การทดสอบประสิทธิภาพของควินัวในผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตน

THE EFFICIENCY OF QUINOA IN GLUTEN-FREE BREAD

นางสาวพัทธนันท์ ฉัตรอนุมานนท์ รหัสนักศึกษา 61552007

โครงงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและอาหาร ภาควิชาพื้นฐานทั่วไป
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT © 2021 FOOD AND AGRICUTURAL BIOTECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองโครงงานสหกิจศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

หัวข้อสหกิจศึกษา การทดสอบประสิทธิภาพของควินัวในผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตน

Co-operative Education Title THE EFFICIENCY OF QUINOA GLUTEN-FREE BREAD

ชื่อนักศึกษา นางสาวพัทธนันท์ ฉัตรอนุมานนท์

รหัสนักศึกษา 61552007

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. กมลวรรณ ชูชีพ

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.พัชราภรณ์ นาคเทวัญ	
ผศ.ดร.วลัยพร ทองประดับ	
อ.ดร.กมลวรรณ ชูชีพ	
ผศ.ดร.สิริฉัตร ขาวอิ่น	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 20 มิถุนายน 2565

หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและอาหาร รับรองแล้ว

(ผศ.ดร.พัชราภรณ์ นาคเทวัญ)

ประธานหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร และอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ **การทดสอบประสิทธิภาพของควินัวในผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตน**
นักศึกษา **นางสาวพัทธนันท์ ฉัตรอนุมานนท์** **รหัสนักศึกษา 61552007**
ปริญญา **วิทยาศาสตรบัณฑิต**
สาขาวิชา **เทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและอาหาร**
ปีการศึกษา **2564**
อาจารย์ที่ปรึกษา **ดร.กมลวรรณ ชูชีพ**

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีประชากรจำนวนไม่น้อยที่ป่วยเป็นโรคแพ้กลูเตน (Coeliac disease) ซึ่งเป็นโรคเรื้อรังตลอดชีวิตที่เกิดจากการที่ร่างกายได้รับอาหารที่มีกลูเตน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตน โดยใช้ส่วนผสมของควินัว (Quinoa) ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นถึง 8 ชนิด และมีโปรตีนสูง ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง โดยวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในวัตถุดิบควินัว พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งควินัว วิเคราะห์ปริมาณสารเคมีในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ค่าสี ปริมาณน้ำอิสระ เนื้อสัมผัส รวมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัส ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งควินัว พบว่าในวัตถุดิบมีปริมาณสารซาโปนินในระดับที่ไม่มากจนทำให้เกิดอันตรายแก่ร่างกาย และในผลิตภัณฑ์พบว่ามีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงมากกว่าในผลิตภัณฑ์ขนมปังธัญพืชทั่วไปที่ร้อยละ 6.46 วิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดพบว่าเนื้อของผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนมีสีเข้มกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด เมื่อเปรียบเทียบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กับผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดพบว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดมีความแข็งตัว ความสามารถในการยืดเกาะ ความหยุ่น ความเหนียว และค่าความเคี้ยวได้น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน วัดปริมาณน้ำอิสระภายในผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนนั้นมีปริมาณน้ำอิสระอยู่ในปริมาณที่ไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด และในแง่ของการศึกษาการยอมรับของผลิตภัณฑ์มีผู้บริโภคให้การยอมรับร้อยละ 80 ของทั้งหมด โดยมีความชอบโดยรวมอยู่ที่ 6.23±1.74 หรือมีความชอบเล็กน้อย

คำสำคัญ: ควินัว ขนมปัง ขนมปังปราศจากกลูเตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	**The efficiency of quinoa in gluten-free bread**
Student	**Pattanan Chartanumanon Code 61552007**
Degree	**Bachelor of Science**
Major Program	**Food and Agricultural Biotechnology**
Academic Year	**2021**
Advisor	**ดร.กมลวรรณ ชูชีพ**

ABSTRACT

Nowadays, the number of people who have Coeliac disease, a chronic, lifelong disease caused by the body's exposure to gluten-containing foods, increases. Therefore, this research aimed to develop a product to increase the choice for patients with gluten intolerance by using a mixture of quinoa which is rich in nutrients that are containing eight essential amino acid, and high in protein. Then analyzed the chemical composition of quinoa raw material. Developed a recipe for gluten-free bread made from quinoa flour. Analyzed the chemical content of the products, color and texture properties, Water Activity (Aw) content as well as sensory evaluation to estimate consumer acceptance of gluten-free bread products made from quinoa flakes by comparing the texture of the product with the normally gluten-free commercial bread. The results showed that in the raw materials there was a very low level of saponin that causes no harm to the body. The protein content of the product was found to be higher than the whole wheat bread. The texture of the gluten-free quinoa bread product was significantly different from that of the gluten-free commercial bread showing that gluten-free bread products from the market had less hardness, cohesiveness, springiness, gumminess, and chewiness than gluten-free quinoa bread products. There was significant different in free water content of the product and those of the gluten-free bread product. The product acceptance of 80% of the total consumers acceptance revealed an overall liking are a slight preference.

Keywords: Quinoa, Bread, Gluten-free bread

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้เลยหากไม่ได้รับความช่วยเหลือความเมตตากรุณา และการเอาใจใส่จากหลายฝ่าย อาทิ พี่ๆ ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากนั้นจะไม่ผ่านไปได้ดีเลยหากขาดการดูแลเอาใจใส่อย่างดีจาก อาจารย์ ดร. กมลวรรณ ชูชีพ ไม่ว่าจะเป็นการให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ รวมทั้งติดตามความก้าวหน้าของงานอย่างใกล้ชิด ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำโครงงานพิเศษฉบับนี้ และขอขอบคุณ คุณวนิดา เทวารุทธิ์ ชิติสรรค์กุล และคณะที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด รวมทั้งประสบการณ์ใหม่ที่ไม่สามารถหาได้จากในห้องเรียน

นอกจากนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณประธาน คุณบงกช ฉัตรอนุมานนท์ คุณสุมาลี ชนะกุล ที่ให้การสนับสนุนมาโดยตลอด รวมไปถึงเพื่อนรอบตัวของเราที่คอยให้คำปรึกษา ตลอดจนบุคคลต่างๆ ที่คอยให้กำลังใจในการทำโครงงานพิเศษฉบับนี้ โดยข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง

พัทธนันท์ ฉัตรอนุมานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
บทที่ 2 บทตรวจเอกสาร	**3**
2.1 ควินัว	3
2.2 ข้าวสาลี	5
2.3 กลูเตน	6
2.4 โรคแพ้กลูเตน	6
2.5 สารซาโปนิน	7
2.6 ขนมปัง	7
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	**10**
3.1 วัตถุดิบ	10
3.2 วิธีการ	10
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	13
บทที่ 4 ผลและอภิปรายการทดลอง	**14**
4.1 ผลการเปรียบเทียบสูตรในผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัว	14
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของวัตถุดิบควินัว	15
4.3 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส	19
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	**20**
5.1 ผลการเปรียบเทียบสูตรผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน	20
5.2 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส และการยอมรับในผลิตภัณฑ์ 20
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม **21**
เอกสารอ้างอิง **22**
ภาคผนวก **24**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเมล็ดควินัวสุก	4
2.2	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสาลี	5
3.1	ตารางแสดงการเปรียบเทียบส่วนประกอบของขนมปังควินัวแต่ละสูตร	11
3.2	ตารางความหมายลักษณะทางกลจากการวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส	12
4.1	ตารางคะแนนความนุ่มและรูพรุนที่สังเกตด้วยสายตา	14
4.2	ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP และ DPPH การวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และการวิเคราะห์ปริมาณสารซาโปนิน	15
4.3	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน	15
4.4	ปริมาณความชื้นที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัว และขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด	15
4.5	ผลการวิเคราะห์ค่าสีของขนมปังควินัว และขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด	17
4.6	ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระภายในขนมปังควินัวและขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด	17
4.7	ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมปัง	18
4.8	ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วย 9-points hedonic scale	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของเมล็ดควินัว	4
4.1 ภาพเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวในแต่ละสูตร	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ควินัว (Quinoa) เป็นพืชพันธุ์พื้นเมืองในเขตที่แหล่งปลูกดั้งเดิมมาจากกลุ่มประเทศในเขตเทือกเขาแอนดิส (Andes) ในทวีปอเมริกาใต้ เป็นสุดยอดอาหารของชาวอินคา โดยควินัวนั้นได้ถูกเปรียบเทียบให้เป็นเหมือนทองของชาวอินคา หรืออีกนัยหนึ่งคือสุดยอดธัญพืช (Super grain) ควินัวนั้นอุดมไปด้วยสารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็นถึง 8 ชนิด สูงถึง 12-18% ซึ่งร่างกายจะนำมาสร้างเป็นโปรตีน เพื่อซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย โดยโปรตีนที่มาจากควินัวนั้นจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับโปรตีนที่มีในนมแม่ มีไฟเบอร์สูงกว่าข้าวกล้องถึงสองเท่า อุดมไปด้วยธาตุเหล็ก โพแทสเซียม และไขมันที่เป็นประโยชน์ และนอกจากนั้นยังมีคาร์โบไฮเดรตต่ำ จึงทำให้ควินัวนั้นกลายเป็นที่นิยมของกลุ่มคนที่รักสุขภาพ เนื่องจากควินัวนั้นสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลากหลายไม่ว่าจะเป็นอาหารคาว หรืออาหารหวานเพราะสามารถนำไปแปรรูปเป็นแป้ง หรือรับประทานทั้งรูปเมล็ด คือการนำมาหุงแบบข้าว เป็นต้น นอกจากนั้นควินัวยังสามารถรับประทานแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ จึงเป็นที่นิยมของกลุ่มผู้ชื่นชอบอาหารมังสวิรัติ เพื่อป้องกันไม่ให้ขาดโปรตีน

ปัจจุบันมีผู้คนบริโภคขนมปังกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการความสะดวกรวดเร็วในชีวิตประจำวันเช่น นักเรียน นักศึกษาหรือกลุ่มคนที่มีความเร่งรีบในชีวิตประจำวัน (จิตรา, 2562) ขนมปังจัดเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มขนมอบที่ได้รับความนิยมอีกชนิดหนึ่งที่หาซื้อได้ทั่วไปและราคาไม่แพง ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่มีเวลาจำกัด ต้องการความสะดวกและรวดเร็ว เนื่องจากขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่คุ้นเคย และมีลักษณะเนื้อละเอียดนุ่ม สามารถรับประทานคู่กับเนยหรือแยมได้อย่างหลากหลาย โดยสามารถรับประทานเป็นอาหารหลักหรือเป็นอาหารว่างได้ (สุจิตตา และคณะ, 2561) แต่ในทางกลับกันก็มีประชากรบนโลกจำนวนไม่น้อยที่ไม่สามารถรับประทานขนมปังได้เนื่องจากมีอาการแพ้ หรือป่วยเป็นโรคแพ้กลูเตน (Coeliac disease) ซึ่งเป็นโรคเรื้อรังตลอดชีวิตที่เกิดจากการที่ร่างกายได้รับอาหารที่มีกลูเตน และเมื่อผ่านกระบวนการย่อยสารอาหารดังกล่าวจะผ่านเข้าสู่ผนังลำไส้ซึ่งมีวิไล (Villi) ในผู้ที่แพ้กลูเตนระบบภูมิคุ้มกันอัตโนมัติของร่างกายจะผลิตแอนติบอดี้ออกมาตอบสนองวิไล และทำร้ายวิไลทำให้เกิดอาการลำไส้เล็กอักเสบ ซึ่งการที่เนื้อเยื่อในลำไส้เล็กถูกทำลายจะทำให้ลำไส้เล็กไม่สามารถดูดซึมสารอาหารได้ ซึ่งในปัจจุบันไม่มียารักษา วิธีการป้องกันที่ดีที่สุดคือหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีส่วนผสมของกลูเตน หรือสามารถรับประทานได้เพียงแค่อาหารที่ปราศจากกลูเตนเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังทุกครั้งจำเป็นจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่จะส่งผลต่อการยอมรับและพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภค อาทิเช่น ความนิ่ม ความแข็ง รสหวาน ซึ่งสาเหตุของรสชาติล้วนเป็นผลมาจากอัตราส่วนของวัตถุดิบที่นำมาทำขนมปังและช่วยให้เรามีโอกาสลิ้มรสขนมปังแบบใหม่ๆ (ธิติมา, 2562) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งหวังว่าผลที่ได้จากการวิจัยจะสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากควินัวให้อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณค่าทางเคมีและทางกายภาพของขนมปังปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากควินัว

1.2.3 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากควินัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
บทตรวจเอกสาร

2.1 ควินัว (Quinoa)

ควินัว (Quinoa) เป็นพืชพืชเมืองในภูมิภาคแอนเดียน เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่ดี (Jacobsen, 2003) เช่น ในประเทศโบลิเวียตอนใต้และประเทศชิลีตอนเหนือ (Ando et al, 2002) และในประเทศไทยมีการเพาะปลูกอยู่ที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้น เมล็ดควินัวมีลักษณะกลมและแบน มีสีขาว แดง และดำ ใช้บริโภคเป็นอาหารเช้าและอาหารหลักคล้ายข้าวโพดและมันฝรั่ง เป็นอาหารที่มีโปรตีนสูง มี Lysine และ Methionine สูง มีใยอาหารและ แร่ธาตุ เช่น แคลเซียม และเหล็ก อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น โพลิฟีนอล ดังนั้น ควินัว จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตน และในควินัวมีวิตามินอีอยู่สูง ดังนั้น สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่ป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของไขมัน เนื่องจากปริมาณไขมันของควินัวสูงกว่าธัญพืช จึงจัดควินัวเป็นแหล่งน้ำมันจากพืชที่สำคัญ (Kozioł, 1992)

