ISSN 2985-0835

KOCH CHA SARN JOURNAL OF SCIENCE
Vol. 45 (1); January-June (2023), pp.21-29
https://science.srru.ac.th/kochasarn

Research Article

Effect of Wheat Flour Partial Substitution with Jerusalem Artichoke Flour on Quality of Sponge Cakes

ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งแก่นตะวันต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้ก

ทิพรักษ์ วงษาดี*[1], พีรดา สลักคำ[1], ณัฐธิรา ศรีทอง[1]
Thipharak Wongsadee*[1], Peerada Salakkham[1], Nattira Srithong[1]
[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ซอยอิสรภาพ15 แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพ 10600
[1]Bachelor of Science Program in Food Technology, Basomdejchaopraya Rajabhat University, 1061 Itsaraphap 15, Hiranruchi, Thon Buri, Bangkok 10600

Article Info

Received 22 August 2022
Revised 26 June 2023
Accepted 27 June 2023

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of wheat flour partial substitution with Jerusalem artichoke flour (0, 25, and 50 percent) on the quality of sponge cakes. The results showed that the increase in Jerusalem artichoke flour substitution resulted in a decrease in the lightness (L*) and yellowness (b*) of crust and crumb sponge cake whereas the redness (a*) increased. The hardness and chewiness increased in sponge cake samples with Jerusalem artichoke flour whereas the cohesiveness and springiness decreased compared with the control sample. The increase in Jerusalem artichoke flour substitution level also decreased weight loss after baking, whereas water activity and prebiotic activity increased. The 50 percent wheat flour substitution by Jerusalem artichoke flour decreased specific volume and received the lowest score for color, texture, and overall acceptability. Microbial quality showed that total viable count, *Escherichia coli*, yeast, and mold complies with the Thai community product standard of cake. These results suggested that sponge cake made with wheat flour substituted with 25 percent Jerusalem artichoke flour showed higher prebiotic activity compared with the control sample. However, the substitution of 25 percent Jerusalem artichoke flour had slightly lower scores for texture and overall acceptability than the control samples but the score remained at like moderately level (7.25-7.45).

Keywords: Jerusalem artichoke flour, Wheat flour, Sponge cakes, Prebiotic

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งแก่นตะวัน (ร้อยละ 0, 25 และ 50) ต่อคุณภาพของสปันจ์เค้ก ผลพบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันระดับที่มากขึ้นทำให้สปันจ์เค้กมีค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) ลดลง แต่ค่าสีแดง (a*) เพิ่มขึ้น สปันจ์เค้กที่มีส่วนประกอบของแป้งแก่นตะวันมีค่าความแข็งและค่าความสามารถในการเคี้ยวเพิ่มขึ้นแต่ค่าการยึดเกาะภายในและค่าความยืดหยุ่นลดลงจากกลุ่มควบคุม การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับมากขึ้นมีผลทำให้การสูญเสียน้ำหนักหลังการอบลดลง

*Corresponding Author. Email: thippharak.wo@bsru.ac.th

ในขณะที่ปริมาณน้ำอิสระและความสามารถในการเป็นพรีไบโอติกสูงขึ้น การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันร้อยละ 50 มีผลทำให้ปริมาตรจำเพาะของสปันจ์เค้กลดลงและคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมีค่าน้อยที่สุด คุณภาพด้านจุลินทรีย์พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli* ยีสต์และราผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานชุมชนของเค้ก โดยรวมจะเห็นได้ว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 ทำให้ความสามารถในการเป็นพรีไบโอติกเพิ่มขึ้น และการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมลดลงเล็กน้อยแต่ยังอยู่ในระดับปานกลาง (7.25-7.45)

คำสำคัญ: แป้งแก่นตะวัน, แป้งสาลี, สปันจ์เค้ก, พรีไบโอติก

1. บทนำ

แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke) เป็นพืชหัวใต้ดินคล้ายมันฝรั่งและเป็นพืชตระกูลเดียวกับทานตะวัน ปลูกได้ดีในเขตร้อนของประเทศไทย หัวของแก่นตะวันประกอบด้วยสารประกอบคาร์โบไฮเดรตประเภทฟรุกแตน (fructan) เช่น สารอินนูลิน (inulin) และฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (fructooligosaccharide) โดยพบมากถึงร้อยละ 16-20 และร้อยละ 10-25 ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่นๆ [1-2] อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์มีคุณสมบัติคล้ายใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (soluble dietary fiber) ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β-(2-1) ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ จึงทำให้สารเหล่านี้ไม่ถูกย่อยเป็นน้ำตาลสายสั้นๆ [3-4] มีผลที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายผู้บริโภคหลายประการ เช่น ช่วยบรรเทาอาการท้องผูก [5] ชะลอการดูดซึมน้ำตาลเนื่องจากมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ [6-7] และมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) ที่ส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์โพรไบโอติก (probiotic) ที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ด้วย เช่น กลุ่ม Bifidobacteria และ กลุ่ม Lactobacillus ซึ่งมีผลทำให้สุขภาพของผู้บริโภคดีขึ้น [8] คัพเค้กเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ผู้บริโภคนิยมรับประทานเนื่องจากมีขนาดที่พกพาสะดวกเหมาะกับการดำเนินชีวิตในปัจจุบันที่มีความเร่งรีบ โดยทั่วไปชนิดของเค้กที่นิยมบริโภคในรูปแบบคัพเค้ก คือ สปันจ์เค้ก (sponge cake) ส่วนประกอบที่สำคัญในสปันจ์เค้ก คือ แป้งสาลี ซึ่งแป้งสาลีจัดเป็นแป้งที่มีเส้นใยอาหารจากธรรมชาติค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับแป้งจากพืชชนิดอื่น [9] ดังนั้นการเติมแป้งแก่นตะวันทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เค้กจะช่วยเพิ่มใยอาหารกลุ่มพรีไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ แต่อย่างไรก็ตามคุณลักษณะของสปันจ์เค้กจะมีเนื้อสัมผัสละเอียด มีความคงรูป และเนื้อนุ่ม [10] ซึ่งแป้งสาลีประกอบด้วยโปรตีนกลูเตนที่ทำหน้าที่กักเก็บอากาศไว้ทำให้เค้กเกิดความนุ่มฟูภายหลังการอบ [11] ดังนั้นการทดแทนแป้งแก่นตะวันที่ปราศจากกลูเตนในปริมาณที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งแก่นตะวันต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้ก

