ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งมันเทศสีม่วงต่อลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และทางด้านประสาทสัมผัสของเอแคลร์

หทัยชนก ลี้ปฐมากุล[1] สุพิชญา คำคม[2*]

Received : October 25, 2019
Revised : November 16, 2019
Accepted : December 23, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เอแคลร์ที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศสีม่วง (PSPF) ในระดับที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50) ซึ่งมันเทศสีม่วงเป็นแหล่งของสารแอนโทไซยานิน การวัดค่าสี (ค่าความสว่าง (*L**) ค่าความเป็นสีแดง (*a**) และค่าความเป็นสีเหลือง (*b**)) ของผลิตภัณฑ์เอแคลร์ด้วยเครื่องวัดสี พบว่าค่า *L** และ *b** มีค่าลดลง ในขณะที่ค่า *a** มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระดับของ PSPF เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ถึง 50 เมื่อประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เอแคลร์ที่ทดแทนด้วย PSPF ที่ร้อยละ 30 รวมทั้งศึกษาคุณภาพทางสีและประสาทสัมผัสของส่วนตัวไส้เอแคลร์ที่เสริมเนื้อมันเทศที่ระดับที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0, 15, 20 และ 25) พบว่าการเสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงที่ร้อยละ 25 ในส่วนของไส้เอแคลร์มีผลต่อคุณภาพของสี โดยมีค่า *a** เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า *L** และ *b** มีค่าลดลง จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เอแคลร์ (100 กรัม) พบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 26.85 โปรตีนร้อยละ 5.50 ไขมันร้อยละ 11.38 เถ้าร้อยละ 0.90 ความชื้นร้อยละ 55.37 และพบจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 1.8×10^3 CFU/g ดังนั้นสรุปได้ว่าการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 (เปลือกแป้ง) และเสริมเนื้อมันเทศสีม่วง (ตัวไส้) ร้อยละ 25 ทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการ และคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เอแคลร์เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : เอแคลร์, แป้งมันเทศสีม่วง, ลักษณะทางกายภาพ, คุณค่าทางโภชนาการ, ด้านประสาทสัมผัส

[1] 499/121 ศุภาลัย เอลีท แขวงพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400. e-mail : Hlspiral@hotmail.com

[2] หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail : supichaya_culinary@hotmail.com*

EFFECT OF PARTIAL REPLACEMENT OF WHEAT FLOUR WITH PURPLE SWEET POTATO FLOUR ON PHYSICAL, NUTRITIONAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF ÉCLAIR

Hathaichanok Leepathamakul[1] Supichaya Khumkhom[2*]

Abstract

The objective of this study was to investigate the physical, nutritional and sensory characteristics of Éclair substituted with different levels (0, 10, 20, 30, 40 and 50%) of purple sweet potato flour (PSPF) as sources of anthocyanin. colour parameters (lightness (*L**), redness (*a**) and yellowness (*b**)) of all Éclair were measured using a Hunter colorimeter. *L** and *b** values of Éclair decreased while *a** value increased with increase in level of PSPF from 0 to 50%. Sensory evaluation showed that Éclair substituted with 30% PSPF was acceptable. In addition, colour and sensory qualities of patties incorporated with purple sweet potato (PSP) at different levels (0, 15, 20 and 25%) were studied. PSP addition up to 25% had effect on the colour of patties and increased *a** value, while decreasing the *L** and *b** values of the patties. The patties incorporated with 25% PSP improved the overall sensory acceptance. The analysis of chemical composition of Éclair (100 grams) had carbohydrate content of 26.85%, protein content of 5.50%, fat content of 11.38%, ash content of 0.90%, moisture content of 55.37% and found microorganism less than 1.8×10^3 (CFU/g). Therefore, it can be concluded that the Éclair substituted with 30% PSPF and patties incorporated with 25% PSP improved the nutritional and the sensory characteristics of Eclair products.

