# การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.)
# Development of Healthy Bread Product from Sunchoke (*Helianthus tuberosus* L.) Flour

**จิตรา สิงห์ทอง**
**Jittra Singthong**

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชนี 34190

Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture,
Ubon Ratchathani University, Warinchamrap, Ubon Ratchathani, 34190 Thailand.
E-mail: jittra.w@ubu.ac.th

*Received: Mar 29, 2018*
*Revised: May 21, 2018*
*Accepted: May 30, 2018*

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งแก่นตะวัน ซึ่งพบว่ามีความชื้น เถ้า เยื่อใยหยาบ โปรตีน ไขมันและอะไมโลสร้อยละ 7.52, 3.40, 3.10, 4.10, 2.51 และ 0.04 ตามลำดับ โดยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่คือ คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 82.36 ประกอบด้วยใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 40.07 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 13.04 และใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 53.11 สำหรับค่าความหนืดพบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของแป้งแก่นตะวันจะทำให้ค่า peak viscosity, final viscosity, breakdown และ setback ของแป้งขนมปังมีแนวโน้มลดลง แต่เมื่อทำการเติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 ส่งผลให้ค่าดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อนำแป้งแก่นตะวันมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ระดับร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 พบว่าระดับที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาตรและปริมาตรจำเพาะลดลง เนื้อสัมผัสแข็งขึ้น ค่าการเกาะตัวและความยืดหยุ่นลดลง ความยากในการเคี้ยวมากขึ้น แต่เมื่อทำการเติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 ส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะของขนมปังเพิ่มขึ้น เนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น ค่าการเกาะตัวและความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น เมื่อทำการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่าขนมปังที่มีการเติมแป้งแก่นตะวันที่ระดับร้อยละ 5 ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

**คำสำคัญ:** แก่นตะวัน ขนมปัง แซนแทนกัม แป้ง

**Abstract**

The purpose of this research was to analyse the physical and chemical properties of Sunchoke flour. The results have indicated that moisture, ash, crude fiber, protein, lipid and amylose contents were 7.52, 3.40, 3.10, 4.10, 2.51 and 0.04 %, respectively. The main component was carbohydrates (82.36%). Total dietary fibre (TDF), soluble dietary fibre (SDF) and insoluble dietary fibre (IDF) of Sunchoke flour were 53.11, 40.07 and 13.04%, respectively. The increase of Sunchoke flour in bread flours resulted in a decrease of peak viscosity, final viscosity, breakdown and setback, which was in contrast with adding xanthan gum 0.5%. Therefore, Sunchoke flour was used to substitute wheat flour (0, 5, 10, 15 and 20%) and other ingredients were kept constant for all formulae. The increase in Sunchoke flour resulted in a decrease in the loaf volume, specific volume, softness, cohesiveness and springiness, which was in contrast with an increase in chewiness. The addition of xanthan increased specific volume, softness, cohesiveness and springiness. The results from sensory evaluation showed that adding Sunchoke flour 5% showed the liking scores in all attributes similar as the control.

**Keywords:** Sunchoke, Jerusalem artichoke, xanthan gum, bread, flour

**บทนำ**

แก่นตะวัน หรือ ทานตะวันหัว (Sunchoke หรือ Jerusalem artichoke) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus tuberosus* L. เป็นพืชหัวใต้ดินคล้ายมันฝรั่ง รับประทานได้ เป็นพืชตระกูลเดียวกับทานตะวัน มีดอกสีเหลืองคล้ายดอกบัวตอง แต่มีขนาดเล็ก มีหัวรูปร่างคล้ายขิงอวบ เปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีขาว องค์ประกอบหลักคือคาร์โบไฮเดรต โดยคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ในหัวแก่นตะวันอยู่ในรูปสารโพลีเมอร์ที่เรียกว่า อินูลิน (Inulin) และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructooligosaccharide) อินูลินมีสมบัติกระตุ้นการหลั่งของน้ำดี ขับปัสสาวะ และเป็นสารอาหารที่ให้ความหวาน ไม่ถูกย่อยในกระเพาะและลำไส้เล็ก โดยอยู่ในระบบทางเดินอาหารเป็นเวลานาน ทำให้ไม่รู้สึกหิว กินอาหารได้น้อย ไม่เพิ่มน้ำตาลในเลือด เนื่องจากมีแคลอรี่ต่ำ จึงช่วยในการลดความอ้วน ป้องกันความเสี่ยงของโรคเบาหวาน และลดความดันเลือดได้ดี [1] นอกจากนั้นอินูลินสามารถยึดจับกับไขมันในเส้นเลือดชนิดที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย เช่น คอเลสเตอรอล (Cholesterol) ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) และแอลดีแอล (LDL) จึงช่วยลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดอุดตัน และยังช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย อินูลินนั้นเป็นพวกใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารและไม่ให้พลังงาน แต่ถูกย่อยได้ด้วยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ รวมทั้งแก่นตะวันยังมีองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระได้ [2] [3]

โดยทั่วไปผู้คนใช้ชีวิตแบบเร่งรีบ ซึ่งเวลาในแต่ละวันจะหมดไปกับการทำกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น การเรียน การทำงาน การเดินทาง เป็นต้น ดังนั้นอาหารที่รับประทานจึงเป็นอาหารประเภทที่มีความสะดวกและรวดเร็วในการบริโภค เช่น ขนมปัง แซนวิส คุ๊กกี้ เป็นต้น ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่ค่อยให้ความสำคัญกับการเลือกรับประทานอาหารที่เป็นประโยชน์เท่าที่ควร เนื่องจากว่ามีข้อจำกัดด้านเวลาซึ่งเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคได้รับสารอาหารที่จำเป็นไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ง่าย และขนมปังจัดเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มขนมอบที่ได้รับความนิยมอีกชนิดหนึ่งที่หาซื้อได้ทั่วไปและราคาไม่แพง [4] ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่มีเวลาจำกัด ต้องการความสะดวกและรวดเร็ว

รวมทั้งในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น โดยในปี 2013 มูลค่าของตลาดสินค้าอาหารเพื่อสุขภาพของโลกอยู่ที่ประมาณ 80,000 ล้านเหรียญสหรัฐ โดยคาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องไปอยู่ที่ราว 161,500 ล้านเหรียญสหรัฐ ในปี 2018 หรือคิดเป็นอัตราเติบโตเฉลี่ยสะสม (CAGR) ที่ 15% ต่อปี [5] สอดคล้องกับยอดขายสินค้าเพื่อสุขภาพในไทยที่มีอัตราเติบโตถึงร้อยละ 27 จากปี 2013-2017 จากยอดขาย 157,2116.4 ล้านบาท ในปี 2013 เป็น 198,947.8 ล้านบาท ในปี 2017 [6]

ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งแก่นตะวันที่มีส่วนประกอบของอินูลินที่มีประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหาร เพราะเป็นใยอาหาร และ พรีไบโอติก รวมทั้งการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพ โดยศึกษาผลของแป้งแก่นตะวันต่อคุณภาพขนมปังและการยอมรับของผู้บริโภค และปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เพื่อช่วยปรับปรุงคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้น่าจะเป็นแนวทางในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับขนมปังเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้วัตถุดิบให้เป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย**

*วัตถุดิบ (แก่นตะวัน)*

การเตรียมแป้งแก่นตะวัน [7] [8] โดยนำหัวแก่นตะวันสายพันธุ์แก่นตะวันเบอร์ 2 จากวิสาหกิจชุมชนศรีอุดมก้าวหน้า เลขที่ 88 ต. นาห่อม อ. ทุ่งศรีอุดม จ. อุบลราชธานี มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก นำไปสไลด์ให้มีแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำมาแช่ในสารละลาย Ascorbic acid (0.1% w/w) เป็นเวลา 2-3 นาที เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและเอนไซม์อินูเลส สะเด็ดน้ำและนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 [9] บดด้วยเครื่องบด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 Mesh จากนั้นนำไปบรรจุสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิห้องเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

*การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี-กายภาพของแป้งแก่นตะวัน*

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) ของแก่นตะวัน ตามวิธีของ AOAC [10] ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต และศึกษาปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ โดยดัดแปลงจากวิธีการของ AOAC enzymatic-gravimetric method [10] และปริมาณอะไมโลส ดัดแปลงจากวิธีการของ Juliano [11]

