

การปรับปรุงคุณภาพของขนมปังแซนด์วิชที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลี

Quality Improvement of Sandwich Bread Substituted Wheat Flour with Soy Milk Residue

ยุพร พืชมุทร^{1*} และ วิญญู ผิวนิม²
Yuporn Puechkamut^{1*} and Witt Phewnim²

บทคัดย่อ

ในการศึกษาการใช้กากถั่วเหลืองจากโรงงานผลิตนมถั่วเหลืองหรือโอคาราสดทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปังแซนด์วิชพบว่า การใช้โอคาราสดทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความยืดหยุ่นของก้อนโดลดลง ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะลดลง มีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น และขนมปังมีสีคล้ำ พบว่าปริมาณโอคาราที่สามารถใช้แทนแป้งสาลีได้อยู่ที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นได้ทดลองใช้สารช่วยยึดเกาะ 3 ชนิด ได้แก่ HPMC (Hydroxypropyl Methyl Cellulose) DMG (Distillated Monoglyceride) และ CMC (Carboxy Methyl Cellulose) เพื่อปรับปรุงคุณภาพของขนมปังโอคารา พบว่าการใช้ CMC ที่ระดับ 1.5 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาตรจำเพาะและความชื้นของขนมปังโอคาราเพิ่มสูงขึ้นใกล้เคียงกับขนมปังสูตรควบคุม ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อใช้ CMC 2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ขนมปังที่ใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลี 20 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด จึงได้นำขนมปังโอคาราที่เติม CMC 2 เปอร์เซ็นต์ มาปรับปรุงคุณค่าทางอาหารโดยไม่ใช้เนยขาวแต่ทดลองเติมน้ำมันถั่วเหลือง พบว่าการเติมน้ำมันถั่วเหลือง 4

เปอร์เซ็นต์ ทำให้ขนมปังโอคารามีเนื้อสัมผัสที่ดีและได้รับการยอมรับโดยรวมจากผู้ทดสอบสูงสุด ผลการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี พบว่าขนมปังแซนด์วิชโอคารา มีปริมาณโปรตีน เถ้าและเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมันลดลงเมื่อเทียบกับขนมปังสูตรควบคุม

คำสำคัญ: กากถั่วเหลือง ขนมปังแซนด์วิช

Abstract

Studies on the used of soy milk residue or okara to substitute wheat flour in sandwich bread were done. The results showed that the elasticity of dough decreased and the specific volume of the okara bread significantly decreased with the increasing of okara. The textures of the okara breads were harder compared to the control and the sensory evaluation showed that 20 percent of okara could be used to substitute wheat flour. To improve the quality of the okara bread, three types of binding

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

² นักศึกษา สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

* Corresponding Author, Tel.08-1642-4428, E-mail: cayongyuth@yahoo.com

agents, hydroxypropyl methyl cellulose (HPMC), distilled monoglyceride (DMG) and carboxy methyl cellulose (CMC), were added. Adding CMC at 1.5-2.5 percent, the specific volume and the moisture content of the okara breads were not significantly different from those of the control. Sensory evaluation showed that the okara bread prepared from 20 percent okara and 2 percent CMC obtained the highest overall acceptance score from the panelists. To improve the nutritional value of okara bread, soybean oil was used to replace the shortening. The Okara bread with 4 percent soybean oil revealed good texture and received the highest acceptance score. The chemical compositions of the bread were also examined. The okara bread contained higher protein, ash, and dietary fiber and lower carbohydrate and fat content compared to those of control bread (100 percent wheat flour).

Keyword: Soy Milk Residue, Sandwich Bread

1. บทนำ

แนวโน้มการผลิตนมถั่วเหลืองเพื่อบริโภคทั้งในระดับอุตสาหกรรมและระดับครัวเรือนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น การผลิตนมถั่วเหลืองจะได้ส่วนที่ไม่ละลายน้ำจากกระบวนการแยกนํ้านมถั่วเหลืองเรียกว่าโอคารา โดยโอคารามีความชื้น 76-80 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 3.5-4.0 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 2.8-3.2 เปอร์เซ็นต์ [1] นอกจากนี้ยังพบว่าในโอคาราประกอบด้วยเส้นใยอาหารทั้งประเภทละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ รวมทั้งสารประกอบพฤกษเคมี เช่น ไอโซฟลาโวน ซาโปนิน และโปรตีนที่มีคุณภาพ [2], [3] มีงานวิจัยที่นำโอคารามาใช้ประโยชน์โดยตรงเช่นในอุตสาหกรรมหมักนัตโต (Natto) และเทมเป้ (Tempeh) พบว่าการนำโอคารามาใช้จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเช่นเดียวกับการหมักที่ใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด ยุพร [4] พบว่าสามารถใช้โอคาราสดแทนแป้งสาลี 100

เปอร์เซ็นต์ในการผลิตขนมทองม้วน ยุพรและกานดา [5] พบว่าในการผลิตคุกกี้เนยสามารถใช้โอคาราสดทดแทนแป้งสาลีได้ 80 เปอร์เซ็นต์ ทำให้คุกกี้ที่เติมโอคาราสดมีปริมาณเส้นใยมากกว่าคุกกี้สูตรควบคุมถึง 4.61 เท่า

