

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวดำ

สอดไส้ธัญพืชและพืชหัวสีม่วง

THE DEVELOPMENT OF KANOM-TIAN FROM BLACK GLUTINOUS RICE FLOUR STUFFED WITH CEREAL AND PURPLE TUBERS

ปัทิตตา แทนทอง ธัญญารัตน์ ปักดำ ษิรดา เรืองธนตกุล ผกาหวดี ภูจันทร

โสรัจวารชุน อินเกต สุสิตร้า สิงโสม และ ไพรวลย์ ประมัย*

Patita Thanthong Thanyarat Pakdam Sirada Rueangthanatkul Pakawadee Phugan

Soratworachum Inket Susitra Singsom and Phaiwan Pramai

หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

*corresponding author e-mail: phaiwan.p@psru.ac.th

(Received: 11 November 2019 ; Revised: 21 November 2019; Accepted: 22 November 2019)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเทียนให้มีคุณค่าทางอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น โดยการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งข้าวเหนียวดำที่ระดับ ร้อยละ 5 15 25 35 และ 45 โดยน้ำหนักแป้ง และพัฒนาไส้ขนมเทียนจากธัญพืชและพืชหัว ได้แก่ มันเทศสีม่วง เผือก และถั่วดำ ทำการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า ปริมาณแป้งข้าวเหนียวดำที่เพิ่มขึ้นทำให้แป้งขนมเทียนมีค่า L^* และ b^* ลดลง และมีค่า a^* เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ด้านการประเมินทางประสาทสัมผัส (9-Point Hedonic Scale) พิจารณาด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า ขนมเทียนสูตรแป้งข้าวเหนียวดำ ร้อยละ 15 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดในด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ($p \leq 0.05$) สำหรับการพัฒนาไส้ขนมเทียนจากมันเทศสีม่วง เผือก และถั่วดำ พบว่า ไส้ขนมเทียนสูตรมันเทศสีม่วงมีปริมาณแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด สอดคล้องกับผลการประเมินทางประสาทสัมผัสที่พบว่า ไส้สูตรมันเทศสีม่วงและสูตรเผือกได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมเทียนสูตรแป้งข้าวเหนียวดำร้อยละ 15 สอดไส้มันเทศสีม่วง 100 กรัม พบว่า มีโปรตีน ร้อยละ 4.32 ไขมัน ร้อยละ 6.58 เถ้า ร้อยละ 0.87 เส้นใย ร้อยละ 3.73 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 77.77 และพลังงาน 387.59 กิโลแคลอรี และขนมเทียนสูตรดังกล่าวปริมาณ 100 กรัม (DW) มีปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 11.06 มิลลิกรัม 70.97 มิลลิกรัม GAE และ 48.98 มิลลิกรัม TEAC ตามลำดับ

คำสำคัญ: ขนมเทียน แป้งข้าวเหนียวดำ สารต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

The objective of this research was to develop Kanom–Tian product with high nutritive value and antioxidants. Glutinous rice flour was replaced by black glutinous rice flour (BGRF) at the level of 5, 15, 25, 35 and 45 percentage (%) by weight of flour. The filling ingredient of Kanom–Tian was developed using cereal and tubers, including purple sweet potato, taro, and black beans. The physical and chemical properties were studied as well as sensory evaluation. The result showed that the L^* and b^* values of Kanom–Tian flour were decreased, while the a^* value was increased with the increase in the amount of BGRF ($p \leq 0.05$). Sensory evaluation was conducted by the 9–Point Hedonic Scale Test for the appearance, color, odor, taste, texture and overall liking. Kanom–Tian with 15% BGRF had the highest liking score for texture and overall liking ($p \leq 0.05$). For the development of filling ingredients from purple sweet potato, taro, and black bean, it was found that purple sweet potato filling consisted of the most anthocyanin and total phenolic contents. Corresponding to the result of the sensory evaluation that purple sweet potato and taro filling exhibited the highest liking score. Chemical composition analysis of Kanom–Tian with 15% BGRF stuffed with purple sweet potato was studied and the result showed that it contained 4.32% protein, 6.58% fat, 0.87% ash, 3.73% fiber, 77.77% carbohydrate and 387.59 Kcal of energy per 100 g sample. In addition, total anthocyanin content, total phenolic content, and DPPH radical scavenging ability of 100 grams (DW) of Kanom–Tian with 15% BGRF stuffed with purple sweet potato were 11.06 mg, 70.97 mg GAE, and 48.98 mg TEAC, respectively.