Keyword : Éclair, purple sweet potato flour, physical characteristic, nutritional characteristic, sensory characteristic

[1] 499/121 Supalai elite , Phayathai , Ratchathewi , Bangkok 10400.e-mail : Hlspiral@hotmail.com

[2] Division of Home Economics, Faculty of Science and Technology, Phranakorn Si Ayutthaya Rajabhat University. e-mail :Supichaya_culinary@hotmail.com

**corresponding author , e-mail : supichaya_culinary@hotmail.com*

บทนำ

มันเทศ (Sweet potato) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Ipomoea batatas* L. เป็นพืชหัวใต้ดินที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมีการเพาะปลูกมากในหลายทวีป เช่น แอฟริกา อเมริกาใต้ และเอเชีย ซึ่งพันธุ์มันเทศที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ เช่น พันธุ์เนื้อสีขาว (white sweet potato) เนื้อสีเหลือง (yellow sweet potato) เนื้อสีส้ม (orange potato) และเนื้อสีม่วง (purple sweet potato) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอำเภอบางประหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่ามีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 851 ไร่ และมีผลผลิตเฉลี่ยต่อปี 2,700 ตัน ซึ่งหัวมันเทศสีม่วงมีราคาขายต่ำเฉลี่ยกิโลกรัมละ 8 บาท ซึ่งต่ำกว่ามันเทศสีม่วงญี่ปุ่นประมาณ 10-20 เท่า ดังนั้นการแปรรูปมันเทศสีม่วงให้อยู่ในรูปแป้งเพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารในกลุ่มผลิตภัณฑ์เบเกอรี่จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศ ซึ่งมันเทศเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ (Zhang *et al*., 2018; Guo *et al*., 2019) รวมทั้งยังมีวิตามิน เกลือแร่ ใยอาหาร และสารพฤกษเคมีที่สามารถออกฤทธิ์ได้ทางชีวภาพหลากหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) สารฟลาโวนอยด์ (flavonoid compounds) สารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) สารสีรงควัตถุแคโรทีนอยด์ (carotenoids) และพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) ที่มีฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือดและป้องกันโรคอ้วน (Jang *et al*., 2019; Zhuang *et al*., 2019) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Grace *et al*., 2014; Tang *et al*., 2015) ฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Chen *et al*., 2019) ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Tang *et al*., 2019) ยับยั้งการเกิดเนื้องอก (Wu *et al*., 2015) โดยกลุ่มและปริมาณของสารเหล่านี้ที่พบจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์และสีของเนื้อมันเทศ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tang และคณะ (2015) พบว่ามันเทศเนื้อสีม่วงมีสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานินในปริมาณสูง รวมทั้งยังมีฤทธิ์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระมากกว่ามันเทศเนื้อสีขาว สีส้ม และสีเหลือง (Tang *et al*., 2015) จากประโยชน์และความสำคัญของมันเทศสีม่วงจึงเป็นที่นิยมนำมาแปรรูปเป็นแป้งมันเทศสีม่วงและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์คุกกี้มันเทศสีม่วง (นรินทร์ เจริญพันธ์, 2561)

ชูเพสตรี (Choux pastry) มีต้นกำเนิดมาจากประเทศฝรั่งเศส ซึ่งคำว่าชู (Choux) ในภาษาฝรั่งเศส แปลว่า กะหล่ำปลี จึงเป็นที่มาของชื่อขนม เนื่องจากเมื่อบีบแป้งชูให้เป็นทรงกลมแล้วนำไปอบ เนื้อแป้งจะพองฟู และมีรอยแตกบนหน้าขนม ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกะหล่ำปลี โดยด้านในของชูจะกลวง เนื้อแป้งมีรสจืด สอดไส้ครีมรสหวานหอม (ดวงใจ สัมพันธ์ปรีดา, 2556) ซึ่งทำจากแป้งที่กวนสุกด้วยน้ำและไขมันแล้วตีรวมกับไข่ เพื่อให้แป้งขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบไอน้ำที่ระเหยจากความชื้นที่เกิดขึ้นในระหว่างการอบเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการขยายตัว คุณลักษณะของชูเพสตรีที่อบสุกแล้ว จะมีลักษณะพองเบา และภายในกลวง ซึ่งผลิตภัณฑ์จากที่เตรียมแป้งชูเพสตี้และเป็นที่นิยมกันมากในจำพวกชูเพสตรีทั้งหลาย ได้แก่ ครีมพัฟ (Craem puff) และเอแคลร์ (Eclairs) โดยครีมพัฟจะมีรูปร่างกลมหรือรี ในขณะที่เอแคลร์จะมีรูปร่างยาว ทั้งสองผลิตภัณฑ์นี้นิยมบรรจุไส้ด้วยครีมคัสตาร์ด (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2554) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เอแคลร์มีส่วนผสมหลักเป็นแป้งสาลี ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ และจากประโยชน์ในเชิงของสุขภาพของมันเทศสีม่วงจึงมีแนวคิดในการศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งมันเทศสีม่วงในผลิตภัณฑ์เอแคลร์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สูงขึ้น ซึ่งองค์ความรู้และเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่จากมันเทศสีม่วงที่ได้สามารถนำไปถ่ายทอดสู่ชุมชนท้องถิ่นหรือนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตเบเกอรี่เชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่เหมาะสมสำหรับการทดแทนแป้งสาลีต่อลักษณะสีและทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งเอแคลร์