2.1.1 ประโยชน์ของควินัว

1) ควินัวอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระในธัญพืชเทียมชนิดนี้มีสารต้านอนุมูลอิสระอยู่มากมาย เช่น ไฟโตนิวเตรียนท์ เควอซิติน และเคมเฟอรอล เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีสารต้านการอักเสบหรือบาดเจ็บของเซลล์อีกด้วย ช่วยให้เซลล์เจริญเติบโตและซ่อมแซมอาการบาดเจ็บจากการต่อสู้กับเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในร่างกาย

2) ควินัวเป็นอาหารโปรตีนสูง ในควินัวมีโปรตีนบรรจุอยู่ภายในเป็นจำนวนมาก และมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายมากถึง 8 ชนิด สูงที่ร้อยละ 12-18 เช่น ลิวซีน ไอโซลิวซีนที่สูง เหมือนที่พบในน้ำนมแม่

3) ควินัวมีแคลเซียมและใยอาหาร (Fiber) มากกว่าธัญพืชชนิดอื่น มีแคลเซียมมากกว่าข้าวสาลีถึงสองเท่า ภายในเมล็ดของควินัวนี้ยังประกอบไปด้วยใยอาหารที่เป็นอาหารช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดีควบคุมระบบการย่อยอาหาร ป้องกันและบรรเทาอาหารท้องผูก ควินัวมีใยอาหารมากเป็นสองเท่าของธัญพืชอื่น ๆ และเป็นอาหารที่มีคลอเลสเตอรอลต่ำ นอกจากควินัวจะเป็นอาหารที่เหมาะสำหรับคนที่กำลังลดน้ำหนักแล้ว ยังเหมาะกับคนที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานด้วย เพราะควินัวมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ เส้นใยสูง และอิ่มท้อง สามารถใช้ทดแทนอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.1 องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเมล็ดควินัวสุก

องค์ประกอบทางเคมี	**ความชื้น (g/100g)**	**โปรตีน (g/100g)**	**ไขมัน (g/100g)**	**ปริมาณเถ้า (g/100g)**	**คาร์โบไฮเดรต (g/100g)**	**ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ (g/100g)**	**ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (g/100g)**
เมล็ดควินัวสุก	5.11±0.01	12.69±0.23	5.97±0.01	2.21±0.02	79.14±0.20	784.63±5.13	674.58±0.35

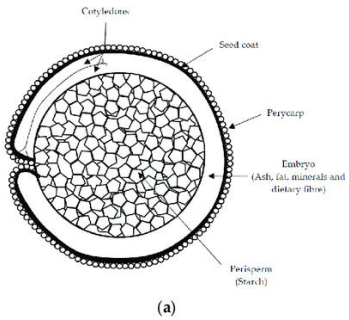
ที่มา: Luz และคณะ (2018)

ในเมล็ดควินัวมีสารซาโปนินซึ่งเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์อยู่สูงกว่าพืชชนิดอื่น โดยมีสารซาโปนินอยู่ร้อยละ 0.73 จากปริมาณควินัว 100 กรัม โดยสามารถลดปริมาณสารซาโปนินได้ด้วยการปรุงสุก และล้างเมล็ดควินัวด้วยน้ำอุ่นก่อนนำมาประกอบอาหารก็จะทำให้ปริมาณสารซาโปนินในเมล็ดควินัวลดลงถึงร้อยละ 20

2.1.2 ลักษณะโครงสร้างของควินัว

ควินัวมีลักษณะเป็นเมล็ดกลม แข็ง เมล็ดควินัวมีผนังหุ้มอยู่ 2 ชั้นได้แก่ ผนังหุ้มเมล็ด (seed coat) และผนังผล (pericarp) และมีใบเลี้ยง(cotyledons) เอ็มบริโอ (embryo) ที่เป็นส่วนที่รอการเจริญเติบโตต่อไป ประกอบไปด้วยแร่ธาตุ กากใย และไขมันเป็นต้น ส่วนของเพอริสเปิร์ม (perisperm) ที่เป็นส่วนของเนื้อเยื่อที่ไม่มีชีวิตที่ถูกพัฒนาต่อมาเป็นเนื้อเยื่อสะสมอาหารเช่น สตาร์ช เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดควินัว
ที่มา: James และ Loreto (2018)

2.2 ข้าวสาลี

ข้าวสาลี (wheat) เป็นธัญพืช (cereal grain) ส่วนที่นำมารับประทาน คือ เมล็ดข้าวสาลี (Wheat kernel) ซึ่งประกอบด้วยเอนโดสเปอร์ม (Endosperm) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ที่เป็นสตาร์ช (starch) ซึ่งมี Amylose และ Amylopectin เป็นส่วนประกอบหลักอยู่รวมเป็นเม็ดสตาร์ช (starch granule)

โปรตีนสำคัญในข้าวสาลี คือ กลูเตน ซึ่งเป็นไกลโคโปรตีนเกิดจากการรวมตัวของโปรตีนกลูเตนิน (Glutenin) และเกลียดิน (Gliadin) ในสัดส่วนเท่า ๆ กัน โดยจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) ทำให้กลูเตนมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น สามารถเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ผลิตขึ้นโดยยีสต์ (yeast) หรือผงฟูเอาไว้ได้ ทำให้รักษารูปทรงของผลิตภัณฑ์เบเกอรี (bakery) เช่น เค้ก (cake) ขนมปัง (bread) ไขมัน (lipid) วิตามิน และแร่ธาตุ เป็นส่วนประกอบ

ตารางที่2.2 องค์ประกอบทางเคมี ของข้าวสาลี

องค์ประกอบทางเคมี	**ความชื้น (%)**	**โปรตีน (%)**	**ไขมัน (%)**	**ปริมาณเถ้า (%)**	**คาร์โบไฮเดรต (%)**
ข้าวสาลี	7.8	19.9	5.6	5.4	61.3

ที่มา: Ahmed และคณะ (2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กลูเตน

กลูเตน (Gluten) เป็นโปรตีนในแป้งที่สามารถจับตัวเป็นโครงสร้างของโดที่มีสมบัติด้านความหนืดและยืดหยุ่น (Elasticity) โดยการเกิดพันธะไดซัลไฟด์ระหว่างโมเลกุลของกรดอะมิโน (Gallagher, Gormley, & Arendt, 2004) กลูเตน ประกอบด้วย โปรตีนกลูตินิน (Glutenin) ซึ่งมีสมบัติสำคัญต่อลักษณะความยืดหยุ่นของโด และ โปรตีนไกลอะดิน (Gliadin) ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 30 ของโปรตีนข้าวสาลีจัดเป็นโปรตีนที่สามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์ มีความสำคัญในการปรับและควบคุมลักษณะความข้นหนืดของกลูเตนโด (Xu และคณะ, 2007) มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปในธัญพืชแต่ละชนิด เช่น ไกลอะดิน ในข้าวสาลีฮอร์ดิน ในข้าวบาร์เล่ย์และ เซคาร์ลินในข้าวไรย์ มีรายงานว่าโปรตีนไกลอะดินมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันและเป็นพิษต่อผู้ป่วยที่เป็นโรคแพ้กลูเตน “Coeliac disease” (CD) (Elii และคณะ, 2003) ซึ่งสาเหตุของโรคอาจเกิดจากพันธุกรรม หรือจากการกระตุ้นโดยสารที่อยู่สภาวะแวดล้อม รวมทั้งไวรัสและการติดเชื้อ หรือจากสภาวะเครียด หรือการตั้งครรภ์ นอกจากนี้มีรายงานว่า เด็กทารกแรกเกิดที่ได้รับอาหารที่มีกลูเตนในช่วง 3 เดือนแรกจะมีโอกาสเป็นโรคแพ้กลูเตนสูงถึง 5 เท่าของทารกที่ได้รับกลูเตนในช่วง 4 ถึง 6 เดือนต่อมา