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของคนไทยมากขึ้นในปัจจุบัน ขนมปังแซนด์วิชเป็นขนมปังที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่คุ้นเคยเนื่องจากขนมปังแซนด์วิชนั้นมีลักษณะเนื้อละเอียดนุ่ม สามารถรับประทานคู่กับเนย แยม แซนด์วิชสปรดได้อย่างหลากหลาย ทำให้อุตสาหกรรมการผลิตเติบโตอย่างรวดเร็วโดยมีมูลค่าในกลุ่มเบเกอรี่มากกว่า 2,000 ล้านบาท [6] ในท้องตลาดขนมปังแซนด์วิชที่มีคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนและใยอาหารที่มีประโยชน์ยังมีน้อย ส่วนใหญ่ใช้วัตถุดิบหลักเป็นแป้งสาลี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำโอคาราสดมาใช้ประโยชน์ โดยการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิช เป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับขนมปัง และการทำขนมปังมีขั้นตอนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน ผู้ประกอบการรายย่อยที่ผลิตนํ้านมถั่วเหลืองสามารถนำโอคาราที่เหลือทิ้งมาผลิตเป็นขนมปังได้ โดยมีเป้าหมายในการใช้โอคาราในปริมาณที่มากที่สุด อย่างไรก็ตามการผลิตขนมปังที่ใช้ส่วนผสมอื่นเข้ามาแทนที่แป้งสาลี ทำให้สัดส่วนของโปรตีนไกลอะดินและกลูเตนินในการเกิดกลูเตนไม่เหมาะสม ทำให้ขนมปังที่ได้มีโครงสร้างไม่ดี ทั้งนี้เพราะกลูเตนมีสมบัติยืดหยุ่นและมีความสามารถในการยึดรวมกับสารประกอบอื่นๆ (Binding Power) การเติมสารยึดเกาะสำหรับขนมปังที่มีกลูเตนน้อยจะทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดแป้งอย่างเพียงพอสามารถป้องกันการแตกของโดจากการขยายปริมาตรในระหว่างการหมักและการอบ ขนมปังที่ได้จึงมีลักษณะนุ่มและยืดหยุ่นดี [7] งานวิจัยนี้จึงทดลองปรับปรุงคุณภาพของขนมปังที่ใช้กากถั่วเหลืองด้วยสารยึดเกาะชนิดต่างๆ รวมทั้งปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการโดยการทดแทนเนยขาวด้วยนํ้ามันถั่วเหลืองซึ่งเป็นนํ้ามันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นคือไลโนเลอิกและไลโนเลนิกในปริมาณที่สูงถึง 30-40 เปอร์เซ็นต์ [3] งานวิจัยนี้นอกจากจะช่วยลดของเสียและเพิ่มมูลค่าให้

กับโอคาราแล้วยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับขนมปังแซนด์วิช

2. วัตถุดิบและวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

โอคาราสด ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท กรีนสปอร์ต (ประเทศไทย) จำกัด HPMC (Hydroxy Propyl Methyl Cellulose) (Methocel E4M) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทมาเคม จำกัด DMG (Distillated Monoglyceride) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทแคลเทค จำกัด และ CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทฟู้ดแอนด์ ดริ้งค์ จำกัด

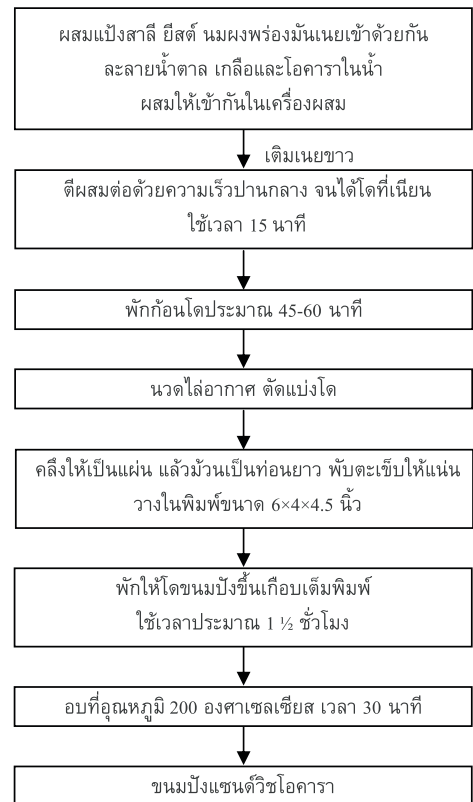
2.2 การเตรียมโอคาราสด

โอคาราที่ได้จากโรงงานมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ นำไปบีบอัดน้ำออกด้วยเครื่องไฮดรอป्रेसเซอร์ จนได้ความชื้นประมาณ 61-65 เปอร์เซ็นต์ นำมาบรรจุใส่ถุงโพลีเอทิลีน (PE) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นำมาละลายน้ำแข็งก่อนนำโอคาราไปใช้ในการผลิตขนมปังตามวิธีการดังรูปที่ 1

2.3 ศึกษาปริมาณโอคาราสดที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังแซนด์วิชโอคารา

