รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

การใช้ประโยชน์จากธัญพืชเพาะงอกในผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพ

Utilization of Germinated whole grains in Healthy Bread Products

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

โดย
อาจารย์ ฐานวีร์ ลอยแก้ว

สนับสนุนโดย

สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต

ปีที่ได้รับทุน 2563

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

การใช้ประโยชน์จากธัญพืชเพาะงอกในผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพ

Utilization of Germinated whole grains in Healthy Bread Products

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

โดย
อาจารย์ ฐานวีร์ ลอยแก้ว

สนับสนุนโดย

สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต

ปีที่ได้รับทุน 2563

ชื่อเรื่อง : การใช้ประโยชน์จากธัญพืชเพาะงอกในผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพ

ผู้วิจัย : ฐานวีร์ ลอยแก้ว

สถาบัน : คณะเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต

ปีที่พิมพ์ : 2565

สถานที่พิมพ์ : มหาวิทยาลัยรังสิต

แหล่งที่เก็บรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์: มหาวิทยาลัยรังสิต

จำนวนหน้างานวิจัย: 61 หน้า

คำสำคัญ : ธัญพืช, ธัญพืชเพาะงอก, ขนมปังเพื่อสุขภาพ,

ลิขสิทธิ์ : มหาวิทยาลัยรังสิต

บทคัดย่อ

รายงายการวิจัย เรื่อง การใช้ประโยชน์จากธัญพืชเพาะงอกในผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพ เป็นการนำธัญพืช 3 ชนิดคือข้าวกล้อง ถั่วเขียว และถั่วขาว มาเพาะงอกเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพที่มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มีประโยชน์ และมีผลดีต่อสุขภาพ โดยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี คุณค่าทางโภชนาการของแป้งธัญพืชงอกและผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพที่ทำจากแป้งธัญพืชเพาะงอก รวมถึงการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ นอกจากนี้ยังได้พัฒนาผลิตภัณฑ์จากแป้งธัญพืชเพาะงอกที่พร้อมต่อยอดในทางการค้าได้

จากการศึกษาพบว่าแป้งธัญพืชงอกมีคุณค่าทางโภชนาการ คุณลักษณะทางด้านกายภาพ และการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อวัดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) แตกต่างจากแป้งสาลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งอาจส่งผลถึงการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ ปริมาณแกมมา แอมิโนบิวทิริคแอซิด ฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ของแป้งธัญพืชงอกสูงกว่าแป้งสาลี

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพที่ใช้แป้งธัญพืชงอก พบว่าระดับการทดแทนที่เหมาะสมคือระดับการทดแทนที่ร้อยละ 25 ทำให้ขนมปังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณลักษณะทางด้านกายภาพ รวมถึงเนื้อสัมผัสที่วัดด้วยเครื่อง Texture analyzer ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมปัง พบว่าขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งธัญพืชงอกมี แกมมา แอมิโนบิวทิริคแอซิด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น เมื่อเทียบกับสูตร

ควบคุม และเมื่อการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ใช้แป้งธัญพืชงอกพบว่า คะแนนคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก และการยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ที่ร้อยละ 100 ในขั้นทดสอบตลาด ได้มีการออกแบบบรรจุภัณฑ์ และฉลากสินค้าภายใต้แบรนด์ “GERMINSU” โดยจัดจำหน่ายทั้งในรูปแบบแป้งธัญพืชงอก ขนมปัง และนำมาประยุกต์ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้หลากหลายชนิดเพื่อทดลองจำหน่ายเป็นทางเลือกให้กับผู้สนใจและผู้ใส่ใจสุขภาพ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Title : Utilization of Germinated whole grains in Healthy Bread Products

Researcher: Thanawee Loikaeo

Institution: Faculty of Food Technology, Rangsit University

Year of Publication : 2022

Publisher: Rangsit University

Sources: Rangsit University

No. of pages : 61 pages

Keywords: Germinated, Germinated whole grains, Healthy Bread.

Copyrights: Rangsit University

Abstract

The present research on “Application of germinated cereal in healthy bread products” was conducted to develop an acceptable healthy bread for the consumer. To increase nutritional value and develop healthy bread products with high nutritional value and good sensory acceptance for consumers, three types of cereals were germinated: brown rice, mung bean, and white kidney bean. The physical, chemical, and nutritive values of three types of germinated cereal flour and bread products produced from their flour were studied, including consumer acceptability evaluation of the products. Furthermore, other commercially viable products derived from germinated cereal flour have been developed.

The results showed that nutritive values, physical properties, and rheological properties measured by RVA of the three germinated cereal flours and wheat flour were significantly different. These different properties might have an impact on the product quality. The germinated cereal flour contained more gamma aminobutyric acid, total phenolic compounds, and antioxidant capacity than wheat flour. According to bread product development from germinated cereal flour, it was found that substitution of wheat flour with germinated cereal flour at a level of 25% was suitable for bread making.

The physical and sensory properties, including firmness of the developed breads as measured by a texture analyzer were mostly similar to control bread made from wheat flour. Gamma aminobutyric acid, total phenolic compounds, and antioxidant capacity of breads with 25% wheat flour replacement were higher than control bread. Sensory evaluation data at marketing testing level indicated that consumers' acceptability scores of the developed bread in terms of appearance, color, flavor, taste, texture, and overall acceptability were 100%. Product packing and labeling were designed under "GERMINSU" brand. The developed products (germinated cereal flour and bread) were distributed as alternative products for healthy concerning consumers.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณทุนวิจัยของสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนอุดหนุนการวิจัย รหัสทุนวิจัยเลขที่ 88/2563 ในการสนับสนุนงบประมาณการวิจัย และผศ.ดร. วราพร ลักษณะลม้าย ที่ปรึกษาโครงการ รวมทั้งเจ้าหน้าที่โรงงานต้นแบบผลิตภัณฑ์อาหาร เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี คณะเทคโนโลยีอาหารสำหรับการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับงานวิจัย และท่านอื่น ๆ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย

ข้าพเจ้าหวังว่ารายงานวิจัยเล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่คนที่สนใจ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย ขอให้คุณประโยชน์จากการทำวิจัยครั้งนี้ เป็นของทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือให้งานวิจัย ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ตามจุดมุ่งหมาย

ฐานวีร์ ลอยแก้ว

ตุลาคม 2565

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูปภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
สมมุติฐานของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ธัญพืชเพาะงอก	4
ผลิตภัณฑ์ขนมปัง	7
การประยุกต์ใช้แป้งธัญพืชในผลิตภัณฑ์ขนมปัง	8
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	
วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย	10
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	10
วิธีการดำเนินงาน	12
การวิเคราะห์คุณภาพ	15
การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ	16
บทที่ 4 ผลการทดลอง และอภิปรายผล	
การเตรียมแป้งข้าวกล้องงอก ถั่วเขียวงอก และถั่วขาวงอก	17

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ศึกษาคุณสมบัติแป้งธัญพืช โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการ 18

ศึกษาระดับการทดแทนแป้งธัญพืชงอกที่เหมาะสมต่อขนมปัง (ร้อยละ 25-40) 24

ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ และผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมปังที่พัฒนาได้ 29

ศึกษาต้นทุนที่ใช้ในการผลิตและทดลองจำหน่าย 30

บทที่ 5 สรุป วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ

สรุป 37

ข้อเสนอแนะ 38

เอกสารอ้างอิง 39

ภาคผนวก

ก. การวิเคราะห์ทางเคมี 44

ข. การวิเคราะห์ทางกายภาพ 53

ค. ตัวอย่างแบบสอบถาม 57

ประวัติผู้วิจัย 59

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐาน	14
ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำอิสระ และค่าสี (L*, a*, b*) ของแป้งสาลี และแป้งธัญพืชงอก	18
ตารางที่ 3 RVA-profile ของแป้งข้าว (rice flour), แป้งถั่วเขียว (green pea flour), แป้งถั่วขาว (white pea flour), แป้งแป้งขนมปัง (bread flour), และแป้งธัญพืช (cereal flour)	20
ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของแป้งสาลี(ขนมปัง) และแป้งธัญพืชงอก	23
ตารางที่ 5 แสดงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังทดแทนด้วยแป้งธัญพืชงอกที่ระดับต่างๆ โดยการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9–point hedonic scale	27
ตารางที่ 6 แสดงคุณภาพทางกายภาพของขนมปังทดแทนด้วยแป้งธัญพืชงอกที่ระดับต่างๆ	28
ตารางที่ 7 แสดงผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ (n=61)	29
ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมปังที่พัฒนาได้	30
ตารางที่ 9 ต้นทุนของแป้งธัญพืชงอก “GERMINSU”	32
ตารางที่ 10 ต้นทุนของแป้งธัญพืชงอก (แบบถุงละ 1 ชิ้น)	33
ตารางที่ 11 ต้นทุนของแป้งธัญพืชงอก (แบบถุงครึ่งโลฟ)	34

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 1 กรอบงานวิจัย	3
ภาพที่ 2 ภาพแสดงลักษณะการงอกของข้าวกล้องงอก (ก) ถั่วเขียวงอก (ข) ถั่วขาวงอก (ค)	17
ภาพที่ 3 แผนภาพ RVA-profile ของแป้งข้าว (rice flour), แป้งถั่วเขียว (green pea flour), แป้งถั่วขาว (white pea flour), แป้งขนมปัง (bread flour), และแป้งธัญพืช (cereal flour)	
ภาพที่ 4 แสดงขนมปังที่ปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งธัญพืชงอกที่ระดับการทดแทนต่างๆ	25
ภาพที่ 5 ภาพฉลากของถุงแป้ง	31
ภาพที่ 6 ภาพที่ใช้ถ่ายสำหรับประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์จำหน่าย	36

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เพราะเรื่อง “กิน” คือเรื่องใหญ่ของมนุษย์ ตลาดของอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มทั่วโลกจึงมีมูลค่าสูงถึง 5,943,800 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี 2019 และคาดการณ์ว่าจะเติบโตขึ้น 2.9% ในปีนี้จนมีมูลค่าแตะ 6,111,100 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (Creative Economy Agency, 2564) โดยพบว่าในปัจจุบันผู้คนให้ความสนใจในการดูแลสุขภาพมากยิ่งขึ้น พฤติกรรมของกลุ่มผู้บริโภคยุค 2021 จะเน้นเลือกซื้อสินค้าเกี่ยวกับสุขภาพ ปรุงอาหารรับประทานเอง ซึ่งสินค้าที่ยังมีแนวโน้มเติบโตดี ยังเป็นกลุ่มอาหารที่เรียกว่า "ซุปเปอร์ฟู้ด" อาหารที่มีคุณค่าโภชนาการสูง อุดมไปด้วยวิตามิน และมีประโยชน์ต่อร่างกาย อาทิ กลุ่มฟังก์ชันนอลฟู้ด หรือผลิตภัณฑ์ที่ทำหน้าที่ให้คุณค่าทางอาหารที่จำเป็นกับร่างกาย เช่น ปรับระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ชะลอการเสื่อมโทรมของอวัยวะต่างๆ การควบคุมน้ำหนัก การบำรุงผิวพรรณ และการเสริมสร้างความจำฯลฯ เรียกว่าอะไรที่ได้ประโยชน์ต่อสุขภาพ ดูจะเป็นตัวเลือกแรกๆ ที่ผู้บริโภคให้ความสนใจ และใช้เวลาน้อยในการตัดสินใจที่จะควักเงินจ่าย (ไทยรัฐออนไลน์. 2564)

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (Bakery Products) หรือผลิตขนมอบ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย โดยในช่วงหลายปีที่ผ่านมาพบว่าผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้มีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นอาหารที่มีรสชาติอร่อยถูกปากผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย และยังเป็นอาหารที่สะดวกต่อการบริโภคซึ่งเหมาะกับวิถีการดำเนินชีวิตของคนไทยในปัจจุบันโดยเฉพาะอย่างยิ่งชีวิตคนในเมืองที่เต็มไปด้วยความเร่งรีบ (ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร, 2558) ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มีหลากหลายชนิดอาทิ เช่น ขนมปัง เค้ก คุกกี้ และอื่นๆ สามารถรับประทานแทนมื้ออาหารได้ หรือจะรับประทานในรูปแบบของอาหารว่าง และรับประทานตามเทศกาลต่างๆ ก็ได้ ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เนื่องจากมีส่วนประกอบหลักคือแป้งสาลี ไขมันและน้ำตาล จึงให้พลังงานสูงไม่เหมาะกับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก ซึ่งถือเป็นจุดด้อยทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ขนมอบ โดยในปัจจุบันพบว่าผู้บริโภคจะให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์หรือมีผลดีต่อสุขภาพมากขึ้น จึงมีการผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพที่มีการใส่ส่วนผสมที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกาย ผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ได้รับการวิจัยและพัฒนาให้มีรูปแบบหลากหลาย เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้แก่ เบเกอรี่ที่มีส่วนผสมของธัญพืช เบเกอรี่ที่มีการเติมสารอาหารหรือวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของสารอาหารจำพวกวิตามิน แร่ธาตุ โปรตีน ใยอาหาร ฯลฯ ออกมาวางจำหน่ายเพื่อตอบสนอง

ความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น โดยขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีสัดส่วนในการจำหน่ายในประเทศมากที่สุดถึงร้อยละ 54.0 โดยมีส่วนผสมของแป้งสาลี ยีสต์ หรือผงฟู หรือเบคกิ้งโซดา น้ำ เกลือ น้ำตาล และไขมัน เป็นหลัก

การเพาะงอกของธัญพืช (germination and sprouting) เป็นกระบวนการทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในช่วงการเจริญเติบโตของเมล็ด (Rusydi et. al, 2011) กระบวนการงอกของเมล็ดธัญพืชจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสารอาหารและกรดอะมิโนต่างๆ โดยเฉพาะสารกาบ้า (gamma-aminobutyric acid) ทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท ยับยั้งระบบประสาทส่วนกลาง (Lee B.J et al, 2010) ช่วยผ่อนคลาย บรรเทาความตึงเครียด ควบคุมความดันโลหิต ยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็ง เป็นต้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพาะงอก ได้แก่ น้ำ แสง อุณหภูมิ และออกซิเจน

การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับธัญพืชงอก ได้แก่ ข้าวกล้องงอก ข้าวสาลี ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วดำ ถั่วขาว ถั่วแดง ถั่วลิสง และงาดำ เป็นต้น พบว่าภายหลังการเพาะงอกที่เหมาะสมส่งผลให้ปริมาณสารกาบ้า, ไลซีน, แมกนีเซียม, วิตามินบี1, วิตามินอี แคลเซียม, และปริมาณสาร antioxidant เพิ่มมากขึ้นภายหลังการงอก อีกทั้งยังส่งผลต่อเนื้อสัมผัสและรสชาติของธัญพืชเป็นที่ยอมรับอีกด้วย (อุไรวรรณ วัฒนกุล และคณะ ,2556; นฤมล ลอยแก้ว, 2556; ธณญา ตรึงตราจิตกุล, 2555; ฤทัยทิพ อโนมุณี และคณะ, 2562; Komatsuzaki et al, 2007; Kim et al, 2012; Ohtsubo et al, 2005; Yang et al, 2001; Rusydi et al, 2011; Sangronis et al, 2006)

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำธัญพืชมาเพาะงอกเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพที่มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีผลดีต่อสุขภาพ (โดยใช้ข้าวกล้อง ถั่วเขียว และถั่วขาวเพาะงอก) เป็นงานวิจัยที่จะช่วยให้คนไทยมีสุขภาพที่ดี และสามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิตแป้งเพื่อสุขภาพให้ตรงต่อให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคในตลาดผลิตภัณฑ์เบเกอรีได้อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางสารอาหาร

2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี โภชนาการ และ การยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพที่พัฒนาได้

