

ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิล ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบราวนี่*

อรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์**, ผกาวัล ภู่อินทร์**, ไสร์จรรพม อินเกตุ**,
ภรภัทร สำอางค์**, เอกภพ จันทรสุคนธ์**

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลต่อคุณภาพของบราวนี่โดยได้ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 255075 และ 100 โดยน้ำหนักแป้งสาลี จากการศึกษาพบว่าบราวนี่ทดแทนด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ มีค่า L^* a^* และ b^* ไม่แตกต่างจากบราวนี่สูตรควบคุม ($p>0.05$) เมื่อทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง texture analyzer พบว่าปริมาณแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อ ค่าการคืนตัว และค่าการเกาะตัวลดลงอย่างต่อเนื่องการทดแทนด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 25 50 75 และ 100 ในผลิตภัณฑ์บราวนี่ส่งผลให้ปริมาณเยื่อใยเพิ่มขึ้น 1.21 1.27 1.36 และ 1.42 เท่า ตามลำดับและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น 2.64 3.80 4.10 และ 4.38 เท่า ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับบราวนี่สูตรควบคุมผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าบราวนี่ทดแทนด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 50 ได้รับคะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวมมากที่สุด ($p\leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์นี้มีอายุการเก็บรักษา 6 วันที่อุณหภูมิห้องและ 15 วันที่อุณหภูมิแช่เย็นโดยมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คำสำคัญ : บราวนี่, แป้งปลายข้าวหอมนิล, การต้านอนุมูลอิสระ

* ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

** อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Corresponding author, email: sirianganakun@psru.ac.th, Tel. 055-267054

Received : June 11, 2020; Revised : October 7, 2020; Accepted : November 6, 2020

Effects of Wheat Flour Substitution with Hom Nin Broken Rice Flour on Quality Changes of Brownie*

Arunluk Chodnakarin**, Pakawadee Phugan**, Sorajwarachum Inket**,
Pornpat Sam-ang**, Eakpop Jansukon**

Abstract

The objective of this study was to investigate the effects of wheat flour substitution with Hom Nin broken rice flour on qualities of brownie. Hom Nin broken rice flour were added into brownie at different levels including 0 (control), 25,50,75 and 100% (w/w) to replace wheat flour. The results found that L^* , a^* และ b^* values of brownie with various substitutions of Hom Nin broken rice were not significantly different from that of the control ($p>0.05$). When levels of Hom Nin broken rice flour increased, firmness, springiness and cohesiveness values of brownie determined by using a texture analyzer continuously decreased. Wheat flour replacement with 25,50,75 and 100% Hom Nin broken rice flour resulted in an increase of fiber content by 1.21, 1.27, 1.36 and 1.42 folds, respectively and also increase values of antioxidant activity as 2.64, 3.80, 4.10 and 4.38 folds, respectively when compared with the control sample. Brownie containing 50% Hom Nin broken rice flour displayed the highest sensory scores of overall acceptability ($p\leq 0.05$). Shelf life of this brownie was 6 and 15 days when kept at room temperature and chill temperature, respectively with the Thai Community Product Standard amount of microbes.

Keywords : Brownie, Hom Nin broken rice flour, Antioxidant

* This research project is supported by Pibulsongkram Rajabhat University

** Instructor, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

Corresponding author, email: siriangkanakun@psru.ac.th, Tel. 055-267054

Received : June 11, 2020; **Revised :** October 7, 2020; **Accepted :** November 6, 2020

ความสำคัญของปัญหาการวิจัย

บรารนี้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดหนึ่งที่มีความนิยมนำมาบริโภคอย่างแพร่หลายและมีการบริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ บรารนี้มักเสิร์ฟในรูปแบบของอาหารว่างและอาหารหวาน ลักษณะที่เด่นชัดของผลิตภัณฑ์บรารนี้คือเป็นขนมอบที่มีเนื้อสัมผัสแน่น มีสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นและรสที่เป็นเอกลักษณ์ สารอาหารหลักอย่างหนึ่งในผลิตภัณฑ์บรารนี้คือคาร์โบไฮเดรตเนื่องจากบรารนี้มีแป้งสาลีเป็นส่วนประกอบหลัก ดังนั้นการบริโภคบรารนี้ในปริมาณมากอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อผู้บริโภคได้ ในปัจจุบันจึงมีผู้บริโภคหันมาสนใจผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น ทำให้มีผู้วิจัยบางส่วนศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์บรารนี้เพื่อสุขภาพ เช่น การใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในบรารนี้ (ณนท แดงสังวาลย์ และคณะ, 2554) นอกจากนี้ไชยสิทธิ์ พันธุ์พูนจินดาและคณะ (2560) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์บรารนี้โดยใช้แป้งข้าวเหนียวทดแทนแป้งสาลี อย่างไรก็ตามการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวยังคงไม่มีการศึกษา