ในการทดลองผลิตขนมปังแซนด์วิช ได้เลือกใช้สูตรขนมปังแซนด์วิชดังตารางที่ 1 เป็นสูตรควบคุม ศึกษาปริมาณของโอคาราที่ทดแทนแป้งสาลี 3 ระดับ คือ 15 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง และปรับปริมาณน้ำที่ใช้ตามเปอร์เซ็นต์ความชื้นของโอคาราเพื่อให้ปริมาณน้ำสุดท้ายเท่ากับสูตรควบคุม ทำการผลิตขนมปังแซนด์วิชตามวิธีการดังรูปที่ 1 ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของขนมปังแซนด์วิชโอคาราตามวิธีข้อ 2.3.1 ถึง 2.3.5

2.3.1 วัดค่าความยืดหยุ่นของโดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA-XT2I) ดัดแปลงวิธีของ Van และคณะ [9] วัดคุณภาพของเนื้อสัมผัสของขนมปังโดยดัดแปลงวิธีของ Rouille และคณะ [10]



รูปที่ 1 กรรมวิธีการผลิตขนมปังแซนด์วิชโอคารา

ตารางที่ 1 สูตรควบคุมของขนมปังแซนด์วิช

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
แป้งสาลี	100.0
น้ำตาล	10.0
เกลือ	1.75
ยีสต์	1.0
นมผงพว่องมันเนย	4.0
เนยขาว	6.0
น้ำ	60.0

ดัดแปลงมาจาก จิตรนา และอรอนงค์ [8]

2.3.2 วัดปริมาตรจำเพาะของขนมปังโดยวิธีการแทนที่น้ำในภาชนะที่แน่นอน [11]

2.3.3 วิเคราะห์ความชื้นของขนมปังตามวิธีของ AOAC [12]

2.3.4 ตรวจวัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR300 ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b)

2.3.5 ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (คะแนน 1 ไม่ชอบมากที่สุด - 9 ชอบมากที่สุด) กับผู้ทดสอบชิมจำนวน 25 คน ลักษณะที่ทดสอบ คือ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

การทดลองที่ 2.3.1 และ 2.3.2 ทำการทดลอง 5 ซ้ำ การทดลองที่ 2.3.3 และ 2.3.4 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และการทดลองที่ 2.3.5 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ ยกเว้นการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2.4 ศึกษาชนิดและปริมาณของสารช่วยยึดเกาะที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังแซนด์วิชโอคารา

จากปริมาณโอคาราสดที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังในข้อ 2.3 ได้นำขนมปังแซนด์วิชโอคารามาปรับปรุงคุณภาพโดยศึกษาสารช่วยยึดเกาะ 3 ชนิดคือ

1. HPMC เติมที่ระดับ 2, 2.5, 3 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งสาลี

2. DMG เติมที่ระดับ 6, 8, 10 และ 12 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งสาลี

3. CMC เติมระดับ 1, 1.5, 2 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งสาลี

ทำการผลิตขนมปังแซนด์วิชโอคาราตามรูปที่ 1 และวิเคราะห์ผลด้านสมบัติกายภาพตามวิธีข้อ 2.3.2 ถึง 2.3.4 ทดสอบทางประสาทสัมผัสตามวิธีข้อ 2.3.5 พิจารณาเลือกชนิดและปริมาณสารช่วยยึดเกาะที่เหมาะสม

2.5 ศึกษาปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังแซนด์วิชโอคารา

นำสูตรที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.4 มาทดลองโดยเอา

เนยขาวออกจากสูตรและทดลองเติมน้ำมันถั่วเหลือง 4 ระดับ คือ 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งสาลีทำการผลิตขนมปังแซนด์วิชโอคาราตามรูปที่ 1 ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพตามวิธีการข้อ 2.3.2 ถึง 2.3.4 และทดสอบทางประสาทสัมผัสตามวิธีการข้อ 2.3.5

2.6 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขนมปังแซนด์วิชโอคารา

นำผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากข้อ 2.5 ที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมาตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน เถ้า เส้นใยอาหาร (Dietary Fiber) เปรียบเทียบกับขนมปังสูตรควบคุม ตามวิธีของ AOAC [12]

2.7 ศึกษาอายุการเก็บของขนมปังแซนด์วิชโอคารา

ศึกษาอายุการเก็บของขนมปังแซนด์วิชโอคาราและขนมปังสูตรควบคุม โดยเติมแอมโมเนียมโปรปีโอเนตในปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งสาลี [13] บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน และบรรจุขนมปังแซนด์วิชประมาณ 50 กรัม เก็บที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบทุกวันเป็นเวลา 7 วัน วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา โดยใช้วิธี AOAC [12] รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัม

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 ผลการศึกษาปริมาณโอคาราสดที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังแซนด์วิชโอคารา

ผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของโดที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยโอคาราในปริมาณ 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าค่าความยืดหยุ่นของโดที่ใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลีมีค่าแตกต่างจากสูตรควบคุมที่ผลิตจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยโอคารามากขึ้นจะทำให้ความยืดหยุ่นของโดลดลง โดที่มีปริมาณกลูเตนสูงมีความยืดหยุ่นมากกว่าโดที่มีปริมาณกลูเตนต่ำ [8]