2.3 ผลิตภัณฑ์พร้อมต่อยอดในทางการค้า

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3. สมมุติฐานของการวิจัย

3.1 สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแป้งธัญพืชงอกที่มีคุณภาพตามที่ผู้บริโภคต้องการ

3.2 ได้ผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพมีคุณค่าทางโภชนาการและสามารถขยายผลสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์

4. ขอบเขตของการวิจัย

4.1 ศึกษาปริมาณสาระสำคัญในแป้งข้าวกล้องงอก ถั่วเขียวงอก และถั่วขาวงอก

4.2 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งงอกผสมทั้ง 3 ชนิดในอัตราส่วนที่เหมาะสม

4.3 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส

5. กรอบแนวคิดในการวิจัย

ภาพที่ 1 กรอบงานวิจัย

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแป้งธัญพืชงอกที่มีคุณภาพตามที่ผู้บริโภคต้องการ

6.2 ได้ผลิตภัณฑ์ขนมปังเผื่อสุขภาพมีคุณค่าทางโภชนาการและสามารถขยายผลสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ธัญพืชเพาะงอก

การนำข้าวมาเพาะงอก เป็นกระบวนการที่มีการศึกษาวิจัยกันมาก ทั้งนี้พบว่าเมื่อนำข้าวกล้องมาเพาะงอกระยะเวลาหนึ่งในสภาวะที่เหมาะสมจะทำให้ข้าวงอกอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหาร การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากข้าวกล้องงอกพบว่าขณะที่ข้าวงอกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเซลล์ บริเวณจมูกข้าว โดยจะเปลี่ยนจากกรดกลูตามิค ไปเป็นกรดอะมิโนอิสระชื่อว่ากาบา ในทางการแพทย์พบว่ากาบาเป็นสารสื่อประสาทมีผลช่วยทำให้ผ่อนคลายและใช้รักษาอาการทางระบบประสาทได้อีกด้วย (Moongngarm and Seatung, 2010) โดยใน ข้าวกล้องงอกเมื่อนำมาหุงจะใช้เวลาสั้นกว่าและเนื้อสัมผัสนุ่มกว่าข้าวกล้องทั่วไป ทำให้ข้าวกล้องงอกได้รับความนิยมในคนรักสุขภาพ (Komatsuzaki and others, 2007) คุณค่าทางโภชนาการในข้าวกล้องงอกนอกจากกาบาแล้ว ยังพบว่ามี total ferulic acid, oryzanol, dietary fiber, และ inositol ในปริมาณที่มากกว่าข้าวขาว และข้าวกล้อง สารอาหารเพิ่มขึ้นในข้าวกล้องงอกที่จมูกข้าวขนาดใหญ่ (giant embryo) โดยพบสารอาหารหลักเพิ่มขึ้น 6 ชนิด ได้แก่ กาบา, ไลซีน, แมกนีเซียม, วิตามินบี1, วิตามินอี และแคลเซียม (Ohtsubo and others, 2005)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องงอกระหว่างการเพาะงอกได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น เวลาในการแช่ และระยะเวลาในการงอก การแช่ข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 40°C ระยะเวลา 8 - 24 ชั่วโมง มีผลทำให้ปริมาณกาบาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Saikusa and others, 1994) กระบวนการแช่ข้าวกล้องร่วมกับการใช้อากาศเป็นเวลา 21 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35°C สามารถเพิ่มกาบาได้ถึง 24.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีแช่ข้าวกล้องเพาะงอกทั่วไปที่มีกาบา เพียง 10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Komatsuzaki and others, 2007)

ส่วนในงานวิจัยของ Kim and others (2012) พบว่าการแช่ข้าวให้งอกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเพิ่มขึ้นจาก 15.34 เป็น 31.79 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และเมื่อเทียบข้าวฮางงอก เปลือกข้าว และข้าวกล้องงอกทั้งก่อนและหลังพบว่ามีปริมาณกาบา เพิ่มขึ้นเป็น 2.35 1.69 และ 2.23 เท่าตามลำดับ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Ohtsubo and others (2005) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงกาบาในระหว่างการงอกพบว่าปริมาณกาบาของข้าวกล้องเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเพาะงอก โดยปริมาณกาบาที่เพาะงอกที่ 24 ชั่วโมงมี 11.02 มิลลิกรัม 48 ชั่วโมงมี 27.73 มิลลิกรัม 72 ชั่วโมงมี 69.21 และ 96 ชั่วโมง 149.03 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งเมื่อเทียบกับข้าวขาวและข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการงอกมีปริมาณ กาบา เพิ่มขึ้นถึง 40 เท่า และ 11.5 เท่าตามลำดับ

การเพาะงอกในสภาวะที่เหมาะสมมีผลต่อรสสัมผัสของธัญพืช เช่น ในข้าวสาลี เมื่อแช่เมล็ดข้าวสาลี 24 ชั่วโมง และเพาะงอกเป็นเวลา 7 วัน ทำให้ได้ปริมาณสาร antioxidant มากที่สุด และรสชาติของข้าวเป็นที่ยอมรับมากที่สุด และข้าวกล้องก็เช่นกัน (Yang and others, 2001)

อุไรวรรณ วัฒนกุล และคณะ (2556) ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในการแช่ เวลาการเพาะงอก และหุงต้มต่อปริมาณไทอะมีน, GABA, สารต้านอนุมูลอิสระ ในข้าวมอลต์และข้าวกล้องงอกนึ่งสังข์หยดพัทลุง พบว่าข้าวกล้องที่ แช่น้ำ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำมาเพาะที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง มีผลทำให้ปริมาณกรดแกมมา อะมิโนบิวไทริก (GABA) มีค่ามากที่สุด ในขณะที่การเพาะงอกที่ 26 ชั่วโมงปริมาณวิตามินบี 1 มากที่สุด โดยความร้อนจากการหุงต้มมีผลต่อการลดลงของวิตามินบี 1 และทุกปัจจัยมีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ วิตามินบี และ สารกาบา อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($p<0.01$)

นฤมล ลอยแก้ว (2556) ทำการศึกษาการลดการเหม็นหืนข้าวฮางงอกด้วยวิธีผลิตชุมชนเพื่อทำแป้งข้าวฮางงอกในอุตสาหกรรมเบเกอรี่โดยพบว่าการผลิตข้าวฮางงอกเพื่อลดกิจกรรมของไลเปส และรักษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวฮางงอก โดยเปรียบเทียบกระบวนการผลิตของวิสาหกิจชุมชน สกลวาปี (จำลองการผลิตของชุมชนฯ ในห้องปฏิบัติการ ด้วยการปรับpH ของน้ำที่แช่ = 7.0) กับ การปรับกระบวนการผลิตโดยปรับน้ำที่แช่ให้เป็นกรดอ่อน (pH 5.6) ด้วย 1 N กรดซิตริก (กระบวนการของห้องปฏิบัติการ) พบว่า สภาวะน้ำที่แช่ที่เป็นกรดอ่อน (pH 5.6) ทำการแช่เป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง บ่มเป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงเป็นกระบวนการผลิต ค่ากิจกรรมไลเปส และค่าแสดงการเหม็นหืนอื่นๆ มีค่าน้อยที่สุด อีกทั้งคุณค่าทางโภชนาการยังคงสูงที่สุด หลังจากนั้นจะนึ่งเป็นระยะเวลา 15 นาที ปริมาณกาบา 8.98 mg/100g ปริมาณโปรตีน 7.95 สูงขึ้นเมื่อเทียบกับสภาวะที่เป็นกลาง และการศึกษาผลของการใช้แป้งข้าวฮางงอกทดแทนแป้งโฮลวีทต่อคุณภาพของขนมปังแป้งข้าวฮางงอกที่ระดับการทดแทนที่ร้อยละ 50 มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด และทดแทนได้มากที่สุด และเมื่อนำขนมปังแป้งข้าวฮางงอกมา

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภคทั่วไปพบว่า ผู้บริโภคเกือบทั้งหมด ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยอยู่ในระดับปานกลาง

ธณญา ตรึงตราจิตกุล (2555) ศึกษาการเพิ่มคุณค่ามทางสานอาหารในธัญพืช 5 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วดำ งาดำ และข้าวเหนียวดำโดยพิจารณจากอัตราการงอกที่มากกว่า 80% เพื่อศึกษาวิธีการเพาะงอกที่เหมาะสมคือการแช่น้ำ และแช่บ่ม จากการศึกษาพบว่าวิธีการแช่น้ำที่ระยะเวลา 10 ชั่วโมง ปริมาณกาบ้าของถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วดำมีปริมาณ 78.8, 152.2 และ 144.4ml/100 น้ำหนักแห้ง และการงอกงาดำด้วยวิธีการแช่น้ำที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมงปริมาณกาบ้าสูงสุด 36 ml/100 น้ำหนักแห้ง

ฤทัยทิพ อโนมุณี และคณะ, 2562 ศึกษาผลของการแช่ต่อปริมาณสารกาบาในธัญพืชงอก วงศ์ Leguminosae. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาระยะเวลาการแช่เมล็ดและพีเอชของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณ สารกาบาในธัญพืชงอกวงศ์ Leguminosae จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วดำ ถั่วลิสง ถั่วขาว ถั่วแดง และถั่วเหลือง โดยใช้อุปกรณ์เพาะงอกที่สร้างขึ้น ซึ่งสามารถป้องกันแสงด้วยอะลูมิเนียม ควบคุมอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิล พร้อมแสดงอุณหภูมิแบบดิจิตอล และควบคุมการรดน้ำได้ด้วยปั๊ม พบว่าของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่พีเอช 5 เป็นระยะเวลา 9 ชั่วโมง มีปริมาณสารกาบาเพิ่มขึ้นโดยถั่วเหลืองและถั่วขาวมีปริมาณสูงที่สุด

กาบา (GABA ; Gamma-amino butyric acid) เป็นสารอาหารที่เกิดขึ้นในส่วนของจมูกข้าวและเกิดขึ้นในภาวะที่ข้าวกำลังงอก (Nuriz, 2557) โดยกรดนี้จะมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (neurotransmitter) ในระบบประสาทส่วนกลางของมนุษย์และสัตว์ นอกจากนี้ GABA ยังถือเป็นสารสื่อประสาทประเภท สารยับยั้ง (inhibitor) (Chebib and Johnston, 1999) ช่วยกระตุ้นฮอร์โมนที่สร้างการเจริญเติบโตของเซลล์ใหม่ให้กับร่างกาย ชะลอการเสื่อมของเซลล์ป้องกันการเกิดริ้วรอยที่เกิดจากวัยกระตุ้นการผลิตฮอร์โมนที่ช่วยการเจริญเติบโต สร้างเนื้อเยื่อ ทำให้กล้ามเนื้อกระชับ ชะลอความชรา ช่วยขับเอนไซม์ขจัดสารพิษ ควบคุมระดับน้ำตาลและพลาสมาคลอเรสเตอรอลในเลือด ลดความดันเลือด ช่วยให้เลือดไหลเวียนดี

จากการทดลองของนักวิจัยพบว่าสารกาบาช่วยป้องการเกิดโรคอัลไซเมอร์ พาร์กินสัน ปัจจุบันมีการใช้สารกาบาในการผลิตยารักษาโรคที่เกี่ยวกับระบบประสาท เช่น โรควิตกกังวล โรคนอนไม่หลับ และโรคลมชัก ป้องกันความจำเสื่อม กระตุ้นการขับถ่ายน้ำดีลงสู่ลำไส้เพื่อสลายไขมัน ป้องกันมะเร็งลำไส้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

นอกจากนี้ GABA ก็จะมีผลยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์มะเร็ง และกระตุ้นการตายของเซลล์มะเร็ง (Oh, and Oh, 2004; Park and Oh, 2007)

2. ผลิตภัณฑ์ขนมปัง

ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ทำมาจากแป้งสาลี น้ำตาล ไขมัน เกลือ ของเหลว และสารปรุงแต่งต่างๆ เราสามารถแบ่งประเภทของขนมปังออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ Quick Bread เป็นขนมปังที่ขึ้นฟูด้วยผงฟู หรือเบคกิ้งโซดา เช่น มัฟฟิน แพนเค้ก เป็นต้น และอีกประเภทหนึ่งคือ Yeast Bread เป็นขนมปังที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์ เช่น ขนมปังชนิดต่างๆ ซาลาเปา พิซซ่า เป็นต้น

ขนมปังแซนด์วิช จัดเป็นขนมปังที่มีปริมาณไขมันต่ำ นิยมใช้ทำแซนด์วิช มีลักษณะเป็นแท่ง โดยใช้พิมพ์ยาวเพื่อบังคับรูปร่างและปริมาณของโดให้เสมอกันทั้งสองข้าง มีเนื้อละเอียดนุ่ม มีน้ำตาลน้อย ขนมปังแซนด์วิชเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ทำมาจากแป้งสาลี น้ำตาล ไขมัน เกลือ ของเหลว และ สารปรุงแต่งต่างๆ (วัลยา บุญหนุน, 2562)

ประเภทของขนมปัง แบ่งประเภทของขนมปังตามปริมาณน้ำตาลและไขมันในส่วนผสมได้เป็น 4 ประเภทหลักๆ ดังนี้

2.1 ขนมปังผิวแข็ง (Hard Bread) เป็นขนมปังที่มีโปรตีนสูง ทนต่อการหมัก การพักตัวและการขึ้นฟูของโด มีปริมาณน้ำตาล 0-2% ปริมาณไขมัน 0-3% มีรูปร่างเป็นท่อนกลมยาวหรือสั้น ลักษณะผิวและเนื้อค่อนข้างแข็ง เช่น ขนมปังฝรั่งเศส ขนมปังขาไก่ ขนมปังเวียนนา ถ้าเป็นก้อนกลมเรียกว่า “ฮาร์ดโรล” (Hard Roll)

2.2 ขนมปังจืด (Loaf Bread) เป็นขนมปังที่มีปริมาณน้ำตาล 4-10% ไขมัน 3-6% ผิวและเนื้อขนมปังจะนุ่มกว่าชนิดแรก (ความนุ่มขึ้นอยู่กับชนิดของแป้งที่ใช้) มีรูปร่างเป็นกะโหลก และแบบสี่เหลี่ยม เพราะมักใช้พิมพ์ขนาดยาวแคบ เพื่อบังคับรูปร่างและปริมาตรของโดให้เสมอกัน ขนมปังประเภทนี้ได้แก่ พวกขนมปังจืดต่างๆ มักใช้ทำแซนวิช เช่น ขนมปังปอนด์แบบแถว ขนมปังแซนด์วิช ขนมปังหัวกะโหลก ขนมปังรำ เป็นต้น

2.3 ขนมปังซอฟต์โรล (Soft Roll) หรือขนมปังกึ่งหวาน ขนมปังทำจากแป้งที่มีปริมาณโปรตีนปานกลลาง มีปริมาณน้ำตาล 10-15% ไขมัน 6-12% มีลักษณะเนื้อนุ่มกว่าขนมปังปอนด์ มีรสหวานเล็กน้อย นิยมนำมาทำขนมปังที่มีไส้ เช่น ซอฟต์บัน ขนมปังลูกเกด ขนมปังไส้หมูหยอง ขนมปังไส้ไก่ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2.4 ขนมปังหวาน (Sweet Dough) เป็นขนมปังที่มีปริมาณโปรตีนปานกลางและใช้ยีสต์มากที่สุด ลักษณะคล้ายกับ Soft Roll ต่างกันตรงที่หวานกว่า มีปริมาณน้ำตาล 16-22% ไขมัน 12-24% ขนมปังชนิดนี้มักใส่ส่วนผสมที่เข้ากันได้ดีกับรสหวาน เช่นส่วนผสมพวก ผลไม้แห้ง ถั่วป่น อบเชย เป็นต้น เป็นขนมปังที่คนไทยนิยมบริโภคมากที่สุดด้วยรสชาติที่เข้มข้นกว่าขนมปังชนิดอื่น เนื่องจากขนมปังประเภทนี้จะใช้ปริมาณน้ำตาล นม ไขมันและไข่ สูงกว่าขนมปังชนิดอื่นๆ ขนมปังหวานสูตรเดียวสามารถดัดแปลงให้เป็นรูปร่างต่างๆ มากมาย อีกทั้งยังสามารถบรรจุไส้ต่างๆ เพื่อเป็นการเพิ่มรสชาติ ส่วนการตั้งชื่อขนมปังนั้น ส่วนใหญ่จะเรียกชื่อตามไส้ที่บรรจุ เช่น ขนมปังมะพร้าว ขนมปังชินนามอน ขนมปังสังขยา เป็นต้น (ประเภทของขนมปัง, 2564)

