

ลักษณะทางเคมีกายภาพ องค์ประกอบทางโภชนาการ และการต้านอนุมูลอิสระของ ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบกเพื่อสุขภาพ

Physicochemical Characteristics, Nutritional Composition and Antioxidative Properties of Healthy *Centella asiatica* Crispy Crackers

วารสารี แสงกระจ่าง^{1*} จุรีภรณ์ นวนมุสิก² ปวีณา ปรวัฒน์กุล³ และสุรีย์พร วุฒิमानพ⁴

Warasri Saengkrajang^{1*}, Jureeporn Nounmusig², Paweena Porrawatkul³ and Sureeporn Wuttimanop⁴

บทคัดย่อ

การทดแทนผงบัวบก (2.5 % 5.0 % 7.5 % และ 10.0 %) ลงในแป้งมันสำปะหลังสำหรับการผลิตข้าวเกรียบบัวบกเพื่อสุขภาพ มีผลทำให้อัตราการพองตัว ความหนาแน่นรวม การดูดซับไขมัน และความกรอบของผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนผงบัวบก ($p < 0.05$) และเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า การเพิ่มปริมาณผงบัวบกลงในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมีผลต่อลักษณะพื้นผิวและโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการ พบว่า เมื่อทดแทนผงบัวบกในปริมาณเพิ่มขึ้น (2.5 %-10.0 %) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีองค์ประกอบของโปรตีนเพิ่มขึ้น (1-2 เท่า) ใยอาหารเพิ่มขึ้น (1-2.5 เท่า) เถ้าเพิ่มขึ้น (1-2 เท่า) และมีแร่ธาตุสำคัญ (แคลเซียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และเหล็ก) เพิ่มขึ้น 2-7 เท่า และมีปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ลดลง 1-2 เท่า ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (0 %) นอกจากนี้ยังพบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบกเพื่อสุขภาพ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนผงบัวบก โดยสารสกัดของผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และมีความสามารถรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกได้ดีขึ้นเมื่อทดแทนผงบัวบกเพิ่มขึ้น การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการทดแทนผงบัวบกในแป้งมันสำปะหลัง สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบได้ โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบกที่มีระดับการทดแทนผงบัวบกได้ไม่เกิน 5.0 %

คำสำคัญ: ผักพื้นบ้าน ขนมอบเกี่ยว การพองตัว ใยอาหาร สารต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

The substitution of *Centella asiatica* powder with different contents (2.5 %, 5.0 % 7.5 % and 10.0 %) on tapioca flour rendered the crispy crackers with decreased expansion index, bulk density, oil absorption and crispness. Surface and internal structure of crispy crackers were markedly affected by the amount of *Centella asiatica* powders added as visualized by Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM). For nutritional composition, crispy crackers with *Centella asiatica* powders showed higher protein (1-2-fold), total dietary fiber (1-2.5-fold), ash (1-2-fold), and 2-7-fold of macro mineral

¹ อ., สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 80280

² อ.ดร., สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 80280

³ อ., สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 80280

⁴ ผศ., สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 80280

¹ Lecturer, Food and Nutrition Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, 80280

² Lecturer, Dr., Public Health Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, 80280

³ Lecturer, Chemistry Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, 80280

⁴ Asst. Prof., Food and Nutrition Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, 80280

*Corresponding author: Tel: 095-438-8928. E-mail Address: warasri_sae@nstru.ac.th

(Ca, K, P, Mg and Fe) with lower fat content (1-2-fold) when compared to those control sampling ($p < 0.05$). The total phenolic content increased with increasing *Centella asiatica* powder replacement. Moreover, the increased amount of *Centella asiatica* powder in the flour formulation resulted in higher DPPH radical scavenging activity as well as the power of ferric ion reducing antioxidant in the final product crude extracts. The present study suggested that the substitution of *Centella asiatica* powder was a potential food ingredient for nutrients value added of crispy crackers. Finally, in sensory tests, acceptable crispy crackers with pleasant overall-liking were obtained by incorporating up to 5.0 % *Centella asiatica* powder into the cracker's formula.

Keywords: Indigenous Vegetables, Crispy Crackers, Expansion Index, Dietary Fiber, Antioxidant

บทนำ

ข้าวเกรียบ เป็นขนมขบเคี้ยวที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก และอาจมีส่วนประกอบอื่น เช่น เนื้อสัตว์ ผัก หรือผลไม้ บดผสมให้เข้ากับเครื่องปรุงรส ทำให้มีสี กลิ่น รส และชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปตามส่วนประกอบและชนิดของวัตถุดิบที่เติมลงไปเป็นส่วนผสม เช่น ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบปลา เป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่มีกุ้ง และปลา เป็นส่วนประกอบตามลำดับ อย่างไรก็ตามนอกจากมีการเติมเนื้อสัตว์ดังกล่าวในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบแล้ว ยังพบว่า มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ โดยการเติมผักและผลไม้เป็นส่วนประกอบเพิ่มเติม เช่น พักทอง เห็ดหอม เผือก สาหร่ายเกลียวทอง กล้วยพืชและสมุนไพรชนิดต่างๆ [1-4] โดยวัตถุดิบที่ใช้ทดแทนเหล่านั้นมีผลต่อการลดปริมาณไขมันและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ เป็นการตอบสนองต่อผู้บริโภคที่รักสุขภาพ และเป็นการนำวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์ต่อผลิตภัณฑ์อาหาร แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบการรายงานเกี่ยวกับการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากผักพื้นบ้านของประเทศไทย ซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นที่อุดมด้วยวิตามิน แร่ธาตุ เส้นใยอาหาร และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย โดยมีการรายงานแล้วว่า เป็นพืชท้องถิ่นที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ และป้องกันการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งได้ [5-8]