ตารางที่ 3 แสดงถึงปริมาตรจำเพาะและความชื้นของขนมปังแซนด์วิชโอคาราสูตรต่างๆ พบว่าปริมาตรจำเพาะของขนมปังลดต่ำลง เมื่อมีการใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลี ค่าความยืดหยุ่นของโดจะมีผลต่อปริมาตรจำเพาะของขนมปังแซนด์วิชโอคารา โดที่มีความยืดหยุ่นต่ำ ปริมาตรของขนมปังจะลดต่ำลงไปด้วย [14] นอกจากนี้ ค่าความชื้นของขนมปังลดต่ำลงเมื่อมีการใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลี การที่เป็นเช่นนี้เกิดจากโดที่ใช้โอคารามีปริมาณกลูเตนลดลง จึงทำให้ความสามารถในการเก็บกักก๊าซและความชื้นลดลง [8] อย่างไรก็ตามในกรณีที่ใช้โอคารา 25 เปอร์เซ็นต์ ขนมปังมีความชื้นมากกว่าขนมปังที่ใช้โอคารา 20 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นในตัวโอคาราที่สูงอาจจะเหวี่ยงออกได้ยากกว่าน้ำอิสระที่เติมเข้าไปเพื่อปรับปริมาณน้ำในสูตร จึงทำให้ความชื้นของขนมปังที่ใช้โอคารา 25 เปอร์เซ็นต์มีความชื้นหลงเหลืออยู่มากกว่า ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งของขนมปังพบว่า ค่าความแข็งของขนมปังแซนด์วิชโอคาราที่วิเคราะห์จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัสมีค่ามากกว่าขนมปังสูตรควบคุม (ตารางที่ 2) เมื่อปริมาณโอคาราที่ใช้เพิ่มขึ้นจาก 15 เปอร์เซ็นต์ ไปเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นจาก 155.15 กรัม (แรง) เป็น 509.84 กรัม (แรง) ค่าความแข็งของขนมปังสอดคล้องกับปริมาตรจำเพาะของขนมปัง ขนมปังที่มีขนาดเล็ก มีรูพรุนน้อย มีความแข็งมากกว่าขนมปังที่ขึ้นฟู

ตารางที่ 2 ค่าความยืดหยุ่นของโด และค่าความแข็งของขนมปังแซนด์วิชที่ใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง

ปริมาณโอคารา (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความยืดหยุ่น (กรัม แรง)	ค่าความแข็ง (กรัม•แรง)
0	99.09 ^a ±1.30	108.54 ^a ±9.16
15	79.88 ^c ±1.63	155.15 ^b ±8.41
20	57.66 ^b ±3.31	358.89 ^c ±8.00
25	51.45 ^a ±3.64	509.84 ^d ±19.55

abc: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ความชื้นและปริมาตรจำเพาะของขนมปังแซนด์วิชที่ใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง

ปริมาณโอคารา (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาตรจำเพาะ (ซม. ³ /กรัม)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
0	4.23 ^d ±0.04	39.28 ^b ±1.32
15	3.97 ^c ±0.04	36.58 ^a ±1.04
20	2.89 ^b ±0.09	36.72 ^a ±1.37
25	2.37 ^a ±0.09	38.50 ^b ±0.94

abc: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่าสีของขนมปังแซนด์วิชที่ใช้โอคาราสดในการทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองของขนมปังโอคารามีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะค่าสีเหลืองของขนมปังแซนด์วิชโอคารามีค่าสูงมากกว่าสีของขนมปังแซนด์วิชสูตรควบคุม และเมื่อเพิ่มปริมาณโอคาราสูงขึ้นค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น เนื่องจากโอคารามีสีคล้ำกว่าแป้งสาลีและโอคาราประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 25 – 28 เปอร์เซ็นต์ [1] ในขณะที่แป้งสาลีประกอบด้วยโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ [8] จึงทำให้มีโอกาสเกิดสีน้ำตาลในเนื้อและเปลือกของขนมปังโอคารามากกว่า เมื่อทดแทนในระดับเพิ่มขึ้นค่าสีเหลืองจึงเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ขนมปังแซนด์วิชโอคารามีสีเข้มขึ้น

ตารางที่ 4 ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองของขนมปังแซนด์วิชที่ใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 15 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง

โอคารา (%)	ค่าความสว่าง	ค่าสีแดง	ค่าสีเหลือง
0	78.48 ^b 0.53	0.79 ^a ±0.04-	7.98 ^a ±0.51
15	77.91 ^b 0.85	0.27 ^a ±0.07	11.40 ^b ±0.30
20	74.12 ^a 1.12	0.07 ^b ±0.04	13.45 ^c ±0.02
25	76.27 ^a 0.59	0.13 ^b ±0.11	15.06 ^d ±0.30

abc: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังแชนด์วิชที่ใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 15 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง

โอคารา (%)	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
15	7.6 ^a	7.0 ^b	7.2 ^b	7.3 ^c	7.4 ^c
20	6.7 ^b	5.8 ^a	6.7 ^b	6.2 ^b	6.4 ^b
25	5.9 ^a	5.2 ^a	5.7 ^a	4.9 ^a	5.24 ^a

abc: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบการทดสอบให้คะแนน 9-point Hedonic Scale ของขนมปังแชนด์วิชโอคารา แสดงในตารางที่ 5 พบว่า การทดแทนที่เพิ่มขึ้นทำให้คะแนนด้านสีมีค่าต่ำลงเป็นเพราะขนมปังที่เติมโอคารามากขึ้นมีสีเข้มขึ้น คะแนนด้านกลิ่นรสและคะแนนด้านรสชาติมีแนวโน้มต่ำลงตามปริมาณการเติมโอคาราที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกับคะแนนด้านเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มต่ำลง เนื่องจากขนมปังที่เติมปริมาณโอคาราสูงขึ้นมีปริมาณจำเพาะต่ำ มีเนื้อสัมผัสแข็ง (ตารางที่ 2) จึงทำให้คะแนนความชอบโดยรวมของขนมปังมีแนวโน้มต่ำลงเมื่อปริมาณโอคาราเพิ่มขึ้นโดยที่ระดับทดแทน 25 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบในทุกด้านต่ำกว่าตัวอย่างอื่นมาก ขนมปังมีเนื้อสัมผัสแข็งมาก ดังนั้นจึงเลือกระดับที่ 20 เปอร์เซ็นต์นำไปปรับปรุง โดยปัญหาของขนมปังแชนด์วิชโอคาราคือมีปริมาณจำเพาะต่ำ เนื้อสัมผัสแข็ง จึงนำไปปรับปรุงโดยการเติมสารช่วยยืดเกาะชนิดต่างๆ เพื่อปรับปรุงให้ขนมปังแชนด์วิชโอคาราสูตที่ใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลี 20 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความยอมรับสูงขึ้น

3.2 ผลการศึกษาชนิดและปริมาณของสารช่วยยืดเกาะที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังแชนด์วิชโอคารา

ในกรณีของ HPMC เมื่อปริมาณของ HPMC ที่ใช้เพิ่มขึ้นจาก 2 ไปเป็น 3.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง

ทำให้ปริมาณจำเพาะของขนมปังแชนด์วิชโอคาราเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ตารางที่ 6) แต่ถ้าเติม HPMC มากกว่า 3.5 เปอร์เซ็นต์ทำให้โดและติดเครื่องผสมอย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมขนมปังแชนด์วิชโอคาราที่เติม HPMC มีปริมาณน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความชื้นของขนมปังแชนด์วิชโอคาราที่เติม HPMC มีค่าสูงกว่าขนมปังสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรควบคุมมีความชื้นประมาณ 39 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ขนมปังแชนด์วิชโอคาราที่ใช้ HPMC 3.5 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้น 45.8 เปอร์เซ็นต์ การที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก HPMC มีคุณสมบัติดูดซับน้ำได้ดี [15]

ตารางที่ 6 ค่าปริมาณจำเพาะและปริมาณความชื้นของขนมปังสูตรควบคุมกับสูตรที่ทดแทนด้วยโอคารา 20 เปอร์เซ็นต์ และเติม HPMC ที่ระดับต่างๆ

ปริมาณ HPMC (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณจำเพาะ (ชม. ³ /กรัม)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
สูตรควบคุม	4.34 ^d ± 0.07	39.41 ^a ± 1.33
2	2.42 ^a ± 0.03	42.26 ^b ± 0.31
2.5	2.61 ^b ± 0.04	42.57 ^b ± 0.45
3	2.69 ^b ± 0.01	44.76 ^c ± 0.18
3.5	2.87 ^c ± 0.10	45.84 ^c ± 0.92

abc: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในกรณีของ DMG เมื่อปริมาณ DMG เพิ่มขึ้นจาก 6 เป็น 12 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง ปริมาณจำเพาะของขนมปังแชนด์วิชโอคาราเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7) โดยเฉพาะที่ระดับ 10 และ 12 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ความชื้นของขนมปังแชนด์วิชโอคาราหลังจากเติม DMG มีปริมาณไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรควบคุม DMG มีองค์ประกอบของโมโนกลีเซอไรด์สามารถทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส เพิ่มปริมาณจำเพาะของขนมปัง [16]

ตารางที่ 7 ค่าปริมาตรจำเพาะและปริมาณความชื้นของขนมปังสูตรควบคุมกับสูตรที่ทดแทนด้วยโอคารา 20 เปอร์เซ็นต์ และเติม DMG ที่ระดับต่างๆ

ปริมาณ DMG (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาตรจำเพาะ (ชม. ³ /กรัม)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์) ^{abc}
สูตรควบคุม	4.43 ^c ±0.09	40.31±1.44
6	2.98 ^a ±0.06	40.82±2.78
8	3.25 ^b ±0.20	39.90±0.32
10	3.40 ^b ±0.07	38.46±0.89
12	3.38 ^b ±0.17	38.52±0.40

abc: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns: ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 8 คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนด้วยโอคารา 20 เปอร์เซ็นต์ และเติม DMG ที่ระดับต่างๆ

DMG (%)	สี	กลิ่นรส	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
6	7.17 ^{ab}	6.08 ^a	6.25	6.17 ^a	6.25 ^a
8	6.83 ^a	6.21 ^{ab}	6.63	5.96 ^a	33 ^{ab}
10	7.38 ^b	6.79 ^b	6.92	6.50 ^{ab}	6.96 ^{bc}
12	7.50 ^b	6.90 ^b	7.00	7.04 ^b	7.38 ^c

abc: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns: ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