ข้าวหอมนิลหรือข้าวเจ้าหอมนิลเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเมล็ดของข้าวหอมนิลมีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 12.5 และ 70 ตามลำดับและยังประกอบไปด้วยธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง แคลเซียม และโพแทสเซียม ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ (อริสราอดมัย และอรอุมา จิตรวโรภาส, 2550) ข้าวหอมนิลมีสีของรงควัตถุชนิดแอนโทไซยานิน (anthocyanin) และโปรแอนโทไซยานิดิน (proanthocyanidin) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (จุฑามาศ ธีระสาโรช และเฉลิมพล ถนอมวงศ์, 2558) โดยสารแอนโทไซยานินมีคุณสมบัติช่วยบรรเทาโรคเบาหวาน บำรุงสายตา ลดการอักเสบของเนื้อเยื่อ ลดไขมันอุดตันในเส้นเลือดที่หัวใจและสมอง ขณะที่สารโปรแอนโทไซยานิดินช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเซลล์มะเร็งที่ปอด โพรงจมูก กระเพาะอาหาร และเต้านม นอกจากนี้สารโปรแอนโทไซยานิดินยังช่วยลดอัตราการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันเนื่องจากสารโปรแอนโทไซยานิดินมีหน้าที่ขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคอเลสเตอรอลชนิด LDL (low density lipoprotein) ขณะที่ในกระบวนการผลิตข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยวจากพื้นที่เพาะปลูกในลักษณะของข้าวเปลือกจะถูกนำมาผ่านกระบวนการสี โดยในขั้นตอนการสีข้าวจะได้ปลายข้าวเป็นผลพลอยได้หลังจากผ่านการสีประมาณร้อยละ 15 ซึ่งปกติปลายข้าวมักถูกนำไปใช้เลี้ยงสัตว์จึงทำให้ปลายข้าวมีราคาถูก ดังนั้นการนำปลายข้าวหอมนิลซึ่งเป็นสินค้าที่มีราคาถูกมาใช้ประโยชน์โดยการนำมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บรารนี้จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับปลายข้าวหอมนิลและเป็นการใช้ทรัพยากรการเกษตรในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศ และผลิตภัณฑ์บรารนี้ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลอาจจะเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกแก่ผู้บริโภคทั่วไปที่ใส่ใจในเรื่องสุขภาพอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้แป้งจากปลายข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บรารนี้
2. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บรารนี้ที่ใช้แป้งจากปลายข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแป้งจากปลายข้าวหอมนิล

ผลิตแป้งจากปลายข้าวหอมนิลตามวิธีการของอริสราอดมัย และอรอุมา จิตรวโรภาส (2550) โดยนำปลายข้าวหอมนิลมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจากนั้นนำไปบดด้วยเครื่อง Multifunction

Disintegrator (HR-06B, Horus, Zhejiang, China) ร่อนผ่านตะแกรงให้มีขนาดเล็กกว่า 180 ไมโครเมตร (<80 mesh) และบรรจุในถุงพลาสติกปิดผนึก เก็บในที่แห้งเพื่อใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ความชื้น เถ้าไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต และศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (DPPH radical scavenging capacity) และนำไปใช้ในการผลิตบราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิล

2. การเตรียมบราวนี่โดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ

ผลิตบราวนี่สูตรควบคุมตามสูตรของพรรัตน์ สิ้นชัยพานิช และคณะ (2560) โดยนำช็อกโกแลต 200 กรัม และเนย 176 กรัม ใส่ลงในชามสแตนเลสนำไปวางบนอ่างน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส คนส่วนผสมทั้งหมดให้ละลายเข้ากันจากนั้นเติมน้ำตาลทราย 325 กรัม ตามด้วยไข่ไก่ 165 กรัม และแป้งสาลี 150 กรัมตามลำดับคนส่วนผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วเทส่วนผสมบราวนี่ลงในพิมพ์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30-35 นาทีหรือจนกระทั่งสุกนำถาดขนมมาพักไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องตัดบราวนี่ออกเป็นชิ้นให้มีขนาดกว้างยาวเท่ากับ 5x5 เซนติเมตรและทำการผลิตบราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลตามวิธีการของบราวนี่สูตรควบคุมข้างต้นยกเว้นแป้งที่ใช้จะใช้แป้งจากปลายข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน คือ อัตราส่วนแป้งจากปลายข้าวหอมนิลต่อแป้งข้าวสาลีเท่ากับ 25:75:50:25 และ 100:0 ตามลำดับ

3. การประเมินลักษณะทางกายภาพเคมี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ

3.1 สี

นำผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ทดแทนด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 ของน้ำหนักแป้งสาลีมาวัดค่าสี โดยวัดค่าสีด้วยเครื่อง colorimeter (Hunter lab, Color Flex 45/0, USA) และรายงานผลในระบบ CIE L* a* b* โดยรายงานผลเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

3.2 เนื้อสัมผัส

นำตัวอย่างบราวนี่มาวัดคุณภาพเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer (TA.XT2 Stable Micro System Ltd., UK) โดยใช้หัววัดทรงกระบอก P36R ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตรตั้งค่าอัตราเร็วก่อนกดและหลังกด 1 มิลลิเมตร/วินาที เป็นระยะทางร้อยละ 50 ของความสูงตัวอย่าง รายงานผลเป็นค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ค่าการคืนตัว (Springiness) และค่าการเกาะตัว (Cohesiveness) ทำการวัดจำนวน 10 ซ้ำ

3.3 องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ความชื้น เถ้า ไขมัน เยื่อใย ตามวิธีการของ AOAC (2000) จากนั้นนำมาคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธี Calculation by difference ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

3.4 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดัดแปลงจากวิธีของ De Ancos et al. (2002) โดยชั่งตัวอย่าง 1 กรัม เติมน้ำเอทานอลร้อยละ 80 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร นำไปโม่ในโม่โม่และกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำส่วนใสที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6000 xg เป็นเวลา 15 นาที ปริมาตรด้วยเอทานอลร้อยละ 80 จนครบปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นดูดส่วนใส 1 มิลลิลิตรแล้วเติมนสารละลาย DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) 3 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 20 นาที วัดค่าการ

ดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรโดยทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ระดับการยับยั้งคำนวณดังนี้

$$\text{DPPH radical scavenging (\%)} = [(A_0 - A_s) / A_0] \times 100$$

โดย A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาในสถานะที่ไม่มีผลิตภัณฑ์บราวน์, A_s = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาในสถานะที่มีผลิตภัณฑ์บราวน์

4. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวน์ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ

ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คนเพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของบราวน์ โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยคะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

5. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บราวน์ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิล

นำผลิตภัณฑ์บราวน์สูตรทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 °C) และอุณหภูมิแช่เย็น (4 ± 2 °C) และนำมาตรวจสอบคุณภาพทุกๆ 3 วัน ดังนี้

5.1 การศึกษาอวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, a_w)

วัดค่าอวอเตอร์แอคทิวิตีโดยนำบราวน์ใส่ในถ้วยตัวอย่างให้มีความสูงประมาณ 0.5 ของถ้วย วัดค่าอวอเตอร์แอคทิวิตีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องวิเคราะห์อวอเตอร์แอคทิวิตีทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

5.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์โดยตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดยีสต์และรา ตามวิธีของ AOAC (2000) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD) สำหรับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสและวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการศึกษาอวอเตอร์แอคทิวิตีนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบองค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของปลายข้าวหอมนิล

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปลายข้าวหอมนิลแสดงดังตารางที่ 1 จากผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบหลักของปลายข้าวหอมนิลคือคาร์โบไฮเดรตนอกจากนี้ยังพบว่าปลายข้าวหอมนิลมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง โดยสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ถึงร้อยละ 98.03