ศึกษาสมบัติด้านความหนืดของแป้งแก่นตะวันที่เติมลงในแป้งทำขนมปัง ที่ระดับร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ตามลำดับ ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) โดยทำการวัด Peak viscosity, Breakdown, Final viscosity, Setback, Pasting temperature, Holding strength และ Peak Time

*การศึกษาผลของแป้งแก่นตะวันและสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพขนมปัง*

ศึกษาปริมาณของแป้งแก่นตะวันและแซนแทนกัมที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมปัง โดยทำการเติมแป้ง

แก่นตะวันที่ระดับแตกต่างกันลงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง ที่ระดับร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ตามลำดับ และใช้ปริมาณแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 (w/w, flour basis) นำขนมปังที่ได้ในแต่ละตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

*คุณภาพทางกายภาพ*

- น้ำหนัก (Weight), ปริมาตร (Volume) และปริมาตรจำเพาะของขนมปัง (Specific volume)
- ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analysis) ด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น LLOYD model LRSK series
- ค่าสีของเนื้อ (Crumb) และเปลือก (Crust) ของขนมปัง ด้วยเครื่องวัดสี (Chroma meter) ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex 45/0

*คุณภาพทางเคมี*

- ปริมาณความชื้น (Moisture) ดัดแปลงตามวิธีของ AOAC [9]

*การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)*

ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบชิม ด้วยวิธีการให้คะแนน (Hedonic scoring) ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (ให้คะแนนในช่วง 1 - 9 โดยคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด) จำนวน 40 คน

*การศึกษาลักษณะทางโครงสร้างของผลิตภัณฑ์*

ศึกษาลักษณะทางโครงสร้างของผลิตภัณฑ์โดยวิธี Scanning electron microscopy (SEM)

*การวิเคราะห์ทางสถิติ*

การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของขนมปังใช้แผนการทดลองแบบ CRD (Complete randomized design) การทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized complete block design) นำผลการทดลองไปวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple rang test (MRT) โดยใช้โปรแกรม Statistic Package for the Social Science (SPSS)

**ผลการทดลองและวิจารณ์ผล**

**การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งแก่นตะวัน**

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate Analysis) ของแป้งแก่นตะวัน จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของแป้งแก่นตะวันคือ คาร์โบไฮเดรตคิดเป็นร้อยละ 82.36±0.25 และมีความชื้นร้อยละ 7.52±0.34 โปรตีนร้อยละ 4.10±0.07 เถ้าร้อยละ 3.40±0.05 ไขมันร้อยละ 2.51±0.07 เยื่อใยร้อยละ 3.10±0.00 ส่วนการวิเคราะห์อะไมโลส พบว่าปริมาณอะไมโลสน้อยมากคิดเป็นร้อยละ 0.04±0.00 ส่วนใยอาหารของแป้งแก่นตะวัน พบว่าแป้งแก่นตะวันมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 40.07±0.08 มีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ 13.04±0.51 และมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 53.11±0.59 (Table 1) ในหัวแก่นตะวันมีอินูลินซึ่งจัดเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ [12] [13] จะเห็นได้ว่าในแป้งแก่นตะวันมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำมากกว่าปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหาร และไม่ให้พลังงาน มีสมบัติเป็นพรีไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ [2]

*สมบัติด้านความหนืด (Pasting properties)*

เมื่อนำแป้งแก่นตะวันมาทำการวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) โดยทำการผสมแป้งแก่นตะวันลงในแป้งทำขนมปังที่อัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 เช่นเดียวกับการใช้แป้งแก่นตะวันในผลิตภัณฑ์ขนมปัง พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของแป้งแก่นตะวันทำให้ค่า peak viscosity, final viscosity, breakdown และ setback ของแป้งขนมปังมีแนวโน้มลดลง แต่ค่า pasting temperature มีค่าเพิ่มมากขึ้น (Figure 1A-D) และเมื่อทำการเติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 ลงไปในทุกตัวอย่าง พบว่า มีค่า peak viscosity ที่เพิ่มขึ้นมากกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมแซนแทนกัม และทำให้ค่า pasting temperature ลดลง ในทุก ๆตัวอย่าง (Figure 1A1-D1) นั่นคือแป้งทำขนมปังที่เติมแป้งแก่นตะวันและแซนแทนกัมสามารถพองตัวได้เร็วขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมแซนแทนกัม จึงสามารถบอกได้ว่าแซนแทนกัมช่วยให้ถึงอุณหภูมิในการเกิดเจลได้เร็วขึ้น และความหนืดโดยรวมทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นก็เนื่องจากสมบัติการให้ความหนืดของแซนแทนกัมทำให้แป้งมีความหนืดเพิ่มขึ้น [14] ดังนั้นการเติมแซนแทนกัมจะส่งผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้น โดยเกิดจากแซนแทนกัมช่วยเพิ่มการพองตัวของแป้งในระหว่างการเกิดเจลาติไนเซชัน ทำให้ความหนืดของตัวอย่างที่เติมแซนแทนกัมมีค่าเพิ่มขึ้น [15] และอาจจะเกิดเนื่องจากเมื่อแป้งได้รับความร้อนจะพองตัวขึ้น เคลื่อนที่ได้ยากเพราะแซนแทนกัมจับกับน้ำทำให้ปริมาณน้ำรอบๆ ลดลง ส่งผลให้ความหนืดที่สูงขึ้น [16] ค่า Peak Viscosity ของตัวอย่างแป้งแก่นตะวันร้อยละ 5 ที่เติมแซนแทนกัมมีค่า 2115.00±19.67 RVU ซึ่งใกล้เคียงกับตัวอย่างแป้งขนมปังที่มีค่า Peak Viscosity 2213.00±101.89 RVU สำหรับค่า setback หรือค่าการคืนตัวจะสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัสขนมปัง และค่า setback นี้เกี่ยวของกับกระบวนการรีโทรเกรเดชัน ซึ่งจะเกิดหลังจากแป้งเกิดกระบวนการเจลาติไนเซชัน ซึ่งกระบวนการนี้จะทำให้โมเลกุลของอะไมโลสหลุดออกจากเม็ดแป้ง เมื่ออุณหภูมิลดลงอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะยึดเกาะกันเป็นโครงสร้างที่เป็นเจล การที่ setback สูง คือเจลจะมีโครงสร้างแข็งแรง [17] จากผลการวิเคราะห์ ค่า setback ของตัวอย่างแป้งแก่นตะวันที่เติมในระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่า setback ลดลง เนื่องจากแป้งแก่นตะวันมีปริมาณอะไมโลสน้อยมาก จึงมีการจัดเรียงตัวกันได้น้อยลง

เมื่อเติมแซนแทนกัมในตัวอย่างร้อยละ 5 และ 10 มีค่า setback ที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ไม่เติมแซนแทนกัม แต่ในระดับร้อยละ 15 และ 20 ที่เติมแซนแทนกัม มีค่า setback น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมแซนแทนกัม โดยค่าการคืนตัวของแป้งเป็นดัชนีบ่งบอกถึงความคงตัวของเจลและความสามารถในการเกิดรีโทรเกรเดชัน ซึ่งแป้งที่มีค่าการคืนตัวสูงจะเกิดรีโทรเกรเดชันได้ดี [18] ส่วนค่า breakdown คือ ค่าความแตกต่างของความหนืดสูงสุดกับค่าความหนืดต่ำสุด ซึ่งแสดงถึงความคงตัวของเม็ดสตาร์ชต่อการแตกตัวหลังการเกิดเจลาติไนเซชันเป็นค่าที่ได้ในช่วงระดับอุณหภูมิคงที่ เมื่อเม็ดสตาร์ชแตกตัวโมเลกุลของอะไมโลสจะหลุดออกมาสู่สารละลายมากขึ้น ซึ่งพบว่าเมื่อทดแทนแป้งแก่นตะวันในระดับเพิ่มมากขึ้น ค่า breakdown มีค่าลดลงตามลำดับ ในตัวอย่างที่เติมแซนแทนกัมพบว่าค่า breakdown มีค่ามากกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมแซนแทนกัม ยกเว้นในระดับร้อยละ 20 อาจเนื่องมากจากอินูลินและแซนแทนกัมแย่งกันจับกับน้ำ ทำให้แป้งใช้น้ำในการละลายได้น้อยลงกว่าตัวอย่างอื่นๆ จึงมีการเปลี่ยนแปลงความหนืดได้น้อยลง ในส่วนของ final viscosity ซึ่งเป็นความหนืดสุดท้ายที่เกิดขึ้นหลังจากที่เม็ดแป้งได้รับความร้อนจนเม็ดแป้งแตกและทำให้เย็นจนเกิดเจลให้ผลเช่นเดียวกับความหนืดสูงสุด คือเมื่อเติมแซนแทนกัมในแป้งแก่นตะวัน ค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัวมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากแซนแทนกัมจับกับน้ำและผลการเกิดเจลาติไนเซชันของอะไมโลสที่เปลี่ยนแปลงไปจากการมีแซนแทนกัมรวมอยู่ด้วย [16]