เมื่อนำขนมปังโอคาราที่เติม DMG ที่ระดับต่างๆ ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ผลดังตารางที่ 8 พบว่าคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการเติม DMG ที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะที่ระดับ 12 เปอร์เซ็นต์ การที่ขนมปังแซนด์วิชโอคารามีขนาดปริมาตรเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 7) ทำให้เนื้อสัมผัสของขนมปังแซนด์วิชโอคารานุ่มขึ้น คะแนนความชอบโดยรวมจึงสูงขึ้น อย่างไรก็ตามถึงแม้การเติม DMG 12 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้งช่วยปรับปรุงปริมาตรจำเพาะ เนื้อสัมผัส ความชอบของขนมปังที่ใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลี 20 เปอร์เซ็นต์ แต่การเติมสารช่วยยืดเกาะ DMG 12 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งในแง่

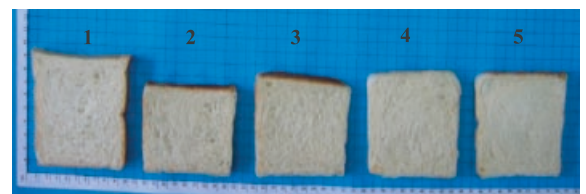
ของต้นทุนถือว่าสูงไม่เหมาะสม เนื่องจาก DMG เป็นสารที่นำเข้าจากต่างประเทศจึงทำให้ต้นทุนของขนมปังเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 9 ค่าปริมาตรจำเพาะและปริมาณความชื้นของขนมปังสูตรควบคุมกับสูตรที่ทดแทนด้วยโอคารา 20 เปอร์เซ็นต์ และเติม CMC ที่ระดับต่างๆ

ปริมาณ CMC (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาตรจำเพาะ (ชม. ³ /กรัม)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
สูตรควบคุม	4.24 ^b ±0.41	39.30±1.34
1	3.93 ^a ±0.30	38.63±0.71
1.5	4.18 ^b ±0.16	41.28 ^b ±0.08
2	4.17 ^b ±0.18	39.59±0.58
2.5	4.14 ^b ±0.01	39.58±0.18

abc: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในกรณีของ CMC เมื่อเปรียบเทียบขนมปังที่ใช้โอคาราทดแทน 20 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีการเติมสารช่วยยืดเกาะ พบว่าการเติม CMC ทำให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะเพิ่มขึ้น ขนมปังมีขนาดใหญ่ขึ้น (ตารางที่ 3 และ 9) โดยเฉพาะเมื่อปริมาตร CMC ที่เติมอยู่ในช่วง 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์ ขนมปังโอคาราชั้นฟูมีปริมาตรใกล้เคียงกับขนมปังสูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ขนมปังแซนด์วิชโอคาราที่มีการเติม CMC ที่ระดับต่างๆ (1 คือขนมปังสูตรควบคุมใช้แป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ จาก 2 ถึง 5 คือขนมปังแซนด์วิชโอคาราที่ทดแทนด้วยโอคารา 20 เปอร์เซ็นต์ และเติม CMC 1, 1.5, 2 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ)

อย่างไรก็ตามถ้าเติม CMC มากกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีความหนืดสูงไม่สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ นอกจากนี้ความชื้นของขนมปังโอคาราหลังจากเติม CMC 1.2 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรควบคุม CMC เป็นสารเพิ่มความคงตัว และเพิ่มความหนืด ช่วยกักเก็บก๊าซในระหว่างการบ่ม จึงช่วยปรับปรุงปริมาตรจำเพาะของขนมปัง [7]

ตารางที่ 10 ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองของขนมปังที่ใช้โอคาราทดแทน 20 เปอร์เซ็นต์ และเติม CMC ที่ระดับต่างๆ

ปริมาณ CMC (%)	ค่าความสว่าง	ค่าสีแดง	ค่าสีเหลือง
สูตรควบคุม	78.54 ^a ±0.55	0.80 ^b ±0.41	8.11 ^{ab} ±0.55
1	71.38 ^a ±0.56	1.07 ^a ±0.57	6.75 ^a ±0.09
1.5	71.27 ^a ±0.38	0.81 ^b ±0.55	9.57 ^{bc} ±1.05
2	72.19 ^a ±0.47	0.82 ^b ±0.13	9.67 ^{bc} ±1.73
2.5	76.22 ^b ±0.98	0.79 ^b ±0.07	10.16 ^c ±0.18

abc: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลของ CMC ต่อค่าสีของขนมปังแซนด์วิชโอคาราพบว่าค่าสีเหลืองของขนมปังแซนด์วิชโอคาราเมื่อเติม CMC ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขนมปังแซนด์วิชโอคาราที่เติม CMC มีสีอ่อนลงกว่าขนมปังแซนด์วิชโอคาราที่ไม่เติม CMC (ตารางที่ 10) การที่ CMC ช่วยทำให้ขนมปังแซนด์วิชโอคาราขึ้นฟูมีปริมาตรเพิ่มขึ้น อาจทำให้ขนาดและจำนวนของ Air Cell เพิ่มขึ้น ขนมปังแซนด์วิชโอคาราจึงมีสีอ่อนลง เมื่อนำขนมปังแซนด์วิชโอคาราที่เติม CMC ที่ระดับต่างๆ ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ผลดังตารางที่ 11 พบว่าการเพิ่มปริมาณของ CMC จาก 1 เปอร์เซ็นต์ไปเป็น 2 เปอร์เซ็นต์ทำให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเติม CMC มากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ขนมปังมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ความชื้นใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ทำให้เนื้อสัมผัสของขนมปังนุ่มขึ้น มีลักษณะ

ปรากฏและสีดีขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมปังแซนด์วิชโอคาราที่เติม CMC 2 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงกว่าตัวอย่างอื่นโดยเฉพาะด้านความชอบโดยรวม มีคะแนนความชอบ 7.65 อยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก ดังนั้นจึงเลือกขนมปังสูตรที่ใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลี 20 เปอร์เซ็นต์ และเติมสารช่วยยัดเกาะ CMC 2 เปอร์เซ็นต์ ไปปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการโดยการใช้น้ำมันถั่วเหลืองทดแทนเนยขาวในหัวข้อต่อไป

ตารางที่ 11 คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังสูตรที่ใช้โอคาราทดแทน 20 เปอร์เซ็นต์ และเติม CMC ที่ระดับต่างๆ

CMC (%)	สี ^{ns}	กลิ่นรส ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	7.17	6.92	6.54 ^a	6.35 ^a	6.65 ^a
1.5	7.15	7.35	6.81 ^a	6.69 ^{ab}	6.85 ^{ab}
2	7.54	7.35	7.50 ^b	7.65 ^c	7.65 ^c
2.5	7.15	7.19	7.00 ^{ab}	7.12 ^{bc}	7.23 ^{bc}

abc: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns: ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

3.3 ผลการศึกษาปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังแซนด์วิชโอคารา

น้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณภาพถูกนำมาใช้แทนเนยขาวในสูตรการผลิตขนมปังแซนด์วิชโอคารา โดยในการทดลองไม่ใช้เนยขาว แต่ทดลองเติมน้ำมันถั่วเหลือง 4 ระดับคือ 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง [17] เมื่อนำขนมปังแซนด์วิชโอคาราทั้ง 4 สูตรมาทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านกลิ่นรส รสชาติความชอบโดยรวมทั้ง 4 ตัวอย่างไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12) แต่คะแนนในด้านเนื้อสัมผัสของขนมปังแซนด์วิชโอคาราที่เติมน้ำมันถั่วเหลือง 4 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ประกอบกับคะแนนในทุกด้านที่ทำการทดสอบอยู่

ในช่วงขอบปานกลางถึงขอบมาก สรุปว่าพิจารณาเลือกสูตรที่มีการเติมน้ำมันถั่วเหลือง 4 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไป

ตารางที่ 12 คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ใช้โอคาราทดแทน 20 เปอร์เซ็นต์ เติมน้ำ CMC 2 เปอร์เซ็นต์ไม่ใช้เนยขาวและเติมน้ำมันถั่วเหลืองที่ระดับต่างๆ

น้ำมัน (%)	สี	กลิ่นรส ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม ^{ns}
2	7.60 ^{b6}	6.84	6.96	6.88 ^a	6.88
3	7.16 ^{ab}	6.84	6.92	6.80 ^a	7.24
4	7.12 ^{ab}	7.24	7.52	7.52 ^b	7.32
5	6.80 ^a	6.84	7.36	7.20 ^{ab}	7.12

abc: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns: ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

3.4 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขนมปังแซนด์วิชโอคารา

ขนมปังแซนด์วิชโอคาราที่เตรียมจากการใช้โอคาราสด 20 เปอร์เซ็นต์ทดแทนแป้งสาลี เติมน้ำ CMC 2 เปอร์เซ็นต์ ไม่ใช้เนยขาวและเติมน้ำมันถั่วเหลือง 4 เปอร์เซ็นต์ ถูกนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับขนมปังสูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลี 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้คุณค่าทางโภชนาการของขนมปังเพิ่มขึ้นหลายด้าน อาทิเช่น ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 8.67 เปอร์เซ็นต์ เป็น 14.23 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มจาก 0 เปอร์เซ็นต์ ไปเป็น 4.84 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคลเซียมสัมพันธ์กับปริมาณแร่ธาตุ วิตามิน เพิ่มขึ้นจาก 1.51 เปอร์เซ็นต์ ไปเป็น 3.02 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณไขมันลดลงจาก 8.80 เปอร์เซ็นต์ ไปเป็น 6.21 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากโอคารามีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งสาลี กล่าวคือโอคาราประกอบด้วยโปรตีน 26 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยอาหาร 53 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแห้ง และประกอบด้วยวิตามินแร่ธาตุหลายชนิด [1], [3] ในขณะที่แป้งสาลี

มีองค์ประกอบหลักคือแป้ง และประกอบด้วยโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ [8] รวมทั้งการลดปริมาณเนยขาวที่ใช้ ทำให้ขนมปังแซนด์วิชโอคารามีปริมาณไขมันลดลง

