

ผลของแป้งจากข้าวหอมนิลไม่แห้ง ไม่เปียก และเอ็กซ์ทรูดต่อคุณภาพของบราวนี่ปราศจากกลูเตน

Effect of Dry-Milled, Wet-Milled, and Extruded Hom-Nin Rice Flours on the Quality of Gluten-Free Brownies

กัญญิกา แสงสายัณห์¹, ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์², สุพัชชา ชักกล่อมสง¹ และ ศรชัย สิ้นสุวรรณ^{1*}

Kantika Sangsayunh¹, Parisut Chalermchaiwat², Supatcha Kubglomsong¹ and Sornchai Sinuwan^{1*}

¹ สาขาวิชามนุษยนิเวศศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

² สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹School of Human Ecology, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120

² Food and Nutrition Program, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

*Corresponding author; E-mail: sornchai.sin@stou.ac.th

Received: 15 July 2022 /Revised: 22 October 2022 /Accepted: 03 September 2022

บทคัดย่อ

วิธีการเตรียมแป้งจากข้าวมีความสำคัญอย่างมากต่อการผลิตเบเกอรี่ งานวิจัยนี้ได้เตรียมแป้งจากข้าวหอมนิลด้วยวิธีการไม่แห้ง ไม่เปียก และเอ็กซ์ทรูดขึ้นเพื่อศึกษาผลต่อคุณภาพของบราวนี่ปราศจากกลูเตน ผลการวิจัยพบว่าวิธีการเตรียมแป้งที่แตกต่างกันมีผลต่อสีของผิวหน้า สีของเนื้อ ปริมาตรจำเพาะ คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส และลักษณะทางประสาทสัมผัสของบราวนี่จากแป้งข้าวหอมนิล การตรวจวัดค่าสีพบว่าสีของผิวหน้าบราวนี่จากแป้งข้าวหอมนิลไม่เปียกมีค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับบราวนี่จากแป้งข้าวหอมนิลไม่แห้งและเอ็กซ์ทรูด ($p \leq 0.05$) ขณะที่สีของเนื้อบราวนี่จากแป้งข้าวหอมนิลไม่แห้งมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มากกว่าบราวนี่จากแป้งข้าวหอมนิลที่เตรียมด้วยวิธีอื่น ($p \leq 0.05$) บราวนี่จากแป้งข้าวหอมนิลไม่แห้งมีปริมาตรจำเพาะสูงเมื่อเทียบกับบราวนี่จากแป้งหอมนิลที่เตรียมด้วยวิธีอื่น ($p \leq 0.05$) คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส (ความแข็ง ความยืดหยุ่น ความสามารถเกาะรวมตัวกัน ความเหนียวเป็นยางหรือการความทนต่อการเคี้ยว) ระหว่างบราวนี่จากแป้งข้าวหอมนิลไม่เปียกและบราวนี่จากแป้งสาลี (ตัวอย่างควบคุม) ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่า รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวมของบราวนี่จากแป้งข้าวหอมนิลไม่เปียกได้คะแนนใกล้เคียงกับบราวนี่จากแป้งสาลี ($p > 0.05$) คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ตรวจวัดด้วยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราพบว่าตัวอย่างทั้งหมดเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) 459/2555

คำสำคัญ: บราวนี่ปราศจากกลูเตน แป้งข้าวหอมนิล ไม่แห้ง ไม่เปียก เอ็กซ์ทรูด

Abstract

The preparation methods of rice flours are very important for making bakeries. Hom-nin rice flour was prepared by dry-milling, wet-milling, and extrusion methods to determine the effect on the quality of gluten-free brownies. The result showed that different flour preparation methods significantly affected the crust color, crumb color, specific volume, texture properties, and sensory attributes of Hom-nin rice flour brownies. Color measurements revealed that the crust color of the wet-milled Hom-nin rice flour brownie exhibited a higher a^* value and b^* value, compared to those prepared from dry-milled and extruded flours ($p \leq 0.05$), while the crumb color of the brownies made from dry-milled rice flour showed higher L^* value and b^* value than that of the others ($p \leq 0.05$). Brownies made from dry-milled Hom-nin rice flour showed a greater specific volume than those made with the other flours ($p \leq 0.05$). Texture properties (hardness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness) between brownies made from wet-milled Hom-nin rice and wheat flours (control) were not significantly different ($p > 0.05$). Sensory evaluation showed that taste, texture, and overall acceptance of brownies made from wet-milled Hom-nin rice flour were similar to the wheat flour brownie ($p > 0.05$). The microbial quality determined by aerobic plate count and yeast and mold count in all samples complied with Thai Community Product Standard (TCPS) 459/2555.

Keywords: Gluten-free brownie, Hom-nin rice flour, Dry-milling, Wet-milling, Extrusion

บทนำ

บราวนี่ (brownies) เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทุกวัย นิยมบริโภคเป็นอาหารว่างหรือรับประทานร่วมกับเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ เช่น กาแฟ น้ำชา นมสด เป็นต้น เนื้อสัมผัสของบราวนี่มีลักษณะคล้ายเค้ก และ คุกกี้ ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิต อาจมีลักษณะเนื้อแน่นหนึบหรืออ่อนนุ่มก็ได้ ขึ้นอยู่กับประเภทของบราวนี่ซึ่งมีหลากหลายชนิด เช่น ฟัดจ์บราวนี่ (Fudgy brownies) บราวนี่เค้ก (Cakey brownies) ชิววีบราวนี่ (Chewy brownies) และบราวนี่กรอบ (Cracker brownies) เป็นต้น

แป้งที่ใช้ในการผลิตบราวนี่คือ แป้งจากข้าวสาลี ซึ่งมีโปรตีนกลูเตน (Gluten) ที่ทำหน้าที่ช่วยให้บราวนี่ขึ้นฟูและมีเนื้อสัมผัสนุ่ม แม้ว่าโปรตีนกลูเตนจะมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญ^{1,2} แต่ในผู้บริโภคบางกลุ่มพบว่า โปรตีนกลูเตนเป็นสาเหตุของอาการแพ้ได้หรือเรียกว่า โรคซีลีแอค (Celiac disease) โดยโปรตีนกลูเตนมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันตอบสนองทำให้ระบบภูมิคุ้มกันทำลายผนังลำไส้ เป็นผลทำให้ลำไส้ไม่สามารถดูดซึมสารอาหารต่าง ๆ ได้ จึงมีผลต่อระบบขับถ่าย เช่น ปวดท้อง ท้องร่วง ท้องอืด เป็นต้น