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของปลายข้าวหอมนิล

องค์ประกอบทางเคมี (%)	ปลายข้าวหอมนิล
โปรตีน	8.80±0.03
ความชื้น	10.23±0.24
เถ้า	1.28±0.02
ไขมัน	2.06±0.11
เยื่อใย	1.36±0.53
คาร์โบไฮเดรต	76.27±0.31
DPPH(%)	98.03±0.21

2. ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพ เคมี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ

2.1 สี

นำผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 25 50 75 และ 100 ของน้ำหนักแป้งสาลี มาวิเคราะห์ค่าสี ผลแสดงดังตารางที่ 2 จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ พบว่าค่า L^* a^* และ b^* ในผลิตภัณฑ์บราวนี่สูตรควบคุมไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่า L^* อยู่ระหว่าง 26.52-27.34 ค่า a^* อยู่ระหว่าง 6.26-6.38 และค่า b^* อยู่ระหว่าง 5.88-6.01

ตารางที่ 2 การทดสอบค่าสีของผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ

ค่าสี	ร้อยละการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิล				
	0	25	50	75	100
L^{*ns}	26.52±0.45	27.00±0.64	27.17±0.32	27.34±0.40	26.96±0.29
a^{*ns}	6.31±0.24	6.29±0.25	6.26±0.11	6.33±0.11	6.38±0.11
b^{*ns}	5.88±0.07	5.91±0.15	6.01±0.07	6.00±0.15	5.94±0.10

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

2.2 เนื้อสัมผัส

จากการวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ ด้วยเครื่อง texture analyzer พบว่ามีค่าความแน่นเนื้อ ค่าการคืนตัวและค่าการเกาะตัว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) (ตารางที่ 3) โดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลทำให้ผลิตภัณฑ์บราวนี่มีค่าความแน่นเนื้อ ค่าการคืนตัวและค่าการเกาะตัวลดลงเมื่อปริมาณการทดแทนด้วยปลายข้าวหอมนิลเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 3 คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่าง ๆ

เนื้อสัมผัส	ร้อยละการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิล				
	0	25	50	75	100
ความแน่นเนื้อ (กิโลกรัม/วินาที)	3.19±0.18 ^a	2.73±0.14 ^b	2.57±0.14 ^{bc}	2.40±0.23 ^c	2.31±0.16 ^d
การคืนตัว	0.68±0.04 ^a	0.61±0.03 ^b	0.57±0.03 ^{bc}	0.53±0.06 ^c	0.39±0.03 ^d
การเกาะตัว	0.18±0.04 ^a	0.15±0.01 ^b	0.14±0.01 ^{bc}	0.13±0.01 ^{bc}	0.11±0.01 ^c

^{a,b,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันแถวแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.3 องค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของบราวนี่ทั้ง 5 สูตรพบว่าบราวนี่สูตรควบคุมมีปริมาณโปรตีนและความชื้นมากกว่าบราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ ($p \leq 0.05$) ผลดังตารางที่ 4 ขณะที่บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ มีปริมาณกรดไขมันและคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าบราวนี่สูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) การทดแทนด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับร้อยละ 100 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์บราวนี่มีไขมันต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์บราวนี่เพิ่มมากขึ้นเมื่อระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมี (%)	ร้อยละการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิล				
	0	25	50	75	100
โปรตีน	6.08±0.06 ^a	5.94±0.04 ^b	5.87±0.04 ^b	5.88±0.03 ^b	5.94±0.08 ^b
ความชื้น	16.71±0.02 ^a	13.85±0.03 ^b	13.87±0.03 ^b	13.91±0.06 ^b	13.91±0.06 ^b
เถ้า	1.19±0.01 ^c	1.30±0.02 ^a	1.25±0.02 ^b	1.30±0.02 ^a	1.26±0.02 ^b
ไขมัน	37.50±0.04 ^a	37.55±0.08 ^a	37.60±0.05 ^a	37.46±0.04 ^a	37.19±0.15 ^b
เยื่อใย	1.14±0.04 ^e	1.38±0.02 ^d	1.45±0.04 ^c	1.55±0.05 ^b	1.62±0.04 ^a
คาร์โบไฮเดรต	37.38±0.10 ^c	39.98±0.11 ^{ab}	39.95±0.04 ^b	39.90±0.04 ^b	40.08±0.04 ^a
DPPH (%)	20.94±2.06 ^e	55.27±3.30 ^d	79.61±2.04 ^c	85.85±1.65 ^b	91.76±1.17 ^a