Keywords: Kanom–Tian, Black glutinous rice flour, Antioxidant

บทนำ

ขนมเทียนหรือขนมมมสาว เป็นขนมที่ถูกดัดแปลงมาจากขนมแข่งของคนไทยเชื้อสายจีน นิยมใช้ในงานบุญ โดยเฉพาะการไหว้บรรพบุรุษในช่วงวันตรุษจีนและสารทจีน ความนิยมบริโภคขนมเทียนนั้นมีสูงในช่วงเทศกาลและวันสำคัญของคนไทยเชื้อสายจีน แต่เมื่อหมดช่วงเทศกาลจะมีผู้ผลิตเพื่อจำหน่ายน้อย อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการทำที่ซับซ้อนและใช้ระยะเวลาค่อนข้างมาก ประกอบกับความต้องการของผู้บริโภคในช่วงนอกเทศกาลมีน้อย (พาขวัญ, 2559)

ทำให้ขาดความหลากหลายและมีไล่ให้เลือนน้อย นอกจากนี้วัตถุดิบหลักของขนมเทียน คือ แป้งข้าวเหนียว น้ำตาล และกะทิ สารอาหารหลักจึงเป็นคาร์โบไฮเดรตและไขมัน อาจทำให้ความต้องการของผู้บริโภคน้อยลง เนื่องจากปัจจุบันกระแสอาหารเพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงนั้นมีความสำคัญค่อนข้างมากสำหรับผู้ผลิตอาหาร

ข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* var. *glutinosa*) เป็นข้าวที่มีเมล็ดสีม่วงดำ มีลักษณะค่อนข้างแข็ง และมีหลายสายพันธุ์ เปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวเหนียวดำเป็นสีแดงจนถึงม่วงเข้ม รวงข้าวให้สีของเปลือกหุ้มเมล็ด คือ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่ชื่อ แอนโทไซยานิน เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ช่วยในการหมุนเวียนของกระแสเลือด ชะลอการเสื่อมของเซลล์ โดยชนิดของแอนโทไซยานินที่พบมากในข้าวเหนียวดำ คือ Cyanidin 3-glucoside และ Peonidin 3-glucoside (Sompong et al., 2011) นอกจากนี้ข้าวเหนียวดำยังมีสารสำคัญอีกหลายชนิด คือ แกมมา-โอโรซานอล โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และวิตามินต่างๆ ซึ่งล้วนแต่มีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ (ดำเนิน, 2554) ดังนั้นจึงมีการนำข้าวเหนียวดำมาใช้ประโยชน์ในด้านอาหารและยา โดยด้านอาหารมีการนำน้ำนมข้าวเหนียวดำมาใช้ในการผลิตไอศกรีมไขมันต่ำ (นรินทร์, 2562) และนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น ข้าวพอง (ชนิษฐา และคณะ, 2557) บราวนี่ (ไชยสิทธิ์ และคณะ, 2560) และน้ำส้มสายชูหมัก (วิลาวัลย์ และคณะ, 2560) เป็นต้น

ปัจจุบันความใส่ใจในอาหารที่รับประทานของผู้บริโภคมีเพิ่มมากขึ้น โดยให้ความสำคัญกับการใช้วัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและประโยชน์กับสุขภาพ การนำวัตถุดิบเหล่านี้มาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารจึงมีเพิ่มมากขึ้น การนำข้าวเหนียวดำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมเทียนร่วมกับการพัฒนาไล่ให้มีความหลากหลายด้วยวัตถุดิบที่เน้นเป็นพืชสีม่วงในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มคุณประโยชน์ด้านสารต้านอนุมูลอิสระในขนมเทียน โดยศึกษาการทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวดำบางส่วน และพัฒนาไล่ขนมเทียนโดยใช้ธัญพืชและพืชหัวที่มีสีม่วง ได้แก่ เผือก มันเทศสีม่วง และถั่วดำ เป็นวัตถุดิบหลักของไล่ขนมเทียนแบบเดิม งานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเทียนให้มีความหลากหลาย มีคุณค่าทางโภชนาการ และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเหนียวดำอีกทางหนึ่ง

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเทียนเสริมสารต้านอนุมูลอิสระจากแป้งข้าวเหนียวดำและพัฒนาไล่ขนมเทียนจากธัญพืชและพืชหัวที่มีสีม่วง โดยศึกษาการใช้แป้งข้าวเหนียวดำทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ทำการพัฒนาไล่ขนมเทียนด้วยธัญพืชและพืชหัวที่มีสีม่วงที่เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนที่มีความแปลกใหม่และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยมีการดำเนินการทดลอง ดังนี้

1. ศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวดำสำหรับการผลิตแป้งขนมเทียน

แป้งขนมเทียนถูกเตรียมโดยดัดแปลงจากสูตรมาตรฐานของพุดน้ำบุตย์ (2552) โดยสัดส่วนของแป้งทำการทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาว (ตราชวนชม) ด้วยแป้งข้าวเหนียวดำ (ตราบัวลอย) อัตราส่วนที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 5 15 25 35 และ 45 ของน้ำหนักแป้ง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณส่วนผสมของแป้งขนมเทียนที่ใช้แป้งข้าวเหนียวดำทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวบางส่วน