3. การประยุกต์ใช้แป้งธัญพืชในผลิตภัณฑ์ขนมปัง

บุศรินทร์ จงเจริญยานนท์ (2559) ศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของถั่วขาวและการประยุกต์แป้งถั่วขาวในผลิตภัณฑ์ขนมอบ พบว่าถั่วขาว (Phaseolus vulgaris) มีองค์ประกอบทางเคมีต่างๆที่เหมาะกับการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เช่น มีกากใยอาหารสารต้านอนุมูลอิสระ วิตามินและแร่ธาตุต่างๆนอกจากนี้ ถั่วขาวยังมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ มีสารฟาซิโอลามีน (Phaseolamin) ซึ่งสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่ย่อยแป้ง จึงช่วยลดพลังงานที่ได้จากการบริโภคแป้ง

ดวงฤทัย ธารงโชติ และคณะ (2555) ทำการศึกษาการพัฒนาขนมปังแซนด์วิชจากแป้งข้าว สูตรที่ได้รับการยอมรับคือ สูตร อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า 70% ต่อแป้งสาลี 30% ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ แป้งข้าว 1,000 กรัม , ยีสต์ 20 กรัม, น้ำตาลทราย 80 กรัม, เกลือป่น 15 กรัม นมผง 80 กรัม, ซอยโปรตีน 50 กรัม, ผงฟู 10 กรัม, สารเสริม KS505 10 กรัม, Xantangum 10 กรัม เนยขาว 80 กรัม ,เอสพี 80 กรัม , น้ำ 930 กรัม ศึกษาการขึ้นฟูของขนมปังแซนด์วิชเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน ผลจากการทดลองเมื่อแทนที่ แป้งสาลีด้วยแป้งข้าว จะทำให้อัตราการขึ้นฟูของขนมปังแซนด์วิชลดลง เมื่อปริมาณแป้งข้าวเพิ่มขึ้น ศึกษาสารไฮโดรคลอลอยด์ 3 ชนิดที่ใช้เป็นส่วนผสมในขนมปังแซนด์วิช สารที่ใช้เปรียบเทียบ คือ สารแซนแทนกัม สาร ซีเอ็มซี สารกัวร์กัม ซึ่งสารแซนแทนกัมทำให้ขนมปังแซนด์วิชมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด และการใช้เลซิติน 100 กรัม มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ยุพร พืชกมุทร และ วิญญ์ ผิวนิ่ม (2554) การปรับปรุงคุณภาพของขนมปังแซนด์วิชที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลี ในการศึกษาการใช้กากถั่วเหลือโอคาราสดทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปังแซนด์วิชพบว่า การใช้โอคาราสดทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความยืดหยุ่นของก้อนโดลดลง ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะลดลง มีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้นและขนมปังมีสีคล้ำ พบว่าปริมาณโอคาราที่สามารถใช้แทนแป้งสาลีได้อยู่ที่ระดับ 20 % และการศึกษาการใช้สารช่วยยืดเกาะ 3 ชนิด พบว่าการเติม CMC ทำให้ปริมาตรจำเพาะและความชื้นของขนมปังแซนด์วิชโอคารามีค่าใกล้เคียงกับขนมปังสูตรควบคุม และเมื่อใช้ CMC 2 % ทำให้ขนมปังแซนด์วิชคะแนนการยอมรับสูงสุด

วัลยา บุญหนุน (2562) ศึกษาการพัฒนาขนมปังปราศจากกลูเตนจากแป้งเมล็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการผลิตขนมปัง พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนจากแป้งเมล็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ร้อยละ 50/50 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในทุกๆ ด้าน และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบมาก 7.74 ซึ่งมีค่าสูงกว่าขนมปังสูตรพื้นฐาน ทางโปรตีน เถ้า เส้นใย และวิตามินอี 11.21, 7.65, 5.07, 0.77, ตามลำดับ ความชื้นในขนมปัง 35.40 %wb ปริมาณแอนโทไซยานิน 0.11 mg/g ปริมาณฟีนอลิกรวม 2.31 mgGAE/g ปริมาณฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ 4.62 mgTE/g ปริมาตรจำเพาะ 5.75 g/cm อายุการเก็บรักษาได้ไม่เกิน 3 วัน ณ อุณหภูมิห้อง การยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคยอมรับ คิดเป็นร้อยละ 98 และต้นทุนของขนมปัง พบว่า รวมต้นทุนต่อสูตร 70.58 บาท

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 ตัวอย่างเมล็ดธัญพืช

1) เมล็ดถั่วขาวออแกนิค ตราสยามปราณา
2) เมล็ดถั่วเขียวออแกนิคนิค ตราสยามปราณา
3) ข้าวกล้องหอมมะลิ ตราทิพย์อรุณ

3.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ขนมปังและเบเกอรี่อื่นๆ

1) แป้งสาลีชนิดทำขนมปังตราตราหงส์ขาว (ห่าน) จากบริษัทยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ (มหาชน) จำกัด
2) แป้งโฮลวีท (แป้งอิมพีเรียลเฮลธิมิกซ์โฮลวีท)
3) ยีสต์แห้งสำเร็จ (saf-instant)
4) เนยจืดตราออร์คิด
5) นมผงเต็มมันเนยแดรี่ริช
6) น้ำตาลทรายขาวมิตรผล
7) เกลือ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ขั้นตอนผลิตแป้ง

1) เครื่องอบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer)
2) เครื่องบดแบบค้อนเหวี่ยง (Hammer mill)
3) หม้อนึ่ง
4) เทอร์โมมิเตอร์อุณหภูมิ
5) pH meter

3.2.2 ขั้นตอนผลิตภัณฑ์ขนมปังและเบเกอรี่อื่นๆ

1) เครื่องนวดแป้ง (Kitchen Aid, Heavy Duty)
2) เตาอบไฟฟ้า
3) ตู้พักโด
4) นาฬิกาจับเวลา
5) เทอร์โมมิเตอร์ช่วงอุณหภูมิ 0°-100°C สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศ
6) เทอร์โมมิเตอร์ช่วงอุณหภูมิ 50°-350°C สำหรับวัดอุณหภูมิเตาอบ
7) อ่างผสม
8) พายพลาสติก
9) ที่ร่อนแป้ง
10) พิมพ์ขนมปัง
11) ไม้กลิ้งแป้ง
12) แปรงทาเนย
13) แผ่นสแตนเลสตัดโด
14) ช้อนตวง

3.2.3 วิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านกายภาพ

1) เครื่องวัดสี (Spectrocolorimeter) รุ่น UltraScan XE, Hunter Lab, USA .
2) เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Texture Analyzer, Stable Micro System ; TA.XT.plus หัวกดทรงกระบอกขนาด 36mm (Cylinder Probe with radius* (P/36R)
3) Rapid Visco Analyzer (RVA)
4) มีดแบบฟันเลื่อย
5) เขียงพลาสติก
6) กระบอกตวง

3.2.4 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

1) เครื่อง Refrigerated centrifuge (รุ่น Jouan CR 3i)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, 2005)

3) Hot air oven (Memmert, model UM600)

4) เครื่อง pH meter (Sartorius, pb-10)

5) ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Gerhardt, KB8S)

6) ชุดวิเคราะห์ไขมัน (Buchi, B-811)

7) Water bath

8) Moisture can

9) เครื่องกวนละลายสาร (Magnetic Stirrer)

10) Crucible

11) เครื่องแก้วต่างๆ

3.2.5 วิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

1) ถาดเสิร์ฟ พร้อมแก้วน้ำ

2) แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.3 วิธีการดำเนินงาน

3.3.1 ขั้นตอนการการเตรียมแป้งข้าวกล้องงอก ถั่วเขียวงอก และถั่วขาวงอก

ข้าวกล้องงอก (ดัดแปลงจาก อุไรวรรณ วัฒนกุล และคณะ, 2556; นฤมล ลอยแก้ว, 2556)

นำข้าวกล้องที่ผ่านการกระเทาะเปลือก นำไปแช่น้ำอัตราส่วนข้าวต่อน้ำโดยปรับน้ำที่แช่ให้เป็นกรดอ่อน (pH 5.6) ด้วย 1 N กรดซิตริก (กระบวนการของห้องปฏิบัติการ) เท่ากับ 1:3 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และเพาะงอกในที่มืด 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง หลังจากที่ข้าวเริ่มงอกแล้ว นำมานึ่งเป็นเวลา 5 นาทีและอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อนแบบถาดจนกระทั่งปริมาณความชื้นลดลงเหลือ 10% - 12% หลังจากนั้นนำมาบดเป็นแป้งด้วยเครื่อง Hammer mill ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 80 mesh และเก็บใส่ถุงอลูมิเนี่ยมฟรอยด์ เพื่อเป็นวัตถุดิบในการทดลองขั้นต่อไป

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ถั่วเขียวงอก (ดัดแปลงจาก ธณญา ตรึงตราจิตกุล, 2555; ฤทัยทิพ อโนมุณี และคณะ, 2562)

นำถั่วเขียวเพาะงอกแบบแช่ล้างทำความสะอาด แล้วน้ำไปแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ค่าพีเอช 5 (ควบคุมค่าพีเอชด้วยซิเตรทบัฟเฟอร์) แช่น้ำ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง หลังจากครบระยะเวลาที่กำหนดทำการหยุดปฏิกิริยาการเพาะงอกโดยนำเมล็ดถั่วเขียวมาแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อนแบบถาด จนกระทั่งปริมาณความชื้นลดลงเหลือ 10% - 12% หลังจากนั้นนำมาบดเป็นแป้งด้วยเครื่อง Hammer mill ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 80 mesh และเก็บใส่ถุงอลูมิเนี่ยมฟรอยด์ เพื่อเป็นวัตถุดิบในการทดลองขั้นต่อไป

ถั่วขาวงอก (ดัดแปลงจาก ธณญา ตรึงตราจิตกุล, 2555; ฤทัยทิพ อโนมุณี และคณะ, 2562)

นำถั่วขาวล้างทำความสะอาด แล้วน้ำไปแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ค่าพีเอช 5 (ควบคุมค่าพีเอชด้วยซิเตรทบัฟเฟอร์) แช่น้ำ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง หลังจากครบระยะเวลาที่กำหนดทำการหยุดปฏิกิริยาการเพาะงอกเช่นเดียวกับถั่วเขียว

3.3.2 ศึกษาคุณสมบัติแป้งทั้ง 3 ชนิด โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการ

1) วิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านกายภาพ

- ทดสอบคุณภาพแป้ง การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งในรูปเพสท์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)
- วัดค่าสี L*, a*, b* ของแป้งโดยใช้เครื่อง Colorimeter

2) วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

- การวิเคราะห์ แกมมา แอมิโนบิวทิริคอซิด (γ-aminobuturic acid, GABA) ด้วย HPLC
- วิเคราะห์วิตามินบี 1 (Liu และคณะ, 2002)
- ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic contents)mg/GAE/g of crude extract

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

- ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging capacity)mg Trolox equivalent/g of crude extract

3.3.3 ศึกษาระดับการทดแทนแป้งงอกที่เหมาะสมต่อขนมปัง (25-40%)

แปรผันปริมาณแป้งงอกทั้ง 3 ชนิด โดยคงที่สัดส่วนแป้งข้าวกล้องงอก แป้งถั่วเขียว และแป้งถั่วขาวที่ 1:1:1 เพื่อทดแทนแป้งสาลีในสูตรขนมปังในปริมาณร้อยละ 25-40 (%w/w) ในการทดลองผลิตขนมปังแซนด์วิชโดยมีสูตรพื้นฐาน และวิธีการดังนี้

ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐาน ดัดแปลงจาก จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล (2541)

ส่วนประกอบ	ปริมาณ(กรัม)
แป้งสาลี	100.0
น้ำตาล	10.0
เกลือ	1.75
ยีสต์	1.0
นมผง	4.0
เนยสด	6
น้ำ	60

ขั้นตอนการทำ

- ผสมแป้งสาลี ยีสต์ และนมผง เข้าด้วยกันใน หลังจากนั้นละลายน้ำตาลและเกลือลงในน้ำเทลงในส่วนผสมของแป้ง ตีให้ส่วนผสมเข้ากัน
- เติมเนยสด นวดต่อด้วยเครื่องผสมจนเนียนใช้เวลา 15 นาที
- นวดจนมีลักษณะเนื้อเนียน ที่สามารถยืดตัวออกเป็นฟิล์มบางๆ โดยไม่ฉีกขาด
- คลึงเก็บก้อนแป้งให้ผิวเนียนเรียบวางบนภาชนะหมักในตู้หมัก ทิ้งไว้จนกระทั่งก้อนแป้งเพิ่มปริมาตรใหญ่ขึ้นจากเดิมเป็น 2 เท่า ใช้เวลาประมาณ 45-60 นาที
- ไล่อากาศ ตัดและชั่งน้ำหนักโด ใช้ไม้คลึงแป้งคลึงแป้งออกให้ยาวและกว้างเท่ากับพิมพ์ม้วนแป้งให้เป็นท่อนยาวเท่ากับพิมพ์วางแป้งลงในพิมพ์ขนมปัง พักไว้ให้ขึ้นเกือบเต็มพิมพ์ หรือขึ้นเป็น 2 เท่า

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

- นำเข้าเตาอบ นำไปอบที่เตาอบไฟฟ้า อุณหภูมิ 200°C นาน 30 นาที หรือจนสุกและเอาออกจากพิมพ์ วางบนตะแกรงให้เย็น

ทำการคัดเลือกสูตรโดยประเมินจาก การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9 - point hedonic scale ทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

3.3.4 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ขนมปังที่พัฒนาได้มาทำแบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน คือ อาจารย์ นักศึกษา และบุคลากร ภายในมหาวิทยาลัยรังสิต จำนวน 50 คน

3.3.5 ศึกษาต้นทุนที่ใช้ในการผลิตและทดลองจำหน่าย

1) หลังจากได้ผลจากการทดลองสูตรขนมปังที่พัฒนาได้**คำนวณหาต้นทุนในการผลิต**เพื่อจะได้ทราบถึงต้นทุนทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิตขนมปังแป้งงอกโดยคำนวณจากสูตร

ต้นทุนการผลิต = วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต + ค่าแรงทางตรง + ค่าใช้จ่ายการผลิต

2) ออกแบบบรรจุภัณฑ์ และฉลาก

3) ทดลองวางจำหน่ายที่ร้านตะวัน มหาวิทยาลัยรังสิต โดยการรับผลิตตามคำสั่งซื้อ

3.4 การวิเคราะห์คุณภาพ

3.4.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1) วัดค่าสี L*, a*, b* ของแป้งโดยใช้เครื่อง Colorimeter

2) ทดสอบคุณภาพแป้ง การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งในรูปเพสท์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

3) ปริมาตรจำเพาะ (cm^3/g) และ ความหนาแน่น (g/cm^3) ของขนมปัง

วิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะ โดยใช้การแทนที่ด้วยเมล็ดงา (rapeseed displacement)

4) เนื้อสัมผัส (Texture)