บัวบก (*Centella asiatica*) เป็นผักพื้นบ้านในท้องถิ่นภาคใต้ นิยมนำส่วนของต้นและใบใช้เป็นอาหาร รับประทานเป็นผักสดคู่กับน้ำพริกหรือพริกน้ำปลา ยำ ลาบ ส้มตำ ซุปหน่อไม้ เมนูสลัด หมี่กรอบ หรือ ก๋วยเตี๋ยวผัดไทย จากการศึกษาทางด้านโภชนาการเกี่ยวกับปริมาณสารอาหารและสารพฤกษเคมีที่พบในใบบัวบกบริเวณเกาะอันดามันของ Singh, et al. [9] พบว่า ใบบัวบกมีองค์ประกอบของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด (1354.9-2870.8 มิลลิกรัม/100 กรัมผักแห้ง) รองลงมาคือ แมกนีเซียม โซเดียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และทองแดง ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า ใบบัวบกประกอบด้วยสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลายชนิด ได้แก่ สารประกอบฟีนอล สารฟลาโวนอยด์ แทนนิน แอนโทไซยานิน คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และ วิตามินซี ในปริมาณที่มากตามลำดับ ซึ่งพบว่า สารสกัดจากใบบัวบกมีฤทธิ์ในการต้าน สารอนุมูลอิสระ ได้ และจากการศึกษาทางเภสัชวิทยา เพื่อค้นหาสารออกฤทธิ์ต่างๆที่มีอยู่ในใบบัวบกพบว่า ใบบัวบกมีสารไกลโคไซด์หลายชนิดที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีผลต่อการลดความเสื่อมของเซลล์อวัยวะต่างๆ ของร่างกาย โดยใบบัวบกมีสารไกลโคไซด์ที่สำคัญ คือ กรดมาดีคาสสิก (Madecassic Acid) และกรดเอเชียติก (Asiatic Acid) ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการสมานแผล มีผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน และช่วยส่งเสริมการสร้างคอลลาเจนในร่างกายได้ ทั้งนี้สารต้านอนุมูลอิสระในบัวบกสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการหืนของไขมันและมีบทบาทในการจับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาออกซิเดชัน และด้านการเกิดมะเร็ง [10-13] รวมทั้งยังพบว่า สารสำคัญในใบบัวบกมีผลต่อระบบประสาทและพัฒนากายทางสมองของหนูทดลองในทิศทางที่ดีขึ้น และสารสกัดจากใบบัวบกมีผลต่อการยับยั้งประสาทในหนูทดลองที่ถูกกระตุ้นให้มีภาวะเครียดอีกด้วย [14-15]

ดังนั้นการทดแทนผงบัวบกลงในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ อาจเป็นแนวทางการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบและสามารถใช้เป็นขนมขบเคี้ยวทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่นิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพได้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนผงบัวบกในแป้งมันสำปะหลังต่อลักษณะทางเคมีกายภาพ องค์ประกอบทางโภชนาการ และการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบกเพื่อสุขภาพ

วัตถุดิบ และวิธีดำเนินการ

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบก

1.1 การเตรียมผงบัวบก โดยอบแห้งส่วนใบและลำต้นบัวบกด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 7 ชม.) เพื่อให้ความชื้นสุดท้ายเหลือ 8-10 % และนำไปบดหยาบด้วยเครื่องบดอาหารแห้ง

1.2 เตรียมแผ่นข้าวเกรียบดิบ โดยการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยผงบัวบก 0 % (สูตรควบคุม) 2.5 % 5.0 % 7.5 % และ 10.0 % โดยน้ำหนักแป้ง คลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นเติมส่วนผสมอื่นๆ ที่ได้จากการดัดแปลงตามสูตรมาตรฐาน การผลิตข้าวเกรียบสำหรับเกลียวทองของ สถิตา และคณะ [3] และนวดแป้งด้วยน้ำอุ่นจนเนื้อแป้งเนียนเป็นก้อนโดที่มีความยืดหยุ่นและเป็นเนื้อเดียวกัน นำแป้งผสมมาคลึงและปั้นเป็นรูปทรงกระบอก และนำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส (1 ชั่วโมง) เก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส (24 ชั่วโมง) หั่นเป็นแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร และอบแห้งให้มีความชื้นประมาณ 10 % ด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

1.3 เตรียมแผ่นข้าวเกรียบพร้อมบริโภคน้ำ โดยนำแผ่นข้าวเกรียบดิบทอดด้วยน้ำมันปาล์ม ที่อุณหภูมิ 180-200 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที พักทิ้งไว้บนตะแกรงเพื่อสะเด็ดน้ำมันนาน 5 นาที แล้วเก็บในภาชนะบรรจุปิดสนิท

2. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบก

2.1 การศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าสีตามระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) อัตราการฟองตัว (ดัดแปลงวิธีการจาก Abd El-Ghany, *et al.*) [15] ค่าความหนาแน่นรวม [16] ปริมาณการดูดซับไขมัน (ดัดแปลงวิธีการตาม Kaewmanee, *et al.*) [17] ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง (ปริมาณแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดครั้งแรก) และค่าความกรอบ (ปริมาณแรงที่จุดยอดแรกซึ่งทำให้ตัวอย่างแตกในช่วงการกดครั้งที่ 1) ของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) โดยใช้หัวกดชนิด ball probes (p/0.25S) มีค่าความเร็วขณะทดสอบเท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที เป็นระยะทาง 2.5 มิลลิเมตร (ดัดแปลงวิธีการตาม Kaewmanee, *et al.*) [17] และศึกษาโครงสร้างในระดับจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM) โดยใช้กำลังขยาย 35 เท่า