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมสปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน

การผลิตสปันจ์เค้กดัดแปลงจากวิธีของ Bolger (2021) [12] ส่วนประกอบในการผลิต ได้แก่ แป้งสาลี น้ำตาล ไข่ไก่ เนย นม เกลือและผงฟู ในอัตราส่วน ร้อยละ 25, 22, 22, 22, 8.50, 0.10 และ 0.40 ตามลำดับ กลุ่มการทดลองที่ทำการศึกษาแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันทางการค้า (สะออนฟาร์ม, ไทย) ร้อยละ 0, 25 และ 50 สำหรับการผลิตสปันจ์เค้กเริ่มจากนำเนยและน้ำตาลมาตีผสมที่ความเร็วสูง เป็นเวลา 5 นาที เติมไข่ไก่และนมตีผสมเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมส่วนผสมแป้ง ผงฟูและเกลือที่ร่อนไว้แล้ว ตีผสมเป็นเวลา 3 นาที ตักส่วนผสมลงในถ้วยเค้ก ถ้วยละ 40 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพในขั้นตอนต่อไป

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ

ทำการตรวจวิเคราะห์ ค่าสี ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบ ปริมาตรจำเพาะ (specific volume) และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้ก ดังนี้

- วิเคราะห์ค่าสีของเปลือก (crust) และเนื้อ (crumb) ด้วยเครื่อง color reader รุ่น CR-10 (Minolta, Japan) รายงานค่าสีในระบบ CIE L*, a* และ b* สำหรับค่าสี L* มีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว) ค่าสี a* คือ สีเขียว (-a*) ถึงสีแดง (+a*) และค่าสี b* คือ สีน้ำเงิน (-b*) ถึงสีเหลือง (+b*)
- วิเคราะห์ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบ ตามวิธีของ Aydogdu et al. (2017) [13] ทำการชั่งน้ำหนักส่วนแบตเตอร์ (batter) ก่อนการอบ (B) และน้ำหนักของสปันจ์เค้กหลังการอบ (C) นำค่าที่ได้มาคำนวณจากสูตร คือ ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก = [(B - C) x 100] / B
- วิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะของสปันจ์เค้กด้วยวิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา (rapseed displacement) ดัดแปลงตามวิธีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 374-2534 [14] ทำการชั่งน้ำหนักเค้ก (A) นำเค้กลงในภาชนะที่มีขนาดกว้างและสูงมากกว่าชิ้นเค้ก จากนั้นเติมเมล็ดงาให้เต็มช่องว่างของภาชนะ วัดปริมาตรของเมล็ดงาที่เติมลงช่องว่างทั้งหมด (B) โดยใช้กระบอกตวง ทำการวัดปริมาตรของภาชนะเปล่าด้วยการแทนที่ด้วยเมล็ดงา จากนั้นวัดปริมาตรของเมล็ดงา (C) นำค่าที่ได้มาคำนวณจากสูตร คือ ปริมาตรจำเพาะของเค้ก = (C-B) / A
- วิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT plus (Surry, England) ด้วยหัววัดทรงกระบอก ขนาด 36 มิลลิเมตร (P/36R) รายงานผลวิเคราะห์เป็นค่า Hardness (ความแข็ง) Springiness (ค่าความยืดหยุ่น) Cohesiveness (ค่าการยึดเกาะภายใน) และ Chewiness (ค่าความสามารถในการเคี้ยว) [15]

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี

ทำการตรวจวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และความสามารถในการเป็นพรีไบโอติก (prebiotic activity) ของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กดังนี้

- วิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าน้ำอิสระ (Aqualab, USA) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
- วิเคราะห์ความสามารถในการเป็นพรีไบโอติกด้วยวิธีการวัดการเจริญของจุลินทรีย์โพรไบโอติก ดัดแปลงตามวิธีของ Alves Moro et al. (2018) [16] ทำการเตรียมจุลินทรีย์โพรไบโอติก *Lactobacillus plantarum* TISTR 541 (จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) ให้มีความเข้มข้น 6 log CFU/มิลลิลิตร จากนั้นนำสารแขวนลอยของโพรไบโอติก ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เติมในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว deMan, Rogosa and Sharpe (MRS) ปริมาตร 9.9 มิลลิลิตร ซึ่งแต่ละหลอดทดลองเติมตัวอย่างผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กที่บดเป็นผงละเอียด ร้อยละ 3 โดยปริมาตร และใช้หลอดทดลองที่ไม่เติม *L. plantarum* ในการเป็นกลุ่มควบคุมผลลบ (negative control) นำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำผลที่ได้ไปวัดค่าความขุ่นด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณจากสูตร คือ ความสามารถในการเป็น พรีไบโอติก (ร้อยละ) = [(S - N) x 100] / N

  โดยที่ S คือ ค่าความขุ่นของแต่ละตัวอย่าง (เติมโพรไบโอติก)

  N คือ ค่าความขุ่นของกลุ่มควบคุม (ไม่เติมโพรไบโอติก)