3.5 ผลการศึกษาอายุการเก็บของขนมปังแซนด์วิชโอคารา

ผลการประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาขนมปังแซนด์วิชโอคาราที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน พบการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดในปริมาณที่ต่ำกว่า 10^3 CFU/g และพบการเจริญของยีสต์และราต่ำกว่า 10^2 CFU/g ในระหว่างการเก็บรักษา 7 วัน นอกจากนี้ไม่พบการเจริญของราที่ผิวของขนมปังเมื่อมองด้วยตาเปล่า แสดงว่าขนมปังแซนด์วิชโอคาราที่เติมแคลเซียมโปรปิโอเนตในปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 [13] สามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 7 วัน ขนมปังแซนด์วิชที่ทำจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ที่วางขายในท้องตลาดส่วนใหญ่ระบุอายุการเก็บรักษาอยู่ที่ 7 วัน

4. สรุป

ผลการศึกษาการใช้สารช่วยยืดเกาะ 3 ชนิด พบว่าการเติมน้ำ CMC ทำให้ปริมาตรจำเพาะและความชื้นของขนมปังแซนด์วิชโอคารามีค่าใกล้เคียงกับขนมปังสูตรควบคุม และเมื่อใช้ CMC 2 เปอร์เซ็นต์ทำให้ขนมปังแซนด์วิชที่เตรียมจากการใช้โอคารา 20 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนการยอมรับสูงสุด

ผลการศึกษาการใช้น้ำมันถั่วเหลืองแทนเนยขาว พบว่าการเติมน้ำมันถั่วเหลือง 4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำแป้งสาลี ผู้ทดสอบให้การยอมรับ ผลการศึกษาก่อนการประกอบทางเคมี พบว่าขนมปังแซนด์วิชโอคาราให้คุณค่าทางโภชนาการ โดยมีปริมาณโปรตีน เส้นใยอาหาร และแคลเซียมสูงกว่าขนมปังสูตรควบคุม ผลการศึกษาก่อนการเก็บรักษาของขนมปังแซนด์วิชโอคารา พบว่าการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วันอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด



เอกสารอ้างอิง

- [1] ยุพร พืชมกมฺุร, “การใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลือง,” *วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง*, ปีที่ 15, ฉบับที่ 2, หน้า 34-41, 2550.
- [2] J. A. Zee, A. Boudreau, M. Bourgeois, and R. Breton, “Chemical composition and nutritional quality of faba bean (*Vicia – faba L. Minor*) based tofu,” *J. Food Sci.*, vol. 53, pp. 1772-1774, 1998.
- [3] D.K. O’ Toole, “Characteristics and use of okara, the soybean residue from soymilk production,” A Review, *J. Agric. Food Chem.*, vol. 47, pp. 363-371, 1999.
- [4] ยุพร พืชมกมฺุร, “การผลิตขนมทองม้วนจากกากถั่วเหลืองที่ได้จากการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง,” ใน *การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 7 เทคโนโลยีอาหารก้าวไกล นำไทยสู่ครัวโลก ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทคบางนา*. กรุงเทพฯ. 2548.
- [5] ยุพร พืชมกมฺุร และกานดา แซ่จิ้ว, “การใช้ประโยชน์จากโอคาราเพื่อทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้เนย,” *วารสารพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*, ปีที่ 13, ฉบับที่ 3, หน้า 30-36, 2549.
- [6] พรวิณัส ปันหย้า, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวเจ้าหอมมะลิ,” วิทยานิพนธ์ วิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544.
- [7] L. Cato, J.J. Gan, L.G.B. Rafael, and D.M. Small, “Gluten free breads using rice flour and hydrocolloid gums,” *Food Australia*, vol. 56, pp. 75-78, 2004.
- [8] จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, *เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2541.
- [9] V.T. Van, A.M. Janssen, A.H. Bloksma, and P. Walstra, “Strain hardening of dough as a requirement for gas retention,” *J. Texture Studies*, vol. 23, pp. 439-460, 1992.
- [10] J. Rouille, V.G. Della, J. Lefebvre, E. Sliwinski, and V.T. Van, “Shear and extensional properties of bread dough effected by their minor components,” *J. Cereal Sci.*, vol. 42, pp. 45-57, 2005.
- [11] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, *มาตรฐานผลิตภัณฑ์แป้งสาลีชนิดทำขนมปัง*, เอกสาร มอก. ที่ 374-2524, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2524.
- [12] AOAC, Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. 2000.
- [13] เทวี โพธิ์ผล, *การใช้วัตถุเจือปนในอาหาร*, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี, 2536.
- [14] ปริศนา สุวรรณภรณ์, เนื้อทอง วานานัฐ, ธงชัย สุวรรณลิขันธ์, วาณี ชนเห็นชอบ และวราภามหากาญจนกุล. “การพัฒนาคุณภาพและการเก็บรักษาขนมปังแป้งข้าว,” รายงานการวิจัยชุดโครงการวิจัยการใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2544.
- [15] M.E. Barcenar and C.M. Rosell, “Effect of HPMC addition on the microstructure quality and aging of wheat bread,” *Food hydrocolloids*, vol. 19, pp. 1037-1043, 2005.
- [16] ศิวพร ศิวเวช, *วัตถุเจือปนในผลิตภัณฑ์อาหาร*, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2535.
- [17] ยุพร พืชมกมฺุร, “การใช้ประโยชน์ของกากถั่วเหลืองที่ได้จากการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองในการผลิตขนมปังแซนด์วิช,” รายงานวิจัยงบประมาณ 2550, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 2551.