การศึกษาสารละลายที่เหมาะสมในการผลิตกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีเอนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีทเพื่อการผลิตน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ

STUDY OF SUITABLE SOLUTIONS FOR THE PRODUCTION OF GLUTEN FROM WHITE FLOUR AND WHOLE WHEAT FOR VEGETARIAN THAI CHILLI PASTE SAWAN (NAM PRIK SAWAN) PRODUCTION

พัชรนันท์ พุดด้วง
อัจฉรา ชินขุนทด
อารีรัตน์ แสนเดช

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY OF SUITABLE SOLUTIONS FOR THE PRODUCTION OF GLUTEN FROM WHITE FLOUR AND WHOLE WHEAT FOR VEGETARIAN THAI CHILLI PASTE SAWAN (NAM PRIK SAWAN) PRODUCTION

PHATCHARANAN PUDDUANG

ATCHARA CHINKHUNTHOD

AREERAT SANDECH

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (BIOTECHNOLOGY)
DEPARTMENT OF BIOLOGY FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาสารละลายที่เหมาะสมในการผลิตกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีทเพื่อการผลิตน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ

STUDY OF SUITABLE SOLUTIONS FOR THE PRODUCTION OF GLUTEN FROM WHITE FLOUR AND WHOLE WHEAT FOR VEGETARIAN THAI CHILLI PASTE SAWAN (NAM PRIK SAWAN) PRODUCTION

ชื่อนักศึกษา	พัชรนันท์	พุดด้วง	รหัสประจำตัว	58050796
	อัจฉรา	ชินขุนทด	รหัสประจำตัว	58050844
	อารีรัตน์	แสนเดช	รหัสประจำตัว	58050849

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชา ชีววิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ธนาวดี ก่ออานันต์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
ผศ.มงคล เพ็ญสายใจ ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.สุทธิจิต ศรีวัชรกุล กรรมการ	
อ.ธนาวดี ก่ออานันต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	

วัน/ เดือน/ ปี ที่สอบ 11 มิถุนายน 62
สถานที่สอบ อาคารพระจอมเกล้า คณะวิทยาศาสตร์ ห้อง 323

คณะวิทยาศาสตร์รับรองแล้ว
(**)**
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
วันที่.....**เดือน**.....**พ.ศ.**.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาสารละลายที่เหมาะสมในการผลิตกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีเอนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีทเพื่อการผลิตน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ
ชื่อนักศึกษา นางสาวพัชรนันท์ พุดด้วง
นางสาวอัจฉรา ชินขุนทด
นางสาวอารีรัตน์ แสนเดช
ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชา ชีววิทยา
มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ธนาวดี ก่ออานันต์

บทคัดย่อ

การศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการผลิตกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีเอนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีทเพื่อการผลิตน้ำพริกสวรรค์ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% และตัวควบคุม (กุ้ง) เพื่อศึกษาความแตกต่างของเนื้อสัมผัส ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและโปรตีน ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมัน ความชื้น ความเข้มของสี รวมไปถึงการตรวจนับจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในอาหารด้วยวิธี MPN เพื่อตรวจเชื้อ *Escherichia coli* และตรวจนับหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) ในการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและโปรตีน มีปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนอยู่ในช่วง 13-16% ในขณะเดียวกันพบตัวควบคุม (กุ้ง) มีปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงเท่ากับ 2.54 ± 0.01 นอกจากนี้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลูเตนในแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างรูพรุนของกลูเตนที่กล่าวมาข้างต้น จากการวิเคราะห์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบรูพรุนในตัวทำละลายน้ำส้มสายชูมากที่สุดส่งผลให้ขณะทอดมีความกรอบ จึงมีความเหมาะสมกับการนำมาผลิตน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ และมีต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับแป้งข้าวสาลีโฮลวีทที่ลักษณะรูพรุนคล้ายกัน

คำสำคัญ: แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวสาลีโฮลวีท กลูเตน น้ำพริกสวรรค์ และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	STUDY OF SUITABLE SOLUTIONS FOR THE PRODUCTION OF GLUTEN FROM WHITE FLOUR AND WHOLE WHEAT FOR VEGETARIAN THAI CHILLI PASTE SAWAN (NAM PRIK SAWAN) PRODUCTION
Student	PHATCHARANAN PUDDUANG ATCHARA CHINKHUNTHOD AREERAT SANDECH
Degree	Bacherlor of Science (Biotechnology)
Department	Biology
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2018
Advisor	Miss Thanavadee Korarnan

Abstract

Study of Suitable Solutions for The Production of Gluten from White Flour and Whole Wheat for Vegetarian Thai Chilli Paste Sawan (Nam Prik Sawan) Production of filtration, 2% salt, 2% vinegar and control (shrimp) to study the crack different texture nitrogen and protein percentages. Quantity of fat percentage, moisture, color intensity including counting coliform bacteria in food using MPN method to detect *Escherichia coli* and counting the total number of microorganisms (Total plate count). In the analysis of nitrogen and protein percentages with a protein in the range of 13-16 % while at the same time found that the control (shrimp) had a high percentage of fat equal to 2.54 ± 0.01 . In addition, further studies on gluten in wheat flour when using filltration, 2% salt, 2% vinegar, 2% sodium sulfate and 2% sodium dihydrogen phosphate heptahydrate to study the glutinous structure of the gluten mentioned above. From analysis of scanning electron microscopy found the most porous porosity in the vinegar condition, resulting in a crispy frying therefore suitable for the production of sawan chilli and have a low cost compared to wheat flour that is similar in appearance.

Keyword: Wheat flour Whole, wheat flour, Gluten, Sawan Chilli, and Scanning electron microscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการจัดทำโครงงานพิเศษเรื่อง “การศึกษาสารละลายที่เหมาะสมในการผลิตกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เพื่อการผลิตน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ” สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ได้วางแผนไว้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ อาจารย์ธนาวดี ก่ออนันต์ ผู้ซึ่งให้คำแนะนำ คำปรึกษา แนวคิด ข้อมูล เทคนิค ตลอดจนให้ความรู้ในการจัดทำโครงงานพิเศษเล่มนี้จนสำเร็จบรรลุเป้าหมาย โดยทางเราหวังว่าโครงงานพิเศษเล่มนี้จะเป็นประโยชน์นำไปสู่การปรับใช้ในอนาคตได้ ทางคณะผู้จัดทำมีความตระหนักเห็นถึงความตั้งใจและความเอาใจใส่ของอาจารย์ที่ปรึกษาจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์และบุคคลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งคอยให้คำแนะนำ คำปรึกษาและให้การช่วยเหลือในเรื่องของอุปกรณ์ สารเคมี ตลอดจนวิธีการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำโครงงานพิเศษ ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำโครงงานพิเศษครั้งนี้ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

พัชรนันท์ พุดด้วง
อัจฉรา ชินขุนทด
อารีรัตน์ แสนเดช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตโครงงาน 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ข้าวสาลี (COMMON WHEAT) 3

2.2 กลูเตน (GLUTEN) 6

2.3 พริก (CAPSICUM) 6

2.4 แบคทีเรียก่อโรค 7

2.5 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SCANNING ELECTRON MICROSCOPE, SEM) 8

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 10

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ 10

3.1.1 วัสดุ 10

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ 10

3.1.3 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ 11

3.2 วิธีการทดลอง 12

3.2.1 ตัวอย่างแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ 12

3.2.2 การเตรียมกลูเตน 12

3.2.3 การเตรียมตัวอย่างกุ้ง 13

3.2.4 การเตรียมตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ 13

3.2.5 การวิเคราะห์ค่าผลได้ (Yield) 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

3.2.6 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น 13
3.2.7 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในอาหาร (Kjeldahl Method) 13
3.2.8 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน 14
3.2.9 วิเคราะห์ความเข้มของสี 14
3.2.10 การวิเคราะห์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) 14
3.2.11 ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี Total Plate Count 15
3.2.12 การตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียโดยวิธี Most Probable Number of Coliform Organisms (MPN) 15
3.2.13 การวิเคราะห์ทางสถิติ 15

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 16

4.1 การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ค่าผลได้ (%YIELD) 16
4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น 16
4.3 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีน 17
4.4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน 18
4.5 การวิเคราะห์ความเข้มสี 19
4.6 ผลการวิเคราะห์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 24

บทที่ 5 สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ 40

เอกสารอ้างอิง 42

ภาคผนวก ก 44

ภาคผนวก ข 48

ภาคผนวก ค 50

ภาคผนวก ง 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ผลการวิเคราะห์การหาเปอร์เซ็นต์ค่าผลได้ (% YIELD) ของตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%..... 16

4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างกุ้งขาวต้ม,ตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีทเมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2 %, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%..... 17

4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนของตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%..... 18

4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันของตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%..... 19

4.5 ตัวอย่างตัวควบคุม(กุ้ง) และตัวอย่างกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำกรอง, สารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 2% และสารละลายน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%..... 21

4.6 ผลการวิเคราะห์ความเข้มของสีในตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติเมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกันได้แก่ กุ้ง และกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน ได้แก่ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%..... 22

4.7 ตัวอย่างกลูเตนแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%,น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%..... 24

4.8 ผลการตรวจนับจุลินทรีย์ด้วยวิธี TOTAL PLATE COUNT ของตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนในแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%..... 38

4.9 ผลการตรวจนับจุลินทรีย์ด้วยวิธี TOTAL PLATE COUNT ของน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติที่ได้จากตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนในแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%..... 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.10 ผลการตรวจวิเคราะห์ MPN ในระบบ 3 หลอดทดลอง อนุกรมเจือจางตัวอย่างน้ำที่อ่านผลได้ คือ 0.1,0.01และ0.001 ของตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์กุ้ง(ควบคุม) และตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ ได้ที่จากกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน 39

ผ-1 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ค่าผลได้ (%YIELD) ของตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ 250 กรัม เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2 % และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%..... 50

ผ-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างกุ้งขาวต้ม, ตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%..... 51

ผ-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างกุ้งขาวต้ม, ตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%..... 52

ผ-4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนของตัวอย่างกุ้งขาวต้ม และตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%..... 53

ผ-5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันของตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%..... 54

ผ-6 ผลการวิเคราะห์ความเข้มของสีตัวอย่างกุ้งขาวต้ม, ตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%..... 55

ผ-7 ผลการวิเคราะห์ความเข้มของสีตัวอย่างกุ้งขาวต้ม, ตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีทั้งโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%..... 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ผ-8 ผลการวิเคราะห์ความเข้มของสีในน้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติจากตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% 57

ผ-9 ผลการวิเคราะห์การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์จากตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% 58

ผ-10 ผลการวิเคราะห์การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์น้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติจากตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือ ความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% 59

ผ-11 แสดงผลการตรวจวัดคอลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN) ของน้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติจากตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% ของการตรวจสอบขั้นแรก (PRESUMPTIVE TEST) 60

ผ-12 แสดงผลการตรวจวัดคอลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN) ของน้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติจากตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% ของการตรวจสอบขั้นยืนยัน (CONFIRMED TEST) 60

ผ-13 แสดงผลการตรวจวัดคอลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN) ของน้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติจากตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% ของการตรวจสอบขั้นสมบูรณ์ (CONPLETED TEST) 61

ผ-14 ผลการตรวจวิเคราะห์ MPN ในระบบ 3 หลอดทดลอง อนุกรมเจือจางตัวอย่างน้ำที่อ่านผลได้ คือ 0.1, 0.01 และ 0.001 ของตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์กุ้ง (ควบคุม) และตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติได้ที่จากกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน 61

ผ-15 ผลการวิเคราะห์ค่าผลได้ (%YIELD) ของตัวควบคุม (กุ้ง) และกลูเตนในสารละลายที่แตกต่างกัน 62

ผ-16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ผ-17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน 66
ผ-18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนของตัวอย่างแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน 68
ผ-19 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของตัวอย่างแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน 70
ผ-20 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันของตัวอย่างแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน 72
ผ-21 ผลการวิเคราะห์ความเข้มสีของตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน 74
ผ-22 ผลการวิเคราะห์ความเข้มสีของตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน 80
ผ-23 ผลการวิเคราะห์ความเข้มสีของน้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติเมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1ข้าวสาลี 3
2.2 ดอกข้าวสาลี 4
2.3 ผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวสาลี 5
2.4 วิธีการเตรียมกลูเตน 6
2.5 พริกแห้งเม็ดใหญ่ 6
2.6 ESCHERICHAI COLI 7
4.1 ตัวอย่างกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน (ก) น้ำกรอง, (ข) น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, (ค) น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, (ง) โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และ (จ) แทนไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% 20
4.2 น้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ (ก) น้ำพริกสวรรค์กุ้ง (ตัวควบคุม), (ข) น้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติกลูเตนน้ำกรอง, (ค) น้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติกลูเตนน้ำเกลือความเข้มข้น 2% และ (ง) น้ำพริกสวรรค์มังสวิรัตินำ้ส้มสายชูความเข้มข้น 2% 22
4.3 ตัวอย่างกลูเตนแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน (ก) น้ำกรอง, (ข) น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, (ค) น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, (ง) โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2 % และ (จ) ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% 23
4.4 ภาพถ่ายหน้าตัดของกุ้งทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)กำลังขยาย 1,000 เท่า (A 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (A 2) 26
4.5 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ ที่ใช้น้ำกรองด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (B 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (B 2) 27
4.6 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ ที่ใช้น้ำเกลือความเข้มข้น 2% ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (C 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (C 2) 28
4.7 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ ที่ใช้น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2 % ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (D 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (D 2) 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.8 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (E 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (E 2) 30
4.9 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (F 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (F 2) 31
4.10 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้น้ำกรอง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (G 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (G 2) 32
4.11 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้น้ำเกลือความเข้มข้น 2% ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (H 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (H 2) 33
4.12 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีทั้งโฮลวีท ใช้น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000เท่า (I 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (I 2) 34
4.13 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2 % ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (J 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (J 2) 35
4.14 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (K 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (K 2) 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

หมี่กึงหรือกลูเตน (Gluten) เป็นไกลโคโปรตีนที่พบในส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์มของธัญพืชบางชนิด เช่นข้าวสาลี, ข้าวไรย์ และบาร์เลย์ ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของโปรตีนกลูเตนิน(Glutenin) และไกลอะดิน (Gliadin) ที่เกิดจากการสร้างพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide bond) ซึ่งความหยุ่นหนืดนี้สามารถทดแทนรสสัมผัสของเนื้อสัตว์ได้ เหมาะสำหรับผู้ที่รับประทานมังสวิรัติ (Vegetatianism)

