Prawarun Agr. J. Volume 17(2) 2020, 273-287

บทความวิจัย

Received: April 15, 2020; Accepted: December 8, 2020

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง

เพียรพรรณ สุภะโคตร*, ศิวพร แซ่เล้า และ อรวรรณ ใบศิลา

สาขาวิชานวัตกรรมอาหารและแปรรูป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปังร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้ง โดยวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ และอายุการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้น กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ลักษณะทางกายภาพ คือ ค่าสีแดง (a*) ค่าความแข็ง ค่าความเหนียว และค่าต้านทานการเคี้ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) สำหรับปริมาตรจำเพาะ, ค่าความสว่าง (L*), ค่าสีเหลือง (b*) และค่าความยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลง การประเมินทางประสาทสัมผัสของขนมปังด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าค่าคะแนนโดยรวมที่ระดับการทดแทนร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักแป้ง มีค่าคะแนนความชอบโดยรวม 7.89, 7.94, 7.97 และ 7.86 ตามลำดับ ($p > 0.05$) ดังนั้นการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้งเป็นสูตรที่ดีที่สุด เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับขนมปังสูตรควบคุม และมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมดสูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) การประเมินอายุการเก็บรักษา พบว่าขนมปังมีอายุการเก็บรักษาต่ำกว่า 4 วัน ขนมปังพบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา มากกว่า 1×10^4 CFU/ และ 10^2 CFU/ ตัวอย่าง 1 กรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ: แป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดง ขนมปัง และ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: pianpan.sp@bru.ac.th

Prawarun Agr. J. Volume 17(2) 2020, 273-287

Replacement of Wheat Flour with Red Jasmine Brown Rice Flour in Bread Product

Pianpan Supakot*, Siwaporn Saelao and Orlawan Bisila

Food Innovation and Processing, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University, Muang District, Buriram Province 31000, Thailand

Abstract

This research aimed to study the substitution of wheat flour with red jasmine brown rice flour on bread. The red jasmine brown rice flour was supplemented at 0, 5, 10, 15 and 20% of flour weight. The physical, chemical properties and shelf-life were analyzed. The experimental results showed that the moisture, antioxidant activity, total phenolic content and total anthocyanin content were increased with increasing in the content of red jasmine brown rice flour. Physical properties in terms of redness (a*), hardness, gumminess and chewiness were increased as increasing of the red jasmine brown rice flour content ($p \leq 0.05$). However, the volume, specific volume, brightness (L *), yellowness (b *) and springiness were decreased. Sensory evaluation of the bread by the 9-point hedonic scale, the overall liking score replacement at 0, 5, 10 and 15% of flour weight were 7.89, 7.94, 7.97 and 7.86, respectively ($p \leq 0.05$). Therefore, replacing the red jasmine rice flour at 5% of the flour weight provided the best formula for the bread production, reflected by the similarity of physical characteristics compared to the controlled bread and, furthermore, with higher total phenolic content, total anthocyanin content and antioxidant activity than the controlled ($p \leq 0.05$). The evaluation shelf-life of the bread was less than 4 days, this was because of fact that the bread contained total bacterial count, yeasts and mold count higher than 1×10^4 CFU/g sample and 10^2 CFU/ g sample, respectively.

Keywords: Brown Jasmin Rice Flour, Bread and Bioactive compound

* Corresponding author: E-mail: pianpan.sp@bru.ac.th

บทนำ

ขนมปังเป็นหนึ่งในอาหารที่แพร่หลายมากที่สุดและเป็นอาหารพื้นฐานในหลายประเทศ ขนมปังเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ทำมาจากแป้งสาลี (Ibidapo *et al*., 2020) ผู้บริโภคเลือกรับประทานเป็นอาหารว่าง เนื่องจากขนมปังมีลักษณะเนื้อละเอียดนุ่ม สามารถรับประทานคู่กับนม กาแฟ เนย แยม ได้อย่างหลากหลาย ขนมปังมีส่วนผสมหลักคือ แป้งสาลี, เนยขาว, นมข้นจืด, ไข่ไก่, น้ำตาล, ยีสต์, น้ำ และเกลือ (Ibidapo *et al*., 2020) อย่างไรก็ตามขนมปังที่ทำจากแป้งสาลีมีคุณค่าทางโภชนาการ และสารต้านอนุมูลอิสระต่ำจึงมีการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังด้วยการเสริมและการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งชนิดอื่นเพื่อลดการนำเข้าแป้งสาลีที่มีราคาแพง และสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพให้กับผลิตภัณฑ์ขนมปังได้ (Dziki *et al*., 2014; Ibidapo et al., 2020)

