

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า  
GLUTEN FREE ALMOND BISCUIT FROM RICE FLOUR



T143428



สาขา.....  
เลขทะเบียน..... 143428  
สิ้นเดือนปี 01 ค.ศ. 2558



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ปัญหาพิเศษ

อัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

GLUTEN FREE ALMOND BISCUIT FROM RICE FLOUR



นางสาว เกวลิน

การกุลกิจ

นางสาว เสาวลักษณ์

โหมตเทศ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

Faculty of Agro-industry

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ใบรับรองปัญหาพิเศษ

อัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า  
(GLUTEN FREE ALMOND BISCUIT FROM RICE FLOUR)

จัดทำโดย

แกลวลิน การกุลกิจ รหัสนักศึกษา 54080008

เสาวลักษณ์ โหมดเทศ รหัสนักศึกษา 54080070

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

ธงชัย พุฒทองศิริ

1 / 10 / 58

(ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	อัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า (Gluten Free Almond Biscuit From Rice Flour )		
นักศึกษา	เกวลิน การกุลกิจ	รหัสนักศึกษา	54080008
	เสาวลักษณ์ โหมดเทศ	รหัสนักศึกษา	54080070
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต		
พ.ศ.	2558		
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ	ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ		

### บทคัดย่อ

อัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า จากการศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวสาลีต่อแป้งข้าวไร้ซุ่มพรต่อแป้งข้าวกล้องงอกที่แตกต่างกัน 9 สูตร สูตรที่ได้รับการยอมรับดีที่สุดประกอบด้วย แป้งข้าวสาลี : แป้งข้าวไร้ซุ่มพร : แป้งข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วน 10 : 10 : 15 เนื่องจากได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม การศึกษาปริมาณแชนแทนกัมเพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่แตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่าผู้ทดสอบชิมให้ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ปริมาณแชนแทนกัม ที่ 0.25 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาองค์ประกอบเคมีของอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าพบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 71.99 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน 2.38 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมัน 20.03 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 3.03 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้น 2.57 เปอร์เซ็นต์และปริมาณน้ำอิสระ 0.2726 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาอายุการเก็บรักษาของอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน 325.34 วัน

คำสำคัญ: อัลมอนด์บิสกิต, ปราศจากกลูเตน, แชนแทนกัม, แป้งข้าวเจ้า, แป้งข้าวสาลี, แป้งข้าวไร้ซุ่มพร, แป้งข้าวกล้องงอก

Special problem title	Gluten Free Almond Biscuit From Rice Flour	
Student name	Kewwalin	Karnkunkit
Student ID	54080008	
Student name	Saowarak	Mordtad
Student ID	54080070	
Program	Agriculture industry	
Year	2014	
Special problem advisor	Dr. Tongchai Puttongsiri	

### ABSTRACT

The ratio of 3 types of rice flour has 9 formulas for choose the best formula. The best ratio is black rice flour: upland rice flour: GABA rice flour is 10:10:15. Study the ratio of 3 different type of rice flour that 9 formula for choose the best formula. The best ratio is black rice: upland rice: GABA rice is 10:10:15. Study concentration of xanthan gum to adjust the texture, using 0.25% concentration of xanthan gum because the tester accepted. After that study proximate analysis of gluten free almond from rice flour have carbohydrate 71.99%,Protein 2.39%,Fat 20.03%, Ash 3.03% and Water activity 0.2726%. And finally study shelf life of gluten free almond biscuit from rice flour packed in thick aluminum foil and predicting. Shelf life of gluten free almond was 325.34 day.

Keyword: Almond biscuit, Gluten free, Xanthan gum, Rice flour, Black rice flour, Upland rice flour, GABA rice flour

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและสนับสนุนจากหลายๆบุคคลและหลายๆฝ่ายตลอดมาตั้งแต่เริ่มต้นทำสัมมนาข้าพเจ้าต้องขอขอบคุณ ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ ที่ได้ให้เกียรติมาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและยอมสละเวลาอันมีค่าเพื่อมาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนให้ข้อเสนอแนะต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงาน รวมทั้งช่วยในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นทำให้ปัญหาพิเศษเรื่องนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้นด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทุกด้านอันเป็นพื้นฐานของการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วง ขอขอบพระคุณนางอัสณี วิจิตรระกะ และนางสาววันทนี ช่างน้อย ที่คอยให้คำปรึกษาด้านการวิเคราะห์และการใช้เครื่องมือ ขอขอบพระคุณนักวิทยาศาสตร์และพนักงานประจำที่บริการเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณบุคคลทุกคนในครอบครัวข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงาน รวมทั้งขอขอบคุณทุกๆคนที่คอยช่วยเหลือและเพื่อนๆที่คอยให้กำลังใจตลอดระยะเวลาการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เกวลีน การกุลกิจ

เสาวลักษณ์ โหมตเทศ

27 มิถุนายน 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กุลเตน.....	3
2.2 ข้าว.....	6
2.3 อัลมอนต์.....	11
2.4 ไฮโดรคอลลอยด์.....	12
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง	
3.1 วัสดุและสารเคมี.....	14
3.2 อุปกรณ์.....	15
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	16
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 ผลของการศึกษาสูตรการผลิตอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า.....	19
4.2 ผลของการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์.....	22
4.3 ผลของการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์.....	23
4.4 ผลการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตน จากแป้งข้าวเจ้าในสภาวะเร่ง.....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	30
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	30
บรรณานุกรม.....	31
ภาคผนวก.....	33
ภาคผนวก ก.....	34
ภาคผนวก ข.....	37
ภาคผนวก ค.....	38
ภาคผนวก ง.....	46
ประวัติผู้เขียน.....	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ปริมาณแป้งข้าวเจ้าในการผลิตอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า.....	17
3.2 ปริมาณแทนแทนกัมที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตน.....	17
4.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเมื่อสัดส่วนของแป้งข้าวเจ้าที่ต่างกัน 9 สูตร.....	19
4.2 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่ ปริมาณแทนแทนกัมที่ต่างกัน.....	21
4.3 องค์ประกอบทางเคมีของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า.....	22
4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าไทโอบาร์บิทริกแอซิดรีแอคทีฟที่ฟักซ์แสดงตอนที่สภาวะเร่งระหว่าง การเก็บรักษา.....	23
4.5 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่ สภาวะเร่งระหว่างการเก็บรักษา.....	24
4.6 การคำนวณค่าไทโอบาร์บิทริกแอซิดรีแอคทีฟที่ฟักซ์แสดงตอนที่ในสภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส.....	25
4.7 การคำนวณค่าไทโอบาร์บิทริกแอซิดรีแอคทีฟที่ฟักซ์แสดงตอนที่ในสภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงการยึดตัวของโปรตีนไกลอะดิน และกลูเตนิน ด้วยพันธะไดซัลไฟท์ เกิดเป็นกลูเตน.....	3
2.2 เมล็ดข้าว .....	6
2.3 เมล็ดข้าวหอมนิล.....	8
2.4 อัลมอนต์.....	11
4.1 แสดงปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (ข) และปฏิกิริยาอันดับสอง (ค) เมื่อเก็บอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส.....	27
4.2 แสดงปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (ข) และปฏิกิริยาอันดับสอง (ค) เมื่อเก็บอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส.....	28
4.3 การเปรียบเทียบค่าไทโอบาร์บิทริกแอซิดรีแอคทีฟซีพีแอสตันท์ของอัลมอนต์บิสกิต ปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส.....	29
ก.1.1 ขั้นตอนการเตรียมแป้งข้าว (ข้าวสีนิล, ข้าวไรซ์ชุมพร, ข้าวกล้องอก).....	34
ก.1.2 เครื่องบดหยาบแบบ Hammer และ เครื่องบดละเอียดแบบ pin mill (รุ่น ALPINE 160-Z, Hosokawa Alpine, Germany).....	35
ก.2 วิธีการทำอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าว.....	35
ข.1 เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i.....	37
ข.2 ตลับใส และเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ.....	38
ข.3 ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture can).....	39
ข.4 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน.....	40
ข.5 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน.....	41
ข.6 ถ้วยกระเบื้องและเตาเผาไฟฟ้าที่ควบคุมได้.....	43
ข.7 ชุดเครื่องกลั่นและเครื่อง Spectrophotometer.....	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผลิตภัณฑ์บิสกิต และอัลมอนต์บิสกิตนั้นมีส่วนผสมของแป้งสาลีที่มีส่วนประกอบของกลูเตน ซึ่งในปัจจุบันมีผู้บริโภคส่วนหนึ่งมีอาการแพ้กลูเตนจากแป้งสาลี เมื่อรับประทานเข้าไปก่อให้เกิดอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ท้องเสีย ถ่ายเป็นมูก คลื่นไส้ อาเจียน มีผื่นคันตามตัวและอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ชีวิต ดังนั้นผู้บริโภคจึงหันไปนิยมบริโภคแป้งที่สามารถนำมาใช้ทดแทนแป้งสาลีได้ตัวอย่างเช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวฟ่าง แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น ซึ่งเราได้เลือกแป้งข้าวมาใช้ในอัลมอนต์บิสกิตเนื่องจากไทยเป็นประเทศแห่งการเกษตร มีการเพาะปลูกและส่งออกข้าวที่มีความหลากหลายสายพันธุ์ จึงมีแนวคิดที่ว่าถ้าเรานำข้าวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าของข้าวให้สูงขึ้นและเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาและปรับปรุงการนำแป้งข้าวที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และขนมไทย เป็นต้น ส่วนการใช้อัลมอนต์ในผลิตภัณฑ์บิสกิตนั้นเป็นที่นิยมมากในประเทศไทย โดยอัลมอนต์เป็นถั่วประเภท Tree Nut ซึ่งเมล็ดจะถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารหลายอย่าง ซึ่งจะให้ผลิตภัณฑ์บิสกิตได้รับคุณค่าจากสารอาหารที่สามารถบำรุงร่างกายและสมอง ได้แก่ โปรตีน วิตามินอี วิตามินบีสอง วิตามินบี 6 เป็นต้น

งานวิจัยครั้งนี้มีการนำเอาข้าวเจ้าพันธุ์พื้นเมืองและข้าวที่เป็นที่นิยมซึ่งหาได้ง่ายมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนโดยใช้สัดส่วนของแป้งข้าวไรซ์ชุมพุดต่อข้าวสาลีต่อแป้งข้าวกล้องอก เพื่อผู้บริโภคที่เกิดอาการแพ้กลูเตน ตลอดจนเป็นการเพิ่มคุณค่าทางสารอาหารแก่ผู้บริโภคและนอกจากนี้ยังเป็นการใช้ประโยชน์จากข้าวให้มากขึ้นซึ่งเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรและเพิ่มมูลค่าข้าวไทยได้ทางหนึ่ง

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาสัดส่วนของแป้งข้าวไร้ชุ่มพรตอ่แป้งข้าวสีนิตต่อแป้งข้าวกล้องงอกเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า
- 1.2.2 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าระหว่างการเก็บรักษา

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีของอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า
- 1.3.2 ทราบถึงอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมของอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า
- 1.3.3 ได้ผลิตภัณฑ์อัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนที่เหมาะสมสำหรับผู้บริโภคที่แพ้กลูเตน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

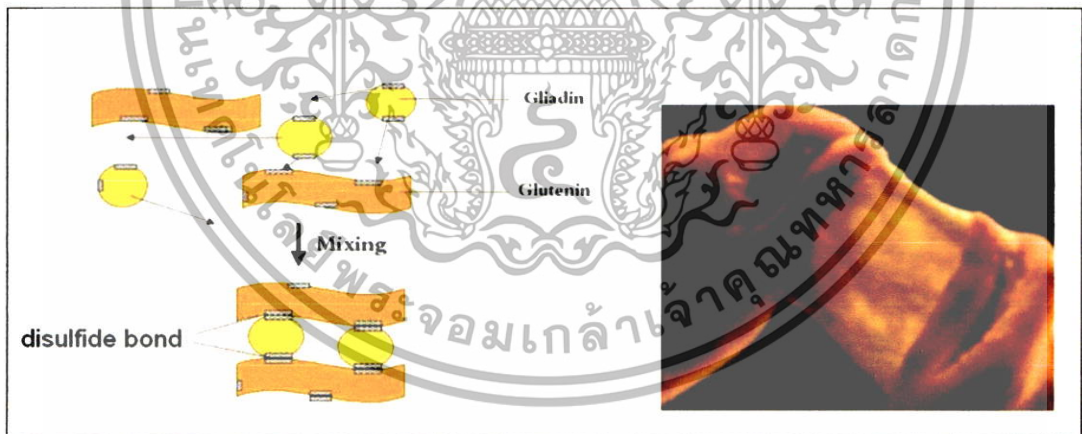
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 กลูเตน

กลูเตน (gluten) เป็นไกลโคโปรตีนที่พบในส่วนที่เป็นเอนโดสเปอร์มของธัญพืช (cereal grain) บางชนิด เช่น ข้าวสาลี (wheat) ข้าวบาร์เลย์ และข้าวโพดเกิดจากการรวมตัวของโปรตีน (protein) กลูเตนิน (glutenin) และไกลอะดีน (gliadin) ในสัดส่วนเท่า ๆ กัน โดยจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) ทำให้กลูเตนมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น ไม่ละลายในน้ำ (DAILY BLOG, 2558)

#### 2.1.1 กลูเตนในอาหาร

กลูเตนในอาหารโดยทั่วไปกลูเตนสกัดได้จากการนำแป้งข้าวสาลี (wheat flour) มาผสมกับน้ำ ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้เกิดโด (dough) แล้วนำโดที่ได้มาล้างด้วยน้ำ มีส่วนประกอบหลักเป็น โปรตีน (protein) ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) กลูเตนสามารถเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ผลิตขึ้นโดยยีสต์ (yeast) หรือผงฟูเอาไว้ได้ ทำให้รักษารูปร่างของผลิตภัณฑ์ เช่น ขนมปัง (bread) โดนัท (doughnut) ขนมเค้ก (cake) กลูเตนนิยมใช้เป็นส่วนประกอบแทนที่เนื้อสัตว์ (meat) ในอาหารเจ (vegan) และอาหารมังสวิรัต



รูปที่ 2.1 การยึดตัวของโปรตีนไกลอะดีน และกลูเตนิน ด้วยพันธะไดซัลไฟด์ เกิดเป็นกลูเตน

ที่มา: DAILY BLOG (2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.2 การแพ้กลูเตน (สสส , 2558)

กลูเตน เป็นอาหารก่อภูมิแพ้ (food allergen) อาหารที่มีธัญพืช (cereal grain) ซึ่งมีกลูเตนเป็นส่วนประกอบจะต้องระบุอยู่ในฉลาก (food labelling) ว่าเป็น gluten-free products การแพ้กลูเตน (Gluten Intolerance) โรคที่เกิดจากความผิดปกติของระบบการย่อยทางพันธุกรรมไม่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันเกิดขึ้นเมื่อกลูเตนซึ่งไม่สามารถสามารถย่อยผ่านเข้าสู่ลำไส้เล็กทำให้เกิดอาการเช่นเดียวกับการแพ้นม ผู้แพ้กลูเตนอาจมีอาการท้องอืดมีก๊าซในกระเพาะ และท้องเสีย ท้องเฟ้อ ท้องอืด ถ่ายเป็นมูก คลื่นไส้ อาเจียน มีผื่นคันตามตัวและอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ชีวิตแต่ไม่มีการอักเสบของลำไส้อย่างรุนแรง (สสส ,2558)