น้ำพริก เป็นอาหารพื้นเมืองตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา โดยคำว่า น้ำพริก มีความหมายมาจาก การปรุงรสด้วยการนำสมุนไพร พริก กระเทียม หัวหอม เครื่องเทศกลิ่นแรง มาโขลก บด รวมกัน เพื่อใช้สำหรับจิ้ม การเรียกชื่อน้ำพริกแต่ละชนิดมักจะเรียกตามส่วนประกอบหลักที่นำมาผลิต ซึ่งอาจเป็นเนื้อสัตว์ พืชผัก หรือผลผลิตจากพืชและสัตว์ เช่น น้ำพริกขิง น้ำพริกปลาร้า เป็นต้น ประเภทของพริกที่นำมาทำน้ำพริกก็มีทั้งพริกดิบ และพริกแห้ง และนอกจากนี้สามารถแบ่งตามลักษณะของน้ำพริกได้แก่ น้ำพริกที่มีลักษณะค่อนข้างแห้ง และน้ำพริกลักษณะที่มีน้ำขลุกขลิก น้ำพริกที่คนไทยรู้จักดี เช่น น้ำพริกกะปิ น้ำพริกกะเหรี่ยง น้ำพริกกุ้งสด น้ำพริกเผา น้ำพริกปลาทู น้ำพริกลงเรือ น้ำพริกกุ้งเสียบ น้ำพริกอ่อง น้ำพริกตาแดง และน้ำพริกสวรรค์

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาเกี่ยวกับโปรตีนในข้าวสาลี เนื่องจากข้าวสาลีเป็นธัญพืชที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูงและมีคุณค่าทางอาหารสูงในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับ หมี่กึงหรือกลูเตน ที่ได้จากตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 5 ชนิดคือ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาสารละลายที่เหมาะสมในการผลิตกลูเตนจากข้าวสาลีในการพัฒนาวัตถุดิบของอาหารที่ใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ เพื่อผลิตน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาสารละลายที่เหมาะสมในการผลิตกลูเตนเพื่อทดแทนเนื้อกุ้ง

1.2.2 เพื่อศึกษาความแตกต่างของโครงสร้างกลูเตนในสารละลายแต่ละชนิด

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของสารละลายและพฤษเคมีต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในการผลิตน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตโครงงาน

1.3.1 ผลิตกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีเอนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีท ด้วยสารละลายที่เหมาะสม

1.3.2 นำมาผลิตน้ำพริกสวรรค์เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 นำไปพัฒนาและใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมการผลิตวัตถุดิบทดแทนเนื้อสัตว์

1.4.2 ข้าวสาลีช่วยส่งเสริมการใช้ประโยชน์ในหลายๆด้านจากข้าวสาลี

1.4.3 ส่งเสริมการบริโภคน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ

1.4.4 ช่วยเพิ่มทางเลือกสำหรับผู้บริโภคอาหารในกลุ่มอาหารมังสวิรัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวสาลี (common wheat)

รูปที่ 2.1ข้าวสาลี
ที่มา : https://www.idituri.com/wp-content/uploads/2013/04/miell-i-bardhe.jpg

ข้าวสาลี (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Triticum aestivum* L.) เป็นพืชอยู่ในวงศ์ Poaceae เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีถิ่นกำเนิดและการกระจายพันธุ์อยู่ในตะวันออกกลาง ประเทศผู้ผลิตข้าวสาลีที่สำคัญของโลก ได้แก่ สหรัฐอเมริกา แคนาดา จีน และรัสเซีย ในประเทศไทยมีการปลูกบ้างบนพื้นที่สูงทางภาคเหนือ แต่ส่วนใหญ่จะได้มาจากการนำ

2.1.1 ลักษณะของข้าวสาลี

ข้าวสาลีจัดเป็นไม้ล้มลุกที่มีอายุราว 1 ปี มีความสูงของต้นประมาณ 40-150 เซนติเมตร แตกขึ้นเป็นกอแน่น ลำต้นเรียบ มีข้อและปล้องประมาณ 4-7 ปล้อง มีขนาดใหญ่ขึ้นจากโคนไปสู่ปลาย ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการหว่านเมล็ด ใบข้าวสาลีเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ใบติดแบบเรียงสลับ ลักษณะของใบเป็นรูปแถบผอมยาว มีขนาดกว้างประมาณ 1-3 เซนติเมตร และยาวประมาณ 15-40 เซนติเมตร ใบเกลี้ยงหรือมีขน เขี้ยวใบเป็นแผ่น หูใบบาง ดอกข้าวสาลี ออกดอกเป็นช่อ ชนิดดอกช่อเชิงลด เรียงเป็นสองแถว แกนกลางช่อหยักไปมา ยาวได้ประมาณ 5-15 เซนติเมตร ช่อดอกย่อยแบบ ซ้อนทับกันเป็นแถวด้านข้างของแกนช่อดอก ช่อดอกย่อยประกอบไปด้วยดอกย่อยประมาณ 3-9 ดอก ดอกมีลักษณะแบบสมบูรณ์เพศ ดอกจะมีรูปร่าง ขนาด และความหนาแน่นแตกต่างกันออกไปตามสายพันธุ์ ตรงปลายกาบช่อย่อยเป็นสัน 1 สัน เกิดจากเส้นใบยื่นเป็นปีกแหลม ส่วนกาบล่างมีระยางค์แข็งยาวได้ถึง 16 เซนติเมตร ผลข้าวสาลี ลักษณะของผลเป็นรูปไข่หรือรูปกระสวย มีร่องตามยาว สีน้ำตาลแดง เหลือง ขาว หรือมีสีปนกัน ประกอบด้วย 4 ส่วนสำคัญ ได้แก่

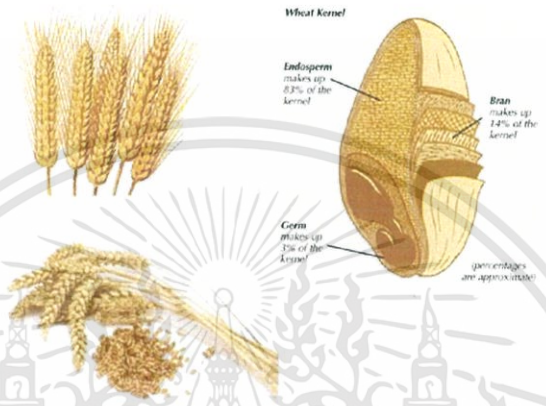
1) รำข้าว หรือเยื่อหุ้มเมล็ด (Bran) เป็นส่วนแข็งที่อยู่ด้านนอกสุดของเมล็ด ประกอบด้วยเซลล์หลายชั้น ที่อยู่ประมาณ 14.2% ของเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เนื้อข้าว (Endosprom) เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางของเมล็ด ประกอบไปด้วยเม็ดสตาร์ทมากมาย มีโปรตีนที่ทำให้เกิดกลูเตนอยู่ด้วย มีอยู่ประมาณ 83% ของเมล็ด

3) จมูกข้าว (Embryo or Germ) เป็นส่วนที่อยู่ตอนล่างของเมล็ด และจะเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ต่อไปเมื่อเมล็ดได้รับอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม ประกอบด้วยไขมันเป็นส่วนใหญ่และมีวิตามิน แร่ธาตุอยู่บ้าง ส่วนนี้จะมีอยู่ประมาณ 2 ถึง 5%ของเมล็ด

4) แกลบ (Husk) อย่าชั้นนอกสุด มีส่วนประกอบเป็นเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส



รูปที่ 2.2 ดอกข้าวสาลี

ที่มา : https://www.prachachat.net/economy/news-148711

2.1.2 พันธุ์ข้าวสาลี

พันธุ์ข้าวสาลีสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ แบ่งตามลักษณะของเมล็ด และแบ่งตามลักษณะการเจริญเติบโต ซึ่งการแบ่งแต่ละประเภทมีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

การแบ่งตามลักษณะของเมล็ด สามารถแบ่งข้าวสาลีได้ออกเป็น 2 ประเภทคือ

1) ข้าวสาลีชนิดแข็ง (hard wheat) ได้แก่ Wheat hard white เป็นข้าวสาลีเมล็ดแข็ง สีอ่อน มีโปรตีนปานกลาง ใช้สำหรับการผลิตเป็นแป้งข้าวสาลีที่ใช้ทำขนมปังและใช้ผลิตเบียร์, Wheat hard red spring เป็นข้าวสาลีเมล็ดแข็ง สีน้ำตาล มีโปรตีนและกลูเตนสูง ใช้สำหรับการผลิตเป็นแป้งข้าวสาลี สำหรับใช้ทำขนมปังและขนมอบที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์, Wheat hard red winter และ Wheat durum เป็นข้าวสาลีที่มีเมล็ดแข็ง ใส สีอ่อน ใช้สำหรับการผลิตเป็นแป้งข้าวสาลีชนิดซาโมลินา (แป้งสำหรับผลิตพาสต้า)

2) ข้าวสาลีชนิดอ่อน (soft wheat) ได้แก่ Wheat soft white เป็นข้าวสาลีเมล็ดอ่อน สีอ่อน มีโปรตีนและกลูเตนต่ำมาก ใช้สำหรับการผลิตเป็นแป้งข้าวสาลี สำหรับใช้ทำพาย และ Wheat soft red winter เป็นข้าวสาลีเมล็ดอ่อน สีน้ำตาล มีโปรตีนและกลูเตนต่ำ ใช้สำหรับการผลิตเป็นแป้งข้าวสาลี สำหรับใช้ทำขนมเค้ก และพาย

การแบ่งตามลักษณะการเจริญเติบโต สามารถแบ่งข้าวสาลีได้ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) ข้าวสาลีประเภทปลูกข้ามฤดูหนาว (winter-habit wheats) เป็นข้าวสาลีที่ปลูกในฤดูใบไม้ร่วงคือเดือนตุลาคม และหยุดการเติบโตในช่วงฤดูหนาว เมื่อเข้าสู่ฤดูใบไม้ผลิจะมีการออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกหรือรวง และสามารถเก็บเกี่ยวได้ในช่วงฤดูร้อนคือเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม ข้าวสาลีในกลุ่มนี้ต้องการอุณหภูมิต่ำประมาณ 1-5 องศาเซลเซียสในช่วงระยะเวลาหนึ่งก่อนจึงจะสามารถออกดอกได้ ถ้าปลูกในสภาพอุณหภูมิที่ไม่ต่ำเพียงพอก็จะไม่มีการออกดอก

2) ข้าวสาลีที่ปลูกต้นฤดูใบไม้ผลิ (spring-habit wheats) เป็นข้าวสาลีที่มีการปลูกในฤดูใบไม้ผลิหลังจากหิมะละลายแล้วในเดือนเมษายน เมื่อถึงเดือนมิถุนายนจะเริ่มออกดอก และเก็บเกี่ยวได้ประมาณปลายเดือนกรกฎาคม เป็นข้าวสาลีที่มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 3-6 เดือน

3) ข้าวสาลีที่ปลูกได้ทั้งสองประเภท (facultative wheats) มีความทนทานต่อสภาพอากาศหนาวเย็น และไม่จำเป็นต้องได้รับสภาพอุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลาหนึ่ง เพื่อกระตุ้นการสร้างช่อดอกและเมล็ด ซึ่งมีพื้นที่ปลูกข้าวสาลีกลุ่มนี้น้อยมาก ประมาณร้อยละ 3 ของพื้นที่ทั้งหมด

2.1.3 ประโยชน์ของข้าวสาลี

ใช้เป็นอาหารของมนุษย์ โดยมีคุณค่าทางอาหารสูงและมีกากอาหาร จึงช่วยในการขับถ่ายของลำไส้ใหญ่ได้เป็นอย่างดี ข้าวสาลีเป็นอาหารที่เหมาะสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน ผู้เป็นโรคกระเพาะอาหารอักเสบ ผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และผู้ป่วยที่อยู่ในช่วงระหว่างการพักฟื้น ในปัจจุบันได้มีการนำข้าวสาลีมาแปรรูปทำเป็นน้ำคั้นต้นข้าวสาลีอ่อนและมอลต์ข้าวสาลี (การทำให้ข้าวสาลีงอกเป็นต้นอ่อนแล้วนำมาคั้นเอาน้ำ) ช่วยทำให้ระบบการทำงานของร่างกายดีขึ้น ช่วยในการย่อยอาหาร ทำให้การแลกเปลี่ยนออกซิเจน เนื่องจากในน้ำของต้นอ่อนของข้าวสาลีจะมีคลอโรฟิลล์อยู่สูงถึง 70% ซึ่งคลอโรฟิลล์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ มีองค์ประกอบคล้ายกับเม็ดเลือดแดง จึงช่วยกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือด ช่วยทำความสะอาดระบบหมุนเวียนโลหิต ช่วยลดการดูดซึมของสารก่อมะเร็ง นอกจากนี้ยังมีสารซาโปนินที่มีฤทธิ์กำจัดสารพิษออกจากร่างกาย มีแร่ธาตุที่มีประโยชน์ไม่ต่ำกว่า 90 ชนิด ที่ช่วยเพิ่มความเป็นด่างให้แก่ร่างกายและมีความสามารถในการจับกรดที่เป็นพิษต่อร่างกาย มีกรดอะมิโนไม่ต่ำกว่า 20 ชนิด และมีเอนไซม์ไม่ต่ำกว่า 30 ชนิด ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ในด้านการช่วยชะลอความแก่ เป็นต้น

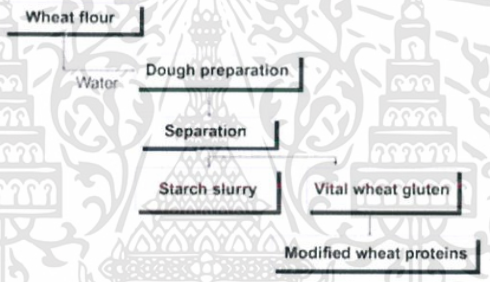
รูปที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวสาลี

ที่มา : https://drhyman.com/blog/2011/03/17/gluten-what-you-dont-know-might-kill-you/#lightbox/0/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 กลูเตน (Gluten)

กลูเตนเป็นโปรตีนในแป้งที่สามารถจับตัวเป็นโครงสร้างของโดที่มีสมบัติด้านความหนืดและยืดหยุ่น (Elasticity) โดยการเกิดพันธะไดซัลไฟด์ระหว่างโมเลกุลของกรดอะมิโน กลูเตน ประกอบด้วยโปรตีนกลูเตนิน (glutenin) ซึ่งมีสมบัติสำคัญต่อลักษณะความยืดหยุ่นของโด และ โปรตีนไกลอะดิน (gliadin) ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 30 ของโปรตีนข้าวสาลี โปรตีนชนิดนี้สามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์ มีความสำคัญในการปรับและควบคุมลักษณะความข้นหนืดของกลูเตน มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปในธัญพืชแต่ละชนิด เช่น ไกลอะดิน ในข้าวสาลี ฮอร์ดินในข้าวบาร์เลย์ และ เซคาร์ลินในข้าวไรย์ มีรายงานว่าโปรตีนไกลอะดินมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันและเป็นพิษต่อผู้ป่วยที่เป็นโรคแพ้กลูเตน “Coeliac Disease” ซึ่งสาเหตุของโรคอาจเกิดจากพันธุกรรม หรือจากการกระตุ้นโดยสารที่พบในตัวทำละลายแวดล้อม รวมทั้งไวรัสและการติดเชื้อ หรือจากตัวทำละลายเครียด หรือการตั้งครรภ์ แสดงว่าเด็กทารกแรกเกิดที่ได้รับอาหารที่มีกลูเตนในช่วง 3 เดือนแรกจะมีโอกาสเป็นโรคแพ้กลูเตนสูงถึง 5 เท่าของทารกที่ได้รับกลูเตนในช่วง 4 ถึง 6 เดือนต่อมา วิธีการเตรียมกลูเตนโดยทั่วไปแสดงได้ดังภาพที่ 2.4



รูปที่ 2.4 วิธีการเตรียมกลูเตน
ที่มา : Flambeau, M., Redl, A., & Respondek, F. (2017).