ข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีคุณสมบัติเด่นทางด้านโภชนาการ โดยจะมีดัชนีน้ำตาลต่ำ ช่วยในการป้องกันและบรรเทาโรคเบาหวานได้ดี ข้าวหอมมะลิแดงน่าจะเป็นข้าวพื้นเมืองที่มีดัชนีน้ำตาลที่เหมาะกับการส่งเสริมให้ผู้บริโภคที่อยู่ในภาวะปกติ หรือผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 รับประทาน เพราะเมื่อรับประทานข้าวชนิดนี้เข้าไปแล้วร่างกายจะมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มสูงขึ้นช้ากว่าข้าวเจ้าทั่วไป ที่สำคัญในข้าวกล้องทุกชนิดจะมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ได้แก่ ทองแดง ธาตุเหล็ก เบต้าแคโรทีน วิตามินอี ลูทีน สูง ในข้าวกล้องหอมมะลิแดง มีสารทองแดง ธาตุเหล็ก เบต้าแคโรทีน วิตามินอี และลูทีนสูง (Sies, 1997) ซึ่งการบริโภคอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ จะช่วยลดอัตราการเกิดโรคมะเร็ง ลดอัตราเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดและหัวใจ โรคความจำเสื่อม โรคไขข้ออักเสบ แก่เร็ว มีสารอาหารจำพวกแป้ง ไขมันไม่อิ่มตัว ไม่มีคลอเรสเตอรอล โปรตีน ช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย ฟอสฟอรัส ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูกและฟัน แคลเซียมช่วยลดอาการเป็นตะคริว วิตามินบี 1 ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา วิตามินบี 2 ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอก ทองแดงช่วยในการสร้างเม็ดเลือด ใยอาหารป้องกันอาหารท้องผูก (Sukhonthara *et al.,* 2009) ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าข้าวกล้องหอมมะลิแดง และลดการนำเข้าแป้งสาลีที่เป็นวัตถุดิบหลักในการทำขนมปังจากต่างประเทศ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ขนมปัง

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงด้วยการนำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาบดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง ยี่ห้อ Grinder รุ่น WF-10B) จากนั้นนำแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมครอน (ความชื้น 12.05±0.03 % dry basis) และบรรจุแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในถุงซิปล็อคและเก็บในโถดูดความชื้นจนกว่าจะทำการทดลองภายใน 1 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 1 องศาเซลเซียส)

การผลิตขนมปังด้วยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดง 5 ระดับคือร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้ง มีส่วนประกอบคือแป้งสาลี, แป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดง, เนยขาว, นมข้นจืด, ยีสต์แห้ง,

น้ำตาล, ไข่ไก่, น้ำ และเกลือ ผสมแป้งสาลีกับแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงและส่วนผสมอื่นๆ ในเครื่องนวดผสมยี่ห้อ KitchenAid รุ่น Artisan CA นวดส่วนผสมโดยใช้หัวตีแบบตะขอเป็นเวลาประมาณ 15 นาที จนได้ก้อนโดที่เรียบเนียน ยืดหยุ่น ไม่เหนียวติดมือ และสามารถแผ่เป็นแผ่นบางได้โดยไม่ขาดง่าย นำโดออกจากเครื่องพักไว้ 10 นาที แบ่งโดเป็นก้อนน้ำหนักก้อนละ 105 กรัม คลึงเป็นก้อนกลมพักไว้ 10 นาที จากนั้นคลึงโดด้วยไม้คลึงแป้งให้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าแล้วม้วนเป็นท่อนกลม ความยาวเท่าขนาดของพิมพ์ กดด้านริมก้อนโดให้ตะเข็บปิดสนิท วางในพิมพ์อลูมิเนียมขนาด 10x5x5 cm^3 โดยให้ตะเข็บอยู่ด้านล่าง บ่มให้ขึ้นฟูที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75% เป็นเวลา 50 นาที แล้วนำไปอบด้วยตู้อบยี่ห้อ Semon รุ่น MX-D024E ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำขนมปังออกจากเตาอบ พักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และเก็บในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีนเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ การประเมินทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษา

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

วิเคราะห์ค่าความชื้นตามวิธีของ AOAC, (2000) ชั่งตัวอย่างแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดง และขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดง ประมาณ 3±0.05 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมที่ผ่านการอบไล่ความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ และนำไปคำนวณหาปริมาณความชื้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียกดังสมการที่ (1)

$$\text{ความชื้น (\% wet basis)} = \frac{\text{น้ำหนัก ตย.ก่อนอบ-น้ำหนัก ตย.หลังอบ}}{\text{น้ำหนัก ตย.ก่อนอบ}} \times 100 \quad (1)$$

