาเมท (amino acid L-glutamate) ด้วยเอนไซม์กลูตาเมทดีคาร์บอกซิเลส (glutamate decarboxylase) ในระหว่างการงอกของข้าว [32] มีงานวิจัยรายงานว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการงอกมีสาร GABA เพิ่มขึ้น 2 เท่าจากข้าวที่ไม่ผ่านการงอก [32] เช่นเดียวกับงานวิจัยของวรัมพร และคณะ [33] พบว่าข้าวหอมนิล ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวดำที่ผ่านกระบวนการงอกมีสารประกอบฟีนอลิกรวมและสาร GABA เพิ่มขึ้น 1-4 เท่า เทียบกับข้าวที่ไม่ผ่านการงอก และการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวงอกทั้ง 3 พันธุ์ อาจเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณสาร GABA และสารประกอบฟีนอลิกรวม ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่ง ดังนั้นการเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกในขนมหม้อแกงจึงทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกรวม และสาร GABA เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของเมธาวี และสุดารัตน์ [34] ที่ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีการประยุกต์ใช้ข้าวกล้องมันปูงอกเป็นส่วนผสม พบว่าการใช้ข้าวกล้องมันปูงอกร้อยละ 30 ทำให้มีปริมาณสาร GABA เท่ากับ 4.09 mg/100 g of GABA ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงกว่าปริมาณที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ในโยเกิร์ตที่ไม่มีการเติมข้าวกล้องมันปูงอก นอกจากนี้จิราภรณ์ และคณะ [35] รายงานว่าขนมจีนข้าวกล้องงอกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP เท่ากับ 0.0538 mg GAE/g of fresh weigh และ 1.4960 mM Fe(II)/g of fresh weigh ซึ่งมากกว่าขนมจีนสูตรควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 0.0124 mg GAE/g of fresh weigh และ 0.0316 mM Fe(II)/g of fresh weigh ตามลำดับ ส่วนปริมาณสาร GABA ของขนมจีนข้าวกล้องงอกมีค่าเท่ากับ 49.868 mg GABA/g of fresh weigh ขณะที่ไม่พบสาร GABA ในขนมจีนสูตรควบคุม

3. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาล

นำขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 120 คน ซึ่งเป็นเพศชายร้อยละ 55.0 เพศหญิงร้อยละ 45.0 อายุระหว่าง 21-40 ปี ร้อยละ 26.7 การศึกษาสูงสุดคือประถมศึกษา/มัธยมศึกษาตอนต้นร้อยละ 25.8 รายได้สูงที่สุดคือ 5,001-15,000 บาท ร้อยละ 35.8 ความถี่ในการเลือกซื้อคือนานๆ ครั้ง ร้อยละ 53.3 สถานที่ซื้อคือร้านขายของฝากร้อยละ 62.5

คะแนนความชอบจากผู้บริโภคที่มีต่อขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาล (ตารางที่ 6) พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้าน สี และรสชาติ ของขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลอยู่ในระดับชอบมาก ส่วนด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบมากที่สุด ด้านการยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 7) พบว่าผู้บริโภคมีการยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 99.2 มีการตัดสินใจซื้อร้อยละ 97.5 โดยซื้อเป็นของฝากร้อยละ 68.3 และต้องการให้มีราคามากกว่าท้องตลาด 5-10 บาท ร้อยละ 57.8

ตารางที่ 6 คะแนนความชอบจากผู้บริโภคที่มีต่อขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาล

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนน	ระดับความชอบ
สี	4.4 ± 0.6	ชอบมาก
กลิ่น	4.7 ± 0.5	ชอบมากที่สุด
รสชาติ	4.5 ± 0.6	ชอบมาก
เนื้อสัมผัส	4.5 ± 0.6	ชอบมาก
ความชอบโดยรวม	4.7 ± 0.6	ชอบมากที่สุด

ตารางที่ 7 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาล

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
การยอมรับขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาล		
ยอมรับ	119	99.2
ไม่ยอมรับ	1	0.8
การตัดสินใจซื้อขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาล		
ซื้อ	117	97.5
ไม่แน่ใจ	1	0.8
ไม่ซื้อ	2	1.7
เหตุผลของการซื้อขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาล		
ซื้อรับประทานเอง	36	30.0
เป็นของฝาก	82	68.3
อื่นๆ	2	1.7
ราคาที่เหมาะสมของขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาล		
น้อยกว่าท้องตลาด 5-10 บาท	8	6.7
เท่ากับท้องตลาด	43	35.8
มากกว่าท้องตลาด 5-10 บาท	69	57.8