2.3 พริก (Capsicum)

รูปที่ 2.5 พริกแห้งเม็ดใหญ่
ที่มา : https://pantip.com/topic/32078809

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พริกเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Solanaceae มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาเขตร้อนและหมู่เกาะอินเดียตะวันตกนิยมปลูกในเขตที่มีอากาศอบอุ่นและร้อน เช่น แอฟริกา อินเดีย อเมริกาเขตร้อน ญี่ปุ่น และไทย พริกที่มีจำหน่ายในท้องตลาดในประเทศไทยได้จากพืชตระกูลพริกหลายพันธุ์ เช่น พริกแต้ พริกขี้นก พริกขี้หนู พริกหยวก พริกชี้ฟ้า พริกทาบาสโก พริกหยวกชนิดยาว ส่วนในประเทศไทยและญี่ปุ่นนิยมปลูกพริกขี้หนู (*Capsicum fructescense*) ซึ่งเป็นไม้พุ่มสูงเกิน 1 เมตร ขึ้นไปและมีรสเผ็ดมากกว่าพริกชี้ฟ้า (*Capsicum annuum*)

2.3.1 แคปไซซิน (capsaicin)

แคปไซซิน เป็นสารที่ให้ความเผ็ดในพริกโดยสารแคปไซซินบริสุทธิ์จะมีลักษณะเป็นผงผลึกไม่มีสีน้ำหนักโมเลกุล 305.4 กรัมต่อโมล จุดเดือด 210-220 องศาเซลเซียส ไม่ละลายในน้ำเย็นแต่ละลายได้ดีในเอทานอล อีเทอร์ และอะซีโตน แคปไซซินมีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{18}H_{27}NO_3$

แคปไซซิน เป็นสารจำพวกไฮโดรคาร์บอน โดยแคปไซซินจะกระจายอยู่ทุกส่วนของ ผลพริก แต่ส่วนที่พบมากที่สุด นั่นหมายถึงส่วนที่เผ็ดที่สุด คือส่วนของราก หรือส่วนที่เป็นไส้ของพริกซึ่งเป็นที่เกาะของเม็ดนั่นเองส่วนเม็ดและเปลือกของพริกมีปริมาณแคปไซซินน้อยกว่า สารแคปไซซินสามารถละลายได้ในสารละลายพวก แอลกอฮอล์ อีเทอร์ และไขมัน แต่ไม่ละลายในน้ำซึ่งแสดงให้เห็นได้เมื่อเรากินพริกแล้วรู้สึกเผ็ดร้อน ถ้าดื่มน้ำก็จะไม่หายเผ็ด แต่ถ้าดื่มนมหรือดื่มเบียร์จะทำให้หายเผ็ดได้ดีกว่า ผลของพริกและแคปไซซินนอกจากจะให้ความเผ็ดร้อนแล้วยังมีคุณสมบัติช่วยบรรเทาอาการปวด ลดการอักเสบของกล้ามเนื้อและข้อ ซึ่งปัจจุบันมีผู้นำมาทาเป็นเจล ทาแก้ปวดกล้ามเนื้อ นอกจากนั้น แคปไซซินยังมีส่วนเพิ่มการเคลื่อนไหวของระบบทางเดินอาหารและที่น่าสนใจคือผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือดและปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดด้วย

2.4 แบคทีเรียก่อโรค

แบคทีเรียก่อโรค หมายถึง กลุ่มหนึ่งของแบคทีเรียที่สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อได้ แบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ และบางชนิดยังเป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ด้วย แต่แบคทีเรียบางชนิดก็ทำให้เกิดโรคได้

รูปที่ 2.6 *Escherichai coli*

ที่มา : https://cdo.wikipedia.org/wiki/S%C3%A1%CC%A4-k%E1%B9%B3%CC%84ng

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Escherichai coli เป็นแบคทีเรียชนิดหนึ่ง ปกติพบอาศัยอยู่ในทางเดินอาหารส่วนลำไส้ของคนและสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์เลื้อยคลาน และนก ซึ่งเชื้อนี้มีอยู่หลายสายพันธุ์ สายพันธุ์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์นั้นมักไม่ก่อให้เกิดโรค สายพันธุ์ที่ก่อโรคในคนได้ มีตั้งแต่ที่ก่อโรคไม่รุนแรง เช่น โรคกระเพาะปัสสาวะอักเสบ และอาหารเป็นพิษ ไปจนถึงที่ก่อโรครุนแรง เช่น เยื่อหุ้มสมองอักเสบและติดเชื้อในกระแสเลือด สำหรับสายพันธุ์ของเชื้อ *E. coli* กลุ่ม EHEC หรือ Enterohemorrhagic *E. coli* ที่พบกำลังแพร่ระบาดอย่างรวดเร็วในแถบยุโรปขณะนี้เป็นกลุ่มที่ก่อโรคในทางเดินอาหารที่สามารถก่อให้เกิดอาการที่รุนแรงจนถึงเสียชีวิตได้ ซึ่งก่อนหน้านี้เคยระบาดมาแล้วที่ประเทศญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา โดยปกติแล้วจะพบเชื้อ *E. coli* ได้ในสิ่งแวดล้อมทั่วไป โดยเฉพาะในมูลสัตว์ และส่วนใหญ่แพร่สู่คนได้ทางการรับประทานอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีเชื้อปนเปื้อนอยู่ พบเชื้อได้ในอาหารที่ได้รับการปรุงไม่ถูกสุขลักษณะ เช่น เนื้อหรือผักดิบ ปรุงไม่สุก รวมถึงนมและน้ำที่ไม่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนอย่างเหมาะสม นอกจากนี้การปนเปื้อนของเชื้อโรคจากอุจจาระสู่อาหารและน้ำ อาจเกิดขึ้นได้ระหว่างการเตรียมและการปรุงอาหารได้เช่นกัน

2.5 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

SEM เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน การสร้างภาพทำได้โดยการตรวจวัดอิเล็กตรอนที่สะท้อนจากพื้นผิวหน้าของตัวอย่างที่ทำการสำรวจ ซึ่งภาพที่ได้จากเครื่อง SEM นี้จะเป็นภาพลักษณะ 3 มิติ จึงถูกนำมาใช้ในการศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง นิยมนำมาตรวจสอบลักษณะผิวภายนอกของตัวอย่าง ตรวจสอบการเรียงตัวของผลึกด้วยระบบการรับสัญญาณเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนกระเจิงกลับ ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงตัวอย่างจากการดึง โดย Energy Dispersive Spectrometry (EDS) เครื่องตรวจวัดรังสีเอ็กซ์ ใน SEM ทำให้สามารถทำการวิเคราะห์ธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในสารตัวอย่างได้เพิ่มเติม

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Nicolae และคณะ (2015) ได้ทำการศึกษาปริมาณของโซเดียมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส พบว่า การเพิ่มปริมาณของโซเดียมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส 0.25, 0.50, 1 และ2% ให้กับแป้งโดที่มีกลูเตนและไม่มีกลูเตน พบว่าการเพิ่มปริมาณของโซเดียมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสจะช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำได้มากขึ้นประมาณ 59.9, 60.2, 60.3 และ 62.2% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุมที่ไม่เติมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 56.6% โซเดียมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส ทำปฏิกิริยากับโครงสร้างของพันธะไฮโดรเจนที่ชอบน้ำในโมเลกุลโปรตีนของแป้งให้มีความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มสูงขึ้น และมีผลให้ปริมาณขนมปังมีขนาดเล็กลงเนื่องจากมีการสูญเสียน้ำมากขึ้นจากโครงสร้างของแป้ง

Nasiri และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาผลของการเติมถั่วเหลืองและแป้งข้าวโพดต่อการไหลของแป้งและคุณภาพของนักเก็ตกุ้งทอดไขมัน พบว่าแป้งข้าวสาลีที่มีปริมาณความชื้น 12.14% จะมีปริมาณไขมันเท่ากับ 1.32% ในขณะที่การเติมแป้งข้าวโพด จะมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 10.63 และมีปริมาณไขมัน เท่ากับ 2.18% โดยแป้งข้าวโพดมีความหนืดน้อยกว่าจึงมีความสามารถใน

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยึดเกาะกับโมเลกุลของน้ำที่อยู่ในโปรตีนแป้งลดน้อยลง จึงเกิดการสูญเสียน้ำอิสระในโมเลกุลเพิ่มมากขึ้น

Victor และคณะ (2013) ได้ทำการศึกษาการศึกษาคุณสมบัติทางจุลินทรีย์และเคมีฟิสิกส์ของข้าวโพดและแป้งข้าวสาลีจากบริษัทโรงสีมิโซโล พบว่าแป้งสาลีเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผลผลิตทางการเกษตรแปรรูปในเชิงอุตสาหกรรม อาจมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ก่อโรคได้ในระหว่างกระบวนการผลิตและการขนส่ง โดยจุลินทรีย์ก่อโรคสามารถเจริญเติบโตและสร้างสารพิษได้ในแป้งที่มีความชื้นสูง ซึ่งปริมาณความชื้นทั่วไปของแป้งสาลีจะอยู่ที่ 11-14% ถ้าแป้งมีปริมาณความชื้นเกิน 15% จะทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคอย่างรวดเร็ว ทำให้อาหารเป็นพิษ ดังนั้นตัวทำละลายการเก็บรักษาหลังจากการสีและการบรรจุมีความสำคัญต่อคุณภาพของแป้งเนื่องจากมีผลต่ออายุการเก็บรักษาและความปลอดภัยของผู้บริโภค พบว่าปัจจัยสำคัญที่ทำให้แป้งเสื่อมคุณภาพเป็นผลมาจากการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรีย ซึ่งการปนเปื้อนอาจมาจากขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลิตภัณฑ์และสภาพภูมิอากาศ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของแป้งสาลีพบ เชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus*, *Candida*, *Fusarium*, *Saccharomyces*, *Penicillium* และ *Rhodotorula* ส่วนในแบคทีเรียในวงศ์ Enterobacteriacea family เช่น (*Escherichia*, *Klebsiela*, Enterobacter และ Aerobacter), *Bacillus* spp. และ *Salmonella* spp. โดยปริมาณของยีสต์และเชื้อราที่พบในแป้งสาลีโฮลวีทจะอยู่ที่ log 3.90 ± 0.76 cfu/g และปริมาณของ *E.coli* อยู่ที่ log 3.73 ± 0.44 cfu/g

Li และคณะ (2019) ศึกษาผลกระทบของแป้งลูกเดือยต่อคุณสมบัติการไหลและโครงสร้างของเจลกลูเตนต่อคุณสมบัติของโมเลกุลและเคมีฟิสิกส์ ผลการวิจัยของการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งลูกเดือย ทำให้กลูเตนเจลมีขนาดรูของโครงสร้างเจลมีขนาดเล็กกว่าของกลูเตนเจลเดี่ยว (ควบคุม) มากและไม่พบเศษเม็ดแป้ง ผลนี้ชี้ให้เห็นว่าแป้งลูกเดือย สามารถส่งเสริมการก่อตัวของเครือข่ายเจลต่อเนื่องและกะทัดรัดมากขึ้น อย่างไรก็ตามองค์ประกอบที่สำคัญในโครงสร้างจุลภาค เมื่อปริมาณของแป้งลูกเดือยเพิ่มขึ้นมากกว่า 20% กลูเตนลักษณะคล้ายกับรังผึ้ง โครงสร้างรังผึ้งสามารถปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำและสมบัติยืดหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

1. แป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์
2. แป้งข้าวสาลีโฮลวีท

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. จานเพาะเชื้อ (Petri Dish)
2. กระบอกสแตนเลสใส่จานเพาะเชื้อ (Petri Dish Box)
3. ลวดเขี่ยเชื้อ (Loop)
4. แท่งแก้วคนสาร (Stirring Rod)
5. ช้อนตักสาร (Spatula)
6. ตะเกียงแอลกอฮอล์ (Alcohol Lamp)
7. หลอดทดลอง (Test Tube)
8. ตะแกรงใส่หลอดทดลอง (Test Tube Rack)
9. ปิเปต (Pipette) ขนาด 1 มิลลิลิตร
10. ปิเปต (Pipette) ขนาด 5 มิลลิลิตร
11. ปิเปต (Pipette) ขนาด 10 มิลลิลิตร
12. ลูกยาง (Rubber Bulb)
13. กระบอกตวง (Cylinder)
14. ปากคีบ (Forceps)
15. ไมโครปิเปต (Micropipette) ขนาด 200 ไมโครลิตร
16. ไมโครปิเปต (Micropipette) ขนาด 1000 ไมโครลิตร
17. ทิป (Tips)
18. หลอดทดลอง (Eppendrof) ขนาด 1500 ไมโครลิตร
19. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
20. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
21. เครื่องผสมสาร (Vortex)
22. ไฟแช็ค (Lighter)
23. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)
24. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) (LEO 1455 VP, Germany)
25. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) (Memmert, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26. ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar Air Flow)
27. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) (ConthermThermotec2000, Germany)
28. ตู้แช่แข็ง (Freezer)
29. ตู้เย็น (Refrigerator)
30. หม้อนึ่งแรงดันไอ (Autoclave) (TOMY รุ่น ES-315, Japan)
31. ถ้วยอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture Can)
32. โถดูดความชื้น (Desiccator)
33. ขวดแก้ววิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl Apparatus)
34. เครื่องย่อย (Digestion Apparatus) (รุ่น TUR/K, Thailand)
35. เครื่องกลั่นไนโตรเจน (Nitrogen Distillator) (รุ่น Vapodest30s, Thailand)
36. ขาตั้งและบิวเรตสำหรับไตเตรตสารละลาย
37. ขวดรูปชมพู่ขนาด มิลลิลิตร 250 (Erlenmeyer Flask)
38. น้ำกลั่น (Distilled Water)
39. ตู้ดูดควัน (Hood)
40. ชุดกลั่นไขมัน (Soxhlet Apparatus) (รุ่น MS-E)
41. ทิมเบิล (Cellulose Thimble)
42. กระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman 1, UK)
43. หลอดดักก๊าซเดอร์แฮม (Durham Tube)
44. ถุงตีป่นตัวอย่าง (Stomacher Bag)
45. เครื่องตีป่นอาหาร (Stomacher)
46. บีกเกอร์ (Beaker) (SCHOTT, Germany)