โดยวัดความแน่นเนื้อ(Firmness; g) ด้วยเครื่อง Texture analyzer

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1) การวิเคราะห์ แกมมา แอมิโนบิวทิริคอซิด (γ-aminobuturic acid, GABA) ด้วย HPLC
2) วิเคราะห์วิตามินบี 1 (Liu และคณะ, 2002)
3) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic contents)mg/GAE/g of crude extract
4) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging capacity) mg Trolox equivalent/g of crude extract
5) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีของ AOAC (2002) ได้แก่ วิเคราะห์ความชื้น วิเคราะห์โปรตีน วิเคราะห์ไขมัน วิเคราะห์เส้นใยหยาบ วิเคราะห์เถ้า และการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยการคำนวณ

3.4.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9 - point hedonic scale ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยนำเสนอผลิตภัณฑ์พร้อมกับแบบสอบถาม ในขั้นตอนการคัดเลือกสูตร และปรับปรุงคุณภาพ

ในขั้นตอนการศึกษาการยอมรับนำผลิตภัณฑ์ขนมปังที่พัฒนาได้มาทำแบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9 - point hedonic scale ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบชิม ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน คือ อาจารย์ นักศึกษา และบุคลากร ภายในมหาวิทยาลัยรังสิต จำนวน 50 คน

3.5 การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิเคราะห์ 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS

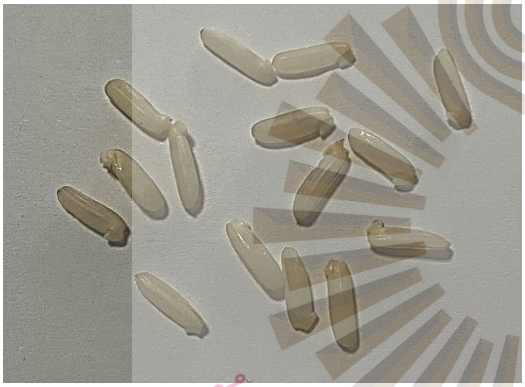
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 4

ผลการทดลอง และอภิปรายผล

4.1 การเตรียมแป้งข้าวกล้องงอก ถั่วเขียวงอก และถั่วขาวงอก

จากการทดลองงอกข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือก แช่น้ำในสภาวะที่เป็นกรดอ่อน (pH 5.6) ด้วย 1 N กรดซิตริก เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และเพาะงอกเป็นเวลา 18 ชั่วโมง ถั่วเขียวโดยเป็นแช่น้ำที่สภาวะความเป็นกรด pH 5.0 ระยะเวลา 12 ชั่วโมง และเพาะงอกเป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง และงอกถั่วขาวโดยเป็นแช่น้ำที่สภาวะความเป็นกรด pH 5.0 ระยะเวลา 12 ชั่วโมง และเพาะงอกเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง โดยปรากฏลักษณะการงอกที่ได้ดังภาพที่ 2



ก. ข้าวกล้องงอก

ข. ถั่วเขียวงอก

ค. ถั่วขาวงอก

ภาพที่ 2 ภาพแสดงลักษณะการงอกของข้าวกล้องงอก (ก) ถั่วเขียวงอก (ข) ถั่วขาวงอก (ค)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

หลังจากการเพาะงอกแล้วหยุดปฏิกิริยาโดยการนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที หลังจากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อนแบบถาด จนกระทั่งปริมาณ

ความชื้นลดลงเหลือ 10% - 12% หลังจากนั้นนำมาบดเป็นแป้งด้วยเครื่อง Hammer mill ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 80 mesh และผสมแป้งจากข้าวงอก ถั่วเขียวงอก และถั่วขาวงอกในอัตราส่วน 1:1:1 (แป้งธัญพืชงอก) และเก็บใส่ถุงอลูมิเนียมฟรอยด์ เพื่อเป็นวัตถุดิบในการวิเคราะห์คุณภาพด้านอื่นๆต่อไป

4.2 ศึกษาคุณสมบัติแป้งธัญพืช โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการ

4.2.1 วิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านกายภาพ

1) วัดค่าสี L*, a*, b* ของแป้งโดยใช้เครื่อง Colorimeter

ค่าปริมาณน้ำอิสระของแป้งธัญพืชงอกมีค่าต่ำกว่า แป้งขนมปัง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยทั้งสองชนิดยังจัดอยู่ในกลุ่มของอาหารแห้ง ส่วนค่าสีค่า L* เป็นค่าความสว่าง โดยค่า L* มีค่าเป็น 0 หมายถึงตัวอย่างมีสีเข้ม (darkness) L* มีค่าเป็น 100 หมายถึงตัวอย่างมีสีอ่อน (lightness) ผลการทดลองพบว่าทั้งค่า L* a* และ b* ของแป้งธัญพืชงอกแตกต่างกันกับแป้งขนมปังอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสีของแป้งธัญพืชมีสีเข้ม (L* ต่ำกว่า) ส่วนค่า a* เป็นค่าลบสีแสดงออกไปทางสีเขียว b* เป็นบวกที่สูงกว่าแสดงถึงสีเหลือง

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำอิสระ และค่าสี (L*, a*, b*) ของแป้งสาลี และแป้งธัญพืชงอก

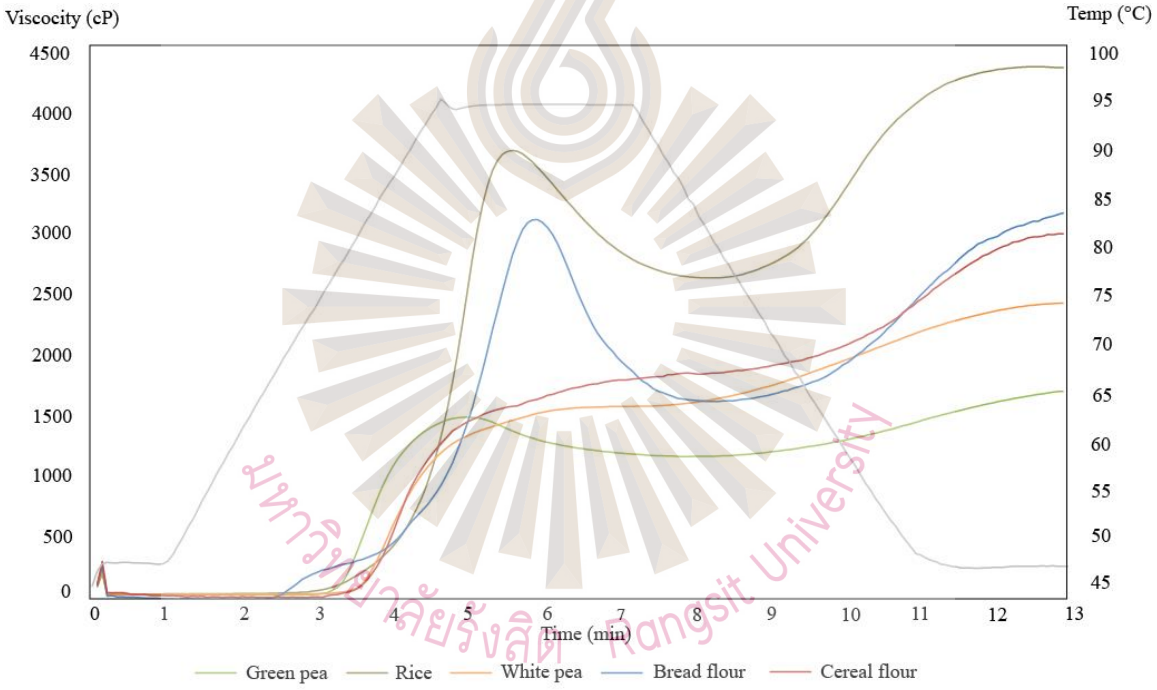
คุณสมบัติ	แป้งสาลี(ขนมปัง)	แป้งธัญพืชงอก
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	$0.453^{a} \pm 0.01$	$0.246^{b} \pm 0.00$
ค่าสี		
L	$93.47^{a} \pm 0.15$	$88.97^{b} \pm 0.15$
a	$-2.27^{a} \pm 0.42$	$-3.33^{b} \pm 0.15$
b	$8.73^{b} \pm 0.12$	$13.40^{a} \pm 0.26$

หมายเหตุ ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)
ตัวอักษร a, b, ที่แตกต่างตามแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), N/A คือ ไม่พบค่าวิเคราะห์
ค่าสี L* คือ ค่าความสว่าง ; a* คือสีแดง/ สีเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว) ; b* คือ ค่าสีเหลือง / สีน้ำเงิน (+ = สีเหลือง - = สีน้ำเงิน)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2) ทดสอบคุณภาพแป้ง การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

จากภาพที่ 2 แสดงถึงค่าความหนืดของแป้งแต่ละชนิดจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA -profile) ที่วัดความหนืดที่ของแป้งที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจนถึง 95°C รักษาอุณหภูมิให้คงที่เป็นเวลา 5 นาที และลดอุณหภูมิลงจนถึงประมาณ 45°C พบว่าค่าความหนืดของแป้งธัญพืชมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความหนืดแตกต่างกับแป้งชนิดอื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงของความหนืดที่แตกต่างกันนี้สามารถแสดงถึงพฤติกรรมระหว่างการให้ความร้อนที่ทำให้เย็นตัวลงของแป้งแต่ละชนิด โดยค่าความหนืดและอุณหภูมิในจุดต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 3 ที่การพิจารณาความแตกต่างที่นัยสำคัญ $p \leq 0.05$



ภาพที่ 3 แผนภาพ RVA-profile ของแป้งข้าว (rice flour), แป้งถั่วเขียว (green pea flour), แป้งถั่วขาว (white pea flour), แป้งขนมปัง (bread flour), และแป้งธัญพืช (cereal flour)

ตารางที่ 3 RVA-profile ของแป้งข้าว (rice flour), แป้งถั่วเขียว (green pea flour), แป้งถั่วขาว (white pea flour), แป้งแป้งขนมปัง (bread flour), และแป้งธัญพืช (cereal flour)

Type of flour	Peak Viscosity	Trough Viscosity	Breakdown	Final Viscosity	Setback from Peak	Peak Time	Pasting Temp
Rice flour	3,691.67a ± 18.58	2,630.67a ± 18.77	1,061.00b ± 4.58	4,351.33a ± 27.79	659.67c ± 32.04	5.67c ± 0.07	80.08b ± 0.80
Green pea flour	1,485.00e ± 2.65	1,158.67c ± 4.93	326.33c ± 7.09	1,716.67e ± 14.74	231.67d ± 16.26	4.98d ± 0.04	77.72c ± 0.03
White pea flour	1,585.00d ± 10.15	N/A	N/A	2,445.33d ± 12.90	860.33b ± 5.51	7.00a ± 0.00	81.70a ± 0.00
Bread flour	3,155.67b ± 40.51	1,653.67b ± 113.53	1,502.00a ± 80.07	3,183.33b ± 62.17	51.00e ± 5.66	6.03b ± 0.20	70.77d ± 0.94
Cereal flour	**1,788.67c ± 15.04**	N/A	**124.00d ± 22.87**	**2,966.33c ± 39.02**	**1,177.67a ± 33.38**	**6.98a ± 0.00**	**80.90ab ± 0.52**

หมายเหตุ ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร a, b, ที่แตกต่างตามแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), N/A คือ ไม่พบค่าวิเคราะห์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาที่ค่า peak viscosity ของแป้งธัญพืชเทียบกับแป้งชนิดอื่นๆ พบว่ามีค่าต่ำกว่าแป้งข้าวและแป้งขนมปัง แต่มีค่ามากกว่าแป้งถั่วขาวและแป้งถั่วเขียวตามลำดับ ค่า peak viscosity ที่มาก ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการอุ้มน้ำ (degree of swelling) ระหว่างการให้ความร้อนมากของแป้งเช่นกัน ค่า peak viscosity ที่แตกต่างการของแป้งแต่ละชนิด โดยมีผลมาจากส่วนประกอบของแป้งที่มีปริมาณของเม็ด starch และโปรตีนที่แตกต่างกัน โดยปริมาณเม็ด starch ที่เป็นส่วนประกอบ ถ้ามีปริมาณมากจะทำให้ค่า peak viscosity มีค่าสูงขึ้นด้วย ในขณะที่ปริมาณของโปรตีนก็ได้ส่งผลถึงคุณสมบัติและความหนืดของแป้งได้เช่นกัน (Bartley และ Curtin, 2000) แป้งธัญพืชงอกที่มีปริมาณส่วนประกอบของเม็ด starch น้อยกว่าแป้งข้าวและแป้งขนมปัง และมีปริมาณโปรตีนที่มาจากส่วนผสมของถั่วแต่ละชนิดจึงมีค่า viscosity น้อยกว่าแป้งข้าวและแป้งขนมปัง

ในช่วง holding period หรือช่วงรักษาอุณหภูมิในคงที่เมื่อให้ความร้อนถึง 95°C จะทำให้เกิด mechanical shear stress ที่ทำให้เม็ดแป้งเกิดการแตกตัวและทำให้ amylose ภายในเม็ดแป้งหลุดออกมา ช่วงนี้จะแสดงให้เห็นถึงค่า breakdown ที่คำนวณได้จากร้อยละของค่า peak viscosity ค่า breakdown ที่มากแสดงได้ถึงความสามารถในการทนความร้อนและ shear stress ซึ่งทั้งสองค่านี้เป็นปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการทำอาหารอีกหลายกระบวนการ (Ragaee และ Abdel-Aal, 2006) แต่เมื่อพิจารณาที่ค่า breakdown ของแป้งธัญพืชงอกจะพบว่ามีค่าน้อยกว่าแป้งขนมปัง แป้งข้าว และแป้งถั่วเขียว นั่นหมายถึงแป้งธัญพืชงอกนั้นจะมีความสามารถในการทนความร้อนและ shear stress ได้น้อยกว่าแป้งชนิดอื่นๆ และเมื่อพิจารณาอัตราการดูดน้ำ (adsorption rate) และการบวมน้ำ (swelling rate) ที่เห็นได้จากค่า peak time และ pasting temperature ของแป้งธัญพืชงอก จะเห็นได้ว่าแป้งธัญพืชมีอัตราการดูดน้ำและบวมน้ำใกล้เคียงกับแป้งถั่วขาวที่ความหนืดสูงสุดใกล้เคียงกัน แต่ที่เวลาและอุณหภูมิใกล้เคียงกันนั้น แป้งขนมปังและแป้งข้าวสามารถทำความหนืดสูงสุดได้สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งหมายถึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่าแป้งธัญพืชงอกมีความสามารถในการทนความร้อนและ shear stress น้อย และยังมีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการใช้แป้งธัญพืชต่อกระบวนการทำอาหารหรือการแปรรูปอาหารที่ต้องใช้น้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญ

เมื่อทำการลดอุณหภูมิลงให้แป้ง จะทำให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของโมเลกุลแป้งโดยเฉพาะอะมิโลส ทำให้เกิดโครงสร้างของเจลขึ้น ส่งผลให้แป้งมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้นไปจนถึงความหนืดสุดท้าย หรือ

final viscosity ซึ่งช่วงนี้เองที่ทำให้เกิดช่วงที่เรียกว่า setback ซึ่งคำนวณได้จากร้อยละของค่า final viscosity และสอดคล้องไปยังปฏิกิริยาการจัดเรียงตัวใหม่ของแป้ง (retrogradation) โดยค่า setback ที่มาก หมายถึงอัตราการเกิด retrogradation ก็สูงมากเช่นเดียวกัน โดยพบว่าค่า setback ของแป้งธัญพืชมีค่าสูงที่สุด ตามด้วยแป้งถั่วขาว แป้งข้าว แป้งถั่วเขียว และแป้งขนมปังตามลำดับ การที่อัตราการเกิด retrogradation ของแป้งมาก อาจทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารมีความแข็งมากขึ้น เหนียวขึ้น และค่า setback ที่มากยังหมายถึงความสามารถในการคายน้ำ (syneresis) ของเม็ดแป้งที่มากขึ้นอีกด้วย ซึ่งถ้าเม็ดแป้งสามารถคายน้ำได้ง่าย น้ำที่ออกมาจะสามารถเร่งปฏิกิริยาในส่วนผสมหรือโมเลกุลต่างๆ ภายในผลิตภัณฑ์อาหารได้ เช่นหากเกิดการคายน้ำในผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของไขมันมาก น้ำที่ออกมาจากกระบวนการคายน้ำอาจเข้าไปเร่งปฏิกิริยา oxidation เป็น lipid oxidation ทำให้เกิดสารประกอบที่ทำให้เกิดการเหม็นหืนขึ้นได้ในผลิตภัณฑ์ได้ เป็นต้น แต่ค่า set back ที่สูงขึ้นนี้ อาจเกิดเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโปรตีน ความหนืดของจะขึ้นอยู่กับ protein-rich domains และ starch-rich domains ในส่วนแรกเมื่อโปรตีนมีน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนืดของระบบเพิ่มขึ้น และในส่วนที่สองเมื่อโปรตีนและแป้งเกิดอันตรกิริยากันน้อยลง แอมิโลสและแอมิเพกทินจึงมีโอกาสที่จะมาจัดเรียงตัวกันเกิดเป็นโครงสร้างที่เป็นระเบียบมากขึ้น (Tananuwong และ Malila, 2011) และยังทำให้ breakdown ลดลงเพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีน การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโปรตีนอาจขัดขวางการพองตัวของเม็ดแป้ง จึงทำให้ค่า pasting temperature เพิ่มขึ้นแต่ค่า peak viscosity และ breakdown มีค่าลดลงได้ด้วย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.2.2 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของแป้งสาลี(ขนมปัง) และแป้งธัญพืชงอก (ตารางที่ 4) พบว่าแป้งธัญพืชงอกปริมาณเถ้า ไขมัน และปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งขนมปังอย่างมีนัยสำคัญ และปริมาณเส้นใยหยาบของแป้งขนมแป้งสาลี(ขนมปัง) สูงกว่าและแป้งธัญพืชงอกอย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณสารกาบาของแป้งธัญพืชงอกมีปริมาณที่มากกว่าแป้งขนมปังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 19.53 และ 1.97 ตามลำดับ ส่วนปริมาณของวิตามินบี 1 นั้น เมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วไม่พบ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของแป้งสาลี(ขนมปัง) และแป้งธัญพืชงอก

คุณค่าทางโภชนาการ	แป้งสาลี(ขนมปัง)	แป้งธัญพืชงอก
องค์ประกอบทั่วไปของอาหาร (proximate analysis),		
ความชื้น (ร้อยละ)	$10.70^{a} \pm 0.04$	$6.41^{b} \pm 0.30$
เถ้า (ร้อยละ)	$0.55^{b} \pm 0.00$	$3.02^{a} \pm 0.02$
ไขมัน (ร้อยละ)	$2.07^{b} \pm 0.33$	$3.51^{a} \pm 0.62$
โปรตีน (ร้อยละ)	$16.56^{b} \pm 0.19$	$19.34^{a} \pm 0.36$
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	$24.36^{b} \pm 0.65$	$33.45^{a} \pm 1.43$
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	$70.12^{a} \pm 0.20$	$67.72^{b} \pm 0.68$
แกมมา แอมิโนบิวทิริคอซิด (γ-aminobuturic acid, GABA), mg/100g	$1.97^{b} \pm 0.01$	$19.53^{a} \pm 0.16$
วิตามินบี 1, mg/100g	ND	ND
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic contents), mg/GAE/g of crude extract	$0.49^{b} \pm 0.01$	$1.70^{a} \pm 0.03$
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging capacity), mgTrolox equivalent/g of crude extract	$0.21^{b} \pm 0.00$	$0.43^{a} \pm 0.02$

หมายเหตุ ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)
ตัวอักษร a, b, ที่แตกต่างตามแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), ND คือ ตรวจไม่พบ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic contents) ของแป้งสาลี(ขนมปัง) และแป้งธัญพืชงอก คำนวณได้จาก linear regression equation ของกราฟสารมาตรฐานกรดแกลลิก ($y = 0.0046x + 0.0177$, $R^2 = 0.999$) พบว่าปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของแป้งสาลี(ขนมปัง) และแป้งธัญพืชงอก คือ 0.49 ± 0.01 และ 1.70 ± 0.03 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อกรัมตัวอย่างตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging capacity) ของแป้งตัวอย่างคำนวณได้จาก linear regression equation ของกราฟสารมาตรฐาน ($y = -0.0035x + 0.846$, $R^2 = 0.999$) พบว่า

ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของแป้งสาลี(ขนมปัง) และแป้งธัญพืชงอก คือ 0.21 ± 0.00และ 0.43 ± 0.02 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิคต่อกรัมตามลำดับ

4.3 ศึกษาระดับการทดแทนแป้งธัญพืชงอกที่เหมาะสมต่อขนมปัง (ร้อยละ 25-40)

4.3.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังทดแทนด้วยแป้งธัญพืชงอกร้อยละ 25-40 (w/w) โดยการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9 - point hedonic scale

จากการศึกษาระกับการทดแทนแป้งธัญพืชงอกที่เหมาะสมต่อขนมปัง โดยแปรผันปริมาณแป้งงอกทั้ง 3 ชนิด โดยคงที่สัดส่วนแป้งข้าวกล้องงอก แป้งถั่วเขียว และแป้งถั่วขาวที่ 1:1:1 เพื่อทดแทนแป้งสาลีในสูตรขนมปังในปริมาณร้อยละ 25-40 (w/w) ในการทดลองผลิตขนมปัง และทำการคัดเลือกสูตรโดยประเมินจาก การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9 - point hedonic scale ทางด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 33 คน พบว่าคะแนนความชอบเป็นไปดังตารางที่ 5

ปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งธัญพืชงอกที่ระดับการทดแทนที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้คะแนนความชอบลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม โดยผลการทดลองที่ปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งธัญพืชงอกที่ร้อยละ 25 และสูตรควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งในด้านคุณลักษณะในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม คะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก

4.3.2 ผลของคุณภาพทางกายภาพของขนมปังทดแทนด้วยแป้งธัญพืชงอกร้อยละ 25-40 (w/w)

นำเฉพาะส่วนของเนื้อขนมปังวัดค่าสี โดยการวัดค่า L* เป็นค่าความสว่าง โดยค่า L* มีค่าเป็น 0 หมายถึงตัวอย่างมีสีเข้ม (darkness) L* มีค่าเป็น 100 หมายถึงตัวอย่างมีสีอ่อน (lightness) ค่า a* คือแสดงความเป็นสีแดงและเขียว (redness/greenness) โดยถ้า a* มีค่าเป็นบวก หมายถึง สีแดง ถ้า a* มี

ค่าเป็นลบ หมายถึง สีเขียว ค่า b* คือ แสดงความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness/blueness) โดย ถ้า b* มีค่าเป็นบวก หมายถึง สีเหลือง ถ้า b* มีค่าเป็นลบ หมายถึง สีน้ำเงิน

ผลการทดลอง (ตารางที่ 2) พบว่าค่า L* ของตัวอย่างมีแนวโน้มลดลง แสดงว่าตัวอย่างมีสีที่เข้มขึ้นทุกระดับการทดแทนที่เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขนมปังสูตรควบคุมมีสีขาวที่สุด ในส่วนของค่า a* และ b* มีค่าที่เพิ่มขึ้นในระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งธัญพืชงอกมีสีเหลืองดังแสดงในภาพที่ 4

ภาพที่ 4 แสดงขนมปังที่ปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งธัญพืชงอกที่ระดับการทดแทนต่างๆ

ขนมปังที่ได้จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งธัญพืชงอกส่งผลต่อปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีแนวโน้มลดลงตามลำดับการทดแทน ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 โดยระกับการทดแทนที่เพิ่มมากขึ้น โดยลดแป้งขนมปังส่งผลต่อโครงสร้าง การเกิดกลูเตน รวมถึงความแข็งแรงและความยืดหยุ่นลดต่ำลง ทำให้การความสามารถในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักโดน้อยลงส่งผลต่อเรื่องของโครงสร้างขนมปังทำให้แข็งแรงได้น้อยกว่าเช่นกัน ส่งผลต่อถึงความหนาแน่นของขนมปัง ซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาตรจำเพาะกล่าวคือเมื่อปริมาตรจำเพาะของขนมปังลดต่ำลงความหนาแน่นของขนมปังก็จะเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากโครงสร้างของโดไม่แข็งแรง ความหนาแน่นของขนมปังจะมีค่าที่เพิ่มขึ้นตามลำดับการทดแทน ($p<0.05$)

ลักษณะของเนื้อสัมผัสขนมปังจากการทดลองระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อเนื้อสัมผัสทำให้ความแน่นเนื้อของขนมปังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 6 สอดคล้องกับผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่พบว่าคะแนนความชอบมีแนวโน้มคะแนนลดลงเช่นกัน

ระดับการทดแทนที่ร้อยละ 25 คุณสมบัติทางกายภาพทางด้านปริมาตรจำเพาะ ความหนาแน่นและเนื้อสัมผัสโดยการวัดความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรควบคุม สอดคล้องกับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส

งานวิจัยของ Pongjaruvat and others (2014) ที่พบว่าขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิมีค่าความแข็งสูงที่สุด เมื่อเทียบกับขนมปังที่ใช้แป้งข้าวสาลี(ตัวควบคุม) ขนมปังที่ทดแทนด้วยแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการให้ความร้อนแบบ pre-gelatinized ร้อยละ10, ร้อยละ 20 และร้อยละ30 มีค่าความสามารถในการคืนตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ในงานวิจัยของ นฤมล ลอยแก้ว (2556) การเพิ่มระดับการทดแทนแป้งสาลีที่มากขึ้นด้วยแป้งข้าวฮางงอกจะทำให้เนื้อสัมผัสของขนมปังมีความแข็งขึ้น โดยพบว่าการลดลงของความหนาแน่นของเซลล์อากาศมีความสัมพันธ์กับปริมาตรจำเพาะของขนมปัง และความแน่นเนื้อปริมาณของเซลล์อากาศในตัวขนมปังมีขนาดเล็กลง ทำให้เนื้อของขนมปังแน่นขึ้น ในขนมปังที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวฮางงอกจะมีการกระจายตัวของเซลล์อากาศลดลง และ มีความแน่นเนื้อมากขึ้น เช่นเดียวกันกับวิจัยของ จุฑามาศ พีรพัชระ และวรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์ (2559) ศึกษาการใช้เนื้อตาลสุกในการผลิตขนมปังพบว่าเมื่อระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยเนื้อตาลสุกมากขึ้นมีผลต่อคุณภาพขนมปัง ทำให้ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ปริมาตรจำเพาะลดลง ซึ่งส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของขนมปังทำให้ขนมปังมีค่าความแข็งที่เพิ่มมากขึ้น

จากการทดลองพบว่า ขนมปังที่ปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งธัญพืชงอกที่ร้อยละ 25 ทำให้ขนมปังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณลักษณะทางด้านกายภาพใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด จึงเลือกสูตรดังกล่าวมาทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมปังที่พัฒนาได้ในลำดับถัดไป

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 5 แสดงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังทดแทนด้วยแป้งธัญพืชงอกที่ระดับต่างๆ โดยการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9–point hedonic scale

ปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วย	คุณลักษณะในด้านต่างๆ					
แป้งธัญพืชงอก (ร้อยละ)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
control	7.97a ± 1.05	7.97a ± 1.05	7.33a ± 1.14	7.64a ± 1.14	7.64a ± 1.14	7.79a ± 1.14
25	7.58ab ± 1.23	7.33ab ± 1.29	7.00a ± 1.27	6.70b ± 1.21	7.18ab ± 1.16	7.18ab ± 1.10
30	7.03b ± 1.42	6.91b ± 1.59	6.88a ± 1.22	6.61b ± 1.62	6.67b ± 1.51	6.79b ± 1.43
35	6.91b ± 1.72	7.11b ± 1.45	6.68a ± 1.46	6.52b ± 1.35	6.64b ± 1.45	6.76b ± 1.56
40	7.06b ± 1.39	6.88b ± 1.71	6.88a ± 1.36	6.91b ± 1.42	6.76b ± 1.35	7.00b ± 1.58

หมายเหตุ ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b, c,... อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**สเกลตัวเลข สเกลตัวหนังสือ 9 จุด

1 ไม่ชอบเลย(dislike extremely)
2 ไม่ชอบมาก(dislike very much)
3 ไม่ชอบปานกลาง (dislike moderately)
4 ไม่ชอบเล็กน้อย (dislike slightly)
5 เฉยๆ (neither like nor dislike)
6 ชอบเล็กน้อย (like slightly)
7 ชอบปานกลาง (like moderately)
8 ชอบมาก (like very much)
9 ชอบเป็นพิเศษ (like extremely)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 6 แสดงคุณภาพทางกายภาพของขนมปังทดแทนด้วยแป้งธัญพืชงอกที่ระดับต่างๆ

ปริมาณการทดแทนแป้งสาลี	คุณภาพสี			ปริมาตรจำเพาะ	ความหนาแน่น	ความแน่นเนื้อ
ด้วยแป้งธัญพืชงอก (ร้อยละ)	L*	a*	b*	(cm^3/g)	(g/cm^3)	(Firmness; g)
control	74.38a ± 0.91	-4.93c ± 0.23	18.85d ± 0.15	3.58a ± 0.03	0.28c ± 0.00	202.56c ± 36.14
25	71.10b ± 0.72	-4.37b ± 0.23	21.78c ± 0.72	3.46ab ± 0.13	0.29bc ± 0.01	212.76c ± 15.96
30	71.75b ± 0.65	-4.35b ± 0.13	21.35c ± 0.82	3.43ab ± 0.12	0.29bc ± 0.01	269.63ab ± 9.90
35	66.23c ± 0.65	-3.90a ± 0.10	22.67b ± 0.75	3.13bc ± 0.19	0.32ab ± 0.02	314.29b ± 52.12
40	64.43d ± 0.42	-3.63a ± 0.38	23.60a ± 0.20	3.03c ± 0.28	0.33a ± 0.03	415.37a ± 47.50

หมายเหตุ ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b, c,... อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.4 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ และผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมปังที่พัฒนาได้

จากผลการทดลองข้างต้น พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังทดแทนด้วยแป้งธัญพืชงอกร้อยละ 25 ใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด เมื่อนำมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคหลังจากทดสอบผลิตภัณฑ์ โดยผู้ทดสอบทั่วไป ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale พบว่าทุกคุณลักษณะผู้บริโภคให้ความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก และในการยอมรับของผู้บริโภคภายหลังจากการทดสอบผลิตภัณฑ์พบว่ามีการยอมรับอยู่ในระดับยอมรับคิดเป็นร้อยละ 100 (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 แสดงผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ (n=61)

คุณลักษณะในด้านต่างๆ	คะแนน
ลักษณะปรากฏ	7.82 ± 1.09
สี	8.03 ± 0.98
กลิ่นรส	7.61 ± 1.35
รสชาติ	7.72 ± 1.52
เนื้อสัมผัส	7.92 ± 1.49
ความชอบโดยรวม	7.98 ± 1.19
การยอมรับผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ)	100

หมายเหตุ ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

นำผลิตภัณฑ์ขนมปังทดแทนด้วยแป้งธัญพืชงอกที่พัฒนาได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการโดยศึกษาองค์ประกอบทั่วไปของอาหาร แกมมา แอมิโนบิวทิริคอซิด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเทียบกับสูตรควบคุม (ตารางที่ 8)