หากพบอาการแพ้ในเด็กอาจมีผลต่อพัฒนาการของเด็กได้

แป้ง (Flour) เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการประกอบอาหารและขนมชนิดต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นอาหารจานหลัก ขนมไทย ขนมนานาชาติ แป้งสามารถผลิตได้จากธัญชาติและพืชหัวหลากหลายชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวเหนียว ข้าวเจ้า มันสำปะหลัง และมันฝรั่ง เป็นต้น แป้งมีประโยชน์ต่ออาหารและขนม เช่น การเพิ่มความหนืด การพองตัว การเกิดเจล และการให้คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของอาหาร โดยส่วนมากแป้งนิยมผลิตจากข้าวหรือธัญชาติที่มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนสูง โดยเฉพาะแป้งจากข้าวสาลี เป็นที่นิยมมากที่สุดในการนำมาใช้ จะเห็นได้ว่าในปี ค.ศ. 2020-2021 ข้าวสาลีมีปริมาณการผลิตทั่วโลก 775.8 ล้านตัน นับเป็นเมล็ดธัญพืชที่มีปริมาณการผลิตสูงรองจากข้าวโพดที่มีปริมาณการผลิตทั่วโลก 1,125 ล้านตัน³ และพบว่าข้าวสาลีมีโปรตีนกลูเตนสูง ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีคุณสมบัติที่มีประโยชน์มากในการนำมาประกอบอาหารหรือขนมทำให้ขนมขึ้นฟู เนื้อสัมผัสนุ่ม แต่เนื่องจากอาการแพ้โปรตีนกลูเตนในผู้บริโภคบางกลุ่ม ในปัจจุบันจึงมีการศึกษาวิจัยการใช้แป้งจากธัญชาติชนิดต่าง ๆ เพื่อทดแทนการใช้แป้งข้าวสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบอย่างกว้างขวาง อาทิเช่น ขนมปังแผ่นขาวนุ่ม⁴ คุกกี้⁵ แครกเกอร์⁶ เค้กกล้วยหอม⁷ มัฟฟิน⁸ บัตเตอร์เค้ก⁹ เค้ก¹⁰ ขนมปังหวาน¹¹ ขนมไข่¹² และบราวนี่ และเนื่องจากในประเทศไทยสามารถปลูกข้าวได้หลากหลายสายพันธุ์ ซึ่งข้าวแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาแป้งจากข้าวหอมชนิดยังไม่มากนัก ดังนั้นแป้งจากข้าวหอมชนิดจึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจและจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่มีอาการแพ้กลูเตนได้

ข้าวหอมชนิด (*Oryza sativa*) เป็นข้าวไม่ขัดสีเมล็ดสีม่วงเข้มจนถึงสีดำ มีเส้นใยอาหารสูง เป็นพันธุ์ข้าวที่มีค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic index : GI) ต่ำตามรายงานใน International tables of glycemic index and glycemic load values 2021 พบว่า rice porridge, made from black rice มีค่าเท่ากับ 42 ± 3 นอกจากนี้ยังช่วยลดการดูดซึมคาร์โบไฮเดรตโดยการยับยั้งเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารที่เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นน้ำตาล¹³ จึงเหมาะสำหรับผู้ที่เปราะบางหรือต้องการควบคุมน้ำหนัก การนำข้าวหอมชนิดมาแปรรูปเป็นแป้งข้าวหอมชนิดเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารจึงช่วยเพิ่มคุณค่าต่อสุขภาพและมูลค่า ทั้งเป็นทางเลือกในการบริโภคให้กับข้าวหอมชนิด นอกเหนือจากการบริโภคเป็นข้าวสวยเพื่อรับประทานในมื้ออาหารเท่านั้น

วิธีการเตรียมแป้งเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมีผลต่อคุณสมบัติเคมี-กายภาพของแป้ง วิธีการเตรียมแป้งที่นิยมกัน คือ การไม่แห้ง (Dry milling) และการไม่เปียก (Wet milling) การไม่แห้งแบบแห้งเป็นการนำเมล็ดข้าวมาบดเป็นแป้งผง จากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อน แป้งที่ได้จะยังเต็มไปด้วยไขมันหรือเรียกว่า full-fat flour¹⁴ ในประเทศไทยพบแป้งข้าวที่เตรียมจากการไม่แห้งแบบแห้ง คือ แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว ส่วนการไม่เปียกเป็นการนำเมล็ดข้าวเข้าเครื่องไม่ข้าวหรือโมหิน ทับน้ำเพื่อแยกตัวแป้งและน้ำออกจากกัน อบแห้ง บดละเอียดและนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อน¹⁵ นอกจากนั้นพบว่า

ยังมีวิธีการเตรียมแป้งด้วยวิธีการเอ็กซ์ทรูชัน (Extrusion) เป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง มีความรวดเร็ว ต้นทุนต่ำและมีประสิทธิภาพสูง ได้แป้งที่มีคุณสมบัติแตกต่างจากการไม่แห้งและไม่เปียก¹⁶ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของบรวนี่ที่ผลิตจากแป้งข้าวหอมชนิดที่เตรียมด้วยวิธีไม่แห้ง ไม่เปียก และเอ็กซ์ทรูชัน

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมแป้งจากข้าวหอมชนิด

ข้าวหอมชนิด จากแหล่งเพาะปลูกในจังหวัดเพชรบุรี และเก็บเกี่ยวในฤดูกลาง ปี 2561 ทำการเตรียมเป็นแป้งด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้ 1) การไม่แห้ง ดัดแปลงจากวิธีการของวชิรพงศ์ เยาวฤทธิ์กร และคณะ¹⁵ นำเมล็ดข้าวหอมชนิดบดด้วยเครื่องบด และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช (Mesh) นำส่วนที่ผ่านตะแกรงร่อนใช้เป็นแป้งข้าวหอมชนิดแบบไม่แห้ง (ในที่นี้ใช้คำว่า DMF แทน แป้งข้าวหอมชนิดแบบไม่แห้ง) 2) การไม่เปียก ดัดแปลงจากวิธีการของวชิรพงศ์ เยาวฤทธิ์กร และคณะ¹⁵ นำเมล็ดข้าวหอมชนิดแช่น้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ด้วยอัตราส่วนเมล็ดข้าวต่อน้ำ 1 : 1.5 จากนั้นผ่านเครื่องโม่หิน โดยนำน้ำแป้งที่ได้จากการโม่หัดด้วยผ้าขาวบางหนา 3 ชั้น มัดให้แน่นไม่มีส่วนที่แป้งจะสามารถไหลออกมาได้ จากนั้นนำครกหิน ทับไว้ด้านบนเพื่อรีดน้ำออกจากตัวแป้ง ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30-45 นาที หรือจนกว่าจะไม่มีส่วนน้ำไหลออกมาจากเนื้อแป้งข้าว นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดและนำผงแป้งที่ได้ร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช นำส่วนที่ผ่าน