2. เพื่อศึกษาปริมาณการเสริมเนื้อมันเทศสีม่วงที่มีต่อลักษณะของสี และทางด้านประสาทสัมผัสในส่วนของไส้ผลิตภัณฑ์เอแคลร์

3. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เอแคลร์

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง

นำมันเทศสีม่วงสายพันธุ์กะปิที่ซื้อมาจากเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศในอำเภอบางประหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง (purple sweet potato flour, PSPF) ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งโดยการนำมันเทศสีม่วงสายพันธุ์กะปิแท้ ซื้อมาจากกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศ อำเภอบางประหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น ปอกเปลือก และนำไปนึ่งตีบดละเอียด หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งด้วยไอน้ำความดันสูงที่อุณหภูมิ 120-170 องศาเซลเซียส แป้งมันเทศสีม่วงจะมีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ และจะถูกขูดออกโดยใบมีดที่สัมผัสกับผิวของลูกกลิ้ง หลังจากนั้นนำมันเทศสีม่วงที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด และนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.25 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1) และเก็บรักษาในถุงลามิเนทกันความชื้นที่ -20 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของแป้งมันเทศสีม่วงและแป้งสาลี

2. การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการทดแทนด้วย PSPF ในผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งและส่วนของไส้เอแคลร์

2.1 นำผลิตภัณฑ์เอแคลร์ที่ผ่านการคัดเลือกตำรับพื้นฐานมาศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการทดแทน WF บางส่วนด้วย PSPF ในผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งเอแคลร์ 6 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0 (100:0) สูตรควบคุม, ร้อยละ 10 (90:10), ร้อยละ 20 (80:20), ร้อยละ 30 (70:30), ร้อยละ 40 (60:40) และร้อยละ 50 (50:50) ของ WF ทั้งหมด

2.2 กรรมวิธีการผลิตเปลือกแป้ง (Crust) เริ่มต้นโดยการร่อนแป้งสาลีและแป้งมันเทศสีม่วงพักไว้ หลังจากนั้นนำน้ำกับเนยสดต้มจนเดือดและเติมแป้งลงไป กวนพอสุกยกลงพักไว้ให้อุ่น ใส่ไข่ไก่ลงตีให้เข้ากันทีละฟอง ตักส่วนผสมใส่ถุงบีบ บีบให้เป็นรูปร่างและนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ส่วนของไส้ (Patties) ใส่ส่วนผสมทั้งหมดลงในหม้อคนให้แป้งและเนื้อมันเทศสีม่วงละลาย (ร้อยละ 15, 20 และ 25) ยกขึ้นตั้งไฟกลาง กวนจนแป้งสุกและส่วนผสมข้นขึ้น ปิดเตา พักไว้ให้เย็น นำตัวไส้ใส่ถุงบีบ แล้วบีบเข้าด้านข้างของตัวเปลือกจนเต็ม (เสมอพร สังวาสี, 2558)

3. การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งและส่วนของไส้เอแคลร์

นำผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งเอแคลร์ที่ทดแทนด้วย PSPF ที่ระดับร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ของส่วนผสมของแป้งสาลีทั้งหมด และส่วนของไส้เอแคลร์ที่เสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงในระดับที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0, 15, 20 และ 25) มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-Point hedonic scale test จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน คะแนนเท่ากับ 1 คือไม่ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 9 คือ ชอบมากที่สุด

4. การวิเคราะห์ลักษณะสี องค์ประกอบทางเคมี และทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เอแคลร์

4.1 นำผลิตภัณฑ์เอแคลร์ (เปลือกแป้งและตัวไส้) ที่ผลิตได้มาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพดังต่อไปนี้ การวิเคราะห์ค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a^*) ด้วยเครื่องวัดค่าสี รุ่น Color Quest XE (Hunter Lab, USA)

4.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการ AOAC (2016) และการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ คือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) AOAC (2016)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

