ผลของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและทางประสาทสัมผัสของบราวนี่

Effect of Riceberry flour on physico-chemical and sensory properties of brownie

นิพาดา ศิริภักดิ์[1] นิสา ยศสมบัติ[1] สุดารัตน์ พุ่มชื่น[1] ทรงพรรณ สังข์ทรัพย์[1] และ อุทัยวรรณ ฉัตรธง[1*]

Nipada Khamklin[1], Nisa Yossombat[1], Sudarat Phumchuen[1], Songpan Sungsub[1] and Utaiwan Chattong[1*]

[1] หลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Email: utaiwan.c@psru.ac.th[*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่ โดยแปรผันแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ 6 ระดับ คือ ร้อยละ 0 20 40 60 80 และ 100 โดยน้ำหนัก ผลการวิจัยพบว่า การทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในปริมาณที่แตกต่างกันส่งผลต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์ ปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2 – Diphenyl-picrylhydrazyl (DPPH) มีค่าลดลง ส่วนค่าสี พบว่า การทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่ปริมาณสูงขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) และสีเหลือง (b*) ลดลง แต่มีสีแดง (a*) เพิ่มขึ้น การประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ส่งผลให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะ (ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส สี ความนุ่ม การขึ้นฟู รสชาติ และความชอบโดยรวม) ลดลง โดยเฉพาะบราวนี่ที่ใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 100 ซึ่งมีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะต่ำที่สุด ปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตบราวนี่จากแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ คือ ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก เนื่องจากได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส สี ความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด (7.08-7.76 คะแนน) อยู่ในช่วงระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง บราวนี่สูตรนี้มีค่าความแข็งเป็น 2.27 กิโลกรัม ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 0.32 มิลลิกรัมสมมูลกับกรดแกลลิกต่อกรัม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ร้อยละ 86.77 ตามลำดับ

***คำสำคัญ**: แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ สารต้านอนุมูลอิสระ บราวนี่*

Abstract

This research aims to study the effects of wheat flour substitution with Riceberry flour in brownies. Riceberry flours were varied at 6 levels (0, 20, 40, 60, 80 and 100% w/w). It was found that substitution levels affected physico-chemical properties of the products. High level of Riceberry flour increased hardness and total phenolic contents but reduced 2,2 – Diphenyl- picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity of the products. For color analysis, the substitution at high level decreased the brightness (L*) and yellowness (b*) values while increased redness (a*) values. For sensory evaluation, increasing Riceberry flour levels decreased liking scores of all characteristics (appearance, flavor, color, softness, overrun, taste, and overall acceptance), especially in brownies using 100% Riceberry flour which showed the lowest liking score. The optimum Riceberry flour substitution was found to be 40% (w/w) as evidenced by the highest score in terms of appearance, flavor, color, softness, taste, and overall acceptance (7.08-7.76). They were classified as "like slightly and like moderately". The brownies produced using the optimum condition exhibited the hardness

value of 2.27 kg, total phenolic contents of 0.32 mg GAE/g and DPPH radical-scavenging activity of 86.77%, respectively.