ตะแกรงร่อนใช้เป็นแป้งข้าวหอมชนิดแบบไม่เปียก (ในที่นี้ใช้คำว่า WMF แทน แป้งข้าวหอมชนิดแบบไม่เปียก) และ 3) เอ็กซ์ทรูชัน ดัดแปลงจากวิธีการของ Diez-Sancheza et al.¹⁷ โดยนำเมล็ดข้าวที่มีความชื้นน้อยกว่า 14% เข้าเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ (Extruder) (รุ่น LT7 0 L Twin Screw Extruder, Shandong Light M&E Co., Ltd, China) โดยอุณหภูมิที่ใช้ใน 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนนำเข้า (Feed section) ส่วนกดอัด (Transition section) และส่วนอัดรีด (Metering section) อุณหภูมิที่ใช้ คือ 60, 110 และ 125 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ความเร็วของส่วนป้อน (Feeder speed) และความเร็วใบตัด (Cutter speed) คือ 15 และ 40 รอบต่อนาที ตามลำดับ นำส่วนที่ได้จากเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ไปบดด้วยเครื่องบด และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช ส่วนที่ผ่านตะแกรงร่อนใช้เป็นแป้งข้าวหอมชนิดแบบเอ็กซ์ทรูชัน (ในที่นี้ใช้คำว่า EF แทน แป้งข้าวหอมชนิดแบบเอ็กซ์ทรูชัน) นำแป้งข้าวหอมชนิดที่เตรียมจากทั้งสามวิธีบรรจุในถุงซิปล็อคมึนเนียมฟอยล์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการผลิตบรวนี่ต่อไป

2. การเตรียมและคัดเลือกบรวนี่สูตรพื้นฐาน

นำส่วนผสมที่เป็นสูตรพื้นฐานจำนวน 3 สูตร (F1, F2 และ F3) (Table 1) เตรียมเป็นบรวนี่โดยนำเนยจืด ช็อกโกแลตแท่ง และผงโกโก้ หลอมละลายในหม้อสองใบที่วางซ้อนกัน (Double boiler) ที่หม้อด้านล่างมีน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 95 องศาเซลเซียส กวนผสมให้เข้ากัน ยกเว้นสูตร F1 ที่ละลายเฉพาะเนยจืด น้ำตาลทรายขาวและเกลือแกงเข้าด้วยกันก่อน จากนั้นเติมส่วนผสมที่เหลือยกเว้น

แป้งสาลี ได้แก่ ผงโกโก้ ไข่ไก่ (ไข่แดงและไข่ขาวที่ผสมกันแล้ว) น้ำตาลทรายขาว เกลือแกง และกลิ่นวานิลลา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมที่เหลือที่ยังไม่ได้ใช้ในแต่ละสูตร ตีให้เข้ากันด้วยตะกร้อมือ จากนั้นเติมแป้งสาลีที่ร่อนแล้ว ผสมให้เข้ากัน เทส่วนผสมลงถาดขนาด 25 x 25 เซนติเมตร นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที, 170 องศาเซลเซียส นาน 35 นาที และ 175 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที สำหรับสูตร F1 F2 และ F3 ตามลำดับ

นำบราวนี่สูตร F1 F2 และ F3 ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale เพื่อประเมินคุณลักษณะด้าน

ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม กำหนดให้คะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด จนถึงคะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด ทดสอบกับผู้ทดสอบที่มีอายุระหว่าง 18-45 ปีและไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน โดยการสุ่มแบบบังเอิญ ณ ศูนย์ประเมินกลางชุมชนในสถานศึกษาพื้นที่กรุงเทพมหานคร ให้ผู้ทดสอบดมกลิ่นหรือบ้วนปากทุกครั้งก่อนการทดสอบตัวอย่างต่อไป จากนั้นเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาสูตรบราวนี่ด้วยแป้งจากข้าวหอมนิล โดยการนำแป้งข้าวหอมนิลที่ผ่านกระบวนการเตรียมที่แตกต่างกันมาทดแทนในสูตรร้อยละ 100

Table 1. Basic Recipes for Brownie Production

Ingredients (% w/w)	F1 ¹⁸	F2 ¹⁹	F3*
All-purpose wheat flour	11	15	6
Unsalted butter	22	17	27
Sugar	38	32	26
Fresh whole egg	18	16	18
Cocoa powder	10	-	7
Chocolate bar	-	20	15
Salt	0.4	-	0.5
Vanilla flavor	0.6	-	0.5

* สูตร F3 ได้จากการสำรวจร้านเบเกอรี่ที่ได้รับความนิยมแห่งหนึ่งในตำบลคูคต อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี

3. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของบราวนี่จากแป้งข้าวหอมนิล

3.1 ค่าสี ดัดแปลงจากวิธีการของศรีนวล จันทไทย และคณะ²⁰ นำชิ้นบราวนี่ขนาด 6 x 6

เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น สุ่มวัดค่าสีที่ผิวด้านนอก (Crush color) และค่าสีเนื้อใน (Crumb color) ของชิ้นบราวนี่ จำนวน 3 จุดต่อชิ้น ด้วยการวัดค่าสีในระบบ CIELAB color scale (L*, a* และ b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Color Flex 4 5 1 0, HunterLab

ColorFlex, Hunter Associates Laboratory, Inc., Virginia, USA) รายงานค่าสีเป็นค่าเฉลี่ยของค่า L^* (ค่าความสว่าง) a^* ($-a^*$ = ค่าความเป็นสีเขียว และ $+a^*$ = ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* ($-b^*$ = ค่าความเป็นสีน้ำเงิน และ $+b^*$ = ค่าความเป็นสีเหลือง)