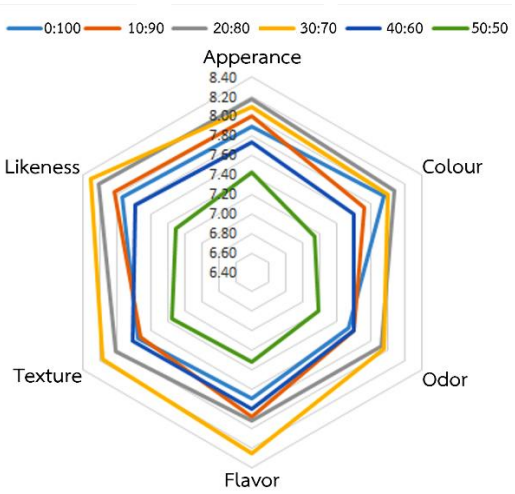
ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วย PSPF ในผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งเอแคลร์

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งเอแคลร์ (Crust) ที่ทดแทนด้วย PSPF ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด และนำมาประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9–point hedonic scaling test แสดงดังภาพที่ 2 พบว่าผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งเอแคลร์ที่ทดแทนด้วย PSPF ในปริมาณที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าคะแนนเฉลี่ยทุกคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เปลือกแป้ง (Crust) ที่ทดแทนด้วย PSPF ร้อยละ 30 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด มีค่าคะแนนเฉลี่ยในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

สูงที่สุด ซึ่งมีค่าคะแนนเท่ากับ 7.96, 8.26, 8.18 และ 8.32 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับความชอบมาก เนื่องจากการทดแทนด้วย PSPF ที่เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 30 ทำให้เปลือกแป้งเอแคลร์มีลักษณะเฉพาะตัวที่แปลกใหม่ รวมทั้งมีกลิ่นเฉพาะตัวที่เกิดจากสารประกอบระเหยที่ให้กลิ่นรส (volatile flavor compounds) จึงทำให้ผู้ทดสอบมีความชอบที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นในด้านลักษณะที่ปรากฏและสี มีค่าเฉลี่ยคะแนน 8.10 และ 8.00 ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งเอแคลร์ที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศสีม่วงที่ร้อยละ 20 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด



ภาพที่ 2 ค่าคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเปลือกแป้งเอแคลร์ (Crust) ที่ทดแทนด้วย PSPF ในระดับที่แตกต่างกัน

รองลงมา คือ ร้อยละ 20, 10, 0 (ชุดควบคุม), 40 และ 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยทุกคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสอยู่ในระดับความชอบน้อยถึงชอบปานกลาง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการทดแทนด้วย PSPF ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นนั้น มีผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชิม โดยผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งเอแคลร์ (Crust) ที่ทดแทนด้วย PSPF ร้อยละ 40 และ 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด มีคะแนนเฉลี่ยทุกคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสน้อยกว่าเอแคลร์ตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 1) ซึ่งอยู่ในระดับความชอบน้อย ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เอแคลร์ตำรับที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วย PSPF ร้อยละ 40 และ 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมนั่น เนื่องมาจากในส่วนของเปลือกแป้งเอแคลร์มีลักษณะของสีม่วงเข้มเกินไปจึงทำให้ผู้ทดสอบชิมไม่คุ้นเคยกับสีในลักษณะนี้ รวมทั้งยังมีกลิ่นเฉพาะตัวของพืชหัวใต้ดิน และรสชาติของแป้งมันเทศสีม่วงที่มีมากเกินไป รวมทั้งยังส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพ คือ มีเปลือกหนา การพองตัว ลักษณะภายในกลวงลดลง และมีปริมาตรต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากการที่สตาร์ชถูกเปลี่ยนมาเป็นเจลในขณะกระบวนการกวนแป้งสุกก่อน ซึ่งส่วนของเจลจะเกิดการขยายตัวพร้อมกับไข่ที่ขยายตัว และไอน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการอบ ทำให้เกิดโครงสร้างที่พองขยายตัวลดลง รวมทั้งการทดแทน PSPF ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนกลูเตน (gluten) ที่มีอยู่ในแป้งสาลีลดลง ทำให้กำลังของแป้ง (strength) มีความสามารถอุ้มก๊าซที่ขึ้นฟูไว้ได้น้อยลง (นรินทร์ เจริญพันธ์, 2561) ดังนั้น