***Keywords**: Riceberry flour, Antioxidant, Brownie*

บทนำ

บราวนี่เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทุกวัยในรูปแบบของอาหารว่าง ส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตบราวนี่ คือ แป้งสาลี ซึ่งมีโปรตีนกลูเตนิน (Glutenin) และไกลอะดิน (Gliadin) ช่วยให้บราวนี่ขึ้นฟูและนิ่ม ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง (ณนนท์ และคณะ, 2554) ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry) เป็นข้าวเจ้าที่ปรับปรุงพันธุ์มาจากข้าวเจ้าหอมนิลซึ่งมีสมบัติต้านออกซิเดชันสูงและข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีกลิ่นหอม ดังนั้นลักษณะเด่นของข้าวไรซ์เบอรี่ คือ มีสีม่วงดำ กลิ่นหอม และมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง (Sirichokworrakit et al., 2015) นอกจากนี้ข้าวไรซ์เบอรี่ยังมีธาตุเหล็ก สังกะสี โอเมก้า-3 ปริมาณ 13-18 31.9 และ 25.51 mg/kg วิตามินอี โฟเลต เบต้าแคโรทีน ปริมาณ 678 48.1 และ 63 µg/100g สารโพลีฟีนอล แทนนิน ปริมาณ 113.5 และ 89.33 mg/100g แกมมา-โอไรซานอล ปริมาณ 462 ug/g และสารต้านอนุมูลอิสระชนิดละลายในน้ำและน้ำมันเท่ากับ 47.5 mg ascorbic acid และ 33.4 mg trolox equivalent/100 g ตามลำดับ (ชญาณี และคณะ, 2558) ข้าวไรซ์เบอรี่มีใยอาหารสูงเมื่อเทียบกับข้าวเจ้าขัดขาว (พรรัตน์ และคณะ, 2560) ด้วยคุณค่าทางโภชนาการและสารอาหารในข้าวไรซ์เบอรี่จึงมีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบมาต่อยอดพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพหลายชนิด เช่น ไอศกรีมไขมันต่ำผสมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ (นรินทร์ภพ และคณะ, 2556) น้ำสลัดลดไขมันผสมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ (ปัจจยา และคณะ, 2557) เยลลี่ข้าวไรซ์เบอรี่ (โปรดปราน และคณะ, 2558) ซาลาเปาจากแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ (ชญาณี และคณะ, 2558) เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่ โดยศึกษาผลของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและการประเมินทางประสาทสัมผัส เพื่อทราบผลการทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในปริมาณที่แตกต่างกันและทราบปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตบราวนี่ รวมถึงสามารถนำวัตถุดิบท้องถิ่นมาต่อยอดผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าและเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างทางเลือกแก่ผู้บริโภคที่ใส่ใจแก่สุขภาพ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ (ตราดีไรซ์) แป้งสาลี (ตราหงส์ขาว) น้ำตาลทราย (ตราลิน) เนยสดชนิดจืด (ตราออร์คิต) ผงโกโก้ ผงวานิลา (ตราภูรินและภูริชญ์) และไข่ไก่

2. เครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ เครื่องผสม THAIMIXER รุ่น KV-05 เตาอบ ยี่ห้อ BLODGETTเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA.XT. plus (Stable Micro Systems Ltd., UK) Ultrasonic (Diligent, Thailand) Visible spectrophotometer (UV-VIS Model UV-1700, Japan) และเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR-10

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมบราวนี่

เตรียมวัตถุดิบบราวนี่สูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลี (แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 0) มีส่วนผสม ดังนี้ แป้งสาลี 100 g น้ำตาล 650 g เนยสดชนิดจืด 450 g ไข่ไก่ 400 g ผงโกโก้ 50 g และวานิลลา 7 g (ดัดแปลงจาก ปวีณา, 2557) เตรียมส่วนผสมบราวนี่ที่แปรผันแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 20 40 60 80 และ 100 โดยน้ำหนักแป้ง กำหนดส่วนผสมอื่นคงที่รวม 6 สิ่งทดลอง ผลิตบราวนี่โดยนำส่วนผสมแป้งสาลี ผงโกโก้ และวานิลาผสมรวมกันและร่อนด้วยตะแกรงร่อนแป้ง พักไว้ ตีเนยให้ขึ้นฟูผสมกับน้ำตาลและไข่ไก่ในชามอ่างสแตนเลส และนำแป้งผสมใส่ในเนยที่ผสมและตีจนขึ้นฟู เทส่วนผสมบราวนี่ลงในพิมพ์สแตนเลส

ที่ รองด้วยกระดาษขนาด 30x45x2 cm จากนั้นนำมาอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 40 นาที นำถาดขนมมาพักไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ตัดบราวนี่เป็นชิ้นขนาดกว้างxยาว เท่ากับ 3x3 cm

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพ

1) ค่าความแข็ง

นำบราวนี่ที่ตัดเป็นชิ้นแล้วมาวัดความแข็งด้วยเครื่อง Texture Analyzer หัววัดทรงกระบอก P/50 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm ด้วยความเร็ว 1 mm/sec กดเป็นระยะทางร้อยละ 40 ของความสูงตัวอย่างเริ่มต้น รายงานผลเป็นค่าความแข็ง (Hardness)