**การศึกษาผลของแป้งแก่นตะวันต่อคุณภาพขนมปัง**

การศึกษาคุณภาพของขนมปังที่เติมแป้งแก่นตะวันทดแทนแป้งสาลีชนิดทำขนมปังในปริมาณร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 เพื่อวัดลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของขนมปัง โดยการวิเคราะห์หาน้ำหนัก (Weight) ปริมาตร (Volume) ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analysis) ความชื้น (Moisture) สีของเนื้อ (Crumb) และเปลือก (Crust) รวมทั้งการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส (Sensory) ของขนมปัง โดยทำการเปรียบเทียบกับตัวอย่างขนมปังควบคุมที่ไม่ได้ทดแทนด้วยแป้งแก่นตะวันแต่ใช้แป้งสาลีทำขนมปังร้อยละ 100 เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม

**Table 1** Proximate analysis of Sunchoke flour.

| Component | % (wet basis) |
|---|---|
| Moisture | 7.52±0.34 |
| Ash | 3.40±0.05 |
| Protein | 4.10±0.07 |
| Lipid | 2.51±0.07 |
| Crude fiber | 3.10±0.00 |
| *Carbohydrate | 82.36±0.25 |
| Amylose | 0.04±0.00 |
| Soluble dietary fiber | 40.07±0.08 |
| Insoluble dietary fiber | 13.04±0.51 |
| Total dietary fiber | 53.11±0.59 |

Note: Mean±SD (n=3)

*Carbohydrate= 100-Moisture-Lipid-Protein-Ash-Crude fiber

*น้ำหนัก (Weight), ปริมาตร (Volume) และปริมาตรจำเพาะของขนมปัง (Specific volume)*

คุณภาพของขนมปังที่ดีจะต้องมีปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป การมีปริมาตรจำเพาะมากเกินไป จะมีโครงสร้างรูพรุนขนาดใหญ่ทำให้ไม่น่ารับประทาน ส่วนการมีปริมาตรจำเพาะน้อยเกินไป ขนมปังจะมีความแน่นและมีความหนัก ทำให้ไม่น่ารับประทาน [19] จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของขนมปัง (Table 2) พบว่าการเติมแป้งแก่นตะวันในระดับต่างๆมีผลเพียงเล็กน้อยต่อน้ำหนักขนมปัง แต่ส่งผลอย่างเห็นได้ชัดต่อค่าปริมาตรจำเพาะของขนมปัง โดยเมื่อเติมแป้งแก่นตะวันในระดับที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันระดับร้อยละ 5, 10, 15 ที่ไม่เติมแซนแทนกัม มีปริมาตรจำเพาะของขนมปังลดลงตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (Figure 2A, C, E) เนื่องจากแป้งแก่นตะวันประกอบด้วยใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (อินูลิน) ซึ่งอินูลินจะไปขัดขวางการดูดซับน้ำของกลูเตน ทำให้กลูเตนนำน้ำไปใช้ในการสร้างโครงสร้างร่างแหได้ไม่ดี ส่งผลให้โครงสร้างภายในขนมปังมีความแข็งแรง

น้อยลง ขนมปังจึงมีปริมาตรลดลงหลังการอบ จากผลการวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง RVA จะพบว่าตัวอย่างแป้งแก่นตะวันที่ไม่เติมแซนแทนกัมจะมีค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ลดลง โดยขนมปังที่ได้จะมีลักษณะก้อนขนาดเล็กและเนื้อของแป้งโดระหว่างการนวดมีการเกาะตัวกันได้น้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rosell และ Santos [20] ที่ทำการเติมใยอาหารผสมลงในขนมปัง พบว่าในตัวอย่างขนมปังอบทั้งหมดมีค่าปริมาตรจำเพาะลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม การเติมแซนแทนกัมในระดับร้อยละ 0.5 (w/w, flour basis) ลงในสูตรขนมปังที่เติมแป้งแก่นตะวันระดับร้อยละ 5, 10 และ 15 พบว่าปริมาตรขนมปังและปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกตัวอย่าง (Figure 2B, D, F) เนื่องจากแซนแทนกัมมีความสามารถในการทำให้โดมีความหนืดเพิ่มขึ้น และทำให้โดมีความคงตัวของโครงสร้างร่างแหระหว่างกลูเตนกับแป้งมากขึ้นในระหว่างกระบวนการอบ [21] นอกจากนี้แซนแทนกัมยังทำให้โครงสร้างเนื้อขนมปังมีเซลล์เปิดเพิ่มมากขึ้น ปริมาตรจำเพาะของขนมปังจึงมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้น ยกเว้นในตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันร้อยละ 20 ที่เติมแซนแทนกัม พบว่ามีปริมาตรจำเพาะของขนมปังน้อยกว่าตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันร้อยละ 20 ที่ไม่เติมแซนแทนกัม เนื่องจากอินูลินและแซนแทนกัมจะแย่งกลูเตนในการจับกับน้ำ กลูเตนจึงใช้น้ำเพื่อสร้างโครงสร้างร่างแหได้น้อยลง ส่งผลให้ในขนมปังแก่นตะวันร้อยละ 20 ที่เติมแซนแทนกัมมีค่าปริมาตรจำเพาะของขนมปังน้อยกว่าตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันร้อยละ 20 ที่ไม่เติมแซนแทนกัม ดังนั้นการเติมแซนแทนกัมลงในขนมปังที่มีแป้งแก่นตะวันในระดับร้อยละ 5, 10, 15 จะช่วยเพิ่มปริมาตรจำเพาะของขนมปัง ยกเว้นในขนมปังที่มีแป้งแก่นตะวันระดับร้อยละ 20

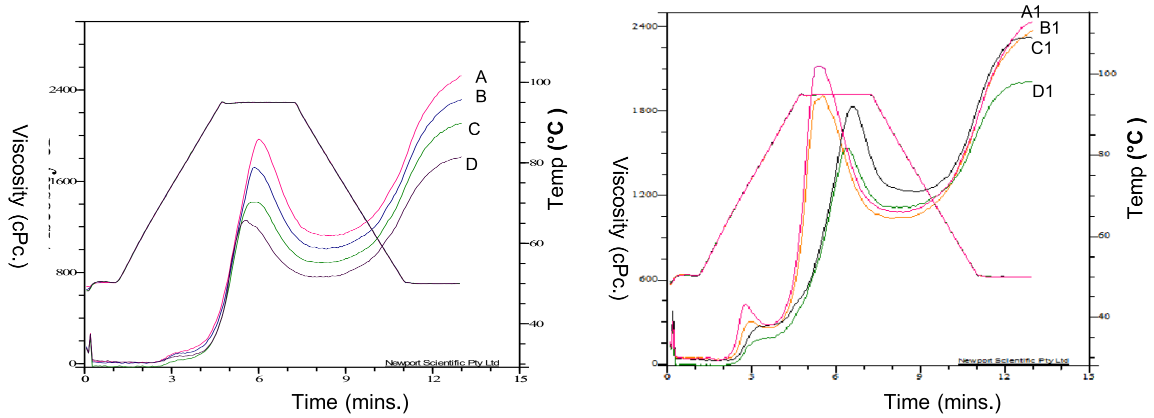



**Figure 1** Pasting properties of bread flour with Sunchoke flour.
Sunchoke flour 5% without xanthan gum (A) and with xanthan gum 0.5% (A1)
Sunchoke flour 10% without xanthan gum (B) and with xanthan gum 0.5% (B1)
Sunchoke flour 15% without xanthan gum (C) and with xanthan gum 0.5% (C1)
Sunchoke flour 20% without xanthan gum (D) and with xanthan gum 0.5% (D1)

