

บทความวิจัย (Research Article)**การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศส้มในขนมปัง**พนารัตน์ สังข์อินทร์¹ และ กิ่งกาญจน์ ป้องทอง^{2*}**Substitution of wheat flour with orange sweet potato flour in bread**Panarat Sungin¹, and Kingkan Pongtong^{2*}¹ Program Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of Sisaket Rajabhat University
Sisaket, 33000² Department of Agro-industry, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, 34000

* Corresponding author: kingkan.p@ubu.ac.th

Naresuan Phayao J. 2022;15(3): 96-110.*Received: 6 October 2021; Revised: 15 May 2022; Accepted: 27 December 2022***บทคัดย่อ**

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศส้มต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปัง เติร์ยมขนมปังโดยใช้แป้งมันเทศส้มทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้งและแป้งสาลีล้วน (สูตรควบคุม) ผลการวิจัยพบว่าขนมปังที่มีการทดแทนด้วยแป้งมันเทศส้มมากขึ้นทำให้ปริมาตร, ปริมาตรจำเพาะและความยืดหยุ่นของขนมปังลดลง แต่ความหนาแน่นและความแน่นเนื้อของขนมปังเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภค พบว่าขนมปังที่ทำจากแป้งมันเทศส้มทดแทนร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.02 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง องค์ประกอบทางเคมีใน 100 กรัมของขนมปังมันเทศส้มที่ระดับการทดแทนร้อยละ 10 มีความชื้น 30.31 ไขมัน 13.39 โปรตีน 7.00 เถ้า 0.99 เส้นใยหยาบ 0.55 กรัม และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 47.76 จากข้อมูลดังกล่าวเป็นการแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำแป้งมันเทศส้มมาใช้ทดแทนแป้งสาลีเพื่อเพิ่มคุณค่าด้านการเสริมใยอาหารในขนมปัง

คำสำคัญ: แป้งมันเทศส้ม, การทดแทน, ขนมปัง¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ 33000² สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34000

Abstract

The substitution of wheat flour with orange sweet potato flour (OSPF) on physicochemical properties and sensory evaluation of bread. The bread made from 10, 20, 30 and 40% OSPF as wheat flour substitution and 100% wheat flour (control) were produced. The results found that the increasing of OSPF in the wheat flour substituted bread, the volume, specific volume and springiness (%) of bread were significantly decreased ($p \leq 0.05$), but the density and firmness (N) of bread was significantly increased ($p \leq 0.05$). The results of sensory evaluation showed that bread made from 10% of OSPF presented the highest score of overall acceptance of 7.02. The chemical characteristics of the bread 10% of OSPF was compositions: 30.31 g moisture, 13.39 g fat, 7.00 g protein, 0.99 g ash, 0.55 g crude fiber and 47.76 g carbohydrate. Available data provided in this study showed the possibility of OSPF utilization as wheat flour substitution for increasing dietary fiber in bread.

Keywords: Orange sweet potato flour, Substitution, Bread

คำนำ

มันเทศ (Sweet potato) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Ipomoea batatas* L. เป็นพืชหัวใต้ดินที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมีการเพาะปลูกมากในหลายทวีป เช่น แอฟริกา อเมริกาใต้ และเอเชีย ซึ่งพันธุ์มันเทศที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ เช่น พันธุ์เนื้อสีขาว (white sweet potato) เนื้อสีเหลือง (yellow sweet potato) เนื้อสีส้ม (orange potato) และเนื้อสีม่วง (purple sweet potato) มันเทศเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญรวมทั้งยังมีวิตามิน เกลือแร่ โยอาหาร และสารพฤกษเคมีที่สามารถออกฤทธิ์ได้ทางชีวภาพหลากหลายชนิด เช่นสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) สารฟลาโวนอยด์ (flavonoid compounds) สารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) สารแคโรทีนอยด์ (carotenoids) และพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) ที่มีฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือดและป้องกันโรคอ้วน ด้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ด้านการอักเสบ ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย [1-3] โดยกลุ่มและปริมาณของสารเหล่านี้ที่พบจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์และสีของเนื้อมันเทศ มันเทศสีเหลืองหรือส้มจะมีการดฟีนอลิก (เช่น hydroxycinnamic acids) และมีเบต้า-แคโรทีนสูง จึงลดอัตราการการกลายพันธุ์ของเซลล์และทำลายเซลล์มะเร็ง

นอกจากนี้ยังบำรุงสายตาอีกด้วย มันเทศสีส้มมีรสชาติหวานน้อยแต่มีความเหนียวนุ่ม อร่อย ปัจจุบันถูกนำมาประกอบอาหารหลายอย่างเนื่องจากมีประโยชน์ทางโภชนาการทางอาหารสูง [4] มีการนำมันเทศมาใช้ประโยชน์จากอย่างกว้างขวางด้านบริโภคแต่ที่เป็นที่นิยมได้แก่ มันเทศแผ่นทอด แป้งมันเทศ สตาร์ทชจากมันเทศและการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ เช่น ขนมไทยและผลิตภัณฑ์ขนมอบ เป็นต้น แต่การนำแป้งชนิดอื่นมาใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มีค่อนข้างจำกัด มีการรายงานจากนักวิจัยในการนำแป้งมันเทศมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่หลายชนิด ได้แก่ โดนัท หมั่นโถว เค้ก ลูกก๊วย บราวนี่ ไดฟูกุ วาฟเฟิล และขนมปัง เป็นต้น [5-13] มีนักวิจัยได้ศึกษาการทำหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง ผลการศึกษาพบว่าแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 และ 30 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.30 และ 7.33 คะแนน ตามลำดับอยู่ในเกณฑ์ความชอบปานกลาง [7] จากการรายงานการนำแป้งมันเทศทดแทนในแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ลูกก๊วยพบว่าสามารถทดแทนแป้งมันเทศในผลิตภัณฑ์ลูกก๊วยได้ถึงร้อยละ 30 โดยมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม [8]