2.4 โรคแพ้กลูเตน (Coeliac Disease)

โรคแพ้กลูเตน เป็นอาการตอบสนองแบบไม่พึงประสงค์ของระบบร่างกายที่มีต่อสิ่งแปลกปลอมที่มากระตุ้น ในกรณีของผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตนนั้นเกิดจากการที่ร่างกายได้รับอาหารที่มีกลูเตน ในร่างกายของผู้ที่ได้รับกลูเตนนั้นระบบภูมิคุ้มกันอัตโนมัติของร่างกายจะผลิตแอนติบอดี้ออกมาเพื่อตอบสนองต่อกลูเตนที่เกาะอยู่ที่ผนังลำไส้ เสมือนเป็นสิ่งแปลกปลอมและทำลายผนังลำไส้จนเกิดอาการบวมแดง อักเสบ นอกจากนั้นยังส่งผลให้เกิดอาการปวดท้อง คลื่นไส้อาเจียน รับประทานอาหารได้น้อยลง รวมถึงการที่ร่างกายดูดซึมอาหารได้น้อยลงก็จะส่งผลต่อสุขภาพคือ ร่างกายไม่สามารถดูดซึมแร่ธาตุ สารอาหารได้ในปริมาณเท่าเดิมส่งผลให้ร่างกายขาดสารอาหาร

ลักษณะอาการของโรคแพ้กลูเตนนั้นมีความใกล้เคียงกับโรคภูมิแพ้อาหาร (food allergy) โดยผู้ที่ป่วยเป็นโรคแพ้อาหารนั้นจะมีลักษณะผื่นแดง บวม คันตามบริเวณผิวหนัง แน่นหน้าอก และอาเจียนซึ่งทำให้คนส่วนใหญ่เกิดการเข้าใจผิดได้ แต่โรคแพ้กลูเตนมีข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดเลยคือ ผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตนนั้นมีความเสี่ยงที่จะเกิดความผิดปกติของลำไส้อย่างถาวร นอกจากนั้นยังมีโอกาสที่จะเกิดมะเร็งลำไส้ มะเร็งต่อมน้ำเหลือง เป็นต้น ดังนั้นสิ่งที่ผู้ป่วยเป็นโรคแพ้กลูเตนทำได้นั่นคือการไม่รับประทานผลิตภัณฑ์หรือวัตถุดิบที่มีกลูเตนตลอดชีวิต หากเราสามารถหลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์ที่มีกลูเตนเป็นองค์ประกอบได้ ผนังลำไส้เล็กในร่างกายของเราก็จะค่อย ๆซ่อมแซมและดูดซึมแร่ธาตุอาหารได้ตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สารซาโปนิน

ซาโปนิน (Saponin) เป็นสารทุติยภูมิที่พบได้ทั้งในพืชและสัตว์ แต่ส่วนใหญ่พบมากในพืช คำว่า “sapon” มาจากภาษาลาตินว่า “sapo” หมายถึง สบู่ (soap) ซาโปนินเมื่อละลายน้ำจะเกิดเป็นฟองสบู่ เนื่องจากตัวมันเองมีทั้งขั้วที่ละลายในน้ำและละลายในไขมัน จึงมีคุณสมบัติเป็นผงซักฟอกธรรมชาติ ใช้ทำความสะอาดเสื้อผ้า

ซาโปนินมีคุณสมบัติทางชีวภาพมากมาย ซึ่งมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ข้อดี เช่น เป็นสารต้านจุลินทรีย์ สารต้านอนุมูลอิสระ และลดการดูดซึมของไขมัน นอกจากนี้ ซาโปนินยังมีความเป็นพิษของต่อแมลง หนอน หอยทาก และปลา ส่วนความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการ แหล่งที่มา ส่วนประกอบและความเข้มข้นของส่วนผสมซาโปนิน มีคุณสมบัติทางชีวภาพที่เป็นข้อเสีย คือ ทำให้เกิดการแตกตัวของเม็ดเลือดแดง (erythrocyte) ขณะปล่อยฮีโมโกลบินออกมาเมื่อฉีดเข้าไปในร่างกายของมนุษย์

2.6 ขนมปัง

ขนมปัง (bread) เป็น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) ที่มีวัตถุดิบหลัก คือ แป้งสาลี (wheat flour) ผสมกับนม ยีสต์ น้ำตาล เกลือหรือส่วนผสมอื่น ๆรวมกันแล้วนวดให้เกิดโด (dough) มักขึ้นฟูได้ด้วยยีสต์ (baker yeast) สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งจะหมักน้ำตาลให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์ แล้วนำไปอบ (baking) จนสุก

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 จากงานวิจัยของศนันธร และปาริชาติ ในปี พ.ศ.2561 ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปราศจากกลูเตนออกมาได้ว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปราศจากลูเตนมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ เคมีการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสและสารก่อภูมิแพ้ (กลูเตน) ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ผลการศึกษาพบว่าแครกเกอร์จากแป้งไรซ์เบอรี่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าสูงกว่าแครกเกอร์จากแป้งควินัว แป้งบัควีท แป้งข้าวเจ้า โดยมีปริมาณร้อยละ 5.96, 14.14 และ 4.52 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามแครกเกอร์จากแป้งบัควีทมีปริมาณความชื้นสูงสุด (8.80) คุณสมบัติทางกายภาพของแครกเกอร์ปราศจากกลูเตนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในด้านความแข็ง อัตราการแผ่ตัวและความหนา โดยแครกเกอร์จากแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีความแข็ง (30.66 นิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัน) และอัตราการแผ่ตัว (6.55%) สูงสุด การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในด้านสี ความกรอบ และ ความชอบรวม โดยแครกเกอร์จากแป้งบัควีทมีคะแนนความชอบรวมสูงสุด เมื่อทำการศึกษาสารก่อภูมิแพ้จากกลูเตนด้วยวิธี ELISA พบว่าแครกเกอร์จากแป้งบัควีทมีปริมาณกลูเตนเท่ากับ 1.8 ppm ซึ่งอยู่ในระดับตามมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา และมาตรฐานของ CODEX (Codex Alimentarius Commission)

