

บทความวิจัย

การพัฒนาสูตรขนมปังแซนด์วิชโดยใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลี
DEVELOPMENT OF SANDWICH BREAD FORMULATION SUBSTITUTED
WHEAT FLOUR WITH RICEBERRY RICE BRAN

สุจิตตา เรืองรัศมี^{1*}, กนกวรรณ จัดวงษ์¹ และ อบเชย วงศ์ทอง²

¹ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

²สาขาศิลปะและเทคโนโลยีการประกอบอาหาร วิทยาลัยการท่องเที่ยวและการบริการ
มหาวิทยาลัยรังสิต กรุงเทพมหานคร 12000

Sujitta Raungrusmee^{1*}, Kanokwan Jadwong¹, Obcheuy Wongtong²

¹Department of Home Economics, Faculty of Agriculture,
Kasetsart University, Bangkok, 10900

²Program in Culinary Arts and Technology College of Tourism and Hospitality,
Rangsit University, Bangkok, 12000

*E-mail: agrstrm@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้พัฒนาสูตรขนมปังแซนด์วิชโดยใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการอบทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 20 40 60 และ 80 ของน้ำหนักแป้ง โดยมีขนมปังแซนด์วิชสูตรแป้งสาลีล้วนเป็นสูตรควบคุม พบว่า การนำรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการอบมาทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขนมปังแซนด์วิชมีค่าความแข็งสูงขึ้น แต่ค่าความยืดหยุ่น ปริมาตรจำเพาะ ค่าความสว่างลดลง ($p \leq 0.05$) ผลทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ขนมปังแซนด์วิชที่ทดแทนด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณร้อยละ 20 คะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกับขนมปังแซนด์วิชสูตรควบคุม ($p > 0.05$) เมื่อนำมาพัฒนาด้านเนื้อสัมผัสด้วยการเติมเนยขาว (30) ต่อเนยสด (70) ส่งผลให้ขนมปังมีค่าความแข็งลดลง และทดสอบชิมด้วยวิธีการ Just about right พบว่าผู้ทดสอบยอมรับความชอบทุกด้านอยู่ในเกณฑ์พอดีร้อยละ 70 จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ขนมปังแซนด์วิชที่พัฒนาได้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และไขมัน มีค่าร้อยละ 44.55 ± 0.98 และ 34.49 ± 0.01 ปริมาณโปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และเถ้าร้อยละ 9.43 ± 0.08 7.95 ± 0.05 1.96 ± 0.89 และ 1.62 ± 0.03 ตามลำดับ และมีค่าค่าฤทธิการต้านอนุมูลอิสระ FRAP

และ DPPH เท่ากับ 1.06 ± 0.03 และ 0.56 ± 0.03 มิลลิกรัมสมมูลยโพร็อกซ์ต่อมิลลิกรัม สารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 0.38 ± 0.03 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัม แอนโทไซยานิน เท่ากับ 0.16 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ : ขนมปังแซนด์วิช รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ สารต้านอนุมูลอิสระ

ABSTRACT

The objective of this research was to develop the sandwich bread of wheat flour substitution with the roasted Riceberry rice bran at 20 40 60 and 80% substitution levels by weight and 100% of wheat flour in a control of sandwich bread formulation. Experimental data showed that increasing substitution level of the Riceberry rice bran influenced the higher hardness ;while, the springiness specific volume and lightness were reduced ($p \leq 0.05$). Sensory evaluation revealed that the sandwich bread prepared with 20% substitution with the Riceberry rice bran had similarly ($P > 0.05$) acceptable scores with the control sample. Subsequently, the developed product was improved the texture by adding the ratio of shortening (30) and butter (70). The texture analysis of hardness was reduced. While, the panelists assessed the acceptability of developed product by using Just about right scale, the resulted showed that the panelists were accepted in the just about right level at 70%. The proximate analysis showed that developed sandwich bread had the carbohydrate and moisture content were 44.55 ± 0.98 and $34.49 \pm 0.01\%$. Whereas, the protein fat crude fiber and the ash content as 9.43 ± 0.08 7.95 ± 0.05 1.96 ± 0.89 and $1.62 \pm 0.03\%$, respectively. Meanwhile, the antioxidant capacity as FRAP and DPPH assay were evaluated as 1.06 ± 0.03 and 0.56 ± 0.03 $\mu\text{mol TEAC per mg}$, the total phenolic content was 0.38 ± 0.03 mgGAE per mg. The anthocyanin content was 0.16 ± 0.01 mg/kg.