2) การเตรียมตัวอย่างบราวนี่สกัด

โดยนำบราวนี่แต่ละสิ่งทดลองที่บดละเอียด 5 g ใส่ในขวดสีชา ใช้เมทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 25 ml สกัดในเครื่องอัลตราโซนิค อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที นำสารละลายที่ได้กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 2 เก็บสารสกัด (crude extract) ใส่ในขวดสีชาที่มีฝาปิด เพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical-scavenging activity

3) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดบราวนี่ข้าวไรซ์เบอรี่ ตามวิธีของ Luque-Rodriguez et al. (2007) โดยผสมสารสกัด 400 µl กับสารละลาย Folin-ciocalteu reagent (เข้มข้น 0.25 N) 2,000 µl และเติมโซเดียมคาร์บอเนต (เข้มข้นร้อยละ 7.5 w/v) 1,600 µl ผสมให้เข้ากันด้วย vortex บ่มหลอดทดลองที่อ่างน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จากนั้นบ่มต่อในที่มืดนาน 30 นาที และนามาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 760 nm คำนวณหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลในหน่วย mg gallic equivalent (GAE)/g โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid ในช่วงความเข้มข้นที่ 20 40 60 80 และ 100 µl/ml ซึ่งค่า R^2 เป็น 0.9994

4) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

ตรวจวิเคราะห์ฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีของ Nuengchamnong et al. (2009) โดยสารสกัด 1,000 µl กับสารละลาย DPPH (เข้มข้น 0.2 mmol) ปริมาณ 2,000 µl ลงในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex บ่มในที่มืดนาน 30 นาที จากนั้นทำการเจือจางตัวอย่างอีก 5 เท่า และนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 nm คำนวณหา DPPH radical-scavenging activity ในหน่วยร้อยละ

5) ค่าสี

วัดค่าสี L* a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสี Minolta (CR-10) โดยค่า L* เป็นค่าความสว่าง a* เป็นค่าสีแดง และ b* เป็นค่าสีเหลือง

3.3 การประเมินทางประสาทสัมผัส

โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-points hedonic scale) ในด้านคุณลักษณะทางลักษณะปรากฏ กลิ่นรส สี ความนุ่ม การขึ้นฟูรสชาติและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน

3.4 การวางแผนทางสถิติ

การแปรผันแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในบราวนี่วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการประเมินทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบสมบัติทางเคมี-กายภาพและทางประสาทสัมผัสวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

บราวนี่ที่มีการแปรผันแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณแตกต่างกันมีผลต่อค่าความแข็ง ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH ซึ่งส่งผลให้บราวนี่ทั้ง 6 สิ่งทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดง

ดังตารางที่ 1 พบว่า การทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยการทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในปริมาณร้อยละ 100 มีผลให้ค่าความแข็งสูงที่สุดมีค่าเป็น 3.32 kg ส่วนบราวนี่สูตรควบคุมมีค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสบราวนี่ต่ำที่สุดเป็น 1.31 kg

เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่ส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH มีค่าลดลง การทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ ร้อยละ 100 พบปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดเป็น 0.39 mg GAE/g และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH น้อยที่สุดร้อยละ 84.63 นอกจากนี้ยังพบว่า บราวนี่สูตรควบคุมพบปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดน้อยที่สุดเป็น 0.30 mg GAE/g แต่พบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH มากที่สุดร้อยละ 90.15 (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าความแข็ง ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH ของบราวนี่ที่มีปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีแตกต่างกัน

ทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ (ร้อยละ)	ความแข็ง (Kg)	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g)	DPPH (ร้อยละ)
0	1.31±0.25^{d}	0.30±0.03^{b}	90.15±0.48^{a}
20	2.10±0.94^{c}	0.32±0.02^{b}	88.15±0.89^{b}
40	2.27±0.27^{bc}	0.32±0.02^{b}	86.77±0.21^{c}
60	2.55±1.35^{c}	0.38±0.01^{a}	86.04±0.57^{cd}
80	2.85±9.04^{ab}	0.38±0.01^{a}	85.17±0.13^{de}
100	3.32±1.06^{a}	0.39±0.00^{a}	84.63±0.37^{e}