ส่วนผสม	ปริมาณแป้งข้าวเหนียวดำที่ใช้ทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวอัตราส่วน				
	ร้อยละ 5	ร้อยละ 15	ร้อยละ 25	ร้อยละ 35	ร้อยละ 45
	(กรัม)	(กรัม)	(กรัม)	(กรัม)	(กรัม)
แป้งข้าวเหนียวขาว	190	170	150	130	110
แป้งข้าวเหนียวดำ	10	30	50	70	90
น้ำตาลปีบ	100	100	100	100	100
กะทิ	250	250	250	250	250

1.1 การเตรียมแป้งและไส้ขนมเทียน

ร่อนแป้งข้าวเหนียวขาวและแป้งข้าวเหนียวดำตามอัตราส่วนของแต่ละสูตรให้เข้ากัน ผสมน้ำตาลปีบกับกะทิให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นค่อยๆ เติมน้ำตาลปีบกับกะทิที่ผสมกันลงในแป้งที่ร่อนไว้จนหมด นวดแป้งให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วพักไว้ 30 นาที จากนั้นแบ่งเป็นก้อนๆ ละ 10 กรัม ขณะที่ไส้ขนมเทียนสูตรเดิม ประกอบด้วย ถั่วเขียว 150 กรัม น้ำตาลทราย 50 กรัม เกลือป่น 1 ช้อนชา พริกไทย 2 ช้อนชา หอมแดง 40 กรัม และน้ำมันพืช 50 มิลลิลิตร ทำการผัดไส้ขนมเทียน พักไว้ให้เย็น แล้วปั้นไส้เป็นก้อนประมาณ 10 กรัม ห่อด้วยแป้งที่เตรียมไว้ นำไปห่อด้วยใบตอง แล้วนึ่งด้วยไฟแรงเป็นเวลา 30 นาที แล้วพักไว้ให้เย็น เพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป โดยนำแป้งขนมเทียนที่มีการบรรจุไส้เค็มสูตรมาตรฐานทั้ง 5 สูตร มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและประเมินทางประสาทสัมผัส

1.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วัดค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดสี NH310 Portable Colorimeter โดยค่า L^* แสดงถึงความสว่าง ค่า a^* แสดงถึงความเป็นสีแดง-เขียว และค่า b^* แสดงถึงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน

1.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเทียน ใช้วิธี 9-Point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ทำการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

2. การพัฒนาไส้ขนมเทียนจากธัญพืชและพืชหัวสีม่วง

การใช้ธัญพืชและพืชหัวสีม่วง ได้แก่ เผือก มันเทศสีม่วง และถั่วดำ สำหรับการผลิตไส้ขนมเทียนเป็นการใช้แทนที่ถั่วเขียวตามปริมาณที่ระบุในไส้ขนมเทียนสูตรมาตรฐาน โดยปอกเปลือกเผือกและมันเทศสีม่วงแล้วล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นหนาประมาณ 2 เซนติเมตร สำหรับถั่วดำให้ล้างทำความสะอาดแล้วแช่น้ำนาน 3 ชั่วโมง นำวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด มาต้มให้สุก แล้วบดให้ละเอียด จากนั้นทำการผลิตไส้ขนมเทียนด้วยวัตถุดิบที่เตรียมแทนที่ถั่วเขียวที่เป็นสูตรมาตรฐาน ทำการห่อไส้ขนมเทียนสูตรต่างๆ ด้วยแป้งขนมเทียนสูตรที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวดำปริมาณที่เหมาะสม ทำการห่อและนึ่งตามขั้นตอนในสูตรมาตรฐาน จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกสูตรไส้ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

1) ปริมาณแอนโทไซยานิน วิเคราะห์ด้วยวิธี pH differential method โดยใช้วิธีของ Giusti & Wrolstad (2005) โดยสารสกัดของตัวอย่างที่สกัดด้วย 85% acidified methanol (15% HCl 1N, v/v) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จะถูกเจือจางด้วยสารละลาย potassium chloride buffer (0.025 M, pH 1.0) และ sodium acetate buffer (0.4 M, pH 4.5) จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละการเจือจางที่ 520 และ 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer (DR/4000, HACH, USA) ปริมาณแอนโทไซยานินถูกคำนวณในรูปของ cyanidin-3-glucoside โดยใช้สมการ Monomeric anthocyanin pigment (mg/L) = $[A_{diff} \times MW \times DF \times 1000] / \epsilon$ เมื่อ MW แทนมวลโมเลกุลของ cyanidin-3-glucoside (449.2), DF คือ dilution factor (10), ϵ คือ molar absorptivity ของ cyanidin-3-glucoside (26,900 L/mol cm) และ A_{diff} คือ $(A_{520} - A_{700})_{pH 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{pH 4.5}$

2) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-ciocalteu colorimetric assay ดัดแปลงจากวิธีของ Singleton et al. (1999) โดยนำสารสกัดตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย Folin-Ciocalteu ที่เจือจาง 10 เท่า ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และสารละลาย 7.5% sodium carbonate 1.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปเก็บในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV/Vis

spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร โดยใช้ gallic acid เป็นสารมาตรฐาน รายงานผลเป็นค่า มิลลิกรัม Gallic acid equivalent (GAE)/ กรัมตัวอย่าง (DW)

3) ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ทดสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay ดัดแปลงจากวิธีของ Pellati et al. (2004) โดยเตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ละลายด้วย ethanol 99% ปิเปตสารสกัดของตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร ผสมกับ สารละลาย DPPH 2.9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วปล่อยให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำการวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV/Vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox และรายงานผลเป็นค่า มิลลิกรัม Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC)/ กรัมตัวอย่าง (DW)

2.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้ขนมเทียน ใช้วิธี 9-Point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ทำการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

3. การศึกษาคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนที่พัฒนาได้

ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวดำและพัฒนาไส้ที่เหมาะสม ถูกนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณแอมโนไนโตรเจน ปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ ขนมเทียนสูตรมาตรฐาน โดยองค์ประกอบทางเคมี ทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และพลังงาน ตามวิธีของ AOAC (2016) ขณะที่คุณภาพด้านสารต้าน อนุมูลอิสระใช้วิธีการทดสอบตามที่อธิบายก่อนหน้านี้

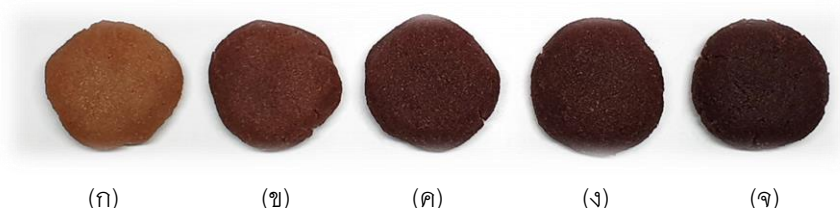
4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ใช้การวางแผนการทดลอง แบบ CRD (completely randomized design) ขณะที่การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ RCBD (randomized completed block design) รายงานผลข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. การศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวดำสำหรับการผลิตแป้งขนมเทียน

แป้งขนมเทียนที่ทำการทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวดำที่อัตราส่วนต่างๆ ได้แป้งขนมเทียนที่มีลักษณะดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แป้งขนมเทียนที่ทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวดำอัตราส่วนที่แตกต่างกันโดยน้ำหนักแป้ง ได้แก่ (ก) ร้อยละ 5 (ข) ร้อยละ 15 (ค) ร้อยละ 25 (ง) ร้อยละ 35 และ (จ) ร้อยละ 45

การทดสอบค่าสีด้านความสว่าง (L^*) ความเป็นสีแดง (a^*) และความเป็นสีเหลือง (b^*) ของแป้งขนมเทียนที่ทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวดำอัตราส่วนร้อยละ 5 15 25 35 และ 45 โดยน้ำหนักแป้ง ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ค่าความสว่างของแป้งขนมเทียนแต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ขณะที่ค่าความเป็นสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวดำเพิ่มขึ้น ซึ่งแปรผกผันกับค่าความเป็นสีเหลืองที่มีแนวโน้มลดลง ($p\leq 0.05$) การเปลี่ยนแปลงด้านสีของแป้งขนมเทียนที่มีความเป็นสีม่วงแดงเพิ่มขึ้นเนื่องจากแป้งข้าวเหนียวดำที่ใช้ในการทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวมีรงควัตถุชื่อแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารที่ให้สีม่วง แดง และน้ำเงิน ทำให้แป้งขนมเทียนที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวดำมีสีเปลี่ยนแปลงไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ วชิรพงศ์ และคณะ (2561) ที่ใช้แป้งข้าวเหนียวสีม่วงออกและไม่ผ่านการเพาะงอกทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวในขนมเทียน โดยการใช้แป้งข้าวเหนียวดังกล่าวที่มีสีม่วงเข้มปริมาณมากทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่เข้มขึ้น

ตารางที่ 2 ค่าสี L^* a^* และ b^* ของแป้งขนมเทียนที่ทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวดำอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

แป้งข้าวเหนียวดำ ร้อยละ	ค่าสี		
	L^{*ns}	a^*	b^*
5	19.77±2.06	4.49±0.72 ^c	2.39±0.10 ^a
15	20.10±2.34	6.12±0.60 ^b	1.17±0.18 ^b
25	19.51±0.08	7.52±0.56 ^a	0.80±0.06 ^c

ตารางที่ 2 (ต่อ)

แบ่งข้าวเหนียวดำ	ค่าสี		
	L* ^{ns}	a*	b*
35	18.59±2.16	7.74±0.43 ^a	0.69±0.05 ^c
45	19.99±2.38	7.95±0.38 ^a	0.17±0.03 ^d