เอแคลร์ที่ใช้แป้งสาลี (WF) ร้อยละ 100 (WF100: PSPF0) จึงมีความสามารถทำให้เกิดการขยายตัวดีภายในกลวง และการพองตัวขึ้นในระหว่างกระบวนการอบ ซึ่งสอดคล้องกับงานการวิจัยของ วิมลวรรณณุวาศและคณะ (2556) พบว่าขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีมีปริมาตรจำเพาะต่ำกว่าขนมปังที่ไม่ได้ผสมแป้งมันเทศสีม่วงและการเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 10 ถึง 30 ทำให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะลดลง ค่าความแน่นเนื้อและค่าความยืดหยุ่นลดลง เช่นเดียวกับสุจิตตา เรืองรัศมี และคณะ (2561) ทำการพัฒนาสูตรขนมปังแซนวิชโดยใช้รำข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 20 , 40, 60 และ 80 ของน้ำหนักแป้ง พบว่าการนำรำข้าวไรซ์เบอรี่ที่ผ่านการอบมาทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขนมปังแซนวิชมีค่าความแข็งสูงขึ้น แต่ค่าความยืดหยุ่นปริมาตรจำเพาะลดลง

คุณภาพสีของเปลือกแป้งเอแคลร์เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อตัวผลิตภัณฑ์ ผลจากการผลิตเอแคลร์โดยการทดแทน PSPF ในปริมาณที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0, 10, 20 , 30 ,40 และ 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด) แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าปริมาณการทดแทนจากร้อยละ 0 ถึง 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งเอแคลร์มีสีม่วงอ่อนถึงม่วงเข้ม โดยผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งเอแคลร์มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) โดยลดลงจาก 66.28 เป็น 35.05 และ 34.09 เป็น 3.83 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จาก 2.44 เป็น 7.40 เมื่อปริมาณการทดแทนของ PSPF เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ถึง 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนมีผลทำให้เปลือกแป้งเอแคลร์มีสีม่วงเพิ่มขึ้น เนื่องมาจาก PSPF ประกอบด้วยรงควัตถุสีม่วง-แดงของแอนโทไซยานินในปริมาณที่สูง โดยส่วนใหญ่เป็นสารแอนโทไซยานินกลุ่ม peonidin และ cyaniding 3 sophoroside-5-glucoside (Zhu *et al*, 2010) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดุลจิรา สุขบุญญสถิต และคณะ (2560) พบว่าคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีส้มมีค่า L^* ลดลง และค่า b^* เพิ่มขึ้น เนื่องจากมันเทศสีส้มมีรงควัตถุเป็นสารจำพวกแคโรทีนอยด์ ส่งผลให้คุกกี้มีความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งสุจิตตา เรืองรัศมี และคณะ (2561) พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอรี่ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ถึง 80 ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง ส่งผลให้ค่า L^* และค่า b^* ลดลง ในขณะที่ค่า a^* เพิ่มขึ้น เนื่องจากรำข้าวไรซ์เบอรี่มีรงควัตถุสีม่วง-น้ำเงินของแอนโทไซยานิน ส่วน Sirichokworakit และคณะ (2015) พบว่าการการเติมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่อุดมไปด้วยสารแอนโทไซยานิน ส่งผลให้สีของเส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่า L^* และ b^* ลดลง ในขณะที่ค่า a^* เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีสีม่วงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะสีของเปลือกแป้งผลิตภัณฑ์เอแคลร์ที่ทดแทน WF บางส่วนด้วย PSPF ในระดับที่แตกต่างกัน

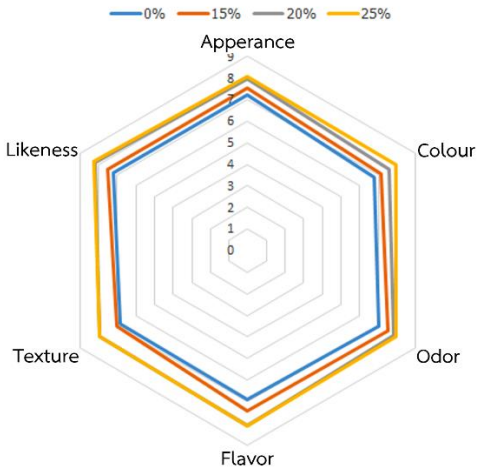
อัตราส่วนระหว่าง PSPF ต่อ WF		สีของเปลือกแป้งผลิตภัณฑ์เอแคลร์		
		*L**	*a**	*b**
0:100		66.28±1.16a	2.44±0.30d	34.09±1.36a
10:90		48.76±6.80b	3.57±0.80d	14.85±1.29b
20:80		48.64±2.26b	4.71±0.04c	11.67±0.36c
30:70		44.89±2.01bc	6.00±0.83b	7.38±1.25d
40:60		40.90±3.64d	6.99±0.39ab	5.06±1.31e
50:50		35.05±2.34d	7.40±0.13a	3.83±0.20e

[a-e]ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2. ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการเสริมเนื้อมันเทศสีม่วงในส่วนของไส้เอแคลร์