3.1.3 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. คะตะไลต์ผสม (ประกอบด้วย คอปเปอร์ซัลเฟตต่อโพแทสเซียมซัลเฟต) อัตราส่วน 1 : 10
3. กรดไฮโดรคลอริค (HCl) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล
4. กรดบอริค (H_3BO_3) ความเข้มข้น 4%
5. อินดิเคเตอร์ (ประกอบด้วย เมทิลเรด 0.1 กรัมและโบรโมครีซอลกรีน 0.1 กรัม ที่สารละลายในเอธานอลปริมาตร 100 มิลลิลิตร)
6. ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether)
7. Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB) (บริษัท Condalab, Spanish)
8. EC Broth (บริษัท Sisco Research Laboratories Pvt.Ltd, India)
9. Lauryl Sulphatetryptose Broth (LST) (บริษัท Sisco Research Laboratories Pvt., India)
10. Eosin Methylene Blue Agar (EMB agar) (บริษัท Condalab, Spanish)
11. Plate Count Agar (PCA) (บริษัท Sisco Research Laboratories Pvt., India)
12. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 40%
13. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.85%

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 2%
15. โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ความเข้มข้น 2%
16. ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต ($Na_2HPO_4.7H_2O$) ความเข้มข้น 2%
17. น้ำส้มสายชู (Vinegar) ความเข้มข้น 2%
18. เอทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 70% v/v
19. เอทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 95% v/v

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ตัวอย่างแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์

แป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ตรา หงส์ขาว (United flour mill public co., สมุทรปราการ, ประเทศไทย) สารเคมีที่ใช้ได้แก่ น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, เกลือแกง ความเข้มข้น 2% และใช้สารเคมีเกรดงานวิเคราะห์ประกอบไปด้วย โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%

3.2.2 การเตรียมกลูเตน

3.2.2.1 การเตรียมกลูเตนด้วยแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ 250 กรัม

ชั่งแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ 250 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จากนั้นเตรียมน้ำสำหรับนวดแป้ง ปริมาตร 200 มิลลิลิตร (อัตราส่วนแป้งต่อน้ำ 1.25 : 1) ได้แก่ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% ผสมลงในภาชนะเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นพักแป้งโดไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาทำการล้างแป้งโดด้วยน้ำกรองจะได้กลูเตนเปียก ทำ 3 ซ้ำ

หลังจากนั้นนำกลูเตนเปียกที่ได้มาพันกับตะเกียบที่ผ่านการฆ่าเชื้อ นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที ตามด้วยแช่ในน้ำเย็นและนำตะเกียบออก จะได้ตัวอย่างกลูเตนนำมาวิเคราะห์ค่าผลได้ (Yield), ปริมาณความชื้น, ปริมาณโปรตีน, ปริมาณไขมัน, วิเคราะห์ความเข้มของสี, การวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope), วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) และการตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียโดยวิธี Most Probable Number of Coliform Organisms (MPN)

3.2.2.2 การเตรียมกลูเตนด้วยแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีท 150 กรัม

ชั่งแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีท 150 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จากนั้นเตรียมน้ำสำหรับนวดแป้ง ปริมาตร 120 มิลลิลิตร (อัตราส่วนแป้งต่อน้ำ 1.25 : 1) ได้แก่ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% และดำเนินการเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่างกลูเตน ตามข้อ 3.2.2.1 นำมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น, วิเคราะห์ความเข้มของสี และการวิเคราะห์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การเตรียมตัวอย่างกุ้ง

นำกุ้งขาวที่ซื้อจาก TOP Supermarket สาขาลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร ล้างน้ำให้สะอาด ลงไปต้มในน้ำเดือดประมาณ 2 นาที จากนั้นนำกุ้งที่ได้มาแกะหัวและเปลือกออก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ บรรจุใส่ภาชนะที่เตรียมไว้

3.2.4 การเตรียมตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ

นำกุ้งและตัวอย่างกลูเตนชนิดต่างๆ จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ได้แก่ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% รวมถึงนำพริกแห้ง, กระเทียมและหอมแดงที่แห้งสนิทแล้วมาล้างน้ำและปอกเปลือกออกให้สะอาด มาหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นเทน้ำมันใส่กระทะปริมาตร 250 มิลลิลิตร ตั้งไฟให้ร้อนปานกลาง ลงทอดประมาณ 3 นาที จนมีสีเหลืองทอง ใช้ตะหลิวตักขึ้นมาให้สะเด็ดน้ำมัน หลังจากนั้นนำไปโขลกให้ละเอียด เสร็จแล้วบรรจุใส่ภาชนะที่เตรียมไว้

หลังจากนั้นนำกระทะมาตั้งไฟ เทส่วนผสมที่เตรียมไว้ทั้งหมดลงผัดปรุงรสด้วยเกลือและน้ำตาลทราย ผัดคลุกเคล้าให้เข้ากันโดยใช้ไฟอุณหภูมิปานกลางเป็นเวลา 5-10 นาที เสร็จแล้วบรรจุใส่ภาชนะที่เตรียมไว้จะได้น้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ

3.2.5 การวิเคราะห์ค่าผลได้ (Yield)

การหาค่าผลได้ของตัวอย่างกลูเตน เริ่มจากชั่งน้ำหนักของแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ตามด้วยชั่งน้ำหนักกลูเตนที่ผ่านการต้มแล้ว ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จดบันทึกน้ำหนักที่ได้ โดยคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$\text{ค่าผลได้ (Yield)} = \frac{\text{น้ำหนักกลูเตนที่ผ่านการต้ม}}{\text{น้ำหนักแป้งเริ่มต้น}} \times 100$$

3.2.6 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

อบถ้วยอะลูมิเนียมในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ ใส่ลงโถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที หรือจนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงชั่งน้ำหนัก

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอน ใส่ลงในถ้วยอะลูมิเนียม นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาดังกล่าว นำออกจากตู้อบใส่โถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างสามซ้ำ จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบไฟฟ้าและกระทำซ้ำเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม น้ำหนักที่หายไปหลังการอบเป็นปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในอาหารและน้ำหนักที่เหลืออยู่คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid)

3.2.7 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในอาหาร (Kjeldahl Method)

3.2.7.1 ขั้นตอนการย่อย

นำตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแล้วมาบดในโกร่ง ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ นำตัวอย่างใส่ในขวดแก้ววิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl Apparatus) เติมคะตะไลต์ 1 เม็ด ตามด้วยสารละลายกรดซัลฟูริค ปริมาตร 25 มิลลิลิตร จากนั้นทำการย่อย 2-3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างเป็นสีเขียวใส และปิดเพาเวอร์เครื่องย่อย แต่ยังคงเปิดเครื่องดักจับไอกรดไว้เพื่อดักจับไอกรดที่ยังคงเหลืออยู่ จากนั้นยกหลอดย่อยออกมาตั้งพักไว้ให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7.2 ขั้นตอนการกลั่น

ทำการเปิดเพาเวอร์เครื่องกลั่นและเครื่องหล่อเย็น แล้วเซ็ทระบบการทำงานของเครื่องกลั่น และทำการล้างระบบด้วยน้ำกลั่น ตวงสารละลายกรดบอริคความเข้มข้น 4% ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 40% ปริมาตร 45 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร พร้อมหยดอินดิเคเตอร์ผสม 3 หยดเขย่าขวดเบาๆ จะได้สารละลายสีชมพูอ่อนนำมาวางบริเวณเพลทฟอร์ม ให้แท่งแก้วจุ่มอยู่ภายใต้กรดบอริค และนำขวดแก้ววิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl Apparatus) ที่ได้จากการย่อยประกอบเข้ากับเครื่องกลั่น โดยทำการกลั่นเป็นเวลาเวลา 3 นาที เมื่อกลั่นเสร็จนำขวดรูปชมพู่ไปไตเตรทด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกหรือสารละลายกรดซัลฟูริค ไตเตรทจนกว่าสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรเริ่มต้นและปริมาตรที่จุดยุติ

3.2.8 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

3.2.8.1 บดตัวอย่างกุ้ง, กลูเตนน้ำกรอง, กลูเตนน้ำเกลือความเข้มข้น 2% และกลูเตนน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% ที่ผ่านการอบแห้งแล้ว ให้ละเอียดด้วยโกร่งบดสาร แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่งตัวอย่างละ 2 กรัม ลงในกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 ห่อกระดาษกรองใส่ลงในทิมเบิล ประกอบอุปกรณ์ชุดกลั่นไขมันโดยนำทิมเบิลที่มีตัวอย่างใส่ลงในซอกห์เลต (Soxhlet) และฟลาสก์สกัดไขมันที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 3 ซ้ำ ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น และจดบันทึกชั่งน้ำหนักที่แน่นอน นำมาวางบนเตา เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ ปริมาตร 250 มิลลิลิตร พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่น และเปิดสวิทช์ให้ความร้อน โดยทำการสกัดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

3.2.8.2 เมื่อครบกำหนดเวลาดังกล่าว นำสารที่อยู่ในฟลาสก์สกัดไขมัน แยกตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ออกจากไขมัน ด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ จากนั้นนำไขมันที่แยกได้ในฟลาสก์สกัดไขมันไปอบที่ 105 องศาเซลเซียสจนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3.2.9 วิเคราะห์ความเข้มของสี

การวัดความเข้มของสีดำเนินการโดยใช้เครื่อง MiniScan EZ 4500L โดยทำการตั้งค่าเครื่องให้ได้มาตรฐาน (Calibrate) นำแผ่นเทียบสีมาตรฐานทรงกระบอกสีดำเงามาวางบนเครื่องสแกนวัดค่าสี ตามด้วยแผ่นเทียบสีมาตรฐานทรงกระบอกสีขาวมาวางบนเครื่องสแกนวัดค่าสี หลังจากนั้นนำตัวอย่างกุ้งขาวต้ม, กลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์, กลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีทและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ในน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% มาสับให้ละเอียดใส่ลงในเพลทพลาสติกจนทึบแสงมาวางบนเครื่องสแกนวัดค่าสี โดยดำเนินการทดลองวัดความเข้มของสีตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.2.10 การวิเคราะห์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

นำตัวอย่างกลูเตน หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จัดวางเรียงบนเพลท จากนั้นนำเพลทที่บรรจุกลูเตนเข้าตู้ Freezer ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำเพลทเข้าเครื่อง Freeze dry เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) ยี่ห้อ LEO รุ่น LEO 1455 VP (Germany)

3.2.11 ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี Total Plate Count

นำตัวอย่างกุ้งขาวต้ม, กลูเตนและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ มาบดให้ละเอียดด้วยโกร่งบดสาร จากนั้นชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม ใส่ลงใน Eppendrof ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ทำการเจือจางด้วย NaCl 0.85% ปริมาตรละ 0.9 มิลลิลิตร ที่ระดับการเจือจาง 10^{-2}-10^{-6} จากนั้นดูดสารละลายที่ระดับการเจือจาง 10^{-4}-10^{-6} ปริมาตรละ 100 ไมโครลิตร ที่ระดับการเจือจางละ 3 ซ้ำ ลงในอาหาร Plate Count Agar (PCA) โดยใช้วิธี Spread Plate จากนั้นนำไปบ่มที่ตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีให้อยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี

3.2.12 การตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียโดยวิธี Most Probable Number of Coliform Organisms (MPN)

การวิเคราะห์โคลิฟอร์มแบคทีเรียเช่น *Escherichia coli* ในน้ำพริกสวรรค์ โดยใช้ตัวควบคุม (กุ้ง) และกลูเตน ที่ได้จากการเตรียมสารละลายที่แตกต่างกันในการทำน้ำพริกสวรรค์ ซึ่งการทดสอบมีทั้งหมด 3 ขั้นตอน เพื่อหาเชื้อ *E. coli* การทดสอบขั้นแรก (Presumptive Test) จะสังเกตความขุ่นและการเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ เพื่อนำไปทดสอบต่อไป ขั้นที่สองการทดสอบขั้นยืนยัน (Confirm Test) เนื่องจากการเกิดก๊าซในการทดสอบขั้นแรกยังไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่าแบคทีเรียที่อยู่ในตัวอย่างเป็นโคลิฟอร์มแบคทีเรียหรือฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ดังนั้นจึงต้องทดสอบยืนยันโดยการถ่ายเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bile Broth บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 44.5 ± 0.2 องศาเซลเซียส เพื่อทดสอบ หาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ EC Medium บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 ± 0.5 องศาเซลเซียส สังเกตความขุ่นและการเกิดก๊าซเช่นเดิม ส่วนหลอดใดให้ผลบวกเกิดก๊าซจากหลอด EC Medium ให้นำไปอ่านค่าจากตาราง MPN และขั้นสุดท้าย การทดสอบขั้นสมบูรณ์ (Completed Test) หากเกิดผลบวกแสดงว่าหลอดนั้น มีฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

3.2.13 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี DMRT (Duncan's new Multiple Range Test) โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณค่าผลได้ (% Yield)

จากการศึกษาการวิเคราะห์หาค่าผลได้ของตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ 250 กรัม เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ DMRT (Duncan's new Multiple Range Test) พบว่า เปอร์เซ็นต์ค่าผลได้ของตัวอย่างกลูเตนในน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชู ความเข้มข้น 2% ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อพิจารณาที่ตัวอย่างกลูเตนในน้ำกรองมีเปอร์เซ็นต์ค่าผลได้สูงสุด เท่ากับ 40.47 ± 0.92% และกลูเตนในน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 40.13 ± 0.59% ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์การหาปริมาณค่าผลได้ (% yield) ของตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	ปริมาณค่าผลได้ (%)
น้ำกรอง	40.47 ± 0.92^{a}
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	40.43 ± 0.47^{a}
น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	40.13 ± 0.59^{a}

หมายเหตุ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ DMRT (Duncan's new Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า กลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีทเมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรองมีค่าสูงสุด เท่ากับ 70.06 ± 8.13% และ 58.66 ±

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.29% ตามลำดับ และกลูเตนเมื่อใช้ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต 2% ของแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีท มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 58.48 ± 0.83% และ 47.18 ± 2.27% ตามลำดับ ดังแสดงตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างกุ้งขาวต้ม,ตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีทเมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2 %, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	ปริมาณความชื้น (%)	
	แป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์	แป้งข้าวสาลีโฮลวีท
น้ำกรอง	70.06±8.13[a]	58.66±0.29[a]
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	68.89±7.17[a]	42.48±2.90[b]
น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2 %	68.48±2.67[a]	41.21±5.61[b]
โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2%	58.73±0.55[a]	47.68±1.86[b]
ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%	58.48±0.83[a]	47.18±2.27[b]
ตัวควบคุม (กุ้ง)	67.41 ± 1.42[a]	