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดัดแปลงจากวิธีของ Amarowicz *et al*. (2004) ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้น 80% และเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที นาน 2 ชั่วโมง นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำตัวอย่างที่สกัดได้ 77 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น $6x10^{-5}$ โมลาร์ ในตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้น 80% ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง นาน 20 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Analytik Jena AG รุ่น SPECORD® 200 PLUS และนำค่าที่วัดได้คำนวณหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระตามสมการที่ (2)

$$\% \text{ inhibition} = \frac{(A_{control} - A_{sample})}{A_{control}} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ $A_{Control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ blank

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดด้วยวิธี pH-differential ดัดแปลงจากวิธีของ Abdel-Aal and Hucl (1999) ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม สกัดด้วยเมทานอลความเข้มข้น 70% และกรดไฮโดรคลอริก 1.5 โมล/ลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และนำสารสกัดที่ได้ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตสารสกัดที่เตรียมไว้มา 2 มิลลิลิตร

ผสมกับบัฟเฟอร์ pH 1.0 (0.025 โมล/ลิตร) ปริมาณ 8 มิลลิลิตร และปิเปตสารสกัด 2 มิลลิลิตร ผสมกับบัฟเฟอร์ pH 4.5 (0.400 โมล/ลิตร) ปริมาณ 8 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Analytik Jena AG รุ่น SPECORD® 200 PLUS โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank และนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด แสดงในรูปของ cyanin-3-glucoside แสดงในหน่วยมิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามสมการที่ (3)

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานิน} = \frac{(A \times MW \times DF \times 10^3)}{\varepsilon \times l} \quad (3)$$

เมื่อ

A = (A510-A700) pH1.0- (A510-A700) pH 4.5

MW = 449.2 g/mol (น้ำหนักโมเลกุลของ cyanin-3-glucoside)

ε = 26900 L/mol/cm (Molar absorptivity)

L = 1 cm (ความกว้างของ cuvette)

DF = Dilution Factor ของสารละลายตัวอย่าง

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดดัดแปลงจากวิธีของ Singleton *et al*. (1999) ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 80% เขย่าด้วยเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ นาน 2 ชั่วโมง และนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารสกัด 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-ciocalteu´s reagent ความเข้มข้น 10% ปริมาณ 5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7.5% ปริมาณ 4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Analytik Jena AG รุ่น SPECORD® 200 PLUS ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปแทนค่าเพื่อคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลิกช่วงความเข้มข้น 0, 20, 40, 60 และ100 ppm แสดงในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของตัวอย่าง (mg GAE/100 g sample) ดังสมการที่ (4)

$$y = 0.0117x+0.0591 \quad (4)$$

เมื่อ y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

x คือ ความเข้มข้นของ gallic acid (mg GAE/g)

วิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสีดัดแปลงจากวิธีของ Ghoshal *et al*. (2013) นำตัวอย่างมาวัดค่าสี L*, a*, b* ด้วยระบบ CIE Lab ด้วยเครื่องวัดสียี่ห้อ Hunter lab รุ่น Color Flex EZ นำค่าเฉลี่ยของค่า L*, a*และ b* มาคำนวณหาค่า Hue angle, Chroma และความแตกต่างของสี (ΔE) เทียบกับตัวอย่างสูตรควบคุม ตามสมการ (5), (6) และ (7)

$$\text{Hue angle} = \tan^{-1}[b^*/a^*] \quad (5)$$

$$\text{Chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (6)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)]^{1/2} \quad (7)$$

เมื่อ L* คือ ค่าความสว่าง

a* คือ ค่าสีแดงและสีเขียว

b* คือ ค่าสีเหลืองและน้ำเงิน

การวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะ และความหนาแน่นของขนมปัง

การวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะของขนมปัง (Hathorn *et al*., 2008) ด้วยวิธีการแทนที่ก้อนขนมปังด้วยงา โดยการชั่งน้ำหนักของขนมปังที่เย็นแล้วจดบันทึก วัดปริมาตรเริ่มต้นของงาขาวโดยการนำงาขาวใส่ลงไปให้เต็มกับภาชนะที่มีความสูง และความกว้างมากกว่าขนาดของขนมปังที่ตรวจสอบ แล้ววัดปริมาตรของงาขาวด้วยกระบอกตวง จดบันทึกค่า จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาตร ปริมาตรจำเพาะ และความหนาแน่นของขนมปัง ดังสมการที่ (8), (9) และ (10) ตามลำดับ