ผลการศึกษาทางด้านประสาทสัมผัสของไส้เอแคลร์ที่เสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงในระดับที่แตกต่างกัน (0, 15, 20 และ 25) ได้แก่ ด้านลักษณะที่ปรากฏ ด้านสี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าผู้ทดสอบชิมให้ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อส่วนของไส้ที่เสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงในแต่ละด้านแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนของไส้เอแคลร์ที่เสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงร้อยละ 25 มีค่าคะแนนเท่ากับ 8.08, 7.94, 7.92, 8.12, 7.94 และ 8.26 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับความชอบมาก ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเติมเนื้อมันเทศสีม่วงทำให้ส่วนของไส้เอแคลร์มีความหวานจากน้ำตาล (กรรณิการ์ กุลยะณี, 2557) มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวของพืชหัวใต้ดิน

และมีความข้นหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดกระบวนการเจลาติไนเซชัน (อัจฉรา ดลวิทยาคุณ, 2556) ดังนั้นจากผลการทดลองเมื่อเสริมเนื้อมันเทศสีม่วงร้อยละ 25 จึงทำให้ส่วนของไส้ผลิตภัณฑ์เอแคลร์มีลักษณะข้นหนืดไม่คืนตัว เมื่อนำมาบรรจุในเปลือกแป้งเอแคลร์จึงทำให้ส่วนของไส้ไม่ไหลออกมาภายนอกเปลือกแป้งเอแคลร์



ภาพที่ 3 ค่าคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไส้ผลิตภัณฑ์เอแคลร์ (Crust) ที่เสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงในระดับที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพสีของเนื้อมันเทศสีม่วงเมื่อนำมานึ่งให้สุก พบว่ามีค่า L^*, a^* และ b^* มีค่าเท่ากับ 44.12, 16.21 และ –7.85 ตามลำดับ เมื่อนำมาเนื้อมันเทศนึ่งสุกมาเสริมในส่วนของไส้เอแคลร์ในปริมาณร้อยละ 0 ถึง 25 ส่งผลทำให้ส่วนของไส้เอแคลร์มีค่า L^* และ b^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จาก 62.13 เป็น 22.19 และจาก 38.09 เป็น –5.29 ตามลำดับ ในขณะที่ค่า a^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จาก 1.94 เป็น 7.29 แสดงดังตารางที่ 2 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าส่วนของไส้เอแคลร์มีสีม่วงเพิ่มขึ้น ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของนวพร หงส์พันธุ์ (2019) พบว่าขนมอาลัวตำรับที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่โม่แห้งในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 25 ถึง 50 มีผลทำให้ขนมอาลัวมีสีม่วงอ่อนจนถึงม่วงเข้มจากสารสีแอนโทไซยานิน และจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมเนื้อมันเทศสีม่วงในส่วนของไส้เอแคลร์มีผลทำให้ไส้เอแคลร์มีสีม่วงเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ลักษณะสีในส่วนของไส้ผลิตภัณฑ์เอแคลร์ที่เสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงในระดับที่แตกต่างกัน

ปริมาณการเสริมเนื้อมันเทศสีม่วง (ร้อยละ)		ลักษณะของสีไส้ของผลิตภัณฑ์เอแคลร์		
		*L**	*a**	*b**
	0	62.13±1.16a	1.94±0.20d	38.09±1.36d
	15	34.20±0.30a	2.53±0.50c	-1.55±0.07a
	20	29.15±0.84b	5.88±0.09b	-3.05±0.07b
	25	22.19±0.41c	7.29±0.28a	-5.29±0.37c

[a-d] ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์เอแคลร์

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์เอแคลร์ตำรับควบคุมและผลิตภัณฑ์เอแคลร์ที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 30 ในส่วนของเปลือกแป้ง และการเสริมเนื้อมันเทศร้อยละ 25 ในส่วนของไส้เอแคลร์ ซึ่งได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าในตำรับควบคุมมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้า คาร์โบไฮเดรต และพลังงานทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 50.34, 5.72, 9.55, 0.13, 0.56, 19.58 และ 190.81 ตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์เอแคลร์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ (ในส่วนของเปลือกแป้งและส่วนของไส้) มีปริมาณความชื้นร้อยละ 55.37 โปรตีนร้อยละ 5.50 ไขมันร้อยละ 11.38 ใยอาหารร้อยละ 0.53 เถ้าร้อยละ 0.90 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 26.85 และพลังงานทั้งหมดร้อยละ 231.82 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีไขมันเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 9.55 เป็น 11.38 กรัม ใยอาหารเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.13 เป็น 0.53 กรัม เถ้าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.56 เป็น 0.90 กรัม คาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 190.81 เป็น 231.82 กรัม และใยอาหารเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.13 เป็น 0.53 กรัม เนื่องจากสารอาหารเหล่านี้มีอยู่ในมันเทศเนื้อสีม่วง เมื่อนำมาทดแทนในส่วนของเปลือกแป้งและเสริมในส่วนของตัวไส้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เอแคลร์มีคุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้น และเมื่อนำมาทดสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าผลิตภัณฑ์เอแคลร์มันเทศสีม่วงและเอแคลร์ตำรับควบคุมตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 1.8×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่างเอแคลร์ 1 กรัม ซึ่งค่าที่ได้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเอแคลร์ (มผช. 874/2548) ที่