### 2.1.3 สัญญาณเตือนที่ต้องรู้ว่าแพ้กลูเตน (สสส , 2558)

1. มีปัญหาทางระบบทางเดินอาหาร เช่น ท้องอืดท้องเสียและท้องผูกโดยเฉพาะเด็ก ๆ จะสังเกตได้ง่ายโดยหลังจากทานอาหารที่มีกลูเตนเป็นส่วนประกอบเข้าไปจะมีอาการเริ่มท้องผูก
2. เป็นโรคขนคุด (Keratosis Pilaris) มีลักษณะคล้ายหนังไก่จะพบอาการเหล่านี้ได้ตามท้องแขนเป็นผลมาจากการขาดกรดไขมันและวิตามิน A และส่งผลให้การดูดซึมไขมันแย่งเนื่องจากกลูเตนทำให้ลำไส้เสียหาย
3. อ่อนเพลีย สมองต้อ หรือรู้สึกเหนื่อยหลังจากทานอาหารที่มีกลูเตนเข้าไป
4. ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคที่เกิดจากการแพ้ภูมิแพ้ตัวเอง เช่น ต่อมไทรอยด์เรื้อรัง เรื้อรัง โรคไขข้ออักเสบโรคลำไส้ใหญ่อักเสบเป็นแผลเรื้อรัง หรือโรคยูซี โรคลูปัส โรคสะเก็ดเงินโรคหนังแข็ง หรือ โรคปลอกประสาทอักเสบ (MS)
5. มีอาการทางระบบประสาท เช่น เวียนศีรษะ หรือ เสียการทรงตัว
6. ฮอร์โมนไม่สมดุล เช่น อาการก่อนมีประจำเดือน เช่นอาการปวดศีรษะ อารมณ์หงุดหงิด เจ็บคัดตึงเต้านม หรือเกิดจากฮอร์โมน เช่น ประจำเดือนมาไม่ปกติ ขาดประจำเดือนนานๆ น้ำหนักมากมีขนดกกว่าปกติที่ใบหน้า ร่องอก และท้องน้อยหรือภาวะมีบุตรยากที่ไม่ทราบสาเหตุ
7. โรคไมเกรนหรือโรคปวดหัวข้างเดียว
8. หากหมอบอกว่าคุณเป็นโรค Chronic fibromyalgia (อาการปวดของกล้ามเนื้อเรื้อรังทั่วร่างกาย)หรือมีอาการอ่อนล้าแต่กลับไม่สามารถบอกสาเหตุของอาการปวดหรืออ่อนล้าดังกล่าวได้
9. มีการอักเสบ บวม และปวดบริเวณข้อต่อ เช่น ข้อนิ้ว หัวเข่า หรือสะโพก
10. มีปัญหาเกี่ยวกับอารมณ์ของตัวเอง เช่น วิตกกังวล ซึมเศร้า อารมณ์แปรปรวน หรือสมาธิสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.1.4 ตัวอย่างแป้งที่ไม่มีกลูเตน (Martin, 2012)

1. แป้งข้าวเจ้า (White rice flour) แป้งข้าวเจ้ามีลักษณะเด่นคือกลิ่นอ่อนมาก ไม่กลบกลิ่นอื่นๆของอาหาร จึงเป็นหนึ่งในแป้งที่นิยมมากที่สุด แต่ก็จำเป็นต้องผสมกับแป้งตัวอื่นๆเพื่อปรับคุณสมบัติเพราะถ้าใช้แป้งข้าวเจ้าอย่างเดียว ขนมจะมีเนื้อที่ร่วน ไม่เกาะตัวกัน
2. แป้งข้าวกล้อง (Brown rice flour) คือแป้งข้าวที่ไม่ขัดเอารำข้าวออก แป้งข้าวกล้องจะมีเนื้อหนากกว่าและหยาบกว่าแป้งข้าวเจ้า แต่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่า
3. แป้งข้าวหอมมะลิ (Hom-mali rice flour) ผลิตในบ้านเราเองและยังไม่ค่อยเป็นที่รู้จักของชาวต่างชาติมากนัก เท่าที่ลองเอามาทำขนมพบว่าสามารถทดแทนแป้งสาลีได้ดีมากเมื่อทำเค้กที่มีของเหลวพอเหมาะโดยไม่ต้องผสมแป้งอื่นๆได้
4. แป้งท้าวยายหม่อม (Arrowroot flour) คือแป้งที่เราใช้ทำขนมไทย นำมาผสมแป้งตัวหลักเพื่อช่วยให้เนื้อขนมหนาขึ้น เหนียวขึ้น และเกาะตัวกันดี
5. แป้งข้าวโพด (Cornstarch) มีคุณสมบัติทำให้เนื้อขนมหนาขึ้น เหนียวขึ้นและเกาะตัวกัน ใช้แทนแป้งท้าวยายหม่อมได้
6. แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch) คือแป้งมันที่เราใช้ทำกับข้าวนี้เอง มีคุณสมบัติคล้ายแป้งท้าวยายหม่อมหรือแป้งข้าวโพด จึงสามารถใช้แทนกันได้
7. แป้งมันฝรั่ง (Potato starch) หรือแป้งมันฮ่องกง มีคุณสมบัติต่างกับแป้งมันสำปะหลังเล็กน้อย เพราะช่วยให้เนื้อขนมเบากว่า ยกตัวขึ้น แต่จะแห้งกว่า
8. แป้งข้าวโอ๊ต (Oat flour) ได้มาจากการบดข้าวโอ๊ตให้ละเอียด ตัวข้าวโอ๊ตเองนั้นไม่มีกลูเตน แต่โดยส่วนใหญ่แล้วจะมาจากโรงงานผลิตเดียวกับแป้งสาลี ตัวนี้ต้องระวังให้มากๆ หากแพ้แป้งสาลีแต่ต้องการทานข้าวโอ๊ต ควรซื้อยี่ห้อที่ระบุว่า Gluten Free
9. แป้งซอร์กัม (Sorghum flour) ได้จากการบดเมล็ดซอร์กัมทั้งเมล็ด จึงมีโปรตีนและไฟเบอร์สูงกว่าแป้งข้าว มีกลิ่นอ่อนๆและรสชาติใกล้เคียงกับแป้งสาลีจึงเป็นที่นิยมใช้กันมาก
10. แป้งจากมะพร้าว (Coconut flour) เป็นแป้งที่มีโปรตีนและไฟเบอร์ที่สูงมาก ให้รสหวานอ่อนๆและเนื้อที่หนาก จึงสามารถทำขนมได้เฉพาะอย่าง
11. แป้งอมาร์ช (Amaranth flour) มีกลิ่นค่อนข้างแรงและมีสีน้ำตาล มีโปรตีนและไฟเบอร์สูง
12. แป้งข้าวฟ่าง (Millet flour) มีรสหวานเล็กน้อย สีเหลืองอ่อน และมีกลิ่นถั่วอ่อนๆ และย่อยง่าย เหมาะกับการทำขนมปังยีสต์ แต่เนื่องจากข้าวฟ่างเป็นพืชตระกูลเดียวกับข้าวโพด ดังนั้นผู้ที่แพ้ข้าวโพดควรระวัง
13. แป้งบัควีท (Buckwheat flour) แป้งนี้ให้กลิ่นคล้ายแป้งสาลีและให้โปรตีนสูง
14. แป้งควินัว (Quinoa) แป้งตัวนี้มีรสขมเล็กน้อย มีแร่ธาตุและวิตามินบีสูง ย่อยง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. แป้งเทฟ (Teff flour) เป็นแป้งเนื้อละเอียด ได้มาจากการบดเมล็ดเทฟซึ่งเป็นธัญพืชพื้นเมืองของแอฟริกา อุดมด้วยโปรตีน แคลเซียม เหล็ก และโพแทสเซียม มีรสหวานอ่อนๆ และมีกลิ่นคล้ายถั่ว
16. แป้งเฮมพ์ (Hemp flour) ได้มาจากเมล็ดเฮมพ์ มีออกซิเจนและมีกลิ่นคล้ายถั่ว มีโปรตีนและไฟเบอร์สูง
17. แป้งอัลมอนด์ (Almond flour) ได้จากการบดเมล็ดอัลมอนด์ ให้โปรตีน ไฟเบอร์ และไขมัน
18. แป้งเฮเซลนัท (Hazel nut flour) ได้จากการบดเมล็ดเฮเซลนัท ให้รสหวานอ่อนๆ และมีกลิ่นคล้ายถั่ว มีโปรตีนและไฟเบอร์สูง
19. แป้งถั่วชนิดต่างๆ (Garbanzo/Chickpea/Fava bean flour) แป้งถั่วชนิดต่างๆ มีโปรตีนสูง จึงช่วยในเรื่องความยืดหยุ่น ทำให้ขนมเกาะตัวกันได้ดี ให้เนื้อขนมที่ใกล้เคียงกับแป้งสาลีมาก แต่จะมีกลิ่นถั่วชัดเจน จึงเหมาะสำหรับทำขนมหรืออาหารที่มีกลิ่นอื่นๆ กลบ เช่น แป้งพิซซ่า แป้งขนมปังแซนด์วิช หรือขนมที่ใส่เครื่องเทศ
20. แป้งถั่วเหลือง (Soy flour) มีโปรตีนสูง และหาซื้อได้ง่าย

## 2.2 ข้าว

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก โดยเฉพาะประเทศในภูมิภาคเอเชียที่นิยมรับประทานข้าวเป็นอาหารประจำวันมากกว่าในภูมิภาคอื่นๆ ของโลก การผลิต บริโภคและการค้าข้าวส่วนใหญ่จึงกระจุกตัวอยู่ในทวีปเอเชีย แต่ข้าวที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะใช้ในการบริโภคภายในประเทศ ทำให้มีข้าวเพียง 6 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นที่เข้าสู่ตลาดการค้าข้าวระหว่างประเทศ โดยประเทศที่มีบทบาทมากที่สุดในการส่งออกข้าว คือประเทศไทย รองลงมาคือ อินเดีย เวียดนาม จีนและพม่า ตามลำดับ โดยไทยส่งออกข้าวปีละประมาณ 7 ล้านตัน เป็นสัดส่วนประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของการส่งออกข้าวทั้งหมดทั่วโลก (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2557)



รูปที่ 2.2 เมล็ดข้าว

ที่มา: วิชาการ.คอม (2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.1 พันธุ์ข้าว

ข้าวที่นำมาปลูกเป็นอาหารนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ข้าว *Oryza sativa* ปลูกในทวีปเอเชียและ *Oryza glaberrima* ปลูกในทวีปแอฟริกา แต่ข้าวที่ค้าขายกันในตลาดโลกเกือบทั้งหมดเป็นข้าวที่ปลูกจากแถบเอเชีย ซึ่งข้าวชนิดดังกล่าวยังสามารถแบ่งได้ตามแหล่งปลูกอีก คือ

1.ข้าวอินดิกา (Indica) มีลักษณะเมล็ดยาวรี ต้นสูง เป็นข้าวที่ปลูกในเอเชียเขตร้อน ตั้งแต่จีน เวียดนาม ฟิลิปปินส์ ไทย อินโดนีเซีย อินเดีย และศรีลังกา ข้าวพันธุ์นี้ค้นพบครั้งแรกในอินเดีย และต่อมาได้พัฒนาไปปลูกที่ทวีปอเมริกา หรือข้าวเจ้า เป็นข้าวที่มีลักษณะเมล็ดเรียวยาวรี ลำต้นสูงตั้งชื่อมาจาก แหล่งที่ ค้นพบครั้งแรกในประเทศอินเดีย เฉพาะในเมืองไทย ข้าวอินดิคานิยมเพาะปลูกในบริเวณที่ราบลุ่มตอนใต้ของแม่น้ำเจ้าพระยา เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว แทนข้าวเหนียวที่เคยปลูก ซึ่งคนไทยสมัยนั้นเรียกข้าวอินดิกาที่มาจากต่างประเทศ ว่า “ข้าวของเจ้า”

2.ข้าวจาปอนิกา (Japonica) เป็นข้าวที่ปลูกในเขตอบอุ่น เช่น จีน ญี่ปุ่น เกาหลี มีลักษณะเมล็ดป้อมกลมรี ต้นเตี้ย เป็นข้าวเหนียวเมล็ดป้อม กลมรี มีแหล่งกำเนิดจากทางภาคเหนือ แล้วผ่านมาทางลุ่มแม่น้ำโขง ในสมัยก่อนพุทธศตวรรษที่ 20 หลังจากนั้นลดจำนวนลงไปแพร่หลาย ในเขตอบอุ่นที่ ญี่ปุ่น เกาหลี

3.ข้าวจาวานิกา (Javanica) เป็นข้าวลักษณะเมล็ดป้อมใหญ่สั้นนิยฐานว่า เป็นข้าวพันธุ์ผสมระหว่าง ข้าวอินดิกาและจาปอนิกา นิยมเพาะปลูกใน อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน หมู่เกาะริวกิว และญี่ปุ่น แต่ไม่ค่อยได้รับความนิยมนักเพราะให้ผลผลิตต่ำ ประเทศต่างๆในโลกต่างก็มีการพัฒนาสายพันธุ์ข้าวใหม่ เพิ่มพื้นที่การเพาะปลูกข้าวและวิธีการปลูกข้าวให้ได้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น ในขณะที่ตำนานเกี่ยวกับข้าวของแต่ละชาติต่างก็มีประวัติศาสตร์อันยาวนาน

สำหรับข้าวที่ปลูกในไทยเป็นพันธุ์ข้าวเมล็ดยาว คือ ข้าวอินดิกา แต่ประกอบด้วยหลายพันธุ์ ทั้งที่มีการพัฒนาขึ้นใหม่ และข้าวพันธุ์พื้นเมืองซึ่งมีอยู่ประมาณ 3,500 พันธุ์ ซึ่งมีข้าวป่า ข้าวพื้นเมือง และข้าวที่ผสมโดยมนุษย์ขึ้นมาใหม่ (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2557)

## 2.2.2 ตัวอย่างแบ่งจากข้าวที่ใช้ในการทดลอง

### 2.2.2.1.แบ่งจากข้าวไรซ์ชุมพร (เดลินิวส์, 2558)

แบ่งข้าวไรซ์ชุมพรมีความโดดเด่นของข้าวไรซ์จากการศึกษาพบว่า มีโปรตีน มีธาตุเหล็กสูง และมีความหอม สามารถทนแล้งได้ ส่วนโรคแมลงปัญหาใหญ่ของข้าวไรซ์คือแมลงสิงห์ โดยเฉพาะในช่วงที่ข้าวอยู่ในระยะเป็นน้ำนมแมลงดังกล่าวจะเจาะตูดน้ำนมข้าวทำให้เมล็ดลีบ ส่วนโรคไหม้ไม่ค่อยมีปัญหา การเพาะปลูกข้าวไรซ์จึงเป็นอีกพืชทางเลือกของภาคใต้และขณะนี้ก็ได้ส่งเสริมให้คนในพื้นที่ได้ปลูกไม่ว่าจะเป็นตามแนวเสาไฟฟ้า รอบบ้านหรือขอบสวนเพื่อว่าจะได้มีข้าวไว้บริโภค หรืออาจนำไปปลูกแซมในสวนปาล์ม สวนยางขนาดเล็กได้เป็นการส่งเสริมเกษตรกรไทยอีกทางหนึ่ง