Keywords: Sandwich bread, Riceberry rice bran, Antioxidation activity

บทนำ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry) คือข้าวที่ได้จากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้มประกอบไปด้วยแหล่งสารอาหารสำคัญมากมาย ในกระบวนการผลิตข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ คือ การนำเมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่ผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือก และขัดสีบางส่วนจึงทำให้มีรำข้าวเป็นผลพลอยได้ซึ่งเป็นส่วนที่มีคุณค่าทางอาหารสูง รำข้าวไรซ์เบอร์รี่

จะมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงถึง 229–304.7 ไมโครโมลต่อกรัม มีโพลีฟีนอลิก 752.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แอนโทไซยานิน 250.36 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และมีแบต้าแคโรทีน 63.3 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม (Srisamran, 2012) นอกจากนี้ยังมีธาตุเหล็ก 13-18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ธาตุสังกะสี 31.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไอเมก้า-3 25.51 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม วิตามินอี 678 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม โฟเลต 48.1 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม แกมมา-โอโรซานอล 462 ไมโครกรัมต่อกรัม สารต้านอนุมูลอิสระชนิดละลายในน้ำ 47.5 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแอสคอร์บิกต่อ 100 กรัม สารต้านอนุมูลอิสระชนิดละลายในน้ำมัน 33.4 มิลลิกรัมสมมูลย์โทร็อกซ์ต่อ 100 กรัม (Vanaichit, 2013) ซึ่งสารเหล่านี้จะช่วยขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของโคเลสเตอรอลที่ไม่ดี (LDL-C) ช่วยลดระดับไตรกลีเซอไรด์ และเพิ่มระดับโคเลสเตอรอลที่ดี (HDL-C) ซึ่งจะช่วยลดอัตราการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน โรคอ้วน เลือดข้นเลือดเป็นพิษ ป้องกันโรคเบาหวาน โรคกระดูกและข้อ อีกทั้งยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งได้ดี รวมถึงชะลอความเสื่อมของเซลล์ ทำให้ลดรอยเหี่ยวย่น ผิวพรรณสดใส และช่วยให้เซลล์สมองทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ปัจจุบันแนวโน้มการเลือกรับประทานอาหารที่ดีมีประโยชน์ต่อสุขภาพสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้รับความนิยมสูงขึ้น (Boriphatmongkon et al., 2011) ขนมปังแซนด์วิชเป็นขนมปังที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่คุ้นเคย เนื่องจากขนมปังแซนด์วิชมีลักษณะเนื้อละเอียดนุ่ม สามารถรับประทานคู่กับเนย หรือแยมได้อย่างหลากหลายโดยสามารถรับประทานเป็นอาหารหลักหรือเป็นอาหารว่างได้ คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาขนมปังแซนด์วิชให้มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงขึ้นโดยนำรำข้าวที่เหลือทิ้งจากการกระบวนการผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่ มาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิช เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้ขนมปัง และเป็นอาหารทางเลือกของผู้ที่รักสุขภาพ โดยศึกษาปริมาณรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังแซนด์วิชและพัฒนาสูตรขนมปังแซนด์วิชผสมรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้มีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วิธีการ

1. การเตรียมรำข้าวไรซ์เบอร์รี่และการวิเคราะห์คุณภาพของรำข้าวไรซ์เบอร์รี่

1.1 เตรียมรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนกับรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที และทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นปั่นรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้งสองชนิดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมและกรองผ่านตะแกรงขนาด 60 Mesh ผงรำข้าวที่ได้นำไปบรรจุในถุงฟอยล์แบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า (-4) องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

1.2 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพของรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ ได้แก่ ด้านสี และคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเส้นใยหยาบ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี (AOAC, 2006) ค่า Aw และค่าพลังงาน เปรียบเทียบกับรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน

2. ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแซนดวิชโดยแปรผันปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 20 40 60 และ 80 ของแป้งสาลีทั้งหมดที่ใช้ในสูตร โดยมีสูตรแป้งสาลีล้วนเป็นสูตรควบคุม ดัดแปลงสูตรพื้นฐานจาก (Puechkamut & Phewnin, 2011) และวางแผนการทดลองแบบสุ่มไม่บล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพของขนมปังแซนดวิช

1) วัดเนื้อสัมผัสของขนมปังด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, ยี่ห้อ Stable Micro รุ่น TA-XT Plus ประเทศ UK) โดยใช้หัววัดแบบ Cylinder probe P/36 ด้วยความเร็ว 1.7 มิลลิเมตรต่อวินาที

2) วัดปริมาตรจำเพาะของขนมปังโดยวิธีการแทนที่น้ำในภาชนะที่เหมาะสม และมีปริมาตรที่แน่นอน (Thai Industrial Standard. 374-1981, 1981)

3) วัดค่าสีระบบ Hunter Lab System (L^* a^* และ b^*) ด้วยเครื่อง Colorimeter ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex ประเทศ USA

2.2 ทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point hedonic scale โดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน คุณลักษณะที่ทำการทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ (โพรงอากาศ) สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส(ความนุ่ม) และความชอบโดยรวม

3. ศึกษาการพัฒนาสูตรขนมปังแซนดวิชที่ใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดโดยการเพิ่มส่วนผสมไขมันประเภทต่าง ๆ และปรับปรุงสูตรให้ขนมปังมีคุณภาพดีขึ้น เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

4. ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิชที่ใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีที่พัฒนาได้