3.2 การวัดค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (a_w)

ดัดแปลงจากวิธีการของ Sandulachi et al.²¹ โดยใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอคทีวิตี (Water activity meter) (4 TE, AQUA LAB, meter group, USA) โดยนำตัวอย่างบรรจุลงในถ้วยวิเคราะห์และวัดค่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3.3 ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume)

ดัดแปลงจากวิธีการของ Feili et al.²² นำชิ้นบราวนี่ขนาด 2×2 เซนติเมตร ทำการชั่งน้ำหนักแล้วนำไปใส่กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเมล็ดงาจนถึงขีดบอกปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำเมล็ดงาที่ใช้ออกและวัดปริมาตรของเมล็ดงาอีกครั้ง คำนวณปริมาตรจำเพาะดังสมการ ปริมาตรจำเพาะของบราวนี่ (ml/g) = (ปริมาตรของกระบอกตวง (มิลลิลิตร) - ปริมาตรเมล็ดงาที่เติมในบราวนี่ (มิลลิลิตร)) / น้ำหนักของบราวนี่ (กรัม)

3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) และค่าพลังงาน (Caloric value) การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture content) ปริมาณเถ้า (Ash content) ปริมาณไขมัน (Fat content) ปริมาณโปรตีน (protein content) ตามวิธีการของ AOAC²³ โดยใช้แฟกเตอร์เท่ากับ 5.95 (ข้าวเจ้าและผลิตภัณฑ์) ปริมาณใยอาหารหยาบ (Crude fiber content) ตามวิธีการ AACC²⁴ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Total carbohydrate content) ตามวิธีการของ AOAC²⁵ และค่าพลังงาน

ใช้วิธีการคำนวณและรายงานค่าเป็นกิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม โดยนำปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต (ไม่รวมใยอาหารหยาบ) คูณด้วยค่าแฟกเตอร์ 4, 9, และ 4 ตามลำดับ

3.5 คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส วิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer) (TA XT plus, Stable Micro System Ltd., United Kingdom) ที่อุณหภูมิห้อง ประกอบด้วยค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) ค่าความเหนียวเป็นยางหรือกาว (Gumminess) และค่าการทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) โดยวัดแบบ Texture Profile Analysis (TPA) เป็นการกดหัวลงบนตัวอย่าง 2 ครั้ง (เป็นการเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์) หัววัด P35 ทรงกระบอก หน้าตัดรูปวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร และกดลงขึ้นบราวนี่ที่มีขนาด 3×3 เซนติเมตร ด้วยความเร็ว 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ที่ความลึก 0.5-10 มิลลิเมตร หรือไม่เกิน 50% ของความสูงชิ้นบราวนี่ ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสเชื่อมต่อกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Texture Expert® for Windows® v.1.11 จากนั้นเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

3.6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Aerobic plate count) และปริมาณยีสต์และเชื้อรา (Yeast and mold count) ตามวิธีการของ FDA BAM²⁶ และ AOAC²⁷ตามลำดับ

3.7 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีตามทีระบุในข้อ 2. ด้วยวิธี 9-point hedonic scale เพื่อประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

โดยทดสอบกับผู้ทดสอบที่มีอายุระหว่าง 18-45 ปี และไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน โดยการสุ่มแบบบังเอิญ ณ ศูนย์ประเมินกลางชุมชนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ประกอบด้วยสถานศึกษาและสถานที่ทำงาน

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ยกเว้นการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design: RCBD) แสดงข้อมูลในรูปแบบของค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ

95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรในการทดลองโดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคำนวณทางสถิติ Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 17

ผลการวิจัย

1. การคัดเลือกสูตรบราวนี่พื้นฐาน

สูตรบราวนี่พื้นฐานจำนวน 3 สูตร ได้นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมบราวนี่จากแป้งข้าวหอมนิลต่อไป พบว่าบราวนี่ที่เตรียมจากสูตร F3 ได้รับคะแนนสูงสุดทั้งลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ($p \leq 0.05$) (Table 2)

Table 2. Sensory scores of brownie prepared from basic recipes

Sample	F1	F2	F3
Appearance	6.56 $\pm$ 1.73 ^b	5.64 $\pm$ 1.82 ^c	7.38 $\pm$ 1.35 ^a
Color	6.52 $\pm$ 1.72 ^b	5.50 $\pm$ 1.58 ^c	7.58 $\pm$ 0.95 ^a
Flavor	6.38 $\pm$ 1.96 ^b	6.16 $\pm$ 1.82 ^b	7.58 $\pm$ 1.23 ^a
Taste	6.38 $\pm$ 2.00 ^b	5.42 $\pm$ 2.07 ^c	7.22 $\pm$ 1.43 ^a
Texture	6.04 $\pm$ 1.90 ^b	5.24 $\pm$ 2.05 ^c	7.20 $\pm$ 1.63 ^a
Overall acceptance	5.74 $\pm$ 1.69 ^b	5.44 $\pm$ 1.95 ^b	7.72 $\pm$ 1.03 ^a

Means within the same row bearing the same letter are not significantly different ($p > 0.05$).

2. องค์ประกอบทางเคมี

บราวนี่จากแป้งสาลีมีค่าความชื้นต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) ค่าเถ้าของบราวนี่ที่เตรียมจากแป้งสาลีและแป้งข้าวหอมนิลมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 1.56-1.80 ค่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 53-56 ปริมาณไขมันทั้งหมดของบราวนี่ทั้ง

จากแป้งสาลีและแป้งข้าวหอมนิลมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่างร้อยละ 34-38 ส่วนปริมาณโปรตีนทั้งหมดพบว่าบราวนี่จาก EF และ WMF มีค่าสูงกว่าบราวนี่จากแป้งสาลีและ DMF ($p \leq 0.05$) ส่วนใยอาหารหยาบพบว่าบราวนี่จากแป้งสาลีมีค่าต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) (Table 3)

Table 3. Proximate compositions (g/100g) and caloric value (kcal/100g) of wheat flour brownies and brownies prepared from dry-milled, wet- milled and extruded Hom-nin rice flours