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แสดงในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่าสี L* a* และ b* ของบราวนี่ที่ผลิตจากแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งข้าวสาลี แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ค่าสี L* a* และ b* ของสิ่งทดลองทั้ง 6 สิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสี L* ของบราวนี่สูตรควบคุมมีค่าสูงที่สุด หมายถึง สีของบราวนี่มีความสว่างมากที่สุด และเมื่อทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ค่า L* มีแนวโน้มที่ลดลง หมายถึง บราวนี่ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่เพิ่มขึ้นจะมีสีคล้ำมากขึ้น

ส่วนค่า a* หมายถึง ค่าสีแดง พบว่า สูตรควบคุมมีค่าสี a* น้อยที่สุด หมายถึง สีของบราวนี่สูตรควบคุมมีสีออกสีน้ำตาลแดงเล็กน้อย ส่วนบราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งไรซ์เบอรี่ในปริมาณเพิ่มขึ้นมีค่า สี a* เพิ่มมากขึ้น หมายความว่า การเพิ่มแป้งไรซ์เบอรี่มากขึ้นส่งผลให้บราวนี่มีสีน้ำตาลแดงมากขึ้น สำหรับค่าสี b* (ค่าสีเหลือง) พบว่า บราวนี่สูตรควบคุมมีค่าสี b* สูงที่สุด หมายถึง บราวนี่สูตรควบคุมมีสีออกสีเหลืองสว่างมากที่สุด ส่วนบราวนี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งไรซ์เบอรี่ในปริมาณเพิ่มขึ้น มีค่าสี b* ลดลง หมายความว่า การเพิ่มแป้งไรซ์เบอรี่มากขึ้นส่งผลให้บราวนี่มีสีเหลืองลดลง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสี L* a* และ b* ของบราวนี่ที่การแปรผันปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งข้าวสาลีแตกต่างกัน

ทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ (ร้อยละ)	ค่าสี		
	L*	a*	b*
0	41.74±2.82^{a}	1.07±0.75^{d}	7.46±1.13^{a}
20	41.02±1.75^{a}	1.10±0.36^{d}	6.11±1.11^{b}
40	39.46±1.58^{b}	2.18±0.73^{c}	5.14±1.34^{c}
60	39.20±2.18^{b}	2.66±1.44^{c}	3.52±0.50^{d}
80	39.16±2.43^{b}	3.92±1.23^{b}	4.81±1.86^{c}
100	38.22±1.18^{b}	5.46±1.53^{a}	3.48±1.00^{d}

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แสดงในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของบราวนี่ที่มีการแปรผันปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งข้าวสาลีจำนวน 6 สิ่งทดลอง พบว่า การแปรผันแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลให้คะแนนความชอบทางประสาททุกคุณลักษณะของบราวนี่ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส สี ความนุ่ม การขึ้นฟู รสชาติ และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส สี และความนุ่มของบราวนี่ที่การแปรผันปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งข้าวสาลีที่แตกต่างกัน

ทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ (ร้อยละ)	คุณลักษณะ			
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	สี	ความนุ่ม
0	6.79±0.94^{ab}	6.79±1.24^{a}	6.76±1.01^{abc}	6.55±1.59^{b}
20	6.79±1.14^{ab}	7.11±1.24^{a}	7.17±1.16^{ab}	7.08±1.74^{ab}
40	7.08±1.48^{a}	7.23±1.37^{a}	7.23±1.30^{a}	7.64±1.45^{a}
60	6.73±1.28^{ab}	6.88±1.40^{a}	6.551.43^{bc}	6.41±1.90^{b}
80	6.23±1.37^{b}	6.82±1.26^{a}	6.76±1.23^{abc}	6.35±1.90^{b}
100	6.14±1.41^{b}	6.05±1.47^{b}	6.29±1.26^{c}	4.91±1.72^{c}

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แสดงในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส สี และความนุ่มของบราวนี่ที่การแปรผันปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งข้าวสาลีที่แตกต่างกัน

ทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ (ร้อยละ)	คุณลักษณะ		
	การขึ้นฟู	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
0	6.76±1.49^{a}	7.11±1.24^{ab}	7.17±0.96^{ab}
20	6.44±1.63^{b}	7.11±1.68^{ab}	7.14±1.28^{ab}
40	6.67±1.36^{b}	7.55±1.39^{a}	7.76±1.34^{a}
60	6.05±1.72^{b}	6.64±1.68^{b}	6.73±1.37^{b}
80	6.47±1.84^{b}	6.73±1.62^{b}	6.73±1.52^{b}
100	5.00±1.74^{c}	5.73±1.52^{c}	5.82±1.16^{c}

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แสดงในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

อภิปรายผล

ผลของการแปรผันแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อค่าความแข็ง พบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มากขึ้นมีผลให้ค่าความแข็งของบราวนี่เพิ่มมากขึ้น ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่แข็งมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากโปรตีนกลูเตนที่มีอยู่ในแป้งข้าวสาลีลดลง โปรตีนกลูเตนมีหน้าที่ทำให้เกิดการฟอร์มโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ขนมอบเกิดเป็นร่างแห ทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูและเหนียว ดังนั้นเมื่อโปรตีนกลูเตนลดลงโดยการแทนที่ด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ ผลิตภัณฑ์บราวนี่จึงไม่ขึ้นฟูและมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นแข็ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพรรัตน์ และคณะ (2560) ซึ่งศึกษาผลของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่ เน้นด้านเนื้อสัมผัสและลักษณะคุณภาพของบราวนี่ โดยได้มีการวัดค่าความแน่นเนื้อและการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ พบว่า การใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละที่เพิ่มขึ้น มีค่าความแน่นของเนื้อสัมผัสลดลง ส่วนค่าการคืนตัวมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสาลีมีโปรตีนกลูเตนินและไกลอะดินที่มีคุณสมบัติในการรวมตัวเป็นร่างแหและเก็บกักก๊าซไว้ได้ ทำให้ขนมอบมีเนื้อสัมผัสนุ่มและมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ขณะที่แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ไม่มีโปรตีนดังกล่าว เนื้อสัมผัสจึงแน่น และส่งผลให้ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ลดลงดังปรากฏในผลการวิจัยของพรรัตน์ และคณะ (2560) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับค่าความสูงและขนาดลดลง สันนิษฐานว่าอาจเป็นผลของคุณสมบัติแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่สามารถเกิดร่างแหโปรตีนได้ ส่งผลให้โครงสร้างขนมอบไม่แข็งแรงและไม่สามารถเก็บกักก๊าซไว้ได้ (Turabi et al., 2010) ดังนั้นขนมอบทั่วไปที่มีการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนจึงมักมีปัญหาเรื่องการยุบตัวของโครงสร้างหรือมีเนื้อสัมผัสแน่น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kovacs et al. (2004) พบว่า การทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ปริมาณโปรตีนกลูเตนลดลงมีผลให้โครงสร้างโดยรวมของเส้นบะหมี่มีความยืดหยุ่นลดลง

สำหรับผลต่อการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า การทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในบราวนี่ที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีสารประกอบฟีนอลิกจากงานวิจัยของ Wanvijit (2008) พบว่า ข้าวไรซ์เบอรี่มีปริมาณโพลีฟีนอลเป็น 113.5 mgต่อ 100 g ดังนั้นเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าว ไรซ์เบอรี่ในปริมาณเพิ่มขึ้น จึงทำให้บราวนี่มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปัจจยาและคณะ (2557) ศึกษาการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ทดแทนไขมันในน้ำสลัด พบว่า การใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น มีผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH พบว่า เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในปริมาณเพิ่มขึ้น ฤทธิ์ต้าน