ปริมาตรของขนมปัง (cm^3) = ปริมาตรภาชนะ-ปริมาตรเมล็ดงาที่เติมในภาชนะ (8)

ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g) = $\frac{\text{ปริมาตรของขนมปัง}}{\text{น้ำหนักของขนมปัง}}$ (9)

ความหนาแน่นโดยรวม (g/cm^3) = $\frac{\text{น้ำหนักของขนมปัง}}{\text{ปริมาตรของขนมปัง}}$ (10)

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสดัดแปลงจากวิธีของ AACC. (2000) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Brookfield รุ่น TA.XT2 โดยใช้หัววัดแบบ cylindrical probe (TA4/1000) นำตัวอย่างขนมปังตัดเป็นชิ้นหนา 2.5 เซนติเมตร วางตรงกลางฐานรองตัวอย่าง ด้วยการตั้งสภาวะของเครื่องดังนี้ Tigger load 20 g, Test speed 2 mm/s, Pre-test speed 2 mm/s, Post-test speed 2 mm/s และ Distance target 8.0 mm (40% ของความสูงขนมปัง) โดยวัดค่า Firmness, Springiness, Gumminess และ Chewiness ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

การประเมินทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินทางประสาทสัมผัสของขนมปังด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (9 หมายถึงชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 35 คน ทั้งเพศชายและหญิงที่ไม่ได้รับการฝึกฝน (Untrained panel) ผู้ทดสอบชิมแต่ละคนจะทำการทดสอบชิมตัวอย่างขนมปัง 5 ตัวอย่าง โดยผู้ทดสอบชิมประเมินความชอบด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม

การศึกษาอายุการเก็บรักษา

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของตัวอย่างขนมปัง โดยการนำขนมปังใส่ถุงโพลีโพรพีลีน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28 ±1 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 วัน และวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และราในวันที่ 0 และ วันที่ 4 ดัดแปลงจากวิธีการของ AOAC, (2000)

การวางแผนการทดลอง

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี การประเมินทางประสาทสัมผัส และการศึกษาอายุการเก็บรักษาที่ได้ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Complete Block Design: CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS Version 17

ผลการวิจัย

จากการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 นำตัวอย่างขนมปังไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ การประเมินทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษา พบว่าขนมปังที่มีการเพิ่มระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงทำให้ปริมาณความชื้นในขนมปังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Table 1) ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงทำให้สัดส่วนของโปรตีนกลูเต็นในส่วนผสมลดลงเป็นผลให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยลงเมื่อปริมาณกลูเต็นลดลง

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบว่าเมื่อมีการทดแทนปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แอนโธไซยานินทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในแป้งข้าวหอมมะลิแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และแอนโธไซยานินสูงกว่าแป้งสาลี ส่งผลทำให้เมื่อทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้นจึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดซึ่งสอดคล้องกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH scavenging activity พบว่าเมื่อมีการทดแทนปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้นทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Table 2) ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีองค์ประกอบของสารแอนโทไซยานินทั้งหมด สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและองค์ประกอบอื่นๆ เช่นสารต้านอนุมูลอิสระ (Adom and Liu, 2002)

จากการทดลองพบว่าเมื่อมีการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาตรและปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ สำหรับความหนาแน่นได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) (Table 2) ความหนาแน่นของขนมปังมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาตรและปริมาตรจำเพาะกล่าวคือเมื่อปริมาตรและปริมาตรจำเพาะลดลงความหนาแน่นของขนมปังจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับร้อยละ 20 ปริมาตร และปริมาตรจำเพาะน้อยที่สุดแต่มีความหนาแน่นมากที่สุด (Table 2)

จากการวิเคราะห์ค่าสีของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับต่างๆ พบว่าเมื่อมีการทดแทนปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้นค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเหลือง (b*) ของขนมปังมีแนวโน้มลดลง แต่ค่าสีแดง (a*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีขึ้นการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น (Table 3) โดยมีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีรงค์วัตถุสีแดง ตามธรรมชาติ คือ สารแอนโทไซยานิน ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณข้าวกล้องหอมมะลิแดงมากขึ้นในการผลิตขนมปังทำให้ขนมปังที่ได้มีค่า L* และ b* ลดลง แต่มีค่า a* และ ค่าความต่างของสี (ΔE) เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างสูตรควบคุม สำหรับค่าความอิ่มตัวของสี (chroma) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 1 Total phenolic content, total anthocyanin content and antioxidant activity of bread product with replacement of wheat flour by Jasmine rice flour at different levels