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การทดสอบความชอบต่อแป้งขนมเทียนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวดำ ทั้ง 5 ระดับ โดยผู้ทดสอบ จำนวน 50 คน พิจารณาด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า การทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวดำในแป้งขนมเทียนมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส เมื่อปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวดำเพิ่มขึ้น มีผลให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีค่าลดลง โดยแป้งขนมเทียนสูตรทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวดำ ร้อยละ 15 ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบทางด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) อาจเป็นเพราะแป้งขนมเทียนสูตรดังกล่าวมีสีที่ไม่เข้มมาก และมีเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม ไม่แข็งเกินไป เพราะการทดแทนแป้งข้าวเหนียวดำปริมาณมากทำให้แป้งขนมเทียนมีเนื้อสัมผัสแข็ง และมีความยืดหยุ่นลดลง ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ดังภาพที่ 1 ดังนั้นแป้งขนมเทียนสูตรทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวดำร้อยละ 15 จึงถูกคัดเลือกสำหรับศึกษาการพัฒนาไส้ขนมเทียนจากถัูปืช และพืชหัวลิ้มม่วง เพื่อมุ่งเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระให้กับผลิตภัณฑ์ขนมเทียนต่อไป

ตารางที่ 3 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแป้งขนมเทียนที่ทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวดำอัตราส่วนที่ต่างกัน

คุณลักษณะ	แบ่งข้าวเหนียวดำ ร้อยละ				
	5	15	25	35	45
ลักษณะปรากฏ	6.87±1.46 ^{ab}	7.45±1.46 ^a	6.97±1.05 ^{ab}	7.50±1.22 ^a	6.47±1.57 ^b
สี ^{ns}	6.79±1.28	7.47±1.41	6.95±1.27	7.08±1.34	6.79±1.60
กลิ่น ^{ns}	7.13±1.44	7.13±1.55	6.87±1.34	7.00±1.16	6.71±1.47
รสชาติ ^{ns}	7.05±1.39	7.34±1.53	7.08±1.28	6.68±1.34	6.71±1.39
เนื้อสัมผัส	7.03±1.50 ^b	7.82±1.20 ^a	6.95±1.23 ^b	6.79±1.23 ^b	6.63±1.57 ^b
ความชอบโดยรวม	6.95±1.51 ^b	7.66±1.40 ^a	7.21±1.26 ^{ab}	6.68±1.04 ^b	6.58±1.52 ^b

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. การพัฒนาไส้ขนมเทียนจากธัญพืชและพืชหัวสีม่วง

ธัญพืชและพืชหัวสีม่วงที่ใช้ในการศึกษาการพัฒนาสูตรไส้ขนมเทียน ได้แก่ เผือก มันเทศสีม่วง และถั่วดำ เป็นพืชที่อุดมไปด้วยสารอาหารเช่นเดียวกับถั่วเขียวที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตไส้ขนมเทียนสูตรดั้งเดิม เมื่อนำวัตถุดิบทั้ง 3 มาผลิตเป็นไส้ขนมเทียนโดยใช้แทนที่ถั่วเขียวปริมาณตามสูตรไส้มาตรฐาน จะได้ไส้ขนมเทียนที่มีลักษณะดังภาพที่ 2



(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 2 ไส้ขนมเทียนที่ทำจากธัญพืชและพืชหัวสีม่วง ได้แก่ (ก) เผือก (ข) มันเทศสีม่วง และ (ค) ถั่วดำ

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก รวมทั้งทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของไส้ขนมเทียนที่ใช้วัตถุดิบที่ต่างกัน พบว่า ไส้ขนมเทียนสูตรมันเทศสีม่วงมีปริมาณแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด รองลงมาเป็นสูตรเผือก และสูตรถั่วดำ ตามลำดับ เนื่องจากสีของมันเทศสีม่วงมีความม่วงเข้มมาก จึงเป็นแหล่งสำคัญของแอนโทไซยานินที่เป็นรงควัตถุให้สีม่วงและแดงในพืช (Tang et al., 2015) โดยงานวิจัยนี้ไม่พบแอนโทไซยานินในไส้ถั่วดำ ทั้งที่งานวิจัยของ นิพัทธ์ และคณะ (2562) รายงานว่า ถั่วดำมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วชนิดอื่นๆ เนื่องจากการเตรียมไส้สูตรถั่วดำ ใช้ถั่วทั้งเมล็ดแช่น้ำแล้วนึ่งให้สุก แต่ไม่ได้ทำการบดให้ละเอียดก่อนนำมาผลิตไส้ขนมเทียนที่มีลักษณะดังภาพที่ 2 ทำให้สารแอนโทไซยานินที่อยู่ในบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดไม่ถูกสกัดออกมาในขั้นตอนการสกัด ขณะที่ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของไส้ขนมเทียนสูตรมันเทศสีม่วงมีค่าต่ำที่สุด อาจเป็นเพราะถั่วดำและเผือกมีสารสำคัญชนิดอื่นทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ แต่ไม่ได้วิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ Guajardo-Flores et al. (2012) รายงานว่า พบซาโปนินและฟลาโวนอยด์ในเยื่อหุ้มเมล็ดถั่วต่างออกและมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเซลล์มะเร็งได้เป็นอย่างดี ขณะที่เผือกก็ถูกพบว่า ประกอบไปด้วยสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระเช่นเดียวกัน (Simsek & El, 2015)