อนุมูลอิสระด้วย DPPH มีค่าลดลง (ดังตารางที่ 1) ซึ่งมีผลการทดลองตรงข้ามกับ ปัจจยาและคณะ (2557) ซึ่งพบว่า การใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น มีผลให้ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำสลัดลดไขมันมีค่าเพิ่มขึ้น จากงานวิจัยนี้การลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH อาจเนื่องจากการผลิตบราวนี่มีการอบผลิตภัณฑ์ด้วยอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่ออัตราความคงตัวของแอนโทไซยานิน โดยอัตราการสลายตัวของแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นระหว่างกระบวนการที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Rein, 2005) นอกจากนี้ยังพบว่า Cyanidin 3-glucoside และ Cyaniding 3-rutinoside จะสลายตัวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ในสารละลายกรดอ่อน (pH 1-4) ทั้งสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน (Mercadante & Bobbio, 2008) การสลายตัวของแอนโทไซยานินจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการแปรรูปสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเปิดออกของวงแหวน Pyrylium ในโครงสร้างของแอนโทไซยานิน ทำให้แอนโทไซยานินเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ Chalcone และการสลายตัวของอะไกลโคนเป็นขั้นแรกของการสลายตัวของสารแอนโทไซยานิน และอาจเกิดการแตกสลายเป็นอนุพันธ์ Coumarin รวมถึงอาจเกิดการสลายตัวหรือเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่น (Polimerization) และเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้ (Patras et al., 2010; สุไฮนีย์, 2556) ดังนั้นการอบบราวนี่ด้วยอุณหภูมิสูงจึงอาจส่งผลให้แอนโทไซยานินซึ่งอยู่ในแป้งข้าวไรซ์เบอรี่เกิดการสลายตัวจึงทำให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลงได้

ผลการแปรผันแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในบราวนี่ต่อค่าสี พบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีผลให้ค่าสี L* และ b* ลดลง ส่วนค่าสี a* เพิ่มขึ้น แสดงว่าบราวนี่ที่เพิ่มแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองลดลง มีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น โดยรวมบราวนี่มีสีคล้ำน้ำตาลแดงเข้ม ทั้งนี้เนื่องจากรงควัตถุที่มีอยู่ในแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีแอนโทไซยานินสูง แป้งมีสีม่วงเข้ม (Yodmanee et al., 2011) และผลการทดลองยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirichokworrakit et al. (2015) ซึ่งศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในเส้นบะหมี่ พบว่า การทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในปริมาณมากขึ้น มีผลให้เส้นบะหมี่มีสีคล้ำมากขึ้น โดยค่าสี L* และ b* มีค่าลดลงอย่างมาก แต่มีผลให้ค่าสี a* เพิ่มมากขึ้น

สำหรับผลของการแปรผันแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของบราวนี่ พบว่า การเพิ่มระดับแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีผลให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะลดลง โดยการทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 100 มีคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะ (ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส สี ความนุ่ม การขึ้นฟู รสชาติ และความชอบโดยรวม) ต่ำที่สุด มีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 4.91-6.29 คะแนน อยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อยถึงชอบเล็กน้อย ส่วนการทดแทนแป้งไรซ์เบอรี่ในปริมาณร้อยละ 40 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส สี ความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.08 7.23 7.23 7.64 7.55 และ 7.76 คะแนน ตามลำดับ อยู่ในระดับความชอบปานกลางถึงชอบมาก

สรุปผลการวิจัย

ผลของการแปรผันแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อค่าความแข็ง พบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มากขึ้นมีผลให้ค่าความแข็งของบราวนี่เพิ่มมากขึ้น สำหรับผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ การทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในบราวนี่ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น แต่ส่งผลให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระลดลง นอกจากนี้การแปรผันปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีผลต่อค่าสี โดยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองลดลง มีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น โดยรวมบราวนี่มีสีคล้ำน้ำตาลแดงเข้มมากขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีผลต่อคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัส โดยการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีผลให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะลดลง การทดแทนแป้งไรซ์เบอรี่ในปริมาณร้อยละ 40 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส สี ความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 7.08-7.76 คะแนน อยู่ในระดับความชอบปานกลางถึงชอบมาก จึงเป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการผลิตบราวนี่จากแป้งข้าวไรซ์เบอรี่

เอกสารอ้างอิง

ชญาณี บุญทัน, ธัญมาศ หลาเนียม, จุพารัตน์ ทรายหมอ, และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. (2558). การเปรียบเทียบแป้งไรซ์เบอรี่และสารให้ความหวานต่อคุณภาพของซาลาเปาไรซ์เบอรี่ไส้คัสตาร์ดครีม. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, **46**(3)(พิเศษ): 525-528.