ขนมปังทดแทนด้วยแป้งธัญพืชงอกมีแกมมา แอมิโนบิวทิริคอซิด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมปังที่พัฒนาได้

คุณค่าทางโภชนาการ	ขนมปังสูตรควบคุม	ขนมปังธัญพืชงอก
องค์ประกอบทั่วไปของอาหาร (proximate analysis)		
ความชื้น (ร้อยละ)	$30.33^{ns} \pm 0.19$	$30.57^{ns} \pm 0.50$
เถ้า (ร้อยละ)	$0.76^{b} \pm 0.01$	$1.00^{a} \pm 0.03$
ไขมัน (ร้อยละ)	$15.60^{ns} \pm 0.14$	$15.27^{ns} \pm 0.49$
โปรตีน (ร้อยละ)	$10.87^{b} \pm 0.01$	$11.35^{a} \pm 0.10$
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	$0.23^{b} \pm 0.02$	$0.34^{a} \pm 0.03$
คาร์โบไฮเดรต (จากการคำนวณ)	$42.44^{ns} \pm 0.39$	$41.82^{ns} \pm 0.82$
แกมมา แอมิโนบิวทิริคอซิด (γ-aminobuturic acid, GABA), mg/kg	15.05^{b}	79.47^{a}
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic contents), mg/GAE/g of crude extract	$0.68^{b} \pm 0.01$	$0.87^{a} \pm 0.00$
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging capacity), mg Trolox equivalent/g of crude extract	$0.50^{b} \pm 0.00$	$0.64^{a} \pm 0.01$

หมายเหตุ ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a,b อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ns ในแนวนอนหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.5 ศึกษาต้นทุนที่ใช้ในการผลิตและทดลองจำหน่าย

หลังจากศึกษาเรื่องของคุณค่าทางโภชนาการ พร้อมทั้งคุณสมบัติต่างๆของแป้ง ศึกษาระดับการใช้ในการผลิตขนมปังเรียบร้อย จึงได้มีการออกแบบบรรจุภัณฑ์ และฉลากสินค้าภายใต้แบรนด์ “GE**R**MIN**SU**”

“GE**R**MIN**SU** มีที่มาจาก Germinated และ RSU ที่เกิดจากการเอากระบวนการผลิตมาเล่นคำกับสถานที่ผลิต เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการงานวิจัยของมหาวิทยาลัยรังสิต เกิดที่รังสิต”

นำผลิตภัณฑ์มาทดลองจำหน่ายที่ร้านตะวันในรูปแบบแป้ง และขนมปัง อีกทั้งนี้ยังได้ทดลองทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ในรูปแบบอื่นๆจำหน่าย โดยใช้แป้ง GERMINSU เพื่อให้ลูกค้า หรือผู้บริโภคคนอื่นๆเห็นว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในลักษณะอื่นๆได้เช่นกัน มีศึกษาต้นทุนพร้อมราคาดังตารางที่ 9 – 11

ด้านหน้า **ด้านหลัง**

ภาพที่ 5 ภาพฉลากของถุงแป้ง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 9 ต้นทุนของแป้งธัญพืชงอก “GERMINSU”

วัตถุดิบ	ราคา	จำนวน	หน่วย	yield	ราคาจริง	ต้นทุนต่อหน่วย	จำนวนที่ใช้	ต้นทุนที่ใช้	หมายเหตุ
ถั่วขาวออแกนิก	650.00	5,000.00	g	85%	764.71	0.15	**4,250.0**	650.00	
ถั่วเขียวออแกนิก	650.00	5,000.00	g	85%	764.71	0.15	**4,250.0**	650.00	
ข้าวกล้อง	250.00	5,000.00	g	85%	294.12	0.06	**4,250.0**	250.00	
กรดปรับ pH น้ำ	20.00	1,000.00	ml	98%	20.41	0.02	**300.0**	6.12	
ค่าบดตัวอย่าง	1,000.00	7,200.00	g	100%	1,000.00	0.14	**7,200.0**	1,000.00	
สติ๊กเกอร์	14.00	1.00	ชิ้น	100%	14.00	14.00	**51.0**	714.00	
ถุง	120.00	50.00	ใบ	100%	120.00	2.40	**51.0**	122.40	
ค่าแรง	320.00	480.00	นาที	100%	320.00	0.67	**480.0**	320.00	ค่าแรง จ.ปทุมธานี
อื่นๆ 20% (ค่าน้ำ, ค่าไฟ, จิปาถะ)								482.50	
รวม								4,195.03	
ทำได้	51			ถุง					
ต้นทุน	1			ถุง	ขนาด 250g		**ต้นทุนต่อชิ้น**	82.26	

โดยราคาขายแป้งถุงละ 129 บาท และต้นทุนคิดเป็น 63.76% ของราคาขาย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 10 ต้นทุนของแป้งธัญพืชงอก (แบบถุงละ 1 ชิ้น)

วัตถุดิบ	ราคา	จำนวน	หน่วย	yield	ราคาจริง	ต้นทุนต่อหน่วย	จำนวนที่ใช้	ต้นทุนที่ใช้	หมายเหตุ
แป้งขาว									
แป้ง GERMINSU	129.00	250.00	g	99%	130.30	0.52	**30.0**	15.64	**ที่ 10%**
แป้ง ขนมปัง	40.00	1,000.00	g	99%	40.40	0.04	**270.0**	10.91	
เนยสดอราวลี (คอมพาว) เค็ม	205.00	1,000.00	g	98%	209.18	0.21	**40.0**	8.37	
นมผง	50.00	100.00	g	98%	51.02	0.51	**20.0**	10.20	
ยีสต์	62.00	125.00	g	98%	63.27	0.51	**5.0**	2.53	
น้ำเปล่า	35.00	20,000.00	g	99%	35.35	0.00	**150.0**	0.27	
ไข่ไก่	5.00	60.00	g	80%	6.25	0.10	**25.0**	2.60	
น้ำตาล	25.00	1,000.00	g	98%	25.51	0.03	**50.0**	1.28	
เกลือ	7.00	500.00	g	98%	7.14	0.01	**0.8**	0.01	
แป้งช็อคโกแลต									
ผงโกโก้	137.00	500.00	g	99%	138.38	0.28	**25.0**	6.92	
แป้ง ขนมปัง	40.00	1,000.00	g	99%	40.40	0.04	**300.0**	12.12	
เนยสดอราวลี (คอมพาว) เค็ม	205.00	1,000.00	g	98%	209.18	0.21	**40.0**	8.37	
นมผง	50.00	100.00	g	98%	51.02	0.51	**20.0**	10.20	
ยีสต์	65.00	1,000.00	g	98%	66.33	0.07	**5.0**	0.33	
น้ำเปล่า	35.00	20,000.00	g	98%	35.71	0.00	**150.0**	0.27	
ไข่ไก่	5.00	60.00	g	80%	6.25	0.10	**25.0**	2.60	
น้ำตาล	25.00	1,000.00	g	98%	25.51	0.03	**50.0**	1.28	
เกลือ	7.00	500.00	g	98%	7.14	0.01	**0.8**	0.01	

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ถุงขนมปัง	65.00	100.00	ใบ	98%	66.33	0.66	**20.0**	13.27	
ค่าแรง	320.00	480.00	นาที	100%	320.00	0.67	**90.0**	60.00	ค่าแรง จ.ปทุมธานี
อื่นๆ 20% (ค่าน้ำ, ค่าไฟ, จิปาถะ)								33.43	
รวม								200.61	
ทำได้	20		ชิ้น						
ต้นทุน	1		ถุง	ขนาด 1 ถุง (1ชิ้น)			**ต้นทุนต่อชิ้น**	10.03	

โดยราคาขายขนมปังแบบถุง/ชิ้น 19 บาท และต้นทุนคิดเป็น 52.79% ของราคาขาย

ตารางที่ 11 ต้นทุนของแป้งธัญพืชงอก (แบบถุงครึ่งโลฟ)

วัตถุดิบ	ราคา	จำนวน	หน่วย	yield	ราคาจริง	ต้นทุนต่อหน่วย	จำนวนที่ใช้	ต้นทุนที่ใช้	หมายเหตุ
แป้งขาว									
แป้ง GERMINSU	129.00	250.00	g	99%	130.30	0.52	**30.0**	15.64	**ที่ 10%**
แป้ง ขนมปัง	40.00	1,000.00	g	99%	40.40	0.04	**270.0**	10.91	
เนยสดอราวลี (คอมพาว) เค็ม	205.00	1,000.00	g	98%	209.18	0.21	**40.0**	8.37	
นมผง	50.00	100.00	g	98%	51.02	0.51	**20.0**	10.20	
ยีสต์	62.00	125.00	g	98%	63.27	0.51	**5.0**	2.53	
น้ำเปล่า	35.00	20,000.00	g	99%	35.35	0.00	**150.0**	0.27	
ไข่ไก่	5.00	60.00	g	80%	6.25	0.10	**25.0**	2.60	
น้ำตาล	25.00	1,000.00	g	98%	25.51	0.03	**50.0**	1.28	
เกลือ	7.00	500.00	g	98%	7.14	0.01	**0.8**	0.01	
แป้งช็อคโกแลต									

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ผงโกโก้	137.00	500.00	g	99%	138.38	0.28	**25.0**	6.92	
แป้ง ขนมปัง	40.00	1,000.00	g	99%	40.40	0.04	**300.0**	12.12	
เนยสดอราวลี (คอมพาว) เค็ม	205.00	1,000.00	g	98%	209.18	0.21	**40.0**	8.37	
นมผง	50.00	100.00	g	98%	51.02	0.51	**20.0**	10.20	
ยีสต์	65.00	1,000.00	g	98%	66.33	0.07	**5.0**	0.33	
น้ำเปล่า	35.00	20,000.00	g	98%	35.71	0.00	**150.0**	0.27	
ไข่ไก่	5.00	60.00	g	80%	6.25	0.10	**25.0**	2.60	
น้ำตาล	25.00	1,000.00	g	98%	25.51	0.03	**50.0**	1.28	
เกลือ	7.00	500.00	g	98%	7.14	0.01	**0.8**	0.01	
ถุงขนมปัง	65.00	100.00	ใบ	98%	66.33	0.66	**20.0**	13.27	
ค่าแรง	320.00	480.00	นาที	100%	320.00	0.67	**90.0**	60.00	ค่าแรง จ.ปทุมธานี
อื่นๆ 20% (ค่าน้ำ, ค่าไฟ, จิปาถะ)								33.43	
รวม								200.61	
ทำได้	4				ถุง				
ต้นทุน	1				ถุง	ขนาด 1 ถุง (5ชิ้น)	**ต้นทุนต่อชิ้น**	**51.97**	

โดยราคาขายขนมปังแบบถุงครึ่งโลฟ 79 บาท และต้นทุนคิดเป็น 65.78% ของราคาขาย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ช่วงของการทดลองขายผลิตภัณฑ์ขนมปังเป็นอาหารที่อายุการเก็บสั้น ได้รับการตอบรับน้อยจึงทำผลิตภัณฑ์คุกกี้ธัญพืชแบบชิ้น และกระปุก รวมถึงบราวนี่จำหน่ายควบคู่กับตัวแป้งธัญพืชงอกสำหรับจัดกระเช้าที่ระลึกได้อีกทางหนึ่ง

ภาพที่ 4 ภาพที่ใช้ถ่ายสำหรับประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์จำหน่าย

บทที่ 5

สรุป วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ

สรุป

1. คุณค่าทางโภชนาการ คุณลักษณทางด้านกายภาพ และการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) ของแป้งสาลี (ขนมปัง) แตกต่างกับแป้งธัญพืชงอก อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจส่งผลถึงการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ

2. การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงการมีอิทธิพลของคุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดที่ส่งผลให้เกิดคุณสมบัติที่ทดแทนกันได้ โดยแป้งธัญพืชงอกสามารถเพิ่มและลดค่าความหนืด การอุ้มน้ำ อัตราการดูดน้ำและบวมน้ำ อัตราการเกิด retrogradation การทนความร้อนและ shear rate และยังสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของแป้งธัญพืชงอกที่ใช้ โดยต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติและความสามารถของแป้งธัญพืชงอกเพื่อให้สอดคล้องกับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหารที่จะนำไปใช้เช่นกัน

3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพที่ใช้แป้งธัญพืชงอก พบว่าระดับการทดแทนที่เหมาะสมคือระดับการทดแทนที่ร้อยละ 25 ทำให้ขนมปังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณลักษณะทางด้านกายภาพ รวมถึงเนื้อสัมผัสที่วัดด้วยเครื่อง Texture analyzer ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมปัง พบว่าขนมปังทดแทนด้วยแป้งธัญพืชงอกมี แกมมา แอมิโนบิวทิริคอซิด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม

4. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังใช้แป้งธัญพืชงอกพบว่าคะแนนคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก และการยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ที่ร้อยละ 100

5. ในขั้นทดสอบตลาดออกจำหน่าย ผลิตภัณฑ์สามารถจำหน่ายได้ โดยนำมาประยุกต์ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้หลากหลายชนิด

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ข้อเสนอแนะ

ในขั้นตอนการเพาะงอกธัญพืชช่วยให้สารอาหารเพิ่มสูงขึ้น ช่วยเพิ่มคุณประโยชน์ให้กับผลิตภัณฑ์ สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อื่น และกลุ่มธัญพืชอื่นๆได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น อีกทั้งคุณสมบัติของแป้งภายหลังการงอกแล้วยังเป็นสิ่งที่น่าสนใจการศึกษาต่อ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2541) *เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ,

ดวงฤทัย ธารงโชติ, วิภาวัน จุลยา และรุ่งทิวา วงค์ไพศาลฤทธิ์. (2555). “การพัฒนาขนมปังแซนด์วิชจากแป้งข้าว”. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

ไทยรัฐออนไลน์. 2564.เทรนด์อาหารเครื่องดื่ม 2021 มาแรง เน้นตอบโจทย์สุขภาพ. การสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เนต. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://www.thairath.co.th/news/business/2012751

ธณญา ตรึงตราจิตกุล, (2555) การศึกษาการเพิ่มคุณค่าทางอาหารในผลิตผลทางการเกษตร. สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรแปรรูป.*กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม*.

นฤมล ลอยแก้ว. (2556). *การลดการเหม็นหืนข้าวฮางงอกด้วยวิธีผลิตชุมชนเพื่อทำแป้งข้าวฮางงอกในอุตสาหกรรมเบเกอรี*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยรังสิต. ปทุมธานี.

บุศรินทร์ จงเจริญยานนท์. (2559). “คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของถั่วขาวและการประยุกต์แป้งถั่วขาวในผลิตภัณฑ์ขนมอบ”. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 11(1) มกราคม – ธันวาคม 2559

สุจิตตา เรืองรัศมี, กนกวรรณ จัดวงษ์ และ อบเชย วงศ์ทอง. (2561). การพัฒนาสูตรขนมปังแซนด์วิชโดยใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลี. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 13. ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2561).

ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. 2558. ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ในประเทศไทย. การสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เนต. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=77

ยุพร พืชกมุทร และ วิญญ์ ผิวนิ่ม. (2554) การปรับปรุงคุณภาพของขนมปังแซนด์วิชที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลี.วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 21(3) ก.ย.-ธ.ค. :607-616.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

วัลยา บุญหนุน. 2562. *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนจากแป้งเมล็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอรี่.* ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

ฤทัยทิพ อโนมุณี ปิยาภรณ์ ภาษิตกุล และจิราพร ช่อมณี. “ผลของการแช่ต่อปริมาณสารกาบาในธัญพืชงอก วงศ์ *Leguminosae.*”. *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 29 ประจำปี 2562* (หน้า 1205-1211).