2.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น คุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นและคุณค่าทางโภชนาการของตัวอย่าง ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมันหยาบ ใยอาหารหยาบ โดยวิธีมาตรฐาน AOAC Method [18] คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดตามวิธีการของ Ahmed and Abozed [19] วิเคราะห์แร่ธาตุหลักที่เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ แคลเซียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และเหล็ก ด้วยเครื่องวิเคราะห์แร่ธาตุชนิดใช้ความร้อนจากพลาสมา (Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometer) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method และทดสอบฤทธิ์ต่อต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH method เพื่อรายงานร้อยละของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (% DPPH inhibition) ดัดแปลงวิธีการตาม Ahmed and Abozed [19] และทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์โลหะได้โดยอาศัยการรีดิวซ์เฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) (1-10 phenanthroline assay) เพื่อคำนวณหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ จากกราฟมาตรฐานเพอร์รัสซัลเฟต ดัดแปลงวิธีการตาม Szydłowska-Czerniak, *et al.* [20]

2.3 การศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบกด้านสี กลิ่นรส ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale จำนวน 50 คน

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. คุณลักษณะทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบก

การทดแทนผงบัวบก 2.5 % 5 % 7.5 % และ 10 % โดยน้ำหนัก ลงในแป้งมันสำปะหลัง มีผลทำให้อัตราการพองตัวและความกรอบของผลิตภัณฑ์ลดลง แต่ทำให้ค่าความหนาแน่นรวมและความแข็งของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามระดับการเพิ่มปริมาณผงบัวบกแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (0 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 1) ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Kaewmanee, *et al.* [17] พบว่า ความแข็งของผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับอัตราการพองตัวในแนวเส้นของแผ่นข้าวเกรียบปลาทอด โดยความแข็งของผลิตภัณฑ์คือปริมาณการกระจายตัวของรูพรุนที่เกิดในผลิตภัณฑ์หลังทอด ดังนั้นแผ่นข้าวเกรียบที่มีรูพรุนมาก จะมีความกรอบมาก แต่ความแข็งน้อย การพองตัวของแผ่นข้าวเกรียบเกิดขึ้นระหว่างการทอดด้วยน้ำมันที่มีอุณหภูมิสูง (180-200 องศาเซลเซียส) ทำให้น้ำในอาหารเกิดการระเหยขึ้นอย่างรวดเร็ว เกิดแรงดันไอน้ำภายในเม็ดแป้ง ทำให้เม็ดแป้งขยายตัวออกในระหว่างการทอด ส่งผลให้เกิดเป็นโพรงอากาศที่มีลักษณะเป็นรูพรุนแทรกระหว่างโครงสร้างของเนื้อแป้งมันสำปะหลัง ลักษณะดังกล่าวทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเกิดความกรอบ และอัตราการพองตัวของแผ่นข้าวเกรียบจะสัมพันธ์กับความกรอบของผลิตภัณฑ์ [17, 21-22] จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การทดแทนผงบัวบกลงในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมีความสัมพันธ์เชิงลบต่ออัตราการพองตัวและความกรอบของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากบัวบกมีองค์ประกอบของเส้นใยอาหารที่สามารถขัดขวางการเกิดโพรงอากาศที่มีลักษณะเป็นรูพรุนแทรกระหว่างโครงสร้างผลิตภัณฑ์อาหารที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักได้ [19, 23-25]

ตารางที่ 1 ลักษณะทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบก

ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์*	อัตราส่วนการ พองตัว (เท่า)	ความหนาแน่น โดยรวม (g/cm^3)	ลักษณะเนื้อสัมผัส		ปริมาณน้ำอิสระ ในอาหาร (a_w)	การดูดซับ ไขมัน (%)
			ความแข็ง (N)	ความกรอบ ^{ns} (N)		
บัวบก-0%	12.10 ± 0.26^a	0.12 ± 0.01^c	16.26 ± 4.46^c	0.35 ± 0.04	0.37 ± 0.01^c	8.71 ± 0.01^a
บัวบก-2.5%	11.80 ± 0.21^b	0.13 ± 0.26^b	16.50 ± 2.35^c	0.36 ± 0.02	0.38 ± 0.01^c	8.28 ± 0.11^b
บัวบก-5.0%	11.40 ± 0.39^c	0.14 ± 0.02^a	16.70 ± 2.73^c	0.39 ± 0.05	0.41 ± 0.02^b	7.12 ± 0.07^c
บัวบก-7.5%	10.50 ± 0.33^d	0.15 ± 0.11^a	20.12 ± 2.87^b	0.41 ± 0.02	0.42 ± 0.02^b	6.54 ± 0.06^d
บัวบก-10.0%	10.10 ± 0.21^c	0.15 ± 0.01^a	25.01 ± 4.46^a	0.46 ± 0.09	0.44 ± 0.01^a	5.22 ± 0.02^c

* แสดงถึง ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและตัวอักษร^{a-c} ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และอักษร^{ns} แสดงถึง ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