หมายเหตุ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

เมื่อเติมสารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% ในแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีท ช่วยดึงน้ำออกจากโมเลกุลของโปรตีนกลูเตนในผลิตภัณฑ์ จึงเกิดการสูญเสียน้ำอิสระที่เกิดขึ้นภายหลังกระบวนการการหาความชื้นเพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลให้ปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์รวมถึงค่าผลได้มีค่าลดน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลูเตนเมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Nicolae และคณะ (2015) พบว่าการเพิ่มส่วนผสมของโซเดียมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส 0%, 1% และ 2% ส่งผลให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์กลูเตนในขั้นตอนสุดท้ายมีค่าลดลงเพราะว่าทำให้โปรตีนเกิดการละลายน้ำสูงขึ้น

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีน

จากการหาปริมาณความชื้นจึงคัดเลือกแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายจากน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% และกุ้งขาวต้ม นำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีนด้วยวิธีเจลดาห์ล เป็นวิธีการหาปริมาณโปรตีนโดยตรงซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของแป้งแต่ไม่สามารถบ่งชี้องค์ประกอบของโปรตีน พบว่า กลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% มีปริมาณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและเปอร์เซ็นต์โปรตีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 4.3) เมื่อคำนวณจากตัวอย่างแห้งที่ไม่มีน้ำควรจะได้ปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 40-60% สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tuhumury และคณะ (2014) (Tuhumury และคณะ, 2014) และ McCann และคณะ (2013) (McCann และคณะ, 2013) ที่พบว่าการใช้เกลือ NaCl ประมาณ 2% จะทำให้เกิดโครงสร้างกลูเตนได้มากกว่าการไม่เติมเกลือ NaCl

นอกจากนี้กลูเตนยังมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ, ความเหนียว, ความหนืด และความยืดหยุ่น โดยโครงสร้างของกลูเตนแบ่งออกเป็นสองส่วนหลักๆ ได้แก่ ส่วนที่ละลายในแอลกอฮอล์คือไกลอะดิน และส่วนที่ละลายน้ำคือกลูเตนนิน โดยส่วนของโปรตีนกลูเตนจะถูกเชื่อมโยงด้วยพันธะไดซัลไฟด์ และการเกิดพันธะไฮโดรเจน, พันธะไฮโดรโฟรบิค และพันธะไอออนิก, ยังมีส่วนสำคัญในการรวมตัวของไกลอะดินรวมถึงโครงสร้างและคุณสมบัติทางกายภาพของโปรตีนกลูเตน (Wieser และคณะ, 2007)

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนของตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณโปรตีน (%)
น้ำกรอง	2.64 ± 0.08^{a}	14.65 ± 0.46^{a}
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	2.57 ± 0.07^{a}	15.07 ± 0.40^{a}
น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	2.66 ± 0.02^{a}	15.17 ± 0.36^{a}
ตัวควบคุม (กุ้ง)	2.16 ± 0.02^{b}	13.47 ± 0.13^{b}

หมายเหตุ กำหนดให้ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

4.4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณไขมันของตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ DMRT (Duncan's new Multiple Range Test) พบว่า ตัวควบคุม(กุ้ง)มีค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงสุดเท่ากับ 2.54 ± 0.01% มีความแตกต่างกับปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันของตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อพิจารณาที่ปริมาณไขมันเมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง มีค่าเท่ากับ 1.55 ± 0.25% ซึ่งมีค่าสูงกว่ากลูเตนเมื่อใช้ตัวทำละลายด้วยสารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% เท่ากับ 1.23 ± 0.02% และ1.27 ± 0.02% ตามลำดับ ดังแสดงตารางที่ 4.4 จากการวิจัยของ Gazmuri และคณะ (2019) พบว่า การวิเคราะห์กระบวนการเผาผลาญแสดงให้เห็นว่าอาหารมังสวิรัติสามารถลดปริมาณคลอเลสเตอรอลในเลือดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ใช้ยา มีประโยชน์ในการจัดการภาวะไขมันในเลือดที่ผิดปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาวะไขมันในเลือดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันของตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	ปริมาณไขมัน (%)
น้ำกรอง	1.55 ± 0.25^{b}
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	1.23 ± 0.02^{c}
น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	1.27 ± 0.02^{c}
ตัวควบคุม(กุ้ง)	2.54 ± 0.01^{a}

หมายเหตุ กำหนดให้ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

การลดลงของปริมาณไขมันอาจเป็นผลมาจากโครงสร้างของเส้นใยของกลูเตน สอดคล้องกับผลการทดลองการวิเคราะห์การส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จะพบว่า การผลิตกลูเตนเมื่อใช้สารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% ช่วยให้ไขมันที่อยู่ในโครงสร้างกลูเตนเกิดการละลายน้ำเพิ่มขึ้น จึงส่งให้ปริมาณไขมันของกลูเตนเมื่อใช้สารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% มีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างกลูเตนเมื่อใช้น้ำกรอง และการศึกษาของ Bragagnolo และคณะ (2001) พบว่าปริมาณไขมันคอเลสเตอรอลและกรดไขมันรวมในกุ้งก้ามกราม และในกุ้งทะเลธรรมชาติ ความเข้มข้นของไขมันทั้งหมดอยู่ที่ 0.9–1.0 กรัม/100 กรัม ในสัตว์ทะเลและ 1.1 กรัม/100 กรัม ในน้ำจืดไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแง่ของแหล่งกำเนิดของตัวอย่างและขนาด ระดับคอเลสเตอรอลอยู่ระหว่าง 114-139 มิลลิกรัม/100 กรัม กรดไขมันหลักในกุ้งทะเลคือ C16 : 0, C20 : 5n-3, C22 : 6n-3, C18 : 1n-9, C18 : 0, 16 : 1n-7, 20 : 4n-6, และ 18 : 1N-7 ในกุ้งน้ำจืด กรดไขมันที่สำคัญคือ C16 : 0, C20 : 5n-3, C18 : 1n-9, C18 : 0, C22 : 6n-3, C18 : 2n-6, C17 : 0 และ C18 : 1N-7 (Bragagnolo และคณะ, 2001)

โดยไขมันในกุ้งมีปริมาณคอเลสเตอรอลมากกว่ากรดไขมันอิสระและไตรกลีเซอรอลที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในทุกส่วนของข้าวสาลี กรดไขมันที่มีมากที่สุดในไขมันอะซิลที่วิเคราะห์คือ C16 : 0 และ C18 : 2 มีรายงานว่ามีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำขนมปัง ในขณะที่กรดไขมันอิสระและไตรกลีเซอรอลถือว่าเป็นอันตราย (González และคณะ, 2015)

4.5 การวิเคราะห์ความเข้มสี

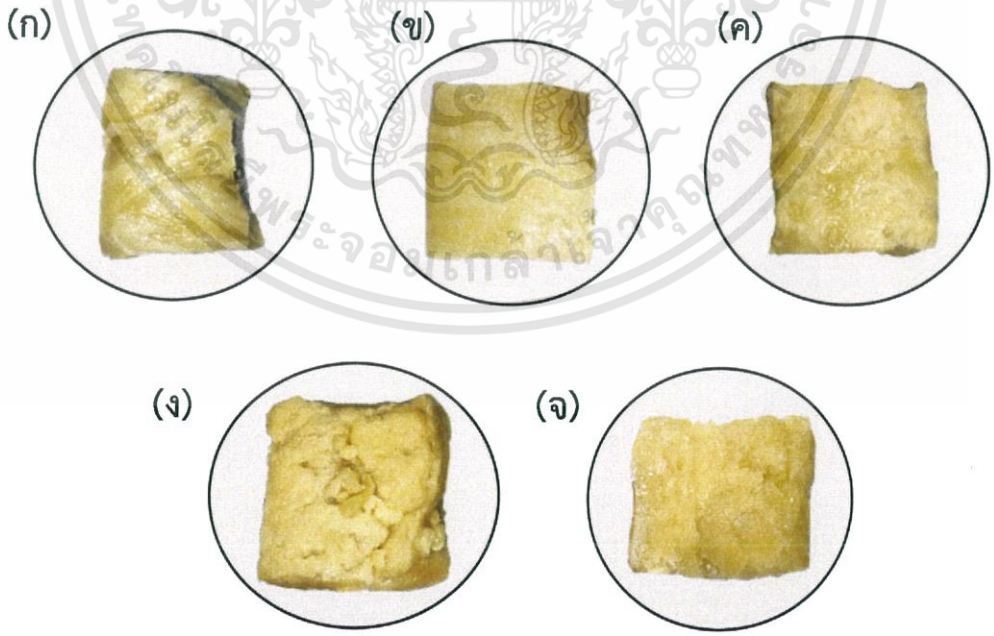
จากผลการวิเคราะห์หาความเข้มของสีของตัวอย่างกุ้งขาวต้ม,ตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์,ตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์และตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%,น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% (รูปที่ 4.5) โดยดำเนินการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ DMRT (Duncan's new Multiple

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า ตัวอย่างกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกันจะมีค่า L*, a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.5) ค่า L* ของตัวควบคุม(กุ้ง) มีค่า L* สูงที่สุด (L*=99.08) รองลงมาคือกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้สารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 2% (L*=97.49) และกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้สารละลายน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% (L*=96.57) ที่มีค่าลดลงใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้สารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% พบว่ามีค่า L* ต่ำสุด(L*=91.17) ซึ่งน้อยกว่ากลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายด้วยน้ำกรอง (L*=91.50) และที่สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% (L*=92.51) อย่างมีนัยสำคัญ

ค่า a* ของตัวควบคุม(กุ้ง) มีค่า a*=10.28 ซึ่งสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2 % โดยมีค่า a*=2.55 และเมื่อพิจารณาค่า a* ของกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ที่เมื่อใช้สารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% (a*=1.15), น้ำกรอง (a*=1.02), น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% (a*=0.69) และน้ำเกลือความเข้มข้น 2% (a*=0.58) จะมีค่า a* ลดลงตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ

ค่า b* ของกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% มีค่า b* สูงที่สุด(b*=26.17) อย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง (b*=24.41) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุม(กุ้ง) พบว่ากุ้งมีค่า b* ต่ำสุด โดยมีค่า b*=18.52 ซึ่งน้อยกว่ากลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ที่ใช้สารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 2% (b*=24.15), โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% (b*=23.02) และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% (*b=21.98) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5)



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน (ก) น้ำกรอง, (ข) น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, (ค) น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, (ง) โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และ (จ) แทนไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ตัวอย่างตัวควบคุม (กุ้ง) และตัวอย่างกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำกรอง, สารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 2% และสารละลายน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

ตัวอย่างกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์	ค่าความเข้มสี		
	L*	a*	b*
น้ำกรอง	91.50±3.66^{a}	1.02±0.38^{b}	24.41±0.33^{ab}
น้ำเกลือ 2%	97.49±1.03^{a}	0.58±0.17^{b}	24.15±1.23^{ab}
น้ำส้มสายชู 2 %	96.57±4.80^{a}	0.69±0.09^{b}	21.98±2.22^{b}
โซดียมซัลเฟต 2%	91.17±0.15^{a}	1.15±0.02^{b}	23.02±0.04^{ab}
ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต2%	92.51±0.07^{a}	2.55±0.11^{b}	26.17±0.19^{a}
ตัวควบคุม (กุ้ง)	99.08±0.01^{a}	10.28±3.06^{a}	18.52± 0.35^{c}

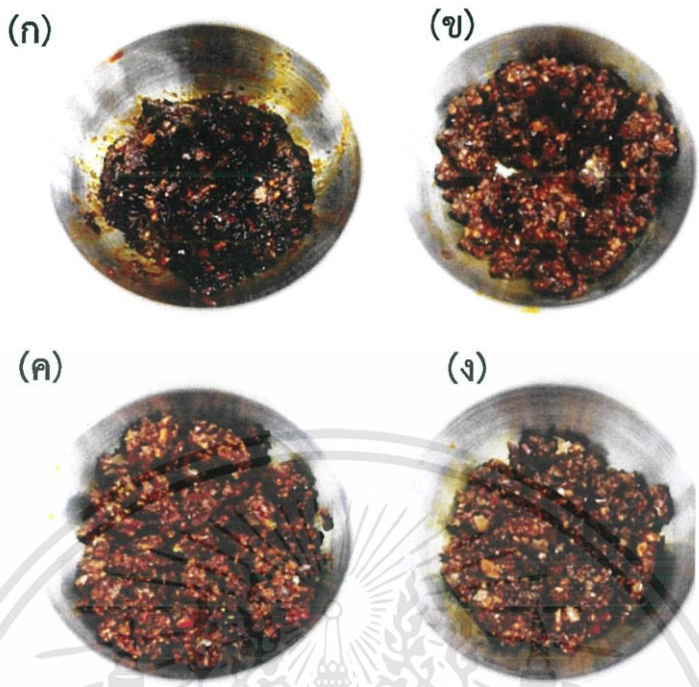
หมายเหตุ ค่าL* ที่เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจน เป็นสีคล้ำ ค่า a* ที่เป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดง ค่า a* ที่เป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว ค่า b* ที่เป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง แต่ถ้าค่า b* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน กำหนดให้ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

จากผลการวิเคราะห์หาความเข้มของสีของน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ ได้แก่ตัวควบคุม(กุ้ง) และตัวอย่างกลูเตนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และสารละลายน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% (รูปที่ 4.2) โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ DMRT (Duncan's new Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติเมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันจะมีค่า L*, a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติในกลูเตนน้ำส้มสายชูมีค่า L* สูงที่สุด (L*=31.65) รองลงมาคือน้ำพริกสวรรค์ในกลูเตนน้ำเกลือความเข้มข้น 2% (L*=29.34), น้ำกรอง (L*=29.24) และตัวควบคุม(กุ้ง) (L*=29.06) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6)

ค่า a* ของตัวควบคุม(กุ้ง) มีค่า a*=14.37 ซึ่งสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติในกลูเตนน้ำกรอง โดยมีค่า a*=13.96 และเมื่อพิจารณาค่า a* ของน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติในกลูเตนน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% (a*=13.51) และน้ำเกลือความเข้มข้น 2% (a*=13.42) จะมีค่า a* ลดลงตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.6)

ค่า b* ของน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติในกลูเตนน้ำเกลือ 2% มีค่า b* สูงที่สุด (b*=15.48) อย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติของกลูเตนน้ำกรอง (b*=13.53) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุม(กุ้ง) พบว่ากุ้งมีค่า b* น้อยสุด โดยมีค่า b*=2.76 ซึ่งน้อยกว่าน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติของกลูเตนในน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% (b*=12.93) (ตารางที่ 4.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 น้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ (ก) น้ำพริกสวรรค์กุ้ง (ตัวควบคุม), (ข) น้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติกลูเตนน้ำกรอง, (ค) น้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติกลูเตนน้ำเกลือความเข้มข้น 2% และ (ง) น้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความเข้มของสีในตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติเมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน ได้แก่ กุ้ง และกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน ได้แก่ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

ตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ	ค่าความเข้มสี		
	L*	a*	b*
น้ำกรอง	29.24 ± 0.02^{b}	13.96 ± 0.12^{ab}	13.53 ± 0.10^{b}
น้ำเกลือ 2%	29.34 ± 0.24^{b}	13.42 ± 0.28^{b}	15.48 ± 0.23^{a}
น้ำส้มสายชู 2 %	31.65 ± 0.02^{a}	13.51 ± 0.02^{b}	12.93 ± 0.13^{c}
ตัวควบคุม (กุ้ง)	29.06 ± 0.03^{b}	14.37 ± 0.08^{a}	2.76 ± 0.38^{b}

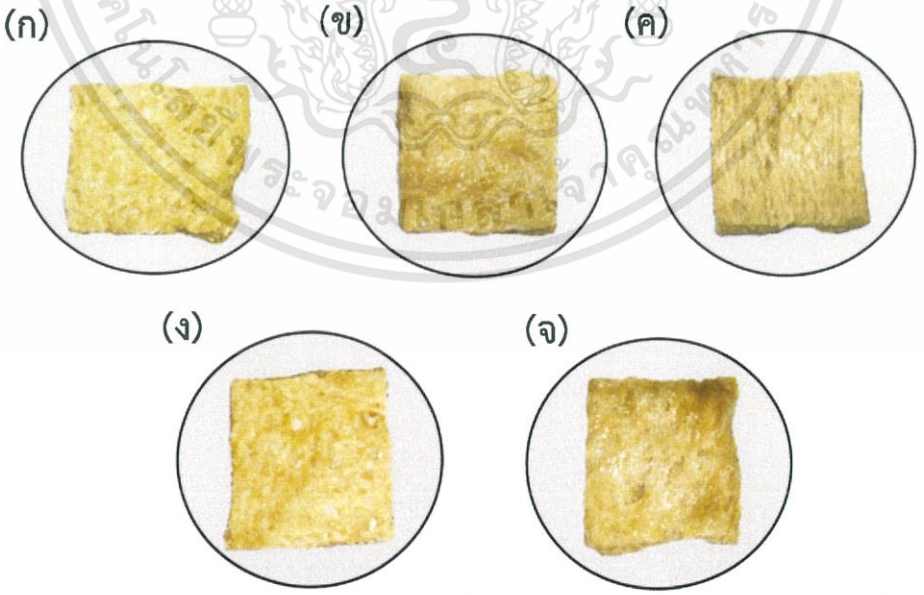
หมายเหตุ ค่า L* ที่เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจน เป็นสีคล้ำ ค่า a* ที่เป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดง ค่า a* ที่เป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว ค่า b* ที่เป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง แต่ถ้าค่า b* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน กำหนดให้ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์หาความเข้มของสีของตัวอย่างกลูเตนแป้งข้าวสาลีทั้งโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) (รูปที่ 3) และเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ DMRT (Duncan's new Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าตัวอย่างกลูเตนแป้งข้าวสาลีทั้งโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันจะมีค่า L*, a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.7) โดยกลูเตนแป้งข้าวสาลีทั้งเมล็ด เมื่อใช้สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% มีค่า L* มากสุด (L*=79.67) รองลงมาคือกลูเตนแป้งข้าวสาลีทั้งโฮลวีท เมื่อใช้สารละลายโซดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2 % (L*=78.36), น้ำเกลือความเข้มข้น 2% (L*=76.37) และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% (L*=76.37) ตามลำดับ

ค่า a* ของกลูเตนแป้งข้าวสาลีทั้งโฮลวีท เมื่อใช้สารละลายน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% มีค่า a*=7.37 ซึ่งมากสุดอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือกลูเตนแป้งข้าวสาลีโฮลวีทของ น้ำเกลือความเข้มข้น 2% โดยมีค่า a*=7.11 และเมื่อพิจารณาค่า a* ของกลูเตนแป้งข้าวสาลีโฮลวีท ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% (a*=6.81), โซดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% (a*=6.26) และน้ำกรอง (a*=5.81) จะมีค่า a* ลดลงตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ

ค่า b* ของกลูเตนแป้งข้าวสาลีโฮลวีท ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% มีค่า b* มากสุด (b*=34.09) อย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือกลูเตนแป้งข้าวสาลีโฮลวีท น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% (b*=32.66) เมื่อเปรียบเทียบกับกลูเตนแป้งข้าวสาลีโฮลวีท น้ำกรอง พบว่ามีค่า b* น้อยสุด โดยมีค่า b*=30.39 ซึ่งน้อยกว่ากลูเตนแป้งข้าวสาลีโฮลวีท โซดียมซัลเฟต 2% (b*=31.94) และน้ำเกลือ 2% (b*=31.15) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7)



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างกลูเตนแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน (ก) น้ำกรอง, (ข) น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, (ค) น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, (ง) โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2 % และ (จ) ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ตัวอย่างกลูเตนแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%,น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%

ตัวอย่างกลูเตนแป้งข้างสาลีทั้งเมล็ด(โฮลวีท)	ค่าความเข้มสี		
	L*	a*	b*
น้ำกรอง	77.61±0.04^{c}	5.81±0.08^{d}	30.39±0.16^{d}
น้ำเกลือ 2%	76.37±0.10^{d}	7.11±0.01^{a}	31.15±0.04^{c}
น้ำส้มสายชู 2 %	76.37±0.06^{d}	7.37±0.19^{a}	32.66±0.01^{a}
โซดียมซัลเฟต 2%	78.36±0.30^{b}	6.26±0.02^{c}	31.94±0.03^{b}
ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต 2%	79.67±0.12^{a}	6.81±0.01^{b}	34.09±0.23
ตัวควบคุม (กุ้ง)	99.08±0.01^{a}	10.28± 3.06^{a}	18.52± 0.35^{c}

หมายเหตุ ค่า L* ที่เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจน เป็นสีคล้ำ ค่า a* ที่เป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดง ค่า a* ที่เป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว ค่า b* ที่เป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง แต่ถ้าค่า b* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน กำหนดให้ a, b, c และ d ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

4.6 ผลการวิเคราะห์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

จากผลการศึกษาการวิเคราะห์ตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า และ 5,000 เท่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 30 ไมโครเมตร และ 100 ไมโครเมตร พบว่ารูปที่ 4.4 แสดงโครงสร้างของกุ้งขาวต้ม ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า (รูป A1) มีลักษณะพื้นผิวสัมผัสที่เป็นแผ่นเรียบ มีรูพรุนเล็กน้อย มีเส้นใยขนาดเล็กคล้ายร่างแหพาดผ่านเป็นแนวขวางระหว่างผิวสัมผัสที่เป็นแผ่นใหญ่ และเมื่อพิจารณากำลังขยาย 5,000 เท่า (รูป A2) มีลักษณะเส้นใยเป็นรูปท่อนสี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียงกระจัดกระจายเกาะตามพื้นผิวที่เป็นโครงสร้างหลัก มีช่องว่างที่เป็นรูขนาดใหญ่จำนวนเล็กน้อย

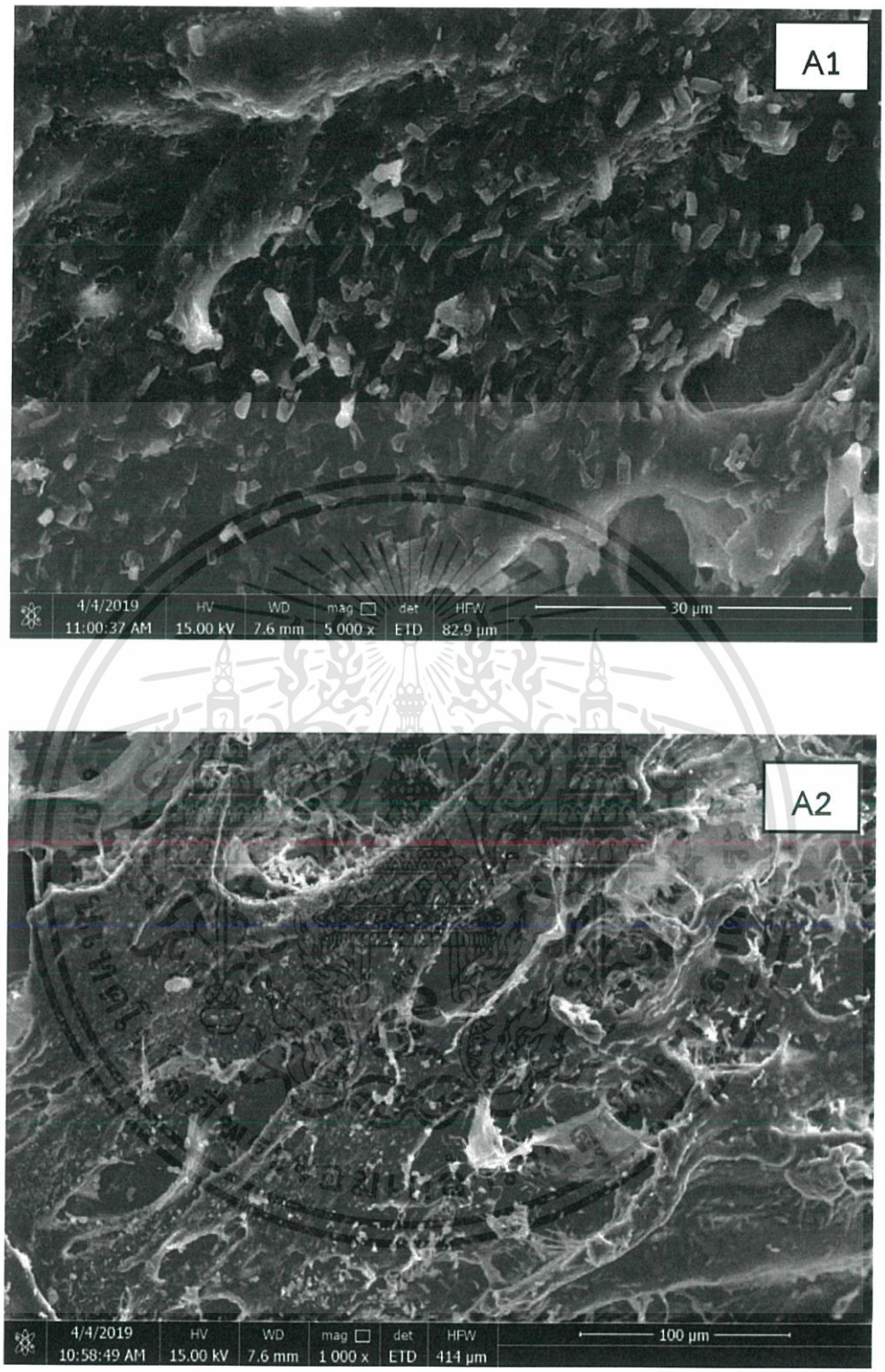
ผลการศึกษาการวิเคราะห์ตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง (รูปที่ 4.5), น้ำเกลือความเข้มข้น 2% (รูปที่ 4.6) และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% (รูปที่ 4.7) พบว่า กลูเตนในน้ำกรอง กำลังขยาย 1,000 เท่า (รูป B1) มีลักษณะการจัดเรียงของโครงสร้างเส้นใยของกลูเตนที่ไม่เป็นระเบียบ และพบมวลรวมของโปรตีนกลูเตนขนาดใหญ่ เกิดการแผ่ของเส้นใยเล็กน้อย เมื่อพิจารณาที่ (รูป B2) ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า พบโครงสร้างรูพรุนขนาดเล็กกระจายบนพื้นผิวอย่างสม่ำเสมอ พื้นผิวมีลักษณะเรียบเนียน โค้ง ไล่ระดับตามลักษณะการขึ้นรูปของกลูเตน โดยเส้นใยไม่เกิดการยืดตัวในแนวขนาน ซึ่งเกิดจากพันธะของกลูเตนที่ทำปฏิกิริยากับตัวทำละลายน้ำกรอง มีสภาพที่เป็นกลางจึงส่งผลให้โครงสร้างของกลูเตนมีความแข็งแรงและเกิดความเครียดขึ้นภายในโปรตีนอย่างรวดเร็ว และเมื่อพิจารณากลูเตนในน้ำเกลือความเข้มข้น 2% ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า (รูป C1) พบว่าโครงสร้างของกลูเตน มีการจัดเรียงตัวในแนวขนานที่เป็นระเบียบมากขึ้นและเมื่อพิจารณาที่ กำลังขยาย 5,000 เท่า (รูป C2) มีลักษณะของการเกิดรูพรุนของโปรตีนกลูเตนที่มีขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่สลับกับรูพรุนขนาดเล็ก มากกว่ากลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ในน้ำกรอง ซึ่งกลูเตนทั้งสองชนิดมีลักษณะที่แตกต่างจากกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ในน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% อย่างเห็นได้ชัดเมื่อพิจารณาที่รูป D1 กำลังขยาย 1,000เท่า พบว่า โครงสร้างของโปรตีนกลูเตนมีลักษณะเป็นรูพรุนกระจายบนพื้นผิวอย่างสม่ำเสมอ และเมื่อพิจารณาที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (รูป D2) พบเส้นใยเชื่อมระหว่างรูพรุนเล็กน้อย ซึ่งการเกิดรูพรุนจำนวนมากอาจเป็นผลมาจากขั้นตอนของการพักแป้งโดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง น้ำส้มสายชูมีความเป็นกรดทำให้เกิดการหมักจึงส่งผลให้โครงสร้างมีลักษณะขึ้นฟูคล้ายฟองน้ำ ผลจากการศึกษาการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด สอดคล้องกับผลการทดลองการหาปริมาณความชื้น และค่าผลได้ โดยพบว่า ปริมาณของรูพรุนที่เพิ่มขึ้นในโปรตีนกลูเตนช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความชื้นและค่าผลได้มีค่าน้อยลง เนื่องจากในขั้นตอนการหาปริมาณความชื้น โปรตีนกลูเตนเกิดการสูญเสียน้ำในโปรตีนมากขึ้นเมื่อผ่านการอบด้วยตู้อบลมร้อน เป็นเวลา 72 ชั่วโมง สารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% ส่งผลให้เส้นใยเกิดการกระจายตัวบนพื้นผิวมากขึ้น