2.4 การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์

การวิเคราะห์จุลินทรีย์ตามมาตรฐาน Bacteriological Analytical Manual ทำการเจือจางตัวอย่างสปันจ์เค้ก 25 กรัม ด้วยสารละลายเพบโตน ร้อยละ 0.1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ใช้วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา สำหรับการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด นำตัวอย่างอาหารที่เจือจางอย่างเป็นลำดับ (serial dilution) มาเพาะเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง Plate count agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง [17] ส่วนการตรวจวิเคราะห์ยีสต์และรา นำตัวอย่างอาหารที่ทำการเจือจางแล้วมาเพาะเชื้อในในอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง Potato dextrose agar บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน [18] การตรวจวิเคราะห์ *Escherichia coli* ด้วยวิธี Most Probable Number (MPN) [19]

2.5 การวิเคราะห์คุณภาพด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กที่เติมแป้งแก่นตะวันแตกต่างกัน จากผู้ทดสอบชิมทั่วไปที่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ขนมอบและรับประทานเค้กเป็นประจำ จำนวน 20 คน เป็นประชาชนในชุมชนราศีธรรม เขตภาษีเจริญ โดยทำการจัดตัวอย่างให้ผู้ทดสอบชิมด้วยการกำหนดรหัสผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบเป็นแบบสุ่ม 3 หลัก ผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กที่ทดสอบชิมเตรียมจากผลิตภัณฑ์หลังจากการผลิตไม่เกิน 24 ชั่วโมง ในถ้วยพลาสติกสีขาวขุ่น ซึ่งอธิบายให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ก่อนการทดสอบชิม และให้คะแนนด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม หลังจากการชิม โดยใช้แบบทดสอบ 2 แบบ คือ มาตราความชอบ 9 ระดับ (9 Points hedonic scale) และมาตราพอดี 3 ระดับ (Just about right)

- แบบทดสอบมาตราความชอบ 9 ระดับ ประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ (การขึ้นฟู) สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบสเกลความชอบ 9 ระดับคะแนน ได้แก่ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉย ๆ, 6 = ชอบเล็กน้อย, 7 = ชอบปานกลาง, 8 = ชอบมาก และ 9 = ชอบมากที่สุด
- แบบทดสอบมาตราพอดี 3 ระดับ ประเมินความพอดีด้านการขึ้นฟู สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน 3 ระดับ คือ อ่อนหรือน้อยเกินไป พอดี และเข้มหรือมากเกินไป จากนั้นวิเคราะห์พีนอลตี (penalty) จากแบบทดสอบมาตราความชอบ 9 ระดับ และมาตราพอดี 3 ระดับ

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลจากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทางเดียว (one way ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 16.0 เปรียบเทียบข้อมูลความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Rage Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ

ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่ต่างกันต่อค่าสีของสปันจ์เค้ก จากตารางที่ 1 ผลพบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าสี L*, a* และ b* ของสปันจ์เค้กทั้งส่วนเปลือกและเนื้อเค้กมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ทั้งส่วนเปลือกและเนื้อเค้กของกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมแป้งแก่นตะวันมีค่าสูงที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 และ 50 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าความสว่างของเค้กมีแนวโน้มลดลงเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้น เช่นเดียวกันกับค่าสี b* (สีน้ำเงิน-สีเหลือง) ทั้งส่วนเปลือกและเนื้อเค้กของกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมแป้งแก่นตะวันมีค่าสูงที่สุดรองลงมา คือ กลุ่มที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 และ 50 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นสีเหลืองของเค้กมีแนวโน้มลดลงเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้น แต่ค่าสี a* (สีเขียว-สีแดง) ทั้งส่วนเปลือกและเนื้อเค้กของกลุ่มที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 50 มีค่าสูงที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 และกลุ่มควบคุมตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นสีแดงของเค้กมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากภาพลักษณะปรากฏของสปันจ์เค้ก ดังภาพที่ 1 พบว่าเค้กมีสีโทนเข้มมากขึ้นเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้น ผลงานวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่รายงานว่าการเติมแป้งแก่นตะวันทดแทนแป้งสาลีในระดับที่มากขึ้นมีผลทำให้ค่าสีของผลิตภัณฑ์เค้ก [20] บิสกิต [21] และ ขนมปัง [22] เปลี่ยนแปลงจาก

กลุ่มควบคุมโดยมีแนวโน้มสีเข้มขึ้น สีที่เปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ขนมอบที่เติมแป้งแก่นตะวันมีผลมาจากวัตถุดิบ คือ แป้งแก่นตะวันที่มีสีน้ำตาลอ่อนมากกว่าแป้งสาลีที่มีสีขาว นอกจากนี้การอบเค้กที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน (ประมาณ 170 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที) ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) เป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างกรดอะมิโน และน้ำตาลรีดิวซ์ โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยานำไปสู่การก่อตัวของสารประกอบที่ให้สีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น เมลานอยดิน (melanoidins) แป้งแก่นตะวันมีอินนูลินที่เป็นสารกลุ่มพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่ประกอบด้วยน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งเป็นสารตั้งต้นทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้มากขึ้น ดังนั้นการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้นจึงทำให้เค้กมีสีน้ำตาลหรือสีที่เข้มมากขึ้น [23-24]