Sample	Moisture	Ash	Protein	Fat	Fiber	Carbo- hydrate	Calorie
All-purpose wheat flour	13.89±0.39 ^c	1.56±0.04 ^b	6.73±0.09 ^c	37.60±0.42 ^a	0.28±0.01 ^d	53.03±0.35 ^b	579.48±1.25 ^c
Dry Milled Hom-Nin rice flour (DMF)	15.74±0.25 ^a	1.62±0.08 ^b	6.96±0.24 ^c	34.09±0.47 ^c	0.91±0.04 ^a	56.43±0.21 ^a	556.72±1.52 ^a
Wet Milled Hom-Nin rice flour (WMF)	14.54±0.05 ^b	1.78±0.07 ^a	7.53±0.13 ^b	36.21±1.81 ^{ab}	0.59±0.05 ^c	54.69±1.70 ^b	569.24±5.33 ^{ab}
Extruded Hom-Nin rice flour (EF)	14.44±0.90 ^b	1.80±0.10 ^a	8.46±0.32 ^a	35.63±0.40 ^{bc}	0.76±0.04 ^b	53.35±0.30 ^b	564.87±1.05 ^b

Means within the same column bearing the same letter are not significantly different ($p>0.05$).

3. ค่าวอเตอร์แอกทีวิตี ลักษณะปรากฏ ค่าสี ปริมาตรจำเพาะ และคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัส

ค่าวอเตอร์แอกทีวิตีของบราวนี่จากแป้งข้าวหอมชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.76-0.80 สีผิวและสีเนื้อบราวนี่ที่เตรียมจาก EF มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ต่ำที่สุด (Table 4) ขณะที่สีของผิวบราวนี่ที่เตรียมจาก WMF มีค่าความสว่าง (L^*) สูงกว่าบราวนี่จากแป้งสาลี (Table 4) ซึ่งสอดคล้องดังแสดงในภาพถ่าย (Figure 1)

เมื่อพิจารณาค่าปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) พบว่าบราวนี่จาก DMF มีค่าใกล้เคียงกับบราวนี่จากแป้งสาลีและมีค่าสูงกว่าบราวนี่จากแป้งข้าวหอมชนิดอื่น ๆ สอดคล้องกับลักษณะปรากฏ (Figure 1) บราวนี่จาก DMF มีความสูง หรือการ

ขยายตัวของบราวนี่ใกล้เคียงกับบราวนี่จากแป้งสาลี บราวนี่จากแป้งสาลีมีค่าปริมาตรจำเพาะสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) บราวนี่จาก EF มีค่าปริมาตรจำเพาะต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) คุณสมบัติทางเนื้อสัมผัส พบว่าบราวนี่จาก EF มีค่าความแข็ง (hardness) ค่าความเหนียวเป็นยางหรือการ (Gumminess) และค่าการทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) สูงสุด ($p \leq 0.05$) (Table 5) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างบราวนี่จาก DMF และ WMF กับบราวนี่จากแป้งสาลี พบว่าบราวนี่จากแป้งข้าวหอมชนิดไม่เปียกจะมีค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) และค่าความเหนียวเป็นยางหรือการ (Gumminess) ไม่แตกต่างจากบราวนี่จากแป้งสาลี ($p \leq 0.05$)

Table 4. Water activity, specific volume, and color of brownies made from wheat flour and Hom-nin rice flours prepared by dry milling, wet milling and extraction methods

Sample	Crust color			Crumb color			Water activity (a_w)	Specific volume (ml/g)
	L*	a*	b*	L*	a*	b*		
All-purpose wheat flour	14.73±0.05 ^b	7.76±0.16 ^a	5.42±0.17 ^a	17.87±0.12 ^a	7.94±0.33 ^a	8.35±0.21 ^a	0.76±0.00 ^b	1.21±0.06 ^a
Dry Milled Hom-Nin rice flour (DMF)	13.61±0.23 ^c	5.38±0.40 ^b	2.21±0.22 ^b	14.85±0.04 ^b	5.85±1.01 ^{bc}	6.59±0.30 ^b	0.80±0.00 ^a	0.95±0.08 ^b
Wet Milled Hom-Nin rice flour (WMF)	15.25±0.15 ^a	5.62±0.24 ^b	2.59±0.50 ^b	13.46±0.15 ^d	5.28±0.68 ^{bcd}	5.72±0.73 ^c	0.77±0.00 ^b	0.53±0.11 ^c
Extruded Hom-Nin rice flour (EF)	12.25±0.32 ^d	3.88±0.32 ^c	0.96±0.61 ^c	13.77±0.22 ^c	4.20±0.32 ^{cd}	3.76±0.38 ^d	0.76±0.02 ^b	0.24±0.02 ^d

Means within the same column bearing the same letter are not significantly different ($p>0.05$).

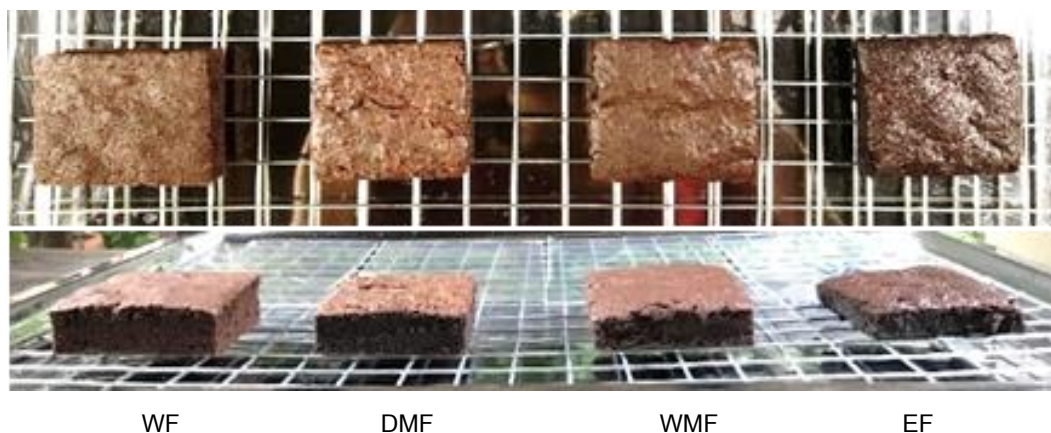


Figure 1. Brownies prepared with wheat flour (WF), dry-milled (DMF), wet-milled (WMF), and extruded flours (EF)