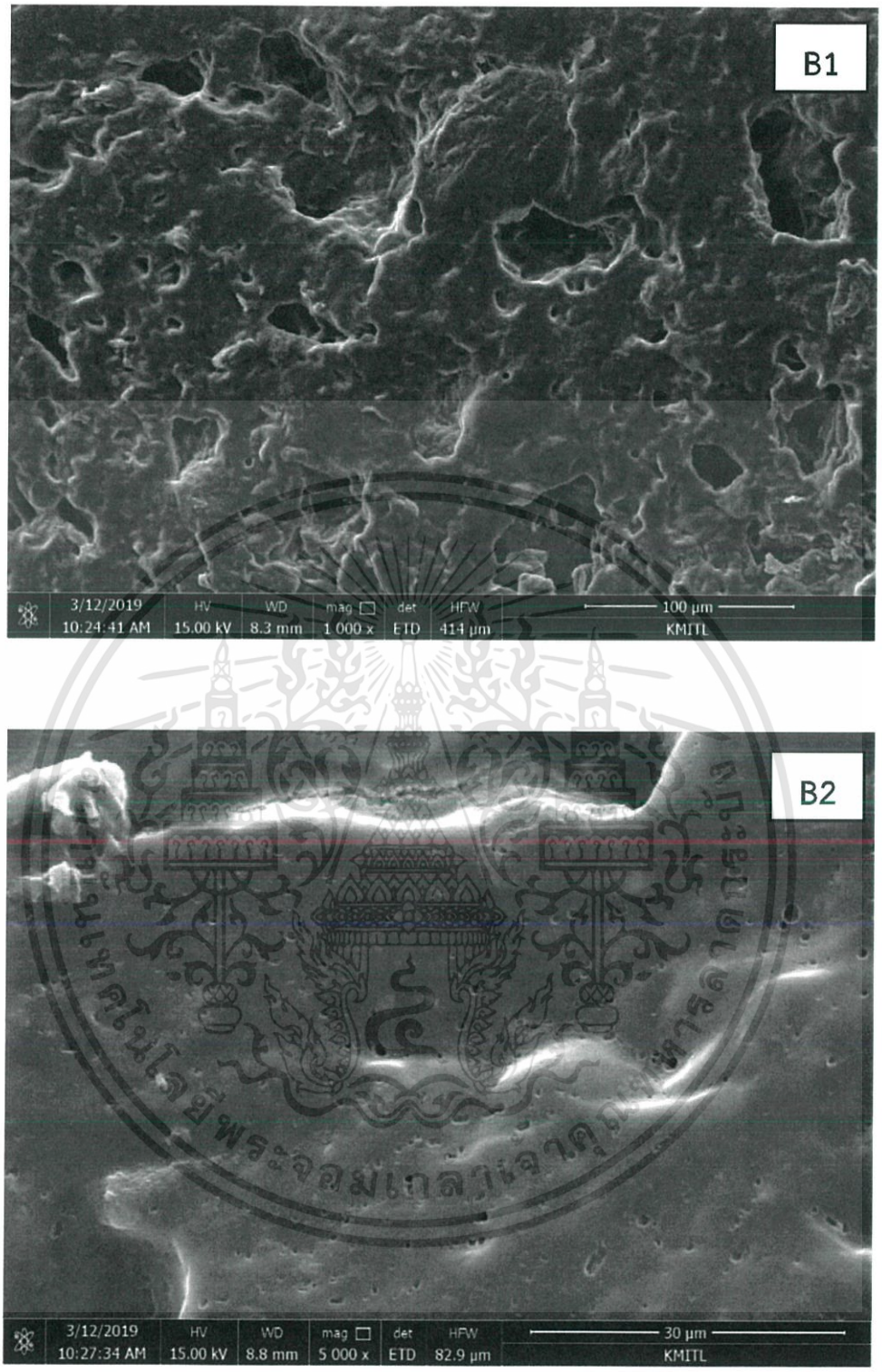
จากผลการศึกษาการวิเคราะห์ตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายด้วยสารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% (รูปที่ 4.8) และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% (รูปที่ 4.9) ที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า และ 5,000เท่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 30 ไมโครเมตร และ 100 ไมโครเมตร พบว่ากลูเตนเมื่อใช้โซเดียมซัลเฟต กำลังขยาย 1,000 เท่า (รูป E1) มีลักษณะเป็นรูพรุนมีขนาดความลึกและเส้นผ่านศูนย์กลางของแต่ละรูแตกต่างกัน และพบเส้นใยเชื่อมต่อระหว่างรูพรุนจำนวนมาก และเมื่อพิจารณาที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (รูป E2) พื้นผิวด้านบนมีลักษณะเรียบเนียน และรูพรุนมีลักษณะค่อนข้างกลมและลึก เมื่อเปรียบเทียบกับกลูเตนเมื่อใช้ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า (รูป F1) พื้นผิวด้านบนมีลักษณะเรียบเนียน โค้ง พบรูพรุนและเส้นใยการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ และเมื่อพิจารณาที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (รูป F2) พบรูพรุนของโปรตีนกลูเตนค่อนข้างหนา เกาะกลุ่มรวมกัน และพบเส้นใยเชื่อมระหว่างรูพรุนเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ E2 แต่อย่างไรก็ตาม กลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายด้วยสารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% พบการกระจายตัวของเส้นใยและการเกิดรูพรุนมากกว่ากลูเตนเมื่อใช้ตัวทำละลายด้วยน้ำกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



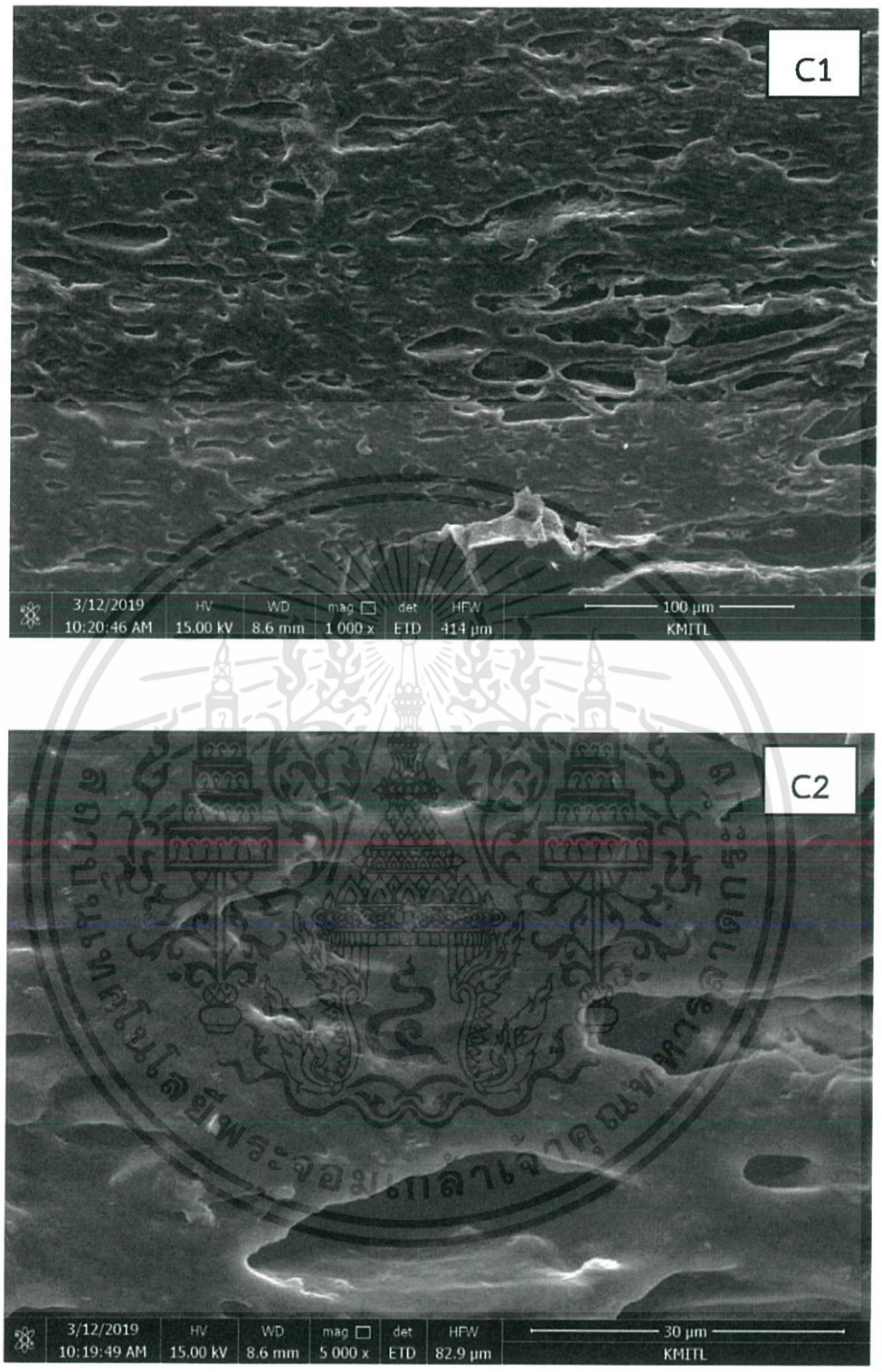
รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายหน้าตัดของกุ้งทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(SEM)กำลังขยาย 1,000 เท่า (A 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (A 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



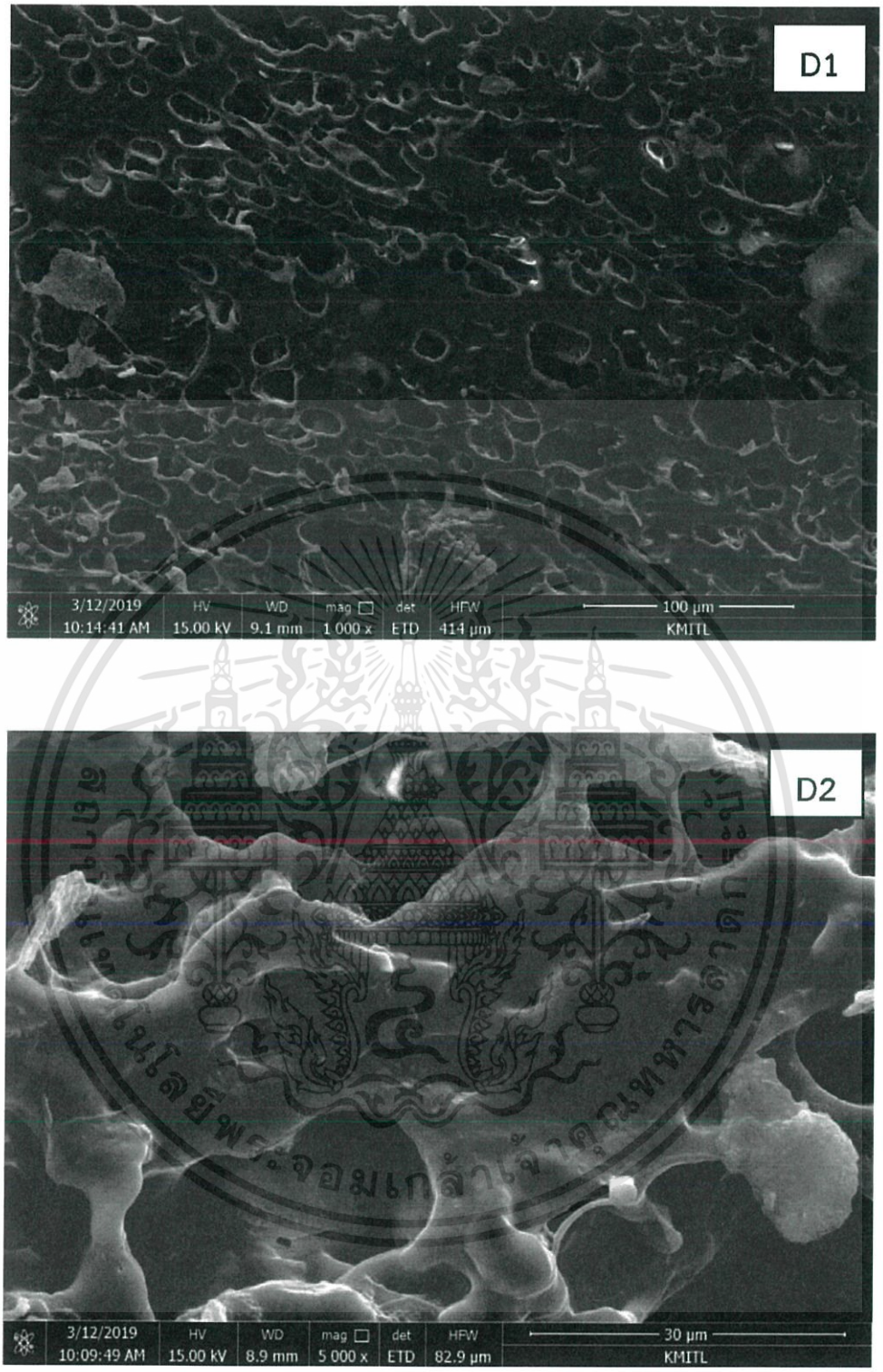
รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ ที่ใช้น้ำกรองด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (B 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (B 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



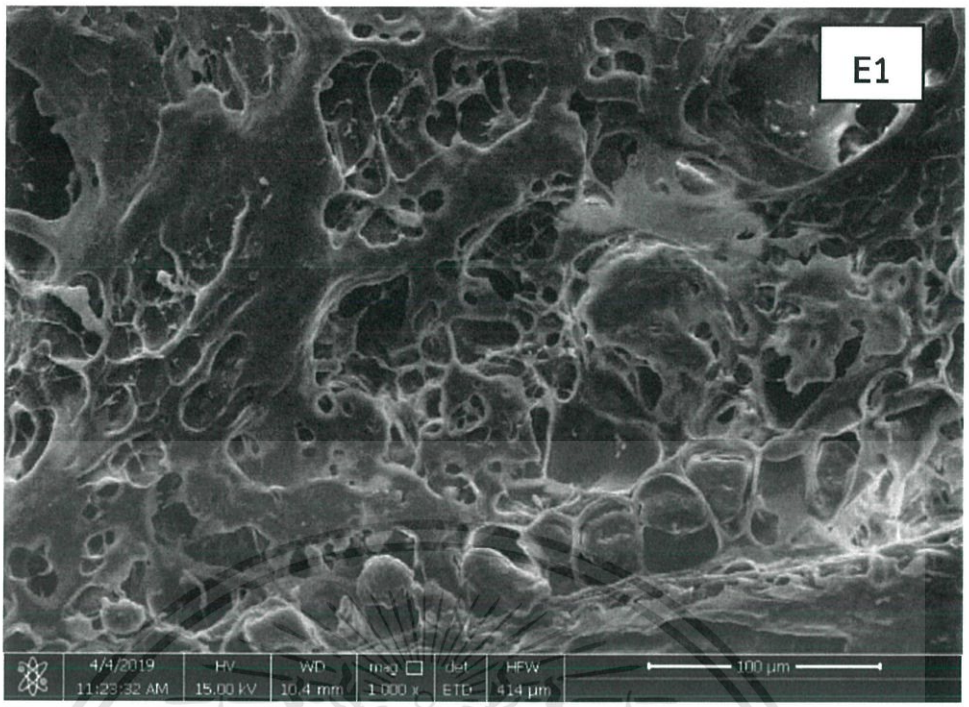
รูปที่ 4.6 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ ที่ใช้น้ำเกลือความเข้มข้น 2% ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (C 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (C 2)