^{a,b,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันแถวแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ

เมื่อนำผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ทดแทนด้วยปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์บราวนี่ทั้ง 5 สูตรมีคะแนนการยอมรับด้านสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 5 คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์บราวนี่

สูตรควบคุมและผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 50 มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 50 ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุด ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 5 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ

คุณลักษณะ	ร้อยละการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิล				
	0	25	50	75	100
ลักษณะปรากฏ	6.88±1.09 ^{ab}	6.50±1.12 ^b	7.36±1.36 ^a	6.66±1.20 ^b	7.02±1.50 ^{ab}
สี ^{ns}	6.84±1.26	6.82±1.11	7.34±1.42	7.08±1.30	6.88±1.50
กลิ่น	7.52±0.95 ^a	7.02±1.13 ^b	7.68±1.19 ^a	6.90±1.38 ^b	6.70±1.32 ^b
รสชาติ	7.24±1.07 ^{ab}	6.84±1.05 ^{bc}	7.56±1.43 ^a	6.66±1.42 ^c	6.66±1.39 ^c
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.07±1.11 ^b	6.84±1.12 ^{bc}	7.56±1.28 ^a	6.62±1.29 ^{bc}	6.52±1.46 ^c
ความชอบโดยรวม	6.87±0.92 ^b	6.82±1.18 ^b	7.64±1.35 ^a	6.88±1.33 ^b	6.86±1.53 ^b

^{a,b,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันแถวแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

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

4. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิล

จากตารางที่ 5 พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 50 มากที่สุด จึงนำผลิตภัณฑ์บราวนี่สูตรดังกล่าวมาศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิแช่เย็น จากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ทุกๆ 3 วัน ผลดังตารางที่ 6 จากผลการทดลองเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 50 ในถุงพลาสติกโพลีเอททิลีนปิดสนิทที่อุณหภูมิห้องพบว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์บราวนี่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ($p\leq 0.05$) เมื่อพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และราของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นมีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกับการเก็บรักษาบราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 50 ที่อุณหภูมิแช่เย็น โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บราวนี่นานมากขึ้นทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 6 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิร้อยละ 50 เก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิแช่เย็น

ช่วงเวลาการเก็บรักษา (วันที่)	อุณหภูมิห้อง		อุณหภูมิแช่เย็น	
	วอเตอร์แอกติวิตี	จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	ยีสต์และรา (cfu/g)	ยีสต์และรา (cfu/g)
0	0.781±0.002 ^d	1.00 × 10 ²	<100	1.00 × 10 ²
3	0.808±0.003 ^c	2.33 × 10 ²	<100	1.33 × 10 ²
6	0.810±0.003 ^c	4.67 × 10 ⁴	<100	5.84 × 10 ²
9	0.816±0.004 ^b	2.43 × 10 ⁶	3.60 × 10 ²	5.83 × 10 ²
12	0.827±0.002 ^a	5.85 × 10 ⁶	7.33 × 10 ²	4.95 × 10 ⁴
15	0.824±0.002 ^a	-	-	6.67 × 10 ⁴
18		-	-	4.60 × 10 ⁶
21		-	-	6.26 × 10 ⁶

a,b,... หมายถึง ค่าเฉลี่ยของค่าวอเตอร์แอกติวิตี โดยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)
 มพช.459/2555 กำหนดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1 × 10⁶ โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม

การอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปลายข้าวหอมนิลพบโปรตีน ความชื้น เถ้า ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 8.80 10.23 1.28 2.06 1.36 และ 76.27 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1 และเมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าปลายข้าวหอมนิลมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงถึงร้อยละ 98.03 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sadabpud et al. (2010) ซึ่งได้รายงานว่าข้าวหอมนิลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 95.03 ดังนั้นการนำแป้งจากปลายข้าวหอมนิลไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่น่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์บราวนี่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น