ขนมปังเป็นอาหารอีกประเภทหนึ่งที่นิยมรับประทานกันแพร่หลายของชาวฝรั่งเศสและได้เข้ามาในประเทศไทยเนื่องจากเป็นอาหารที่รับประทานง่ายสามารถรับประทานได้แทนข้าวและนำไปปรุงแต่งหรือเสริมคุณค่าทางอาหารได้อย่างหลากหลาย ขนมปังมีหลากหลายชนิด เช่น ขนมปังผิวแข็ง ขนมปังจิต ขนมปังชอฟต์โรล ขนมปังหวาน โดยวัตถุดิบหลักที่นำมาผลิตขนมปัง คือ แป้งสาลี น้ำตาล ยีสต์ เนยสด ผงฟู โดยพบว่าการใช้อัตราส่วนของแป้งสาลีและมันเทศที่หลากหลายที่เกิดจากการทดลองทำให้ทราบถึงปริมาณที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาขนมปังให้มีกลิ่นและรสชาติรวมไปถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้น ในผลิตภัณฑ์ขนมปังส่วนใหญ่จะทำจากแป้งสาลีเนื่องจากมีปริมาณกลูเตนสูงและอาจมีการนำแป้งชนิดอื่นๆ มาใช้ทดแทนแป้งสาลีบางส่วน จากการรายงานของนักวิจัยส่วนใหญ่เมื่อนำมันเทศมาทดแทนในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ที่ระดับร้อยละ 10-30 ของน้ำหนักแป้งเป็นระดับที่ยอมรับได้ [12, 13] ซึ่งจากการศึกษาการใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง โดยขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 และน้ำร้อยละ 80 ของน้ำหนักแป้ง ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด [13]

พื้นที่ อำเภอบางบาลและ อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ มีการเพาะปลูกมันเทศเนื้อสีม่วงมันเทศเนื้อสีส้ม อยู่เป็นจำนวนมาก โดยเกษตรกรส่วนใหญ่จะเป็นการจำหน่ายในรูปของผลสด การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้แป้งมันเทศจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และยิ่งจะช่วยให้มีการนำมันเทศมาใช้ประโยชน์และช่วยเพิ่มคุณประโยชน์ให้กับผลิตภัณฑ์อาหารนั้น อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่นำแป้งที่เตรียมจากมันเทศเนื้อสีส้มไปใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังยังมีไม่มาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้แป้งมันเทศสีม่วงมาทดแทนแป้งสาลีต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนแป้งมันเทศในแป้งสาลีด้วยอัตราส่วนต่างๆ เพื่อเพิ่มคุณประโยชน์และ

สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับมันเทศส้ม เป็นการส่งเสริมกลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้มีทางเลือกในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ และสร้างรายได้ให้กับชุมชนอย่างยั่งยืน

วัสดุและวิธีการ

1. การเตรียมแป้งมันเทศส้ม

การเตรียมแป้งมันเทศส้ม โดยนำมันเทศส้มจากตลาดสด ในจังหวัดศรีสะเกษมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก สไลด์เป็นแผ่นบางที่มีความหนาประมาณ 4.5 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องสไลด์ นำชิ้นมันที่ได้มาให้ความร้อนด้วยวิธีการลวกด้วยน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที หลังจากผ่านการให้ความร้อนตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำมันเทศที่ได้มาทำให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หรือจนมีปริมาณความชื้นสุดท้ายเท่ากับร้อยละ 10 หลังจากนั้นนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 140 เมช จะได้แป้งมันเทศส้ม (orange sweet potato flour, OSPF) จากนั้นเก็บในถุงพอลิเอทิลีนหุ้มด้วยถุงอลูมิเนียมฟลอยด์ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์และใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อใช้ตลอดการวิจัย [14]

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของแป้งมันเทศส้ม

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศส้ม ซึ่งทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหาร (Proximate analysis) ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใยหยาบและใช้วิธีการคำนวณหาค่าคาร์โบไฮเดรตตามมาตรฐาน [15] วัดค่าสีของแป้งด้วยเครื่องวัดสี Mini Scan EZ 4500L Spectrophotometer (Hunter Lab, USA) และรายงานผลในระบบ CIE Lab โดยมีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) แล้วนำมาคำนวณ ค่า Chroma (C^*) และ ค่า Hue angle (H°) โดยทำการวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำจะทำการวัดทั้งหมด 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

3. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังจากแป้งมันเทศส้ม

นำแป้งมันเทศส้มมาใช้ในการศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลี โดยเลือกระดับการทดแทน 4 ระดับ คือร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนัก

แป้ง เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (แป้งสาลีล้วน) ได้สูตรการทดลองทั้งหมด 5 สูตร และส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ ยีสต์ น้ำตาลทรายขาว น้ำมันรำข้าว เกลือป่น นมผง ไข่ไก่ และ น้ำ ดังแสดงในตาราง 1 โดยวิธีการผลิตขนมปังมีขั้นตอน ดังนี้

- 1) ร่อนแป้งสาลี แป้งมันเทศสั้ม และเตรียมนส่วนผสม ซึ่งตามอัตราส่วน
- 2) ผสมแป้งสาลี แป้งมันเทศสั้ม ลงในเครื่องผสม (kitchen aid) โดยใช้หัวตีแบบตะขอเติมส่วนผสมอื่นๆ นวดให้เข้ากันดี หลังจากนั้นให้เติมน้ำมันรำข้าวลงไป นวดต่อเป็นเวลา 20 นาที สังเกตให้เกิดฟิล์ม (สามารถแผ่ขยายตัวเป็นแผ่นบางได้โดยไม่ขาดออกจากกัน)
- 3) นำออกมาขนาด ให้ได้ก้อนโดที่เรียบเนียน ยืดหยุ่น ไม่เหนียวติดมือและ แบ่งก้อนโดเป็นก้อน น้ำหนักก้อนละ 100 กรัม คลึงเป็นก้อนกลม พักไว้ประมาณ 10 นาที

- 4) คลึงโดด้วยไม้คลึงแป้งให้เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า แล้วม้วนเป็นท่อนกลม ความยาวเท่าขนาดของพิมพ์ (พิมพ์ขนมปังขนาด 6 นิ้ว (5.3x16.5x8.2 cm)) กดจับจีบด้านริม ก้อนโดให้ตะเข็บปิดสนิท ใส่ลงในพิมพ์ขนมปังโดยให้ตะเข็บอยู่ด้านล่าง คลุมด้วยผ้าขาวบาง พักไว้เป็นเวลา 1-1.5 ชม. สังเกตว่าโดขึ้นมาเป็น 2 เท่า
- 5) เมื่อครบเวลา ทาหน้าด้วยนมข้นจืดผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 จากนั้นนำไปเข้าอบที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที
- 6) เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำขนมปังออกมาพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง บรรจุในถุงพลาสติก ปิดสนิท
- 7) นำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ การทดสอบความชอบของผู้บริโภคและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ต่อไป

ตาราง 1 ส่วนผสมของขนมปัง

ส่วนผสม	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)				
	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
แป้งขนมปัง	1000	900	800	700	600
แป้งมันเทศสั้ม	0	100	200	300	400
ยีสต์แห้ง	20	20	20	20	20
น้ำตาลทรายขาว	150	150	150	150	150
น้ำมันรำข้าว	100	100	100	100	100
เกลือป่น	10	10	10	10	10
นมผง	50	50	50	50	50
ไข่ไก่	50	50	50	50	50
น้ำ	650	650	650	670	680