สรุป

ขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลโดยการเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกร้อยละ 6 และทดแทนน้ำตาลโตนดด้วยมอลทิทอลร่วมกับซูคราโลสร้อยละ 50 มีคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และฤทธิ์ทางชีวภาพเทียบเท่ากับขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐาน ในด้านค่าสี (ทั้งส่วนผิวหน้าและเนื้อใน) ขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ต่ำกว่า และค่าสีแดง (a^*) สูงกว่าขนมหม้อแกงสูตรพื้นฐาน การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลมีค่า DPPH และ ABTS เท่ากับ 40.61 mg VCE/mg extract และ 67.23 mg TE/mg extract ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลิกรวมมีค่าเท่ากับ 131.33 mg GE/mg extract และสาร GABA มีค่าเท่ากับ 1.18 mg GABA/100 g sample เมื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมของขนมหม้อแกงเสริมข้าวไรซ์เบอรี่งอกสูตรลดน้ำตาลอยู่ในระดับชอบมากที่สุด ให้การยอมรับและตัดสินใจ ซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 99.2 และ 97.5 ตามลำดับ และต้องการให้มีราคามากกว่าท้องตลาด 5-10 บาท ร้อยละ 57.8

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย (ทุน วช.) จากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ปีงบประมาณ 2559 และขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ และสถานที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. เจตนิพันธ์ บุญยศักดิ์. 2557. ศิลปะการจัดตกแต่งขนมไทย. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
2. วรารัตน์ สานนท์ ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ และลี่ลี อิงศรีสว่าง. 2552. การพัฒนาขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงานและปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยซูคราโลสและกะทิธัญพืช. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47. 17-20 มีนาคม 2552. กรุงเทพฯ. หน้า 16-24.
3. บังอร บุญชู. 2542. น้ำตาลและความหวานที่ไร้น้ำตาล. บทความวิทยุกระจายเสียงรายการสาระยามบ่าย ครั้งที่ 42. สำนักเทคโนโลยีชุมชน. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
4. ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์. 2557. ข้าวต้านเบาหวาน อาหารที่คุณเลือกได้. *วารสารอาหาร.* 44(2): 15-18.
5. Tian, S., Nakamura, K., Cui, T., and Kayahara, H. 2004. Analysis of Phenolic Compounds in White Rice, Brown Rice and Germinated Brown Rice. *Jounal of Agriculture Food Chemistry.* 52: 4808-4813.
6. Karladee, D., and Suriyong, S. 2012. γ-Aminobutyric Acid (GABA) Content in Different Varieties of Brown Rice during Germination. *ScienceAsia.* 38: 13-17.
7. ดาหวัน พระแท่น. 2557. การหาปริมาณฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก และผลการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากข้าวเพาะงอก. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

8. Sukhonthara, S., and Thipnate, P. 2016. The Total Phenolic Compound, Antioxidant Properties and GABA Content of Thai Black Rice (*Oryza sativa* L.) cv. Riceberry. Proceeding of the 2016 International Conference on Engineering and Natural Science-Summer Session. 12-14 July 2016. Kyoto, Japan. pp. 595-602.
9. European Communities. 1990. Directive 90/496/EC. Nutrition Labeling for Foodstuffs. *Official Journal* L276: 40-44.
10. สุขใจ ชูจันทร์. 2555. สารให้ความหวานพลังงานต่ำ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
11. Agili, F. A. 2014. Preparation and Physicochemical Characterization of New Sweetener from Sucrose. *World Applied Sciences Journal.* 29(3): 307-312.
12. ปิยนุสร์ น้อยด้วง และนคร บรรดิจ. 2558. การใช้มอลทิทอลและซูคราโลสในการผลิตคุกกี้เนยแคลอรี่ต่ำ. *สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี.* 4 (2): 42-51.
13. ณัฐรัตน์ ศรีสังวาล. 2555. การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของขนมอาลัวและฝอยทองโดยการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.
14. Aggarwal, D., Sabikhi, L., and Kumar, M. H. S. 2016. Formulation of Reduced-calorie Biscuits using Artificial Sweeteners and Fat Replacer with Dairy-multigrain Approach. *NFS Journal.* 2: 1-7.
15. Han, J. A., and Lim, S. T. 2009. Effect of Presoaking on Textural, Thermal, and Digestive Properties of Cooked Brown Rice. *Cereal Chemistry.* 86(1):100-105
16. อภิญญา มานะโรจน์. 2556. เอกสารประกอบการสอนวิชาอาหารและขนมไทย. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ.
17. สมคิด ชมสุข. ม.ป.ป. เอกสารประกอบการสอบการอบรมวิชาชีพหลักสูตรระยะสั้น. มหาวิทยาลัยราชมงคลพระนคร วิทยาเขตโชติเวช. กรุงเทพฯ.
18. สุคนธา สุคนธ์ธารา กรรณิการ์ ศรีแสนตอ ณัฐรัตน์ ศรีสังวาลย์ และสุภัสสร ฉ่ำฮวบ. 2559. ผลของการทดแทนน้ำตาลโตนดด้วยมอลทิทอลในขนมหม้อแกงเสริมธัญพืช. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยนครปฐม ครั้งที่ 8. 31 มีนาคม-1 เมษายน 2559. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม. หน้า 91-97.
19. AOAC. 2012. Official Methods of Analysis, 19th ed. Association of Official Chemists International. Gaithersburg, Maryland.
20. AOAC. 2005. Official Methods of Analysis, 18th ed. Association of Official Chemists International. Gaithersburg, Maryland.
21. Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros- Zevallos, L., and Byrne, D. H. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC Assays for Estimating Antioxidant Activity from Guava Fruit Extracts, *Journal of Food Composition and Analysis.* 19(6-7): 669-675.