Red jasmine brown rice flour (%)	Moisture content (%dry basis)	Total phenolic content (mg GAE/100 g sample)	Total anthocyanin content (mg/100 g sample)	DDPH radical scavenging activity
0	28.79^{e}±0.83	42.04^{d}±4.38	ND	20.96^{e}±0.61
5	31.08^{d}±0.53	51.91^{c}±1.16	10.52^{c}±0.65	28.35^{d}±0.41
10	33.17^{c}±0.77	55.67^{b}±1.02	14.33^{b}±3.24	33.99^{c}±0.85
15	34.64^{b}±0.91	56.87^{b}±1.92	18.78^{a}±0.44	37.00^{b}±0.78
20	36.06^{a}±0.55	61.98^{a}±2.80	19.39^{a}±0.78	42.14^{a}±1.41

Data are presented as mean value ± standard deviation from triplicate experiments.

$^{a-e}$ Mean value listed in columns with different letters indicate statistically significant differences ($p \leq 0.05$).

Table 2 Specific volume and density of bread product with replacement of wheat flour by red jasmine rice flour at different levels

Red jasmine brown rice flour (%)	Specific volume (cm^3)	Density (g/cm^3)
0	5.29^{a}±0.02	0.18^{c}±0.02
5	5.01^{a}±0.04	0.20^{c}±0.01
10	4.57^{b}±0.92	0.22^{b}±0.02
15	4.20^{c}±0.13	0.24^{b}±0.01
20	3.32^{d}±0.18	0.30^{a}±0.02

Data are presented as mean value ± standard deviation from triplicate experiments.

^{a,b,c,d} Mean value listed in columns with different letters indicate statistically significant differences ($p \leq 0.05$)

Table 3 Color value of bread product with replacement of wheat flour by red jasmine rice flour at different levels

Red jasmine brown rice flour (%)	Color					
	L*	a*	b*	Chroma^{ns}	Hue angle	ΔE*
0	72.00^{a}±1.73	3.45^{c}±0.64	21.04^{a}±1.95	21.08±1.78	80.71^{a}±1.22	-
5	70.44^{b}±0.38	4.84^{c}±1.77	19.19^{a}±1.14	20.39±0.55	76.05^{b}±4.36	4.07^{c}±1.14
10	67.82^{c}±1.34	6.56^{bc}±0.48	18.58^{a}±0.39	19.69±0.45	70.55^{c}±1.28	6.10^{c}±1.52
15	64.57^{d}±0.36	7.65^{ab}±0.48	18.02^{ab}±0.43	19.57±0.54	67.00^{d}±1.01	9.24^{b}±1.21
20	60.63^{e}±0.28	8.52^{a}±0.32	17.99^{b}±0.13	19.93±0.20	64.66^{d}±0.71	12.93^{a}±1.21

Data are presented as mean value ± standard deviation from triplicate experiments

^{a,b,c,d} Mean value listed in columns with different letters indicate statistically significant differences ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับต่างๆ ด้วยเครื่อง Texture Analyzer พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขนมปังมีค่าความแข็ง (hardness) ค่าความเหนียว (gumminess) และค่าการทนต่อการเคี้ยว (chewiness) สูงขึ้น และค่าความยืดหยุ่น (springiness) ลดลงตามลำดับ ($p \leq 0.05$) (Table 4)

จากการประเมินทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับต่างๆ เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดโดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 35 คน เพื่อประเมินลักษณะของขนมปังด้านสี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale กำหนดให้ 9 = ชอบมากที่สุด และ 1= ไม่ชอบมากที่สุด พบว่าเมื่อมีการทดแทนปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้นทำให้ค่าคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในส่วนของค่าคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส และความชอบโดยรวมในระดับการทดแทนที่ระดับร้อยละ 5, 10 และ 15 ได้รับการยอมรับมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแป้งสาลีล้วน และการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงได้เลือกผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับร้อยละ 5 เนื่องจากขนมปังมีค่าความแข็ง ค่าความนุ่ม และค่าความยืดหยุ่น ปริมาตรจำเพาะ และความหนาแน่น และค่าคะแนนความชอบโดยรวมใกล้เคียงสูตรควบคุม และมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด และสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสูตรควบคุม

Table 4 Texture properties of bread product with replacement of wheat flour by red jasmine rice flour at different levels