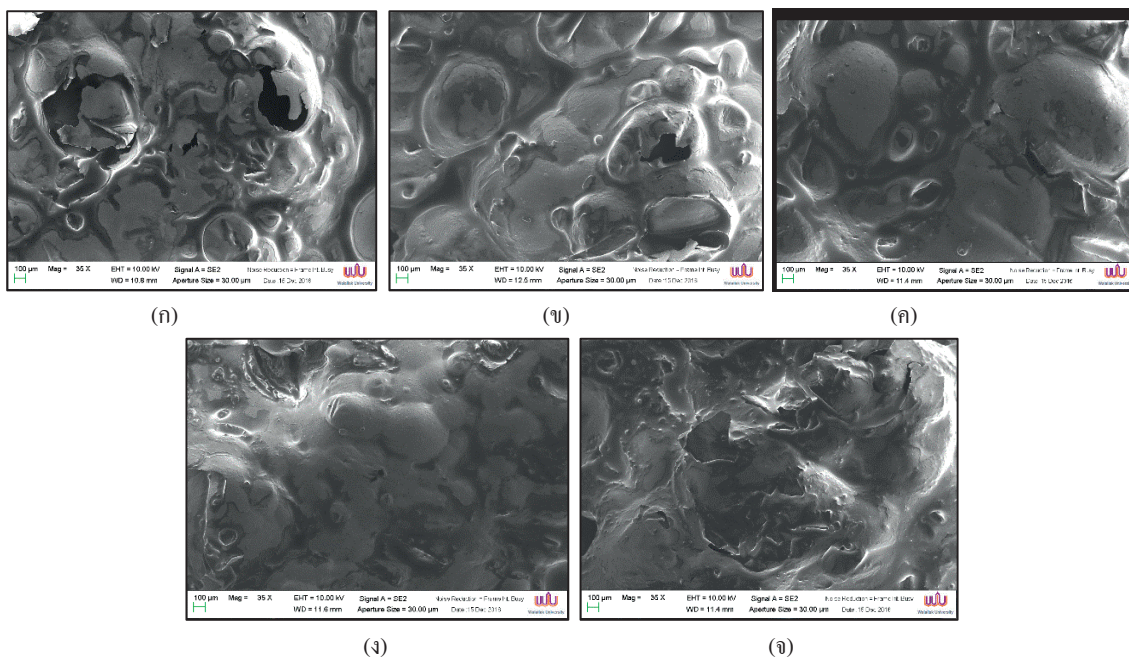
ทั้งนี้พบว่า การดูดซับไขมันในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบกทอดลดลงเมื่อทดแทนผงบัวบกเพิ่มขึ้น การทดแทนผงบัวบก 10 % สามารถลดการดูดซับไขมันของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบทอดได้ประมาณ 1.5 เท่า เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม (0 %) แสดงให้เห็นว่าการทดแทนวัตถุดิบที่มีใยอาหารลงไปในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ ส่งผลต่อการดูดซับไขมันของแป้งที่เกิดขึ้นในระหว่างการทอด ทำให้ปริมาณน้ำมันที่เหลือในผลิตภัณฑ์ลดน้อยลง ประกอบกับอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ที่ลดลง ทำให้รูพรุนที่เกิดขึ้นมีขนาดและปริมาณน้อยกว่าแผ่นข้าวเกรียบที่มีองค์ประกอบของแป้งมันสำปะหลังทั้งหมด [24] การทดแทนปริมาณผงบัวบกที่เพิ่มขึ้น (2.5 %-10.0 %) ทำให้ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) คงเหลือของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (0.37 0.38 0.41 0.42 และ 0.44 ตามลำดับ) ซึ่งเป็นผลมาจากการพองตัวของผลิตภัณฑ์ เมื่อผลิตภัณฑ์มีการพองตัวน้อย การระเหยของไอน้ำในกระบวนการทอดจึงเกิดขึ้นน้อยตามลำดับ โดยปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบและมีผลต่อค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่มีปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) มาก จะมีความกรอบของผลิตภัณฑ์หลังทอดลดลง [19] อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบพร้อมบริโภคน้ำที่เพิ่มขึ้น มีปริมาณน้อยกว่า 0.6 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของอาหารแห้ง จึงไม่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารให้สั้นลง ในทางกลับกันปริมาณการดูดซับไขมันในผลิตภัณฑ์ที่ลดลงสามารถช่วยลดปัจจัยการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบทอดที่อาจเกิดจากปฏิกิริยาการหืนของไขมันและน้ำมันได้

ตารางที่ 2 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบกที่มีการทดแทนผงบัวบกลงในแป้งมันสำปะหลังที่ปริมาณต่างกัน

ค่าสีของ ผลิตภัณฑ์	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์*				
	บัวบก -0 %	บัวบก -2.5 %	บัวบก -5.0 %	บัวบก -7.5 %	บัวบก -10.0 %
L*	50.39 ± 0.48 ^a	41.78 ± 0.36 ^b	40.76 ± 0.11 ^c	37.11 ± 0.11 ^d	36.51 ± 0.20 ^c
a*	0.87 ± 0.29 ^a	-0.98 ± 0.15 ^b	-1.31 ± 0.12 ^c	-1.46 ± 0.17 ^c	-1.66 ± 0.16 ^d
b*	20.85 ± 0.28 ^b	23.21 ± 0.64 ^a	23.51 ± 0.20 ^a	23.16 ± 0.36 ^a	23.55 ± 0.32 ^a