อุไรวรรณ วัฒนกุล, วัฒนา วัฒนกุล และชุตินุช สุจริต. (2556). ผลของอุณหภูมิในการแช่ งอก และหุงต้มต่อปริมาณไทอะมีน, GABA, สารต้านอนุมูลอิสระ ในข้าวมอลต์และข้าวกล้องงอกนิ่งสังหยดพัทลุง. รายงานฉบับสมบูรณ์สำนักงานบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษา และพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ *สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา.* 1-213.

ประเภทของขนมปัง. [ออนไลน์]. 2564. แหล่งที่มา https://www.otto.co.th/content/5615/ประเภทของขนมปัง

ภาษาอังกฤษ

Batey, I. L., and Curtin, B. M. (2000). The effects on the pasting viscosity of starch and flour of different operating conditions for the Rapid Visco Analyzer. *Cereal Chemistry*, 77, 754–760.

Chebib, M., and Johnston, G. A. R. (1999) “ The ‘ABC’ of GABA receptors: A brief review.” *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 26 (11), 937–940.

Creative Economy Agency. 2564. เทรนด์นวัตกรรมอาหาร 2564 พลวัตผู้บริโภคที่ผู้ผลิตต้องจับตา. การสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เนต. [ออนไลน์] แหล่งที่มา https://www.cea.or.th/th/single-statistic/future-food-trend-2021

Kim, Y. H., et al.. (2012) “Chemical and functional components in different parts of rough rice (Oryza sativa L.) before and after germination.” Food Chemistry. 134: 288–293.

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N., and Kimura, T. (2007) “Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice.” Journal of Food Engineering. 78: 556-560.

Liu Shaopu, Z. Zhang, Qin Liu, H. Luo,and Z.Wenxu. 2002. Spectrophotometric Determination of Vitamin B1 in a Pharmaceutical formulation using triphenylmethane acid dyes. J. of Pharmaceutical and Biomedical Analysis.30 ; 685-694

Moongngarm A., and Saetung N. (2010). "Compairson of chemical compositions and bioactive compounds of germinate rough rice and brown rice." *Food chemistry.* 122: 782-788.

Ohtsubo, K, Suzuki, K, Yasui, Y., and Kasumi, T. (2005). "Bio-functional compounds in the processed pre-germinated brown rice by a twin screw extruder." J. of Food Composition and Analysis. 18: 303-316.

Oh, C. H., and Oh, S. H. (2004). "Effects of germinated brown rice extracts with enhanced levels of GABA on cancer cell proliferation and apoptosis." *Journal of Medicinal Food*. 7 (1). 19–23.

Park, K. B., and Oh, S. H. (2007) "Production of yogurt with enhanced levels of gammaaminobutyric acid and valuable nutrients using lactic acid bacteria and germinated soybean extract." *Bioresource Technology*. 98. 1675-1679.

Ragaee, S., and Abdel-Aal, E. M., Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. *Food Chemistry*, 95, 9-18.

Rusydi, M., Noraliza, C.W., Azrina, A. and Zulkhairi, A. (2011). "Nutritional changes in germinated legumes and rice varieties," International Food Research Journal. 18 : 705-713.

Sangronis, E., Rodriguez, M., Cava, R. and Torres, A. 2006. Protein quality of germinated *Phaseolus*

vulgaris. European Food Research and Technology.222(1): 144-148.

Saikusa, T., Horino, T., and Mori, Y. (1994). "Accumulation of gamma aminobutyric acid (GABA) in the rice germ during water soaking." *National Food Research.* 58: 2291-2292.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Tananuwong, K., and Malila, Y. (2011). Changes in physicochemical properties of organic hulled rice during storage under different conditions. *Food Chemistry*, 125(1), 179-185.

Yang, F., Basu, T.K., and Ooraikul, B. (2001). "Studies on germination conditions and antioxidant contents of wheat grain." International Journal of Food Sciences and Nutrition. 52: 319-330.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางเคมี

ก.1 การวิเคราะห์หาความชื้น (moisture content) (ตามวิธีของ AOAC,2002)

วิธีการทดลอง

1. อบ moisture can พร้อมฝา ที่ตู้อบไอร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 100 ± 5 °C นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก (W1)

2. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (2-3 กรัม) ใส่ใน moisture can ที่อบเรียบร้อยแล้ว และชั่งน้ำหนักไว้เรียบร้อยแล้ว (W2)

3. นำ moisture can โดยเปิดฝาออกไปอบที่ตู้อบไอร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 5°C นาน 3 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

4. นำ moisture can ออกจากตู้อบไอร้อน โดยปิดฝาทันที และทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

5. นำไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักที่คงที่ (น้ำหนักที่คงที่หมายความว่าผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) (W3)

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W2 - W3) \times 100}{W2 - W1}$$

ก. 2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2002)

อุปกรณ์

1. ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Gerhardt, KB8S)
2. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, A-200S)

สารเคมี

1. Conc. Sulfuric acid (H_2SO_4)
2. Hydrochloric acid (HCl) 0.1 N
3. Sodium hydroxide (NaOH) 40 %

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4. Boric acid (H_3BO_3) 4 %
5. Catalyst mixture
6. Methyl red indicator

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2.0 กรัม ใส่ในขวดย่อย
2. เติม catalyst mixture 8 กรัม และ conc. H_2SO_4 25 mL พร้อมกับ glass bead 3-4 ลูก
3. เข้าเครื่องย่อยจนสารละลายใสสีเหลืองอ่อน
4. นำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยเรียบร้อยแล้วทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่น 50 mL
5. นำขวดย่อยไปต่อกับเครื่องกลั่น
6. นำ Erlenmeyer flask ขนาด 250 ml. ที่มี H_3BO_3 4 % 50 mL และ methyl red 3-5 หยด วางไว้รองรับสารละลายที่กลั่นได้ และกลั่นด้วย NaOH 40 % ปริมาตร 75 mL
7. นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไตเตรทกับ HCl 0.1 N จนสังเกตเห็นสีชมพูปรากฏขึ้น
8. คำนวณปริมาณโปรตีน ดังนี้

$$\% \text{ Total Nitrogen} = \frac{14.01 \times (V1-V2) \times \text{Conc. of HCl (mol/L)}}{\text{Weight of Sample (g)} \times 10}$$

เมื่อ V1 = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (ml)

V2 = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรท blank (ml)

$$\% \text{ Protein} = \text{Total Nitrogen} \times \text{Convection Factor}$$

เมื่อ Conversion factor = 6.25

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ก. 3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2002)

อุปกรณ์

ชุดวิเคราะห์ไขมัน (Buchi, B-811)

สารเคมี

Petroleum ether

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการทดแล้ว 2.0 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์1สองชั้น
2. ห่อตัวอย่างแล้วใส่ใน thimble
3. นำขวดก้นกลมไปอบให้แห้งสนิท ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
4. เติม petroleum ether ปริมาตร 130 mL แล้วต่อเข้ากับชุดสกัดไขมัน
5. สกัดไขมันเป็นเวลาประมาณ 3-5 ชั่วโมง
6. อบขวดก้นกลมในตู้อบลมร้อนที่ 105^{O}C จนน้ำหนักคงที่
7. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก
8. คำนวณปริมาณไขมัน ดังนี้

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันที่สกัดได้(กรัม)}\times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ก.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2002)

อุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ
2. Hot plate
3. เดซิเคเตอร์ที่มีสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล (silica gel)
4. เตาเผาไฟฟ้าที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้
5. เตาเผาไฟฟ้า

6. ตู้ดูดควัน
7. เครื่องชั่ง

วิธีการทดลอง

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส (เท่ากับอุณหภูมิที่ใช้เผาตัวอย่าง) นาน 30 นาที ทำให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก (W1) และ ใส่ตัวอย่างทันทีในถ้วยกระเบื้องเคลือบ ชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 2-3 กรัม (W2)
2. นำไปเผาด้วยไฟอ่อนบน hot plate โดยเพิ่มความร้อนขึ้นทีละน้อย จนตัวอย่างไหม้เกรียมเผาจนหมดควัน
3. นำไปเผาต่อในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสจนได้เถ้าสีขาว ประมาณ 12-18 ชั่วโมง
4. ทำให้เย็นใน desiccator บันทึกน้ำหนัก (W3)

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้าทั้งหมด (\%)} = \frac{(W3 - W1) \times 100}{W2 - W1}$$

เมื่อ W1 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบเป็นกรัม
W2 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่าง เป็นกรัม
W3 คือ น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและเถ้า เป็นกรัม

ก.5 การวิเคราะห์เส้นใย

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. กระจกนาฬิกา
3. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (crucible)
4. กระดาษกรอง
5. ชุด suction

สารเคมี

Cetyl trimrthyl ammonium bromide (CTAB) 20 กรัม ละลายในกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 1 นอร์มัล จำนวน 1 ลิตร

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างแห้ง 1 กรัม ลงในบีกเกอร์ที่จะใช้ย่อย
2. เติมสารละลาย acid detergent (อุณหภูมิห้อง) ลงไป 100 ml และเติม decahydronaphthalene ลงไป 2 ml ผสมให้เข้ากัน
3. ต้มสารผสมให้เดือดประมาณ 5-10 นาที ลดความร้อนลง และต้มให้เดือดเล็กน้อยเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. กรองสารที่เหลือผ่านชุด suction และล้างด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้ง ครั้งสุดท้ายล้างด้วย อะซีโดน จึงนำเข้าอบที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำมาใส่ desiccator ทิ้งไว้ให้เย็น จดน้ำหนัก
5. จากนั้นนำกากไปเผาให้เป็นเถ้าในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนเป็นเถ้าสีขาว ปล่อยให้เย็นใน desiccater ชั่งหาน้ำหนักเถ้าที่ได้

น้ำหนักเส้นใย = น้ำหนักแห้งของกาก – น้ำหนักเถ้า

$$\text{ปริมาณเส้นใย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นใย x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ก.6 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2002)

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2002) โดยวิธีการคำนวณจากสูตรเมื่อทราบว่า % ความชื้น% โปรตีน% ไขมัน% เถ้า และ %เส้นใย นำค่าดังกล่าวนี้มาคำนวณตามสูตร

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%) = 100 - (% ความชื้น+ %โปรตีน + % ไขมัน+ % เถ้า)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ก.7 การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic contents)

สารเคมี

1. สาร Folin-Ciocalteu reagent
2. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) ความเข้มข้น 7 %
3. น้ำกลั่น
4. สารมาตรฐานกรดแกลลิค (Gallic acid)

   การเตรียม stock solution (สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ ppm) ทำการชั่งผงกรดแกลลิค 0.025 g ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เท่ากับ 25 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิคที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ จาก stock solution

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค (ppm)	**ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค 1,000 ppm (มิลลิลิตร)**	**ปริมาณน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)**
200	1.00	4.00
100	0.50	4.50
50	0.25	4.75
20	0.10	4.90
10	0.05	4.95

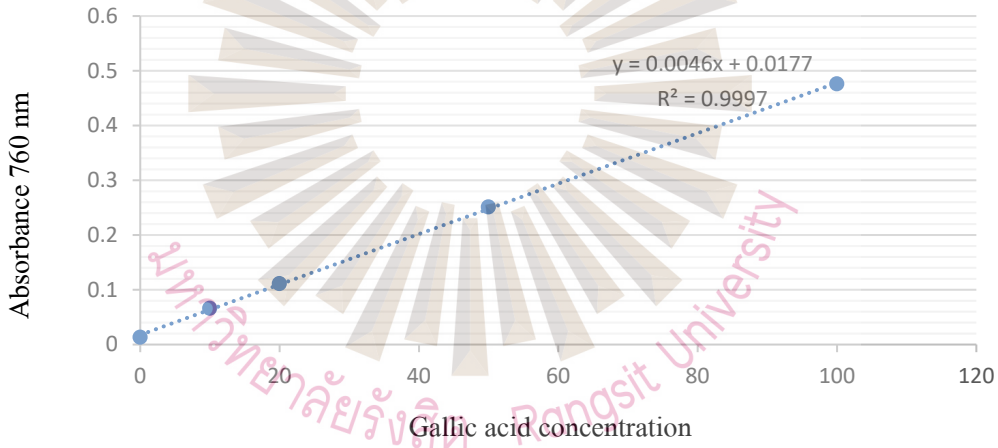
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1. หลอดทดลองขนาดเล็ก
2. ปิเปต
3. บีกเกอร์
4. แท่งแก้วคนสาร
5. Vortex
6. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
7. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ และคิวเวต

วิธีการ

1. นำตัวอย่างอาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส และสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค ความเข้มข้น 200 100 50 20 10 และ 0 ppm (Blank) ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร มาใส่ในหลอดทดลอง (ใส่แยกหลอด)
2. เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 2.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง Vortex
3. เติมสาร Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และวางทิ้งไว้เป็นเวลา 6 นาที
4. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 7 % ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง Vortex
5. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 90 นาที
6. วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
7. คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิคที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ



ภาพที่ 5 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิคที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ก.8 การวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging capacity)

สารเคมี

1. สารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ความเข้มข้น 25 ppm
2. เอทานอล

3. น้ำกลั่น
4. สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid)
5. การเตรียม stock solution (สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ ppm) ทำการชั่งผงกรดแอสคอร์บิก 0.025 g ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เท่ากับ 25 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ จาก stock solution

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (ppm)	**ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก 1,000 ppm (มิลลิลิตร)**	**ปริมาณน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)**
200	1.00	4.00
100	0.50	4.50
50	0.25	4.75
20	0.10	4.90
10	0.05	4.95

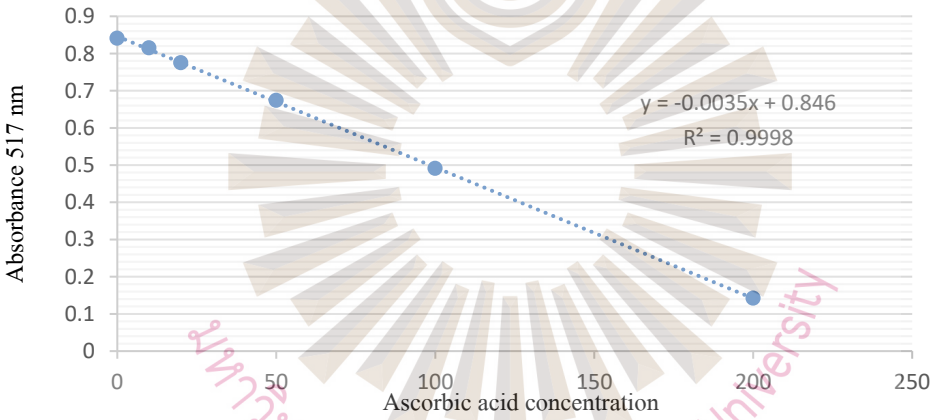
อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. หลอดทดลองขนาดเล็ก
2. ปิเปต
3. บีกเกอร์
4. แท่งแก้วคนสาร
5. Vortex
6. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
7. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ และคิวเวต

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

วิธีการ

1. นำตัวอย่างอาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส และสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 200 100 50 20 10 และ 0 ppm (Blank) ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร มาใส่ในหลอดทดลอง (ใส่แยกหลอด)
2. เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 25 ppm ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และวางทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที
3. วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
4. คำนวณหาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยใช้กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ



ภาพที่ 6 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ข.1 ปริมาตรจำเพาะของขนมปัง (Specific volume of bread)การวัดปริมาตรจำเพาะของขนมปังโดยวิธีการแทนที่งาในภาชนะที่แน่นอน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 374-2524

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักขนมปังที่จะตรวจสอบหลังจากขนมปังนั้นเย็นแล้วใส่ขนมปังลงในภาชนะที่มีความสูงและความกว้างมากกว่าขนมปังที่จะตรวจสอบ
2. เติมงาให้เต็มช่องว่างทั้งด้านข้างและด้านบนของภาชนะ วัดปริมาตรของงาที่ใช้เติมลงไปทั้งหมด โดยตวงด้วยกระบอกตวงที่มีขีดแบ่งปริมาตร
3. วัดปริมาตรภาชนะ โดยการเติมงาให้เต็มภาชนะ แล้ววัดปริมาตรของงานั้นด้วยกระบอกตวง