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของขนมปัง

1) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยเครื่องวัดความชื้นอินฟาเรด (Sartorius รุ่น MA37-1) และหา

ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (aw) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Aqua Lab, USA)

2) ชั่งน้ำหนัก (weight) และหาปริมาตร (volume) ของขนมปัง การหาปริมาตรทำได้โดยวิธีการแทนที่ก้อนขนมปังด้วยน้ำ โดยการชั่งน้ำหนักของขนม

บั้งที่เย็นแล้วจัดบันทึก วัดปริมาตรเริ่มต้นของงาขาว โดยการนำงาขาวใส่ลงไปในถ้วยกับภาชนะที่มีความสูงและความกว้างมากกว่าขนาดของขนมบั้งที่ตรวจสอบ แล้ววัดปริมาตรของงาขาวด้วยกระบอกตวง จัดบันทึกค่า จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาตร ปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของขนมบั้ง ดังสมการที่ (1), (2) และ (3) ตามลำดับ จัดแปลงจาก [16]

ปริมาตรของขนมบั้ง (cm^3) = ปริมาตรภาชนะ - ปริมาตรเมล็ดงาที่เติมในภาชนะ (1)

ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g) = ปริมาตรของขนมบั้ง / น้ำหนักของขนมบั้ง (2)

ความหนาแน่นโดยรวม (g/cm^3) = น้ำหนักของขนมบั้ง / ปริมาตรของขนมบั้ง (3)

3) วัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ของขนมบั้งด้านความแน่นเนื้อของขนมบั้ง (Firmness) และความยืดหยุ่นของขนมบั้ง (Springiness) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น Model CT3 ใช้หัววัดชนิด Cylinder/ROD Probes TA4/1000 ทำการทดลองอย่างละ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำจะทำการวัดทั้งหมด 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของขนมบั้ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) นำผลการทดลองไปวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS for Window

5. การทดสอบความชอบของผู้บริโภค

นำขนมบั้งที่ผลิตได้ไม่เกิน 2 ชั่วโมง หั่นเป็นแผ่นขนาด $5 \times 8 \times 1.5$ เซนติเมตร (ตัดขอบสีน้ำตาลออก) ไปทดสอบความชอบของผู้บริโภคจำนวน 30 คน ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน อายุระหว่าง 18-45 ปี เพื่อประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความนุ่ม และการความชอบรวม โดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ให้คะแนนในช่วง 1-9 โดยคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ($n=30$) นำผลการทดลองไป

วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS โดยงานวิจัยนี้ได้รับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เลขที่คำขอ AF02-09 เลขที่โครงการวิจัย COE No.010/2562 มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

6. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีขนมบั้งมันเทศส้ม

นำขนมบั้งมันเทศส้มที่ได้รับความชอบสูงสุดจากข้อ 5 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามวิธี [15]

7. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมบั้งมันเทศส้มระหว่างการเก็บรักษา

นำขนมบั้งมันเทศส้มที่ได้รับความชอบสูงสุดจากข้อ 5 มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมบั้งระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยนำขนมบั้งมาใส่ถุงโพลีโพรพิลีน ซีลปิดปากถุงให้สนิท แล้วใส่ในถุงแบบซิปล็อคอีกชั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 1 องศาเซลเซียส) นำมาตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ทุกๆ 2 วัน และจะยุติการทดลองเมื่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เกินมาตรฐานที่กำหนด [17]

ผลการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพของแป้งมันเทศส้ม

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศส้มใน 100 กรัม พบว่ามีความชื้น 8.73 โปรตีน 2.23 ไขมัน 0.68 เยื่อใยหยาบ 7.76 และ คาร์โบไฮเดรต 77.73 ค่าสีของแป้งมันเทศส้ม พบว่ามี ค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 90.41, 12.63 และ 26.78 ตามลำดับ ค่า Chroma 29.56 และ ค่า Hue angle 65.91 แสดงดังตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาค่า Chroma และ ค่า b^* ร่วมกับค่า H^0 ของแป้งมันเทศส้ม พบว่า มีค่า H^0 เข้าใกล้ 90 องศา อยู่ในระดับเฉดสีเหลืองอมส้ม โดยจัดอยู่ในกลุ่มของรงควัตถุที่เป็นสีเหลืองคือกลุ่มแคโรทีนอยด์ แสดงดังรูป 1



รูป 1 แป้งมันเทศส้ม

ตาราง 2 คุณภาพทางเคมีกายภาพของแป้งมันเทศส้ม

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	ค่า	ค่าสี	ค่า
ความชื้น	8.73 ± 0.12	L*	90.41 ± 0.15
เถ้า	2.12 ± 0.20	a*	12.63 ± 0.05
โปรตีน	2.23 ± 0.08	b*	26.78 ± 0.09
ไขมัน	0.68 ± 0.52	Chroma	29.56 ± 0.01
เยื่อใยหยาบ	7.76 ± 0.52	Hue angle (°)	65.91 ± 0.78
คาร์โบไฮเดรต	77.73 ± 0.08		

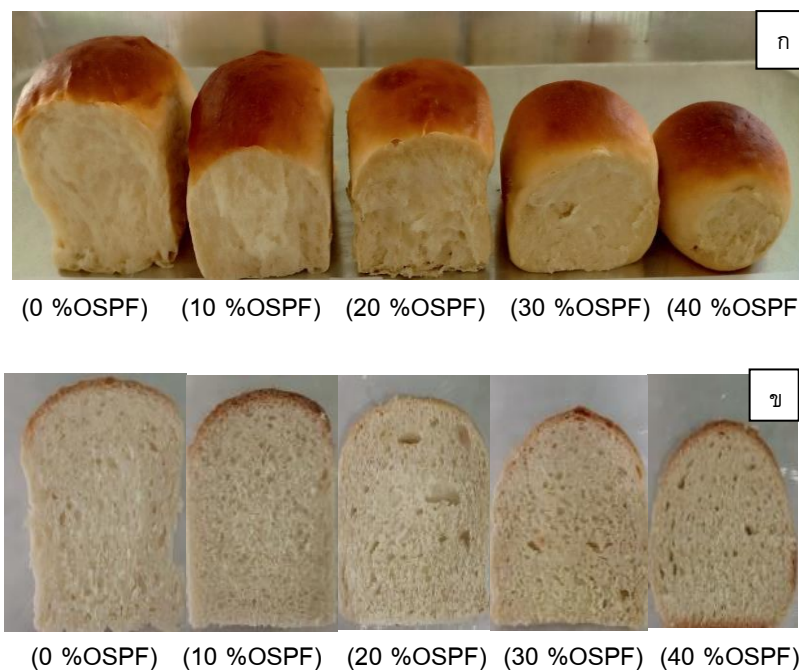
หมายเหตุ: ตัวเลขที่แสดงได้จกค่าเฉลี่ย±SD (n=15)

2. ผลการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังจากแป้งมันเทศส้ม

การศึกษสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังโดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งมันเทศส้มโดยใช้การทดแทนแป้งสาลีจำนวน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (แป้งสาลีล้วน) พบว่า ขนมปังทั้ง 5 สูตร มีลักษณะปรากฏที่ดีคือขนมปังมีผิวด้านนอกไม่ไหม้เกรียม เมื่อนำไปตัดเป็นแผ่นแล้วมีความหนาใกล้เคียงกัน ขอบเรียบ ไม่เป็นขุย ลักษณะเนื้อสัมผัสมี

เนื้อภายในเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่น มีรูพรุนเล็กน้อย มีความหอมของกลิ่นมันเทศส้มและไม่แห้งหรือแข็งกระด้าง และเจดสีของขนมปังจะมีสีเหลืองเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนด้วยแป้งมันเทศส้ม

ขนมปังที่มีระดับการทดแทนร้อยละ 10 และ 20 ของน้ำหนักแป้ง จะมีโพรงอากาศที่สม่ำเสมอ และเมื่อทดแทนในระดับที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง พบว่าขนมปังจะมีขนาดเล็กลงตามระดับการทดแทนด้วยแป้งมันเทศส้ม (OSPF) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับขนมปังในสูตรควบคุม แสดงดังรูป 2



รูป 2 ลักษณะปรากฏของขนมปังที่ทดแทนด้วยน้ำมันเทศระดับต่าง ๆ ก. แบบก้อน ข. แบบแผ่น

นำขนมปังที่ทดแทนด้วยน้ำมันเทศร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง มาหาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพได้แก่ ค่าความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหาร ปริมาตรของขนมปัง และคำนวณหาปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของขนมปังเปรียบเทียบกับขนมปังสูตรควบคุม หลังจากนั้นนำมาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังด้านความแน่นเนื้อของขนมปังและความยืดหยุ่นของขนมปัง พบว่า ปริมาณความชื้นของขนมปังในทุกสูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าขนมปังในสูตรควบคุมมีค่าความชื้นต่ำที่สุดเท่ากับ 32.23 และมีความชื้นใกล้เคียงกับขนมปังในสูตรที่ 1 เท่ากับ 32.40 และความชื้นจะเพิ่มขึ้นในขนมปังสูตรที่ 2 เท่ากับ 34.43 ในขนมปังสูตรที่ 3 เท่ากับ 36.46 และขนมปังสูตรที่ 4 เท่ากับ 36.50 ส่วนค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารของขนมปังในทุกสูตรแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมปังสูตรที่ 4 จะมีค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารสูงที่สุดคือ 0.92 ในสูตรควบคุม และ สูตรที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.91 และค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารจะน้อยลงตามปริมาณการทดแทนน้ำมันเทศที่ลดลงในสูตรที่ 2 ในสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.90 อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของขนมปังด้านปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของ

ผลิตภัณฑ์ขนมปังจากน้ำมันเทศสัมทั้ง 4 สูตรกับขนมปังสูตรควบคุมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ทดแทนด้วยน้ำมันเทศทั้ง 4 สูตรมีปริมาตรลดลงและความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น โดยขนมปังในสูตรที่ 1 มีค่าปริมาตรจำเพาะสูงที่สุดเท่ากับ $8.83 \text{ cm}^3/\text{g}$ และมีค่าสูงกว่าขนมปังสูตรควบคุม ($8.36 \text{ cm}^3/\text{g}$) ปริมาตรจำเพาะของขนมปังจะลดลงในระดับการทดแทนน้ำมันเทศที่เพิ่มมากขึ้น ในขนมปังสูตรที่ 2 มีปริมาตรจำเพาะเท่ากับ $7.16 \text{ cm}^3/\text{g}$ ขนมปังสูตรที่ 3 เท่ากับ $6.37 \text{ cm}^3/\text{g}$ และขนมปังสูตรที่ 4 เท่ากับ $6.13 \text{ cm}^3/\text{g}$ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาระดับการทดแทนปริมาณน้ำมันเทศสัมทั้ง 4 สูตรจะส่งผลต่อปริมาตรจำเพาะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังสูตรควบคุมยกเว้นในขนมปังสูตรที่ 1 และค่าความหนาแน่นของขนมปังทุกสูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกการทดลอง โดยขนมปังสูตรที่ 4 มีค่าความหนาแน่นสูงสุดคือ 0.52 g/cm^3 ในขนมปังสูตรที่ 3 เท่ากับ 0.48 g/cm^3 ในขนมปังสูตรที่ 2 เท่ากับ 0.45 g/cm^3 และขนมปังสูตรที่ 1 เท่ากับ 0.42 g/cm^3 และในขนมปังสูตรควบคุมมีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุด คือ 0.35 g/cm^3 แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปัง

สูตรการ ทดลอง	ระดับการ ทดแทน (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้น* (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำ อิสระในอาหาร (a _w)	ปริมาตร จำเพาะ* (cm ³ /g)	ความ หนาแน่น* (g/cm ³)
ควบคุม	0	32.23 ± 0.76 ^c	0.91 ± 0.05 ^{ab}	8.36 ± 0.36 ^b	0.35± 0.02 ^c
1	10	32.40 ± 0.54 ^c	0.91 ± 0.02 ^{ab}	8.83 ± 0.11 ^a	0.42± 0.08 ^{bc}
2	20	34.43 ± 0.76 ^b	0.90 ± 0.04 ^b	7.16 ± 0.76 ^c	0.45± 0.23 ^b
3	30	36.46 ± 0.32 ^a	0.90 ± 0.04 ^b	6.37 ± 0.43 ^d	0.48± 0.16 ^{ab}
4	40	36.50 ± 0.36 ^a	0.92 ± 0.02 ^a	6.13 ± 0.76 ^d	0.52± 0.21 ^a

* หมายถึง: ตัวเลขที่แสดงได้จากค่าเฉลี่ย±SD (n=15),

^{a-d} อักษรในแนวดิ่งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตาราง 4 ค่าความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่นของขนมปัง