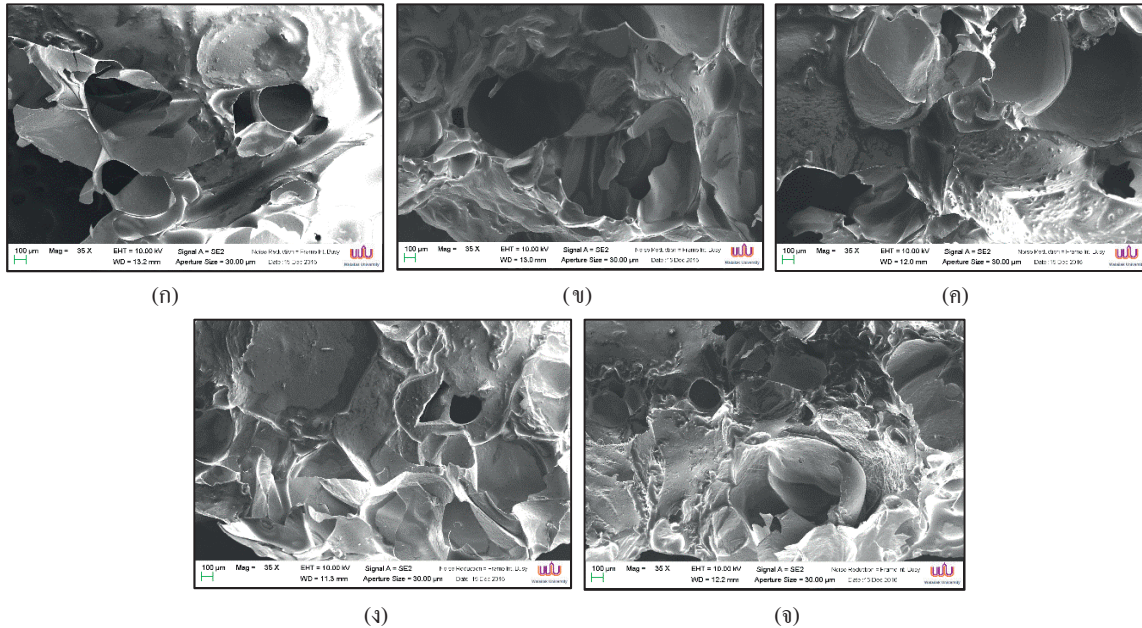
* แสดงถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและตัวอักษร^{a-c} ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผงบัวบกมีรงควัตถุสีเขียวของสารประกอบคลอโรฟิลล์ ดังนั้นเมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ ทำให้ค่าความเป็นสีเขียว (a*) ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และลดค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ (L*) ลงอย่างชัดเจน รวมทั้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 2) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า สีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของวัสดุชีวภาพที่ใช้เติมลงไป รวมทั้งชนิดของแป้งที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบ ปริมาณการเติมผงปรุงแต่งรสอาหาร และขนาดแผ่นข้าวเกรียบก่อนทอด ล้วนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบพร้อมบริโภคน [17, 22, 26]



ภาพที่ 1 ลักษณะพื้นผิวของแผ่นข้าวเกรียบทอดที่มีการทดแทนผงบัวบกในปริมาณที่แตกต่างกัน

โดยที่ (ก) ทดแทนผงบัวบก 0 %; (ข) ทดแทนผงบัวบก 2.5 %; (ค) ทดแทนผงบัวบก 5.0 %; (ง) ทดแทนผงบัวบก 7.5 %;
(จ) ทดแทนผงบัวบก 10.0 %



ภาพที่ 2 ลักษณะผิวหน้าตัดภายในของแผ่นข้าวเกรียบทอดที่มีการทดแทนผงขี้ผึ้งในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยที่ (ก) ทดแทนผงขี้ผึ้ง 0 %; (ข) ทดแทนผงขี้ผึ้ง 2.5 %; (ค) ทดแทนผงขี้ผึ้ง 5.0 %; (ง) ทดแทนผงขี้ผึ้ง 7.5 %; (จ) ทดแทนผงขี้ผึ้ง 10.0 %

เมื่อพิจารณาพื้นผิวและ โครงสร้างหน้าตัดของแผ่นข้าวเกรียบที่มีปริมาณการทดแทนผงขี้ผึ้งในปริมาณที่แตกต่างกัน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM) ตาม ภาพที่ 1-2 พบว่า ปริมาณการเติมผงขี้ผึ้งมีผลต่อพื้นผิวภายนอกของแผ่นข้าวเกรียบอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากแผ่นข้าวเกรียบ ที่ไม่มีการเติมผงขี้ผึ้งทดแทนแป้งมันสำปะหลังจะมีอัตราการพองตัวและความกรอบมากที่สุด (ตารางที่ 1) ทำให้ผิวของ ตัวอย่างดังกล่าวมีลักษณะบางและกรอบ จนทำให้ผิวของตัวอย่างแตกและมีรูพรุนปรากฏบนผิวของตัวอย่างอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 1ก) เช่นเดียวกับการทดแทนผงขี้ผึ้งในปริมาณน้อย (2.5 %) ที่แสดงให้เห็นพื้นผิวของเนื้อสัมผัสตัวอย่างในลักษณะ เดียวกัน (ภาพที่ 1ข) อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มการทดแทนผงขี้ผึ้ง (5.0 %-10.0 %) ลักษณะพื้นผิวของแผ่นข้าวเกรียบจะมี ความเรียบและไม่ปรากฏรูพรุนบนผิวตัวอย่างแตกต่างจากพื้นผิวตัวอย่างควบคุม แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างมีการพองตัวและ เกิดรูพรุนภายในน้อย สอดคล้องกับค่าความแข็งของตัวอย่างที่วัดได้ (ตารางที่ 1) สำหรับโครงสร้างหน้าตัดของตัวอย่าง (ภาพที่ 2) พบว่า ปริมาณการเติมผงขี้ผึ้งมีผลต่อโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์ โดยแผ่นข้าวเกรียบที่ไม่มีการเติมผงขี้ผึ้ง (0 %) จะมีขนาดรูพรุนภายในใหญ่กว่ารูพรุนของแผ่นข้าวเกรียบที่การเติมผงขี้ผึ้งลงไปปริมาณต่างกัน (2.5 %-10.0 %) สอดคล้องกับผลของการเพิ่มใยอาหารลงในผลิตภัณฑ์ ทำให้ขัดขวางการพองตัวของแผ่นข้าวเกรียบ และส่งผลให้รูพรุนที่ เกิดขึ้นมีขนาดและปริมาณน้อยกว่าแผ่นข้าวเกรียบที่มีแป้งมันสำปะหลังทั้งหมด [24]

2. องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น คุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบขี้ผึ้ง

การทดแทนผงขี้ผึ้งในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ ตั้งแต่ 2.5-10.0 % สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการแก่ผลิตภัณฑ์ ข้าวเกรียบได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบสูตรมาตรฐาน ($p < 0.05$) โดยพบว่า มีผลต่อการ เพิ่มปริมาณโปรตีน (2.09-3.27 กรัมต่อ 100 กรัม) ใยอาหาร (1.13-2.06 กรัมต่อ 100 กรัม) และเถ้า (2.00-3.01 กรัมต่อ 100 กรัม) แต่ในทางกลับกัน ทำให้ปริมาณไขมันหยابในผลิตภัณฑ์ลดลงประมาณ 1-2 เท่า อย่างไรก็ตามปริมาณองค์ประกอบของ ไขมันหยาบที่ลดลงเป็นผลมาจากอัตราการพองตัวและปริมาณน้ำในอาหารของของแผ่นข้าวเกรียบในระหว่างการทอด เนื่องจากเมื่อน้ำในอาหารเกิดการระเหยออกอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้น้ำมันเข้าไปแทนที่น้ำในช่องว่างระหว่างเซลล์ของแผ่น ข้าวเกรียบเพื่อแทนที่น้ำที่ระเหยออกไปและแทรกอยู่ในระหว่างรูพรุนที่เกิดขึ้นจากการขยายตัวของแผ่นข้าวเกรียบ [17, 27] ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในตารางที่ 1 เมื่ออัตราการการพองตัวของแผ่นข้าวเกรียบลดลงทำให้แผ่นข้าวเกรียบมีการดูด ขั้บไขมันลดลงตามระดับการเพิ่มปริมาณผงขี้ผึ้ง

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบกพร้อมบริโภค

องค์ประกอบทางโภชนาการ (หน่วย)	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์*				
	บัวบก -0 %	บัวบก -2.5 %	บัวบก -5.0 %	บัวบก -7.5 %	บัวบก -10.0 %
ความชื้น (g/100 g)	2.57 ± 0.01 ^c	3.47 ± 0.03 ^d	3.74 ± 0.03 ^c	4.03 ± 0.02 ^b	4.31 ± 0.05 ^a
เถ้า (g/100 g)	1.47 ± 0.01 ^c	2.00 ± 0.02 ^d	2.47 ± 0.05 ^c	2.87 ± 0.04 ^b	3.01 ± 0.03 ^a
คาร์โบไฮเดรต (g/100 g)	62.08 ± 0.87 ^d	66.26 ± 0.23 ^c	69.14 ± 0.25 ^b	71.57 ± 0.83 ^a	72.00 ± 0.54 ^a
ไขมันหยาบ (g/100 g)	31.37 ± 0.85 ^c	25.04 ± 0.06 ^d	20.71 ± 0.25 ^c	16.98 ± 0.72 ^b	15.35 ± 0.57 ^a
โปรตีน (g/100g)	1.68 ± 0.01 ^c	2.09 ± 0.01 ^d	2.50 ± 0.02 ^c	2.88 ± 0.02 ^b	3.27 ± 0.03 ^a
ใยอาหารหยาบ (g/100 g)	0.83 ± 0.01 ^c	1.13 ± 0.01 ^d	1.43 ± 0.02 ^c	1.66 ± 0.07 ^b	2.06 ± 0.03 ^a
แคลเซียม (mg/kg)	247.70 ± 0.63 ^c	419 ± 0.98 ^d	591.95 ± 0.43 ^c	762.76 ± 2.18 ^b	941.16 ± 6.58 ^a
โพแทสเซียม (mg/kg)	520.85 ± 2.84 ^c	1337.30 ± 6.17 ^d	2147.36 ± 2.82 ^c	2953.39 ± 9.85 ^b	3762.52 ± 7.61 ^a
ฟอสฟอรัส (mg/kg)	129.78 ± 2.65 ^c	188.38 ± 0.17 ^d	248.38 ± 1.97 ^c	309.37 ± 1.27 ^b	365.35 ± 0.88 ^a
แมกนีเซียม (mg/kg)	59.96 ± 0.24 ^c	111.45 ± 0.74 ^d	160.51 ± 1.66 ^c	217.39 ± 3.70 ^b	265.97 ± 1.57 ^a
เหล็ก (mg/kg)	4.51 ± 0.01 ^c	9.55 ± 0.36 ^d	13.91 ± 0.11 ^c	18.52 ± 0.11 ^b	23.60 ± 0.23 ^a

* แสดงถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและตัวอักษร^{a-c} ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เนื่องจากบัวบกเป็นผักพื้นบ้านที่มีองค์ประกอบของแร่ธาตุหลักที่สำคัญ ได้แก่ แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โซเดียม แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส ในปริมาณที่สูง [9] จากผลการศึกษา (ตารางที่ 3) พบว่า การทดแทนผงบัวบกลงในแป้งมันสำปะหลังสามารถเพิ่มปริมาณแร่ธาตุแคลเซียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และเหล็ก ในผลิตภัณฑ์ได้สูงถึง 2-7 เท่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (0 %) แสดงให้เห็นว่า การทดแทนผงบัวบกในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในส่วน of แร่ธาตุสำคัญ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Ahmed and Abozed [19] ที่ได้รายงานว่า การนำเศษเหลือจากกระบวนการคั้นน้ำกระเจี๊ยบมาเติมลงในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ สามารถช่วยเพิ่มปริมาณใยอาหารและแร่ธาตุ เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก และสังกะสีในผลิตภัณฑ์ได้ และพบว่าการทดแทนกากกระเจี๊ยบลงในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันต่ำกว่าสูตรควบคุม