Red jasmine brown rice flour (%)	Texture Properties			
	Hardness (g)	Springiness (mm)	Gumminess (g)	Chewiness (mJ)
0	234.00^{d}±14.26	7.16^{a} ±0.08	170.53^{d}±17.65	12.05^{d}±1.38
5	274.67^{c}±17.08	7.07^{ab}±0.06	207.73^{c}±3.95	14.29^{c}±0.22
10	316.00^{b}±22.52	6.87^{b} ±0.19	241.27^{b}±8.47	16.22^{b}±0.59
15	409.33^{a}±20.04	6.86^{b} ±0.19	279.80^{a}±3.28	18.02^{a}±0.46
20	442.17^{a}±20.04	6.57^{c} ±0.17	288.03^{a}±17.19	19.47^{a}±1.28

Data are presented as mean value ± standard deviation from triplicate experiments.

^{a,b,c,d} Mean value listed in columns with different letters indicate statistically significant differences ($p \leq 0.05$).

ns = not significantly different

Table 5 sensory evaluation of bread product with replacement of wheat flour by red jasmine rice flour at different levels

Red jasmine brown rice flour (%)	Color	Odor	Flavor	Texture	Overall acceptance
0	6.57^{b}±1.52	7.29^{a}±0.99	6.69^{b}±1.47	7.20^{a}±0.833	7.89^{a}±1.28
5	7.63^{a}±1.29	7.57^{a}±1.22	7.54^{a}±1.52	7.77^{a}±1.35	7.94^{a}±1.16
10	7.54^{a}±1.01	7.71^{a}±0.96	7.81^{a}±1.14	7.77^{a}±1.35	7.97^{a}±1.04
15	7.34^{a}±1.33	7.20^{a}±1.30	7.54^{a}±0.78	7.74^{a}±0.98	7.86^{a}±0.73
20	6.29^{b}±2.26	6.54^{b}±2.06	6.51^{b}±1.88	6.31^{b}±2.12	5.97^{c}±2.13

Data are presented as mean value ± standard deviation from triplicate experiments

^{a,b,c} Mean value listed in columns with different letters indicate statistically significant differences ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของขนมปังที่อุณหภูมิห้องในถุงพลาสติกซิปล็อก พบว่าอายุการเก็บรักษาของขนมปังมีอายุการเก็บรักษาต่ำกว่า 4 วัน จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของขนมปังสูตรมาตรฐาน และสูตรที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงร้อย 5 พบว่าวันที่ 0 ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ วันที่ 4 พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 8.2 x 10^4 CFU/g และ 6.28x10^4 CFU/g ตามลำดับ (Table 6) ซึ่งเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมปังที่กำหนดไว้ว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจะต้องน้อยกว่า 1x10^4 CFU/g (มผช.747/2555) และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา ในวันที่ 0 ไม่พบจำนวนยีสต์และรา วันที่ 4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ราเท่ากับ 6.28x10^5CFU/g และ 8.28x10^5 ตามลำดับ ซึ่งเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมปังที่กำหนดไว้ว่าปริมาณยีสต์ราต้องน้อยกว่า 1x10^2 CFU/g (มผช. 747/2555)

Table 6 Total plate count and yeast mold of bread product with replacement of wheat flour by red jasmine rice flour at different levels

Red jasmine brown rice flour (%)	Day	Total plate count (CFU/g)	Yeast & Mold (CFU/g)
0	0	ND	ND
5		ND	ND
0	4	8.20 x 10^4 ± 0.36	2.00 x 10^4 ± 0.40
5		6.28 x 10^5 ± 0.27	8.28 x 10^5 ± 0.33

ND: Not detect

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ การประเมินทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษา พบว่าปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น เนื่องจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงทำให้สัดส่วนของโปรตีนกลูเตนในส่วนผสมลดลง ซึ่งปริมาณแป้งสาลีลดลงเป็นผลให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะลดลงและความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจึงทำให้น้ำในส่วนผสมของขนมปังระเหยออกจากโครงสร้างของขนมปังได้น้อยลง (Chutamas and Woralak., 2017) นอกจากนี้แป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีความชื้นมากกว่าแป้งสาลีเมื่อทดแทนในปริมาณที่มากขึ้นจึงทำให้ขนมปังมีความชื้นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สำหรับแอนโทไซยานินทั้งหมด สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีปริมาณ 220.23 ± 3.45 mg GAE/100 g sample และ 51.24±1.27 mg/100 g sample ตามลำดับ เมื่อมีการ

ทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ยังไม่ผ่านการผสมในขนมปัง เพราะในการทำขนมปังมีการอบที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้สารสำคัญดังกล่าวเกิดการออกซิเดชันด้วยความร้อนสูง แต่อย่างไรก็ตามสารสำคัญดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม สอดคล้องงานวิจัยของ Thitipramote *et al*. (2016) พบว่าข้าวพันธุ์สีแดง (ข้าวหอมมะลิแดง) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tian *et al*. (2004) และ Zhou *et al*. (2004) ที่พบว่าในเมล็ดข้าวสีน้ำตาล และสีแดงมีสารประกอบฟีนอลิกเป็นหลักจึงทำให้เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมากขึ้นส่งผลให้ขนมปังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น เนื่องจากในแป้งข้าวหอมมะลิแดงมีรงวัตถุสีแดง ซึ่งเป็นสีของแอนโทไซยานินแต่ในแป้งสาลีไม่พบปริมาณสารแอนโทไซยานิน เนื่องจากแป้งสาลีมีสีขาวนวล สอดคล้องกับการศึกษาของ Ryu *et al*. (1998) และ Zhang *et al*. (2006) พบว่าข้าวที่มีสีดำและสีแดงมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงถ้าเปรียบเทียบกับข้าวสีขาว ดังนั้นจึงทำให้เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมากขึ้นจึงทำให้ขนมปังมีปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้น ซึ่งสารแอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นเมื่อปริมาณการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น จึงทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

สำหรับสมบัติทางกายภาพพบว่าเมื่อมีการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาตรและปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีแนวโน้มลดลง สำหรับความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากแป้งปริมาณแป้งสาลีในส่วนผสมลดลงส่งผลต่อปริมาณกลูเตนจึงทำให้คุณสมบัติในการยืดหยุ่นของโดและมีความแข็งแรงน้อยลง (Mandala *et al*., 2009) เมื่อมีความแข็งแรงน้อยลงทำให้โดมีความสามารถในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการบ่มและการอบได้น้อยลงตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chutamas and Woralak (2017) ได้ทดลองทดแทนแป้งสาลีด้วยเนื้อตาลสุกในการผลิตขนมปัง พบว่าเมื่อระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยเนื้อตาลสุกเพิ่มขึ้นปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีแนวโน้มลดลง และความหนาแน่นของขนมปังเพิ่มขึ้น และจากการวิเคราะห์ค่าสีของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับต่างๆ พบว่าเมื่อมีการทดแทนปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างให้ค่า (L*) ค่าสีเหลือง (b*) ของขนมปังมีแนวโน้มลดลง แต่ค่าสีแดง (a*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีรงควัตถุสีแดงตามธรรมชาติ คือแอนโทไซยานิน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pornpimon *et al*. (2017) ที่พัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดจากข้าวเจ้าพันธ์หลากสี พบว่าเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งสังข์หยดมากขึ้นทำให้แครอทชุบแป้งสังข์หยดทอดค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับต่างๆ ด้วยเครื่อง Texture Analyzer เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าว

กล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขนมปังมีค่าความแข็ง (hardness) ค่าความเหนียว (gumminess) และการทนต่อการเคี้ยว (chewiness) สูงขึ้น และค่าความยืดหยุ่น (springiness) ลดลง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมากขึ้นส่งผลให้มีปริมาณกลูเตนลดลง จึงมีผลต่อการขึ้นโดทำให้โดมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นลดลง ความสามารถในการกักเก็บแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในโครงสร้างของขนมปังลดลง ทำให้ขนมปังสูญเสียความยืดหยุ่น (Rubel *et al*., 2015) โดยในการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในระดับร้อยละที่ 20 มีค่าความแข็ง, ค่าความเคี้ยวได้มากที่สุด และมีค่าความยืดหยุ่นน้อยที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Poronvinas *et al*. (2002) ที่พัฒนาขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิพบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิเพิ่มขึ้นขนมปังจะมีค่าความแข็งของเนื้อในเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณแป้งสาลีลดลงทำให้ปริมาณกลูเตนลดลงด้วยจึงทำให้คุณสมบัติการยืดหยุ่นและความเหนียวของโดลดน้อยลง และพบว่าขนมปังมีอายุการเก็บรักษาต่ำกว่า 4 วัน เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ราสูงกว่าที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ขนมปังกำหนด