4.1 ทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสด้วยทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน โดยวิธี 9-Points Hedonic scale ร่วมกับวิธี Just about right (โดยมีสเกลความรู้สึก 1-3 โดย 1 = น้อยเกินไป, 2 = พอดี และ 3 = มากเกินไป) รายงานผลเป็นร้อยละความพอดีของผู้บริโภค โดยตั้งเกณฑ์ความพอดีอยู่ที่ระดับ 70 และนำผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิชที่พัฒนาได้มาศึกษาหาคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี เปรียบเทียบกับขนมปังแซนดวิชสูตรควบคุม

4.2 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพของขนมปังแซนดวิชที่ใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลี ได้แก่ ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าสี วัดปริมาตรจำเพาะ ตามวิธีการในข้อ 2.1

4.3 ศึกษาคุณภาพทางเคมีของขนมปังแซนดวิชที่ใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลี ตามวิธีการในข้อ 1.2 และ วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิกรวม (Folin & Ciocalceau, 1927) และฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging capacity) ดัดแปลงจาก (Ozgen et al., 2006) ร่วมกับ Ferric Reducing Ability Power Assay; FRAP) ดัดแปลงจาก (Benzie & Strain, 1996)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลสองกลุ่มตัวอย่างมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Paired Sample T-test และนำข้อมูลที่ได้จากหลายกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาการเตรียมรำข้าวไรซ์เบอร์รี่และการวิเคราะห์คุณภาพของรำข้าวไรซ์เบอร์รี่

จากการศึกษาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนเปรียบเทียบกับรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน โดยความร้อนที่ใช้ในการอบรำข้าวไรซ์เบอร์รี่คือ 150 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที เนื่องจากการอบด้วยอุณหภูมิสูง ระยะเวลาสั้นจะช่วยลดปฏิกิริยาการเหม็นหืนของรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) และปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ได้ จึงช่วยทำให้กลิ่นของรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดลง ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังซึ่งได้รับความยอมรับมากกว่าการอบรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อุณหภูมิต่ำหรือด้วยวิธีการอื่น ๆ (Chitsanguan, 2014) รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนมีปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Keo-oudon (2008) โดยความชื้นของรำข้าวไรซ์เบอร์รี่หลังอบจะอยู่ที่ร้อยละ 4.69 แต่รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนมีปริมาณน้ำ โปรตีน เส้นใยน้อยกว่ารำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในการหาค่าพลังงานของรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter พบว่าพลังงานของรำข้าวทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1

สำหรับค่าสีกล่าวคือ สีของรำข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสีม่วงของสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสีผสมระหว่างสีแดง (+a) และสีน้ำเงิน (-b) โดยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนมีค่าสีแดง (a*) ลดลง และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น เนื่องจากการให้ความร้อนระหว่างการอบแห้ง

มีผลเร่งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (Non-enzymatic browning reaction) ส่งผลให้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนมีความสว่างมากขึ้น และมีค่าสีเหลืองน้ำตาลสูงเพิ่มขึ้น สาเหตุเกิดจากสารพวกเอมีน (Amine) กรดอะมิโน หรือ โปรตีน ทำปฏิกิริยากับสารจำพวกน้ำตาล, อัลดีไฮด์ (Aldehyde) หรือคีโตน (Ketone) จึงทำให้เกิดเป็นสารประกอบเมลานอยดิน (Melanoidin) (Nachaisin et al, 2016) ทำให้สีของรำข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าสีเหลืองและค่าความสว่างมากขึ้น นอกจากนี้ผลลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) สูง (0.2-0.8) จะมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ได้มากขึ้น (Tussanaekgait et al., 2012)

ตารางที่ 1 คุณภาพด้านเคมีของรำข้าวไรซ์เบอร์รี่

คุณภาพทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	กระบวนการให้ความร้อน	
	ไม่ผ่านกระบวนการ	ผ่านกระบวนการ
ความชื้น	8.44 ± 0.13*	4.69 ± 0.06
เถ้า	5.81 ± 0.08	6.05 ± 0.04*
ไขมัน ^{ns}	21.73 ± 0.45	21.68 ± 1.07
โปรตีน	14.17 ± 0.06	15.31 ± 0.19*
เส้นใยหยาบ	7.67 ± 0.59	9.59 ± 0.54*
คาร์โบไฮเดรต ^{ns}	42.19 ± 0.73	42.69 ± 0.69
พลังงาน (kcal/g) ^{ns}	5.12 ± 0.00	5.12 ± 0.03
คุณภาพทางกายภาพ		
L*	25.55 ± 0.04	26.77 ± 0.04*
a*	4.83 ± 0.06*	4.56 ± 0.06
b*	2.71 ± 0.06	3.27 ± 0.02*
ค่า A _w	0.64 ± 0.06*	0.47 ± 0.08