กำหนดมาตรฐานที่กำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีได้ไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ดังนั้น ผลิตภัณฑ์เอแคลร์มันเทศสีม่วงสามารถรับประทาน และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เอแคลร์ตำรับควบคุมและเอแคลร์มันเทศสีม่วง

องค์ประกอบทางเคมี	ผลิตภัณฑ์เอแคลร์ (ตำรับควบคุม)	ผลิตภัณฑ์เอแคลร์มันเทศสีม่วง (เปลือก+ไส้)
ความชื้น	50.34	55.37
โปรตีน	5.72	5.50
ไขมัน	9.55	11.38
ใยอาหาร	0.13	0.53
เถ้า	0.56	0.90
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	19.58	26.85
พลังงานทั้งหมด	190.81	231.82

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เอแคลร์ด้วยการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วย PSPF ในปริมาณที่แตกต่างกันจากร้อยละ 0 ถึง 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนด้วย PSPF ในเปลือกแป้งเอแคลร์ ส่งผลให้เปลือกแป้งเอแคลร์มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น จึงทำให้เปลือกแป้งเอแคลร์มีสีม่วงแดงเพิ่มขึ้น โดยเปลือกแป้งเอแคลร์ที่ทดแทนด้วย PSPF ร้อยละ 30 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด มีค่าคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ด้านลักษณะที่ปรากฏ ด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุดแตกต่างอย่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรอื่น ๆ ซึ่งอยู่ในระดับความปานกลาง-ชอบมาก และเมื่อทำการศึกษาในส่วนของตัวไส้เอแคลร์ (patties) ที่เสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงในปริมาณที่แตกต่างกันจากร้อยละ 0 ถึง 25 ของส่วนผสมทั้งหมด พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อมันเทศสีม่วงทำให้ส่วนของตัวไส้เอแคลร์มีความข้นหนืด ไม่คืนตัวของแป้ง รวมทั้งส่งผลให้ความสว่าง (L^*) และ ค่าสีเหลือง (b*) ลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับในส่วนของเปลือกแป้งเอแคลร์ และเมื่อนำผลิตภัณฑ์เอแคลร์มันเทศสีม่วงดังกล่าว (เปลือกแป้ง+ส่วนของไส้เอแคลร์) มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และพลังงานรวมทั้งหมด เท่ากับ 55.37, 5.50, 11.38, 0.90, 26.85, 231.82 ตามลำดับ รวมทั้งการนำผลิตภัณฑ์เอแคลร์มันเทศสีม่วงไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ (Total plate count) พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 1.8×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเอแคลร์ (มผช. 874/2548) ที่กำหนดมาตรฐานที่กำหนดให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนีต่อ 1 กรัม ดังนั้นจากการพัฒนา

ตำรับผลิตภัณฑ์เอแคลร์มันเทศสีม่วงที่ทดแทนด้วย PSPF (ส่วนของเปลือกแป้ง) และเสริมเนื้อมันเทศสีม่วง (ส่วนของตัวไส้) จึงเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารแอนโทไซยานิน รวมทั้งการศึกษาฤทธิ์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระในส่วนของเปลือกแป้งและส่วนของไส้ผลิตภัณฑ์เอแคลร์

2. แป้งมันเทศสีม่วงเป็นแป้งที่ปราศจากโปรตีนกลูเตน ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่แพ้กลูเตน (Coeliac disease) ในการนำมาทดแทนในผลิตภัณฑ์กลุ่มเบเกอรี่ควรพิจารณาชนิดของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น และความยืดหยุ่นต่ำลง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการอนุเคราะห์และสนับสนุนเครื่องมือวิจัยจากสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2554). *เบเกอรี่และเทคโนโลยีเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดุลจิรา สุขบุญญสถิตย์ บุษยา เรืองศักดิ์ วาทิตย์ ศรีทอง และโสภิดา เชื้อขุดทด. (2560). ผลของการใช้แป้งมันเทศทดแทนแป้งสาลีต่อคุณลักษณะของคุกกี้. *แก่นเกษตร 45 (ฉบับพิเศษ 1)*: 1060-1065.