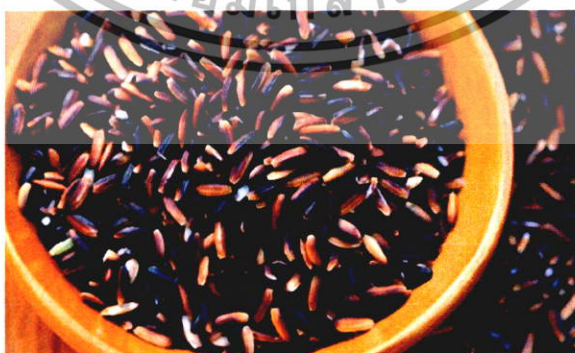
ข้าวไรซ์พื้นเมืองที่ใช้ปลูกในท้องที่ของจังหวัดชุมพรมาเป็นเวลายาวนาน สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรได้สำรวจและรวบรวมพันธุ์ไว้ได้แก่ ข้าวพันธุ์เอกสารฉบับเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางเขียน ลักษณะทั่วไปเป็นพันธุ์ข้าวไร่ ไร่ต่อช่วงแสง ความสูงเฉลี่ย 157 เซนติเมตร ผลผลิตเฉลี่ย 456 กิโลกรัมต่อไร่ ทรงกอตั้งตรง ปล้องสีเขียวอ่อน ใบสีเขียว กาบใบสีเขียว ใบธงตั้ง คอรวงยาวพันธุ์ข้าวไร่ชุมพรมีมากมายเช่น ข้าวพันธุ์นางครวญ, ข้าวพันธุ์นางดำ, ข้าวพันธุ์แม่ผึ้ง, ข้าวเจ้าพันธุ์สาม, ข้าวเจ้าพันธุ์ภูเขาทอง เป็นต้น

#### 2.2.2.2. แป้งจากข้าวกล้องสีนิล (อภิชาติ, 2544)

ข้าวเจ้าหอมนิลมีเมล็ดสีม่วงดำ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสีของเมล็ด สีม่วงดำประกอบไปด้วย สีม่วงเข้ม (cyanidin) สีชมพูอ่อน (peonidin) และสีน้ำตาล (procyanidin) ผสมกัน ซึ่งสีที่เห็นนั้นเป็นสารประกอบกลุ่ม flavonoid ที่เรียกว่า สารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่ประกอบไปด้วยสาร cyaniding กับสาร peonidin สารโปรแอนโทไซยานิน (proanthocyanidin) ประกอบด้วยสาร procyanidin ซึ่งสารดังกล่าวทั้งหมดนี้เป็นสาร antioxidant ที่ทำหน้าที่จับกับอนุมูลอิสระแล้วช่วยให้กลไกการทำงานของร่างกายมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าปกติ ซึ่งสารแอนโทไซยานิน มีรายงานวิจัยพบว่า สามารถช่วยลดการอักเสบของเนื้อเยื่อ ช่วยลดไขมันอุดตันในเส้นเลือดที่หัวใจ และสมอง บรรเทาโรคเบาหวาน ช่วยบำรุงสายตาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการมองเห็นเวลามองตอนกลางคืน โดยสาร cyaniding มีประสิทธิภาพในการ antioxidation ได้ดีกว่าวิตามินอี หลายเท่า และยังเป็นที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของ epidermal growth factor receptor ในเซลล์มะเร็ง และสารโปรแอนโทไซยานิน หรือเรียกว่าสาร condensed tannins มีรายงานวิจัยพบว่า สารโปรแอนโทไซยานิน ทำการ antioxidation ได้ดีกว่าวิตามินซี วิตามินอี และเบต้าแคโรทีน (beta-carotene) สารโปรแอนโทไซยานิน ยังไปจับกับอนุภาคของไขมันตภาพรังสีทำให้เซลล์ในร่างกายทำงานได้อย่างปกติ และช่วยลดไขมันอุดตันในเส้นเลือดป้องกันโรคหัวใจ และโรคความดันโลหิตสูง ยังยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเต้านม ปอด กระเพาะอาหาร และเม็ดเลือดขาว และยังป้องกันไวรัส HSV-1 และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ reverse transcriptase ใน ไวรัส HIV



รูปที่ 2.3 เมล็ดข้าวหอมนิล  
ที่มา: Sumonpaza (2014)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2.2. แป้งจากข้าวกล้องงอก

ข้าวกล้องงอก (Germinated Brown Rice หรือ GABA-rice) เป็นข้าวกล้องที่นำมาผ่านกระบวนการแช่น้ำทำให้งอกเป็นต้นอ่อนขึ้น ซึ่งถือเป็นนวัตกรรมหนึ่งที่มีความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากทำให้ได้คุณค่าสารอาหารที่สูงกว่าข้าวกล้องธรรมดาอย่างน่ามหัศจรรย์ ในเมืองไทยมีอาหารดีๆ มีประโยชน์มากมาย บ้านเราจึงเป็นอยู่ข้าวอุ่นน้ำที่อุดมสมบูรณ์ และบรรดาอาหารที่รสสุดยอดเยี่ยมก็มีอยู่ชนิดหนึ่งที่เข้าขั้นเทพนั่นก็คือ ข้าวกล้องงอก พืชธรรมชาติที่มีคุณประโยชน์อย่างมหาศาล และกำลังได้รับความนิยมมากในตอนนี้ รวมทั้งยังเป็นอาหารที่เหมาะสมกับคนทุกเพศทุกวัยด้วย (วิรัชพัชร, 2558)

#### 1. องค์ประกอบของข้าวกล้อง (วิรัชพัชร, 2558)

1. แป้ง องค์ประกอบหลักของข้าวก็คือ แป้งมีปริมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าว ซึ่งเป็นทั้งชนิดอมัยโลสและอมัยโลเพคตินโดยมีสัดส่วนแล้วแต่ชนิดของข้าว ถ้าเป็นข้าวเหนียวก็จะมีอมัยโลเพคตินสูง คาร์โบไฮเดรตที่พบมากในข้าวคือ แป้ง เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และน้ำตาลอิสระ

2. สารประกอบไนโตรเจน สารประกอบไนโตรเจนที่พบในข้าวจะเป็นพวกโปรตีนและกรดอะมิโนอิสระในปริมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ รองจากแป้งโดยจะพบโปรตีนชนิดอัลบูมินและโคเลบูลินมากในข้าวกล้อง

3. ไขมัน ข้าวกล้องมีไขมันเป็นองค์ประกอบถึง 80 เปอร์เซ็นต์ แต่มีมากในส่วนของรำละเอียด และรำข้าวขาวและอีกประมาณ 1 ใน 3 จะอยู่ในจมูกข้าวซึ่งไขมันส่วนใหญ่ จะพบในรูปของกรดโอเลอิก ลีโนลีนิก และปาร์มีติก เป็นต้น

4. วิตามิน วิตามินส่วนใหญ่จะพบในบริเวณเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดและจมูกข้าวส่วนใหญ่จะเป็นวิตามินบี 1 บี 2 และไนอาซิน ซึ่งวิตามินเหล่านี้จะมีคุณสมบัติในการป้องกันโรคต่างๆ เช่นวิตามินบี 1 แก้อาการเหน็บชา วิตามินบี 2 แก้อาการปากนกกระจอก ไนอาซิน ป้องกันโรคหนังกระจก เป็นต้น

5. เกลือแร่ ปริมาณเกลือแร่ในข้าวกล้องที่พบมากมีหลายชนิด เช่น ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม คลอรีน ซิลิคอน โซเดียม แลเหล็ก ซึ่งส่วนใหญ่จะปนอยู่ในส่วนของรำข้าว

#### 2. ชนิดของข้าวกล้อง (วิรัชพัชร, 2558)

ข้าวกล้องแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือข้าวกล้องข้าวเจ้า และข้าวกล้องข้าวเหนียว ซึ่งทุกสายพันธุ์สามารถนำมาเพาะเป็นข้าวกล้องได้ทั้งหมด แต่ที่นิยมนำมาเพาะมากที่สุดเพราะให้รสชาติและกลิ่นที่น่าประทับใจก็คือ ข้าวกล้องหอมมะลิขาว 105 ข้าวมันปู ข้าวกล้องหอมมะลิแดง ข้าวก่ำ และข้าวหอมนิล

- ข้าวกาบา (GABA-rice) ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องไทยที่ได้รับรางวัลจากสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ เป็นข้าวกล้องที่นำมาทำให้เริ่มงอก และควบคุมให้เกิดสาร GABA สูงสุด สูงมากกว่าในข้าวกล้องและข้าวขาว ทั้งยังมีใยอาหาร วิตามินอี วิตามินบี1 บี2 บี6 แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม และกรดอะมิโนสูงขึ้นไปอีกด้วยกาบาจัดเป็นสารสื่อประสาทประเภทยับยั้ง ในระบบประสาทส่วนกลาง ทำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่รักษาสมดุลในสมอง ป้องกันการนอนไม่หลับและอาการกระวนกระวายใจ ช่วยรักษาความดันของเลือด ช่วยให้ร่างกายสะสมไขมันน้อยลงจากการกระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต นอกจากนี้ข้าวกาบายังหุงง่าย มีเนื้อสัมผัสนุ่ม รับประทานง่ายกว่าข้าวกล้องธรรมดา หากการรับประทานข้าวกล้องดูเป็นเรื่องยากสำหรับผู้ที่ไม่คุ้นเคย อาจเริ่มจากข้าวกาบาก่อนก็ช่วยได้

- ข้าวกล้องหอมมะลิข้าวเมล็ดเรียวยาว ผิวมันใส ปลายเมล็ดงอนเล็กน้อย เมื่อหุงสุกมีลักษณะเหนียว มียาง เกาะตัวกันพอสมควร ที่สำคัญคือมีรสชาติอร่อย นุ่มนวล มีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย

- ข้าวมันปู สิ่งที่น่าสนใจของข้าวพันธุ์นี้ ก็คือเยื่อหุ้มเมล็ดมีสีชาวนสีแดงจางๆ จนถึงแดงเข้มในเมล็ดเดียวกัน ขนาดของเมล็ดจะเรียวยาวเล็กกว่าข้าวกล้องทั่วไป เมื่อหุงสุก ข้าวที่ได้จะมีสีชมพูอมแดง กลิ่นหอมหวาน เนื้อข้าวนุ่มค่อนข้างเหนียว เหมาะที่จะนำมาทำโจ๊ก ข้าวต้ม ซุปและเครื่องดื่มน้ำข้าวกล้อง

- ข้าวกล้องหอมมะลิแดง เป็นข้าวอีกพันธุ์หนึ่งซึ่งมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง แต่เมื่อหุงสุกแล้วให้สีสันหน้าตาน่ารับประทานน้อยกว่าข้าวมันปู จึงเหมาะที่จะนำไปตัดแปลงทำเป็นผงแปง หรือปั้นโม้จนเป็นน้ำแปง แล้วนำมาทำเป็นเส้นต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว พาสต้า ขนมจีน หรือนำมาปั้นทำข้าวทอด ข้าวพันธุ์นี้มีธาตุเหล็กและวิตามินต่างๆ ต่ำกว่าพันธุ์อื่นๆ แต่มีกากใยและวิตามินบี 6 สูงกว่าข้าวกล้องขาวดอกมะลิ

- ข้าวซ้อมมือ เป็นข้าวที่กะเทาะเปลือกโดยใช้ครกกระเดื่อง หรือครกไม้ตำ แล้วนำมาผัดแยกแกลบออก ข้าวอาจมีการแตกหักบ้าง มักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำโดยกลุ่มแม่บ้านต่างๆ

### 3. ประโยชน์ของข้าวกล้องงอก (วิรัตน์, 2558)

ข้าวกล้องงอกมีสารต่างๆ ที่มีคุณประโยชน์มากมายสำหรับผู้บริโภคอย่างต่อเนื่อง สารสำคัญเหล่านี้ได้แก่

- สารกาบ้า (GABA) ช่วยป้องกันโรคอัลไซเมอร์ ช่วยผ่อนคลาย ทำให้จิตใจให้สงบ หลับสบาย ลดความเครียด วิดกกังวล ลดความดันโลหิต

- สารแกมมาออริซานอล (Gamma-oryzanol) ช่วยลดไขมันในเส้นเลือด ต้านอนุมูลอิสระ ปรับสมดุลความดันโลหิต และระดับน้ำตาลในเลือด

- สารอนุมูลอิสระกลุ่มฟิโนลิก ช่วยยับยั้งการเกิดฝ้า ชะลอรอยเหี่ยวย่นกรดไขมันไลโนเลอิก และโอเลอิก ช่วยบำรุงระบบประสาทและสมอง เสริมสร้างเซลล์ผิวหนัง และระบบสืบพันธุ์ให้ดีขึ้น

- กรดไฟติก (Phytic Acid) ช่วยต่อต้านเซลล์มะเร็งมีวิตามินอี ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ช่อมแซมเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย ช่วยลดความเหี่ยวย่นของผิว

- เยื่อใยอาหาร (Dietary fiber) มีคุณสมบัติควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ป้องกันมะเร็งลำไส้ และลดอาการท้องผูก

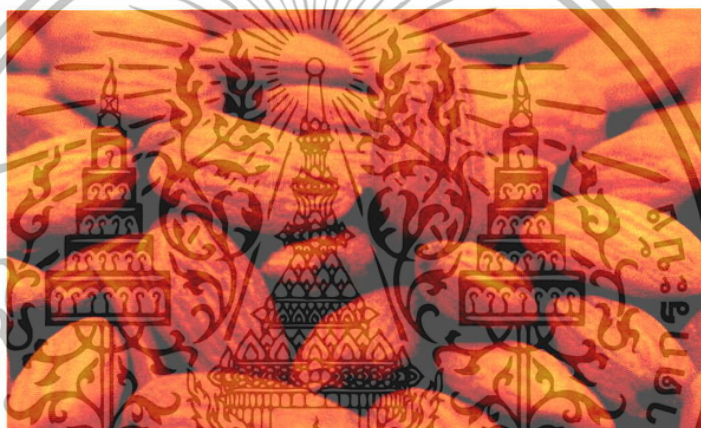
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 อัลมอนต์