2.7.2 ในงานวิจัยของจิระนาถ และนภัศรพี ในปี พ.ศ.2561 ที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าในหัวข้อของการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งปราศจากกลูเตนบางชนิด ได้กล่าวว่าในงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของแป้งปราศจากกลูเตนชนิดต่าง ๆ ได้แก่ งาดำป่น แป้งลูกเดือย แป้งถั่วแดง แป้งถั่วเหลือง แป้งกล้วย แป้งข้าวสีนิล และแป้งมันต่อเผือก ต่อคุณภาพของคุกกี้ปราศจากกลูเตน โดยนำมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ในปริมาณร้อยละ 100 ของน้ำหนักแป้ง ผลการทดสอบพบว่า คุกกี้แป้งข้าวสีนิล คุกกี้แป้งกล้วย คุกกี้แป้งมันต่อเผือก และคุกกี้แป้งถั่วเหลือง มีค่าความแข็ง สูงกว่าคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม) (1.691.641.56 และ1.48 นิวตัน ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \geq 0.05$) สำหรับการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า คุกกี้จากแป้งปราศจากกลูเตนทุกสูตรมีค่าความเหนียวติดฟันและความหวาน ไม่แตกต่างกับคุกกี้สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \geq 0.05$) ขณะที่คะแนนการยอมรับของผู้บริโภค ต่อคุกกี้จากแป้งปราศจากกลูเตนทุกสูตรพบว่ามีคะแนนน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม ยกเว้นคุกกี้แป้งข้าวสีนิล และคุกกี้แป้งกล้วยที่มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม ($p \geq 0.05$) เมื่อใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักพบว่า คุกกี้แป้งข้าวสีนิล คุกกี้แป้งกล้วย และคุกกี้แป้งมันต่อเผือก มีคุณภาพโดยรวม คือมีอัตราการแผ่ตัว และความร่วนน้อย ค่าความแข็ง และความกรอบสูง รวมทั้งมีสี และกลิ่นที่เหมาะสม ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม

2.7.3 ในงานวิจัยของอรทัย และรัตนา ในปี พ.ศ. 2559 ที่ทำการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งควินัวในผลิตภัณฑ์บราวนี่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการผลิตบราวนี่โดยใช้แป้งควินัวทดแทน 100% ในแป้งสาลีโดยคัดเลือกวิธีการผสมโดยใช้การตีผสมแบบครีมเนย หรือแบบเกิดฟองและทดสอบการยอมรับด้วย ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความหวาน และความชอบโดยรวม ของผู้บริโภคจำนวน 30 คน ซึ่งประเมินด้วยวิธีการทดสอบ แบบ Hedonic 9 Scale และทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพโดยใช้เครื่อง Texture Analyser วัดเนื้อสัมผัส การวัดสีโดยใช้เครื่อง ColorFlex EZ รวมทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์บราวนี่ พบว่า วิธีการตีผสมแบบครีมเนย ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่าวิธีการตีผสมแบบเกิดฟองโดยมีความชอบโดยรวมอยู่ในระดับ 7.65 นอกจากนี้ ยังพบว่า ผลิตภัณฑ์บราวนี่ ที่ทำจากแป้งควินัวมีค่าความแข็ง 0.55±0.12 กรัม และมีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ โปรตีน ร้อยละ 8.17±0.15 ไขมัน ร้อยละ25.95±0.55 และเถ้า ร้อยละ 0.04±0.01 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการทดลอง

3.1 ส่วนประกอบ

3.1.1 วัตถุดิบ และอุปกรณ์สำหรับการทำขนมปัง

3.1.1.1 วัตถุดิบหลัก เมล็ดควินัวสีขาว และเมล็ดควินัวสีแดง โดยจะใช้ในปริมาณเท่ากัน

3.1.1.2 ส่วนประกอบอื่น ๆ ดังนี้

1) แป้งมันฝรั่ง
2) แซนแทนกัม
3) เกลือ
4) ยีสต์แห้ง
5) น้ำผึ้ง
6) น้ำมัน
7) ไข่ไก่
8) น้ำอุ่น

3.1.1.3 อุปกรณ์ กระดาษไข ตะกร้า ผ้าขาวบาง พลาสติกคลุมอาหาร ถาดรองอบ ตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ โถผสม และเตาอบขนาดกลาง

3.2 วิธีการ

3.2.1 ขั้นตอนการกำจัดสารซาโปนินในวัตถุดิบหลักควินัว

3.2.1.1 ล้างทำความสะอาดเมล็ดควินัวด้วยน้ำด่างอุณหภูมิ 40°C (ปรับค่า pH ด้วยเบกกิ้งโซดาค่าอยู่ระหว่าง 7.5-8.0) อัตราส่วนเมล็ดควินัวต่อน้ำด่าง 1:2 จำนวน 8 ครั้ง โดยในการล้างครั้งสุดท้ายแช่พักไว้เป็นเวลา 30นาที จึงเทน้ำออก

3.2.1.2 นำไปนึ่งโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 60°C อัตราส่วนเมล็ดควินัวต่อน้ำคือ 1:2 ใช้เวลา 30 นาที

3.2.1.3 นำไปทำให้เป็นผงแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

3.2.1.4 เก็บในถุงปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัว

ทำการปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์โดยเริ่มต้นจากส่วนประกอบข้างต้น โดยในแต่ละสูตรจะมีการเพิ่มเติมส่วนประกอบแตกต่างออกไปดังตารางที่ 3.1 โดยจะทำการเปรียบเทียบเบื้องต้นโดยการเปรียบเทียบรูพรุนของขนมปัง และความใกล้เคียงจากรูปลักษณ์ภายนอก

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบส่วนประกอบของขนมปังแต่ละสูตร

สูตรที่	น้ำส้มสายชู	เบกกิ้งโซดา	ผงฟู	น้ำอุ่น
1	✓			
2		✓	✓	
3	✓	✓	✓	
4	✓	✓	✓	✓

3.2.3 การทดสอบคุณภาพทางเคมี

การทดสอบคุณภาพทางเคมีในวัตถุดิบควินัว ได้แก่

1) ทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) assay และวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity
2) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu micro method
3) วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ด้วยวิธี Aluminium Chloride Colorimetric method
4) วิเคราะห์ปริมาณสารซาโปนินด้วยวิธี Spectrophotometric method

3.2.3.2 การทดสอบคุณภาพทางเคมีในผลิตภัณฑ์ ได้แก่

1) การวิเคราะห์เถ้า ไขมัน โปรตีน ด้วยวิธี AOAC (2019)
2) วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธี Nutrition Labeling (1993)
3) วิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยเครื่อง Moisture Analyzer รุ่น HB43 ของ Mettler Toledo