นวพร หงส์พันธุ์ กีรติ เงินสมบัติ และอินทุพร รัตนพิบูรย์. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 24*(2): 782-794.

นรินทร์ เจริญพันธ์. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากมันเทศ. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 13*(1): 32-43.

วิมล วรรณุวาศ ณัฏฐา คงโนนกอก และอโนชา สุขสมบูรณ์. (ม.ป.ป) ผลของการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่มีต่อคุณลักษณะของขนมปัง. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44*(2) (พิเศษ): 241-244

สุจิตตา เรืองรัศมี กนกวรรณ จัดวงษ์ และอบเชย วงศ์ทอง. (2561). การพัฒนาสูตรขนมปังแซนวิชโดยใช้รำข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลี. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 13*(1): 123-138.

เสมอพร สังวาสี. (2558). *จานอร่อย ขนมอบ*. สำนักพิมพ์อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง: กรุงเทพมหานคร.

Chen, H., Sun, J., Liu, J., Gou, Y., Zhang, X., Wu, X., Sun, R., Tang, S., Kan, J., Qian, C., Zhang, N. & Jin, C. (2019). Structural characterization and anti-inflammatory activity of alkali-soluble polysaccharides from purple sweet potato. *International Journal of Biological Macromolecules. 131*: 484-494.

Grace, M.H., Yousef, G.G., Gustafson, S.J., Truong, V.D., Yencho, G.C. & Lila, M.A. (2014). Phytochemical changes in phenolics, anthocyanins, ascorbic acid, and carotenoids associated with sweet potato storage and impacts on bioactive properties. *Food Chemistry. 145*: 717-724.

Guo, K., Liu, T., Xu, A., Zhang, L., Bian, X. & Wei, C. (2019). Structural and functional properties of starches from root tubers of white, yellow, and purple sweet potatoes. *Food Hydrocolloids. 89*: 829-836.

Jang, H.H., Kim, H.W., Kim, S.Y., Kim, S.M., Kim, J.B. & Lee, Y.M. (2019). In vitro and in vivo hypoglycemic effects of cyaniding 3-caffeoyl-phydroxybenzoylsophoroside-5-glucoside, an anthocyanin isolated from purple-fleshed sweet potato. *Food Chemistry. 272*: 688-693.

Sirichokworrakita, S., Phetkhuta, J. & Khommoon, A. (2015). Effect of Partial Substitution of Wheat Flour with Riceberry Flour on Quality of Noodles. *Procedia-Social and Behavioral Sciences. 197*: 1006-1012.

Tang, C., Sun, J., Liu, J., Jin, C., Wu, X., Zhang, X., Chen, H., Gou, Y., Kan, J., Qian, C. & Zhang, N. (2019). Immune-enhancing effects of polysaccharides from purple sweet potato. *International Journal of Biological Macromolecules. 123*: 923-930.

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*: 123-132.

Wang, S., Nie, S. & Zhu, F. (2016). Chemical constituents and health effects of sweet potato. *Food Research International. 89*: 90-116.

Wu, Q., Qu, H., Jia, J., Kuang, C., Wen, Y., Yan, H. & Gui, Z. (2015). Characterization, antioxidant and antitumor activities of polysaccharides from purple sweet potato. *Carbohydrate Polymers. 132*: 31-40.

Zhang, L., Zhao, L., Bian, X., Guo, K., Zhou, L. & Wei, C. (2018). Characterization and comparative study of starches from seven purple sweet potatoes. *Food Hydrocolloids. 80*: 168-176.

Zhuang, J., Lu, J., Wang, X., Wang, X., Hu, W., Hong, F., Zhao, X.X. & Zheng, Y.L. (2019). Purple sweet potato color protects against high-fat diet-induced cognitive

deficits through AMPK-mediated autophagy in mouse hippocampus. *Journal of Nutritional Biochemistry. 65*: 35-45.

Zhu, F., Cai, Y. Z., Yang, X. S., Ke, J. X., & Corke, H. (2010). Anthocyanins, hydroxycinnamic acid derivatives, and antioxidant activity in roots of different Chinese purple-fleshed sweet potato genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry. 58*: 7588-7596.