### 2.3.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอัลมอนต์

อัลมอนต์หรือแอลมอนต์ เป็นพืชชนิดหนึ่งในสกุล Prunus เมล็ดรับประทานได้ เป็นพืชพื้นเมืองในตะวันออกกลางและเอเชียใต้ ต้นอัลมอนต์ (*Terminaliacatappa*) ขึ้นอยู่กับ ความสูงของ 3–8 เมตร และผลไม้ที่เป็นทรงรี ที่มีปลาแหลมตรงและผลยาว 7.51 เซนติเมตรและ หนา 5.05 เซนติเมตร เมื่อสุกจะเปลี่ยนจากสีเขียว เป็นสีเหลือง สีม่วง และ มีเปลือกแข็ง หรือ ถั่ว

ผลของอัลมอนต์เป็นผลแบบมีเมล็ดเดี่ยว มีเปลือกชั้นนอกและเปลือกแข็งหุ้มเมล็ดโดยที่ไม่จัดเป็นผลแบบนัทอัลมอนต์จะขายทั้งแบบที่เอาเปลือกออกแล้วหรือขายทั้งเปลือก หรือนำไปผ่านน้ำร้อนเพื่อทำให้เปลือกอ่อนลง และเอ็มบริโอยังคงเป็นสีขาวและผลิตภัณฑ์อัลมอนต์มีอายุการเก็บรักษาสั้นเนื่องจากการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (Antonietta, 2005)



รูปที่ 2.4 อัลมอนต์

ที่มา: ruksukaphab.com (2558)

### 2.3.2 ชนิดของอัลมอนต์ อัลมอนต์มีทั้งหมด 2 ชนิด

1. สวีทอัลมอนต์ (sweet almond) มีดอกสีขาว มีเมล็ดค่อนข้างยาว เป็นชนิดนำมารับประทาน น้ำมันจากสวีทอัลมอนต์ จะให้น้ำมันอัลมอนต์(almond oil) เป็นน้ำมันพืชที่ใช้ปรุงอาหาร มีความปลอดภัยในการบริโภค กรดไขมัน (fatty acid) ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญคือกรดโอเลอิก (oleic acid) และกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) มี วิตามินเอ, บี 1, บี 2, บี 6 และวิตามินอี และแร่ธาตุ และใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง

2. บิทเทอร์อัลมอนต์ (bitter almond) มีดอกสีชมพู มีเมล็ดที่แบน และสั้นกว่าสวีทอัลมอนต์ น้ำมันจากต้นบิทเทอร์อัลมอนต์ มีรสขม มีสารพิษไซยาไนด์ (cyanide) ที่เป็นอันตรายทางเคมี (chemical hazard) ตามธรรมชาติ ซึ่งต้องกำจัดออกก่อนนำไปใช้น้ำมันบิทเทอร์อัลมอนต์ เป็นของเหลวไม่มีสีจนถึงสีเหลืองอ่อน มีส่วนประกอบหลักคือ น้ำมันหอมระเหย (essential oil) ที่ให้กลิ่นหอม ใช้ปรุงแต่งรสอาหาร (flavoring agent) มีกลิ่นอัลมอนต์ มีสมบัติในการช่วยให้ผ่อนคลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.3 ประโยชน์ทั่วไปของอัลมอนด์ (General benefits of almonds)

อัลมอนด์เป็นถั่วประเภท Tree Nut ซึ่งเมล็ดจะถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารหลายอย่างเช่นเบเกอรี่และผลิตภัณฑ์ขนม เช่นเดียวกับตัวแทนเครื่องปรุงในเครื่องดื่มและไอศกรีมซึ่งให้คุณค่าสารอาหารต่อร่างกายอย่างมาก เช่น โปรตีน วิตามินอี วิตามินบีสอง เป็นต้น และอัลมอนด์ยังถูกจัดให้เป็น 1 ใน 10 สุดยอดอาหารเพื่อสุขภาพ เพราะมีคุณประโยชน์มากมาย จากงานวิจัยเชื่อว่าอัลมอนด์ 10 เมล็ด หรือ 23 ออนซ์ ในปริมาณนี้ทำให้ได้รับวิตามินอีเกือบครึ่งที่ควรได้รับต่อวัน และมีคุณค่าแอนต็อกซิแดนต์เท่ากับชาเขียวแท้ๆ 1 แก้ว อัลมอนด์ในปริมาณเศษ 1 ส่วน 4 ถ้วยตวง มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับนมในจำนวนที่เท่ากัน ที่สำคัญก็คืออุดมไปด้วยแคลเซียมและสารอาหารต้านอนุมูลอิสระสารฟอสฟอรัสในอัลมอนด์ จะช่วยทำให้สุขภาพของกระดูกและฟัน มีความแข็งแรงมาก ในเมล็ดอัลมอนด์ มีสาร riboflavin และ L-carnitine ซึ่งสารอาหารทั้ง 2 ชนิดนี้ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมอง และยังอาจช่วยลดความเสี่ยง ของการเกิดโรคอัลไซเมอร์ รวมทั้งยังไปช่วยเพิ่มระดับของสติปัญญาให้ดีขึ้น และอัลมอนด์นั้นยังจะไปช่วยลดการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลในเลือด และ อินซูลินหลังอาหาร โดยเฉพาะกับผู้ที่ต้องการรักษาระดับของน้ำตาลในร่างกาย ให้อยู่ในภาวะปกติ เช่น ผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวาน นอกจากนี้ในต่างประเทศมีการวิจัยถึงประโยชน์ของอัลมอนด์อย่างจริงจังกันมานานแล้ว ซึ่งผลการวิจัยจากหลากหลายสถาบันให้ผลตรงกันว่าอัลมอนด์มีบทบาทกับสุขภาพ หัวใจอย่างมาก เพราะมีส่วนประกอบสำคัญอย่างกรดไขมันที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย ทั้งกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและเชิงซ้อน เมื่อรับประทานเป็นประจำ จึงมีส่วนช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจได้เป็นอย่างดี

## 2.4 ไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) คือ โพลีเมอร์ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ รวมถึงโพลีเมอร์ดัดแปรจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ โดยทั่วไปจะเป็นโมเลกุล ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซี (-OH) และอาจจะเป็น polyelectrolyte อื่นๆ โพลีเมอร์เหล่านี้จะแสดงหน้าที่สำคัญในอาหาร เช่น เป็นสารให้ความหนืด ทำให้เกิดเจล เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และเป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัว เป็นต้น (Phillips and Williams, 2000)

### 2.4.1 ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มตามแหล่งที่มา ได้แก่

- ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาจากธรรมชาติ (natural hydrocolloids) ซึ่งได้จากส่วนต่างๆของพืชได้แก่เมล็ด ยาง เช่น โลคัสบีนกัม (locust bean gum) กัมอาราบิก (gum arabic) ราก ลำต้น เช่น แป้ง หรือได้จากสาหร่ายทะเล เช่น คาร์ราจีแนน (carrageenan) หรือได้จากสัตว์ เช่น ไคติน (chitin) หรือจากกระบวนการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แชนแทนกัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) ได้แก่อนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น carboxymethyl cellulose (CMC)
- ไฮโดรคอลลอยด์สังเคราะห์ (synthetic hydrocolloids) เช่น โพลีเอธิลีนออกไซด์โพลีเมอร์ (polyethylene oxide polymers)

#### 2.4.2 หน้าที่สำคัญในอาหาร

- สารให้ความหนืด (thickener) เช่น น้ำเกรวี่, ซอส, ไล้ขนม, ไอศกรีม
  - ทำให้เกิดเจล (gelling agent) เช่น เยลลี่, วุ้น
  - ตัวช่วยให้ น้ำกับน้ำมันเข้ากัน (emulsifier) เช่น น้ำสลัด
  - สารที่ทำให้เกิดความคงตัว (stabilizer) ป้องกันการตกตะกอน (Crystallization inhibitor) และการแยกตัวของน้ำออกจากเนื้ออาหาร (Water binding prevents syneresis) เช่น น้ำผลไม้, นมเปรี้ยว, ไอศกรีม, นม, นมช็อกโกแลต ฯลฯ
  - สารทดแทนไขมันหรือคาร์โบไฮเดรต ใช้ในผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำ เนื่องจากเมื่อเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ลงไป ในอาหาร จะทำให้อาหารยังคงมีความนุ่ม คงรูปมันวาว เหมือนมีแป้งหรือไขมันผสมอยู่ ดังนั้นหากลดการเติมไขมันหรือแป้งลงได้ ก็จะส่งผลดีต่อผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคอาหารที่มีแคลอรีต่ำ
  - ทำให้ขึ้นฟู (Whipping agent) เช่น วิปปิ้งครีม
  - เคลือบผิว (Coating agent) เช่น ขนมหวาน, ทอฟฟี่, ขนมปัง
  - ช่วยอุ้มน้ำและป้องกันน้ำแยกออกจากอาหาร (Water binding (prevents syneresis))
- เช่นอาหารแช่แข็ง

#### 2.4.3 แขนแทนกัม (Xanthan gum)

แขนแทนกัม (Xanthan gum) เป็น gum ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์คือ *Xanthomonas campestris* หลังจากกระบวนการหมักแล้วจะนำมาตกตะกอนด้วย isopropyl alcohol แยกเอาแขนแทนกัม ออกมาทำให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด

แขนแทนกัม ละลายได้ทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและ pH ความหนืดของสารละลายแขนแทนกัมจะคงที่ถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0-100 องศาเซลเซียส หรือ pH จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1-13 ก็ตาม นอกจากนั้นสารละลายแขนแทนกัม ยังมีคุณสมบัติเป็น pseudoplastic ซึ่งมีความสำคัญต่อกลิ่น ลักษณะปรากฏและความรู้สึกเมื่ออาหารอยู่ในปาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### 3.1 วัสดุดิบและสารเคมี

##### 3.1.1 วัสดุดิบ

1. ข้าวกล้องงอก	ยี่ห้อ S&P	ประเทศไทย
2. ข้าวสีนิล	ยี่ห้อกรีนนิช	ประเทศไทย
3. ข้าวเจ้าไรซ์ชุมพร	ได้รับความอนุเคราะห์จาก สจล. วิทยาเขตชุมพร	
4. น้ำตาลทราย	ยี่ห้อลิน	ประเทศไทย
5. เกลือ	ยี่ห้อปรุทพิพย์	ประเทศไทย
6. เนยสด	ยี่ห้ออลาสี	ประเทศไทย
7. น้ำมันคาร์โนลาร์	ยี่ห้อ Golden Drop	ประเทศอังกฤษ
8. อัลมอนต์สไลด์	ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทที ดี ฟูดส์อินดัสทรี จำกัด	
9. กลิ่นคาราเมล	ยี่ห้อ วินเนอร์	ประเทศไทย
10. ไข่ไก่ (ไข่ขาว)		

##### 3.1.2 สารเคมี

1. Xanthan Gum		
2. กรดซัลฟูริกเข้มข้น	ยี่ห้อ RCI Labscan บริษัท	RCI Labscan Limited
3. กรดบอริก 2 เปอร์เซ็นต์	ยี่ห้อ vivantis บริษัท vivantis technologies	
4. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 1	ยี่ห้อ RCI Labscan บริษัท	RCI Labscan Limited
5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์	ยี่ห้อ Cario Erba reagent บริษัท Cario Erba reagent SpA	
6. CuSO <sub>4</sub>	ยี่ห้อ Cario Erba reagent บริษัท Cario Erba reagent SpA	
7. K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	ยี่ห้อ Cario Erba reagent บริษัท Cario Erba reagent SpA	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 8. สารละลายอินดิเคเตอร์ เมทิลกรีน | ยี่ห้อ MERCK บริษัท MERCK KGaA                             |
| 9. สารละลายอินดิเคเตอร์ เมทิลเรด  | ยี่ห้อ Cario Erba reagent<br>บริษัท Cario Erba reagent SpA |
| 10. บีโตรีเลียมอีเทอร์            | ยี่ห้อ RCI Labscan บริษัท RCI Labscan Limited              |
| 11. 2-thiobarbituric acid         | ยี่ห้อ Cario Erba reagent<br>บริษัท Cario Erba reagent SpA |
| 12. กรดอะซีติก                    | ยี่ห้อ Cario Erba reagent<br>บริษัท Cario Erba reagent SpA |
| 13. Antifoaming agent             | ยี่ห้อ Cario Erba reagent<br>บริษัท Cario Erba reagent SpA |

### 3.2 อุปกรณ์

#### 3.2.1 อุปกรณ์การทำแป้งข้าว

1. เครื่องบดหยาบ Hammer
2. เครื่องบดละเอียด Pinmill ยี่ห้อ Hosokawa Alpine, รุ่น ALPINE 160-Z, เยอรมัน
3. เครื่องเป่า
4. แปรงปิด

#### 3.2.2 อุปกรณ์การทำขนม

1. เตอบไฟฟ้า ยี่ห้อ SOUTHSTAR, รุ่น YXD-10A, จีน
2. เครื่องผสม ยี่ห้อ KitchenAid, รุ่น 5K5SS, สหรัฐอเมริกา
3. เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo, รุ่น PB3002-L, สวิตเซอร์แลนด์
4. อ่างผสม
5. หัวปั่นผสม(ตะกร้อ)
6. สเปคตุล่า
7. ที่ร่อนแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ถาด
9. ตะแกรง
10. แผ่นซิลิโคนรองอบ
11. ซ้อนตวง
12. พายพลาสติก
13. ถ้วยอลูมิเนียม

### 3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

- |   |   |
|---|---|
| 1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง             | ยี่ห้อ AND รุ่น GF-3000 , ญี่ปุ่น                   |
| 2. ตู้อบไฟฟ้า ( Hot air oven )              | ยี่ห้อ Binder, สหรัฐอเมริกา                         |
| 3. เครื่องวัด Aw                            | ยี่ห้อ Aqua Lab, รุ่น 3TE, สหรัฐอเมริกา             |
| 5. ตู้อบลมร้อน                              | ยี่ห้อ Memmert, เยอรมัน                             |
| 6. เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง             | ยี่ห้อ MettlerToledo, รุ่น PB3002-L, สวิตเซอร์แลนด์ |
| 7. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) | ยี่ห้อ Texture Analyzer รุ่น TAXT2i; อังกฤษ         |
| 8. เครื่องแก้ว                              |   |
| 9. โถดูดความชื้น (desiccator)               |   |
| 10. อะลูมิเนียมแผ่น                         |   |

## 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

### 3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมแป้งข้าว

ศึกษาสัดส่วนของแป้งข้าวไร้ชุ่มพร: แป้งข้าวสีนิล: แป้งข้าวกล้องงอกเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลี เริ่มจากการเตรียมแป้งข้าวจากข้าว 3 ชนิด คือ ข้าวสีนิล, ข้าวไร้ชุ่มพรและข้าวกล้องงอก ซึ่งเตรียมแป้งข้าวโดยการนำข้าวสีนิล ข้าวชุ่มพรและข้าวกล้องงอก มาบดด้วยวิธีบดแห้ง (dry milling) โดยใช้เครื่องบดหยาบ Hammer และนำไปบดละเอียดโดยใช้เครื่องบดแบบ pin mill โดยใช้ตะแกรงขนาด 120 เมช (รุ่น ALPINE 160-Z, Hosokawa Alpine, Germany) ก่อนจะบรรจุแป้งข้าวแต่ละชนิดที่ได้ลงในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (Polyethylene, PE) ที่ภาวะความดันบรรยากาศแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ดังตามภาคผนวก ก.1