สูตรการทดลอง	ระดับการทดแทน (ร้อยละ)	ความแน่นเนื้อ* (นิวตัน)	ความยืดหยุ่น* (ร้อยละ)
ควบคุม	0	3.62 ± 0.45 ^e	54.32 ± 0.45 ^b
1	10	10.17 ± 0.08 ^d	61.49 ± 0.72 ^a
2	20	29.73 ± 0.05 ^c	50.02 ± 0.15 ^c
3	30	43.62 ± 0.87 ^b	44.68 ± 0.05 ^d
4	40	67.43 ± 0.75 ^a	31.12 ± 0.23 ^e

* หมายถึง: ตัวเลขที่แสดงได้จากค่าเฉลี่ย±SD (n=15),

^{a-e} อักษรในแนวดิ่งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตาราง 4 แสดงถึงผลค่าความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่นของขนมปัง พบว่าความแน่นเนื้อและค่าความยืดหยุ่นของขนมปังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในขนมปังสูตรควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุดเท่ากับ 3.62±0.45 นิวตัน และค่าความแน่นเนื้อจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นในขนมปังสูตรที่ 1 เท่ากับ 10.17±0.08 นิวตัน ขนมปังสูตรที่ 2 เท่ากับ 29.73±0.05 นิวตัน และค่าความแน่นเนื้อจะเพิ่มมากขึ้นในขนมปังสูตรที่ 3 และขนมปังสูตรที่ 4 เท่ากับ 43.62±0.87 นิวตัน และ 67.43±0.75 นิวตัน ตามลำดับ ค่าความยืดหยุ่นของขนมปังในสูตรที่ 1 มีค่าความยืดหยุ่นสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 61.49±0.72

ส่วนขนมปังสูตรควบคุมมีค่าเท่ากับร้อยละ 54.32±0.45 และค่าความยืดหยุ่นของขนมปังจะเริ่มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศมากขึ้น ในขนมปังสูตรที่ 2 มีค่าความยืดหยุ่นเท่ากับร้อยละ 50.02±0.15 ขนมปังสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับร้อยละ 44.68±0.05 และในขนมปังสูตรที่ 4 มีความยืดหยุ่นต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 31.12±0.23 ซึ่งการทดแทนปริมาณแป้งมันเทศมากขึ้นจะส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อและค่าความยืดหยุ่นของขนมปัง

3. ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภค

นำผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งมันเทศส้มทั้ง 4 สูตรไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด โดยทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน เพื่อประเมินคุณลักษณะของขนมปังด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale มีเกณฑ์การให้คะแนนคือ 9 = ชอบมากที่สุด และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ผลการทดสอบจากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ให้คะแนนความชอบของขนมปังทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความนุ่ม และความชอบรวมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่คะแนนความชอบทางด้านสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงดังตาราง 5

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (โพรงอากาศ) ขนมปังสูตรที่ 1 สูงที่สุด (7.68 ± 1.83) โดยมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (7.32 ± 0.83) และความชอบลำดับถัดมาสูตรที่ 2 (7.26 ± 1.50) ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 3 (7.12 ± 0.67) และสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 4 (6.73 ± 1.50) ตามลำดับ คะแนนความชอบด้านกลิ่นผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นในขนมปังสูตรที่ 1 สูงที่สุด (7.18 ± 0.87) โดยมีความชอบสูงกว่าสูตรควบคุม (6.78 ± 1.10) และความชอบลำดับถัดมาคือในสูตรที่ 2 (6.56 ± 0.88) ไม่แตกต่างกับความชอบในสูตรที่ 3 (6.24 ± 1.04) และสูตรที่ 4 (6.24 ± 1.04) ตามลำดับ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสในขนมปังสูตรที่ 1 สูง

ที่สุด (7.00 ± 1.50) โดยมีคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรควบคุม (6.36 ± 1.86) และความชอบลำดับถัดมาคือในสูตรที่ 2 (6.45 ± 1.72) ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 3 (6.32 ± 0.50) และสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือสูตรที่ 4 (6.00 ± 1.30) ตามลำดับ คะแนนความชอบด้านรสชาติในขนมปังสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบสูงที่สุด (7.11 ± 1.60) แต่ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 2 (7.00 ± 1.00) และสูตรที่ 3 (6.78 ± 1.09) และสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือสูตรควบคุม (6.22 ± 0.83) และสูตรที่ 4 (6.17 ± 1.33) ตามลำดับ

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านความนุ่มในขนมปังสูตรที่ 1 สูงที่สุด (6.89 ± 0.63) โดยมีความชอบเท่ากับสูตรควบคุม (6.23 ± 1.06) และความชอบลำดับถัดมาคือสูตรที่ 2 (6.44 ± 0.72) สูตรที่ 3 (6.22 ± 1.44) และสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 4 (5.67 ± 1.50) ตามลำดับ และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านความชอบรวมในขนมปังสูตรที่ 1 สูงที่สุด (7.02 ± 1.06) โดยมีความชอบไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (6.65 ± 0.60) ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 2 (6.47 ± 1.53) และสูตรที่ 3 (6.32 ± 0.78) สูตรที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุดคือขนมปังสูตรที่ 4 (6.00 ± 1.50) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะของขนมปังด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความนุ่ม และความชอบรวมแล้วนั้น ขนมปังสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุดเท่ากับ 7.02 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ดังนั้นจึงนำขนมปังสูตรที่ 1 ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการผลิตต่อไป

ตาราง 5 ค่าคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศสัมผัสที่ระดับต่างๆ

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ				
	สูตรควบคุม (0)	สูตรที่ 1 (ร้อยละ 10)	สูตรที่ 2 (ร้อยละ 20)	สูตรที่ 3 (ร้อยละ 30)	สูตรที่ 4 (ร้อยละ 40)
ลักษณะปรากฏ (โพรงอากาศ)	7.32 ± 0.83 ^a	7.68 ± 1.83 ^a	7.26 ± 1.50 ^{ab}	7.12 ± 0.67 ^b	6.73 ± 1.50 ^c
สี ^{ns}	6.26 ± 1.53	6.21 ± 1.60	6.34 ± 0.83	6.12 ± 0.67	6.12 ± 0.67
กลิ่น*	6.78 ± 1.10 ^b	7.18 ± 0.87 ^a	6.56 ± 0.88 ^{bc}	6.24 ± 1.04 ^c	6.24 ± 1.04 ^c
กลิ่นรส*	6.36 ± 1.86 ^{bc}	7.00 ± 1.50 ^a	6.45 ± 1.72 ^{bc}	6.32 ± 0.50 ^{bc}	6.00 ± 1.30 ^c
รสชาติ*	6.22 ± 0.83 ^c	7.11 ± 1.60 ^a	7.00 ± 1.00 ^{ab}	6.78 ± 1.09 ^b	6.17 ± 1.33 ^c
ความนุ่ม*	6.23 ± 1.06 ^a	6.89 ± 0.63 ^a	6.44 ± 0.72 ^b	6.22 ± 1.44 ^c	5.67 ± 1.50 ^d
ความชอบรวม*	6.65 ± 0.60 ^{ab}	7.02 ± 1.06 ^a	6.47 ± 1.53 ^b	6.32 ± 0.78 ^{bc}	6.00 ± 1.50 ^c