**Table 2** Physical properties of bread made with Sunchoke flour.

| Bread | Weight (g) | Volume (ml) | Specific volume (ml/g) |
|---|---|---|---|
| 1. Control | 54.86±0.05$^{a}$ | 159.09±1.59$^{b}$ | 2.90±0.03$^{b}$ |
| 2. Sunchoke flour 5% | 54.70±0.21$^{ab}$ | 146.34±2.87$^{d}$ | 2.68±0.06$^{d}$ |
| 3. Sunchoke flour 10% | 54.68±0.17$^{ab}$ | 116.33±2.05$^{f}$ | 2.13±0.03$^{f}$ |
| 4. Sunchoke flour 15% | 54.37±0.12$^{c}$ | 101.74±2.67$^{g}$ | 1.87±0.05$^{g}$ |
| 5. Sunchoke flour 20% | 54.09±0.02$^{d}$ | 87.93±2.73$^{h}$ | 1.63±0.04$^{h}$ |
| 6. Sunchoke flour 5% with xanthan gum 0.5% | 54.56 ±0.24$^{bc}$ | 165.86±0.13$^{a}$ | 3.04±0.01$^{a}$ |
| 7. Sunchoke flour 10% with xanthan gum 0.5% | 54.44 ±0.11$^{bc}$ | 150.43±1.29$^{c}$ | 2.76±0.02$^{c}$ |
| 8. Sunchoke flour 15% with xanthan gum 0.5% | 54.34±0.06$^{c}$ | 120.98±4.22$^{e}$ | 2.23± 0.08$^{e}$ |
| 9. Sunchoke flour 20% with xanthan gum 0.5% | 54.58±0.05$^{bc}$ | 78.59±1.57$^{i}$ | 1.44±0.03$^{i}$ |

Note: Mean±SD (n=3) $^{a,b,c,d,e,f,g,h,i}$ Values with different letters in the same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

*ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analysis)*

จากการศึกษาคุณภาพขนมปังที่เติมแป้งแก่นตะวันระดับร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปัง ด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) และมีการเติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 (Table 3) โดยค่า hardness แสดงถึงค่าความแข็งของตัวอย่าง ค่า hardness ที่มาก แสดงว่าตัวอย่างมีความแข็งมาก ส่วนค่า hardness ที่น้อย แสดงว่าตัวอย่างมีความนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมจากการทดลอง พบว่าตัวอย่างขนมปังที่ไม่เติมแซนแทนกัมมีค่า hardness เพิ่มขึ้นเมื่อเติมแป้งแก่นตะวันในระดับที่สูงขึ้น เนื่องจากปริมาณอินูลินในแป้งแก่นตะวันที่เติมลงไปในระดับที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของกลูเตนลดลง ส่งผลต่อโครงสร้างของขนมปังโดยเนื้อขนมปังจะแน่นขึ้น สัมพันธ์กับปริมาตรจำเพาะของขนมปังซึ่งจะมีค่าลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rosell และ Santos [20] ที่พบว่าการเติมใยอาหารผสมลงในขนมปังจะส่งผลทำให้ปริมาตรจำเพาะลดลง และมีค่า hardness เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เนื่องจากอินูลินไปขัดขวางโครงสร้างของกลูเตน ทำให้การขยายตัวของโดเกิดได้ไม่เต็มที่ ปริมาตรของขนมปังจึงมีค่าลดลง ส่งผลให้เนื้อขนมปังมีความแน่นขึ้น และทำให้ค่า hardness เพิ่มขึ้นตามลำดับ ในตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันที่เติมแซนแทนกัม จะพบว่าค่า hardness มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันที่ไม่เติมแซนแทนกัม เนื่องจากแซนแทนกัมมีความสามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้เนื้อของขนมปังมีความนุ่ม เพราะโดมีความคงตัวของโครงสร้างร่างแหระหว่างกลูเตนและแป้งมากขึ้นในระหว่างกระบวนการอบ [21] จึงทำให้ค่า hardness ลดลง ยกเว้นตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันร้อยละ 20 ที่เติมแซนแทนกัม จะมีค่า hardness มากกว่าตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันร้อยละ 20 ที่ไม่เติมแซนแทนกัม ซึ่งสัมพันธ์กับตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันร้อยละ 20 ที่เติมแซนแทนกัมจะมีค่าปริมาตรจำเพาะน้อยกว่าตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันร้อยละ 20 ที่ไม่เติมแซนแทนกัม เนื่องจากการเติมแป้งแก่นตะวันที่ระดับร้อยละ 20 ใยอาหารในแป้งแก่นตะวันจะแย่งกลูเตนจับกับน้ำได้มากขึ้น และเมื่อทำการเติมแซนแทนกัมลงไป แซนแทนกัมก็จะไปแย่งกลูเตนจับกับน้ำแล้วทำให้โดมีความหนืดมากขึ้น จึงส่งผลทำให้กลูเตนมีน้ำใช้ในการสร้างร่างแหได้ไม่เพียงพอ ส่วนค่า cohesiveness บ่งบอกถึงการเกาะตัวกันของผลิตภัณฑ์ พบว่าตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันที่ไม่เติมแซนแทนกัมมีค่า cohesiveness ลดลงเมื่อมีการเติมแป้งแก่นตะวันในระดับที่สูงขึ้นโดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ซึ่งสัมพันธ์กับค่า peak viscosity ที่พบว่าความหนืดของตัวอย่างที่ไม่เติมแซนแทนกัมมีค่าลดลง ดังนั้นขนมปังแก่นตะวันที่ไม่เติมแซนแทนกัมจึงมีการเกาะตัวกันได้ลดลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Haros และคณะ [22] ที่ทำการเติมแป้ง Whole amaranth ในระดับร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 จะมีค่า cohesiveness ที่ลดลงตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามเมื่อเติมแซนแทนกัมลงไปทำให้ขนมปังแก่นตะวันมีค่า cohesiveness เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สัมพันธ์กับค่า peak viscosity ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากแซนแทนกัมทำให้โดมีความคงตัวและเหนียวเพิ่มขึ้น โดจะมีการเกาะตัวกันได้ดีทำให้ขนมปังแก่นตะวันที่เติมแซนแทนกัมมีค่าการเกาะตัวกันดีกว่าตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันที่ไม่เติมแซนแทนกัม สำหรับค่า springiness แสดงถึงความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ โดยตัวอย่างขนมปังที่ไม่เติมแซนแทนกัมมีค่า springiness ลดลง ซึ่งหมายถึงตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันที่ไม่เติมแซนแทนกัมมีการคืนตัวหลังการกดหัววัดลักษณะเนื้อสัมผัสได้น้อยเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม แต่ในตัวอย่างที่เติมแซนแทนกัมจะพบว่า springiness มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่เติมแซนแทนกัม โดยค่า springiness จะแปรผกผันกับค่า hardness เนื่องจากเมื่อขนมปังมีความนุ่มการคืนตัวของขนมปังก็จะมาก ส่งผลให้ springiness มีค่ามาก และจะทำให้ hardness มีค่าน้อย โดยตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันที่ระดับร้อยละ 5 และ 10 ที่ไม่เติมแซนแทนกัม กับตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันร้อยละ 5, 10 และ 15 ที่เติมแซนแทนกัมมีค่า springiness ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับตัวอย่างขนมปังควบคุม ส่วนค่า chewiness (แรงในการเคี้ยว) เมื่อเติมแป้งแก่นตะวันในระดับที่เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ค่า chewiness เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ค่า chewiness จะแปรผันตรงกับค่า hardness โดยเมื่อค่า hardness เพิ่มขึ้นแรงในการเคี้ยวก็จะเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันที่ระดับร้อยละ 5 ที่ไม่เติมแซนแทนกัมและขนมปังแก่นตะวันร้อยละ 5 และ 10 ที่เติมแซนแทนกัมมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม เนื่องมาจากแซนแทนกัมช่วยทำให้ขนมปังมีความนุ่มมากขึ้น ปริมาตรจำเพาะสูงขึ้น ส่งผลให้แรงในการเคี้ยวลดลง จึงทำให้ได้ขนมปังที่มีค่า chewiness ใกล้เคียงกับตัวอย่างขนมปังควบคุม ขนมปังที่เติมแป้งแก่นตะวันจะมีเนื้อที่แข็งเพิ่มขึ้น ทำให้ใช้แรงในการเคี้ยวเพิ่มขึ้น ความยืดหยุ่นของขนมปังจะลดน้อยลง ขนมปังมีความเหนียวนุ่มลดลง แต่การเติมแซนแทนกัมลงในตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันจะช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังดีขึ้นตามลำดับ