### 3.3.2 ศึกษาสัดส่วนของแป้งข้าวไร้ชุ่มพรต่อแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งข้าวกล้องงอกที่เหมาะสม

ศึกษาสัดส่วนของแป้งข้าวไร้ชุ่มพรต่อแป้งข้าวสีนิลต่อแป้งข้าวกล้องงอกเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าโดยมีส่วนผสมหลักคือ แป้งข้าวสีนิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเท่านั้น เมื่อผู้ดูเห็นหน้าเว็บไซต์นี้เป็นการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลทราย เกลือ กลิ่น ไข่ขาว เนยสด น้ำมันคาร์บอนาร์และอัลมอนต์สไลด์ โดยใช้อัตราส่วนตาม ตารางที่ 3.1 แล้วผลิตตามภาคผนวก ก.2

ตารางที่ 3.1 ปริมาณแป้งข้าวเจ้าในการผลิตอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

สูตรที่	แป้งข้าวสาลี(กรัม)	แป้งข้าวกล้องงอก(กรัม)	แป้งข้าวไร้ชุมพร(กรัม)
1	10.00	10.00	5.00
2	10.00	15.00	5.00
3	10.00	10.00	10.00
4	10.00	15.00	10.00
5	10.00	8.60	7.50
6	10.00	16.40	7.50
7	10.00	12.50	3.60
8	10.00	12.50	11.40
9	10.00	12.50	7.50

จากนั้นนำตัวอย่างของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่ได้ จำนวน 9 สูตร มาวิเคราะห์คุณภาพทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อ สัมผัส และการยอมรับโดยรวม (Sensory test)วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อเลือกอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมจำนวน 35 ข้อมูล จำนวน 1 สูตร

3.3.3 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวด้านเนื้อสัมผัส

โดยการนำอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวจากข้อ 3.3.2 มาปรับโดยใช้ แขน แทนกัม ที่ปริมาณต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.20, 0.25 และ 0.30 เปอร์เซ็นต์ แล้วผลิตตามภาคผนวก ก.1

ตารางที่ 3.2 ปริมาณแขนแทนกัมที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตน

ส่วนผสม	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
แขนแทนกัม	0.20	0.25	0.30

จากนั้นนำตัวอย่างของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวที่ใช้ปริมาณแทนแทนกันที่แตกต่างกัน 3 ระดับ มาวิเคราะห์ข้อมูลของคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ผู้ทดสอบจำนวน 35 คน โดยวิธีการ Hedonic scale วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range test เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

### 3.3.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่ได้มา วิเคราะห์คุณภาพทางด้าน

3.3.3.1 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000), (ภาคผนวก ค.2)

3.3.3.2 ปริมาณน้ำอิสระ (AOAC, 2000), (ภาคผนวก ค.1)

3.3.3.3 ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000), (ภาคผนวก ค.5)

3.3.3.4 ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000), (ภาคผนวก ค.4)

3.3.3.5 ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000), (ภาคผนวก ค.3)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับวิเคราะห์ผลในข้อ 3.3.3 เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทางองค์ประกอบทางเคมีของอัลมอนต์กลูเตนบิสกิต ปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

### 3.3.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

ศึกษาอายุการเก็บรักษาของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าโดยการนำอัลมอนต์บิสกิตจากข้อ 3.3.3 ซึ่งจะบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ได้ใส่ในบรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะของอะลูมิเนียมฟอยล์ชนิดหนา ในสภาวะอุณหภูมิ  $45 \pm 2$  องศาเซลเซียส และ  $55 \pm 2$  องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 สัปดาห์และทุกๆสัปดาห์ จะนำมาวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้าน

3.3.4.1 วัดคุณภาพลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องมือ Texture analyzer และรายงานผลเป็นค่าความแข็ง (hardness)

3.3.4.2 วิเคราะห์ค่าไทโอบาร์บิทูริกแอซิดรีแอคทีฟซัพสแตนท์ (AOAC, 2000), (ภาคผนวก ค.7)

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 ผลของการศึกษาสูตรการผลิตอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

จากการศึกษาสูตรการผลิตอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าทั้ง 9 สูตร เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมและนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวม ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเมื่อสัดส่วนของแป้งข้าวเจ้าที่แตกต่างกัน 9 สูตร

สูตร	ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	สี <sup>ns</sup>	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
1	5.82±1.31	5.60±1.37	6.48±1.14 <sup>bc</sup>	5.65±1.66 <sup>a</sup>	6.05±1.13 <sup>b</sup>	6.14±1.26 <sup>ab</sup>
2	5.71±1.58	5.97±1.59	6.22±1.51 <sup>abc</sup>	6.57±1.24 <sup>b</sup>	6.05±1.78 <sup>b</sup>	6.34±1.39 <sup>b</sup>
3	5.37±1.39	5.48±1.44	6.08±1.40 <sup>ab</sup>	6.45±1.55 <sup>b</sup>	6.37±1.55 <sup>b</sup>	6.48±1.29 <sup>b</sup>
4	5.85±1.33	5.97±1.50	6.85±1.51 <sup>c</sup>	6.77±1.23 <sup>b</sup>	6.54±1.55 <sup>b</sup>	6.65±1.16 <sup>b</sup>
5	5.85±1.47	5.65±1.81	5.97±1.59 <sup>ab</sup>	6.54±1.50 <sup>b</sup>	5.91±1.77 <sup>b</sup>	6.05±1.53 <sup>ab</sup>
6	5.82±1.36	5.85±1.62	6.48±1.29 <sup>bc</sup>	6.54±1.72 <sup>b</sup>	6.22±1.69 <sup>b</sup>	6.48±1.48 <sup>b</sup>
7	6.11±1.30	5.94±1.34	6.85±1.14 <sup>c</sup>	6.60±1.49 <sup>b</sup>	6.54±1.55 <sup>b</sup>	6.68±1.25 <sup>b</sup>
8	6.17±0.98	6.00±1.21	5.60±1.57 <sup>a</sup>	5.65±1.55 <sup>a</sup>	5.08±1.46 <sup>a</sup>	5.51±1.48 <sup>a</sup>
9	5.82±1.70	5.34±1.45	6.20±1.58 <sup>abc</sup>	5.57±1.91 <sup>a</sup>	5.85±1.61 <sup>b</sup>	6.05±1.55 <sup>ab</sup>

หมายเหตุ : <sup>a-c</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $P < 0.05$ )

<sup>ns</sup> คือตัวอักษรที่กำกับในแนวตั้งเพื่อแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

สูตรที่ 1-9 ดูรายละเอียดในตารางที่ 3.1

จากการศึกษาสูตรที่ใช้ในการผลิตอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่แตกต่างกัน เพื่อหาสูตรที่เหมาะสม นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวม

ความชอบด้านลักษณะปรากฏและสี พบว่าสัดส่วนของปริมาณแป้งข้าวเจ้าแต่ละชนิดไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์แสดงว่าผู้ทดสอบมีความชอบด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์จะมีความแตกต่างกันอันเนื่องมาจากการใช้ปริมาณแป้งแต่ละชนิดที่ใช้ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบด้านเนื้อสัมผัส พบว่าอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตจากแป้งข้าวสีนิล:แป้งข้าวไร้ซุมพร:แป้งข้าวกล้องอก ที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในสัดส่วนที่ 10:10:15 จะได้รับความชอบสูงสุดจากผู้ทดสอบชิม แต่ผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของแป้งชนิดใดชนิดหนึ่งในสัดส่วนที่สูงกว่า แป้งชนิดอื่นจะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความชอบน้อยลง นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้แป้งชนิดใดชนิดหนึ่งมากขึ้นทำให้เนื้อสัมผัสมีความแตกต่างกันไม่มากนัก ทำให้ความชอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ( $P>0.05$ ) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสัดส่วนของแป้งข้าวไร้ซุมพรมีปริมาณของอะไมโลเพกตินอยู่สูงจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่มีความเหนียว

ความชอบด้านรสชาติ พบว่าอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตจากแป้งข้าวสีนิล: แป้งข้าวไร้ซุมพร: แป้งข้าวกล้องอก ในปริมาณสัดส่วนที่มีใกล้เคียงกัน จะได้รับความชอบจากผู้ทดสอบสูงสุด แต่ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งข้าวแต่ละชนิดในสัดส่วนที่สูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความชอบน้อยลงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\leq 0.05$ )

ความชอบโดยรวม พบว่าอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตจากแป้งข้าวสีนิล: แป้งข้าวไร้ซุมพร: แป้งข้าวกล้องอก ในปริมาณสัดส่วนที่มีใกล้เคียงกัน จะได้รับความชอบจากผู้ทดสอบสูงสุด แต่ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งชนิดใดชนิดหนึ่งมากขึ้นหรือน้อยลงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความชอบน้อยลงมีความชอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ( $P>0.05$ )

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตจากแป้งข้าวสีนิล: แป้งข้าวไร้ซุมพร: แป้งข้าวกล้องอก ที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีสูตรที่ 4 จากตารางที่ 4.1 ในสัดส่วน 10:10:15 เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากได้รับความชอบมากที่สุดจากผู้ทดสอบทั้งทางด้านเนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ซึ่งมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำไปพัฒนาหรือปรับปรุงคุณภาพให้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่ ปริมาณแชนแทนกัมที่ต่างกัน

แชน- แทนกัม (เปอร์เซ็นต์)	ลักษณะ ปรากฏ <sup>ns</sup>	สี <sup>ns</sup>	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ <sup>ns</sup>	ความชอบ โดยรวม <sup>ns</sup>
0.20	6.28±1.34	5.91±1.68	6.45±1.22 <sup>b</sup>	5.62±1.49 <sup>a</sup>	6.14±1.26	6.34±1.13
0.25	6.25±1.59	6.08±1.78	6.54±1.31 <sup>b</sup>	6.85±1.68 <sup>b</sup>	6.62±1.43	6.82±1.22
0.30	5.82±1.54	5.85±1.68	5.80±1.49 <sup>a</sup>	6.80±1.30 <sup>b</sup>	6.25±1.68	6.54±1.44

หมายเหตุ : <sup>a-b</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $P < 0.05$ )

<sup>ns</sup> คือตัวอักษรที่กำกับในแนวตั้งเพื่อแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

จากการทดสอบผลิตภัณฑ์ในตารางที่ 4.1 ผู้ทดสอบได้มีข้อเสนอแนะว่า เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในขณะนั้นยังมีลักษณะ แข็ง เหนียว ใช้แรงในการกัดสูง และมีการแยกชั้นของแป้งข้าวเจ้า ดังนั้นจึงมีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านเนื้อสัมผัสเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นกว่าเดิม จึงมีการศึกษาปริมาณแชนแทนกัมที่แตกต่างกันคือ 0.20, 0.25 และ 0.30 เปอร์เซ็นต์ และนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบ โดยรวม ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ความชอบด้านลักษณะปรากฏ พบว่าอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่ ปริมาณแชนแทนกัมแตกต่างกันทำให้ความชอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $P > 0.05$ ) อาจเป็นผลเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบของแป้งข้าวสาลี ที่ให้สีม่วงดำแก่ผลิตภัณฑ์และมีลักษณะแผ่นบาง

ความชอบด้านสี พบว่าอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่ปริมาณแชนแทนกัมแตกต่างกันทำให้ความชอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $P > 0.05$ ) อาจเป็นผลเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบของแป้งข้าวสาลี ที่ให้สีม่วงดำแก่ผลิตภัณฑ์

ความชอบด้านกลิ่น พบว่าอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่ปริมาณแชนแทนกัมแตกต่างกัน ซึ่งแชนแทนกัมเป็นสารยึดเกาะจึงส่งผลให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ( $P > 0.05$ ) ยกเว้นอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่มีการใช้แชนแทนกัม 0.30 เปอร์เซ็นต์ มีความชอบน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนที่ปริมาณแชนแทนกัมที่ 0.20 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบด้านเนื้อสัมผัส พบว่าอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณ แชนแทนกัมแตกต่างกันพบว่าค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์จากการทดสอบชิมมีความแตกต่างกันอย่าง ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ ( $P>0.05$ ) ยกเว้นยกเว้นอัลมอนต์บิสกิตปราศจาก กลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่มีการใช้แชนแทนกัม 0.20 เปอร์เซนต์ มีความชอบด้านเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด

ความชอบโดยรวม พบว่าอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณแชนแทนกัมแตกต่างกันพบว่าความชอบของผู้ทดสอบชิมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความ เชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ( $P>0.05$ )

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่ใช้แชนแทนกัมปริมาณ 0.25 เปอร์เซนต์ เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการทำอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า เนื่องจากได้รับความชอบมากที่สุดจากผู้ทดสอบทั้งทางด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ซึ่งมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำไปพัฒนาหรือปรับปรุงคุณภาพให้ดียิ่งขึ้น

#### 4.2 ผลของการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าว

จากผลการวิเคราะห์การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้ง ข้าวในตารางที่ 4.2 นำมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โดยเก็บในสถานะ อุณหภูมิห้องที่  $30\pm 2$  องศาเซลเซียส

#### ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์	ปริมาณ(เปอร์เซนต์)
	อัลมอนต์บิสกิต ปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า
คาร์โบไฮเดรต	71.98 $\pm$ 0.53
โปรตีน	2.37 $\pm$ 0.14
ไขมัน	20.03 $\pm$ 1.14
เถ้า	3.03 $\pm$ 0.02
ความชื้น	2.56 $\pm$ 0.05
Water Activity	0.27 $\pm$ 0.06

จากตารางที่ 4.3 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้ง ข้าวเจ้าที่ทำการวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้นและ Water Activity เท่ากับ 71.98, 2.37, 20.03, 3.03, 2.56 และ 0.27 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ซึ่งมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวโน้มสอดคล้องกันกับองค์ประกอบทางเคมีของอัลมอนต์บิสกิตที่มีปริมาณความชื้น 2.87 เปอร์เซ็นต์ และค่า Water Activity 0.30 เปอร์เซ็นต์ (พิพัฒน์และศุภกิจ, 2557)

#### 4.3 ผลของการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

อัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้ามาเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ชนิดหนา ในสภาวะอุณหภูมิแห้งที่ 45 และ 55 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทุกสัปดาห์จะสุ่มตัวอย่างที่เก็บไว้มา ตรวจสอบด้านคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมี

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าไทโอบาร์บิทูริกแอซิดรีแอคทีฟที่ฟซ์แปดต้นที่สภาวะเร่งระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา(สัปดาห์)	ค่าไทโอบาร์บิทูริกแอซิดรีแอคทีฟที่ฟซ์แปดต้นที่ (mg malonaldehyde/kg)	
	45 องศาเซลเซียส	55 องศาเซลเซียส
0	5.09±0.14 <sup>a</sup>	5.09±0.14 <sup>a</sup>
1	5.11±0.10 <sup>a</sup>	5.15±0.49 <sup>a</sup>
2	5.15±0.54 <sup>a</sup>	5.41±0.56 <sup>a</sup>
3	5.88±1.28 <sup>b</sup>	5.50±0.94 <sup>b</sup>
4	6.39±0.14 <sup>c</sup>	5.90±0.14 <sup>c</sup>