22. Abdel-Aal, E-SM., Young, J. C., and Rabalski, I. 2006. Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 54: 4696-4704.
23. Ohtsubo, K., Suzuki, K., Yasui, Y., and Kasumi, T. 2005. Bio-functional Components in the Processed Pregerminated Brown Rice by a Twin-screw Extruder. *Journal of Food Composition and Analysis.* 18: 303-316.
24. อภิญญา มานะโรจน์ เจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์ และจักราวุธ ภู่เสม. 2557. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงจากข้าวโพดหวาน. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ.
25. Cock, P. 2012. Erythritol. In: O'Donnell K, Kearsley MW (eds) Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology. Wiley-Blackwell, West Sussex.
26. นิศารัตน์ สุขเอม และปรัศนี ทับใบแย้ม. 2556. การใช้หล่อฮั้งก๊วยแทนน้ำตาลมะพร้าวในผลิตภัณฑ์วุ้นน้ำนมข้าวยาคู. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ.
27. นรินทร์ภพ ช่วยการ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์ ฉัตรภา หัตถโกศล และพร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล. 2556. อิทธิพลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมไขมันต่ำ. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.* 44(2)(พิเศษ): 589-592.
28. อาทิตย์ กุคาอู อภิชาติ เนินพลับ สมเดช อิ่มมาก และ เล็ก จันทร์เกษม. 2549. การประเมินคุณค่าทางโภชนาการในข้าวต่างสี. ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. หน้า 27.
29. พัชรี ตั้งตระกูล. 2550. GABA: Gamma Amino Butyric Acid ในคัพภะข้าวและข้าวกล้องงอก. *วารสารสถาบันอาหาร.* 37(4): 35-40.
30. Ngyuen, J. S., and Ooraikul, B. 2008. The Physico-Chemical, Eating and Sensorial Properties of Germinated Brown Rice. *International Journal of Food Agriculture and Environment.* 6(2): 119-124.
31. Phattayakorn, K., Pajanyor, P., Wongtecha, S., Prommakool, A., and Saveboworn, W. 2016. Effect of Germination on Total Phenolic Content and Antioxidant Properties of 'Hang' Rice. *International Food Research Journal.* 23(1): 406-409.
32. Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N., and Kimura, T. 2007. Effect of Soaking and Gaseous Treatment on GABA Content in Germinated Brown Rice. *Food Engineering.* 78: 556-560.
33. วรัมพร วงศ์สุดิน พัชราภรณ์ รัตนธรรม ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น. 2555. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญในข้าวกล้องงอก. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.* 43(2)(พิเศษ): 553-556.
34. เมธาวี อนะวัชกุล และสุดารัตน์ เจียมยั่งยืน. 2552. การศึกษาปริมาณ GABA และการพัฒนาโยเกิร์ตเสริม GABA จากข้าวกล้องมันปูงอก. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. 17-20 มีนาคม 2552. กรุงเทพฯ. หน้า 1-11.

35. จิราภรณ์ กระแสเทพ มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย มัณฑนา นครเรียบ. 2557. สารกาบ้า สารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากข้าว. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประชุมวิชาการ มหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 10.* หน้า 88-96.

ได้รับบทความวันที่ 24 พฤษภาคม 2559
ยอมรับตีพิมพ์วันที่ 15 สิงหาคม 2559