*ค่าสีของเนื้อ (Crumb) และเปลือก (Crust) ขนมปัง*

การศึกษาผลของแป้งแก่นตะวันต่อสีเนื้อขนมปัง (Table 4) พบว่า เมื่อระดับการเติมแป้งแก่นตะวันเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ของเนื้อขนมปังลดลง แต่ค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม เนื่องจากเนื้อขนมปังที่เข้มขึ้นจะมีค่าสีเหลืองที่เพิ่มขึ้น การเติมแป้งแก่นตะวันจะลดสัดส่วนของแป้งสาลีทำขนมปังที่มีสีขาวลง ทำให้ค่าความสว่างของเนื้อขนมปังลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Almeida และคณะ [23] ที่ทดลองการเติมรำข้าวลงในขนมปังแล้วพบว่ามีค่าความสว่างลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยปกติแล้วสีที่วัดได้จะเกิดจากลักษณะของสีใยอาหารที่เติมในสูตรขนมปังเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Lebesi และคณะ [24] ที่พบว่า

การเติมข้าวบาร์เลย์และข้าวโพดลงในขนมปังที่ระดับเพิ่มมากขึ้นทำให้ค่าความสว่าง (L) ของสีเปลือกขนมปังมีค่าที่ลดลง จากการเติมแซนแทนกัมลงในขนมปังแก่นตะวันระดับต่าง ๆ พบว่ามีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบกับตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันที่ไม่เติมแซนแทนกัม โดยตัวอย่างขนมปังควบคุมและขนมปังแก่นตะวันร้อยละ 5 ที่เติมแซนแทนกัมมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดลดลง นอกจากนี้ค่าสีของเปลือกขนมปังก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับสีเนื้อขนมปัง (Table 5) การเติมแซนแทนกัมลงไปในขนมปังจะทำให้ค่าสีเปลือก L* มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันที่ไม่เติมแซนแทนกัม เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดลดลงที่ชั้นของเปลือกขนมปัง เพราะแซนแทนกัมมีความสามารถในการจับกับกรดอะมิโนซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ทำให้กรดอะมิโนไม่สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซิ่ง ส่งผลให้ปฏิกิริยาเมลลาร์ดลดลง และในงานวิจัยของ Shittu และคณะ [21] ก็พบว่าการเติมแซนแทนกัมลงในขนมปังจะทำให้เนื้อขนมปังมีค่าความสว่าง (L) มากขึ้น การที่สีของเปลือกขนมปังมีสีที่เพิ่มขึ้นไม่ได้มีผลมาจากสีของใยอาหาร แต่ส่วนใหญ่มาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและคาราเมลไรเซชัน อย่างไรก็ตามสีของเนื้อขนมปังจะมีสีที่เพิ่มมากขึ้นตามสัดส่วนการเติมใยอาหารที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงจากเปลือกขนมปังจะแผ่ไปถึงเนื้อขนมปังได้น้อย [24]

*ความชื้น*

ปริมาณความชื้นของขนมปังแก่นตะวันที่เติมแซนแทนกัมและไม่เติมแซนกัมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยที่ปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 29.58±0.08 - 29.85±0.06 ผลของปริมาณความชื้นที่ไม่แตกต่างกันนั้นอาจเนื่องมากจากปริมาณน้ำที่ใช้ในสูตรขนมปังมีปริมาณเท่ากัน และแป้งแก่นตะวันมีค่าการดูดซับน้ำที่ดี ซึ่งทำให้ปริมาณความชื้นไม่สูญเสียไปมากจากการอบ แม้ว่าค่าความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม แต่ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p$>0.05)

*การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส*

ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบการทดสอบการให้คะแนน 9-point Hedonic Scale ของขนมปังที่เติมแป้งแก่นตะวันในระดับร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 และเติมแซนแทนกัมปริมาณร้อยละ 0.5 (Table 6) พบว่าตัวอย่างขนมปังที่ไม่เติมแซนแทนกัมมีค่าคะแนนความชอบด้านสีที่ลดลงตามลำดับ เนื่องจากขนมปังที่เติมแป้งแก่นตะวันที่ระดับเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เนื้อขนมปังมีสีเข้มขึ้น ในส่วนค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นและคะแนนความชอบด้านรสชาติ พบว่าค่าคะแนนความชอบของทั้งสองมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากแป้งแก่นตะวันมีกลิ่นเฉพาะตัวของแป้งและมีรสชาติฝาด หวานเล็กน้อย ทำให้ขนมปังที่เติมแป้งแก่นตะวันมีกลิ่นและรสชาติที่เปลี่ยนแปลงไปจากตัวอย่างขนมปังควบคุม เช่นเดียวกับคะแนนด้านเนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) ก็มีแนวโน้มต่ำลง เนื่องจากขนมปังที่เติมแป้งแก่นตะวันสูงขึ้นทำให้มีปริมาตรจำเพาะต่ำ ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของเนื้อขนมปังมีความแข็งเพิ่มมากขึ้น ลักษณะปรากฏของขนมปังด้อยลง (Figure 2) จึงทำให้คะแนนความชอบโดยรวมของขนมปังแก่นตะวันมีแนวโน้มลดลง ส่วนตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันที่เติมแซนแทนกัมจะมีค่าคะแนนความชอบทุกด้านเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันที่ไม่เติมแซนแทนกัม เนื่องจากแซนแทนกัมช่วยปรับปรุงลักษณะปรากฏของขนมปังให้ดีขึ้น สีของเนื้อมีความสว่างมากขึ้น และทำให้ขนมปังนุ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Shittu และคณะ [21] ได้ทำการเติมแซนแทนกัมลงในขนมปังแล้ว พบว่าสามารถปรับปรุงลักษณะปรากฏของเปลือกและรสชาติรวมไปถึงการยอมรับโดยรวม แต่ยกเว้นค่าสีของขนมปังแก่นตะวันที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 20 มีค่าน้อยกว่าตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันที่ไม่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 20

ขนมปังแก่นตะวันร้อยละ 5 ที่มีการเติมแซนแทนกัมจะมีปริมาตรจำเพาะ ลักษณะเนื้อสัมผัสและสีของเนื้อกับเปลือกขนมปังที่ใกล้เคียงกับขนมปังควบคุมมากที่สุด โดยที่ความชื้นของขนมปังทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ขนมปังแก่นตะวันที่ระดับร้อยละ 5 ที่เติมและไม่เติมแซนแทนกัมมีค่าคะแนนความชอบทุกด้านที่ไม่แตกต่างกันกับตัวอย่างขนมปังควบคุม

**Table 3** Textural properties of bread made with Sunchoke flour.

| Bread | Hardness (N) | Cohesiveness | Springiness (mm) | Chewiness (kgf.mm) |
|---|---|---|---|---|
| 1. Control | 0.90±0.02$^{f}$ | 0.59±0.08$^{a}$ | 6.55±0.46$^{a}$ | 0.36±0.08$^{ef}$ |
| 2. Sunchoke flour 5% | 1.05±0.03$^{ef}$ | 0.55±0.02$^{ab}$ | 6.49±0.05$^{a}$ | 0.38±0.03$^{ef}$ |
| 3. Sunchoke flour 10% | 1.84±0.19$^{d}$ | 0.49±0.04$^{cde}$ | 6.39±0.02$^{a}$ | 0.58±0.06$^{d}$ |
| 4. Sunchoke flour 15% | 3.11±0.14$^{c}$ | 0.41±0.01$^{fg}$ | 6.06±0.05$^{b}$ | 0.79±0.06$^{c}$ |
| 5. Sunchoke flour 20% | 5.72±0.28$^{b}$ | 0.38±0.03$^{g}$ | 5.71±0.12$^{c}$ | 1.25±0.12$^{b}$ |
| 6. Sunchoke flour 5% with xanthan gum 0.5% | 0.86±0.08$^{f}$ | 0.54±0.03$^{abc}$ | 6.45±0.01$^{a}$ | 0.31±0.05$^{ef}$ |
| 7. Sunchoke flour 10% with xanthan gum 0.5% | 1.26±0.05$^{e}$ | 0.52±0.01$^{bcd}$ | 6.42±0.08$^{a}$ | 0.43±0.01$^{e}$ |
| 8. Sunchoke flour 15% with xanthan gum 0.5% | 2.91±0.09$^{c}$ | 0.47±0.01$^{de}$ | 6.25±0.03$^{ab}$ | 0.88±0.0$^{c}$ |
| 9. Sunchoke flour 20% with xanthan gum 0.5% | 7.02±0.37$^{a}$ | 0.46±0.01$^{ef}$ | 6.01±0.36$^{b}$ | 1.97±0.09$^{a}$ |