ตารางที่ 1 ค่าสีของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่ต่างกัน

ค่าสี	ระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน (ร้อยละ)		
	กลุ่มควบคุม	25	50
ค่าสีของเปลือกเค้ก (crust)			
L*	62.86±0.65^{a}	55.96±0.90^{b}	41.46±0.64^{c}
a*	14.36±0.30^{c}	15.16±0.15^{b}	17.03±0.3^{a}
b*	47.80±0.43^{a}	45.85±0.58^{b}	42.50±0.36^{c}
ค่าสีของเนื้อเค้ก (crumb)			
L*	66.36±1.24^{a}	60.50±0.02^{b}	55.63±0.55^{c}
a*	6.66±0.15^{c}	7.23±0.15^{b}	7.76±0.05^{a}
b*	35.46±0.50^{a}	33.13±0.23^{b}	31.16±0.15^{c}

ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีตัวอักษร $^{a-c}$ ในแนวนอนต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

กลุ่มควบคุม **ร้อยละ 25** **ร้อยละ 50**

ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่ต่างกัน

จากตารางที่ 2 ผลพบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่ต่างกันมีผลทำให้การสูญเสียน้ำหนักของสปันจ์เค้กหลังการอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบของสปันจ์เค้กกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมแป้งแก่นตะวันมีค่าสูงที่สุด (8.00) รองลงมา คือ สปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 (6.58) และ 50 (5.41) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบของสปันจ์เค้กมีแนวโน้มลดลงเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้น การสูญเสียน้ำหนักหลังการอบมีความเกี่ยวข้องกับการสูญเสียน้ำจากผลิตภัณฑ์ระหว่างการอบ [13] จากการศึกษาที่ผ่านมารายงานว่าแป้งแก่นตะวันมีใยอาหารที่ละลายน้ำได้มากกว่าแป้งสาลีประมาณ 20 เท่า [25] ทำให้แป้งแก่นตะวันมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) มากกว่าแป้งสาลี [26] ดังนั้นการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันมากขึ้นจะมีผลทำให้มีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ และความสามารถในการอุ้มน้ำภายในอาหารมากขึ้น การสูญเสียน้ำระหว่างการอบจึงมีน้อยลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่เติมแป้งสาลีอย่างเดียว เช่นเดียวกับการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าการเติมแป้งแก่นตะวันทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 10-30 มีผลทำให้แครกเกอร์ (cracker) มีปริมาณใยอาหารที่ละลายในน้ำมากขึ้นเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้น [25] และการศึกษาการเติมใยอาหารจากเลมอนในผลิตภัณฑ์เค้ก พบว่าการเติมใยอาหารจากเลมอน ร้อยละ 10 มีผลทำให้เค้กมีการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่เติมใยอาหารจากเลมอน เนื่องจากใยอาหารจากเลมอนมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำสูงกว่าแป้งสาลีทำให้เกิดการสูญเสียน้ำระหว่างการอบน้อยลง [13]

ตารางที่ 2 ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบ ปริมาตรจำเพาะ และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่ต่างกัน

คุณภาพผลิตภัณฑ์	ระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน (ร้อยละ)		
	กลุ่มควบคุม	25	50
การสูญเสียน้ำหนักหลังอบ (ร้อยละ)	8.00±0.25^{a}	6.58±0.38^{b}	5.41±0.14^{c}
ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g)	2.13±0.02^{a}	2.11±0.01^{a}	1.97±0.01^{b}
เนื้อสัมผัส			
Hardness (g)	1,327.10 ±21.57^{c}	1,618.11 ±52.97^{b}	1,722.13 ±18.35^{a}
Springiness	0.67±0.01^{a}	0.63±0.01^{b}	0.58±0.01^{c}
Cohesiveness	0.64±0.02^{a}	0.56±0.02^{b}	0.50±0.01^{c}
Chewiness	537.21 ±7.41^{c}	647.23 ±9.03^{b}	690.49 ±9.68^{a}

ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีตัวอักษร $^{a-c}$ ในแนวนอนต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่ต่างกันมีผลทำให้ปริมาตรจำเพาะของสปันจ์เค้กมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกลุ่มที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 มีปริมาตรจำเพาะไม่แตกต่างกันกับกลุ่มควบคุม ($p\geq0.05$) แต่สปันจ์เค้กกลุ่มที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 50 มีปริมาตรจำเพาะลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม เนื่องจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันเป็นการเจือจางโปรตีนกลูเตนที่พบเฉพาะในแป้งสาลีเท่านั้น เมื่อปริมาณกลูเตนในส่วนผสมเค้กลดลง ทำให้เกิดร่างแหโปรตีนและการกักเก็บอากาศภายในโครงสร้างเค้กน้อยลง เค้กจึงมีการขึ้นฟูน้อยลงหลังจากการอบ ดังนั้นเมื่อเติมแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้นจึงทำให้เค้กมีปริมาตรจำเพาะลดลง จากการศึกษาของ Celik et al. (2013) รายงานว่าการทดแทนส่วนน้ำนมด้วยแป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 มีผลทำให้ปริมาตรจำเพาะของเค้กลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม รวมทั้งมีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏลดลงด้วย [13, 23] แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้แม้ว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันมากขึ้นจะมีปริมาตรจำเพาะลดลงแต่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยโดยไม่มีผลต่อค่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านการขึ้นฟู (ผลดังตารางที่ 5) สำหรับผลด้านเนื้อสัมผัส พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในสปันจ์เค้กในระดับที่ต่างกันมีผลทำให้ค่า Hardness (ความแข็ง) Springiness (ค่าความยืดหยุ่น) Cohesiveness (ค่าการยึดเกาะ) และ Chewiness (ค่าความสามารถในการเคี้ยว) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่า Hardness และ Chewiness ของสปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 50 มีค่าสูงที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 และกลุ่มควบคุม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่า Hardness และ Chewiness ของสปันจ์เค้กมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามค่า Springiness และ Cohesiveness กลุ่มควบคุมที่ไม่เติมแป้งแก่นตะวันมีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 และ 50 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่า Springiness และ Cohesiveness ของสปันจ์เค้กมีแนวโน้มลดลงเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในขนมปังที่รายงานว่าการทดแทนด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 15 มีผลทำให้ค่า Hardness และ Chewiness ของขนมปังมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ค่า Springiness และ Cohesiveness ของขนมปังมีแนวโน้มลดลงเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้น เนื่องจากแป้งแก่นตะวันประกอบด้วยอินนูลินที่เป็นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ซึ่งไปขัดขวางการดูดซับน้ำของโปรตีนกลูเตน ส่งผลให้เกิดโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรงน้อยลง การกักเก็บอากาศภายในส่วนผสมเค้กลดลงจึงส่งผลให้หลังการอบมีรูพรุนของโพรงอากาศภายในเนื้อเค้กลดลงมีเนื้อสัมผัสที่อัดแน่นขึ้น ความนุ่มและความยืดหยุ่นน้อยลง [27]