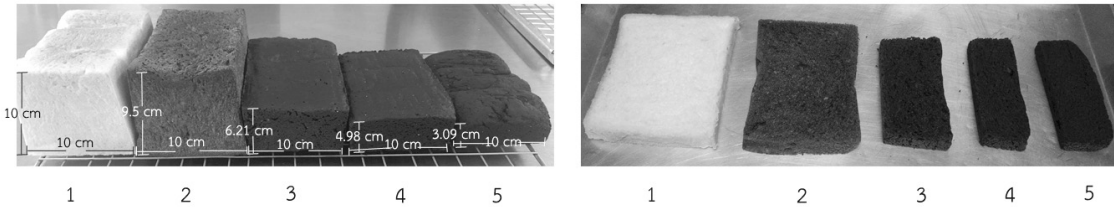
หมายเหตุ : * เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns – non significant หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนมีค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity) น้อยกว่ารำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนแก่รำข้าวไรซ์เบอร์รี่โดยการอบแห้งทำให้ปริมาณน้ำอิสระในรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดลงซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำรำข้าวที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ไปใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2. ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแซนด์วิช

การศึกษหาปริมาณรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแซนด์วิชโดยทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 20 40 60 และ 80 ของน้ำหนักแป้ง ตามลำดับเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นและค่าความยืดหยุ่นของขนมปังแซนด์วิชลดลงซึ่งแตกต่างจากขนมปังสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมปังแซนด์วิชที่ทดแทนด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 20 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับขนมปังแซนด์วิชสูตรควบคุม โดยขนมปังแซนด์วิชที่ทดแทนด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 80 มีค่าความแข็งมากที่สุดสอดคล้องกับการรายงานของ (Thi-on & Supavitpatance, 2011) ซึ่งกล่าวว่า ขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลชนิดเดียวกัน (Cohesiveness) และค่าความยืดหยุ่นลดลง เนื่องจากการใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่บดละเอียดในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณกลูเตนมีค่าลดลง เนื่องจากกลูเตนประกอบด้วยกลูเตนิน (Glutenin) และไกลอะดิน (Gliadin) ในสัดส่วนที่เหมาะสม จึงทำให้ขนมปังแซนด์วิชที่ทำจากแป้งสาลีร้อยละ 100 มีความสามารถเกาะรวมตัวกัน และค่าความยืดหยุ่นสูงสุด รวมทั้งในรำข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณใยอาหารสูงเมื่อเทียบกับแป้งสาลีธรรมดา ขนมปังแซนด์วิชที่ผสมรำข้าวไรซ์เบอร์รี่จึงมีใยอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้เนื้อสัมผัสของขนมปังแซนด์วิชแข็งขึ้นเมื่อทดแทนรำข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มขึ้น สำหรับค่าความแข็งของขนมปังแซนด์วิชสอดคล้องกับปริมาตรจำเพาะของขนมปังแซนด์วิช กล่าวคือขนมปังแซนด์วิชที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่จะเป็นการลดปริมาณกลูเตนที่มีอยู่ในแป้งสาลี ส่งผลให้ความแข็งแรงของกลูเตนลดลง ทำให้ผนังเซลล์ขนมปังแซนด์วิชเกิดการฉีกขาดจึงอู่อากาศไวกายในเซลล์ได้น้อยลงปริมาตรจำเพาะของขนมปังแซนด์วิชจึงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการขึ้นฟูหรือความสูงของผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ได้ โดยขนมปังสูงควบคุมมีความสูงเท่ากับ 10 เซนติเมตร และมีปริมาณลดลงเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 1 ขนมปังแซนดิวิชที่ใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณต่าง ๆ
(1 คือ ขนมปังสูตรควบคุม 2 ถึง 5 คือ ขนมปังแซนดิวิชที่ใช้รำข้าวทดแทนแป้งสาลี
ในปริมาณร้อยละ 20 40 60 และ 80)

ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของขนมปังแซนดิวิชที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณเพิ่มขึ้นพบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กล่าวคือ ขนมปังแซนดิวิชที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เพิ่มขึ้นต้องใช้แรงในการกัดเพิ่มขึ้นเพราะค่าความแข็ง (Hardness) เพิ่มขึ้น ประกอบกับค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) น้อยลง ส่งผลให้ขนมปังแซนดิวิชต้านทานต่อการเสียสภาพจากแรงที่มากระทำได้น้อยลง เมื่อขนมปังแซนดิวิชเสียสภาพ อัตราการคืนรูปหลังจากถูกกัดหรือความยืดหยุ่น (Springiness) ของขนมปังแซนดิวิชจึงมีค่าน้อยลง ดังสรุปได้ว่าขนมปังแซนดิวิชที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวร้อยละ 20 มีค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ไม่แตกต่างจากขนมปังแซนดิวิชสูตรควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพของขนมปังแซนดิวิชผสมรำข้าวไรซ์เบอร์รี่