Note: Mean±SD (n=10) $^{a,b,c,d,e,f}$ Values with different letters in the same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

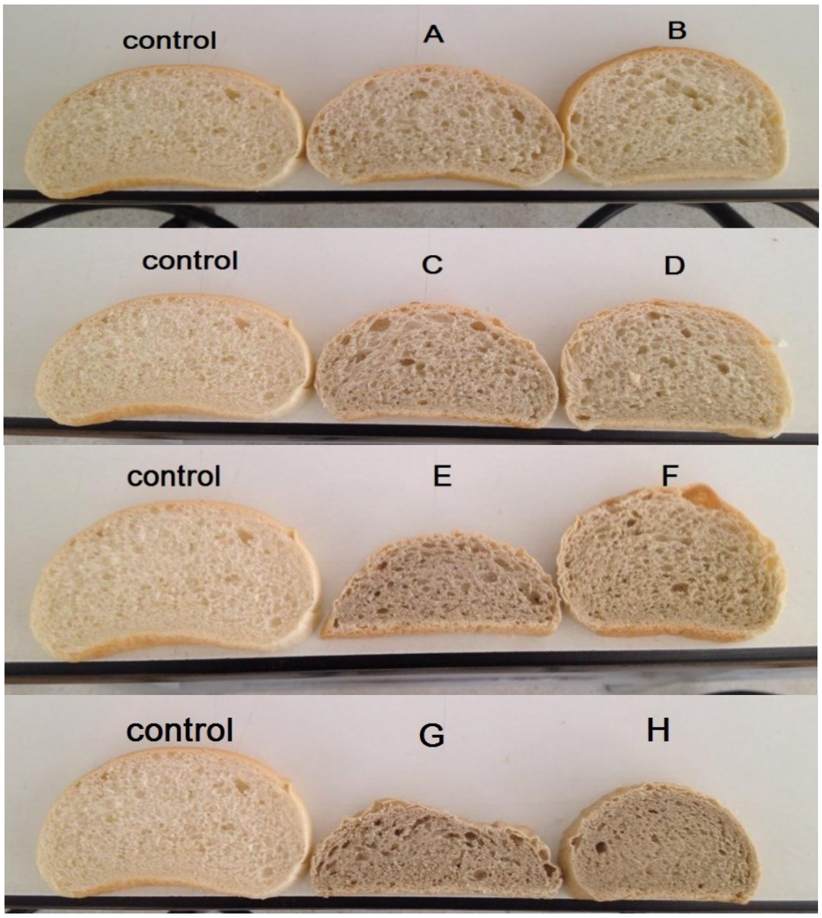



**Figure 2** Appearance of bread made with Sunchoke flour.

A: Sunchoke flour 5%, B: Sunchoke flour 5% with xanthan gum

C: Sunchoke flour 10%, D: Sunchoke flour 10% with xanthan gum

E: Sunchoke flour 15%, F: Sunchoke flour 15% with xanthan gum

G: Sunchoke flour 20%, H: Sunchoke flour 20% with xanthan gum

**Table 4** Crumb color of bread made with Sunchoke flour.

| Bread | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|
| 1. Control | 61.69±0.22[a] | 12.50±0.09[d] | 35.31±0.24[e] |
| 2. Sunchoke flour 5% | 57.89±0.28[c] | 15.28±0.76[a] | 35.83±0.17[d] |
| 3. Sunchoke flour 10% | 56.38±0.64[e] | 15.02±0.70[ab] | 36.54±0.23[c] |
| 4. Sunchoke flour 15% | 55.20±0.29[f] | 13.43±0.11[c] | 37.48±0.09[b] |
| 5. Sunchoke flour 20% | 53.63±0.83[g] | 15.16±0.55[ab] | 38.30±0.05[a] |
| 6. Sunchoke flour 5% with xanthan gum 0.5% | 61.37±0.59[a] | 12.40±0.50[d] | 35.12±0.61[e] |
| 7. Sunchoke flour 10% with xanthan gum 0.5% | 60.05±0.32[b] | 12.51±0.74[d] | 36.50±0.12[c] |
| 8. Sunchoke flour 15% with xanthan gum 0.5% | 57.02±0.36[d] | 14.30±1.09[b] | 37.42±0.14[b] |
| 9. Sunchoke flour 20% with xanthan gum 0.5% | 55.26±0.30[f] | 12.85±0.80[cd] | 38.06±0.41[a] |

Note: Mean±SD (n=5)

[a,b,c,d,e] Values with different letters in the same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

**Table 5** Crust color of bread made with Sunchoke flour

| Bread | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|
| 1. Control | 73.79±0.49[a] | -0.02±0.28[d] | 16.43±0.87[e] |
| 2. Sunchoke flour 5% | 72.38±0.38[b] | 0.61± 0.19[c] | 18.24 ±0.04[d] |
| 3. Sunchoke flour 10% | 71.70± 0.13[c] | 0.57± 0.17[c] | 18.75 ±0.17[cd] |
| 4. Sunchoke flour 15% | 67.50 ±0.44[d] | 1.25± 0.11[b] | 19.52 ±0.08[ab] |
| 5. Sunchoke flour 20% | 67.06±0.44[d] | 1.25±0.11[a] | 19.94±0.19[a] |
| 6. Sunchoke flour 5% with xanthan gum 0.5% | 73.89±0.36[a] | -0.02± 0.19[d] | 16.74± 0.83[e] |
| 7. Sunchoke flour 10% with xanthan gum 0.5% | 72.77± 0.40[b] | 0.67± 0.10[c] | 18.54±0.52[d] |
| 8. Sunchoke flour 15% with xanthan gum 0.5% | 71.82±0.55[c] | 1.09±0.13[b] | 19.23±0.26[bc] |
| 9. Sunchoke flour 20% with xanthan gum 0.5% | 67.06±0.44[d] | 1.55±0.09[a] | 19.94±0.19[a] |

Note: Mean±SD (n=5)

[a,b,c,d,e,f,g] Values with different letters in the same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

**Table 6** Sensory evaluation hedonic scores of bread made with Sunchoke flour.

| Bread | Appearance | Color | Aroma | Taste | Softness | Overall |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1. Control** | 7.64±1.05[a] | 7.56±1.12[a] | 7.09±1.10[a] | 7.33±1.14[a] | 7.46±1.14[a] | 7.61±0.92[a] |
| **2. Sunchoke flour 5%** | 7.00±1.21[a] | 7.17±1.36[a] | 6.74±1.04[a] | 6.83±1.42[a] | 7.00±1.43[a] | 7.17±1.04[a] |
| **3. Sunchoke flour 10%** | 5.71±1.58[bc] | 5.49±1.40[bc] | 5.89±1.39[bc] | 5.91±1.22[b] | 6.14±1.33[b] | 5.89±1.13[bc] |
| **4. Sunchoke flour 15%** | 5.11±1.97[cd] | 5.20±1.78[c] | 5.51±1.46[bc] | 5.23±1.54[cd] | 4.97±1.40[c] | 5.46±1.48[c] |
| **5. Sunchoke flour 20%** | 4.26±1.873e | 4.29±1.98[d] | 4.51±1.90[d] | 4.69±2.00[d] | 3.86±2.02[d] | 4.34±1.89[d] |
| **6. Sunchoke flour 5% xanthan 0.5%** | 7.14±0.94[a] | 6.79±1.40[a] | 6.69±1.18[a] | 7.06±1.37[a] | 7.14±1.14[a] | 7.26±1.01[a] |
| **7. Sunchoke flour 10% xanthan 0.5%** | 6.11±1.23[b] | 6.09±1.27[b] | 6.03±1.38[b] | 5.97±1.42[b] | 5.89±1.49[b] | 6.26±1.24[b] |
| **8. Sunchoke flour 15% xanthan 0.5%** | 5.31±1.51[c] | 5.31±1.69[c] | 5.66±1.66[bc] | 5.69±1.55[bc] | 5.60±1.54[bc] | 5.71±1.30[bc] |
| **9. Sunchoke flour 20% xanthan 0.5%** | 4.54±1.85[de] | 4.09±2.02[d] | 5.26±1.88[c] | 4.71±1.84[d] | 4.29±1.84[d] | 4.69±1.89[d] |