ตารางที่ 4 ปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของไส้ขนมเทียนที่ทำจากธัญพืชและพืชหัวสีม่วง

สูตรไส้ขนมเทียน	แอนโทไซยานิน (mg/ 100g)	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/ 100g)	DPPH radical scavenging ability (mg TEAC/ 100g)
เผือก	1.46±0.10 ^b	119.51±3.68 ^b	183.37±0.76 ^b
มันเทศสีม่วง	72.17±0.55 ^a	204.34±9.33 ^a	132.75±1.08 ^c
ถั่วดำ	–	59.58±0.41 ^c	190.48±0.65 ^a

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การทดสอบความชอบที่มีต่อไส้ขนมเทียนที่พัฒนาจากธัญพืชและพืชหัวสีม่วง โดยผู้ทดสอบ จำนวน 50 คน ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่า ไส้ขนมเทียนสูตรเผือกและมันเทศสีม่วงได้รับคะแนนความชอบทุกด้านไม่แตกต่างกันและสูงกว่าไส้ขนมเทียนสูตรถั่วดำ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสร่วมกับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของไส้ขนมเทียน โดยไส้ขนมเทียนสูตรมันเทศสีม่วงถูกคัดเลือกเพื่อทำการศึกษารายละเอียดประกอบทางเคมีต่อไป เนื่องจากได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกับสูตรเผือก แต่มีปริมาณแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าไส้ขนมเทียนสูตรอื่นๆ

ตารางที่ 5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมเทียนที่ทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาว ด้วยแป้งข้าวเหนียวดำอัตราส่วนร้อยละ 15 สอดไส้ด้วยธัญพืชและพืชหัวสีม่วง

คุณลักษณะ	สูตรไส้ขนมเทียน		
	เผือก	มันเทศสีม่วง	ถั่วดำ
ลักษณะปรากฏ	7.41±1.22 ^a	7.71±1.33 ^a	6.46±0.98 ^b
สี	7.27±1.23 ^a	7.76±1.26 ^a	6.51±1.23 ^b
กลิ่น	7.00±1.16 ^a	7.49±1.60 ^a	6.37±1.41 ^b
รสชาติ	7.80±0.93 ^a	7.76±1.32 ^a	6.41±1.20 ^b
เนื้อสัมผัส	7.54±1.14 ^a	7.78±1.31 ^a	6.46±1.14 ^b
ความชอบโดยรวม	7.66±1.11 ^a	7.95±1.43 ^a	6.54±1.16 ^b

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมเทียนที่ทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวและสอด้ไส้ด้วยมันเทศสีม่วง

องค์ประกอบทางเคมีของขนมเทียนสูตรทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวดำอัตราส่วนร้อยละ 15 สอด้ไส้ด้วยมันเทศสีม่วงถูกวิเคราะห์เปรียบเทียบกับขนมเทียนสูตรมาตรฐาน (ตารางที่ 6) โดยปริมาณความชื้น เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ปริมาณโปรตีนในขนมเทียนสูตรมาตรฐานมีสูงกว่าสูตรที่พัฒนาได้ เนื่องจากถั่วเขียวเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีโปรตีนสูง สำหรับปริมาณไขมันที่มีความแตกต่างกัน มาจากแป้งข้าวเหนียวดำมีปริมาณกรดไขมันสูงกว่าแป้งข้าวเหนียวขาว (Gunathilake et al., 2016; Ji et al., 2015) นอกจากนี้ขนมเทียนสูตรที่พัฒนาได้มีปริมาณแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าขนมเทียนสูตรมาตรฐาน ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแอนโทไซยานินที่เป็นรงควัตถุที่ให้สารสีม่วงและสารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นสารสำคัญที่ถูกรายงานในข้าวเหนียวดำ (พรพาชื่น และคณะ, 2560) และมันเทศสีม่วง (Tang et al., 2015)

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของขนมเทียนสูตรมาตรฐานและสูตรที่ทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวดำอัตราส่วนร้อยละ 15 สอด้ไส้ด้วยมันเทศสีม่วง