คุณภาพทางกายภาพ	ระดับการทดแทนรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ (ร้อยละ)				
	0	20	40	60	80
Hardness (N)	0.70 ± 0.11 ^d	1.21 ± 0.06 ^d	10.77 ± 0.47 ^c	17.39 ± 0.24 ^b	21.88 ± 0.89 ^a
Springiness (N)	0.92 ± 0.00 ^a	0.84 ± 0.00 ^b	0.67 ± 0.02 ^c	0.63 ± 0.01 ^d	0.48 ± 0.02 ^e
Firmness (N) ^{ns}	0.05 ± 0.00	0.05 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00
ปริมาตรจำเพาะ (cm ³ /g)	3.71 ± 0.15 ^a	3.34 ± 0.12 ^b	1.91 ± 0.05 ^c	1.48 ± 0.04 ^d	1.15 ± 0.03 ^e
ค่าสี					
L [*]	67.61 ± 0.64 ^a	20.56 ± 0.24 ^b	13.62 ± 0.21 ^c	13.51 ± 0.68 ^c	13.84 ± 0.59 ^c
a [*]	0.37 ± 0.16 ^c	6.70 ± 0.16 ^a	2.30 ± 0.60 ^b	2.26 ± 0.37 ^b	2.39 ± 0.06 ^b
b [*]	12.49 ± 0.76 ^a	3.25 ± 0.46 ^b	0.48 ± 0.25 ^c	-0.10 ± 0.10 ^d	-0.55 ± 0.30 ^d

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามจำนวนอน อักษรภาษาอังกฤษกำกับต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns – non significant หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่าสีของขนมปังแซนดิวิชที่ใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณต่าง ๆ พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^{*}) มีค่าลดลง แต่ค่าความสว่าง (L^{*}) และค่าสีแดง (a^{*}) ที่ร้อยละ 40 60 และ 80 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่าสีเหลือง (b^{*}) มีค่าลดลงโดยขนมปังแซนดิวิชที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 60 และ 80 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากแป้งสาลีมีสีขาออกเหลือง ขนมปังที่ได้จึงมีค่าความสว่าง (L^{*}) และค่าสีเหลือง (b^{*}) สูงที่สุด และเนื่องจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารสีม่วงน้ำเงินจากแอนโทไซยานิน ขนมปังแซนดิวิชที่ผสมรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจึงมีค่าสีเหลือง (b^{*}) เข้าใกล้สีน้ำเงินมากขึ้น ส่งผลต่อค่าความสว่าง (L^{*}) ของขนมปังให้มีค่าลดลง

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมปังแซนดิวิชที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ของขนมปังแซนดิวิชที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 20 ไม่แตกต่างจากขนมปังแซนดิวิชสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับขนมปังแซนดิวิชสูตรทดแทนด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 40 60 และ 80 ในด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เมื่อมีการทดแทนรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะแข็ง เนื้อแน่นขึ้น โพรงอากาศเล็กลง มีสีม่วงเข้มขึ้น และมีรสขมของรำข้าวมากขึ้น

จากระดับคะแนนความชอบปานกลาง เป็นระดับคะแนนความชอบเล็กน้อย ถึงระดับคะแนนความชอบเฉย ๆ

ตารางที่ 3 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังแซนด์วิชผสมรำข้าวไรซ์เบอร์รี่

คุณลักษณะ	ระดับการทดแทนรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ (ร้อยละ)				
	0	20	40	60	80
ลักษณะปรากฏ (โพรงอากาศ)	6.62 ± 1.65 ^a	6.06 ± 1.89 ^{ab}	5.74 ± 1.61 ^{bc}	5.82 ± 1.77 ^b	5.02 ± 2.28 ^c
สี	7.00 ± 1.40 ^a	6.86 ± 1.53 ^a	5.76 ± 1.64 ^b	5.54 ± 1.79 ^{bc}	5.04 ± 2.05 ^c
กลิ่นรส	7.16 ± 1.18 ^a	6.28 ± 1.65 ^b	4.88 ± 1.72 ^c	4.72 ± 1.67 ^c	4.48 ± 1.73 ^c
รสชาติ	7.33 ± 1.12 ^a	6.74 ± 1.45 ^a	4.52 ± 1.59 ^b	4.04 ± 1.71 ^{bc}	3.80 ± 1.73 ^c
เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม)	7.84 ± 1.13 ^a	6.96 ± 1.46 ^b	4.42 ± 1.57 ^c	4.66 ± 1.87 ^c	4.18 ± 2.02 ^c
ความชอบโดยรวม	7.58 ± 0.99 ^a	6.98 ± 1.38 ^b	4.81 ± 1.27 ^c	4.66 ± 1.59 ^c	4.18 ± 1.82 ^d

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามจำนวนอนักชราภาษาอังกฤษกำกับต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เนื่องจากต้องคัดเลือกสูตรขนมปังแซนด์วิชที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณมากที่สุดเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ขนมปังแซนด์วิชและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นขนมปังแซนด์วิชที่ผู้บริโภครู้สึกว่าคะแนนการยอมรับใกล้เคียงกับขนมปังสูตรควบคุมมากที่สุด คือ ขนมปังแซนด์วิชที่ทดแทนรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 20 เพราะมีคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏไม่แตกต่างจากขนมปังแซนด์วิชสูตรควบคุม และได้รับคะแนนความชอบใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ดังนั้นจึงเลือกขนมปังแซนด์วิชสูตรทดแทนรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 20 มาพัฒนาคุณภาพด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสต่อไป

3. ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชที่ใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีที่พัฒนาได้

จากผลการทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชร้อยละ 20 นำมาพิจารณาปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส โดยการเพิ่มปริมาณของไขมันในสูตรขนมปังจากร้อยละ 3.28 เป็นร้อยละ 6 ซึ่งเป็นปริมาณไขมันสูงสุดที่พบได้ในขนมปังจืด โดยในการศึกษาครั้งนี้ไขมันที่ใช้ได้แก่เนยขาว เนยสด และมาการีน โดยขนมปังส่วนใหญ่นิยมใช้ไขมันประเภทเหล่านี้ช่วยหล่อลื่นเส้นใยกลูเตน (Gluten fibril) ได้ดีกว่าน้ำมัน และช่วยหล่อลื่นในขณะผสมทำให้ได้มีปริมาตรเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฟูและอ่อนนุ่ม เนยขาวและมาการีนที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นเนยขาวและมาการีนที่ผลิตแบบไม่มีทรานส์ไขมัน ซึ่งจาก

การศึกษาทางโภชนาการพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีทรานไอโซเมอร์ไม่มีผลเสียต่อผู้บริโภค (Suttikajornkijjakarn, 1987) และไขมันที่นำมาทำเป็นเนยขาวเป็นไขมันที่ผลิตจากน้ำมันรำข้าว ซึ่งมีองค์ประกอบของสารไอริซานอล ไฟโตสเตอรอล และวิตามินอี ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ผลการศึกษาชนิดของไขมันประเภทต่าง ๆ พบว่า เมื่อใช้เนยขาว มาการีน เนยสด และเนยขาว (30) ต่อเนยสด (70) ในการผลิตขนมปังแซนดวิชมีปริมาณจำเพาะของขนมปังมีค่าแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือ 3.22 ± 0.06 3.04 ± 0.05 2.79 ± 0.03 และ 2.96 ± 0.09 ตามลำดับ ขนมปังแซนดวิชที่ใช้เนยขาวมีปริมาณจำเพาะมากที่สุด เนื่องจากเนยขาวมีคุณสมบัติเด่นในการเป็นครีม คือตีเป็นครีมได้ดี ทำให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ขนมปังแซนดวิชที่ได้จึงมีปริมาณจำเพาะสูง เนื้อสัมผัสนุ่ม ร่องลงมากคือ มาการีน และเนยขาวต่อเนยสดในอัตราส่วน 30 : 70 ส่วนเนยสดมีปริมาณต่ำที่สุด เนื่องจากเนยสดมีคุณสมบัติด้อยในการเป็นครีมคือ เนยสดจะตีเป็นครีมได้ไม่ดี และขาดความเป็นเนื้อเดียวกัน ขนมปังแซนดวิชที่ใช้เนยสดล้วน ๆ จึงมีปริมาณจำเพาะต่ำ และมีเนื้อหยาบ แต่มีรสชาติที่ดีกว่า ดังนั้นจึงนำขนมปังแซนดวิชที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่พัฒนาสูตรโดยการใส่ไขมันเนยขาวต่อเนยสดในอัตราส่วน 30 : 70 ให้ผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point hedonic scale ร่วมกับวิธี Just about right ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับในด้านสี เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบโดยรวม อยู่ในระดับคะแนนความชอบปานกลางโดยมีคะแนนมากกว่า 7 และได้รับการยอมรับอยู่ในเกณฑ์พอดีที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 70 ในทุกคุณลักษณะ

ตารางที่ 4 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังแซนดวิชผสมรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่พัฒนาแล้ว

คุณลักษณะ	คะแนนการยอมรับ	ระดับความพอดี (ร้อยละ)
ลักษณะปรากฏ (โพรงอากาศ)	6.54 ± 1.27	73
สี	7.12 ± 1.02	70
กลิ่นรส	5.98 ± 1.60	85
รสชาติ	6.38 ± 1.35	72
เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม)	7.34 ± 1.27	70
ความชอบโดยรวม	7.02 ± 1.17	70

4. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขนมปังแซนดิวิชที่ใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีที่พัฒนาแล้วเปรียบเทียบกับขนมปังแซนดิวิชสูตรควบคุม

การศึกษาวิเคราะห์หาคุณภาพทางเคมีของขนมปังรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่พัฒนาแล้วเปรียบเทียบกับขนมปังสูตรควบคุมพบว่า ขนมปังแซนดิวิชที่ใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีที่พัฒนาแล้วนั้นมีองค์ประกอบทางเคมีสูงขึ้นทางด้านโปรตีน เส้นใยหยาบ และเถ้า กับขนมปังแซนดิวิชสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ความชื้นและคาร์โบไฮเดรตลดลงจากขนมปังแซนดิวิชสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้าในรำข้าวไรซ์เบอร์รี่มีมากกว่าแป้งสาลี จึงทำให้ขนมปังแซนดิวิชที่ใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีที่พัฒนาแล้ว มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้ามากกว่าขนมปังแซนดิวิชสูตรควบคุม

ตารางที่ 5 คุณภาพด้านเคมีของขนมปังแซนดิวิชสูตรควบคุมและสูตรผสมรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่พัฒนาแล้ว

คุณภาพทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	ปริมาณ	
	สูตรควบคุม	สูตรรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่พัฒนาแล้ว
ความชื้น	38.73 ± 0.12*	34.49 ± 0.10
เถ้า	0.90 ± 0.01	1.62 ± 0.03*
ไขมัน	3.38 ± 0.40	7.95 ± 0.05*
โปรตีน	8.28 ± 0.04	9.43 ± 0.08*
เส้นใยหยาบ	0.14 ± 0.04	1.96 ± 0.89*
คาร์โบไฮเดรต	48.57 ± 0.44*	44.55 ± 0.98
ค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มิลลิกรัมสมมูลย์ไทโรซอลต่อมิลลิกรัม)	0.13 ± 0.01	0.56 ± 0.03*
ค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ FRAP (มิลลิกรัมสมมูลย์ไทโรซอลต่อมิลลิกรัม)	0.12 ± 0.02	1.06 ± 0.03*
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (มิลลิกรัมแกลลิกต่อมิลลิกรัม)	0.25 ± 0.02	0.38 ± 0.03*
ปริมาณ Anthocyanin (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	ND	0.16 ± 0.01*
พลังงาน (kcal/g)	4.25 ± 0.03	4.60 ± 0.04*

ตารางที่ 5 (ต่อ)

คุณภาพทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	ปริมาณ	
	สูตรควบคุม	สูตรรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่พัฒนาแล้ว
คุณภาพทางด้านกายภาพ		
Hardness (N)	0.70 ± 0.11	1.07 ± 0.03*
Springiness (N)	0.92 ± 0.00*	0.90 ± 0.00
Firmness(N) ^{ns}	0.05 ± 0.00	0.05 ± 0.00
ค่าสี		
L*	68.65 ± 0.21*	20.97 ± 0.81
a*	0.35 ± 0.20	7.44 ± 0.02*
b*	12.93 ± 0.10*	3.61 ± 0.07
ค่า A _w ^{ns}	0.96 ± 0.00	0.96 ± 0.00

หมายเหตุ : * เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
: ns – non significant หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
: ND หมายถึง ตรวจแล้วไม่พบค่า

นอกจากนี้ขนมปังแซนดิวิชที่ใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีที่พัฒนาได้เมื่อนำมาวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการด้านอื่น ๆ พบว่าค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้นแสดงให้เห็นว่าขนมปังแซนดิวิชรำข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสมบัติยับยั้งอนุมูลอิสระ ซึ่งสามารถลดความเสี่ยงต่าง ๆ ต่อโรคโดยเฉพาะโรคเรื้อรังที่สัมพันธ์กับอาหารรวมทั้งมีส่วนช่วยชะลอวัยได้อีกด้วย และพบปริมาณแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ปริมาณ 0.16 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ไม่พบในขนมปังแซนดิวิชสูตรควบคุมสำหรับแอนโทไซยานินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำงานได้ดีกว่าวิตามินอีถึง 5 เท่าเมื่อร่างกายได้รับสารนี้เพียงพอที่จะไปทำหน้าที่จับกับอนุมูลอิสระ (Free radical) ที่ไปรบกวนระบบการทำงานของเซลล์ในร่างกาย ทำให้ร่างกายแข็งแรง สุขภาพดี รวมทั้งลดริ้วรอยอันเกิดก่อนวัย บำรุงผิวพรรณจากความสามารถในด้านการเกิดออกซิเดชันหรือสามารถจับกับอนุมูลอิสระได้ (Ratthanatham et al., 2013) และค่าปริมาณฟีนอลิกรวม (Total phenolic) มีค่าสูงกว่าขนมปังแซนดิวิชสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และในการหาค่าพลังงานของขนมปังด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter พบว่า ขนมปังแซนดิวิชรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่พัฒนาแล้ว มีพลังงานมากกว่าขนมปังแซนดิวิชสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าขนมปังแซนดิวิชรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่พัฒนาแล้วมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น

การศึกษาวิเคราะห์หาคุณภาพทางกายภาพ พบว่า ขนมปังแซนดิวิชที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่พัฒนาแล้ว มีความแข็ง (Hardness) ลดลง มีความนุ่มเพิ่มขึ้น ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) เพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงกับขนมปังแซนดิวิชสูตรควบคุม และมีค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) จากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณไขมันในสูตรซึ่งไขมันทำหน้าที่หล่อลื่นในขณะผสมทำให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น

ขนมปังแซนดิวิชรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่พัฒนาแล้วมีค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) ไม่แตกต่างจากขนมปังแซนดิวิชสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับค่าสี พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของขนมปังแซนดิวิชรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่พัฒนาแล้วแตกต่างจากขนมปังแซนดิวิชสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งสาลีที่ใช้ในการผลิตขนมปังแซนดิวิชสูตรควบคุมมีสีขาวเหลือง จึงทำให้ขนมปังมีความสว่างมากเมื่อเทียบกับขนมปังแซนดิวิชที่ทดแทนด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งสีของรำข้าวไรซ์เบอร์รี่เกิดจากรงควัตถุ (Pigments) พวกแอนโทไซยานินซึ่งสามารถพบบริเวณ Pericarb ของข้าวไรซ์เบอร์รี่ แอนโทไซยานินมีความสามารถในการละลายในสารละลายที่มีขั้ว จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์กลุ่มย่อยที่สำคัญของสารประกอบฟีนอล (Phenols) ซึ่งสอดคล้องกับค่าสีแดง (a^*) ที่เพิ่มขึ้น และค่าสีเหลือง (b^*) ที่ลดลงจนเข้าใกล้ความเป็นสีน้ำเงินเพิ่มขึ้นของขนมปังแซนดิวิชรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่พัฒนาแล้ว

สรุป

จากการศึกษาการใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแซนดิวิช พบว่าสามารถทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแซนดิวิชได้ในปริมาณร้อยละ 20 ของปริมาณแป้งสาลี และได้มีการพัฒนาสูตรเพื่อให้ขนมปังแซนดิวิชที่ทดแทนด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้นโดยการเพิ่มปริมาณไขมันในสูตรจากร้อยละ 3.28 เป็น 6 โดยอัตราส่วนของไขมันที่เหมาะสมคือไขมันเนยขาวต่อเนยสดในอัตราส่วน 30 : 70 ส่งผลให้ขนมปังมีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม และมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ทำให้ผู้ทดสอบชิมยอมรับในทุกด้านอยู่ในเกณฑ์พอดีที่ระดับเชื่อมั่นร้อยละ 70 สำหรับผลการศึกษาร่วมองค์ประกอบทางเคมี พบว่า การใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแซนดิวิชร้อยละ 20 ทำให้ขนมปังแซนดิวิชมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น คือปริมาณ โปรตีน ไขมัน โยอาหาร ใย และ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. (2006). **The Official Methods of Analysis**. 18th ed. U.S.A. : The Association of Official Analytical Chemists.
- Benzie, I.F.F. & Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**. 239, 70–76.
- Boriphatmongkon, K., Jirawatkul, W., & Taweechokephat, N. (2011). **Production and Sales Of Cookie from the Riceberry Rice**. M.A. Program in Business Administration. Thammasart Business School, Thammasart University. (in Thai)
- Chammek, J. & Naivikul, O. (2017). **Basic Baking Science and Technology**. 13rd ed. Bangkok. : Kasetsart Press. (in Thai)
- Chitsanguan, K. (2014). **Study on heat processing for Riceberry rice bran**. B.Sc. Program in Home Economics. Faculty of Agriculture, Kasetsart University. (in Thai)
- Folin, O. & Ciocalteu, V. (1927). On tyrosine and tryptophane determination in proteins. **Journal of Biological Chemistry**. 27, 627-650.
- Keo-oudon, C. (2008). **Stabilization of Rice Bran by Microwave**. M.Sc. Program in Food Science. Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University. (in Thai)
- Nachaisin, M., Teeta, S., Deejing, K., Ponken, T., & Pharanat, W. (2016). **Development of Riceberry Nutrition Instant Rice; High in Anthocyanin for Healthy Elderly Person**. Thailand. Rajabhat Maha Sarakham University. (in Thai)
- Ozgen, M., Resse, R.N., Tulio, A.Z., Miller, A.R. & Scheerens, J.C. (2006). Modified 2,2-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic Acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2'-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. 54, 1151-1157.
- Puechkamut, Y. & Phewnin, W. (2011). Quality improvement of sandwich bread substituted wheat flour with soy milk residue. **The Journal of KMUTNB**. 21(3), 607-616. (in Thai)
- Ratthanatham, P., Laohakunjit, N. & Kerdchoechuen, O. (2013). Phenolic compound, anthocyanin and antioxidant activity of germinated colored rice. **Agricultural Science**. 44(2)(Suppl), 441-444. (in Thai)

- Srisamran, T. (2012). **Development of Cleansing Lotion with Rice Bran Oil: the Riceberry Rice**. M.Sc. Program in Agro-Industrial Product Development. Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University. (in Thai)
- Suttikajornkijjakarn, S. (1987). **Interesterification of Tallow and Rice Bran Oil Mixtures for Use as Margarine Oils**. M.Sc. Program in Food Science. Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University. (in Thai)
- Thai Industrial Standard. (1981). **Thai Industrial Standard of Wheat flour for Bread TIS 375-1981**. Bangkok : Ministry of Industry. (in Thai).
- Thi-on, S., & Supavititpatana, P. (2011). Development of sandwich bread using partial replacement wheat flour with rice bran. **Naresuan Agriculture Journal**. 13 (1), 1-9. (in Thai)
- Tussanaekgait, S., Niamnuy, C., Devahastin, S., & Soponronnarit, S. (2012). The effect of drying conditions on the qualities of rice bran. **Agricultural Science Journal**. 43(2) (Suppl), 9-12. (in Thai)
- Vanaichit, A. (2013). Riceberry Cultivation for medicine. **Rice Bowl**. 1(12), 12-16.
-