3.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่ต่างกันมีผลทำให้ปริมาณน้ำอิสระและความสามารถในการเป็นพรีไบโอติกของสปันจ์เค้กมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลแสดงดังตารางที่ 3 โดยปริมาณน้ำอิสระของสปันจ์เค้ก กลุ่มควบคุมที่ไม่เติมแป้งแก่นตะวันมีค่าสูงที่สุด (0.823) รองลงมา คือ กลุ่มที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 (0.811) และ 50 (0.802) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำอิสระของสปันจ์เค้ก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้น สอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบที่น้อยลง (ผลในตารางที่ 2) มีความเป็นไปได้ว่าแป้งแก่นตะวันมีใยอาหารที่ละลายน้ำได้และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำได้มากกว่าแป้งสาลี [25-26] แตกต่างกับการศึกษาของ Goranova et al. (2019) ที่รายงานว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 20 ในเค้กมีผลทำให้ปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างทางสถิติกับเค้กกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมแป้งแก่นตะวัน [28] มีความเป็นไปได้ว่าส่วนผสมอื่นอาจมีผลต่อแนวโน้มของปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ด้วย

ตารางที่ 3 คุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่ต่างกัน

คุณภาพผลิตภัณฑ์	ระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน (ร้อยละ)		
	กลุ่มควบคุม	25	50
ปริมาณน้ำอิสระ	0.802 ±0.001^{c}	0.811 ±0.002^{b}	0.823 ±0.001^{a}
ความสามารถในการเป็นพรีไบโอติก	4.70±0.77^{c}	34.36±1.80^{b}	50.88±0.88^{a}

ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีตัวอักษร $^{a\text{-}c}$ ในแนวนอนต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลการศึกษาด้านความสามารถในการเป็นพรีไบโอติกของสปันจ์เค้ก พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในสปันจ์เค้กด้วยปริมาณที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าความสามารถในการเป็นพรีไบโอติกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าร้อยละความสามารถในการเป็นพรีไบโอติกของสปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 50 มีค่าสูงที่สุด (50.88) รองลงมา คือ กลุ่มที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 (34.36) และกลุ่มควบคุม (4.70) ตามลำดับ แก่นตะวันประกอบด้วยอินนูลินอยู่ในช่วง 60-80 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม และฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์อยู่ในช่วง 17-23 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยว [1] อินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในแป้งแก่นตะวันจัดเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก เนื่องจากไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหารและสามารถส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติกในลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ [29] จากงานวิจัยที่ผ่านมาในการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีและแป้งข้าวไรย์ด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 10 ในขนมปัง ผลพบว่ามีการสูญเสียของอินนูลินในขนมปังหลังการผลิต ร้อยละ 39.8 เมื่อเทียบกับปริมาณอินนูลินในส่วนผสมก่อนการผลิต [30] เช่นเดียวกันกับงานวิจัยที่ศึกษาการคุณภาพของขนมปังที่เติมอินนูลิน ที่พบว่าหลังการอบขนมปังที่เติมอินนูลิน ร้อยละ 8 มีการสูญเสียอินนูลินหลังการผลิต ร้อยละ 41.2 ซึ่งการลดลงของปริมาณอินนูลินเนื่องมาจากยีสต์ที่ใช้อินนูลินเป็นสารตั้งต้นในระหว่างกระบวนการหมักของโด [31] อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ไม่มียีสต์เป็นส่วนประกอบในการผลิตเค้กจึงไม่มีการสูญเสียสารพรีไบโอติกไปในขั้นตอนดังกล่าว นอกจากนี้

การศึกษาที่ผ่านมารายงานว่าการให้ความร้อนกับอินนูลินที่ได้จากแป้งแก่นตะวันที่อุณหภูมิ 195 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ความสามารถในการเป็นพรีไบโอติกสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ให้ความร้อน [32] หลังจากการให้ความร้อนมีสารใหม่เกิดขึ้น คือ di-D-fructose dianhydrides ซึ่งมีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์โพรไบโอติกเช่นเดียวกันกับสารอินนูลิน [33] จากการศึกษาการเติมพรีไบโอติกในกลุ่มอินนูลินในผลิตภัณฑ์สแนคบาร์ธัญพืชที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เวลา 18 นาที ผลพบว่าหลังการอบโครงสร้างของสารอินนูลินในผลิตภัณฑ์สแนคบาร์ไม่เปลี่ยนแปลงจากก่อนการอบนำผลิตภัณฑ์สแนคบาร์ที่มีสารอินนูลิน 7.7 กรัมต่อชิ้น ให้ผู้บริโภครับประทานวันละ 1 ชิ้น เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นเก็บตัวอย่างอุจจาระของผู้บริโภคมาตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ ผลพบว่าผู้ที่บริโภคสแนคบาร์ที่มีอินนูลินมีปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกกลุ่ม Bifidobacteria สูงกว่าผู้บริโภคกลุ่มควบคุมที่รับประทานสแนคบาร์ปราศจากอินนูลิน แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ขนมอบที่เติมอินนูลินและผ่านกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิสูงยังคงสารพรีไบโอติกที่มีศักยภาพและเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค [34]