* หมายเหตุ: ตัวเลขที่แสดงได้จากค่าเฉลี่ย±SD (n=30),

^{a-d} อักษรในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมปังมันเทศสัมผัส

นำขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศสัมผัส ร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง มาวิเคราะห์องค์ประกอบ

ทางเคมีใน 100 กรัม พบว่า มีความชื้น 30.31 ไขมัน 13.39 โปรตีน 7.00 เถ้า 0.99 เส้นใยหยาบ 0.55 และ นำมาคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 47.76 กรัม

ตาราง 6 องค์ประกอบทางเคมีของขนมปังมันเทศสัมผัสที่ระดับการทดแทนร้อยละ 10

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละของน้ำหนัก)
ความชื้น	30.31 ± 0.09
คาร์โบไฮเดรต	47.76 ± 0.45
ไขมัน	13.39 ± 0.62
โปรตีน	7.00 ± 0.04
เถ้า	0.99 ± 0.07
เส้นใยหยาบ	0.55 ± 0.11

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±SD (จำนวน 3 ซ้ำ)

5. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมปังมันเทศส้มระหว่างการเก็บรักษา

นำขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศส้มร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมปังระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โดยจะมีการตรวจเชื้อทุก 2 วัน ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศส้มร้อยละ 10 พบว่าในวันที่ 0 ไม่พบทั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา วันที่ 2 พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.22×10^2 CFU/g

และ ยีสต์และราน้อยกว่า 10 CFU/g วันที่ 4 พบว่าขนมปังมีเชื้อราเกิดขึ้น นำมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.34×10^4 CFU/g และ ยีสต์และรา 1.95×10^4 CFU/g และเก็บไว้จนถึงวันที่ 6 ขนมปังมีลักษณะมีราสีเขียวขึ้นบริเวณผิวหน้าของขนมปัง มีเมือกเกิดขึ้นที่ขนมปัง เมื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพพบว่า มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.21×10^6 CFU/g และ ยีสต์และราเท่ากับ 4.21×10^6 CFU/g ซึ่งเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [17] ที่กำหนดไว้ว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจะต้องน้อยกว่า 1×10^4 CFU/g และจำนวนยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 CFU/g แสดงดังตาราง 7

ตาราง 7 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศส้มร้อยละ 10

ช่วงเวลาการเก็บรักษา (วันที่)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ยีสต์และรา (CFU/g)
0	ND	ND
2	1.22×10^2	< 10
4	5.34×10^4	1.95×10^4
6	2.21×10^6	4.21×10^6

วิจารณ์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศส้ม พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของแป้งมันเทศ คือคาร์โบไฮเดรตคิดเป็นร้อยละ 77.73 และมีความชื้นร้อยละ 8.73 โปรตีนร้อยละ 2.23 เถ้าร้อยละ 2.12 ± 0.20 ไขมันร้อยละ 0.68 ± 0.52 และเยื่อใยร้อยละ 7.76 ± 0.52 ผลการวิเคราะห์ด้านค่าสีของแป้งมันเทศส้ม มีค่า L^* ค่า a^* และ ค่า b^* เท่ากับ 90.41 ± 0.15 , 12.63 ± 0.05 และ 26.78 ± 0.09 ตามลำดับ เมื่อพิจารณา ค่า Chroma และค่า b^* ร่วมกับค่า Hue angle เท่ากับ 65.9 ± 0.78 พบว่าเจดสีของแป้งมันเทศส้มอยู่ในเจดสีเหลือง โดยกลุ่มของรงควัตถุที่เป็นสีเหลืองคือกลุ่มแคโรทีนอยด์มีคุณสมบัติเป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำ โดยปริมาณแคโรทีนอยด์ในมันเทศ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ทั้งสายพันธุ์ พื้นที่ปลูก ฤดูกาล เป็นต้น [9] [18] จากการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังโดยศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศส้ม โดยใช้การ

ทดแทนแป้งสาลีจำนวน 4 ระดับ คือร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้งเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (แป้งสาลีล้วน) พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมปังมีลักษณะปรากฏที่ดีคือขนมปังจะไม่ไหม้เกรียม เมื่อนำไปตัดเป็นแผ่นต้องมีความหนาใกล้เคียงกัน ขอบเรียบ ไม่เป็นขุย ลักษณะเนื้อสัมผัสต้องมีเนื้อภายในเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่นและไม่แห้งหรือแข็งกระด้าง [18] ขนมปังที่ทดแทนในระดับร้อยละ 10 และ 20 มีความนุ่ม ยืดหยุ่น และขนมปังจะเริ่มมีขนาดเล็กลงตามระดับการทดแทนด้วยแป้งมันเทศส้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับขนมปังในสูตรควบคุม เมื่อนำผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ปริมาณความชื้นของขนมปังในทุกสูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าขนมปังในสูตรควบคุมมีความชื้นใกล้เคียงกับขนมปังในสูตรที่ 1 และความชื้นจะเพิ่มขึ้นในขนมปังสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และขนมปังสูตรที่ 4 เนื่องจากเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งมันเทศส้มมาก