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในการผลิตขนมปังที่ระดับต่างๆ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขนมปังมี ค่าความชื้น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม การใช้แป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปังส่งผลให้ขนมปังมีสีเข้มขึ้น ปริมาตร และความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ปริมาตรจำเพาะลดลง ค่าความแข็ง (hardness) ค่าความเหนียว (gumminess) และความยากต่อการเคี้ยว (chewiness) มีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับค่าความยืดหยุ่น (springiness) ลดลง จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงระดับร้อยละ 5, 10 และ15 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด แต่การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงระดับร้อยละ 5 มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับขนมปังสูตรควบคุมมากที่สุด และมีสารประกอบฟีนอลนิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด และสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสูตรควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชานวัตกรรมอาหารและแปรรูปที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ

References

Abdel-Aal, E. S. M. and Hucl, P. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanin in blue aleurone and purple pericarp wheats. Cereal Chem. 76: 350-354.

AACC. 2000. Approved methods of American Association of Cereal Chemists. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, Inc., St Paul.

Adom, K.K. and Liu, R.H. 2002. Antioxidant activity of grains. J. Agric. Food Chem. 50: 6182-6187.AOAC, 2000. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists International. Maryland, USA.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed., Maryland, USA.

Amarowicz. R., Pegg, R.B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B., and Weil, J.A. 2004. Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. Food Chem. 84(4): 551–562.

Chutamas, P. and Woralak, P. 2017. Utilization of palmyra palm (*Borassus flabellifer* L.) of Phetchaburi community in bread making. RMUTP Res. J. 10(1): 168-178. (in Thai)

Dziki, D., Rozylo, R. Gawlik-Dziki, U. Swieca, M. 2014. Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. Trends Food Sci. Technol. 40: 48-61.

Ghoshal, G., Shivhare, U.S. and Banerjee, U.C. 2013. Effect of xylanase on quality attributes of whole-wheat bread. J. Food Qual. 36:172-180.

Hathorn, C.S., Biswas, M.A., Gicchuhi, P.N. and Bovell-Benjamin, A.C. 2008. Comparison of chemical, physical, micro-structural and microbial properties of breads supplemented with sweet potato flour and high-gluten dough enhancers. Food Sci. Technol. 41:803-815.

Ibidapo, O.P., Henshaw, F.O., Shittu, T.A. and Afolabi, W.A. 2020. Quality evaluation of functional bread developed from wheat, malted millet (*Pennisetum Glaucum*) and 'Okara' flour blends. Sci. Afr. 10: e00622.

Mandala, A. P. and Yanniotis, S. 2009. Influence of frozen storage on bread enriched with different ingredients. J. Food Eng. 92(2): 137-145.

Pornpimon, M., Nudcharee, K. and Ratchadaporn, T. 2017. Development of coating batter from colored rice flour. Thaksin J. 20(3): 124-132. (In Thai)

Poronvinas, P., Penkwan, C., Vichai, H. and Chuleeporn, P. 2002. Development of bread from wheat-fragrance rice composite flour. Proceedings of the 40th Kasetsart University.527: 382-390. (In Thai)

Rubel, I.A., Perez, E.E., Manrique,G.D., and Genovese, D.B. 2015. Fiber enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality. Food Struct. 3: 21-29.

Ryu, S.N., Park, S.Z. and Ho, C. 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. J. Food Drug Anal. 6(4): 729-736.

Sies, H. 1997. Oxidative stress: Oxidant and antioxidants. Exp Physiol. 82: 291-295.

Singleton, V.L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods Enzymol. 299: 152-178.

Sukhonthara, S., Theerakulkait, C. Miyazzawa, M. 2009. Characterization of volatile aroma compounds form red and black rice bran. J. Oleo Sci. 58(3): 155-161.

Thitipramote, N., Pradmeeteekul, P., Nimkamnerd, J., Chaiwut, P., Pintathong, P. and Thitilerdecha, N. 2016. Bioactive compounds and antioxidant activities of red (Brown Red Jasmine) and black (Kam Leum Pua) native pigmented rice. Int. Food Res. J. 23(1): 410-414.

Tian, S., Nakamura, K., & Kayahara, H. 2004. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. J. Agric. Food Chem. 52: 4808–4813.

Zhang, M.W., Guo, B.J., Zhang, R.F., Chi, J.W., Wei, Z.C.,Xu, Z.H., Zhang, Y. and Tang, X.J. 2006. Separation, purification and identification of antioxidant compositions in black rice. Agric. Sci. China 5(6): 431-440.

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., and Blanchard, C. 2004. The distribution of phenolic acids in rice. Food Chem. 87: 401–406.