นอกจากบัวบกเป็นพืชที่มีคุณค่าโภชนาการเด่นทั้งในกลุ่มสารอาหารหลักและสารอาหารรองแล้ว จากการรายงานผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า บัวบกประกอบด้วยสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์และมีบทบาทสำคัญในการจับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ รวมทั้งด้านการเกิดมะเร็ง ส่งเสริมการสร้างคอลลาเจน และผลต่อระบบประสาทและพัฒนาระบบทางสมองโดยให้ผลต่อการกระตุ้นประสาทได้ [9-14] จากการทดแทนผงบัวบกในการผลิตข้าวเกรียบ พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบกมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าข้าวเกรียบสูตรมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณการทดแทนผงบัวบก โดยสารสกัดของผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และสามารถรีดิวซ์โลหะได้ โดยอาศัยการรีดิวซ์เฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) ให้ไปเป็นเฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) ได้ดีกว่าสารสกัดของข้าวเกรียบสูตรมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนผงบัวบก (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบก

สารสกัด ผงข้าวเกรียบบัวบก*	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/100g DW)	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ	
		DPPH Inhibition (%)	1-10 Phenanthroline activity (mol Fe^{2+} /g DW)
บัวบก-0 %	85.57 ± 0.10 ^c	32.33 ^d	0.02 ± 0.01 ^c
บัวบก-2.5 %	159.47 ± 0.14 ^d	36.36 ^c	3.50 ± 0.01 ^d
บัวบก-5.0 %	174.64 ± 0.70 ^c	36.86 ^c	3.66 ± 0.01 ^c
บัวบก-7.5 %	199.47 ± 0.24 ^b	38.93 ^b	3.90 ± 0.02 ^b
บัวบก-10.0 %	241.65 ± 0.56 ^a	42.66 ^a	4.11 ± 0.01 ^a

* แสดงถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและตัวอักษร^{a-c} ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบก พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสี (7.02-7.46) กลิ่นรส (6.89-7.36) ความกรอบ (6.24-7.48) รสชาติ (6.86-7.42) และความชอบรวม (6.38-7.84) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ไม่ได้แสดงข้อมูล) โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบกที่มีระดับการทดแทนผงบัวบกไม่เกิน 5.0 % (ความชอบรวมมากกว่า 7 คะแนน) และผู้บริโภคจะมีความชอบผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณผงบัวบกลงในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเป็น 7.5 % และ 10.0 % ตามลำดับ ทั้งนี้การทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยผงบัวบก 2.5 % ได้รับการยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภค สูงที่สุด (7.84 คะแนน)

สรุปผลการวิจัย

การทดแทนผงบัวบกในแป้งมันสำปะหลังเพื่อผลิตข้าวเกรียบบัวบกเพื่อสุขภาพ ทำให้อัตราการพองตัว ความหนาแน่นรวม การดูดซับไขมัน และความกรอบของผลิตภัณฑ์ลดลง แต่สามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ได้ โดยทำให้ผลิตภัณฑ์มีองค์ประกอบของโปรตีนเพิ่มขึ้น 1-2 เท่า ใยอาหารเพิ่มขึ้น 1-2.5 เท่า เถ้าเพิ่มขึ้น 1-2 เท่า เพิ่มแร่ธาตุสำคัญ ได้แก่ แคลเซียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และเหล็ก ได้ 2-7 เท่า และช่วยลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ได้ 1-2 เท่า นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบกยังมีองค์ประกอบของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยสารสกัดของผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และมีความสามารถรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกได้ดีกว่าสารสกัดข้าวเกรียบสูตรมาตรฐาน การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สามารถทดแทนผงบัวบกในแป้งมันสำปะหลังเพื่อผลิตข้าวเกรียบบัวบกเพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เป็นขนมขบเคี้ยวทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่นิยมผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้ โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบกที่มีระดับการทดแทนผงบัวบกได้ไม่เกิน 5.0 %

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุน โครงการวิจัยจากสำนักบริหาร โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2559 (HERP 2559)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Yimto, C., Pooksuksakul, A. and Puengkham, O. (2012). Development of Cereals Cracker Product. **Complete Research Report**. Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani.
- [2] Dholvitayakhun, A. (2007). **Quality Development of Black Sesame Crispy Crackers with Herbs** (Online). Retrieved 18 December 2016, from <http://www.rtir.rmutt.ac.th/handle/123456789/316>.
- [3] Suraratchai, L., Sarakun, R. and Phoophat, N. (2009). **Production of Spirulina snack food (Khao Krieb)** (Online). Retrieved 18 December 2016, from http://www.rdi.ku.ac.th/kasetresearch52/01-celebrate/lalida/celebrate_00.html.
- [4] Suriya, P., Thamaragsa, N., Kaewtein, S., Pocarar, R. and Arkanit K. (2011). Product Development of Burma Bean Chip. **Proceeding of the 2nd MJU-Phrae National Research Conference**. 1st-2nd September 2011, Prae.
- [5] Nanasombat, S. and Teckchuen, N. (2009). "Antimicrobial, Antioxidant and Anticancer activities of Thai Local Vegetables", **Journal of Medicinal Plants Research**. 3(5), 443--449.
- [6] Panpipat, W., Suttirak, W. and Chaijan M. (2010). "Free Radical Scavenging Activity and Reducing Capacity of Five Southern Thai Indigenous Vegetable Extracts", **Walailak Journal of Science and Technology**. 7(1), 51-60.
- [7] Thummajitasakul, S., Tumchalee, L., Koolwong, S., Deetae, P., Kaewsri, W. and Lertsiri, S. (2014). "Antioxidant and Antibacterial Potentials of Some Thai Native Plant Extracts", **International Food Research Journal**. 21(6), 2393-2398.
- [8] Kongkachuichai, R., Charoensiri, R., Yakoh, K., Kringkasemsee, A. and Insung, P. (2015). "Nutrients Value and Antioxidant Content of Indigenous Vegetables from Southern Thailand", **Food Chemistry**. 173, 838-846.