ขึ้นและต้องใช้ปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้นในสูตรการผลิต จึงทำให้การดูดน้ำเข้าไปในองค์ประกอบของแป้งมันเทศและเกิดการสูญเสียความชื้นในระหว่างการอบ จึงส่งผลให้ปริมาณความชื้นที่พบในผลิตภัณฑ์ที่มีการทดแทนแป้งมันเทศมีความชื้นสูงกว่าในขนมปังสูตรควบคุมยกเว้นในขนมปังสูตรที่ 1 ที่มีค่าปริมาณความชื้นใกล้เคียงกันกับสูตรควบคุม ส่วนค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารของขนมปังในทุกสูตรแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมปังสูตรที่ 4 จะมีค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารสูงที่สุดและค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารจะน้อยลงตามปริมาณการทดแทนแป้งมันเทศที่ลดลงในสูตรที่ 2 ในสูตรที่ 3 เนื่องมาจากในแป้งมันเทศมีปริมาณของใยอาหารและคาร์โบไฮเดรตสูง จึงมีการดูดซึมน้ำได้ดี ซึ่งส่งผลต่อปริมาณการสูญเสียความชื้นในระหว่างกระบวนการอบไปเพียงเล็กน้อย [19] อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของขนมปังด้านปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งมันเทศทั้ง 4 สูตรกับขนมปังสูตรควบคุมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศทั้ง 4 สูตรมีปริมาตรลดลงและความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาระดับการทดแทนแป้งมันเทศสัมที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อปริมาตรจำเพาะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังสูตรควบคุมยกเว้นในขนมปังสูตรที่ 1 และค่าความหนาแน่นของขนมปังทุกสูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกการทดลอง โดยขนมปังสูตรที่ 4 มีค่าความหนาแน่นสูงสุดและในขนมปังสูตรควบคุมมีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุด คือ 0.35 g/cm^3

ค่าความยืดหยุ่นของขนมปังในสูตรที่ 1 มีค่าความยืดหยุ่นสูงที่สุดและค่าความยืดหยุ่นของขนมปังจะเริ่มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศมากขึ้น ซึ่งการเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสัมมากขึ้นจะส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อและค่าความยืดหยุ่นของขนมปัง จะเห็นว่าขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศสัมทดแทนแป้งสาลีมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าและมีค่าความยืดหยุ่นน้อยกว่าขนมปังสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นขนมปังสูตรที่ 1 ที่มีค่าความยืดหยุ่นสูงกว่าขนม

ปังสูตรควบคุม และเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสัมมากขึ้นส่งผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น และค่าความยืดหยุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้สอดคล้องกับผลการวัดค่าปริมาตรจำเพาะ ซึ่งพบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสัมเพื่อทดแทนแป้งสาลีในปริมาณมากขึ้นทำให้ขนมปังมีปริมาตรลดลงตามลำดับ ซึ่งการที่ขนมปังมีปริมาตรลดลงส่งผลให้ขนมปังมีความแน่นเนื้อที่เพิ่มขึ้นและความยืดหยุ่นที่ลดลงตามไปด้วย ซึ่งการมีปริมาตรจำเพาะน้อยเกินไปหรือความหนาแน่นมากเกินไป ขนมปังจะมีความแน่นเนื้อสูงทำให้ไม่น่ารับประทาน จากการทดแทนแป้งมันเทศสัมในระดับต่างๆ มีผลเพียงเล็กน้อยต่อน้ำหนักขนมปัง แต่ส่งผลอย่างเห็นได้ชัดต่อค่าปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของขนมปัง (รูป 2) โดยการเพิ่มระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศส่งผลต่อกลูเตนและทำให้โดมีความแข็งแรงลดลง [7] [8] [10] ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานการผลิตขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศสัมทดแทนแป้งสาลีมีปริมาตรจำเพาะต่ำกว่าขนมปังที่ไม่ได้ผสมแป้งมันเทศสัมและการเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสัมร้อยละ 10 - 30 ทำให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะลดลง ค่าความแน่นเนื้อและค่าความยืดหยุ่นลดลง [13] สอดคล้องกับการพัฒนาสูตรขนมปังแซนวิชโดยใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 20, 40, 60 และ 80 ของน้ำหนักแป้ง พบว่าการนำรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการอบมาทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขนมปังแซนวิชมีค่าความแข็งแรงสูงขึ้น แต่ค่าความยืดหยุ่น ปริมาตรจำเพาะลดลง [20] นอกจากนี้ยังมีผู้รายงานการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก พบว่าเมื่อมีการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาตรและปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ [21] ความหนาแน่นของขนมปังมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาตรและปริมาตรจำเพาะ กล่าวคือเมื่อปริมาตรและปริมาตรจำเพาะลดลงความหนาแน่นของขนมปังจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก จะมี

ปริมาตรและปริมาตรจำเพาะน้อยที่สุดแต่มีความหนาแน่นมากที่สุด [21]

เมื่อนำขนมปังมันเทศทั้ง 4 สูตรไปทดสอบความชอบของผู้บริโภคเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมเพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดโดยทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ได้รับคำแนะนำความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นความชอบด้านสี จากข้อกำหนดของ มผช. 747/2555 กล่าวว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังจะต้องมีเนื้อภายในเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่น และไม่แห้งหรือแข็งกระด้าง ส่วนผิวด้านนอกต้องเป็นไปตามลักษณะเฉพาะของขนมปังนั้น ดังนั้นคุณภาพของขนมปังที่ดีจะต้องมีปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป [17] การมีปริมาตรจำเพาะมากเกินไป จะมีโครงสร้างรูพรุนขนาดใหญ่ทำให้ไม่มารับประทาน เมื่อพิจารณาผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศทั้ง 4 สูตร พบว่า ขนมปังในสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดในทุกด้านยกเว้นความชอบด้านสี และเมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ขนมปังมันเทศกับผลิตภัณฑ์ขนมปังในสูตรควบคุมพบว่า ขนมปังสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดเท่ากับ 7.02 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ดังนั้น ขนมปังมันเทศในสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบทุกด้านใกล้เคียงกับสูตรควบคุม นอกจากนี้การทดแทนด้วยแป้งมันเทศสัมผัส ขนมปังที่ได้จะมีสีเหลืองอมส้มและสีของขนมปังจะเข้มขึ้นตามระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งจะช่วยให้กลิ่นรสที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวเมื่อเติมลงในปริมาณที่เหมาะสมแต่เมื่อทดแทนมากกว่าร้อยละ 30 จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็ง เนื้อแน่นขึ้นส่งผลต่อโพรงอากาศของขนมปัง นอกจากนี้ยังส่งต่อรสชาติอีกด้วย ผู้บริโภคได้แสดงความคิดเห็นในด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ว่ามีกลิ่นของมันเทศที่ชัดเจน และมีความแข็ง ไม่นุ่ม มีความยืดหยุ่นน้อยกว่าขนมปังในสูตรควบคุม