Table 5 Texture properties of brownies made from wheat flour and Hom-nin rice flours prepared by dry milling, wet milling and extraction methods

Sample	hardness (g)	springiness	cohesiveness	gumminess	chewiness
All-purpose wheat flour	4,152±638.36 ^c	0.78±0.05 ^a	0.46±0.03 ^a	1,916±317.36 ^b	1,501±305.28 ^{ab}
Dry Milled Hom-Nin rice flour (DMF)	5,505±924.81 ^b	0.48±0.06 ^c	0.23±0.04 ^b	1,263±167.72 ^b	602±131.62 ^c
Wet Milled Hom-Nin rice flour (WMF)	3,106±328.53 ^c	0.82±0.08 ^a	0.42±0.02 ^a	1,294±133.45 ^b	1,064±195.79 ^{bc}
Extruded Hom-Nin rice flour (EF)	7,932±656.01 ^a	0.64±0.08 ^b	0.39±0.09 ^a	3,052±643.39 ^a	1,998±648.86 ^a

Means within the same column bearing the same letter are not significantly different ($p>0.05$).

4. คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของบราวนี่จากแป้งข้าวหอมมะลิ

บราวนี่ที่เตรียมจาก WMF มีคะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากบราวนี่จากแป้งสาลี ($p > 0.05$) แต่มี

ค่าความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นที่ต่ำกว่า ($p \leq 0.05$) และมีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากบราวนี่จากแป้งสาลี (Table 6)

Table 6. Sensory evaluation of brownies made from wheat flour and Hom-nin rice flours prepared by dry milling, wet milling and extraction methods

Sample	Appearance	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptance
All-purpose wheat flour	8.32±0.89 ^a	8.30±0.78 ^a	8.36±0.94 ^a	7.84±1.30 ^a	8.18±1.36 ^a	8.08±1.21 ^a
Dry Milled Hom-Nin rice flour (DMF)	7.70±0.65 ^b	7.62±0.65 ^b	7.57±0.56 ^b	6.12±0.74 ^b	5.46±0.56 ^b	6.40±0.40 ^b
Wet Milled Hom-Nin rice flour (WMF)	7.75±1.01 ^b	7.70±1.02 ^b	7.73±1.10 ^b	7.89±0.98 ^a	7.81±1.14 ^a	7.87±0.73 ^a
Extruded Hom-Nin rice flour (EF)	6.25±1.50 ^c	6.16±1.45 ^c	5.96±1.56 ^c	5.26±1.94 ^c	5.00±1.99 ^c	5.44±1.66 ^c

Means within the same column bearing the same letter are not significantly different ($p>0.05$).

5. คุณภาพทางจุลินทรีย์ของบรารนี้จากแป้งข้าวหอมนิล

คุณภาพทางจุลินทรีย์ของบรารนี้จาก Wheat flour, DMF, WMF, และ EF พบว่าทุกตัวอย่างมีค่าการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 2.5×10^2 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และรา มีค่าน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม

อภิปรายผล

1. การคัดเลือกสูตรบรารนี้พื้นฐาน

บรารนี้ที่เตรียมจากสูตร F3 ได้รับคะแนนสูงสุดทั้งลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (Table 2) เนื่องจากมีปริมาณเนยชนิดจืด (27%) ซึ่งไขมันมีส่วนช่วยหล่อลื่นส่วนผสมอื่น ๆ ไม่ให้จับตัวกันแน่นโดยเฉพาะโปรตีนกลูเตนทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม สูตร F3 ยังมีส่วนผสมของซ็อกโกแลต ผงโกโก้ เกลือแกง และกลิ่นวานิลลา ซึ่งกลิ่นรสของซ็อกโกแลตที่ละมุนกว่าการเติมเฉพาะผงโกโก้ และมีรสเค็มช่วยลดความหวานของบรารนี้ลง นอกจากนี้สูตร F3 มีปริมาณน้ำตาลทรายที่น้อยกว่าสูตรอื่น ๆ โดยจากข้อเสนอแนะของผู้ทดสอบพบว่า F1 มีรสชาติหวานเกินไป โดยสูตร F1 มีสัดส่วนของน้ำตาลสูง (38%) และ F2 มีรสชาติหวานเกินไปและไม่มีความหอม โดยสูตร F2 มีสัดส่วนของน้ำตาลสูง (32%) และไม่มีส่วนผสมของโกโก้และวานิลลา ซึ่งเป็นส่วนผสมที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์บรารนี้มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว

2. องค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ และคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสของบรารนี้

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของบรารนี้คือ คาร์โบไฮเดรต (53-56%) และไขมัน (34-37%) (Table 3) เนื่องจากวัตถุดิบหลักที่ใช้คือ น้ำตาล และเนยจืด โดยมีการใช้แป้งและไข่ไก่ทั้งฟองจึงทำให้พบโปรตีนประมาณ (7-8%) (Table 3) โดยปริมาณโปรตีนทั้งหมดพบว่าบรารนี้จาก EF และ WMF มีค่าสูงกว่าบรารนี้จากแป้งสาลีและ DMF ($p \leq 0.05$) แม้ว่าโดยทั่วไปแป้งสาลีมีค่าโปรตีนสูง แต่เนื่องจากสูตร F3 มีปริมาณแป้งในส่วนผสมทั้งหมดเพียงร้อยละ 6 และมีการเติมส่วนผสมอื่น ๆ เช่น ไข่ไก่ ไขมันเนยจืด และอื่น ๆ ทำให้แป้งเป็นส่วนผสมที่มีบทบาทในเชิงหน้าที่มากกว่าคุณค่าทางโภชนาการ

ค่าความชื้นของบรารนี้อยู่ระหว่าง 14-16% (Table 3) และค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของบรารนี้จากแป้งข้าวหอมนิลมีค่าใกล้เคียงกัน (ประมาณ 0.7-0.8) (Table 4) ซึ่งเป็นช่วงของการเจริญของราและยีสต์ จึงจำเป็นต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

สีผิวและสีเนื้อมีค่าบรารนี้ที่เตรียมจาก EF ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ต่ำที่สุด (Table 4) เนื่องจากการเตรียมแป้งด้วยวิธีเอ็กซ์ทรูชันมีการใช้อุณหภูมิที่สูงจึงมีแนวโน้มทำให้สารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ในข้าวสีถูกทำลายได้จากความร้อน เป็นผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ลดลง หากสังเกตจากภาพถ่าย (Figure 1)