3.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์

คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กหลังการผลิตเป็นเวลา 1 วัน แสดงผลดังตารางที่ 4 ผลพบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันไม่มีผลต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของสปันจ์เค้ก โดยสปันจ์เค้กทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 2 log CFU/g ปริมาณยีสต์และรา มีค่าน้อยกว่า 1.3 log CFU/g และตรวจไม่พบ *E. coli* ซึ่งคุณภาพด้านจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสำหรับผลิตภัณฑ์เค้ก (มผช.459/2555) ที่กำหนดว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า 6 log CFU/g ปริมาณยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 2 log CFU/g และจำนวน *E. coli* ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม [35] การที่สปันจ์เค้กมีคุณภาพด้านจุลินทรีย์ตามมาตรฐานกำหนดเนื่องจากกระบวนการผลิตเค้กใช้ความร้อนในการอบสูง และมีการควบคุมสุขลักษณะที่ดีตลอดการผลิต

ตารางที่ 4 คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่ต่างกัน

จุลินทรีย์	ระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน (ร้อยละ)		
	กลุ่มควบคุม	25	50
จุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)	<2	<2	<2
ยีสต์และรา (log CFU/g)	<1.3	<1.3	<1.3
E. coli (MPN/g)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

3.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 5 ผลพบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่ต่างกันมีผลทำให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านสีเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยคะแนนความชอบด้านสีของสปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันร้อยละ 25 ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($p>0.05$) ซึ่งมีคะแนนอยู่ในช่วง 8.00-8.25 (ชอบมาก) แต่การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันร้อยละ 50 มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านสีอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.65) ซึ่งมีคะแนนลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<0.05$) ส่วนคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส พบว่าสปันจ์เค้กกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมแป้งแก่นตะวันมีค่าสูงที่สุด (8.05) รองลงมา คือ สปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 (7.25) และ 50 (6.55) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคะแนนความชอบด้านสีของสปันจ์เค้กมีแนวโน้มลดลงเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้น เช่นเดียวกันกับความชอบโดยรวม พบว่าสปันจ์เค้กกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมแป้งแก่นตะวันมีค่าสูงที่สุด (8.20) รองลงมา คือ สปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 (7.45) และ 50 (6.95) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้นมีผลทำให้ความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กลดลง ในทางตรงกันข้ามการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันทุกระดับมีคะแนนความชอบด้านการขึ้นฟู กลิ่น และรสชาติไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($p>0.05$)

ตารางที่ 5 คะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่ต่างกัน

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน (ร้อยละ)		
	กลุ่มควบคุม	25	50
การขึ้นฟู^{ns}	8.10±0.64	7.90±0.64	7.95±0.75
สี	8.25±0.78^{a}	8.00±0.60^{a}	6.65±0.58^{b}
กลิ่น^{ns}	8.00±0.64	7.70±0.86	7.80±0.89
รสชาติ^{ns}	8.05±0.82	7.95±0.82	7.80±0.83
เนื้อสัมผัส	8.05±0.68^{a}	7.25±0.85^{b}	6.55±0.88^{c}
ความชอบโดยรวม	8.20±0.76^{a}	7.45±0.82^{b}	6.95±0.39^{c}

ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีตัวอักษร $^{a-c}$ ในแนวนอนต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)), ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

การวิเคราะห์แบบพีนอลตี เป็นการคำนวณเพื่อประเมินความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่ได้จากการประเมินโดยใช้มาตราพอดี และข้อมูลการยอมรับโดยรวมโดยใช้มาตราความชอบ 9 ระดับ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้ก ซึ่งค่าพีนอลตีทั้งหมด (Total penalty value) ถ้ามีค่ามากกว่า 0.25 แสดงว่ามีผลต่อการยอมรับโดยรวม จากผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6 ผลพบว่าสปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 50 ควรพิจารณาปรับปรุงด้านสีที่เข้มเกินไป (0.35) เนื้อสัมผัสที่แข็งเกินไป (0.45) อย่างไรก็ตามแม้ว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันร้อยละ 25 ทำให้เนื้อสัมผัสของสปันจ์เค้กแข็งขึ้น (ตารางที่ 2) ซึ่งส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ระดับคะแนนความชอบยังอยู่ในระดับ

ปานกลาง (7.25-7.45) อีกทั้งสปันจ์เค้กยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้นจากพรีไบโอติกในแป้งแก่นตะวัน (ตารางที่ 3) และการเติมแป้งแก่นตะวันมีผลทำให้สปันจ์เค้กมีปริมาณน้ำอิสระที่ลดลง (ตารางที่ 3) อาจมีผลทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้น ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาการเติมแป้งแก่นตะวันในการผลิตขนมปัง ผลพบว่าการเติมแป้งแก่นตะวันในระดับที่มากขึ้น (ร้อยละ 5-20) ทำให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะลดลงและเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น เนื่องจากปริมาณอินนูลินในแป้งแก่นตะวันที่เติมลงไปในระดับที่เพิ่มขึ้นไปขัดขวางโครงสร้างของกลูเตนทำให้การขยายตัวของโดเกิดได้ไม่เต็มที่ แต่เมื่อทำการเติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.5 ส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะของขนมปังเพิ่มขึ้น เนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น และคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าเพิ่มขึ้น เพราะแซนแทนกัมช่วยปรับปรุงโครงสร้างรูพรุนของขนมปังให้มีความยืดหยุ่นและแข็งแรงมากขึ้น [22] เช่นเดียวกับการศึกษาการเติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.8 ในผลิตภัณฑ์เค้กจากแป้งข้าวปราศจากกลูเตน มีผลในการช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเค้กให้มีเนื้อสัมผัสนุ่มมากขึ้น และค่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสมากขึ้นจากกลุ่มควบคุม [36] ดังนั้นในงานวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาการเติมแซนแทนกัมในผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น