Note: Mean±SD (n=40)

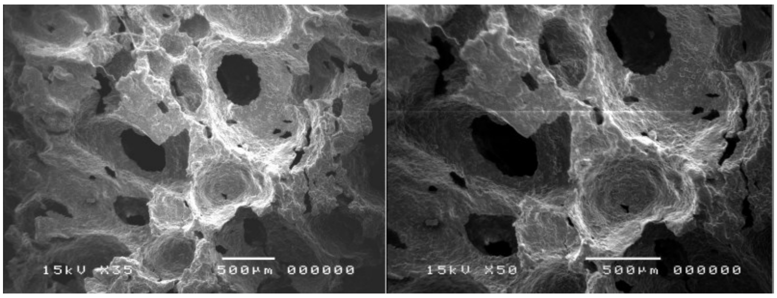
[a,b,c,d,e] Values with different letters in the same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

*ลักษณะโครงสร้างของขนมปัง*

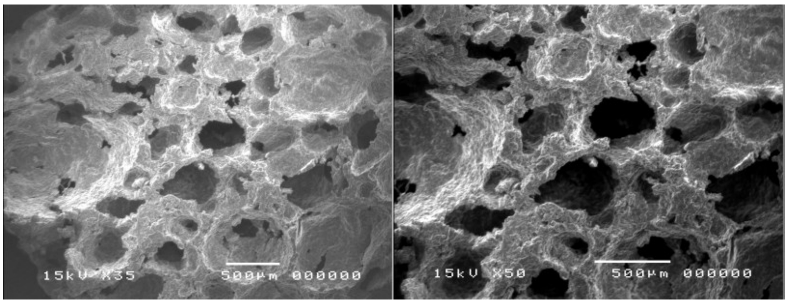
โครงสร้างรูพรุนภายในขนมปังมีความแตกต่างกัน โดยขนมปังควบคุม (Figure 3A) ซึ่งพบว่ามีโครงสร้างรูพรุนที่กลมขนาดใหญ่สม่ำเสมอกัน กลูเตนมีการเชื่อมต่อกันดี แต่เมื่อทำการเติมแป้งแก่นตะวันทดแทนลงในระดับที่เพิ่มมากขึ้นจะพบว่ารูพรุนของขนมปังมีขนาดลดลงตามลำดับ (Figure 3B, D, F) ขนมปังมีความแน่นเนื้อมากขึ้น สอดคล้องกับปริมาตรจำเพาะของขนมปัง โดยเมื่อเติมแป้งแก่นตะวันลงในขนมปังในระดับที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ปริมาตรจำเพาะลดลงและมีขนาดรูพรุนที่เล็กลง โครงสร้างกลูเตนจะถูกทำลายจากใยอาหาร (อินูลิน) โดยที่ใยอาหารจะไปแย่งกลูเตนในการจับกับน้ำ ทำให้กลูเตนมีน้ำในการสร้างโครงสร้างร่างแหได้ไม่ดีพอ จึงเกิดรูพรุนได้น้อย โครงสร้างกลูเตนไม่แข็งแรง และใยอาหารจะไปลดปริมาณกลูเตนในแป้งสาลีทำให้ความสามารถในการห่อหุ้มเซลล์อากาศของฟิล์มกลูเตนน้อยลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม [25] เมื่อทำการเติมแซนแทนกัมลงในขนมปังแก่นตะวันพบว่ามีขนาดรูพรุนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการเติมแซนแทนกัม (Figure 3C, E, G) และแซนแทนกัมช่วยปรับปรุงโครงสร้างรูพรุนให้มีความยืดหยุ่น มีเซลล์เปิดเพิ่มมากขึ้น [21] ยกเว้นในขนมปังแก่นตะวันระดับร้อยละ 20 ที่เติมแซนแทนกัม (Figure 3I) พบว่ารูพรุนมีขนาดเล็กกว่าตัวอย่างขนมปังแก่นตะวันร้อยละ 20 ที่ไม่เติมแซนแทนกัม (Figure 3H) และโครงสร้างกลูเตนถูกทำลายมากกว่าตัวอย่างอื่นๆ เนื่องจากอินูลินและแซนแทนกัมแย่งกลูเตนในการจับกับน้ำ กลูเตนจึงใช้น้ำในการสร้างโครงสร้างร่างแหได้น้อยลง ดังนั้นการเติมแซนแทนกัมลงในขนมปังแก่นตะวันระดับร้อยละ 5, 10, 15 จะช่วยรักษาโครงสร้างรูพรุนภายในขนมปัง ส่งผลให้มีปริมาตรจำเพาะที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ยกเว้นในขนมปังแก่นตะวันระดับร้อยละ 20

**สรุปผลการทดลอง**

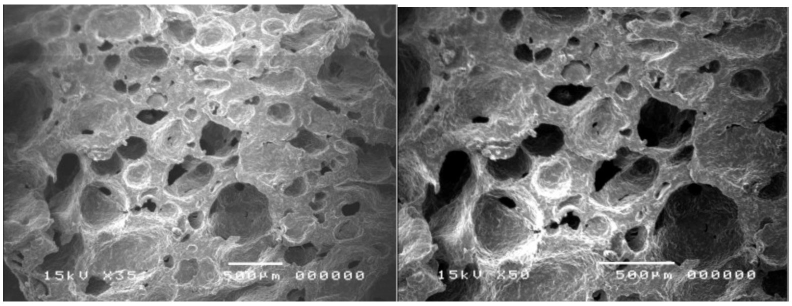
จากการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งแก่นตะวัน พบว่าแป้งแก่นตะวันมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดสูงถึงร้อยละ 53.11โดยมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 40 ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 13 เมื่อประยุกต์ใช้แป้งแก่นตะวันในการผลิตขนมปัง พบว่าปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีค่าลดลง เนื้อสัมผัสแข็งขึ้น การเกาะตัวกันน้อยลง สีเนื้อและเปลือกเข้มมากขึ้น ค่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านมีค่าลดลงเมื่อเติมแป้งแก่นตะวันในระดับที่เพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อเติมแซนแทนกัมจะช่วยปรับปรุงลักษณะทางกายภาพให้ดีขึ้น และช่วยให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งแก่นตะวันเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับขนมปังเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้แก่นตะวันเป็นวัตถุดิบที่เป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น