เห็นได้ว่าบรวนี่ที่เตรียมจากแป้งข้าวหอมนิลเอ็กซ์ทราดมีสีคล้ำกว่าตัวอย่างอื่น ๆ ขณะที่เนื้อบรวนี่ที่เตรียมจากแป้งข้าวหอมโม้แห้งและไม่เปียกก็มีลักษณะของสีที่ใกล้เคียงกับบรวนี่จากแป้งสาลีมากกว่า ทั้งนี้แม้ว่าส่วนผสมของ F3 จะมีทั้งผงโกโก้และช็อกโกแลตทำให้สีของบรวนี่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาค่าปริมาตรจำเพาะ บรวนี่จาก EF มีค่าปริมาตรจำเพาะต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) (Table 4) อาจเนื่องจากสมบัติของแป้งที่เตรียมจากวีเอ็กซ์ทราดจะมีค่าดัชนีการดูดซับน้ำและละลายน้ำสูง²⁸ จึงมีผลต่อปริมาตรจำเพาะของบรวนี่ ซึ่งสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัส (Table 5) บรวนี่จาก EF มีค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความเหนียวเป็นยางหรือการ (Gumminess) และค่าการทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) สูงสุด ($p \leq 0.05$) จากการที่แป้งเอ็กซ์ทราดมีลักษณะการเกิดเจลแล้วในขั้นตอนการเตรียมแป้ง จึงส่งผลต่อการดูดซับน้ำได้ดีและการยึดเกาะกันของพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของสายโมเลกุลแป้งจำนวนมาก เป็นผลทำให้มีบรวนี่มีลักษณะเนื้อแน่นและเหนียว

3. คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของบรวนี่จากแป้งข้าวหอมนิล

บรวนี่ที่เตรียมจาก WMF มีคะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจาก บรวนี่จากแป้งสาลี ($p > 0.05$) แต่มีค่าความชอบด้านลักษณะปรากฏสี และกลิ่นที่ต่ำกว่า ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเกี่ยวข้องกับธรรมชาติของแป้งจากข้าวหอมนิลที่มีกลิ่นเฉพาะที่เข้ม และลักษณะการพองตัวที่ต่ำกว่าบรวนี่จาก

แป้งสาลี แต่ให้รสชาติและเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับบรวนี่จากแป้งสาลี จึงเป็นที่ยอมรับและมีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจาก บรวนี่จากแป้งสาลี

4. คุณภาพทางจุลินทรีย์ของบรวนี่จากแป้งข้าวหอมนิล

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเค้ก (มผช. 459/2555)²⁹ ระบุว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อกรัม และปริมาณยีสต์และราต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม ดังนั้นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราของบรวนี่จาก DMF, WMF, และ EF จึงเป็นไปตามมาตรฐาน

สรุปผลการวิจัย

บรวนี่จากแป้งข้าวหอมนิลไม่เปียกก็มีคุณลักษณะคุณภาพทั้งค่าสี (L^* , a^* , b^*) ที่ผิวหน้าและเนื้อ คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส (ความแข็ง ความยืดหยุ่น ความสามารถเกาะรวมตัวกัน ความเหนียวเป็นยางหรือการ ความทนต่อการเคี้ยว) และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใกล้เคียงกับบรวนี่จากแป้งสาลีมากกว่า บรวนี่จากข้าวหอมนิลไม่แห้งและเอ็กซ์ทราด คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของบรวนี่จากแป้งข้าวหอมนิลไม่แห้ง ไม่เปียก และเอ็กซ์ทราดทั้งปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.459/2555)²⁹ ดังนั้นแป้งข้าวหอมนิลที่ผ่านการไม่เปียกเป็นแป้งที่เหมาะสมต่อการใช้ในผลิตภัณฑ์บรวนี่มากที่สุด



ข้อเสนอแนะ

แป้งข้าวหอมนิลสามารถใช้ผลิตบราวนี่ปราศจากกลูเตนได้ ตามธรรมชาติของข้าวหอมนิลมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ จึงควรศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของแป้งหอมนิลที่เตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ และบราวนี่ที่ผลิตจากข้าวหอมนิล

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธนัชชา กุญแจทอง นักวิทยาศาสตร์สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความรู้และความช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้งาน การดูแลรักษาเครื่องมือวิเคราะห์ต่าง ๆ ภายในห้องปฏิบัติการ, คุณชिरพงษ์ เยาวฤทธิ์กร ที่ให้ความรู้และคำแนะนำในการผลิตแป้งข้าวเพื่อนำมาใช้ในการดำเนินงานวิจัย, คุณทิพย์อรุณ บุญเทียม ที่ให้ความช่วยเหลือการผลิตแป้งข้าวในกระบวนการเอ็กซ์ทรูดเพื่อนำมาใช้ในการดำเนินงานวิจัย และคุณปณณดา อ่อนน้อม ผู้ช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยและให้คำปรึกษาด้านการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

เอกสารอ้างอิง

1. นิพาดา ศิริภักดิ์, นิสา ยศสมบัติ, สุदारัตน์ พุ่มชื่น, ทองพรรณ สังข์ทรัพย์, อุทัยวรรณ ฉัตรธง. ผลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพและทางประสาทสัมผัสของบราวนี่. การประชุมวิชาการระดับชาติ นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017 วิจัยจากองค์ความรู้สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน; มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. พิษณุโลก; 2560;หน้า 757-64.