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาคัดเลือกขนมปังมันเทศสัมผัสในสูตรที่ 1 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีใน 100 กรัม พบว่ามีความชื้น 30.31 ไขมัน 13.39 โปรตีน 7.00 เถ้า 0.99 เส้นใยหยาบ 0.55 กรัม และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 47.76 หลังจากนั้นนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของขนมปังที่อุณหภูมิห้อง ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของขนมปังในสูตรที่ 1 พบว่าในวันที่ 4 พบว่า ขนมปังมีเชื้อราเกิดขึ้น นำมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.34×10^4 CFU/g และ ยีสต์ และรา 1.95×10^4 CFU/g และเมื่อเก็บไว้จนถึงวันที่ 6 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.21×10^6 CFU/g และ ยีสต์และราเท่ากับ 4.21×10^6 CFU/g ซึ่งเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน สาเหตุของการเสื่อมเสียของขนมปังมันเทศสัมผัส เนื่องจากขนมปังมีปริมาณความชื้นสูงถึงร้อยละ 30 มีค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหารเท่ากับ 0.91 ซึ่งทั้งปริมาณความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระต่างก็เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหาร เป็นปัจจัยที่ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ซึ่งจุลินทรีย์และแบคทีเรียเกือบทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.7 ดังนั้นขนมปังมันเทศสัมผัสมีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในอาหารสูง จึงทำให้ขนมปังเกิดการเสื่อมเสียได้เร็ว จึงเป็นสาเหตุให้มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้น้อยกว่า 4 วัน

ดังนั้น องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการนำผลมันเทศสัมผัสที่มีราคาถูกและมีปริมาณมากในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศ จ.ศรีสะเกษ โดยนำมาแปรรูปเป็นแป้งมันเทศสัมผัส ซึ่งเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ที่สามารถต่อยอดสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ นอกจากนี้ การพัฒนาขนมปังจากแป้งมันเทศสัมผัสเป็นการเพิ่มใบ

อาหารและควรมีการศึกษาการทดแทนในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นร่วมกับสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นๆ รวมทั้งในด้านการส่งเสริมคุณค่าทางโภชนาการอื่น ๆ ให้เป็นขนมทางเลือกแก่เด็กในวัยเรียน เพื่อเพิ่มคุณประโยชน์ให้มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยนี้ ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และครุภัณฑ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Jang, H.H., Kim, H.W., Kim, S.Y., Kim, S.M., Kim, J.B. and Lee, Y.M. In vitro and in vivo hypoglycemic effects of cyaniding 3-caffeoyl-p-hydroxybenzoylsphoroside -5- glucoside, an anthocyanin isolated from purple-fleshed sweet potato. *Food Chem.* 2019; 272: 688-693.
2. Zhuang, J., Lu, J., Wang, X., Wang, X., Hu, W., Hong, F., Zhao, X.X. and Zheng, Y.L. Purple sweet potato color protects against high-fat diet-induced cognitive deficits through AMPK-mediated autophagy in mouse hippocampus. *J. Nutr. Biochem.* 2019; 65: 35-45.
3. Flora C. Amagloh , Benard Yada , Gaston A. Tumuhimbise , Francis K. Amagloh and Archileo N. Kaaya. The potential of sweet potato as a functional food in sub-saharan africa and its implications for health: A Review. *Molecules.* 2021; 26: 2971. <https://doi.org/10.3390/molecules26102971>.
4. Grace, M.H., G.G. Yousef, S.J. Gustafson, V.D. Truong, G.C. Yench, and M.A. Lila. Phytochemical changes in phenolics, anthocyanins, ascorbic acid, and carotenoids associated with sweet potato storage and impacts on bioactive properties. *Food Chem.* 2014; 145: 717–724.
5. Tang, Y., Cai, W. and Xu, B. Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. *Food Sci. Hum. Wellness.* 2015; 4: 123-132.
6. Sangnark, A. and Nookhorm, A. Effects of dietary fiber from sugarcane bagasse and sucrose ester on dough and bread properties, *LWT-Food Sci. Technol.*, 2004; 37: 697-704.
7. Chainarong, Y., Limroongreungrat, K. and Suksomboon, A. Effect of purple sweet potato flour content on the quality of mantou. *Agricultural Sci. J.* 2014; 45(2) (suppl.): 97-100.
8. Sukboonyasatit, D., Ruangsak, B., Srithong, W. and Cheungkuntod, S. Effect of sweet potato flour as wheat flour substitution on the characteristics of cookies. *Khon Kaen Agr. J.* 2017; 45(1) (suppl.): 1060-1065.
9. Charoenphun N. Development of cookie products from sweet potato. *Journal of food technology, Siam university.* 2017; 13(1): 32-43.
10. Wu, K-L., W-C. Sung, and C-H. Yang. Characteristics of dough and bread as affected by the incorporation of sweet potato paste in the formulation. *J. Mar. Sci. Tech.-Japan.* 2009; 17(1): 13-22.

11. Greene, J.L. and Bovell-Benjamin, A.C. Macroscopic and sensory evaluation of bread supplemented with sweet-potato flour, *Journal of Food Science*, 2004; 69(4): 167-173.
12. Trejo-González, A.S., A.G. Loyo-González, and M.R. Munguía- Mazariegos. Evaluation of bread made from composite wheat-sweet potato flours. *Int. Food Res. J.* 2014; 21(4) :1683-1688.
13. Wanuwat, W., Kongnonkok, N. and Suksomboon, A. Effect of utilization of purple sweet potato flour as wheat flour replacement on the properties of bread. *Agricultural Sci. J.* 2013; 44(2)(Suppl.): 421-424.
14. Kunyane, K. and Sungin, P. The effect of guar gum on the qualities of gluten free crispy waffle from sweet purple potato flour. *Dusit Thani College Journal*. 2019; 13(1): 315-329.
15. AOAC. Official methods of analysis. 17th ed., Arlington, VA : The Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA. 2000.
16. Hathorn, C.S., Biswas, M.A., Gichuhi, P.N. and Bovell-Benjamin, A.C. Comparison of chemical, physical, microstructural, and microbial properties of breads supplemented with sweet potato flour and high-gluten dough Enhancers, *LWT-Food Sci. Technol.*, 2008; 41: 803-815.
17. Thai Industrial Standards Institute. Thai community product standard: bread (744/2012). [Online] Available from <http://tcps.tisi.go.th> [Accessed May,10, 2019]
18. Thongrak, P. and Other. Food product development from sweet potato in tub-nam, Bang Pahan, Phra Nakhon Si Ayutthaya. Final report. 2017; 1-72.
19. Mandala, I., Polaki A. and S. Yanniotis. Influence of frozen storage on bread enriched with different ingredients. *J. Food Eng.* 2009; 92: 137-145.
20. Raungrusmee, S., Jadwong, K., and Wongtong, O. Development of sandwich bread formulation substituted wheat flour with rice berry rice bran. *Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology)*. 2018; 13(1): 123-138.
21. Supakot, P., Saelao, S. and Bisila, O. Replacement of wheat flour with red jasmine brown rice flour in bread product. *Prawarun Agr. J.* 2020; 17(2), 273-287.