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรมาตรฐาน (ไส้ถั่วเขียว)	สูตรทดแทนแป้งข้าวเหนียวดำ ร้อยละ 15 (ไส้มันเทศสีม่วง)
ความชื้น ^{ns} (ร้อยละ)	6.86±0.03	6.73±0.07
โปรตีน* (ร้อยละ)	5.57±0.04	4.32±0.12
ไขมัน* (ร้อยละ)	5.21±0.07	6.58±0.10
เถ้า* (ร้อยละ)	0.50±0.00	0.87±0.03
เส้นใย ^{ns} (ร้อยละ)	3.63±0.06	3.73±0.06
คาร์โบไฮเดรต ^{ns} (ร้อยละ)	78.23±0.05	77.77±0.26
พลังงานทั้งหมด* (กิโลแคลอรี)	382.07±0.63	387.59±0.50
แอนโทไซยานิน* (mg/ 100g)	–	11.06±0.22
สารประกอบฟีนอลิก* (mg GAE/ 100g)	23.58±0.17	70.97±0.17
การต้านอนุมูลอิสระ DPPH* (mg TEAC/ 100g)	52.66±0.08	48.98±0.08

หมายเหตุ : * หมายถึง ตัวเลขในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ตัวเลขในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

อภิปรายผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเทียนโดยทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวดำที่อัตราส่วนร้อยละ 5 15 25 35 และ 45 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่า สีของแป้งขนมเทียนมีความเข้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวดำ เกิดขึ้นจากรงควัตถุสีม่วงเรียกว่า แอนโทไซยานิน เป็นสารสำคัญที่อยู่บริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวเหนียวดำ มีฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (พรพาชื่น และคณะ, 2560) โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับแป้งขนมเทียนสูตรทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวดำ ร้อยละ 15 มากที่สุด อาจเพราะปริมาณแป้งข้าวเหนียวดำมีความเหมาะสมทำให้สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของแป้งขนมเทียนตรงกับการยอมรับของผู้ทดสอบ โดยแป้งขนมเทียนสูตรดังกล่าวมีสีที่ไม่เข้มมาก และมีเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม มีความนุ่มพอดี ไม่แข็งเกินไป ดังนั้นจึงคัดเลือกแป้งข้าวเหนียวดำ ร้อยละ 15 ในการทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวสำหรับการผลิตแป้งขนมเทียนและใช้ในการพัฒนาไส้ขนมเทียนต่อไป

การพัฒนาไส้ขนมเทียนจากไส้เดิมแบบเดิมที่ใช้ถั่วเขียวเป็นวัตถุดิบหลัก โดยนำธัญพืช คือ ถั่วดำ และพืชหัว คือ เผือก และมันเทศสีม่วง มาใช้แทนที่เป็นวัตถุดิบหลัก เนื่องจากพืชทั้ง 3 ชนิดมีสีไปในโทนสีม่วง จึงถูกคัดเลือกเพื่อนำมาใช้ในการวิจัยนี้ จากการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ของสารดังกล่าว พบว่า ขนมเทียนสูตรไส้มันเทศสีม่วงมีปริมาณแอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด นอกจากนี้ยังได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดไม่แตกต่างจากสูตรไส้เผือก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมเทียนสูตรแป้งข้าวเหนียวดำ ร้อยละ 15 สอดไส้มันเทศสีม่วง พบว่ามีความแตกต่างจากขนมเทียนสูตรมาตรฐานเล็กน้อย เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียวและมันเทศสีม่วงมีค่าใกล้เคียงกัน (Gunathilake et al., 2016; Ji et al., 2015) สำหรับแอนโทไซยานินจะไม่ถูกพบในขนมเทียนสูตรมาตรฐาน เพราะสารชนิดนี้จะเป็นรงควัตถุเฉพาะในพืชที่มีสีม่วงหรือแดงเข้ม และขนมเทียนสูตรที่พัฒนาได้ยังพบสารประกอบฟีนอลิกปริมาณสูงกว่าสูตรมาตรฐาน แต่สำหรับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่พบน้อยกว่าสูตรมาตรฐาน อาจเนื่องถั่วเขียวที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับไส้สูตรมาตรฐานมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และอนุพันธ์ของวิตามินอี (Lee et al., 2011) ทำให้แสดงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในงานวิจัยนี้

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเทียนในงานวิจัยนี้เป็นการมุ่งเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่มีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยใช้แป้งข้าวเหนียวดำร่วมกับธัญพืชและพืชหัวสีม่วงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระเป็นองค์ประกอบสูงมาพัฒนาสูตรทั้งตัวแป้งและไส้ของขนมเทียน ทำให้ขนมเทียนที่