เมื่อนำผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพพบว่าค่า L^* a^* และ b^* ในผลิตภัณฑ์บราวนี่สูตรควบคุมไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ (ตารางที่ 2) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์บราวนี่ใช้ช็อคโกแลตที่มีสีน้ำตาลเข้มเป็นองค์ประกอบจึงทำให้บราวนี่ทุกสูตรมีสีน้ำตาลเข้มและมีการใช้ปลายข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีซึ่งปลายข้าวหอมนิลเป็นวัตถุดิบที่มีสีม่วงดำ โดยสีม่วงดำประกอบไปด้วยสีม่วงเข้ม (cyanidin) สีชมพูอ่อน (peonidin) และสีน้ำตาล (procyanidin) (ธัญภรณ์ ประทีปดลปรีชา, 2561) นอกจากนี้การที่บราวนี่ทุกสูตรมีสีน้ำตาลเข้มน่าจะเป็นผลรวมของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการอบบราวนี่โดยมีอุณหภูมิและค่าพีเอชเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Purlis, 2010) และเมื่อนำผลิตภัณฑ์บราวนี่ทั้ง 5 สูตรมาวิเคราะห์เนื้อสัมผัสพบว่าเมื่อปริมาณการทดแทนด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์บราวนี่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อ ค่าการคืนตัวและค่าการเกาะตัวลดลง (ตารางที่ 3) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโปรตีนกลูเตนมักพบมากในแป้งสาลีแต่ไม่พบในแป้งจากปลายข้าวหอมนิล ดังนั้นเมื่ออัตราส่วนของแป้งจากปลายข้าวหอมนิลเพิ่มมากขึ้นในขณะที่ปริมาณแป้งสาลีลดลงทำให้โดมีปริมาณกลูเตนลดลงส่งผลให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงน้อยลงจึงทำให้ค่าความแน่นเนื้อ ค่าการคืนตัว และค่าการเกาะตัวลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Sirichokworrakit et al. (2016) ซึ่งได้รายงานว่าการคืนตัวและค่าการเกาะตัวของผลิตภัณฑ์โดนัทที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลลดลงเมื่อระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มมากขึ้น ขณะที่พรีตั้น สิ้นชัยพานิช และคณะ (2560) ได้ใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่และพบว่าค่าความแน่นเนื้อและค่าการคืนตัวของผลิตภัณฑ์บราวนี่ลดลงเมื่อปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มมากขึ้น

เมื่อนำผลิตภัณฑ์บราวนี่จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าบราวนี่สูตรควบคุมมีปริมาณโปรตีนมากกว่าบราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ (ตารางที่ 4) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปลายข้าวหอมนิลมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 8.80 (ตารางที่ 1) ขณะที่แป้งสาลีเอนกประสงค์มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10-12 (ไพสิณ ผู้พัฒน์, 2549) จึงส่งผลให้บราวนี่สูตรควบคุมมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าบราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลและจากผลการทดลองยังพบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 25 50 75 และ 100 ทำให้ผลิตภัณฑ์บราวนี่มีปริมาณเยื่อใยเพิ่มขึ้น 1.21 1.27 1.36 และ 1.42 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับบราวนี่สูตรควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirichokworrakit et al. (2016) ที่รายงานว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลทำให้ผลิตภัณฑ์โดนัทที่มีปริมาณโปรตีนลดต่ำลงแต่มีเยื่อใยเพิ่มมากขึ้นเมื่อระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มขึ้นและอริสราอรอดมัย (2553) ได้รายงานว่าการใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์กวยเตี๋ยวเส้นใหญ่ทำให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีปริมาณเยื่อใยเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 25 50 75 และ 100 ส่งผลให้ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น 2.64 3.80 4.10 และ 4.38 เท่า ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบกับบรานี่สูตรควบคุม ทั้งนี้เป็นเพราะในข้าวหอมนิลมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งสูงกว่าข้าวกล้องทั่วไปถึง 7 เท่า (Sangnark et al., 2015) โดยข้าวหอมนิลมีสารแอนโทไซยานินและโพรแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติช่วยต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งนวนอลงค์ เสมสังข์และคณะ (ม.ป.ป.) พบว่าข้าวหอมนิลมีสารฟลาโวนอยด์ 36.77 mg QE/g ของสารสกัดนอกจากนี้ข้าวหอมนิลยังมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอีถึง 5 เท่า (อริสราอดมัย, 2553) ดังนั้นผลิตภัณฑ์บรานี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลอาจเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการดูแลสุขภาพโดยเฉพาะผู้บริโภคที่ต้องการเน้นสารอาหารจำพวกเยื่อใยและสารต้านอนุมูลอิสระ

ในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บรานี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ พบว่าผลิตภัณฑ์บรานี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 50 ได้รับความยอมรับในด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมากที่สุด (ตารางที่ 5) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์บรานี่สูตรนี้ได้รับการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติมากที่สุดและไม่แตกต่างจากบรานี่สูตรควบคุมการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 100 มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์บรานี่แตกต่างเล็กน้อยซึ่งอาจจะส่งผลให้ได้คะแนนการยอมรับในด้านเนื้อสัมผัสต่ำที่สุดสอดคล้องกับผลการทดลองเกี่ยวกับคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสที่มีค่าต่ำที่สุดในผลิตภัณฑ์บรานี่ทดแทนด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 100 (ตารางที่ 3) ดังนั้นผลิตภัณฑ์บรานี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลสามารถใช้แป้งจากปลายข้าวหอมนิลทดแทนได้สูงที่สุดในระดับร้อยละ 50 จึงเลือกบรานี่สูตรดังกล่าวไปทำการศึกษายุทธการเก็บรักษาต่อไป

เมื่อพิจารณาผลของอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บรานี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 50 โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิแช่เย็น พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บรานี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 50 ในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนปิดสนิทที่อุณหภูมิห้องส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของผลิตภัณฑ์บรานี่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 6) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเก็บรักษาบรานี่เป็นระยะเวลานานมากขึ้นในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนอาจจะทำให้มีความชื้นและอากาศบางส่วนเข้าไปสัมผัสกับผลิตภัณฑ์บรานี่ได้เพราะถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนสามารถให้น้ำและอากาศผ่านเข้าออกได้เล็กน้อย (ศิริพร และคณะ, 2560) ส่งผลให้บรานี่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งค่าวอเตอร์แอคทิวิตีมีผลโดยตรงต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ได้ จากผลในตารางที่ 6 พบว่าผลิตภัณฑ์บรานี่เป็นอาหารที่มีความชื้นปานกลางคือมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีในช่วง 0.61-0.90 จึงทำให้อาหารกลุ่มนี้มักเสื่อมเสียจากยีสต์ รา รวมทั้งแบคทีเรีย และเมื่อพิจารณาผลของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของผลิตภัณฑ์บรานี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 6) พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บรานี่เป็นระยะเวลา 9 วัน ที่อุณหภูมิห้อง พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.43×10^6 โคโลนีต่อกรัม และพบยีสต์และราเท่ากับ 3.60×10^2 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนในผลิตภัณฑ์เค้ก (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 459/2555) กำหนดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัมแสดงว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของผลิตภัณฑ์บรานี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 50 ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน ที่อุณหภูมิห้องเกินข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ดังนั้นผลิตภัณฑ์บรานี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 50 มีอายุการเก็บรักษา 6 วันในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บรานี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 50 ที่อุณหภูมิแช่เย็นพบว่าค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลา

การเก็บรักษานานมากขึ้น และเมื่อพิจารณาปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของผลิตภัณฑ์บราวนี่พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บราวนี่เป็นระยะเวลา 18 วันที่อุณหภูมิแช่เย็น พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 4.60×10^6 โคโลนีต่อกรัม และพบยีสต์และราเท่ากับ 4.00×10^2 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเกินข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน นอกจากนี้ยังได้มีการตรวจวิเคราะห์เชื้อ *Staphylococcus aureus* เนื่องจากเชื้อชนิดนี้เป็นแบคทีเรียก่อโรคที่สำคัญในอาหารสามารถพบได้ทั่วไปในสัตว์และตามส่วนต่างๆของร่างกายมนุษย์ โดยเฉพาะในช่องจมูกลำคอ มือ แผล ผิวน้ำ และสิวและจากผลการตรวจวิเคราะห์เชื้อ *Staphylococcus aureus* พบว่าไม่พบการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในผลิตภัณฑ์บราวนี่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 12 วันที่อุณหภูมิห้อง และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 21 วันที่อุณหภูมิแช่เย็น ดังนั้นผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิร้อยละ 50 มีอายุการเก็บรักษา 15 วันในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิร้อยละ 50 เหมาะสำหรับผู้บริโภคทั่วไปและผู้บริโภคที่ใส่ใจในเรื่องของสุขภาพเนื่องจากมีปริมาณเยื่อใยและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าบราวนี่สูตรควบคุม นอกจากนี้ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอาหารยังสามารถนำข้อมูลที่ได้รับไปเป็นแนวทางในการนำแป้งจากปลายข้าวหอมมะลิไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์บราวนี่และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อื่นๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