3.2.4 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

การวิเคราะห์ทางกายภาพในผลิตภัณฑ์ ได้แก่

1) วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Datacolor Spectraflash Spectrophotometer SF60
2) วิเคราะห์ค่า Aw (Water activity) ด้วยเครื่อง LABMASTER-AW
3) วิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Profile analysis) โดยใช้หัว probe ขนาด P/25 ด้วยเครื่อง TA.XTplus Texture Analyzer โดยแต่ละค่าที่ได้ออกมามีความหมายดังตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตารางความหมายลักษณะทางกลจากการวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (วิรัช, 2548)

ลักษณะทางกล	ความหมายทางประสาทสัมผัส	ตัวชี้
ความแข็ง (Hardness)	แรงที่กระทำต่ออาหารทำให้อาหารแตกหรือแยกออก	นุ่ม แข็ง กระด้าง
การเกาะติดพื้นผิว (Adhesiveness)	แรงที่ใช้ในการแกะอาหารออกจากเพดานปากระหว่างการรับประทานอาหาร	เหนอะหนะ ติดฟัน
ความสามารถเกาะรวมตัว (Cohesiveness)	ความแข็งแรงของพันธะภายในอาหารที่ทนต่อการเปลี่ยนรูปได้ระยะหนึ่ง ก่อนที่จะขาดออกจากกัน	เหนียว เละ
ความหยุ่น (Springiness)	แรงคืนตัว หลังจากนำอาหารออกจากที่ทดสอบ	หยุ่น
ความเหนียว (Gumminess)	พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารกึ่งของแข็งจนสามารถกลืนได้	เป็นแป้งเหมือนยาง
การทนต่อการเคี้ยว (Chewiness)	พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารที่เป็นของแข็งจนสามารถกลืนได้	เปื่อย ร่วน นุ่ม เหนียว แข็ง

3.2.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบสอบถามความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวเพื่อศึกษาความยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธีการ 9-points hedonic scale test โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยมีคะแนนความชอบจาก 1-9 คะแนน ดังนี้

คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด
คะแนน 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก
คะแนน 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง
คะแนน 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย
คะแนน 5 หมายถึง เฉย ๆ
คะแนน 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย
คะแนน 7 หมายถึง ชอบปานกลาง
คะแนน 8 หมายถึง ชอบมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

โดยทำการทดสอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รส ความนุ่มและความชอบโดยรวม

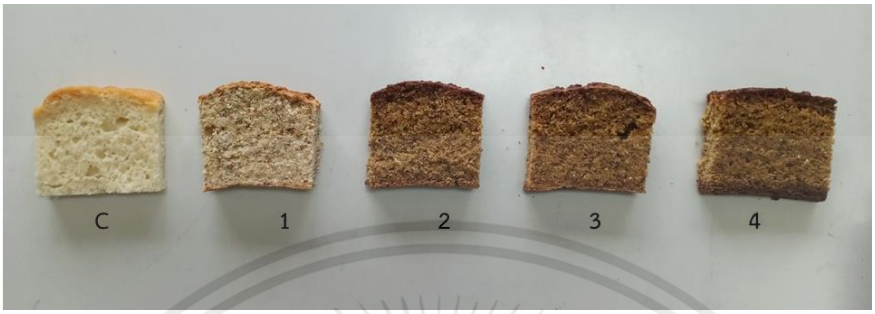
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้สถิติเชิงพรรณนา ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-test ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและอภิปรายการทดลอง

4.1 ผลการเปรียบเทียบสูตรในผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัว



รูปที่ 4.1 ภาพเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวในแต่ละสูตร กำหนดให้

C คือผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด

1 คือ ผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวสูตรที่ 1

2 คือ ผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวสูตรที่ 2

3 คือ ผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวสูตรที่ 3

4 คือ ผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวสูตรที่ 4

จากรูปที่ 4.1 เพื่อต้องการพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวมีความใกล้เคียงกับขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดมากที่สุดจึงทำการเปรียบเทียบเบื้องต้นด้วยการนำขนมปังควินัวที่ทำการพัฒนามาทำการเปรียบเทียบความนุ่มและรูพรุนของขนมปังกับขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด ได้ผลออกมาว่าขนมปังควินัวสูตรที่ 4 มีความใกล้เคียงกับขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดมากที่สุด

ตารางที่ 4.1 ตารางคะแนนความนุ่มและรูพรุนที่สังเกตด้วยสายตาเบื้องต้น

ชิ้นที่	ความนุ่ม	รูพรุน
C (ต้นแบบ)	★★★★★	★★★★
1	★	★
2	★★★	★★★
3	★★★★	★★★
4	★★★★	★★★★

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของวัตถุดิบควินัว

4.2.1 ผลการศึกษาทางเคมีของวัตถุดิบควินัว

การศึกษาคณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบควินัว ที่มีการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชั่น การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และการวิเคราะห์ปริมาณสารซาโปนิน ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และDPPH ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และการวิเคราะห์ปริมาณสารซาโปนิน

หมายเหตุ*[a,b,...] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำหนดด้วยตัวอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตัวอย่าง	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP (μM)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (μM)	ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (mg/mL)	ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (mg/L)	ปริมาณสารซาโปนิน (mg/L)
ควินัวดรัมดรายสีแดง	2.13±0.23[a]	1.43±0.02[a]	633.74±9.04[a]	0.98±0.02[a]	6.34±0.06[a]
ควินัวดรัมดรายสีขาว	2.01±0.24[a]	1.52±0.05[a]	573.47±9.95[b]	1.91±0.2[b]	6.51±0.01[a]

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ คือในวัตถุดิบควินัวดรัมดรายสีแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากวิธี FRAP ปริมาณสารฟลาโนยด์มากกว่าควินัวดรัมดรายสีขาวเนื่องจากในควินัวสีแดงนั้นมีสารเบต้าไซยานินเป็นองค์ประกอบมากกว่าในควินัวสีขาว ซึ่งแตกต่างจากฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากวิธีDPPH ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารซาโปนินของวัตถุดิบดรัมดรายสีขาวที่มีค่ามากกว่า

4.2.2 ผลการศึกษาทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมปังขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน

ตารางที่ 4.3 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนในรูปของหน่วยร้อยละ

รายการทดสอบ	ปริมาณโปรตีน (%)	ปริมาณไขมัน (%)	ปริมาณเถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)
ผลการทดสอบ	6.46	8.28	2.08	38.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าในผลิตภัณฑ์มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และเถ้าน้อยลงตามลำดับ สาเหตุที่ในผลิตภัณฑ์มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงอาจเนื่องมาจากการเติมแป้งมันฝรั่งในปริมาณที่มากกว่าควินัว

ตารางที่ 4.4 ปริมาณความชื้นที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน และขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด โดยกำหนดให้ QB=ผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน และMB=ผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด

หมายเหตุ*ns ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตัวอย่าง	Moisture content(%)
QB	39.19 ± 0.23^{ns}
MB	39.77 ± 0.43^{ns}

ตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าในผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดนั้นมีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ปริมาณไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนที่ทำจากผงควินัว

4.2.3 ผลการศึกษาทางกายภาพในผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัว

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดได้ผลดังตารางที่ 4.3 โดยกำหนดให้ L*= ค่าความสว่าง a*= ค่าสีมีแนวโน้มไปทางสีแดง และ b*= ค่าสีมีแนวโน้มไปทางสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของขนมปังควินัว และขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด ด้วยเครื่อง Datacolor Spectraflash Spectrophotometer SF600 PLUS กำหนดให้ QB= เนื้อด้านในของผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน QB-Crust= ขอบของผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน MB= เนื้อด้านในของผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด และMB-Crust= ขอบขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด

หมายเหตุ*[a,b,...] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำหนดด้วยตัวอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตัวอย่าง	L*	a*	b*
QB	36.27±0.93[a]	9.68±1.40[a]	23.77±3.57[a]
QB-Crust	27.63±0.47[b]	8.50±1.16[c]	8.36± 1.70[b]
MB	73.80±4.79[c]	-0.47±0.12[b]	13.13±0.29[c]
MB-Crust	55.77±0.90[d]	15.33±1.67[c]	34.80±1.04[d]

ตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นค่าสีของขนมปังทั้งสองชนิดพบว่าค่า L* ที่บ่งบอกถึงค่าความสว่าง ของเนื้อผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน และเนื้อขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด ขอบขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน และขอบขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด มีค่าความสว่างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ค่า a* ที่บ่งบอกถึงแนวโน้มที่ผลิตภัณฑ์มีความใกล้เคียงสีแดงนั้น เนื้อขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน และเนื้อผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ขอบผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน และขอบขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยหากมีค่า a* ที่ต่ำนั้นหมายถึงผลิตภัณฑ์มีสีใกล้เคียงกับสีเขียวมากเท่านั้น และค่า b* ที่บ่งบอกถึงแนวโน้มที่ผลิตภัณฑ์มีค่าสีใกล้เคียงกับสีเหลืองนั้นหมายความว่าผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น โดยขอบผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน ขอบขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด เนื้อขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน และเนื้อขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระภายในขนมปังควินัว และขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด ด้วยเครื่อง LabMaster-aw โดยกำหนดให้ QB= ผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน และMB= ผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด
หมายเหตุ*a,b... ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำหนดด้วยตัวอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตัวอย่าง	ปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ (Aw)
QB	0.884 ± 0.001^{a}
MB	0.976 ± 0.001^{b}

ตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นปริมาณน้ำอิสระที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด จากตารางแสดงให้เห็นว่าความเสี่ยงที่ผลิตภัณฑ์จะเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย และแบคทีเรียก่อโรคทั้งในขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด และผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนที่ทำขึ้นใหม่ และโดยทั่วไปปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ขนมปังธัญพืชจะอยู่ที่ 0.95 (Caroline และ Patricia, 2014) ซึ่งจากตารางทำให้เห็นว่าในผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนมีปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมปัง ด้วยเครื่อง TA.XTplus Texture Analyzer โดยทำการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวและขนมปังปราศจากกลูเตนทั่วไปตามท้องตลาด โดยกำหนดให้ QB= ผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน และMB= ผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด

ตัวอย่าง	Hardness (g)	Adhesiveness (g.sec)	Cohesiveness (g.sec/g.sec)	springiness (sec/sec)	Gumminess (g)	Chewiness (g)
QB	1161.79±154.03	-0.89±0.04	0.57±0.3	0.89±0.59	661.77±0.16	6.49±0.27
MB	720.12±56.13	2.27±0.163	0.44±0.16	0.64±0.47	316.85±0.02	2.02±0.04

ตารางที่ 4.7 พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด มีค่าความแข็งตัว ความสามารถในการยึดเกาะ ความหยุ่น ความเหนียว และค่าความเคี้ยวได้น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควินัวปราศจากกลูเตน แสดงให้เห็นว่าขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนนั้นยังมีความแข็งกระด้าง และเคี้ยวได้ยากกว่าขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด

4.3 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณค่าทางประสาทสัมผัสด้วย 9-points hedonic scale โดยกำหนดให้ QB= ผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน

ตัวอย่าง	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม	การยอมรับ (ร้อยละ)
QB	6.43±1.45	6.37±1.75	6.67±1.45	6.10±1.79	6.07±1.89	6.23±1.74	80

ตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้ทดลองชิมผลิตภัณฑ์มีความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย โดยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความร่วนแห้งเกินไป และมีความใกล้เคียงกับเนื้อขนมเค้กมากกว่าขนมปัง ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการที่เติมสารที่ทำให้ขึ้นฟู โดยจากการสำรวจทั้งหมด 30 คน ทั้งหมดให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

5.1 ผลการเปรียบเทียบสูตรผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนพบว่าในขนมปังสูตรที่ 4 ที่ประกอบด้วยผงฟู เบกกิ้งโซดา น้ำส้มสายชู และน้ำที่มากขึ้น นั้นมีความใกล้เคียงกับขนมปังต้นแบบมากที่สุด คือมีความนุ่ม เด้ง และมีรูพรุนใกล้เคียงมากที่สุดจากขนมปังทุกสูตรที่ทำการชิมเปรียบเทียบ

5.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพในวัตถุดิบและในผลิตภัณฑ์สามารถสรุปได้ดังนี้

5.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารทางเคมีในส่วนของวัตถุดิบควินัวดรัมดรายสีแดงนั้นมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ปริมาณสารฟีนอลิก และปริมาณสารซาโปนินมากกว่าวัตถุดิบควินัวดรัมดรายสีขาว โดยสารซาโปนินที่วัดได้นั้น ไม่ได้มีปริมาณมากจนทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ (CarnivoreAurelius, 2019)

5.2.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตในผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนนั้นมีองค์ประกอบของโปรตีนที่สูงกว่าปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ขนมปังจากข้าวสาลีเต็มเมล็ด (CalForLife, 2015)

5.2.3 ปริมาณความชื้นที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด ผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดมีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน

5.2.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปัง ในการวัดปริมาณน้ำอิสระภายในผลิตภัณฑ์แล้ว พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนนั้นมีปริมาณน้ำอิสระอยู่น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากผลิตภัณฑ์จากธัญพืชเต็มเมล็ดจะมีการดูดซึมน้ำมากกว่าผลิตภัณฑ์จากธัญพืชรูปแบบสตาร์ช (Anna และคณะ, 2013)

5.2.5 ในการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวที่ทำการพัฒนาขึ้นมานั้นมีความแข็งกระด้าง และมีความเหนียวเคี้ยวได้ยากกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด โดยเป็นผลมาจากวัตถุดิบที่มาจากธัญพืชเต็มเมล็ดจึงทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีความแตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์ทั่วไป (Janjigian, 2021)

5.2.6 ในการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดพบว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนมีสีเข้มขึ้นและมีสีเข้มกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดเมื่อมองด้วยตาเปล่า และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ

5.3 ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส และการยอมรับในผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนพบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

เนื่องจากระยะเวลาที่มีอย่างจำกัดทำให้ไม่สามารถพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ต่อไปได้ แต่คาดว่าในอนาคตนั้นหากต้องการที่จะพัฒนาสูตรต่อไป ควรทำการปรับปรุงเรื่องของอุณหภูมิภายในเตาอบ ปริมาณสารที่ทำให้ขึ้นฟู เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จิตรา สิงห์ทอง. 2562. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน (Helianthus tuberosus L.). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 21 1: 71-83.