พัฒนาได้มีปริมาณแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกสูงขึ้น เมื่อเทียบกับขนมเทียนสูตรมาตรฐานที่ใช้แป้งข้าวเหนียวสีขาวและใช้ถั่วเขียวเป็นวัตถุดิบหลักของไส้ โดยขนมเทียนสูตรทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวดำ ร้อยละ 15 และไส้ที่พัฒนาจากมันเทศสีม่วงได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเทียนให้มีความหลากหลายและมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่รักสุขภาพเพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรสุพรรณบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและสถานที่สำหรับการทำวิจัยเป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- ชนิษฐา อุ่มอารีย์ อัญชลี พร้อมสินทรัพย์ และชนิษฐา เพ็ชรศรี. (2558). การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโกลิเจนกลีซ ในการผลิตข้าวพองจากข้าวเหนียวดำน้ำผึ้ง. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร*, 9(1), 56–65.
- ไชยสิทธิ์ พันธุ์พูนิดา เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์ อรวัชร อุปลัมภานนท์. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่โดยใช้ แป้งข้าวเหนียวดำทดแทนแป้งสาลี. *วารสาร มทร.อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 10(1), 106–119.
- ดำเนิน กาละดี. (2554). *ข้าวดำ (ข้าวเหนียวดำ) ทรัพยากรข้าวไทยที่ถูกกลืน*. เชียงใหม่: หน่วยวิจัยข้าวดำ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นรินทร์ เจริญพันธ์. (2562). การผลิตไอศกรีมไขมันต่ำจากน้ำมันข้าวเหนียวดำ. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 14(1), 1–11.
- นิพัฒน์ ลิ้มสงวน ประมวล ทราทยทอง และสุภัคชนม์ คล่องดี. (2561). ความสามารถของถั่วชนิดต่างๆ ในการต้านอนุมูลอิสระและส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคโตบาซิลลัส. *วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 26(5), 777–789.
- พรพาสัน ชูเชิด ศิริพร เรียบร้อย คิม และอัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. (2560). การเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญใน ข้าวเหนียวดำ 6 สายพันธุ์. *Science and Technology RMUTT Journal*, 7(2), 271–279.
- พาขวัญ มีชาญเชาว์. (2559). *ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนแป้งข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่แช่แข็ง*. วิทยานิพนธ์ คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- พุดน้ำบุตย์. (2552). *รวมสูตรขนมไทย*. สำนักพิมพ์ไทยควอลิตี้บุ๊คส์, กรุงเทพฯ.
- วชิรพงศ์ เยาว์ฤทธิกร ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์ และอบเชย วงศ์ทอง. (2561). ผลของชนิดและปริมาณของแป้งข้าว เหนียวลิ้มผั่วต่อคุณภาพของขนมเทียน. ใน *การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56* (น. 863–872). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- วิลาวัลย์ บุญยศุภา กรรณิการ์ ทองดอนเปียง และพันธิวา แก้วมาตย์. (2561). คุณสมบัติทางเคมี กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำ 2 แบบ. **วารสารวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์**, 9(10), 69–78.
- AOAC, (2016). **Official Methods of Analysis**. (20th ed). Washington, D.C.
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2005). Characterization and measurement of anthocyanins by UV–Visible spectroscopy. Wrolstad, R.E., Acree, T.E., Decker, E.A., Penner, M.H., Reid, D.S., Schwartz, S.J., Shoemaker, C.F., Smith, D. and Sporns, P., editor. **Handbook of Food Analytical Chemistry**. U.S.A.: Wiley–Interscience, New Jersey.
- Guajardo–Flores, D., García–Patiño, M., Serna–Guerrero, D., Gutiérrez–Uribe, J. A., & Serna–Saldívar, S. O. (2012). Characterization and quantification of saponins and flavonoids in sprouts, seed coats and cotyledons of germinated black beans. **Food chemistry**, 134(3), 1312–1319.
- Gunathilake, K. G. T., Herath, T., & Wansapala, J. (2016). Comparison of physicochemical properties of selected locally available legumes varieties (Mung bean, Cowpea and Soybean). **Potravinarstvo**, 10(1), 424–430.
- Ji, H., Zhang, H., Li, H., & Li, Y. (2015). Analysis on the nutrition composition and antioxidant activity of different types of sweet potato cultivars. **Food and Nutrition Sciences**, 6(1), 161–167.
- Lee, J. H., Jeon, J. K., Kim, S. G., Kim, S. H., Chun, T., & Imm, J. Y. (2011). Comparative analyses of total phenols, flavonoids, saponins and antioxidant activity in yellow soy beans and mung beans. **International Journal of Food Science & Technology**, 46(12), 2513–2519.
- Pellati, F., Benvenuti, S., Magro, L., Melegari, M., & Soragni, F. (2004). Analysis of phenolic compounds and radical scavenging activity of *Echinacea* spp. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**. 35(2), 289–301.
- Simsek, S., & El, S. N. (2015). In vitro starch digestibility, estimated glycemic index and antioxidant potential of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) corm. **Food chemistry**, 168, 257–261.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela–Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin–ciocalteu reagent. **Methods in enzymology**, 299, 152–178.
- Sompong, R., Siebenhandl–Ehn, S., Linsberger–Martin, G., & Berghofer, E. (2011). Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. **Food chemistry**, 124(1), 132–140.
- Tang, Y., Cai, W., & Xu, B. (2015). Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. **Food Science and Human Wellness**, 4(3), 123–132.