2. ธนิษฐานันท์ บุญศรีชนะ, สุนันท์ บุตรศาสตร์. ผลของการใช้ใยเกี๋ยทดแทนเนยสดต่อคุณลักษณะและการยอมรับของบราวนี่กรอบ. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต]. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม; 2562.
3. Statista [Internet]. Worldwide production of grain in 2020/21 [cited 2021 Feb 26]. Available from: <https://www.statista.com/statistics/263977/world-grain-production-by-type/>. 2021.
4. วิมล วรณวุฒ, ณัฐฐา คงโนนกอก, อโนชา สุขสมบูรณ์. ผลของการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่มีต่อคุณลักษณะของขนมปัง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 2556;44:421-4.
5. อริสรา รอดอุ้มย, อรอุมา จิตรวโรภาส. การผลิตคุกกี้โดยใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีบางส่วน. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร 2550;3:37-43.
6. ศนันธร พิชัย, ปาริชาติ ราชมณี. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปราศจากกลูเตน. วารสารเกษตรพระวรุณ 2561;15:289-96.
7. จารุวรรณ นามวัฒน์, จันทรฉัตรชัย สังเกตกิจ. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องในเค้กกล้วยหอม. การประชุมวิชาการระดับชาติ “นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017” “วิจัยจากองค์ความรู้สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์. สุรินทร์; 2560;หน้า 493-9.
8. ศรีนวล จันทไทย, นิจฉรา ทูลธรรม, ภาวิดา กลิ่นเทศ, ชนัญชิดา โพธิ์กิ่ง. ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเผือกแป้งมันเลื้อยและแป้งมัน



- เทศสีม่วงร่วมกับแป้งข้าวเหนียวดำต่อคุณภาพของมัลฟีนและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค. การประชุมวิชาการ “มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 13”. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาสารคาม; 2560; หน้า 650-6.
9. สุภาวิณี แสนทวีสุข, มาลีนา สันติเต. ผลของการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพของบัตเตอร์เค้ก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 2557;45:453-6.
 10. ผาณิต รุจิรพิสิฐ, อาริวรรณ สุขวิสัย. ผลของการใช้แป้งฟลาวเวอร์จากหัวจันทน์ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมชั้น. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 2561;49:45-8.
 11. กฤติมา นพกรมมงคล, ปิยนันท์ แสนกล้า, ปวีณา เฉลียวไว. การใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีในขนมปังหวาน. [โครงการพิเศษหลักสูตรคหกรรมศาสตรบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร; 2557.
 12. จุริมาศ ดีอำมาตย์, เจมห์จิรา ไวยโกคา, ดุจดือน เขม้นเขตกิจ, ศุภรัตน์ ฮวบเจริญ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไส้ด้วยฟักทองผง. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 2 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. กำแพงเพชร; 2558; หน้า 787-92.
 13. เนตรนภา จิตตะระ. การศึกษาเปรียบเทียบผลของการรับประทานข้าวกล้องหอมนิลกับข้าวขาวหอมมะลิต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาลในเลือดผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต; 2561.
 14. Eckhoff SR. Maize Dry Milling. In Wrigley C, Editor, The Encyclopedia of Grain Science; 2004. p. 216-25.
 15. วชิรพงศ์ เยาว์ฤทธิกร, ปาริสุทธิ เฉลิมชัยวัฒน์, อบเชย วงศ์ทอง. สมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งข้าวเหนียวลืมหุ้งอกและไม่ผ่านการเพาะงอก จากวิธีการไม่ที่แตกต่างกัน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 57. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร; 2562; หน้า 470-8.
 16. อาภัสรา แสงนาค, อัญชลี เรืองเดช, กุลยา ลี้มรุ่งเรืองรัตน์, วิษณีย์ ยืนยงพุทธกาล, อุบลรัตน์ สิริภักทวารวรรณ. โครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันจากข้าวหอมนิล. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กลุ่มเรื่องการพัฒนาคุณค่าสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกและลดการนำเข้า (โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา); 2554. เลขที่รายงาน 2554A16662004.
 17. Diez-Sancheza E, Quilesa A, Llorcaa E, Reibnerb AM, Struckb S, Rohm H, Hernando I. Extruded flour as technofunctional ingredient in muffins with berry pomace. Food Sci Technol 2019;113:1-8.
 18. ไชยสิทธิ์ พันธุ์พูนจินดา, เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์, อรวรรณ อุบัติภานนท์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ราวนึ่งโดยใช้แป้งข้าวเหนียวดำทดแทนแป้งสาลี.

- วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2559;10:106-19.
19. พรรตน์สินชัยพานิช, กุลกรภัส บัตรพษ์, ศศิพินทุ์ ดิษนิล, เรณู ทวีชาติวิทยากุล. ผลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่: เนื้อสัมผัสและลักษณะคุณภาพ. การประชุมวิชาการระดับชาติ นวัตกรรมและเทคโนโลยีชีวการ 2017 วิจัยจากองค์ความรู้สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน .มหาวิทยาลัยมหิดล.นครปฐม; 2560;หน้า 757-64.
 20. ศรีนวล จันทไทย, นิจจรา ทูลธรรม, ภาวิตา กลิ่นเทศ, ชนัญชิตา โพธิ์กิ่ง. ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเผือกแป้งมันเล็ดนกกและแป้งมันเทศสีม่วงร่วมกับแป้งข้าวเหนียวดำต่อคุณภาพของมัฟฟินและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาสารคาม; 2560;หน้า 650-6.
 21. Sandulachi EI, Tatarov PG. Water activity concept and its role in strawberries food. Chem J Mold 2012;7:103-15.
 22. Feili R, Zzaman W, Abdullah WNW, Yang TA. Physical and sensory analysis of high fiber bread incorporated with jackfruit rind flour. Food Sci Technol 2013;1:30-6.
 23. AOAC. Official Method of Analysis of AOAC International. USA; 2016.
 24. AACC. Method of Crude Fiber in Flours Feeds and Feedstuffs. ISO 6568: 2000 Animal feeding stuffs. Determination of crude fiber content, REG CE152/ 2009, AOAC 978.10. USA; 2018.
 25. AOAC. Official Method of Analysis of AOAC International. Official Method of Carbohydrates in soluble (instant) coffee. Anion-exchange chromatographic method with pulsed amperometric detection. USA;2000.
 26. FDA BAM [Internet] . USA. Chapter 3 Aerobic Plate Count.[update 2001; cited 2021 Oct 31]. available from <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-3-aerobic-plate-count>
 27. AOAC. Official Method of Analysis of AOAC International. Official Method of Yeast and Mold Count in Foods. USA;2019.
 28. Kadan RS, Bryant RJ, Pepperman AB. Functional properties of extruded rice flours. J Food Sci 2003;68:1669-72.
 29. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. [อินเทอร์เน็ต]. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (Thai Community Product Standard): เค้ก (cakes). กรุงเทพฯ: [เข้าถึงเมื่อ 14 เม.ย 2564]. เข้าถึงจาก <https://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx>