

การใช้แก๊สตะวันตกแทนไขมันในขนมปังโฮลวีต

รายวดี ผดุงกาญจน์¹ กิติภูมิ นิลจันทร์^{2*} และ อรทัย ชุ่มเย็น³

^{1,2,3}สาขาวิชาการโรงแรม คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

E-mail: ¹rayawadi.p@mail.rmutk.ac.th, ²kitipoom.n@mail.rmutk.ac.th, ³orrathai.c@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณของแก๊สตะวันตกที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และด้านการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ของการใช้แก๊สตะวันตกแทนไขมันในขนมปังโฮลวีต โดยทำการศึกษาปริมาณแก๊สตะวันตกที่ใช้ทดแทนไขมันใน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 50, 70, และ 100 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomize Design, CRD) นำคะแนนเฉลี่ยมาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multi range test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ จากการศึกษพบว่า ปริมาณแก๊สตะวันตกที่เหมาะสมในการใช้ทดแทนไขมันในขนมปังโฮลวีตอยู่ที่สัดส่วนร้อยละ 50 ของไขมันในส่วนผสม (แก๊สตะวันตก 45 กรัม เนยสด 45 กรัม) โดยการใช้แก๊สตะวันตกในสัดส่วนดังกล่าว เป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับขนมปังโฮลวีตโดยมีปริมาณไขมันลดลงจากร้อยละ 8.41 เหลือร้อยละ 5.31 ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 9.87 เป็นร้อยละ 10.47 โดยไม่ทำให้ค่าความสว่างและค่าสีเปลี่ยนแปลง ปริมาณแก๊สตะวันตกดังกล่าวยังส่งผลต่อปริมาณร่วนพัง เนื้อสัมผัส และคุณสมบัติด้านเคมีของขนมปังเพียงเล็กน้อย ด้านอายุการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้ไม่เกิน 4 วันหลังจากอบ ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมปัง (มผช.747/2555) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: แก๊สตะวันตก ขนมปังโฮลวีต สารทดแทนไขมัน อินูลิน

* Corresponding author, e-mail: kitipoom.n@mail.rmutk.ac.th

Using Jerusalem Artichoke Instead of Fat in Whole Wheat Bread

Rayawadi Phadungkan¹, Kitipoom Nilchan^{2*}, Orrathai Chumyen³

^{1,2,3}Hospitality Department, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Krungthep

E-mail: ¹rayawadi.p@mail.rmutk.ac.th, ^{2*}kitipoom.n@mail.rmutk.ac.th,

³orrathai.c@mail.rmutk.ac.th

Abstract

This research aims to study the appropriate amount of Jerusalem artichoke for the physical, chemical, and changes during the preservation of whole wheat bread by replacing fat with Jerusalem artichoke. The study examined three levels of Jerusalem artichoke substitution for fat: 50%, 70%, and 100%. A Complete Randomized Design (CRD) was used for the experiment, and the average scores were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) and compared using Duncan's new multi-range test with statistical software. The study found that the appropriate amount of Jerusalem artichoke for fat substitution in whole wheat bread is 50% of the fat in the ingredients (45 grams of Jerusalem artichoke and 45 grams of butter). Using Jerusalem artichoke in this proportion increases the nutritional value of whole wheat bread, reducing the fat content from 8.41% to 5.31%, and increasing the protein content from 9.87% to 10.47% without changing the brightness and color values. The amount of Jerusalem artichoke also slightly affects the bread's specific volume, texture, and chemical properties. Regarding shelf life, the product can be stored at room temperature for no more than 4 days after baking, in compliance with the Thai community product standard for bread (TCPS 747/2555) issued by the Thai industrial standards institute, Ministry of Industry.

Keywords: Jerusalem artichoke, whole wheat bread, fat replacer, inulin

* Corresponding author, e-mail: kitipoom.n@mail.rmutk.ac.th

1. ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบัน ขนมปังถือเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคโดยเฉพาะในสังคมเมืองที่วิถีชีวิตมีความเร่งรีบ เนื่องจากขนมปังเป็นอาหารที่สะดวกในการซื้อหา พกพา เก็บรักษา และสะดวกในการรับประทาน ทั้งยังเป็นอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกายได้เป็นอย่างดี เนื่องจากวัตถุดิบและส่วนผสมที่นิยมนำมาทำขนมปังประกอบไปด้วย แป้งสาลี เกลือ นม เนย ไข่ไก่ และอาจมีส่วนประกอบอื่นขึ้นอยู่กับสูตรขนมปังแต่ละสูตร เช่น ธัญพืช ผลไม้แห้ง ช็อกโกแลต ผักหรือพืชสมุนไพร เป็นต้น [1] โดยขนมปังมีทั้งที่เป็นขนมปังแบ่งขาว (แบ่งขัดสี) และขนมปังโฮลวีตที่มีสีน้ำตาลอ่อน โดยขนมปังโฮลวีตจะมีส่วนผสมของแป้งโฮลวีตที่ทำจากธัญพืชเต็มเมล็ด ไม่ผ่านการขัดสีหรือขัดสีน้อยที่สุด จึงยังมีส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด เนื้อเมล็ดและจมูกข้าวอยู่ครบ มีทั้งใยอาหาร วิตามินและแร่ธาตุสูง มีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าขนมปังขาว [2] การรับประทานขนมปังขาวที่เป็นแบ่งขัดสี ร่างกายจะย่อยและเปลี่ยนเป็นน้ำตาลอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีผลต่อระดับน้ำตาลในกระแสเลือด แต่ถ้ารับประทานขนมปังโฮลวีตร่างกายจะย่อยและดูดซึมอย่างช้า ๆ ช่วยรักษาสมดุลของระดับน้ำตาลในกระแสเลือด ทำให้อิ่มนาน ช่วยให้สมองทำงานได้อย่างต่อเนื่อง [3] ดังนั้นผู้บริโภคจำนวนไม่น้อยที่มีความนิยมในอาหารเพื่อสุขภาพ ต้องการควบคุมน้ำตาล ไขมัน และปริมาณพลังงานที่ได้รับต่อวัน จึงนิยมเลือกรับประทานขนมปังโฮลวีตทดแทนการรับประทานขนมปังขาว หรือข้าวสวยที่หุงจากข้าวขาวขัดสี ถึงแม้ว่าขนมปังโฮลวีตจะมีคุณค่าทางโภชนาการที่มากกว่าขนมปังขาว แต่ขนมปังโฮลวีตยังมีไขมันเป็นส่วนผสมในขั้นตอนการทำขนมปัง เนื่องจากไขมันมีหน้าที่ช่วยให้ขนมปังนุ่มฟู มีสี กลิ่น นารับประทาน [2]

จากการศึกษาพบว่า แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke) พืชหัวชนิดหนึ่ง มีเปลือกสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีขาว นวลอมเหลือง มีลักษณะคล้ายข่า ดอกมีลักษณะคล้ายดอกทานตะวัน มีปริมาณสารอินูลิน (Inulin) สูง โดยพบว่าในเนื้อแก่นตะวันตัมสุกน้ำหนัก 100 กรัม มีปริมาณอินูลิน 14.1 กรัม ส่วนแก่นตะวันสดที่ยังไม่ผ่านความร้อน มีปริมาณอินูลินสูงถึง 21.2 กรัม ต่อน้ำหนักแก่นตะวันสด 100 กรัม [4] โดยสารอินูลินนี้ เป็นสารอาหารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นเส้นใยแบบละลายน้ำ (soluble dietary fiber) ไม่สามารถย่อยสลายได้ในระบบทางเดินอาหารส่วนต้น จึงสามารถอยู่ในระบบทางเดินอาหารได้นาน ช่วยทำให้ไม่รู้สึกหิว อีกทั้งร่างกายไม่สามารถย่อยสลายเปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้ จึงส่งผลต่อระดับน้ำตาลในกระแสเลือดเพียงเล็กน้อย [5] ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว จึงมีการนำสารอินูลินมาใช้เพื่อช่วยควบคุมความอยากอาหารในผู้ที่มีน้ำหนักเกินและผู้ป่วยโรคเบาหวาน นอกจากคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพ อินูลินถูกนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำ เนื่องจากอินูลินมีคุณสมบัติในการป้องกันการเกาะตัวของอาหาร ให้เนื้อสัมผัสและความรู้สึกในปากเหมือนอาหารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ โดยไม่ทำให้เนื้อสัมผัสของอาหารต่างไปจากเดิม ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการเติมอินูลินทดแทนเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานสูง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เนื้อ นม โยเกิร์ตพร้อมดื่ม และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เป็นต้น [6, 7, 8]

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการใช้แก่นตะวันทดแทนส่วนผสมที่เป็นไขมันในขนมปังโฮลวีต โดยทำการศึกษาปริมาณแก่นตะวันที่เหมาะสมต่อคุณภาพโดยรวมของขนมปังโฮลวีต ทั้งด้านกายภาพและเคมี รวมถึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ ยีสต์และราในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อเพิ่มคุณประโยชน์ให้แก่ขนมปังโฮลวีตให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากยิ่งขึ้น มีสัดส่วนของไขมันลดลง ทั้งยังสามารถเป็นแนวทางนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกและจัดจำหน่ายแก่นตะวันอีกทางหนึ่ง

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปริมาณของแกนตะวันที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และด้านการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ของการใช้แกนตะวันทดแทนไขมันในขนมปังโฮลวีต

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แกนตะวัน

แกนตะวันเป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง มีเปลือกสีน้ำตาลอ่อน ลักษณะคล้ายข่า เนื้อในสีขาวนวล อมเหลือง มีความกรอบคล้ายมันแกว มีรสชาติดหวานเล็กน้อย ดอกมีลักษณะคล้ายดอกทานตะวัน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus tuberosus* L. และมีชื่อสามัญว่า Jerusalem artichoke มีถิ่นกำเนิดจากทวีปอเมริกาเหนือซึ่งปลูกไว้ใช้เป็นอาหารและยาโดยชาวพื้นเมือง

แกนตะวันเป็นที่รู้จักและเป็นที่ยอมรับจากทั้งวงการเกษตร วงการสุขภาพ และนักวิชาการเนื่องจากแกนตะวันอุดมไปด้วยสารอินูลิน (Inulin) และฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructo-oligosaccharides) โดยสารดังกล่าวมีคุณสมบัติในการช่วยควบคุมน้ำหนัก ลดน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ลดอาการท้องผูก บำรุงพื้นฟูระบบขับถ่าย และช่วยลดความเสี่ยงมะเร็งลำไส้ใหญ่

ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว แกนตะวันจึงนิยมนำมาใช้ประกอบอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพหลายรายการ อาทิ ส้มตำ แกงส้ม เมล็ดพืชชนิดต่างๆ ขนมจีนน้ำยาแกนตะวัน สลัดแกนตะวัน ขนมแกนตะวันกวน ทับทิมกรอบ และน้ำแกนตะวัน เป็นต้น นอกจากนี้แกนตะวันยังถูกนำมาแปรรูป เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนผสมเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับอาหารชนิดต่างๆ เช่น แป้งแกนตะวันสำหรับทำขนม น้ำเชื่อมจากแกนตะวัน และส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ เป็นต้น [5, 8, 9]

3.2 อินูลิน

อินูลิน คือ สารอาหารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นเส้นใยแบบละลายน้ำ (soluble dietary fiber) ไม่สามารถย่อยสลายได้ในระบบทางเดินอาหารส่วนต้น ร่างกายไม่สามารถย่อยสลายเปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้ [5] โดยพบได้ในพืชผักและสมุนไพรต่างๆ เช่น ชิโครี แกนตะวัน หน่อไม้ฝรั่ง ต้นหอม หัวหอม ข้าวบาร์เลย์ กระเทียม [9, 10]

อินูลินมีประโยชน์ต่อสุขภาพและมีคุณค่าทางโภชนาการหลายประการ อาทิ

1. ทำหน้าที่เป็นใยอาหาร เนื่องจากอินูลินไม่ถูกย่อยและไม่ถูกดูดซึมในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก ทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายและหมักในลำไส้ใหญ่โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ใหญ่

2. ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน หรือ สารทดแทนน้ำตาลในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูป เนื่องจากอินูลินไม่สามารถถูกย่อยสลายและดูดซึมได้ในระบบทางเดินอาหาร จึงส่งผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดเพียงเล็กน้อยและให้พลังงานน้อยกว่าเมื่อเทียบกับคาร์โบไฮเดรตที่สามารถย่อยสลายในระบบทางเดินอาหารได้ [5, 7, 10]

3. ควบคุมความอยากอาหาร การมีระดับฮอร์โมน glucagon-like peptide-1 (GLP-1) ในกระแสเลือดที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ระดับความหิวหรือความอยากอาหารลดลง โดยอินูลินส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับฮอร์โมน

GLP-1 ดังกล่าว [9, 10, 11] ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำอินูลินมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการควบคุมอาหารในผู้ที่มีน้ำหนักเกิน และผู้ป่วยโรคเบาหวาน

3.3 ขนมปังโฮลวีต

ขนมปังโฮลวีต คือ ขนมปังที่มีส่วนผสมของแป้งโฮลวีต โดยสัดส่วนระหว่างแป้งขนมปังกับแป้งโฮลวีตแตกต่างกันออกไปตามแต่ละสูตร แต่โดยมากมักมีสัดส่วนของแป้งโฮลวีตไม่เกินร้อยละ 40 ของส่วนผสมที่เป็นแป้งทั้งหมด (แป้งโฮลวีต ร้อยละ 40 แป้งขนมปัง ร้อยละ 60 โดยประมาณ) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากหากมีสัดส่วนของแป้งโฮลวีตมากเกินไปขนมปังเมื่ออบเสร็จแล้วจะมีรูปทรงที่ดูไม่นุ่มฟู เนื้อขนมปังแห้ง แข็ง ปริมาณน้อย ดูไม่น่ารับประทาน และเหตุผลอีกประการหนึ่งที่ผู้ผลิตขนมปังเลือกใช้แป้งโฮลวีตในสัดส่วนที่น้อย เนื่องจากแป้งโฮลวีตมีราคาสูงกว่าแป้งขนมปัง [12]

ขนมปังโฮลวีตมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าขนมปังที่ทำจากแป้งขนมปังล้วน ตรงที่แป้งโฮลวีตทำมาจากข้าวสาลีเต็มเมล็ดที่ไม่ถูกขัดขาวจนจมูกข้าว เยื่อหุ้มเมล็ด โยอาหาร และวิตามินหายไป [2] ดังนั้น หากบริโภคขนมปังที่มีส่วนผสมของแป้งโฮลวีต ผู้บริโภคจะได้รับสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมากกว่าการบริโภคขนมปังที่ทำมาจากแป้งสาลีขัดขาวเพียงอย่างเดียว

3.4 ไขมันในขนมปัง

ไขมัน ถือเป็นส่วนผสมที่สำคัญอีกส่วนผสมหนึ่งในการทำขนมปัง เนื่องจากไขมันมีบทบาทในการเพิ่มปริมาตรของเนื้อขนมปัง ทำให้ขนมปังนุ่มฟู เนื้อมันวาว รูปทรงในเนื้อขนมปังมีความสม่ำเสมอ สวยงามน่ารับประทาน มีกลิ่นสี และรสชาติที่น่าดึงดูด ไขมันที่นิยมใช้ในการทำขนมปังได้แก่ เนยสด มارجารีน และเนยขาว ส่วนการจะเลือกใช้ไขมันชนิดใดมาเป็นส่วนผสมนั้น ขึ้นอยู่กับความชอบของผู้ผลิต รวมถึงต้นทุนในการผลิตและการตั้งราคาขายเป็นสำคัญ [2, 12]

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การเตรียมแค้นตะวัน

ผู้วิจัยเลือกใช้หัวแค้นตะวันสด จากไร่กสิวัฒนา เป็นหัวแค้นตะวันสายพันธุ์แค้นตะวันเบอร์ 3 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่วิจัยและพัฒนาโดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น [5] โดยทำการล้างหัวแค้นตะวันสดให้สะอาด ปอกเปลือกหั่นตามขวาง ให้มีความหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร นำไปต้มในน้ำเดือดด้วยอัตราส่วน แค้นตะวัน 1 ส่วน ต่อ น้ำ 2 ส่วน เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำแค้นตะวันที่ต้มสุกแล้วไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดสับอาหารขนาด 3 ลิตร 2 ใบมีด ยี่ห้อ Sirman รุ่น C4W แล้วจึงนำไปใช้เป็นส่วนผสมทดแทนไขมัน โดยนำไปทดแทนเนยสดในการทำขนมปังโฮลวีตต่อไป

4.2 สูตรขนมปังโฮลวีตมาตรฐาน (control)

ใช้สูตรขนมปังโฮลวีตที่ปรับปรุงจากตำราหลักการประกอบขนมอบของ รายวดี ผดุงกาญจน์ (2560) โดยสูตรดังกล่าวเป็นสูตรที่ปรับปรุงและพัฒนาขึ้น เพื่อใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาการดำเนินงานครัวขนมอบ (Bakery kitchen operations) หลักสูตรศิลปศาสตรบัณฑิต (การโรงแรม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ [12] โดยมีรายละเอียดของวัตถุดิบและปริมาณที่ใช้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรขนมปังโฮลวีตมาตรฐาน (control)

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กรัม)
แป้งขนมปัง	400
แป้งโฮลวีต	300
ยีสต์	5
โดบรัม	2
น้ำตาลทราย	66
ไข่ไก่	100
นมสด	180
เกลือ	7
น้ำเย็น	140
เนยสด	90

4.3 การเตรียมขนมปังโฮลวีตที่ใช้แทนตะวันตกแทนไขมัน

จากสูตรขนมปังโฮลวีตมาตรฐานที่มีเนยสดเป็นส่วนผสมในปริมาณ 90 กรัม เตรียมการทดลองโดยผลิตขนมปังโฮลวีตที่ใช้แทนตะวันตกแทนไขมัน (เนยสด) โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 สูตรการทดลอง ได้แก่ สูตรที่ 1 ใช้แทนตะวันตกแทนไขมัน ร้อยละ 50 (แทนตะวันตก 45 กรัม / เนยสด 45 กรัม) สูตรที่ 2 ใช้แทนตะวันตกแทนไขมัน ร้อยละ 70 (แทนตะวันตก 63 กรัม / เนยสด 27 กรัม) และสูตรที่ 3 ใช้แทนตะวันตกแทนไขมัน ร้อยละ 100 (แทนตะวันตก 90 กรัม) โดยมีรายละเอียดของวัตถุดิบและปริมาณที่ใช้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ส่วนผสมสูตรมาตรฐานและสูตรที่ใช้แทนตะวันตกแทนไขมันทั้ง 3 สูตร

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กรัม)			
	สูตรมาตรฐาน	สูตรแทนตะวันตก ร้อยละ 50	สูตรแทนตะวันตก ร้อยละ 70	สูตรแทนตะวันตก ร้อยละ 100
แป้งขนมปัง	400	400	400	400
แป้งโฮลวีต	300	300	300	300
ยีสต์	5	5	5	5
โดบรัม	2	2	2	2
น้ำตาลทราย	66	66	66	66
ไข่ไก่	100	100	100	100
นมสด	180	180	180	180

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กรัม)			
	สูตรมาตรฐาน	สูตรแก่งตะวัน	สูตรแก่งตะวัน	สูตรแก่งตะวัน
		ร้อยละ 50	ร้อยละ 70	ร้อยละ 100
เกลือ	7	7	7	7
น้ำเย็น	140	140	140	140
เนยสด	90	45	27	0
แก่งตะวัน	0	45	63	90

4.4 การวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ

4.4.1 วัดค่าสีของเนื้อขนมปังด้วยระบบ CIE (L*-a*-b*) [13] ด้วยเครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ 3nh รุ่น YS3010 โดยทำการวัดที่เนื้อในของขนมปัง (crumb) ในตำแหน่งบริเวณกึ่งกลางของเนื้อขนมปัง จำนวน 5 จุด แล้วนำค่าสีทั้ง 5 จุด ที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย

4.4.2 วิเคราะห์ปริมาตรของขนมปังด้วยเมล็ดงา ทำการหาปริมาตรของขนมปังโดยการนำขนมปังใส่ลงไปในภาชนะที่ทราบปริมาตร จากนั้นใส่เมล็ดงาลงไปจนเต็มภาชนะพอดี นำเมล็ดงาที่อยู่ในภาชนะทั้งหมดใส่ลงในกระบอกตวงเพื่อตวงหาปริมาตรของเมล็ดงา จากนั้นนำปริมาตรของภาชนะเป็นตัวตั้ง แล้วลบออกด้วยปริมาตรของเมล็ดงาที่ตวงได้จากกระบอกตวง จะเท่ากับปริมาตรของขนมปัง [14]

4.4.3 วิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะของขนมปังโดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{ปริมาตรจำเพาะของขนมปัง (cm}^3\text{/g)} = \frac{\text{ปริมาตรของขนมปัง}}{\text{น้ำหนักของขนมปัง}}$$

4.4.4 วิเคราะห์ความหนาแน่นของขนมปังโดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นของขนมปัง (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{น้ำหนักของขนมปัง}}{\text{ปริมาตรของขนมปัง}}$$

4.4.5 วิเคราะห์ร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบโดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{น้ำหนักที่สูญเสีย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของโด} - \text{น้ำหนักของขนมปัง} \times 100}{\text{น้ำหนักของโด}}$$

4.4.6 วัดค่าเนื้อสัมผัสของขนมปังด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร (texture analyzer) ผู้ผลิต Stable micro systems รุ่น TA.XTplusC ทำการวัดด้วยวิธี texture profile analysis (TPA) ใช้หัววัดชนิด P/100 : 100 mm compression platen ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัด (test speed) 5 mm/sec ระดับการกดหัววัดลงไปในตัวอย่าง (strain) 70% ทำการวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ด้านความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าการยึดเกาะภายใน (Cohesiveness) และค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness) ทำการเตรียมตัวอย่างขนมปัง โดยตัดขนมปังเป็นสี่เหลี่ยมขนาดความกว้างด้านละ 4 เซนติเมตร และหนา 4 เซนติเมตร

4.5 การวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี

4.5.1 วัดปริมาณน้ำอิสระ หรือ water activity (a_w) ด้วยเครื่อง water activity meter ยี่ห้อ Aqualab รุ่น PRE

4.5.2 วิเคราะห์ ไขมัน โปรตีน ความชื้น และเถ้า ด้วยวิธี AOAC (2019) 922.06, 991.22, 925.10 และ 923.03 ตามลำดับ

4.6 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ ยีสต์และราในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

นำขนมปังโฮลวีตที่ใช้แกล่นตะวันตกแทนไขมัน สูตรที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดลอง มาศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยบรรจุขนมปังลงในถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ชนิดใส ถุงละ 1 ชิ้น น้ำหนัก 50 กรัม ปิดผนึกปากถุงให้สนิทด้วยเครื่องซีลความร้อน (heat sealing) จำนวน 15 ตัวอย่าง เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) สุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มโดยบังเอิญ จำนวน 3 ตัวอย่างต่อวัน (ทดสอบ 3 ซ้ำ) ตรวจสอบทุก 2 วัน (วันที่ 2, 4, และ 6 หลังการอบ) รวมระยะเวลาศึกษา 6 วัน โดยตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ด้วยวิธีดังต่อไปนี้

4.6.1 ตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ด้วยวิธี DMSc F 2013: วิธีตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียทั้งหมดในอาหาร โดยวิธี pour plate analytical method of aerobic plate count in food by pour plate [15]

4.6.2 ตรวจวิเคราะห์จำนวนยีสต์และรา ด้วยวิธี DMSc F 2009: วิธีตรวจวิเคราะห์ยีสต์และราในอาหาร โดยวิธี pour plate และ spread plate analytical method of yeasts and molds in food by pour plate and spread plate [15]

4.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีมาคำนวณค่าทางสถิติตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomize Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DIMRT (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

5. ผลและวิจารณ์

5.1 ผลการทดแทนไขมันด้วยแกล่นตะวันต่อคุณภาพด้านสีของขนมปังโฮลวีต

การเพิ่มขึ้นของปริมาณแกล่นตะวันที่ใช้ทดแทนไขมันในขนมปังโฮลวีต ไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากเนื้อของแกล่นตะวันที่นำมาใช้ในการทดลองมีสีขาวนวล และมีสีอ่อนกว่าสีของเนยสดเพียงเล็กน้อย อีกทั้งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสีของเนื้อขนมปังคือ ชนิดและสีของแป้งที่ใช้ในการทำขนมปัง ดังงานวิจัยของ จิตรา สิงห์ทอง (2562) ที่ได้ศึกษาผลของแป้งแกล่นตะวันต่อสีเนื้อขนมปัง พบว่า เมื่อเติมแป้งแกล่นตะวันเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) ของเนื้อขนมปังมีค่าลดลง แต่ค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม เนื่องจากเมื่อสัดส่วนของแป้งแกล่นตะวันเพิ่มขึ้น แป้งสาลีที่มีสีขาวจะมีสัดส่วนลดลง ทำให้ค่าความสว่างลดลง [16] สอดคล้องกับงานวิจัยของ แสงแข สพันธุ์พงศ์ (2562) ที่ได้ศึกษาปริมาณ

รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีในขนมปัง พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ในแป้งขนมปัง ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากแป้งสาลีที่ใช้ในการทำขนมปัง มีสีขาวนวลออกเหลือง เมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ซึ่งมีสีม่วง จึงทำให้ได้ขนมปังที่มีสีออกม่วงตามสีของรำข้าว [17] ดังนั้น การใช้แทนตะวันตกแทนเฉพาะส่วนผสมที่เป็นไขมัน จึงไม่ส่งผลต่อค่าความสว่างและค่าสีของเนื้อขนมปังเมื่อเทียบกับสูตรมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3 ผลการทดแทนไขมันด้วยแทนตะวันต่อคุณภาพด้านสีของขนมปังโฮลวีต

ค่าสี	ปริมาณแทนตะวันที่ใช้ทดแทนไขมัน			
	สูตรมาตรฐาน	ร้อยละ 50	ร้อยละ 70	ร้อยละ 100
ค่าความสว่าง L^* ns	71.22±2.05	73.97±1.19	73.31±1.94	74.63±2.17
ค่าสี a^* ns	2.46±0.92	2.14±0.92	2.32±0.76	2.35±1.20
ค่าสี b^* ns	17.82±1.92	17.25±2.49	17.91±1.53	17.60±2.20

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.2 ผลการทดแทนไขมันด้วยแทนตะวันต่อคุณภาพด้านกายภาพของขนมปังโฮลวีต

ขนมปังโฮลวีตสูตรมาตรฐานมีปริมาตรจำเพาะเฉลี่ย 2.92 ขนมปังโฮลวีตสูตรปริมาณแทนตะวันร้อยละ 50 มีปริมาตรจำเพาะเฉลี่ย 2.83 และขนมปังโฮลวีตสูตรปริมาณแทนตะวันร้อยละ 70 มีปริมาตรจำเพาะเฉลี่ย 2.70 จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่า ยิ่งปริมาณไขมันในสูตรลดลงและถูกแทนที่ด้วยปริมาณแทนตะวันที่เพิ่มขึ้น ปริมาตรจำเพาะของขนมปังจะยิ่งลดลง เนื่องจากไขมันมีผลต่อการนุ่มฟูของขนมปัง [2, 18] ดังนั้นเมื่อปริมาณไขมันในสูตรลดลงจึงส่งผลต่อปริมาตรและปริมาตรจำเพาะของขนมปัง อีกทั้งยังมีผลการศึกษารื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพจากแป้งแทนตะวันของ จิตรา สิงห์ทอง (2562) ที่กล่าวว่า การเติมแป้งแทนตะวันในระดับต่าง ๆ ส่งผลอย่างเห็นได้ชัดต่อปริมาตรจำเพาะของขนมปัง โดยเมื่อเติมแป้งแทนตะวันในระดับที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ตัวอย่างขนมปังมีปริมาตรจำเพาะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม [16] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งแทนตะวันต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สปีนจ์เค้ก พบว่า ปริมาตรจำเพาะของสปีนจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งแทนตะวัน ร้อยละ 50 มีค่าลดลง เมื่อเทียบกับสปีนจ์เค้กกลุ่มควบคุม [14] แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาตรจำเพาะของขนมปังโฮลวีตสูตรปริมาณแทนตะวันร้อยละ 100 พบว่า ขนมปังสูตรดังกล่าวมีปริมาตรจำเพาะเฉลี่ย 2.96 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับปริมาตรจำเพาะเฉลี่ยของสูตรมาตรฐานที่มีค่า 2.92 ผลการทดลองนี้ขัดแย้งกับข้อมูลที่กล่าวว่าเมื่อปริมาณไขมันในสูตรลดลง ความนุ่มฟู ปริมาตรและปริมาตรจำเพาะของขนมปังจะลดลง

ค่าความหนาแน่นของเนื้อขนมปังทั้งสูตรมาตรฐานและสูตรทดแทนไขมันด้วยแทนตะวันทั้ง 3 สูตรมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนน้ำหนักที่สูญเสียหลังอบนั้น จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้แทนตะวันทดแทนไขมันที่ร้อยละ 50, 70 และ 100 น้ำหนักที่สูญเสียหลังอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.25, 6.96 และ 7.21 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังอบของขนมปังสูตรมาตรฐานที่ 6.09 โดยค่าน้ำหนักสูญเสียหลังอบที่เพิ่มขึ้นนี้

สอดคล้องกับค่าความแข็งของเนื้อขนมปัง (Hardness) และค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness) ที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณแกล่นตะวันในสูตรที่เพิ่มขึ้น ดังข้อมูลในตารางที่ 5 ผลการทดแทนไขมันด้วยแกล่นตะวันต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของขนมปังโฮลวีต

ตารางที่ 4 ผลการทดแทนไขมันด้วยแกล่นตะวันต่อคุณภาพด้านกายภาพของขนมปังโฮลวีต

คุณภาพด้านกายภาพ	ปริมาณแกล่นตะวันที่ใช้ทดแทนไขมัน			
	สูตรมาตรฐาน	ร้อยละ 50	ร้อยละ 70	ร้อยละ 100
ปริมาตร (cm ³)	629.30±1.74 ^a	604.73±1.57 ^b	577.23±1.17 ^c	630.13±1.71 ^a
ปริมาตรจำเพาะ (cm ³ /g)	2.92±0.20 ^a	2.83±0.13 ^b	2.70±0.34 ^c	2.96±0.71 ^a
ความหนาแน่น ^{ns}	0.35±0.03	0.35±0.02	0.38±0.06	0.34±0.10
น้ำหนักที่สูญเสียหลังอบ	6.09±0.74 ^a	7.25±0.50 ^b	6.96±0.01 ^{ab}	7.21±0.43 ^b

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.3 ผลการทดแทนไขมันด้วยแกล่นตะวันต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของขนมปังโฮลวีต

ค่าความแข็ง (Hardness) ของขนมปังทุกสูตรมีค่าเพิ่มขึ้น แปรผันตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณแกล่นตะวันที่ใช้ทดแทนไขมัน เมื่อเปรียบเทียบรายคู่พบว่า ขนมปังสูตรแกล่นตะวันร้อยละ 100 มีค่าความแข็งเฉลี่ยที่ 75.14 N ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังสูตรมาตรฐานมีค่าความแข็งเฉลี่ยที่ 59.18 N เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของขนมปังสูตรร้อยละ 50 และสูตรร้อยละ 70 กับขนมปังสูตรมาตรฐาน พบว่า ค่าความแข็งไม่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ของขนมปังทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่าการยึดเกาะภายใน (Cohesiveness) ขนมปังสูตรที่ใช้แกล่นตะวันทดแทนไขมันทั้ง 3 สูตร มีค่าการยึดเกาะภายในที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ขนมปังสูตรที่ใช้แกล่นตะวันทดแทนไขมันทั้ง 3 สูตร มีค่าการยึดเกาะภายในเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังสูตรมาตรฐาน

ค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness) ขนมปังสูตรที่ใช้แกล่นตะวันทดแทนไขมันทั้ง 3 สูตร มีค่าความเคี้ยวได้ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ขนมปังที่ใช้แกล่นตะวันทดแทนไขมันสูตรร้อยละ 70 และร้อยละ 100 มีค่าความเคี้ยวได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังสูตรมาตรฐาน

จากผลการศึกษาดังกล่าว พบว่า ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และค่าการยึดเกาะภายใน (Cohesiveness) ของขนมปังทั้ง 4 สูตรมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีเพียงค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness) ที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อมีการเพิ่มปริมาณแกล่นตะวันที่ระดับร้อยละ 70 ขึ้นไป เมื่อสัดส่วนของแกล่นตะวันเพิ่มขึ้น สัดส่วนของไขมัน (เนยสด) จะลดลง และเนื่องจากความอ่อนนุ่มของเนื้อขนมปังเกิดจากไขมัน ซึ่งไขมันจะทำหน้าที่ห่อหุ้มกลูเตน ป้องกันการจับตัวกันของกลูเตน ทำให้เนื้อของขนมปังมีความอ่อนนุ่ม [18] ดังนั้นเมื่อปริมาณของไขมันในสูตรลดลง ค่าความแข็งและค่าความเคี้ยวได้ของขนมปังจึงมีค่าสูงขึ้น [19]

ตารางที่ 5 ผลการทดแทนไขมันด้วยแทนตะวันต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของขนมปังโฮลวีต

เนื้อสัมผัส	ปริมาณแทนตะวันที่ใช้ทดแทนไขมัน			
	สูตรมาตรฐาน	ร้อยละ 50	ร้อยละ 70	ร้อยละ 100
ความแข็ง (Hardness) (N)	59.18±1.53 ^a	69.94±2.07 ^{ab}	70.06±3.12 ^{ab}	75.14±1.02 ^b
ความยืดหยุ่น (Springiness) ^{ns}	0.28±0.05	0.30±0.06	0.30±0.04	0.30±0.07
การยึดเกาะภายใน (Cohesiveness)	0.39±0.02 ^a	0.42±0.01 ^b	0.43±0.01 ^b	0.42±0.00 ^b
ความเคี้ยวได้ (Chewiness)	6.71±1.34 ^a	9.36±2.95 ^{ab}	9.46±2.53 ^b	10.30±3.91 ^b

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.4 ผลการทดแทนไขมันด้วยแทนตะวันต่อคุณภาพด้านเคมีของขนมปังโฮลวีต

ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของขนมปังโฮลวีตทั้งสูตรมาตรฐานและสูตรทดแทนไขมันด้วยแทนตะวันทั้ง 3 สูตร มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 0.96 ซึ่งค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อความปลอดภัยของอาหาร เนื่องจากจุลินทรีย์จะไม่เจริญเติบโตที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.90 [17] ดังนั้นขนมปังโฮลวีตทั้ง 4 สูตรที่มีค่า a_w ที่ 0.96 จึงอาจส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของขนมปังโฮลวีตได้

ความชื้นของขนมปังโฮลวีตสูตรทดแทนไขมันด้วยแทนตะวันทั้ง 3 สูตรมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสูตรปริมาณแทนตะวันร้อยละ 50 และร้อยละ 70 มีค่าความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่สูตรปริมาณแทนตะวันร้อยละ 100 มีค่าความชื้นที่มากกว่าสูตรปริมาณแทนตะวันร้อยละ 50 และ ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ปริมาณเถ้าของขนมปังโฮลวีตทั้งสูตรมาตรฐานและสูตรทดแทนไขมันด้วยแทนตะวันทั้ง 3 สูตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณเถ้าของสูตรปริมาณแทนตะวันร้อยละ 50 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.36 ซึ่งมีค่ามากกว่าสูตรมาตรฐานที่มีค่าปริมาณเถ้าเฉลี่ยร้อยละ 1.29 และสูตรปริมาณแทนตะวันร้อยละ 70 มีปริมาณเถ้าเฉลี่ยร้อยละ 1.42 ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณเถ้านี้อาจหมายความว่าปริมาณแทนตะวันที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อปริมาณสารอนินทรีย์ในขนมปังโฮลวีต แต่ค่าปริมาณเถ้าเฉลี่ยของสูตรปริมาณแทนตะวันร้อยละ 100 เท่ากับร้อยละ 1.33 ซึ่งมีค่ามากกว่าสูตรมาตรฐาน แต่น้อยกว่าสูตรปริมาณแทนตะวันร้อยละ 50 จึงทำให้ไม่อาจสรุปได้ว่าปริมาณของแทนตะวันที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อปริมาณสารอนินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นหรือไม่

ปริมาณไขมันของขนมปังโฮลวีตทั้งสูตรมาตรฐานและสูตรทดแทนไขมันด้วยแทนตะวันทั้ง 3 สูตรมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) พบว่า เมื่อมีการเพิ่มปริมาณแทนตะวัน ปริมาณไขมันในขนมปังจะมีค่าลดลง โดยปริมาณไขมันในขนมปังสูตรมาตรฐานมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 8.41 เมื่อเติมแทนตะวันปริมาณร้อยละ 50 ค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันลดลงเหลือร้อยละ 5.31 เมื่อเติมแทนตะวันปริมาณร้อยละ 70 ค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันลดลงเหลือร้อยละ 4.18 และเมื่อเติมแทนตะวันปริมาณร้อยละ 100 ค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันลดลงเหลือ ร้อยละ 2.47 เหตุที่ปริมาณไขมันในขนมปัง

ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากการทดแทนไขมันในสูตรขนมปังด้วยแกนตะวัน แต่ขนมปังสูตรแกนตะวันร้อยละ 100 แม้จะใช้แกนตะวันทดแทนไขมันในส่วนของเนยสดทั้งหมด แต่ในสูตรยังมีส่วนผสมของไขมันที่ได้จากนมสดและไข่ไก่ จึงทำให้ยังมีสัดส่วนของไขมันที่มากพอที่จะทำให้ขนมปังยังคงมีสัมผัสที่อ่อนนุ่มอยู่

ปริมาณโปรตีนของขนมปังโฮลวีตทั้งสูตรมาตรฐานและสูตรทดแทนไขมันด้วยแกนตะวันทั้ง 3 สูตรมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าปริมาณโปรตีนในขนมปังสูตรแกนตะวันร้อยละ 50 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 10.04 ซึ่งเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับขนมปังสูตรมาตรฐานที่มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 9.87 ส่วนขนมปังสูตรร้อยละ 70 และสูตรร้อยละ 100 มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10.40 และร้อยละ 10.47 ตามลำดับ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนที่แปรผันตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณแกนตะวันนี้ สอดคล้องกับ กฤติยา เชื้อนเพชร และคณะ (2563) ที่กล่าวไว้ว่า เมื่อเติมแกนตะวันส่งผลให้ไข่ขาวไรโซเบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปมีปริมาณโปรตีนและเส้นใยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 11.48 เป็นร้อยละ 13.62 เมื่อมีการเสริมแกนตะวันเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 [20]

ตารางที่ 6 ผลการทดแทนไขมันด้วยแกนตะวันต่อคุณภาพด้านเคมีของขนมปังโฮลวีต

คุณภาพด้านเคมี	ปริมาณแกนตะวันที่ใช้ทดแทนไขมัน			
	สูตรมาตรฐาน	ร้อยละ 50	ร้อยละ 70	ร้อยละ 100
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ^{ns}	0.96±0.01	0.96±0.01	0.96±0.01	0.96±0.01
ความชื้น (% w/w)	32.64±0.03 ^a	34.80±0.01 ^b	34.43±0.04 ^b	37.04±0.04 ^c
เถ้า (% w/w)	1.29±0.01 ^a	1.36±0.01 ^b	1.42±0.01 ^c	1.33±0.01 ^d
ไขมัน (% w/w)	8.41±0.01 ^a	5.31±0.01 ^b	4.18±0.01 ^c	2.47±0.02 ^d
โปรตีน (% w/w)	9.87±0.11 ^a	10.04±0.01 ^b	10.40±0.01 ^{cd}	10.47±0.02 ^d

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากผลการทดลองทดแทนไขมันด้วยแกนตะวันต่อคุณภาพของขนมปังโฮลวีตทั้ง 4 ด้าน พบว่า ปริมาณแกนตะวันที่เหมาะสมที่สุด ที่จะใช้ทดแทนไขมันในสูตรขนมปังโฮลวีต คือ ปริมาณแกนตะวันร้อยละ 50 (แกนตะวัน 45 กรัม เนยสด 45 กรัม) เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐานแล้ว พบว่า แกนตะวันปริมาณดังกล่าวส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในขนมปังสูงขึ้น ปริมาณไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ไม่ทำให้ค่าความสว่างและค่าสีเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และส่งผลต่อปริมาตรจำเพาะ เนื้อสัมผัส และคุณสมบัติด้านเคมีของขนมปังเพียงเล็กน้อย

การทดแทนไขมันด้วยปริมาณแกนตะวันร้อยละ 70 ส่งผลต่อปริมาตรของขนมปังมากที่สุด ขนมปังมีปริมาตรน้อยที่สุด ส่วนการทดแทนไขมันด้วยปริมาณแกนตะวันร้อยละ 100 ส่งผลต่อค่าความแข็งและค่าความสามารถในการเคี้ยวมากที่สุด โดยส่งผลให้เนื้อขนมปังแข็งกระด้างมากที่สุด

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกขนมปังโฮลวีตสูตรที่ใช้แกล่นตะวันทดแทนไขมันปริมาณร้อยละ 50 ไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ ยีสต์และราในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ต่อไป

5.5 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ ยีสต์และราในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ ยีสต์และราของขนมปังโฮลวีตที่ใช้แกล่นตะวันทดแทนไขมันในปริมาณร้อยละ 50 เป็นเวลา 6 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) พบว่า วันที่ 2 ของการเก็บรักษา จุลินทรีย์มีจำนวน 1.2×10^2 CFU/g ยีสต์และรา มีจำนวนน้อยกว่า 10 CFU/g วันที่ 4 ของการเก็บรักษา จุลินทรีย์มีจำนวน 6.2×10^3 CFU/g ยีสต์และรา มีจำนวน 45 CFU/g และวันที่ 6 ของการเก็บรักษา จุลินทรีย์มีจำนวน 1.4×10^5 CFU/g ยีสต์และรา มีจำนวน 2.3×10^3 CFU/g

จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ จำนวนจุลินทรีย์ ยีสต์และรา มีจำนวนสูงกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมปัง (มผช.747/2555) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม กำหนด โดยเกณฑ์ มผช.747/2555 กำหนดให้ ขนมปังที่ไม่มีไส้ ต้องมีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่า 1×10^4 CFU/g และมีจำนวนยีสต์และราน้อยกว่า 100 CFU/g [1] ส่วนวันที่ 2 และ 4 ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่า มีจำนวนจุลินทรีย์ ยีสต์และรา ต่ำกว่าเกณฑ์ดังกล่าว