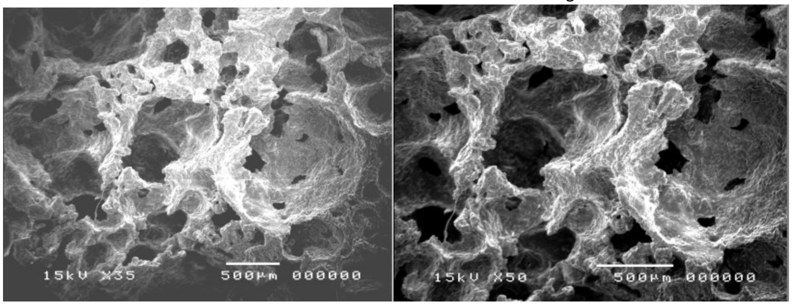
A: Control



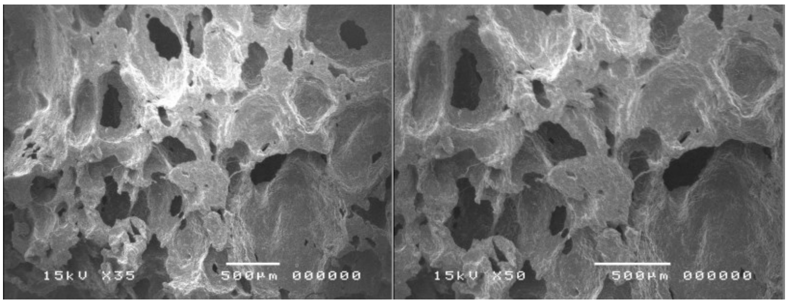
B: Sunchoke flour 5%



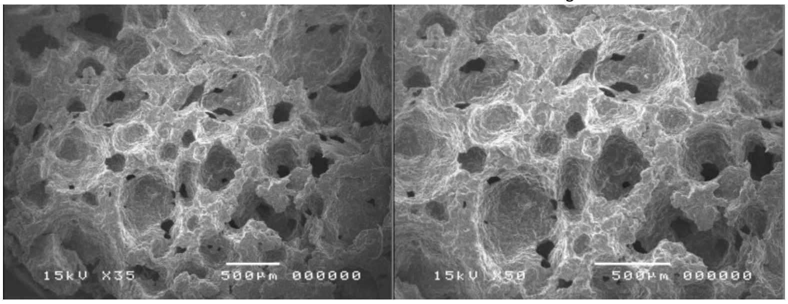

C: Sunchoke flour 5% with xanthan gum



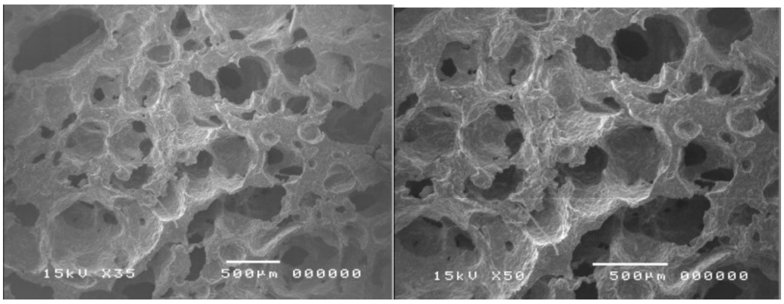

D: Sunchoke flour 10%



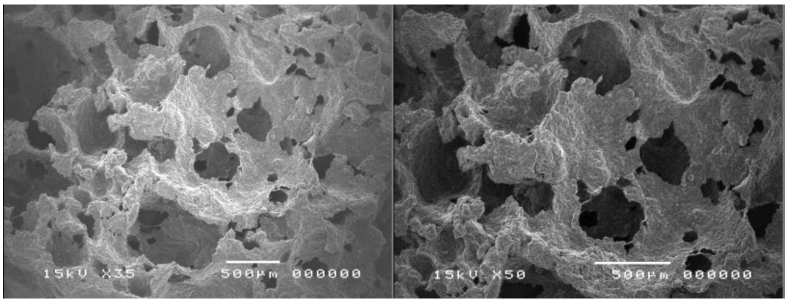

E: Sunchoke flour 10% with xanthan gum



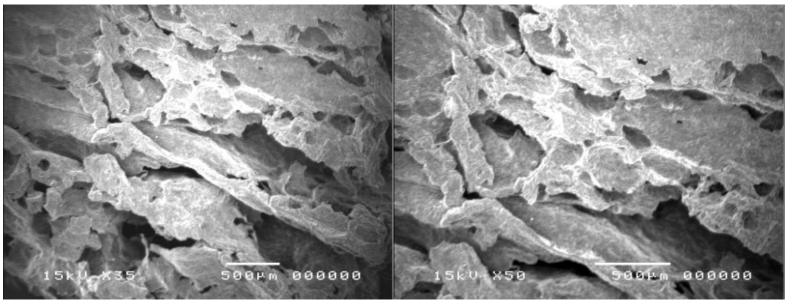

F: Sunchoke flour 15%




G: Sunchoke flour 15% with xanthan gum




H: Sunchoke flour 20%




I: Sunchoke flour 20% with xanthan gum

**Figure 3** Structure of bread made with Sunchoke flour.

**เอกสารอ้างอิง**


[1] Vorasoot, N. and Jogloy, S. 2006. “Inulin: non-digestable carbohydrate as soluble fiber from Kaentawan for human health”. **Khon Kaen Agriculture Journal.** 34 (2): 85-91. *(in Thai)*

[2] Ireneusz, K. and et al. 2013. “Identification and quantification of phenolic compounds from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) tubers”. **Food Agriculture and Environment.** 11: 601-606

[3] Tudpo, S. and Singthong, J. 2017. “Bioactive compound and antioxidant activity of Sunchoke (*Helianthus tuberosus* L.) at different harvest time”. **Journal of Science & Technology, Ubon Ratchathani University.** 19(3): 45-57. *(in Thai)*

[4] Angioloni, A. and Collar, C. 2009. “Gel, dough and fibre enriched fresh breads: Relationships between quality features and staling kinetics”. **Food Engineering.** 91: 526–532.

[5] Arkkarayut, P. 2015. **5 Trends of Food and Beverage in the Future.** Economic Intelligence Center, SCB. https://www.scbeic.com/th/detail/product/1277. Accessed 13 September 2017.

[6] Economic Intelligence Center. 2017. **EIC analysis.** http://www.scbeic.com/eic_analysis. Accessed 13 September 2017.

[7] Takeuchi, J. and Nagashima, T. 2011. “Preparation of dried chips from Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus) tubers and analysis of their functional properties”. **Food Chemistry.** 126: 922-926.

[8] Abou-Arab, A.A., Talaat, H.A. and Abu-Salem, F.M. 2011. “Physico-chemical properties of inulin produced from Jerusalem Artichoke tubers on bench and pilot plant scale”. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences.** 5 (5): 1297-2011.

[9] Thai Industrial Standards Institute. 1981. **ISO Wheat flour. ISO 375-2524.**

[10] AOAC. 2000. **Official of Association of Analytical Chemistry 17th ed**. Association of Analytical Chemistry, Washington D.C.

[11] Juliano, B.O. 1971. “A simpliflied assay milled-rice amylose”. **Cereal Sciences Today**. 16: 334-338.

[12] Anavatchamongkol, P. 2010. **Identification Components of Kaentawan#2.** M.S. Thesis. Khon Kaen University. *(in Thai)*

[13] Tanjor, S. and et al. 2012. "Inulin and fructooligosaccharides in different varieties of Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.)". **KKU Research Journa**l. 17 (11): 25-34. *(in Thai)*

[14] Achayuthakan, P. and Suphantharika, M. 2008. "Pasting and rheological properties of waxy corn starch as affected by guar gum and xanthan gum"**. Carbohydrate Polymers**. 71: 9-17.

[15] Chaisawang, M. and Suphantharika, M. 2006. "Pasting and rheological properties of native and anionic tapioca starches as modified by guar gum and xanthan gum". **Food Hydrocolloids.** 20: 641–649.

[16] Srirot, K., Pongsawatmanit, R. and Thanasukarn, P. 2001. Physical properties of tapioca starch and xanthan gum mixed gel. In: **Proceeding of the 39th Kasetsart University Annual Conference: Fisheries, Agro-Industry,** 5-7 February, 2001. Bangkok, Thailand. *(in Thai)*

[17] Chumpooploy, A. and et al. 2013. "Effect of storage temperature on viscosity among different rice varieties". **Khon Kaen Agriculture Journal.** 41 (4): 411-418. *(in Thai)*

[18] Mahachairachan, N., Jangchud, K. and Jangchud, A. 2011. Effect of hydrocolloid and moisture content of ingredients on the breakfast flake from germinated brown rice flour. In: **Proceeding of the 49th Kasetsart University Annual Conference: Fisheries, Agro-Industry,** 1-4 February, 2011. Bangkok, Thailand. *(in Thai)*

[19] Chammak, C. and Naivikul, O. 2003. **Basic Baking Science and Technology.** Bangkok: Kasetsart University Press. *(in Thai)*

[20] Rosell, C.M. and Santos, E. 2010. "Impact of fibers on physical characteristics of fresh and staled bake off bread". **Food Engineering.** 98: 273-281.

[21] Shittu, T.A., Aminu, R.A. and Abulude, E.O. 2009. "Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread". **Food Hydrocolloids**. 23: 2254–2260.

[22] Haros, M. and et al. 2013. "Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value"**. LWT - Food Science and Technology**. 50: 679-685.

[23] Almeida, E.L., Chang, Y.K. and Steel, C.J. 2013. "Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality". **Food science and Technology.** 50: 545-553.

[24] Lebesi, D., Sabanis, D. and Tzia, C. 2009. "Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread"**. LWT-Food Science and Technology**. 42: 1380–1389.

[25] Polaki, P. and et al. 2010. "Fiber and hydrocolloid content affect the microstructural and sensory characteristics of fresh and frozen stored bread". **Food Engineering.** 97: 1–7.