- จุฑามาศ ธีระสาโรช และเฉลิมพล ฌอนมวงค์. (2558). การผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมมะลิ. *วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 43(3), 395-402.
- ไชยสิทธิ์ พันธุ์พิจินดา, เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์ และอรวัลภ์ อุปถัมภานนท์. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่โดยใช้แป้งข้าวเหนียวดำทดแทนแป้งสาลี. *วารสาร มทร.อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 10(1), 106-119.
- ณนท แดงสังวาล, นื่องนุช ศิริวงศ์ และศิริพร เรียบร้อย. (2554). การใช้แป้งกล้วยน้ำว่าทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 (สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์)* (น. 1-8). กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.
- ธัญภรณ์ ประทีปดลปรีชา. (2561). *การศึกษาผลของการรับประทานข้าวกล้องหอมมะลิกับระดับกรดไขมันในเลือดในผู้ที่มีระดับกรดไขมันในเลือดสูง* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, กรุงเทพฯ.
- นวลอนงค์ เสมสังข์, ณกมล แก้วลังการ และวีรพงษ์ จันทะชัย. (ม.ป.ป.). *ปริมาณฟลาโวนอยด์สารประกอบฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากข้าวไทย*. สืบค้นจาก http://www.research.cmru.ac.th/research59/ris/download.php?download_file=article&no=545

- พรรัตน์ สีนชัยพานิช, กุศลรัส บุตรพงษ์, ศศพินท์ ดิษนิล และเรณู ทวีชาติวิทยากุล. (2560). ผลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่:เนื้อสัมผัสและลักษณะคุณภาพ. *SDU Research Journal Humanities and Social Sciences*, 10(2), 69-80.
- ไพลิน ผู้พัฒน์. (2549). คุณกึ่งสุภาพ (มอร์นึ่งปอบคูกัก). *วารสารอาหาร*, 3(36), 207-208.
- ศิริพร ศิริอังคณากุล, มนตรา ศรีชะแย้ม และเอกภพ จันทร์สุนทร. (2560). ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบิสกิตในระหว่างการเก็บรักษา. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 22(3), 95-105.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2555). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเค้ก* (มผช.459/2555). สืบค้นจาก <http://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx>
- อริสรา รอดม้วย. (2553). การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวหอมนิล. *วารสารเทคโนโลยีการอาหารมหาวิทยาลัยสยาม*, 5(1), 64-71.
- อริสรา รอดม้วย และอรอุมา จิตรวโรภาส. (2550). การผลิตคุกกี้โดยใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีบางส่วน. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 3(1), 37-53.
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis*. (17th ed.). United States of America: Gaithersburg.
- DeAncos, B., Sgroppo, S., Plaza, L., & Cano, M.P. (2002). Possible nutritional and health related value promotion in orange juice preserved by high-pressure treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(8), 790-796.
- Purlis, E. (2010). Browning development in bakery products. *Journal of Food Engineering*, 99(3), 239-249.
- Sadabpod, K., Kangsadalampai, K., & Tongyongk, L. (2010). Antioxidant activity and antimutagenicity of Hom Nil rice and black glutinous rice. *Journal of Health Research*, 24(2), 49-54.
- Sangnark, A., Limroongreungrat, K., Yuenyongputtakal, W., Ruengdech, A., & Siripatrawan. (2015). Effect of Hom Nil rice flour moisture content, barrel temperature and screw speed of a single screw extruder on snack properties. *International Food Research Journal*, 22(5), 2155-2161.
- Sirichokworakit, S., Intasen, P., & Angkawut, C. (2016). Quality of donut supplemented with Hom Nin rice flour. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 10(7), 443-446.