จากผลการศึกษาข้างต้นจึงทำให้สามารถสรุปได้ว่า ขนมปังโฮลวีตที่ใช้แกล่นตะวันทดแทนไขมันในปริมาณร้อยละ 50 สามารถเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) ได้ไม่เกิน 4 วันหลังจากอบ เพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมปัง (มผช.747/2555) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

6. สรุปผล

การใช้แกล่นตะวันทดแทนไขมันในส่วนผสมของขนมปังโฮลวีตไม่ส่งผลต่อค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองของขนมปังโฮลวีตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านกายภาพ การเพิ่มขึ้นของปริมาณแกล่นตะวันที่ใช้ทดแทนไขมัน ส่งผลให้ปริมาตรและปริมาตรจำเพาะของขนมปังโฮลวีตมีค่าลดลง แต่เมื่อเพิ่มสัดส่วนปริมาณแกล่นตะวันที่ร้อยละ 100 ของปริมาณไขมันในส่วนผสมกลับพบว่า ปริมาตรของขนมปังมีค่าเพิ่มขึ้น ขนมปังฟูขึ้น ใกล้เคียงกับปริมาตรของขนมปังโฮลวีตสูตรมาตรฐาน

ด้านเนื้อสัมผัส ปริมาณแกล่นตะวันที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เนื้อสัมผัสของขนมปังแข็งขึ้น ค่าความเคี้ยวได้สูงขึ้น มีปริมาณโปรตีนมากขึ้น ปริมาณไขมันลดลง และไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำอิสระ เมื่อพิจารณาจากผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในทุกด้านสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณแกล่นตะวันร้อยละ 50 ของปริมาณไขมันในส่วนผสม เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ทดแทนไขมันในขนมปังโฮลวีต เนื่องจากไม่ทำให้ค่าความสว่างและค่าสีเปลี่ยนแปลง ส่งผลต่อคุณภาพด้านกายภาพเพียงเล็กน้อย มีไขมันต่ำ โปรตีนสูง และสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ไม่เกิน 4 วันหลังจากอบ

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา อาจารย์สาขาธุรกิจอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ และอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ อันส่งผลให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2555). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนம்ப้าง (มผช. 747/2555)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [2] วราภรณ์ เจริญถาวร และ เจิมสิริ เหลืองศุภกรณ์. (2551). *ขนம்ப้าง*. กรุงเทพฯ: Fullstop.
- [3] Pobpad.com (ม.ป.ป.). *ขนம்ப้างโฮลวีทมีประโยชน์มากกว่าขนம்ப้างขาวหรือไม่*. สืบค้นจาก <http://www.pobpad.com/ขนம்ப้างโฮลวีทมีประโยชน์>
- [4] Areeya Towviriyakul, Sitima Jitinandana, Kunchit Judprasong and Anadi Nitithamyong. (2012). *Formulation of jerusalem artichoke (helianthus tuberosus L.) juice*. The first Mea Fah Luang University International Conference 2012, 1-8.
- [5] คำแพง กิ่งแก้ว. (2556). *แก่นตะวันพืชมหัศจรรย์ด้านสุขภาพ*. กรุงเทพฯ ฯ: เคเคมีเดีย.
- [6] ศิริพร ตันจ่อ, ครรชิต จุดประสงค์ และ ประภาศรี ภูวเสถียร. (2553). อินูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์เพื่อสุขภาพ. *วารสารโภชนาการ*, 45(2), 2-13.
- [7] ศุภนันท์ คงวรรณ, ศรีนรินทร์ ไวเดชา และ ปาริฉัตร ตรีพัฒน์. (2560). การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของเจลอินูลินด้วยกระบวนการโฮโมจิไนซ์เซชันเพื่อใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เค้ก. *Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST)*, 25(3), 89-101.
- [8] สุกัญญา จิตตพรพงษ์. (2557). แก่นตะวันพืชมหัศจรรย์เพื่อสุขภาพ. *Kasetsart Extension Journal*, 60(2), 45-55.
- [9] บุญธิดา มระกุล (2564). *บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน ทำความรู้จักกับอินูลิน (Inulin) และประโยชน์ของอินูลินต่อสุขภาพ*. สืบค้นจาก <https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/585/อินูลินต่อสุขภาพ>
- [10] Shoaib M, Shehzad A, Omar M, Rakha A, Raza H, Rizwan H, et al. (2016). Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydr Polym*. 2016; 147, 444-454.
- [11] Cho SS and Samuel P. (2009). Fiber ingredients: food applications and health benefits. Florida (FL): CRC Press, Boca Raton; 2009, 41-55.
- [12] รายวดี ผดุงกาญจน์. (2560). *หลักการประกอบขนมอบ*. ม.ป.ท.

- [13] อัจฉรา ดลวิทยาคณ. (2556). *การทดลองอาหาร*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- [14] ทิพรัักษ์ วงชาติ, พีรดา สลักคำ, และ ณัฐธิรา ศรีทอง. (2566). ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งแทนตะวันต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สปีนจ์เค้ก. *วารสารวิทยาศาสตร์คชสาสน์*, 45(1), 21-29.
- [15] กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2557). *วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหาร เล่มที่ 2*. กรุงเทพฯ: สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.
- [16] จิตรา สิงห์ทอง. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพจากแป้งแทนตะวัน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 21(1), 76-89.
- [17] แสงแข สพันธุ์พงศ์. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร*, 13(2), 186-195.
- [18] จิตธนา แจ่มเมฆ. (2546). *เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [19] จิรนาถ บุญคง และ นนทิภา ราชชมภู. (2552). การใช้โอควาเซียทดแทนไขมันบางส่วนในผลิตภัณฑ์เค้กเนย. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 5(1), 26-35.
- [20] กฤติยา เชื้อนเพชร, รวิพร พลพีช, กนกพร ลีวานิชกุล และ ศิริยา กาวิเชียร. (2563). ผลของชนิดข้าวและวิธีทำแห้งต่อคุณภาพของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปผสมแทนตะวัน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 28(10), 1813-1833.