วิธีคำนวณหาปริมาตรจำเพาะ

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ } (cm^3/g) = \frac{\text{ปริมาตรของงา (3)} - \text{ปริมาตรของงา (2)}}{\text{น้ำหนักขนมปัง}}$$

ข.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังโดยวัดความแน่นเนื้อ (Firmness) ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, Stable Micro System ; TA.XT.plus) ดัดแปลงจากวิธี AACC Method

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสอาหาร Texture Analyzer (Stable Micro System ; TA.XT.plus)
2. หัวกดทรงกระบอกขนาด 36mm (Cylinder Probe with radius* (P/36R))
3. ไม้บรรทัด
4. มีดแบบฟันเลื่อย
5. เขียงพลาสติก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

วิธีการทดลอง

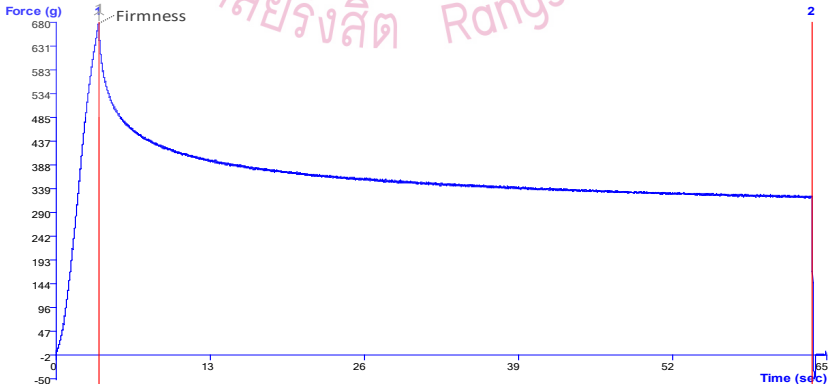
1. ตัดขนมปังให้มีความหนา 2.5 mm

2. ทดสอบความแน่นเนื้อและความสามารถในการคืนตัวของขนมปังโดยเครื่อง Texture Analyzer ที่เป็นการวัดแบบ Hold Unit Time ดัดแปลงวิธีจาก AACC โดยมีรายละเอียดการตั้งค่าต่างๆ ดังนี้

Mode:	Measure Force in Compression
Option:	Hold until Time
Pre-Test Speed:	1.0 mm/s
Test Speed:	1.0 mm/s
Post-Test Speed:	10.0 mm/s
Strain:	25%
Time:	60s
Trigger Type:	Auto - 5g
Tare Mode:	Auto
Data Acquisition Rate:	200pps

3. ใช้หัวกดแบบทรงกระบอกขนาด 36 mm โดยจะต้อง calibrate เครื่องด้วยขนาด 500 g ก่อนเริ่มการใช้งาน

4. วางตัวอย่างตรงกึ่งกลางของฐาน โดยเปลี่ยนตัวอย่างใหม่ทุกๆ ครั้ง (ทำ 10 ซ้ำ/ 1 ตัวอย่าง)



ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) คือ ค่าแรงเมื่อหัวกดลงไป 25% ของความสูงตัวอย่างเริ่มต้น จะเป็นส่วนที่เส้นกราฟมีความสูงที่สุด โดยค่าความแน่นเนื้อที่มากหมายถึงขนมปังมีความแข็งมาก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ข.3 การเปลี่ยนแปลงความหนืดในรูปของเพสท์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

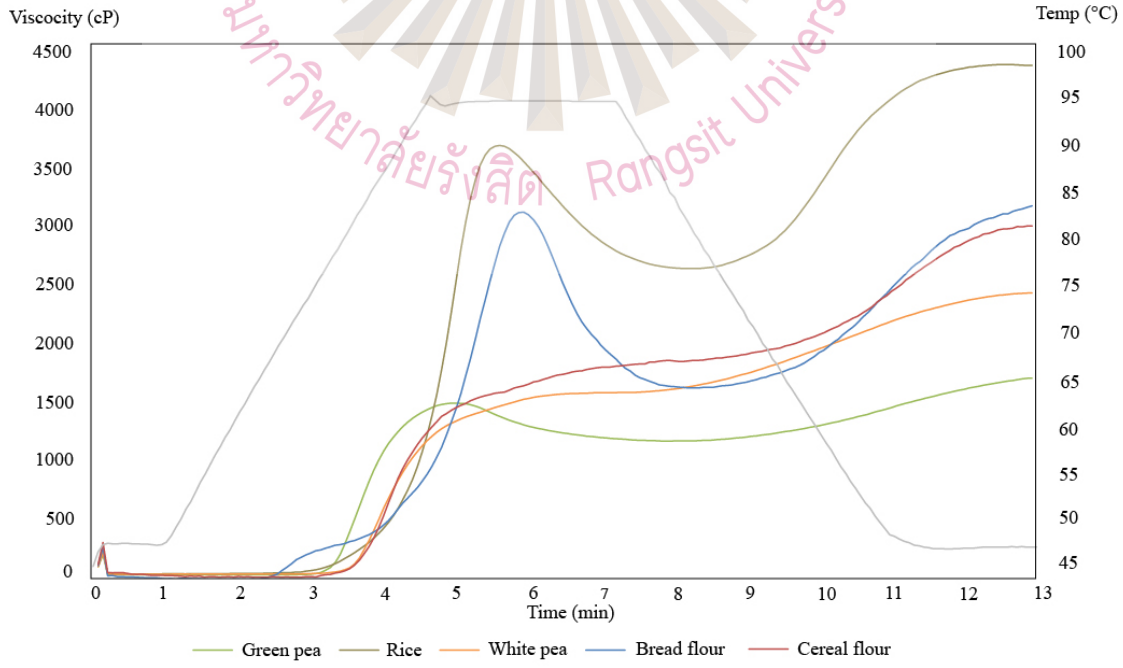
อุปกรณ์

1. เครื่อง RVA
2. กระบอกใส่ตัวอย่าง

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างมาจำนวนหนึ่ง โดยจำนวนของตัวอย่างขึ้นยู่กับชนิดของตัวอย่างและความชื้น
2. กรณีที่ตัวอย่างมีความชื้น 14 % ให้ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 25.00 + 0.05 มิลลิลิตร ใส่ลงในกระบอกใส่ตัวอย่างของเครื่อง RVA ปริมาณของตัวอย่างและน้ำที่ใช้ควรคำนึงถึงค่าความชื้นของตัวอย่างด้วย
3. ใส่ตัวอย่างแป้ง ลงในกระบอกใส่ตัวอย่างที่มีอยู่ ใส่พาย (paddle) ลงในแคน หมุนพายไปมาแรงๆ และ
4. ดึงขึ้นลงเพื่อกวนตัวอย่างไม่ให้จับเป็นก้อนที่ผิวนหน้าหรือติดอยู่ที่พาย
3. นำกระบอกใส่ตัวอย่างที่ใส่พายเข้าเครื่อง RVA กดมอเตอร์ลงเพื่อให้ RVA ทำงาน

จากกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อเวลาที่ได้



มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ข. 3 การวัดสีระบบ Hunter Lab โดยเครื่องวัดสี Colorimeter

การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter ในระบบ Hunter Lab จะให้ค่าสี L เป็นค่าความสว่าง (Lightness) ค่าสี a เป็นค่าสีแดงและสีเขียว(Redness/Greenness) และค่าสี b เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Yellowness/Blueness) ค่าสี L* a* b*

โดยที่

ค่าสี L* คือ ค่าแสดงความสว่างของสี มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100

ถ้า L* มีค่าเป็น 0 หมายถึง สีเข้ม(darkness)

ถ้า L* มีค่าเป็น 100 หมายถึง สีอ่อน (lightness)

ค่าสี a* คือ แสดงความเป็นสีแดงและเขียว (redness/greenness)

ถ้า a* มีค่าเป็นบวก หมายถึง สีแดง

ถ้า a* มีค่าเป็นลบ หมายถึง สีเขียว

ค่าสี b* คือ แสดงความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness/blueness)

ถ้า b* มีค่าเป็นบวก หมายถึง สีเหลือง

ถ้า b* มีค่าเป็นลบ หมายถึง สีน้ำเงิน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแบบสอบถาม

ค.1 ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส การใช้ธัญพืชเพาะงอกทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง

คำอธิบาย แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสนี้ทำขึ้นเพื่อคัดเลือกปริมาณแป้งธัญพืชงอก(ข้าวกล้อง ถั่วเขียว และถั่วขาว)ทดแทนแป้งสาลีที่มีผลต่อคุณภาพของขนมปัง ประกอบการทำวิจัยเรื่อง การใช้การใช้ประโยชน์จากธัญพืชเพาะงอกในผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพ (Utilization of Germinated whole grains in Healthy Bread Products)

โปรดชิมขนมปังธัญพืชงอก แล้วตอบคำถามด้านล่าง โดยระบุระดับความพอใจที่มีต่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่าง โดยมีคะแนน 9 ระดับ โดย 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง				
	254	532	011	193	965
ลักษณะปรากฏ					
สี					
กลิ่นรส					
รสชาติ					
เนื้อสัมผัส					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ

_____

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

ผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ค.2 ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสการยอมรับผลิตภัณฑ์

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส การใช้ธัญพืชเพาะงอกทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง

คำอธิบาย แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสนี้ทำขึ้นเพื่อคัดเลือกปริมาณแป้งธัญพืชงอก(ข้าวกล้อง ถั่วเขียว และถั่วขาว)ทดแทนแป้งสาลีที่มีผลต่อคุณภาพของขนมปัง ประกอบการทำวิจัยเรื่อง การใช้การใช้ประโยชน์จากธัญพืชเพาะงอกในผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพ (Utilization of Germinated whole grains in Healthy Bread Products)

โปรดชิมขนมปังธัญพืชงอก แล้วทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด หลังจากท่านชิมโดยระบุระดับความพอใจที่มีต่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์

1 = ไม่ชอบเลย(dislike extremely)
2 = ไม่ชอบมาก(dislike very much)
3 = ไม่ชอบปานกลาง (dislike moderately)
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย (dislike slightly)
5 = เฉยๆ (neither like nor dislike)
6 = ชอบเล็กน้อย (like slightly)
7 = ชอบปานกลาง (like moderately)
8 = ชอบมาก (like very much)
9 = ชอบเป็นพิเศษ (like extremely)

คุณลักษณะ	ความรู้สึกของท่าน								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ลักษณะปรากฏ									
สี									
กลิ่นรส									
รสชาติ									
เนื้อสัมผัส									

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

หากมีขนมปังธัญพืชงอกนี้ ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่

( ) ยอมรับ

( ) ไม่ยอมรับ เนื่องจาก.....

ขอขอบคุณผู้ประเมินทุกท่าน

ผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ประวัติผู้วิจัย

คำนำหน้า ☐ นาย ☐ นาง ☑ นางสาว

ตำแหน่งทางวิชาการ ☐ ศ. ☐ รศ. ☐ ผศ. ☑ อื่นๆ_____

ชื่อผู้วิจัย	ฐานวีร์
นามสกุลผู้วิจัย	ลอยแก้ว
ชื่อภาษาอังกฤษ	Thanawee
นามสกุลภาษาอังกฤษ	Loikaeo
วัน/เดือน/ปี เกิด	05/มีนาคม/2532
ที่อยู่(บ้าน)	20/95 คอนโดพลัมพหลโยธิน89 ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี
จังหวัด(บ้าน)	ปทุมธานี
รหัสไปรษณีย์(บ้าน)	12130
โทรศัพท์(บ้าน)	-
แฟ็กซ์(บ้าน)	-
ที่อยู่(ที่ทำงาน)	คณะเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต52/347 หมู่บ้านเมืองเอก ต.หลักหก อ.เมือง
จังหวัด(ที่ทำงาน)	ปทุมธานี
รหัสไปรษณีย์(ที่ทำงาน)	12000
โทรศัพท์(ที่ทำงาน)	02-997-2200
แฟ็กซ์(ที่ทำงาน)	0-2997-2200 ต่อ 3214
E-mail Address:	nans.thanawee@gmail.com

ปริญญาตรี

สาขา เทคโนโลยีอาหาร

ปีที่จบ 2554

สถาบัน มหาวิทยาลัยรังสิต

ประเทศ ไทย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ปริญญาโท

สาขา เทคโนโลยีชีวภาพ

ปีที่จบ 2557

สถาบัน มหาวิทยาลัยรังสิต

ประเทศ ไทย

ปริญญาโท

สาขา การเป็นผู้ประกอบการ

ปีที่จบ 2562

สถาบัน มหาวิทยาลัยรังสิต

ประเทศ ไทย

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารภายในประเทศ

-

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารต่างประเทศ

-

ผลงานวิจัยที่ได้นำเสนอในการประชุมทางวิชาการภายในประเทศ

- ไชยรัตน์ สิงห์ทอง, ลัญฉกร สวัสดี, ฐิติกรณ์ ประไพสนธิพงศ์, ฐานวีร์ ลอยแก้ว และณกมล จันทร์สม. (2565). ศักยภาพของการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาสาขาธุรกิจอุตสาหกรรมอาหาร คณะเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต. 13 พ.ค. 2565. การประชุมผลงานวิจัยและวิชาการระดับชาตินวัตกรรมธุรกิจและการเป็นผู้ประกอบการ ครั้งที่ 8, มหาวิทยาลัยรังสิต. 265-279.

- Loikaeo, T., Leelajaruwan, K. & Laksanalamai, V. (2019). Physical, Chemical, and Nutritional Study of Jerusalem Artichoke (Helianthus tuberosum L) Flour for Partial Replacement of Wheat Flour in Baked Products. Proceeding of The 2nd Suan Sunandha National and International Academic Conference on Science and Technology (SsSci 2019) (pp 7-1-7-10). Bangkok, Thailand.

- Loikeao, L. and Chaisakdanugull, C. Properties of the Kluai Hin Flour and Kluai Hakmuk Flour, and Application in Fresh Noodle. RSU National and International Research

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Conference 2016. Rangsit University, Pathum Thani, Thailand, April 29, 2016. *Organized by* Office of the Vice President for Research and Academic Service of Rangsit University.

- Loikeao, L. Instant High Fiber Kluaihin Noodle. Thailand Research Expo 2016. Centara Grand at Central World Hotel, Bangkok, Thailand, August 17-21, 2016. *Organized by* National research council of Thailand.

- Loikeao, L., Vayupharp, B. and Laksanalamai, V. Effects of Soaking Conditions in the Process of Germinated Parboiled Brown Rice (GPBR) on the Reduction of Rancidity in GPBR Flour for Bakery Industry. RSU National Research Conference 2014. Rangsit University, Pathum Thani, Thailand, April 3, 2014. *Organized by* Office of the Vice President for Research and Academic Service of Rangsit University.

- Loikeao, L. The Reduction of Rancidity in Germinated Parboiled Brown Rice (GPBR) Followed the Method of the Community to Produce the GPBR Flour for Bakery Industry. Thailand Research Expo 2013. Centara Grand at Central World Hotel, Bangkok, Thailand, August 23-27, 2013. *Organized by* National research council of Thailand.

ผลงานวิจัยที่ได้นำเสนอในการประชุมทางวิชาการภายในต่างประเทศ

-

ผลงานวิจัยที่ได้รับรางวัล

-

บทความทางวิชาการที่ตีพิมพ์ในวารสาร

- Loikeao, L., Vayupharp, B. and Laksanalamai, V. A Method for Reducing Rancidity in Germinated Brown Rice Flour. *Rangsit Journal of Arts and Sciences* (RJAS) 4(2) (2014) : C1-C8.

สาขาวิจัยที่นักวิจัยเชี่ยวชาญ

-

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University