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $P \leq 0.05$ )

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าไทโอบาร์บิทูริกแอซิดรีแอคทีฟที่ฟซ์แปดต้นที่สภาวะเร่งระหว่างการเก็บรักษาของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าโดยการหาค่าไทโอบาร์บิทูริกแอซิดรีแอคทีฟที่ฟซ์แปดต้นที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 45 และ 55 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 45 และ 55 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าไทโอบาร์บิทูริกแอซิดรีแอคทีฟที่ฟซ์แปดต้นเพิ่มขึ้น ซึ่งในช่วงสัปดาห์ที่ 0-2 ของทั้งสองสภาวะเร่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) และสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างจากสัปดาห์ที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่  
สภาวะเร่งระหว่างการเก็บรักษา**

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่าความแข็ง(N) ที่สภาวะเร่ง	
	45 องศาเซลเซียส	55 องศาเซลเซียส
0	244.34±190.71 <sup>a</sup>	244.34±190.71 <sup>a</sup>
1	307.83±96.45 <sup>a</sup>	490.51±135.72 <sup>b</sup>
2	570.91±86.80 <sup>b</sup>	585.36±97.04 <sup>bc</sup>
3	844.82±144.41 <sup>c</sup>	731.90±196.41 <sup>c</sup>
4	1525.70±442.90 <sup>d</sup>	917.75±215.43 <sup>d</sup>

หมายเหตุ : <sup>a-d</sup> ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่สภาวะเร่งระหว่างการเก็บรักษาโดยการวัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เก็บที่อุณหภูมิการเก็บรักษาแตกต่างกันคือ 45 และ 55 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความแข็งของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยสัปดาห์แรกในการเก็บรักษาพบว่าแรงที่ใช้ในการกดน้อย แสดงว่าอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้ามีความกรอบมาก แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มมากขึ้นทำให้แรงที่ใช้ในการกดมากขึ้น แสดงว่าอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้ามีความกรอบลดน้อยลง

**4.4 ผลการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าในสภาวะเร่ง**

**4.4.1 ผลการประเมินอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่งโดยใช้ปฏิกิริยาทางจลนพลศาสตร์**

นำผลิตภัณฑ์อัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่เติมแซนแทนกัม 0.25% มาประเมินอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่งโดยเก็บในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส แล้วเก็บข้อมูลเป็นค่าไทโอบาร์บิฟูริกแอสซิดรีแอคทีฟที่ฟซ์ปแสดนท์ ซึ่งเป็นดัชนีวัดที่แสดงถึงคุณภาพการเสื่อมเสียด้านเคมี โดยเก็บข้อมูลทุกๆสัปดาห์ ได้ผลดังตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8 ตามลำดับ

เมื่อนำข้อมูลมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าไทโอบาร์บิฟูริกแอสซิดรีแอคทีฟที่ฟซ์ปแสดนท์กับเวลาเพื่อหาอันดับของปฏิกิริยา ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสร้างกราฟความสัมพันธ์พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าไทโอบาร์บิฟูริกแอสซิดรีแอคทีฟที่ฟซ์ปแสดนท์กับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่าง  $\ln$  ค่าไทโอบาร์บิฟูริกแอสซิดรีแอคทีฟที่ฟซ์ปแสดนท์

กับระยะเวลาการเก็บรักษา (t) มีค่า  $R^2$  สูงสุด (ภาพที่ 4.1) จึงเลือกใช้ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งคำนวณดังนี้

จากสมการปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง

$$-\ln (Ca/Ca_0) = kt$$

แทนค่าจะได้

$$\ln (7.64/5.0934) = -0.0597t$$

$$t = 6.79$$

จากการคำนวณหาระยะเวลาการเก็บรักษาของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้ 6.79 สัปดาห์

**ตารางที่ 4.6** การคำนวณค่าไทโอบาร์บิทริคแอซิดรีแอกทีฟซัพสแตนต์ในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

เวลา(สัปดาห์)	Ca	$-\ln(Ca/Ca_0)$	$(1/Ca)-(1/Ca_0)$
0	5.09	0	0
1	5.11	-0.03	-0.06
2	5.15	-0.01	-0.02
3	5.88	-0.14	-0.02
4	6.39	-0.22	-0.03

จากกราฟปฏิกิริยาอันดับหนึ่งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่ามีค่า  $R^2$  สูงกว่าปฏิกิริยาอันดับศูนย์และปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสร้างกราฟความสัมพันธ์พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าไทโอบาร์บิทริคแอซิดรีแอกทีฟซัพสแตนต์กับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่าง  $\ln$  ค่าไทโอบาร์บิทริคแอซิดรีแอกทีฟซัพสแตนต์กับระยะเวลาการเก็บรักษา (t) มีค่า  $R^2$  สูงสุด (ภาพที่ 4.2) จึงเลือกใช้ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งคำนวณดังนี้

จากสมการปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง

$$-\ln (Ca/Ca_0) = kt$$

แทนค่าจะได้

$$-\ln (7.64/5.09) = -0.03t$$

$$t = 11.29$$

จากการคำนวณหาระยะเวลาการเก็บอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้ 11.29 สัปดาห์

#### ตารางที่ 4.7 การคำนวณค่าไทโอบาร์บิทรिकแอสิดรีแอคทีฟซ์ปัสเตนทีในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ

55 องศาเซลเซียส

เวลา(สัปดาห์)	Ca	$-\ln(\text{Ca}/\text{Ca}_0)$	$(1/\text{Ca})-(1/\text{Ca}_0)$
0	5.09	0	0
1	5.15	-0.01	-0.02
2	5.41	-0.06	-0.01
3	5.50	-0.07	-0.01
4	5.90	-0.14	-0.02

#### 4.4.2 ผลการประเมินอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่งโดยใช้ Q10

นำอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่เติมแซนแทนกัม 0.25 เปอร์เซ็นต์ มาประเมินอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่งโดยเก็บในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส แล้วเก็บข้อมูลเป็นค่าไทโอบาร์บิทรिकแอสิดรีแอคทีฟซ์ปัสเตนที ซึ่งเป็นดัชนีวัดที่แสดงถึงคุณภาพการเสื่อมเสียด้านเคมี โดยเก็บข้อมูลทุกๆสัปดาห์ ได้ผลดังตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7 ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าไทโอบาร์บิทรिकแอสิดรีแอคทีฟซ์ปัสเตนทีของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส นำค่า  $R^2$  ของทั้งสองค่ามาไต่ยังสมการ ซึ่งค่า  $R^2$  ของค่าไทโอบาร์บิทรिकแอสิดรีแอคทีฟซ์ปัสเตนทีที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสเท่ากับ 0.8275 และ  $R^2$  ของค่าไทโอบาร์บิทรिकแอสิดรีแอคทีฟซ์ปัสเตนทีที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเท่ากับ 0.9284

$$Q_{10} (\Delta T/10) = k_{T2} / k_{T1} = 0.9284/0.8275 = 1.1219$$

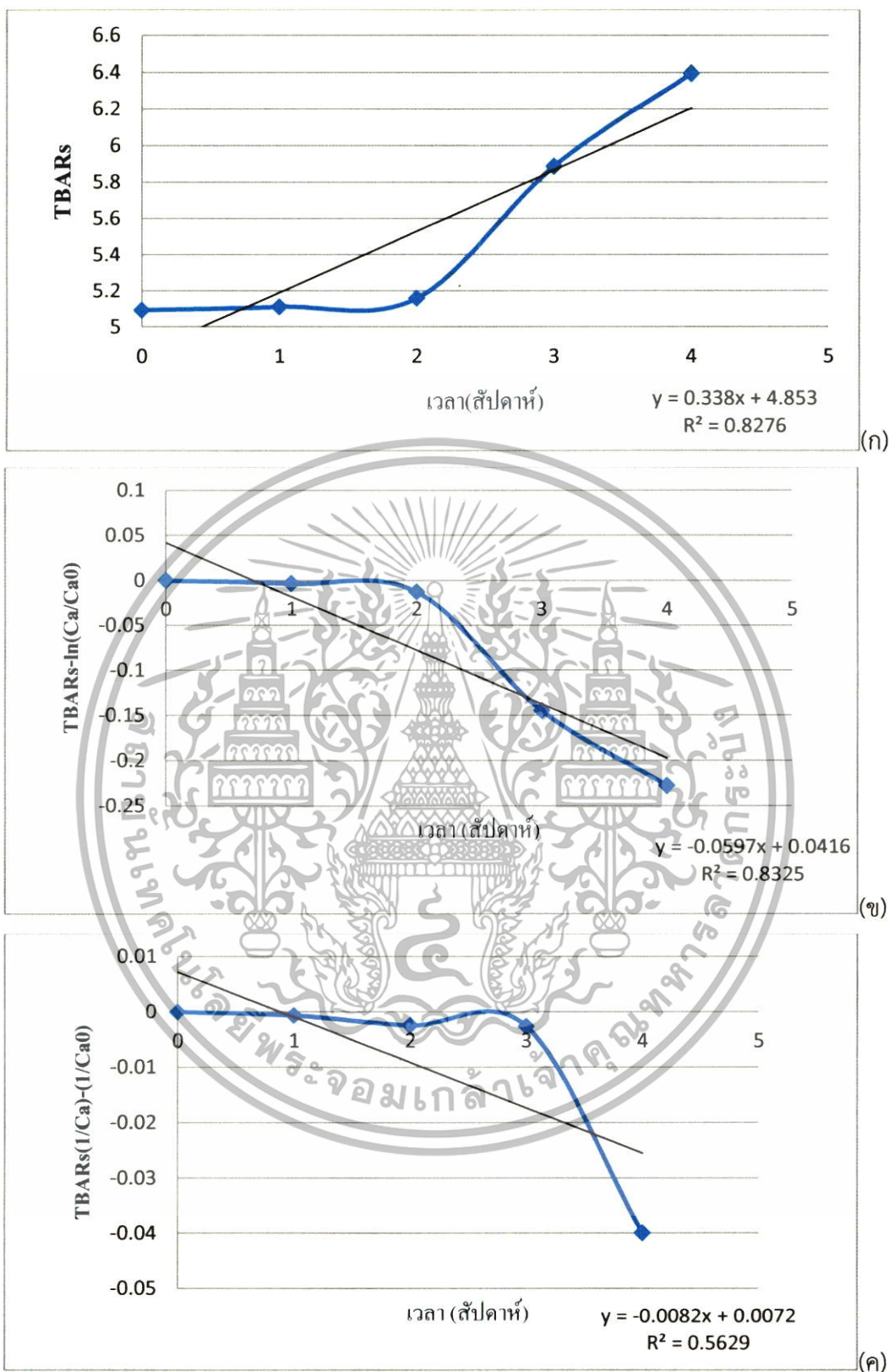
$$AAR = Q_{10}^{((AAT - AT)/10)} = 1.1219^1$$

$$AATD = DRTA/AAR$$

$$= 365/1.1219$$

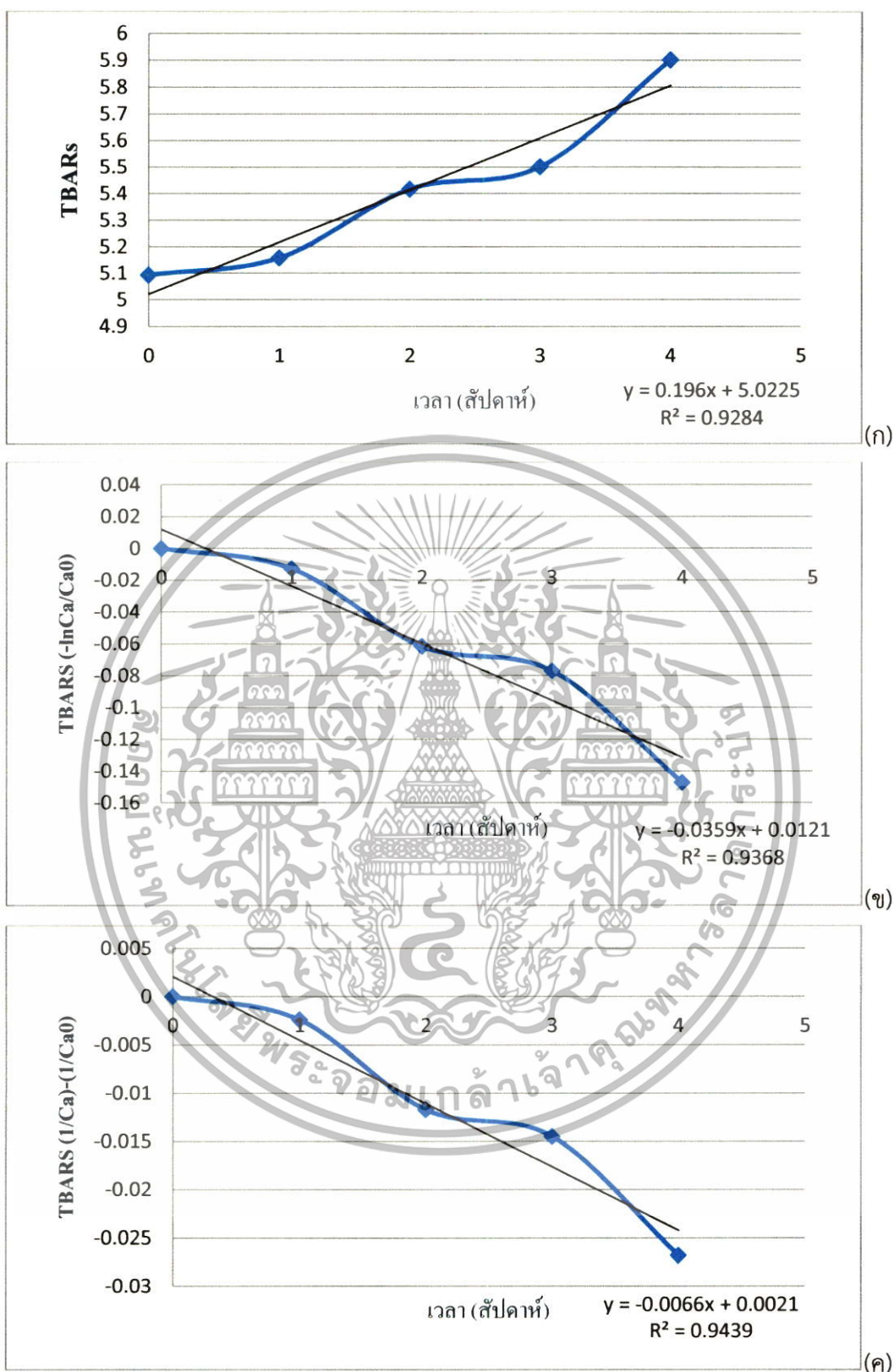
$$= 325.34 \text{ วัน}$$

เมื่อทำนายอายุการเก็บรักษาอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่าอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าสามารถเก็บได้นาน 325.34 วัน