- [9] Singh, S., Singh, D.R., Shajeeda Banu, V. and Avinash, N. (2014). “Functional Constituents (Micronutrients and Phytochemicals) and Antioxidant Activity of *Centella asiatica* (L.) Urban Leaves”, **Industrial Crops and Products**. 61, 115–119.
- [10] Wang, X.S., Liu, L. and Fang, J.N. (2005). “Immunological Activities and Structure of Pectin from *Centella asiatica*”, **Carbohydrate Polymers**. 60, 95–101.
- [11] Subhasree, B., Baskar, R., Keerthana, R.L., Susan, R.L. and Rajasekaran, P. (2009). “Evaluation of Antioxidant Potential in Selected Green Leafy Vegetables”, **Food Chemistry**. 115, 1213–1220.
- [12] Maulidiani, A.F., Khatiba, A., Shaari, K. and Lajis N.H. (2014). “Chemical Character Apiaceae species Industrial”, **Crops and Products**. 55, 238–247.
- [13] Rao, S.B., Chetana, M. and Uma Devi P. (2005). “*Centella asiatica* Treatment During Postnatal Period Enhances Learning and Memory in Mice”, **Physiology & Behavior**. 86, 449–457.
- [14] Wanasuntronwong, A., Tantisira, M.H., Tantisira, B. and Watanabe, H. (2012). “Anxiolytic Effects of Standardized Extract of *Centella asiatica* (ECa 233) after Chronic Immobilization Stress in Mice”, **Journal of Ethnopharmacology**. 143, 579–585.
- [15] Abd El-Ghany, I.H., El-Asser, M.A., Nagy, K.S. and Abd El-Maksoud, A.A. (2013). “Effect of Milk Proteins on Physical and Chemical Characteristics of Crispy Puff Snacks”, **Journal of Agricultural Science and Technology**. 3, 633–645.
- [16] Keeratipibul, S., Luangsakul, N. and Lertsatchayam T. (2008). “The Effect of Thai Glutinous Rice Cultivars, Grain Length and Cultivating Locations on the Quality of Rice Cracker (Arare)”, **LWT - Food Science and Technology**. 41, 1934–1943.
- [17] Kaewmanee, T., Karrila, T.T. and Benjakul, S. (2015). “Effects of Fish Species on the Characteristics of Fish Cracker”, **International Food Research Journal**. 22(5), 2078–2087.
- [18] AOAC. (2000). **Official method of analysis of AOAC International**. (18th edition). USA: Maryland.
- [19] Ahmed, Z.S. and Abozed, S.S. (2015). “Functional and Antioxidant Properties of Novel Snack Crackers incorporated with *Hibiscus sabdariffa* by-Product”, **Journal of Advanced Research**. 6, 79–87.
- [20] Szydłowska-Czerniak, A., Dianoczki, C., Recseg, K., Karlovits, G. and Szlyk, E. (2008). “Determination of Antioxidant Capacities of Vegetable Oils by Ferric-Ion Spectrophotometric Methods”, **Talanta**. 76, 899–905.
- [21] Saeleaw, M. and Schleining, G. (2010). “Effect of Blending Cassava Starch, Rice, Waxy Rice and Wheat Flour on Physico-Chemical Properties of Flour mixtures and Mechanical and Sound Emission Properties of Cassava Crackers”, **Journal of Food Engineering**. 100, 12–24.
- [22] Nurul, H., Boni, I. and Noryati, I. (2009). “The Effect of Different Ratios of Dory Fish to Tapioca Flour on the Linear Expansion, Oil Absorption, Colour and Hardness of Fish Crackers”, **International Food Research Journal**. 16, 159–165.
- [23] Wu, K.L., Sung, W.C. and Yang, C.H. (2009). “Characteristics of Dough and Bread as affected by the Incorporation of Sweet Potato Paste in the Formulation”, **Journal of Marine Science and Technology**. 17(1), 13–22.
- [24] Rohani, A. C., Salasiah, M. N. and Ashadi, Y. (2010). “Effect of Cereal Fibre on the Physico-Chemical Quality and Sensory Acceptability of Instant Fish Crackers”, **Journal of Tropical Agriculture and Food Science**. 38(1), 39–49.
- [25] Rosell, C. M. and Santos, E. (2010). “Impact of Fibers on Physical Characteristics of Fresh and Staled Bake off Bread”, **Journal of Food Engineering**. 98, 273–281.
- [26] Nurul, H., Li Leng, A., Xian Yee, C. and Herpandi. (2010). “Chemical Composition, Colour and Linear Expansion Properties of Malaysian Commercial Fish Cracker (Keropok)”, **Asian Journal of Food and Agro-Industry**. 3(05), 473–482.
- [27] Mellema, M. (2003). “Mechanism and Reduction of Fat Uptake in Deep-Fat Fried Foods”, **Trends in Food Science and Technology**. 14, 364–373.