ตารางที่ 6 ค่าพีนอลตีทั้งหมดจากแบบทดสอบระดับความพอดีของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่ต่างกัน

คุณลักษณะ	ระดับความไม่พอดี	ค่าพีนอลตีทั้งหมด ระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน (ร้อยละ)		
		กลุ่มควบคุม	25	50
การขึ้นฟู	ขึ้นฟูน้อยเกินไป	0.08	0.07	0.05
	ขึ้นฟูมากเกินไป	0.01	0.13	0.00
สี	อ่อนเกินไป	0.02	0.00	0.00
	เข้มเกินไป	0.06	0.09	0.35
กลิ่น	อ่อนเกินไป	0.06	0.13	0.16
	แรงเกินไป	0.10	0.04	0.17
รสชาติ	หวานน้อยไป	0.01	0.13	0.10
	หวานเกินไป	0.00	0.13	0.20
เนื้อสัมผัส	นิ่มเกินไป	0.00	0.00	0.04
	แข็งเกินไป	0.07	0.15	**0.45**

4. สรุปผล

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่ต่างกันมีผลต่อคุณภาพของสปันจ์เค้กบางประการ ดังนี้ค่าสี L* และ b* มีแนวโน้มลดลง แต่ค่าสี a* ของเปลือกและเนื้อสปันจ์เค้กมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่มากขึ้น การสูญเสียน้ำหนักหลังการอบเค้กลดลงเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่มากขึ้น ส่วนปริมาตรจำเพาะของสปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 50 มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับสปันจ์เค้กกลุ่มควบคุม ส่วนค่าเนื้อสัมผัสของสปันจ์เค้กพบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในระดับที่มากขึ้นค่า Hardness และ Chewiness มีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามค่า Springiness และ Cohesiveness มีแนวโน้มลดลง สำหรับปริมาณน้ำอิสระของสปันจ์เค้กมีแนวโน้มลดลงเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้น ผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กทุกกลุ่มการทดลองมีคุณภาพด้านจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 50 มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านสี เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมน้อยที่สุด เนื่องจากมีสีที่เข้มเกินไป และเนื้อสัมผัสที่แข็งเกินไป ส่วนการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมลดลงจากกลุ่มควบคุมแต่ยังมีคะแนนความชอบในระดับปานกลาง อย่างไรก็ตามการเติมแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 มีผลทำให้ความสามารถในการเป็นพรีไบโอติกของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กมากขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ในงานวิจัยต่อไปจึงควรมีการศึกษาวิธีการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแก่นตะวัน ร้อยละ 25 ให้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้นเพื่อคงคุณภาพด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัสและผู้บริโภคได้รับพรีไบโอติกจากแป้งแก่นตะวันที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และสาขาวิชาการประกอบและบริการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Saengthongpinit W, Sajjaanantakul T. Influence of Harvest Time and Storage Temperature on Characteristics of Inulin from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Tubers. Postharvest Biol. Technol. 2005;37(1):93-100.
2. Thammarutwasik P, Hongpattarakere T, Chantachum S, Kijroongrojana K, Itharat A, Reanmongkol W, Tewtrakul S, Ooraikul B. Prebioitic-A Review. Songklanakarin J. Sci. Technol. 2009;31(4):401-408.
3. Tanjor S, Judprasong K, Chaito C, Jogloy S. Inulin and Fructooligosacharides in Different Varieties of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). KKU Res. J. 2012;17(1):25-34. (In Thai)
4. Roberfroid M. Dietary Fiber, Inulin and Oligo-fructose: a Review Comparing their Physio-logical Effects. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2009;33(2):103-148.

5. Kleessen B, Svkura B, Zunft H-J, Blaut M. Effects of Inulin and Lactose on Fecal Microflora, Microbial Activity, and Bowel Habit in Elderly Constipated Persons. Am. J. Clin. Nutr. 1997;65(5):1397-1402.
6. Yamashita K, Kawai K, Itakura M. Effects of Fructo-oligosaccharides on Blood Glucose and Serum Lipids in Diabetic Subjects. Nutr Res. 1984;4(6):961-966.
7. Luo J, Rizkalla SW, Alamowitch C, Boussaini A, Blayo A, Barry J-L, Laffitte A, Guyon F, Bonnet FR, Slama G. Chronic Consumption of Short- chain Fructooligo-saccharides by Healthy Subjects Decreased Basal Hepatic Glucose Production but Had no Effect on Insulin-stimulated Glucose Metabolism. Am J Clin Nutr. 1996;63(6):939-945.
8. Lingyun W, Jianhua W, Xiaodong Z, Da T, Yalin Y, Chenggang C, Tianhua F, Fan Z. Studies on the Extracting Technical Conditions of Inulin from Jerusalem Artichoke Tubers. J Food Eng. 2007;79(3):1087-1093.
9. Cheong G. Quality Characteristics of Korean Wheat Flour and Imported Wheat Flour. Korean J Com Liv Sci. 2001;12(1):23-27.
10. Hopkin L, Broadbent H, Ahlborn GJ. Influence of Almond and Coconut Flours on Ketogenic, Gluten-Free Cupcakes. Food Chem. 2022;13:100182.
11. Jammek J, Naivikun O. (2017). Introduction to Bakery Technology. Bangkok: Kasetsart University Press. (In Thai)
12. Bolger AM, Rastall RA, Oruna-Concha MJ, Rodriguez-Garcia J. Effect of D-allulose, in Comparison to Sucrose and D-fructose, on the Physical Properties of Cupcakes. LWT Food Sci Technol. 2021;150:111989.
13. Aydogdu A, Sumnu G, Sahin S. Effects of Addition of Different Fibers on Rheological Characteristics of Cake Batter and Quality of Cakes. J. Food Sci Technol. 2017;55(2):667-677.
14. Thai Industrial Standards Institute, 1991, Standard for wheat flour : Bread flour, TIS.374-2534. (In Thai)
15. Krupa- Kozak U, Drabinska N, Rosell CM, Piłat B, Starowicz M, Jelinski N, Szmatowicz B. High- Quality Gluten-Free Sponge Cakes without Sucrose: Inulin-Type Fructans as Sugar Alternatives. Foods. 2020;9(12):1735.
16. Alves Moro TM, Celegatti CM, Aparecida Pereira AP, Lopes AS, Barbin DF, Pastore GM, Pedrosa Silva Clerici MT. Use of Burdock Root Flour as a Prebiotic Ingredient in Cookies. LWT Food Sci Technol. 2018;90:540-546.
17. Bacteriological Analytical Manual. Chapter 3 Aerobic plate count. [Internet]. [cited 2021 March 1]. Available from: https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-3-aerobic-plate-count
18. Bacteriological Analytical Manual. Chapter 18 Yeasts, molds and mycotoxins. [Internet]. [cited 2021 March 1]. Available from: https: / / www. fda. gov/ food/ laboratory- methods- food/ bam- chapter- 18-yeasts-molds-and-mycotoxins
19. Bacteriological Analytical Manual. Chapter 4 Chapter 4 Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. [Internet]. [cited 2021 March 1]. Available from: https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-4
20. Ceylan H, Bilgicli N, Cankurtaran T. Improvement of Functional Cake Formulation Using Jerusalem Artichoke Flour as Inulin Source and Resistant Starch (RS4). LWT Food Sci Technol. 2021;145:111031.
21. Diaz A, Bomben R, Dini C, Vina SZ, GarciaMA, Ponzi M, Comelli N. Jerusalem Artichoke Tuber Flour as a Wheat Flour Substitute for Biscuit Elaboration. LWT Food Sci Technol. 2019;108:361-369.
22. Singthong J. Development of Healthy Bread Product from Sunchoke (*Helianthus tuberosus* L.) Flour. J Sci Tech UBU. 2019;21(1):71-83. (In Thai)
23. Celik I, Isik F, Gursoy O, Yilmaz Y. Use of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus*) Tubers as a Natural Source of Inulin in Cakes. J Food Process Preserv. 2013;37(5):483-488.
24. Rodriguez- Garcia J, Puig A, Salvador A, Hernando I. Optimization of a Sponge Cake Formulation with Inulin as Fat Replacer: Structure, Physicochemical, and Sensory Properties. J Food Sci. 2012;77(2):189-197.
25. Ozgoren E, Isik F, Yapar A. Effect of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Supplementation on Chemical and Nutritional Properties of Crackers. J Food Meas Charact. 2019;13(4):2812-2821.
26. Mostafa MK, Fakharany AMA, Abbas MN. Effect of Some Treatments of Jerusalem Artichoke Tubers on the Resulted Powder for Food Process Uses. FJARD. 2021;35(2):274-290.
27. Laohaprasit N, Sricharoenpong K. Development of Chinese Steamed Bread with Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Tubers. Food Res. 2018;2(3):263-269.
28. Goranova Z, Marudova M, Baeva M. Influence of Functional Ingredients on Starch Gelatinization in Sponge Cake Batter. Food Chem. 2019;297:124997.
29. Rattanakiat S, Pulbutr P, Khunawattanakul W, Sungthong B, Saramunee K. Prebiotic Activity of Polysaccharides Extracted from Jerusalem Artichoke Tuber and Development of Prebiotic Granules. Pharmacogn J. 2020;12(6):1402-1411.

30. Praznik W, Cieslik E, Filipiak- Florkiewicz A. Soluble Dietary Fibres in Jerusalem Artichoke Powders: Composition and Application in Bread. 2002;46(3):151-157.
31. Korus J, Grzelak K, Achremowicz K, Sabat R. Influence of Prebiotic Additions on the Quality of Gluten-free Bread and on the Content of Inulin and Fructooligosaccharides. Food Sci Technol Int. 2006;12(6):489-495.
32. Boehm A, Kleessen B, Henle T. Effect of Dry Heated Inulin on Selected Intestinal Bacteria. Eur Food Res Technol. 2006;222:737-740.
33. Minamida K, Shiga K, Sujaya IN, Sone T, Yokota A, Hara H, Asano K, Tomita F. Effects of Difructose AnhydrideIII (DFA III) Administration on Rat Intestinal Microbiota. J Biosci Bioeng. 2005;99:230-236.
34. Kleessen B, Schwarz S, Boehm A, Fuhrmann H, Richter A, Henle T, Krueger M. Jerusalem Artichoke and Chicory Inulin in Bakery Products Affect Faecal Microbiota of Healthy Volunteers. 2007;98(3):540-549.
35. Thai community product standard, 2012, Standard for cake, TCPS.459-2555. (In Thai)
36. Sung WC, Chai PS. Effect of Flaxseed Flour and Xanthan Gum on Gluten-Free Cake Properties. J Food Nutr Res. 2017;5(10):717-728.