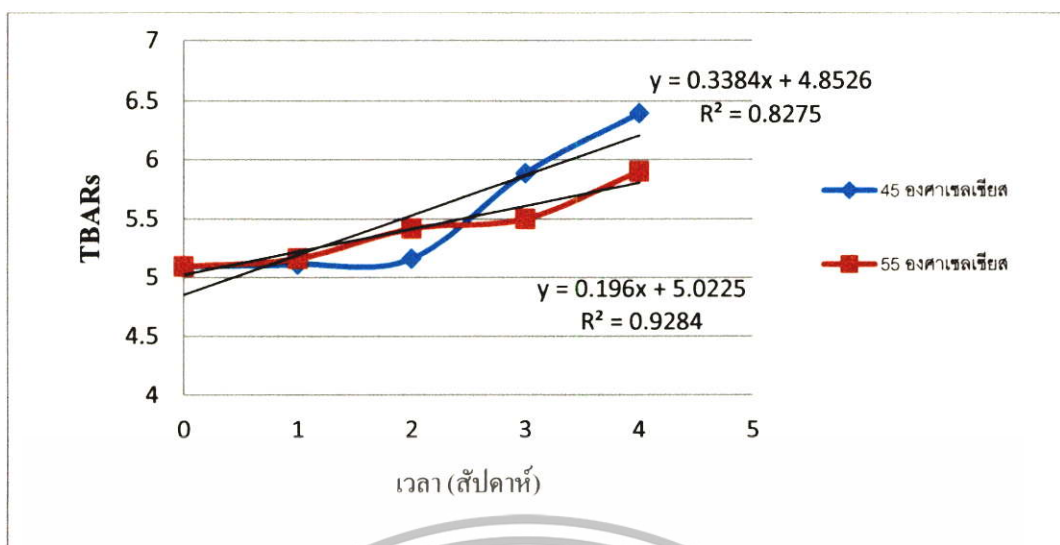
ภาพที่ 4.1 แสดงปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ก) ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (ข) และปฏิกิริยาอันดับสอง (ค) เมื่อเก็บอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ปฏิกริยาอันดับศูนย์ (ก) ปฏิกริยาอันดับหนึ่ง (ข) และปฏิกริยาอันดับสอง (ค) เมื่อเก็บ อัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าไทโอบาร์บิฟูริกแอซิดรีแอกทีฟที่เพิ่มขึ้นแสดงของอัลมอนด์บิสกิต  
ปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สัตว์ส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวสาลีและแป้งข้าวไร้ซุมพระ:แป้งข้าวกล้องอก ที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 10:10:15

5.1.2 การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ปริมาณแซนแทนกัม (Xanthan gum) ที่เหมาะสมคือ 0.25 เปอร์เซ็นต์

5.1.3 การศึกษาการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าสามารถเก็บได้นาน 325.34 วัน

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ เพื่อให้อัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวมีอายุการเก็บที่นานขึ้น

5.2.2 ควรศึกษาการใช้สารแอนติออกซิแดนท์ในอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าเพื่อให้มีลักษณะปรากฏด้านเนื้อสัมผัสที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2557. ข่าว. กรุงเทพฯ: กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ  
กัลยาณี เต็งพงศธร. 2558. การคำนวณอายุการเก็บรักษา. คณะอุตสาหกรรมเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จิตเกษม คุระวรรณ. 2558. มารูจักอัลมอนต์กันเถอะ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:  
<http://tonmaibaiya.blogspot.com/2013/05/blog-post.html>
- ชูไฮลา บินเจ๊ะมิง. 2558. ข้อดีของข้าวกล้อง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:  
<http://www.student.chula.ac.th/~53373104/page3.htm>
- ศุภฎี อุตภาพ. 2558. สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรต-ไฮโดรคาร์บอนและการประยุกต์ใช้ใน  
อุตสาหกรรม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:  
<http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter4.html>
- เดลินิวส์. 2558. ข้าวไรซ์ชุมพร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้  
จาก:<http://www.dailynews.co.th/Content/Article/41601/>
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2556. “การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก  
<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0524/texture-analysis>  
การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2558. อัลมอนต์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://th.wikipedia.org/wiki/>.
- วิชาการ.คอม. 2558. อัลมอนต์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:  
<http://www.vcharkarn.com/vblog/48282/>
- วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2556. โรคแพ้อาหาร ความสำคัญของอาหารปราศจากกลูเตน. หน้า 16-20. ใน  
วารสารสถาบันค้นคว้าและพัฒนาอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เล่มที่ 43. กรุงเทพฯ:  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วีรลพัชร อินยาวิลิต. 2558. ข้าวกล้องงอก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:  
<https://beerly.wordpress.com>.
- ศรัณย์ เผ่าเสถียรพันธ์. 2012. Shelf-life of food product. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:  
<http://teegof.exteen.com/20120226/entry>
- สินิลไรซ์. 2558 ข้าวสินิล. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.sininrice.com/insight.html>
- สมชาย เทพาดิเทพพันธ์. 2556. ประเภทของแป้งข้าวเจ้า. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้  
จาก:<http://knowledgeofhealthy.blogspot.com/2013/03/rice-flour.html>. 7  
March 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมาคมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ ณ นครซิดนีย์. 2557.อาหารปลอดกลูเตน.วารสาร Open House ฉบับเดือนมีนาคม.2557.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส). 2558. ประโยชน์ของอัลมอนด์.

[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:<http://www.greenald.com/อาหารเพื่อสุขภาพ/อัลมอนด์>

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส).2558. สัญญาณเตือนที่ต้องรู้ว่าคุณ

แพ้กลูเตน.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก:<http://www.thaihealth.or.th/Content/27487>

Ahmad Z. 2010. The uses and properties of almond oil. Complementary Therapies in Clinical Practice. 16 :10–12

Arora, A., Kaur, M., Sandhu, K.S. and Sharma, A. 2014. Gluten free biscuits prepare from buckwheat

Flour by incorporation of various gums:Physicochemical and sensory properties.Food Science and Technology. 2014: 1-5

Baxter, G., Blanchard, C. and Zhao, J. 2014. Effects of glutelin and globulin on the physicochemical Properties of rice starch and flour.Journal of Cereal Science.xxx: 1-7

DAILY BLOG. 2558. กลูเตน.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก:<https://suggsupp.wordpress.com/gluten>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

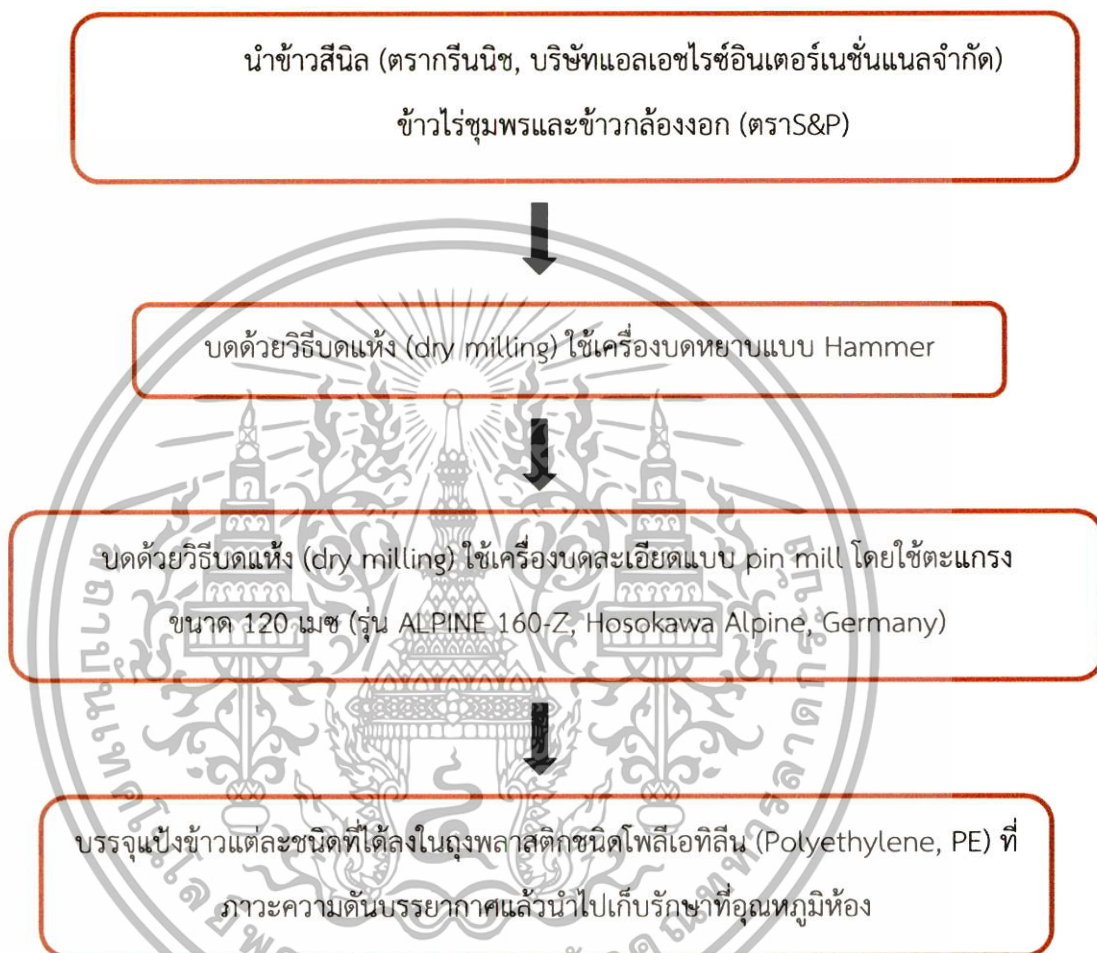


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

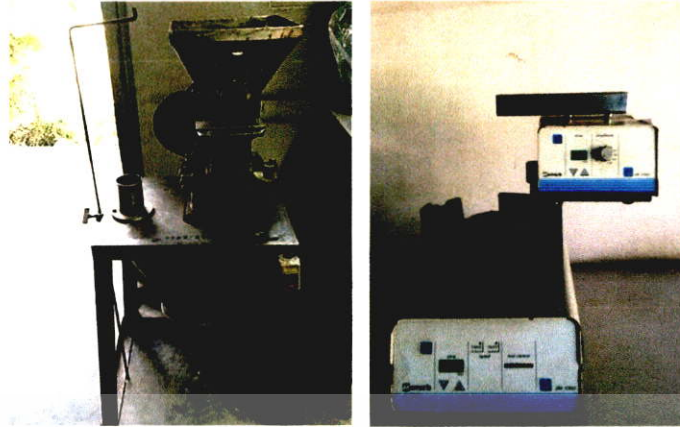
## ภาคผนวก ก

### ขั้นตอนและวิธีการทำ

#### ก.1 ขั้นตอนการเตรียมแป้งข้าว (ข้าวสีนิล, ข้าวไรซ์ชุมพร, ข้าวกล้องงอก)



ภาพที่ ก.1.1 ขั้นตอนการเตรียมแป้งข้าว (ข้าวสีนิล, ข้าวไรซ์ชุมพร, ข้าวกล้องงอก)



ภาพที่ ก.1.2 เครื่องบดหยาบแบบ Hammer และ เครื่องบดละเอียดแบบ pin mill  
(รุ่น ALPINE 160-Z, Hosokawa Alpine, Germany)

## ก.2 วิธีการทำอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าว

นำเนยที่ละลายแล้วตีรวมผสมกับน้ำตาล แล้วตีผสมในอ่างผสมด้วยความเร็วระดับปานกลาง (ให้เนยกับน้ำตาลละลายเข้ากัน)

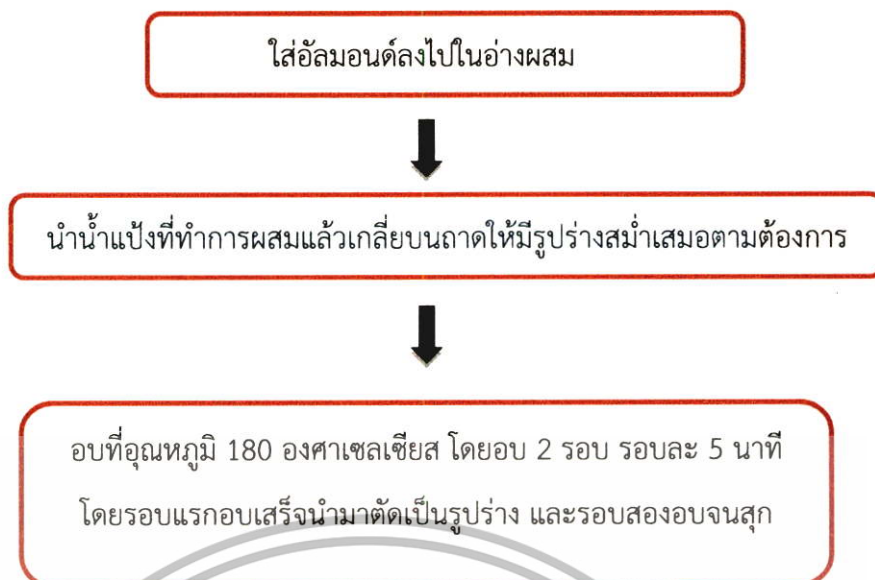
เติมไข่ขาวลงไปตีผสม

เติมเกลือและกลิ่นแล้วตีผสมให้เข้ากัน

เติมแป้งข้าวสาลี แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่ร่อนแล้วเข้าด้วยกัน  
(ความเร็วระดับปานกลาง)

พักน้ำแป้งที่ทำการผสมแล้วไว้ 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.2 วิธีการทำอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

#### ข.1 การวัดเนื้อสัมผัส (texture)



ภาพที่ ข.1 เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i

#### วิธีการใช้เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์คลิกที่โปรแกรม Texture Expert
2. คลิก TA เลือกคำสั่ง TA setting กรอกรหัสต่างๆดังนี้
 

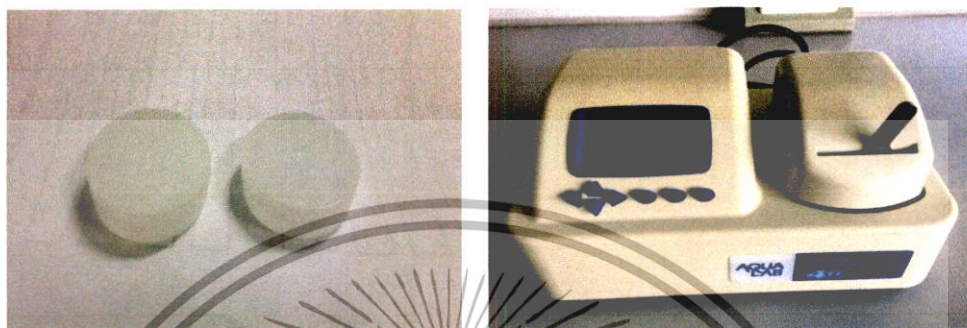
Mode :	Measure Force in Compression
Option:	Return to start
Pre-Test speed:	1.0 mm/s
Test Speed:	1.0 mm
Post - Test Speed:	10 mm
Distance:	3. mm
Trigger Type:	Auto
3. คลิก TA เลือกคำสั่ง Calibrata Force (ยังไม่ต่อหัววัดและฐาน) วางตุ้มน้ำหนัก 5 กิโลกรัม  
คลิก OK เอาตุ้มน้ำหนักออกคลิก OK อีกครั้ง
4. ติดตั้งหัววัดกดทดสอบ(p0.25s) และฐานให้เรียบร้อย คลิก TA เลือกคำสั่ง Calibrate Probe
5. คลิก TA เลือกคำสั่ง Run a Test จะได้กราฟออกมา
6. เมื่อได้กราฟค่า Max Force โดยเลือกคำสั่ง Go To เลือก Max Force จะได้ค่า Max Force
7. เลือกคำสั่ง Go To เลือกคำสั่ง Process Data เลือกคำสั่ง Mark Force จะได้จุดที่แสดงถึงค่าสูงสุดบนกราฟจากนั้นทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค

### การวิเคราะห์ทางเคมี

#### ค.1 การหาปริมาณน้ำอิสระ (Water activity , Aw)



ภาพที่ ค.1 ตลับใส่ และเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ

#### อุปกรณ์

1. เครื่อง Aw
2. ตลับใส่ และฝา
3. ชุดทำความสะอาด

#### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าผงประมาณ 3 กรัม
2. ใส่ลงในตลับพลาสติกสำหรับวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ
3. นำใส่ช่องสำหรับวัดตัวอย่างในเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ กำหนดอุณหภูมิของการวัดเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส
4. รอจนเครื่องส่งสัญญาณ แล้วจึงบันทึกค่าปริมาณน้ำอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค.2 การหาปริมาณความชื้น (Moisture Content) (AOAC,2011)



ภาพที่ ค.2 ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture can)

### อุปกรณ์

1. ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture can)
2. ตู้อบไฟฟ้า (hot air oven)
3. โถดูดความชื้น (desiccator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

### วิธีการ

นำ อะลูมิเนียมแคน อบที่ 105 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบ ใส่โถดูดความชื้น (desiccator) ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักแน่นอน ( 4 ตำแหน่ง)

1. นำอัลมอนต์ปัสติลปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าชั่งน้ำหนักที่บดละเอียดแล้ว 3.0000 กรัม (ทำ3ซ้ำ)

นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝา อะลูมิเนียมแคน เมื่อครบเวลา ปิดฝา นำมาทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก

2. อบซ้ำอีกครั้งๆละ ½ ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ หรือผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้งต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.003-0.005 กรัม

3. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์) =

$$\frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ค.3 การหาปริมาณไขมัน (crude fat)



ภาพที่ ค.3 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

#### อุปกรณ์

1. ตู้อบไฟฟ้า (hot air oven) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้
2. เครื่องสกัดไขมันแบบ Soxhlet apparatus พร้อมทิมเบล และบิกเกอร์ไขมัน
3. ตัวอย่างอาหาร
4. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
5. ที่คีบ (Tong)
6. Boiling chip จำนวน 2 เม็ด
7. โถดูดความชื้น (desiccator)

#### สารเคมี

1. ปีโตรเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส

#### วิธีการ

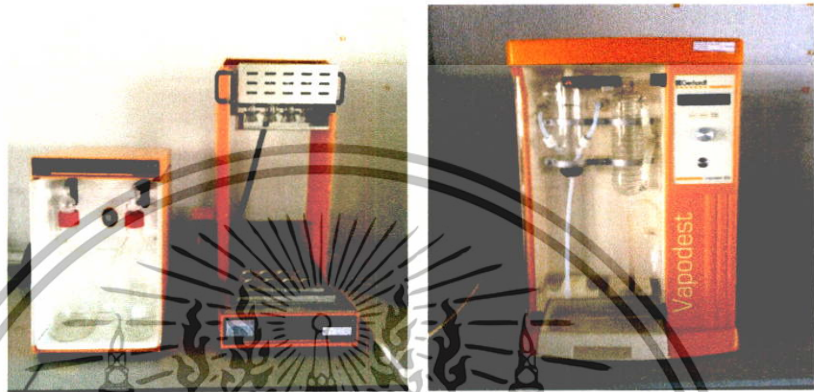
1. อบบิกเกอร์ไขมันพร้อมกับ boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. ชั่งน้ำหนักบิกเกอร์สกัดไขมัน แล้วจมน้ำหนักที่แน่นอนไว้ด้วย
3. ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 5-10 กรัม (จมน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ทิมเบล (thimble)
4. เติมปีโตรเลียมอีเทอร์ลงในบิกเกอร์สกัดไขมัน 150 มิลลิลิตร. จากนั้นนำทิมเบลใส่ลงไป
5. วางบิกเกอร์สกัดไขมันลงในเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดประมาณ 2 ชั่วโมง
6. แยกเอาบิกเกอร์ออกจากเครื่องสกัดแล้วใช้คีบทิมเบลที่ใส่ตัวอย่างอาหารออกจากบิกเกอร์
7. นำบิกเกอร์ไประเหยเอาปีโตรเลียมอีเทอร์ออก แล้วอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนกว่าตัวทำละลายจะระเหยหมด จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 8. คำนวณหาปริมาณไขมัน

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักไขมัน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างอาหาร}} \times 100$$

## ค.4 การหาปริมาณโปรตีน (crude protein)



ภาพที่ ค.4 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

## อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การย่อย
2. อุปกรณ์การกลั่น
3. อุปกรณ์การไตเตรท

## สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารละลาย NaOH 40 เปอร์เซ็นต์
3. สารละลายบอริก  $H_3BO_3$  2 เปอร์เซ็นต์
4. Catalyst (ตัวเร่งปฏิกิริยา) ประกอบด้วย  $K_2SO_4$  98 เปอร์เซ็นต์ และ  $CuSO_4$  2 เปอร์เซ็นต์
5. สารละลายอินดิเคเตอร์ Methyl red , Methyl blue
6. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N

## วิธีการ

## เตรียมตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างมาประมาณ 0.1–5 กรัม อย่างละเอียดใส่ลงในหลอดย่อย
2. ใส่ catalyst ประมาณ 7-10 กรัม
3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ลงไปประมาณ 15–25 มิลลิลิตร แล้วเขย่าเบาๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การย่อย

1. เปิดเครื่องย่อย แล้วตั้งหลอดย่อยในเครื่อง สวมเครื่องดักจับไอกรดลงบนส่วนบนของหลอดย่อย และเปิด Power ของเครื่องดักจับไอกรด โดยทำการย่อยในตู้ดูดควัน
2. กดปุ่ม Start ที่เครื่องย่อย เมื่ออุณหภูมิได้ 420 องศาเซลเซียสแล้วเครื่องจะทำการย่อยต่อไปอีก 1 ชั่วโมง จนตัวอย่างเป็นสารละลายสีเขียวใส (หากเมื่อครบ 1 ชั่วโมงแล้วยังไม่เป็นสีเขียวใสให้ทำการย่อยต่อ)
3. ยกหลอดย่อยออกมาตั้งพักไว้ให้เย็น
4. ปิด Power เครื่องย่อย แต่ยังคงเปิดเครื่องดักจับไอกรดไว้เพื่อดักจับไอกรดที่ยังคง

### เหลืออยู่

#### การกลั่น

1. เปิด Power เครื่องหล่อเย็น แล้วเปิดเครื่องกลั่นทำการล้างระบบด้วยการล้างน้ำกลั่น
2. ตวงกรดบอริก 4 เปอร์เซ็นต์ 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร พร้อมหยดอินดิเคเตอร์ ซึ่งจะช่วยให้กลายเป็นสารละลายสีแดงออกชมพู
3. นำหลอดย่อยประกอบเข้ากับเครื่องกลั่น และวางไว้บน Platform ให้แท่งแก้วจุ่มอยู่ใต้กรดบอริก
4. ปิด Safety door ลง เครื่องกลั่นจะทำการกลั่นเป็นเวลาประมาณ 4 นาที
5. เมื่อกลั่นเสร็จแล้ว เอาขวดรูปชมพู่ และหลอดย่อยออกจากเครื่อง
6. นำสารละลายในขวดรูปชมพู่ไปไทเทรตกับสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N จนได้สารละลายเป็นสีชมพูอ่อน
7. คำนวณผลการวิเคราะห์ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{14 \times (v_1 - v_2) \times \text{Normality of HCL (mol / L)} \times 100}{\text{Weight of Sample (g)} \times 1000}$$

เมื่อ  $v_1$  = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรตตัวอย่าง

$v_2$  = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรต blank

เปอร์เซ็นต์โปรตีน = เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน X conversion factor

เมื่อ Conversion factor = 6.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค.5 การหาปริมาณเถ้า (Ash)



ภาพที่ ค.5 ถ้วยกระเบื้องและเตาเผาไฟฟ้าที่ควบคุมได้

### อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. ถ้วยกระเบื้อง(crucible)
3. เตาเผาไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้(furnace muffle)
4. Hot plate
5. ที่คีบ(Tong)

### วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า
2. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 3-5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง
3. เผาตัวอย่างบน hot plate (ทำในตู้ดูดควัน) จนหมดควัน
4. นำไปเผาที่ 600 องศาเซลเซียส นาน 8-10 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างเป็นสีขาวหรือสีเทา
5. คีบถ้วยกระเบื้องจากเตาเผา ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องหลังเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค.6 การวิเคราะห์ค่า thiobabituric acid number (TBA)



ภาพที่ ค.6 ชุดเครื่องกลั่นและเครื่อง Spectrophotometer

### อุปกรณ์

1. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
2. ปิเปตขนาด 5 มิลลิลิตร
3. หลอดทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10-15 มิลลิเมตร
4. ชุดเครื่องกลั่น
5. เครื่องบดตัวอย่าง
6. Spectrophotometer พร้อม Glass cell ขนาด 10 nm.
7. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

### สารเคมี

1. TBA reagent : เตรียมได้จากการละลาย 2-thiobarbituric acid 0.2883 กรัม ในกรดอะซิติก 90 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 100 มิลลิลิตร ทั้งสารละลายนี้ไว้ค้างคืน กรองเพื่อเอาส่วนที่ไม่ละลายออกแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยกรดอะซิติก 90 เปอร์เซ็นต์
2. HCL acid 4 N. : ปิเปต 37 เปอร์เซ็นต์ กรดไฮโดรคลอริก 33.06 มิลลิลิตร ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
3. Anyifoaming agent : เจือจาง antifoaming agent ด้วยน้ำ ในอัตราส่วน antifoaming agent : น้ำ เท่ากับ 1:5

### วิธีการ (วิธีการกลั่น recovery 60 เปอร์เซ็นต์)

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักที่บดละเอียดอย่างละเอียด 10 กรัม ลงในขวดกลั่น เติมน้ำกลั่น 97.5 มิลลิลิตร และเติมกรดไฮโดรคลอริก 4 N. ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร (ในกรณีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีการเติมไนไตรท์ ให้เติมกรดไฮโดรคลอริก 4 N. ปริมาณ 1.0 มิลลิลิตร และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เติมสารละลายซัลฟานิลลาไมด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ละลายในกรดไฮโดรคลอริก 20 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1.5 มิลลิลิตร)
- เติม glass bead 2-3 เม็ด และ antifoaming agent 0.5 มิลลิลิตร นำไปต่อเข้ากับชุดกลั่น กลั่นให้ได้ส่วนใส (distillate) จำนวน 30 มิลลิลิตร
  - ปิเปตสารละลายตัวอย่างในข้อ 2 จำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดแก้ว เติม TBA reagent จำนวน 5 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมเข้ากันดี ปิดฝาหลอดทดลอง
  - นำไปจุ่มลงในอ่างน้ำเดือดนานประมาณ 35 นาที
  - ทำให้เย็นโดยการแช่ในอ่างน้ำเย็นประมาณ 10 นาที
  - นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank (ใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แทนตัวอย่าง)
  - คำนวณหาค่า TBARS

$$TBARS = 7.8 * A_{532}$$

(มิลลิกรัมสมมูลของมาโลนอัลดีไฮด์ ต่อตัวอย่างน้ำมัน 1000 กรัม)

เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง



**ภาคผนวก ง**  
**แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส**

ง.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพของอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าว

ตัวอย่าง อัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าว

ชื่อผู้ทดสอบ ..... อายุ ..... ปี เพศ .....วันที่ มี.ค. 2558

คำแนะนำ ให้ชิมตัวอย่างที่ท่านได้รับตามลำดับ แล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของอัลมอนด์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าว ตามคำอธิบายคะแนนข้างล่างนี้ (กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง)

- 1 = ไม่ชอบมากที่สุด      4 = ไม่ชอบเล็กน้อย      7 = ชอบปานกลาง  
2 = ไม่ชอบมาก          5 = เฉยๆ                      8 = ชอบมาก  
3 = ไม่ชอบปานกลาง      6 = ชอบเล็กน้อย              9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง	161	272	383
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส(ความกรอบ)	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....	.....
การยอมรับ(✓ ยอมรับ, x ไม่ยอมรับ)	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ .....  
.....(ขอขอบคุณครับ/ค่ะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้คัดเลือกสุตรอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

ตัวอย่าง อัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้า

ชื่อผู้ทดสอบ ..... อายุ ..... ปี เพศ ..... วันที่ 20 เม.ย. 2558

คำแนะนำ ให้ชิมตัวอย่างที่ท่านได้รับตามลำดับ แล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของอัลมอนต์บิสกิตปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าว ตามคำอธิบายคะแนนข้างล่างนี้ (กรณำบ้านปากกระหว่างตัวอย่าง)

- 1 = ไม่ชอบมากที่สุด      4 = ไม่ชอบเล็กน้อย      7 = ชอบปานกลาง  
2 = ไม่ชอบมาก          5 = เฉยๆ                      8 = ชอบมาก  
3 = ไม่ชอบปานกลาง    6 = ชอบเล็กน้อย            9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง	182	292	301
ลักษณะปรากฏ		.....	.....	.....
สี		.....	.....	.....
กลิ่น		.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส(ความกรอบ)		.....	.....	.....
รสชาติ		.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม		.....	.....	.....
การยอมรับ(✓ ยอมรับ, x ไม่ยอมรับ)		.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ .....

.....(ขอขอบคุณครับ/ค่ะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวเกวลิน การกลูกิจ  
 วันเดือนปีเกิด 14 มีนาคม 2536  
 ที่อยู่ 11/1 ม.3 ต.โพรงจระเข้  
 อ.ย่านตาขาว จ.ตรัง 92140 โทร 091-7828585  
 ประวัติการศึกษา 2558 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล นางสาวเสาวลักษณ์ โหมตเทศ  
 วันเดือนปีเกิด 13 กุมภาพันธ์ 2536  
 ที่อยู่ 601/139 ม.7 ซ.6 ต.คูคต  
 อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12130 โทร 095-4974358  
 ประวัติการศึกษา 2558 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้