จิรนาถ รุ่งช่วง และนภัศรพี เหลืองสกุล. 2561. การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งปราศจากกลูเตนบางชนิด. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่13 2: 34-45.

ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์. คิโนอา...สุดยอดธัญพืชในอนาคต. วารสารอาหาร Food journal ปีที่43 4: 17-19.

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์[ม.ป.ป.]. ขนมปัง [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1143/bread-ขนมปัง สืบค้น 5 ตุลาคม 2564

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์[ม.ป.ป.]. แป้งข้าวสาลี [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1378/wheat-flour-แป้งข้าวสาลี สืบค้น 5 ตุลาคม 2564.

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์[ม.ป.ป.]. Celiac disease [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2263/celiac-disease สืบค้น 12 มกราคม 2565

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์[ม.ป.ป.]. ข้าวสาลี [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1277/wheat-%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A5%E0%B8%B5 สืบค้น 21 มีนาคม 2565

พิศัลย์ จั่นมุกดา. 2546. เครื่องขึ้นรูปขนมปั้นขลิบ. โครงงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(วิศวกรรมอาหาร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2556. โรคแพ้กลูเตน (Coeliac Disease) และความสำคัญของอาหารปราศจากกลูเตน. วารสารอาหาร Food journal ปีที่ 43 3: 16-21.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิรัช แสงสุริยฤทธิ์. 2548. เครื่องวัดลักษณะของข้าวสุก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 21.

ศนันธร พิชัย และปาริชาติ ราชมณี. 2561. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปราศจากกลูเตน. วารสารเกษตรพระวรุณ ปีที่15 2: 289-296.

สุธินี สีสังข์. 2563. คุณสมบัติของแป้งที่มีผลต่อการแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ.กลุ่มวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง. กรุงเทพมหานคร.

อรทัย หงษ์ศรี และรัตนา สุพันทะ. 2559. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งควินัวในผลิตภัณฑ์บราวนี่. สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

เกษรา มานันตพงศ์. พงษ์ศักดิ์ ทรงพระนาม. อรอุมา คำแดง. 2554. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเกสรดอกบัวหลวง. สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

Balazs, G., Bedo, Z., Bekes, F., Harasztos, A., Kovacs, A., Lang, L., Rakszegi, M., and Tomoskozi, S. 2013. Modelling Water Absorption of Wheat Flour by Taking into Consideration of the Soluble Protein and Arabinoxylan Components. Cereal Research Communications 42. 4: 629-639.

Carnivore Aurelius. *2019.* The Science of Saponins: 5 Dangers of Eating Them [online]. Available: https://carnivoreaurelius.com/saponins/ Retrieved June 8, 2022

Calforlife. 2015. พลังงานและสารอาหารจาก ขนมปัง, โฮลหวีด, ฟาร์มเฮาส์ โรยัล [online]. Available: https://www.calforlife.com/th/calories/bread-whole-wheat-farmhouse-royal Retrieved June 8, 2022

Janjigian, A. 2021. Exploring the world of whole grain bread [online]. Available: https://www.kingarthurbaking.com/blog/2021/02/05/baking-whole-grain-artisan-bread Retrieved June 17, 2022

Olson A. 2017. Baking Conversions [online]. Available: https://www.annaolson.ca/baking-conversions Retrieved January 25, 2022.

O'Mahony, A. J. and Alonso-Miravalles, L. 2018. Composition, Protein Profile and Rheological Properties of Pseudocereal-Based Protein-Rich Ingredients. Foods 2018. Vol.7 73: 1-17.

Olena Osipov. 2021. Quinoa Bread [online]. Available: https://ifoodreal.com/quinoa-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

bread/ Retrieved January 25, 2022

Paucar-Menacho, L. M., Dueñas, M., Peñas, E., Frias, J. and Martínez-Villaluenga, C. 2018. Effect of Dry Heat Puffing on nutritrional Composition ,Fatty acid, Amino acid and Phenolic profile of Psuedo cereals Grians. Pol. J. Food Nutr. Sci. Vol.69 4.

Rahama, A.,M udawi, A. H., Elnur, K., Yang T., and Abdelrahim, M. K. 2016. Chemical composition and functional properties of wheat bread containing wheat and legumes bran. Journal of Food Science and Nutrition. Vol.1 5: 10-15.

Rimmer A. 2019. High Protein Quinoa Bread [อ อ น ไ ล น์] . ส ื บ ค้ น จ า ก : https://www.simplyquinoa.com/high-protein-quinoa-bread-recipe/ Retrieved January 25, 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตัวอย่างแบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ชื่อ..... อายุ.....ปี

ชื่อผลิตภัณฑ์ ขนมปังปราศจากแป้งสาลี

คำนะนำ ทดลองชิมตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ตามคำอธิบายคะแนนความชอบด้านล่าง

1=ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3=ไม่ชอบปานกลาง

4=ไม่ชอบเล็กน้อย 5=เฉย ๆ 6=ชอบเล็กน้อย

7=ชอบปานกลาง 8=ชอบมาก 9=ชอบมากที่สุด

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบในผลิตภัณฑ์
สี	
ลักษณะปรากฏ	
กลิ่น	
รสชาติ	
เนื้อสัมผัส	
ความชอบโดยรวม	
การยอมรับในผลิตภัณฑ์	☐ ยอมรับ ☐ ไม่ยอมรับ

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

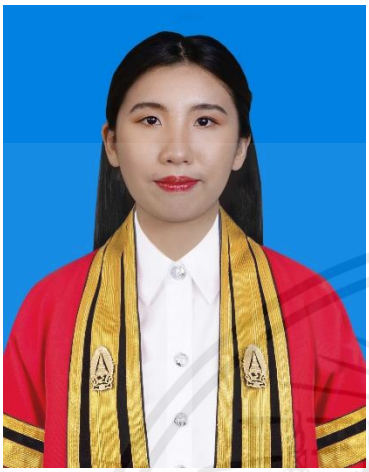
เครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

เครื่อง Datacolor Spectraflash Spectrophotometer SF600 PLUS สำหรับการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์

เครื่อง TA.XTplus Texture Analyzer สำหรับการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวพัทธนันท์ ฉัตรอนุมานนท์

วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 25 เมษายน พ.ศ.2543

ภูมิลำเนา จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ที่อยู่ 83 ซอย 49/2 ถนนวุฒากาศ แขวง บางค้อ เขตจอมทอง จังหวัดกรุงเทพมหานคร

E-mail 61552007@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2560 จากโรงเรียนวัดราชโอรส จังหวัดกรุงเทพมหานคร

- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ปีการศึกษา 2564 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้