ณนนท์ แดงสังวาลย์ น้องนุช ศิริวงศ์ และศิริพร เรียบร้อย. (2554). การใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49**. กรุงเทพมหานคร.

นรินทร์ภพ ช่วยการ, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์, ฉัตรภา หัตถโกศล, และพร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล. (2556). อิทธิพลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมไขมันต่ำ. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, **44**(2)(พิเศษ): 589-592.

ปวีณา เชาว์แก้ว. (2557). **เอกสารประกอบการเรียนการวิชาขนมอบ 2**. พิษณุโลก: วิทยาลัยสารพัดช่าง.

ปัจจยา ตันติวีรสุต, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์, ฉัตรภา หัตถโกศล, และพร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล. (2557). ผลของการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์เพื่อลดไขมันในน้ำสลัด. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**: **45**(2)(พิเศษ), 125-128.

โปรดปราน ทาศิริ, อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์, ฉัตรภา หัตถโกศล, และพร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล. (2558). การพัฒนาเยลลี่ข้าวไรซ์เบอรี่มังสวิรัติที่มีโปรตีนและพลังงานสูงสำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาการกลืน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, **46**(3)(พิเศษ): 369-372.

พรรัตน์ สินชัยพานิช, กุลรภัส บุตรพงษ์, ศศพินทุ์ ดิษนิล, และเรณู ทวิชชาติวิทยากุล. (2560). ผลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่: เนื้อสัมผัสและลักษณะคุณภาพ. **วารสารวิจัย มสด สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, **10**(2): 69-80.

สุไฮนีย์ เบญจเหม. (2556). ผลร่วมของคลื่นเสียงความถี่สูงและความร้อนต่อคุณภาพน้ำสกัดจากข้าวเหนียวดำ. (ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

Kovacs, M. I. P., Fu, B. X., Woods, S. M., & Khan, K. (2004). Thermal stability of wheat gluten protein: its effect on dough properties and noodle texture. **Journal of Cereal Science**, **39**(1): 9–19.

Luque-Rodrıguez, J. M., Luque de Castro, M. D., & Pe´rez-Juan, P. (2007). Dynamic superheated liquid extraction of anthocyanins and other phenolics from red grape skins of winemaking residues. **BioresourceTechnology**, **98**(14): 2705–2713.

Mercadante, A. Z., & Bobbio, F. O. (2008). **Anthocyanins in Foods: Occurrence and Physicochemical Properties.** In Socaciu, C. Food Colorants Chemical and Functional Properties. Boca Raton Fla: CRC Press.

Nuengchamnong, N., Krittasilp, K., & Ingkaninan, K. (2009). Rapid screening and identification of antioxidants in aqueous extracts of Houttuynia cordata using LC-ESI-MS coupled with DPPH assay. **Food Chemistry**, **117**: 750-756.

Patras, A., Brunton, N. P., Donnell, C. O., & Tiwari, B. K. (2010). Effect of thermal

processing on anthocyanin stability in foods mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science and Technology, 21**: 3-11.

Rein, M. (2005). **Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins.** (Ph.D. Thesis). University of Helsinki. Finland.

Sirichokworrakita, S., Phetkhuta, J., & Khommoona, A. (2015). Effect Of Partial Substitution Of Wheat Flour With Riceberry Flour On Quality Of Noodles. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**. **197**: 1006–1012.

Turabi, E., Sumnu, G., & Sahin, S. (2010). Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. **Food Hydrocolloids**, **24**: 755-762.

Wanvijit, A. (2008). **The Integrated Biotechnology Project in creating Strains of rice for Value Added and Rich in Nutrition**. (Research Report). Kasetsart University and Mahidol University. Bangkok.

Yodmanee, S., Karrila, T. T., & Pakdeechanuan, P. (2011). Physical, chemical and antioxidant properties of pigmented rice grown in southern Thailand. **International Food Research Journal**, **18**(3): 901-906.