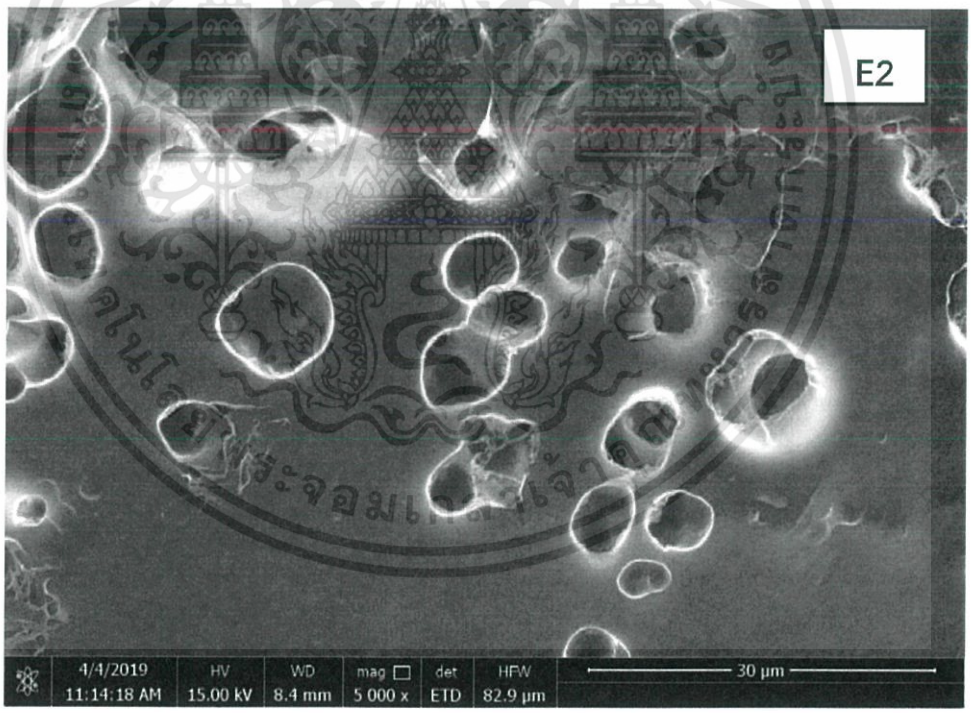
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ ที่ใช้น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2 % ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (D 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (D 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (E 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (E 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (F 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (F 2)

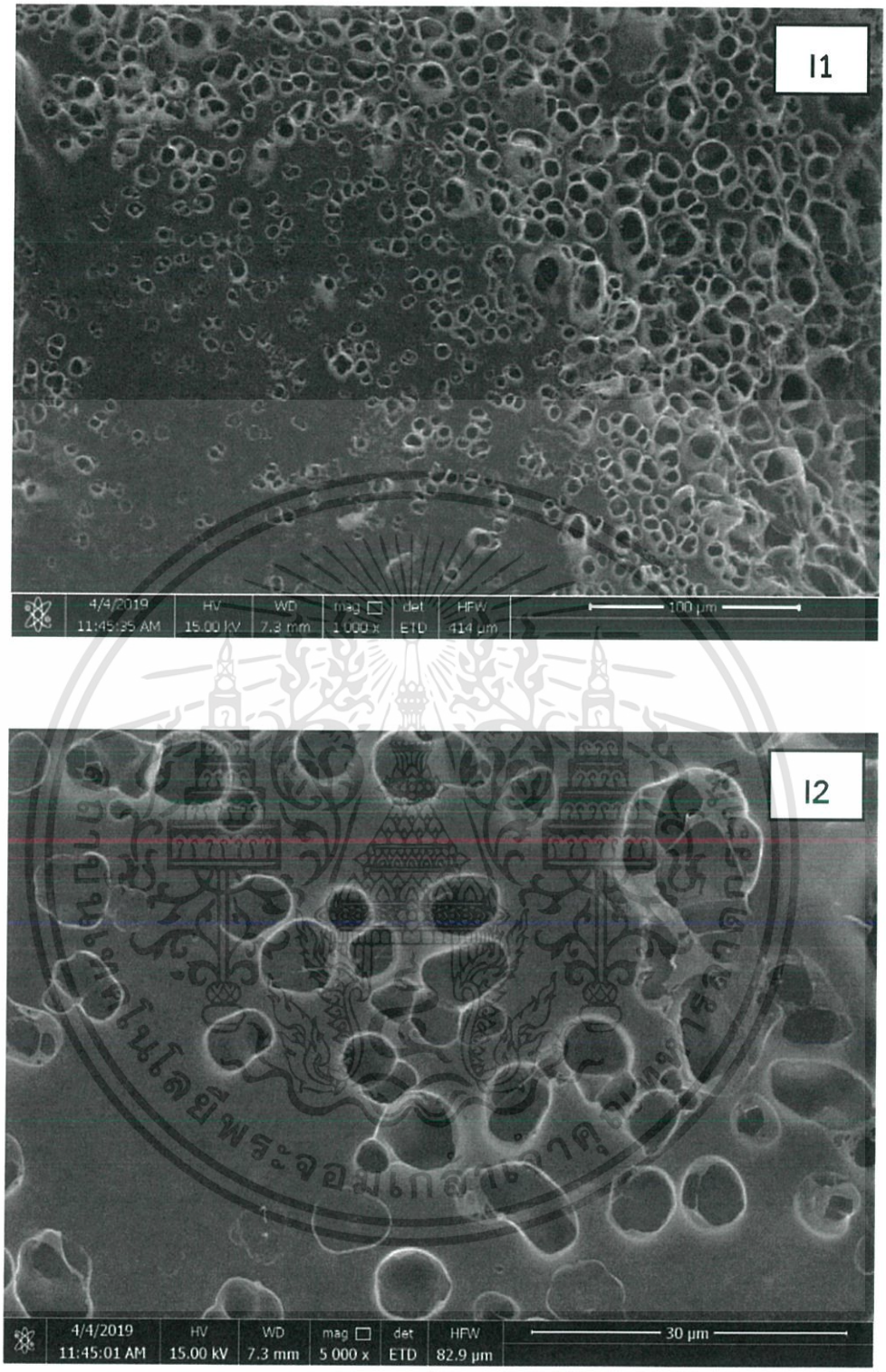
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้น้ำกรอง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (G 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (G 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

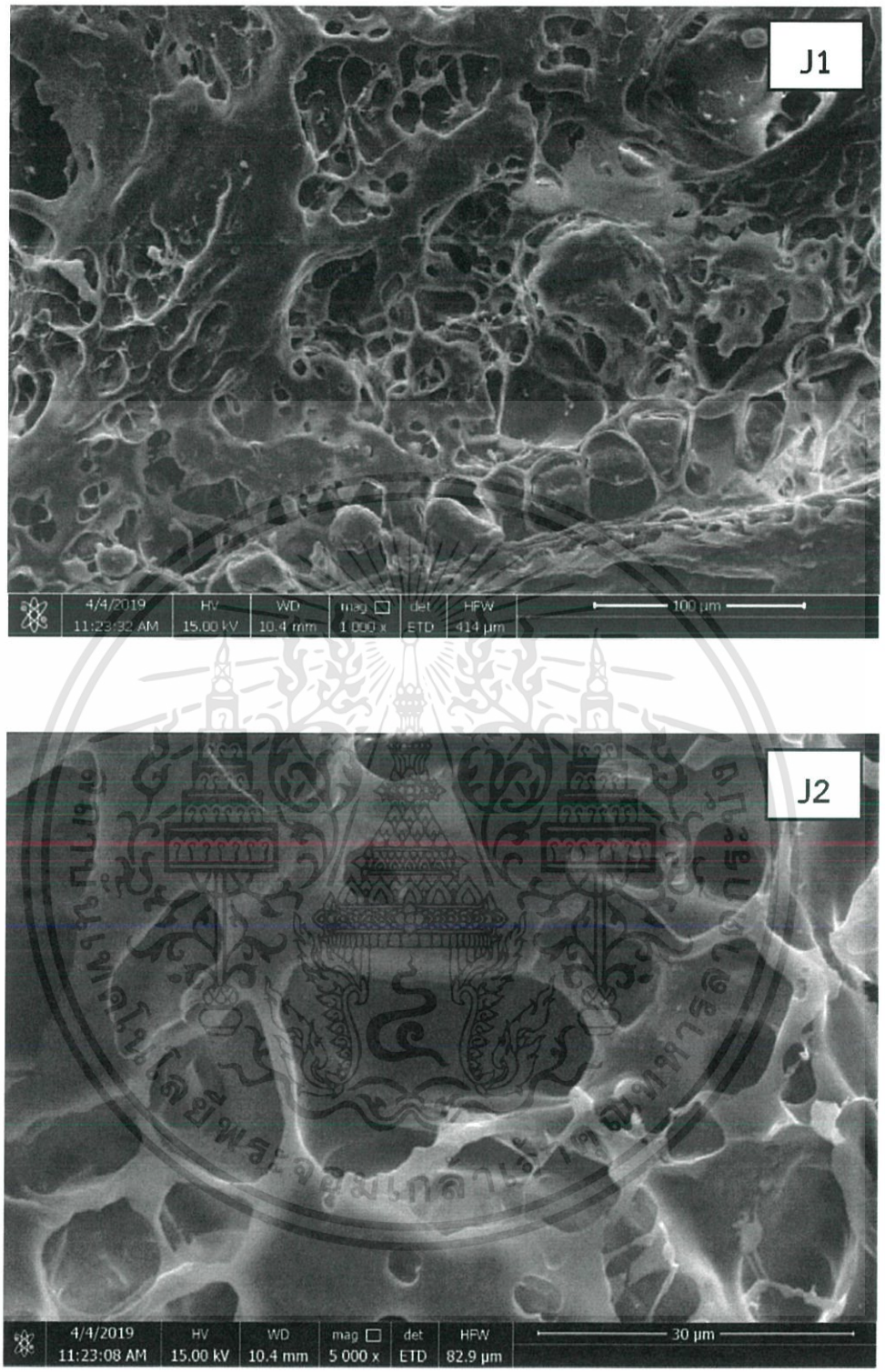
รูปที่ 4.11 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้น้ำเกลือความเข้มข้น 2% ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (H 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (H 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



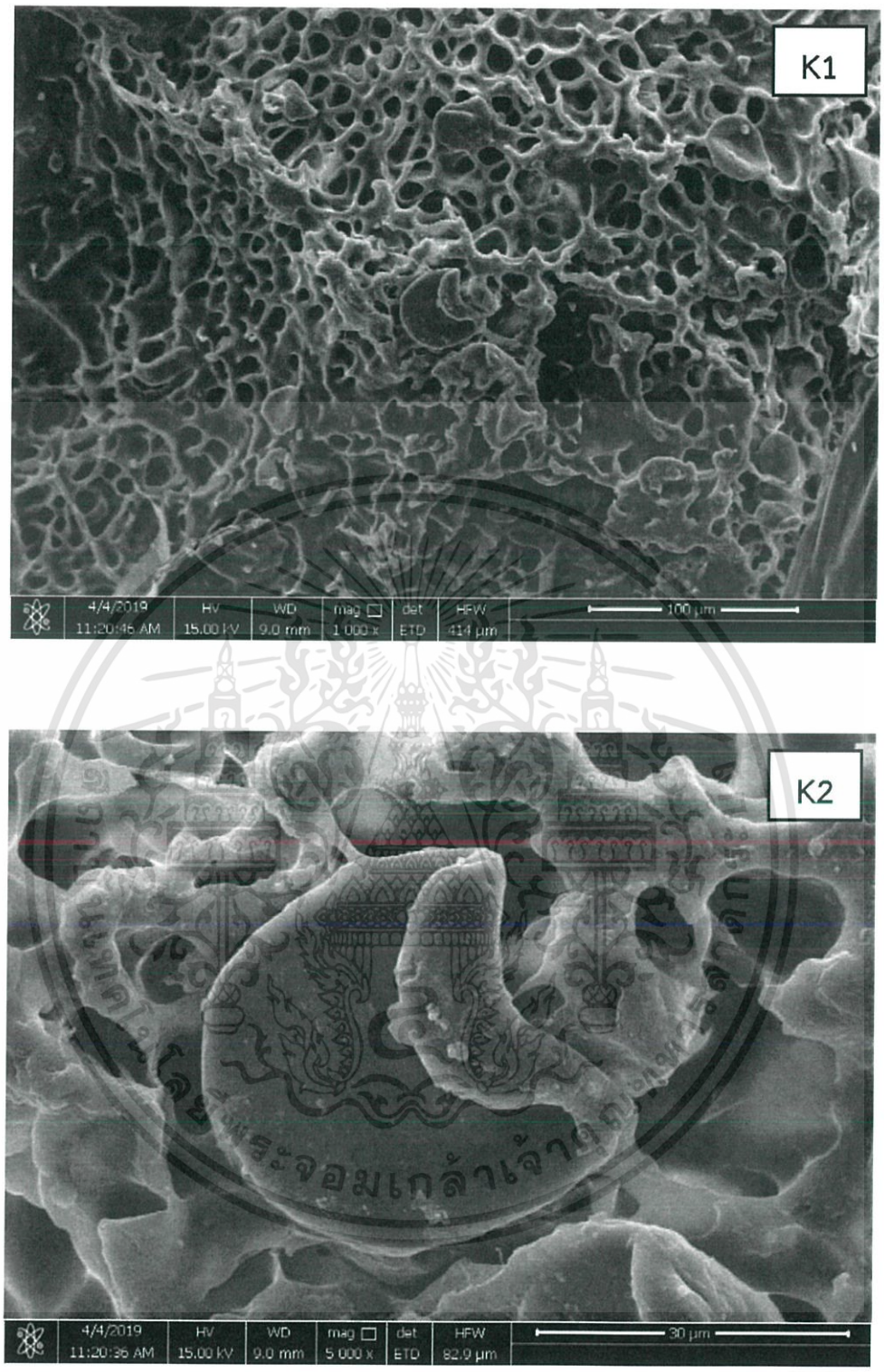
รูปที่ 4.12 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีทั้งโฮลวีท ใช้น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000เท่า (I 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (I 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2 % ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (J 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (J 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ภาพถ่ายหน้าตัดของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต เฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 1,000 เท่า (K 1) และภาพถ่ายกำลังขยาย 5,000 เท่า (K 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการศึกษาการวิเคราะห์ตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท ที่ใช้น้ำกรอง (รูปที่ 4.10), น้ำเกลือความเข้มข้น 2% (รูปที่ 4.11), น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% (รูปที่ 4.12), โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% (รูปที่ 4.12) และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2 % (รูปที่ 4.13) ที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง กำลังขยาย 1,000 เท่าและ 5,000 เท่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุนเท่ากับ 30 ไมโครเมตร และ100 ไมโครเมตร กลูเตนที่ใช้น้ำกรอง กำลังขยาย 1,000 เท่า (รูป G1) มีลักษณะของพื้นผิวด้านบนขรุขระ ไม่เรียบเนียน และมีแนวโน้มที่จะเกิดรูพรุนขนาดใหญ่และเส้นใยในลักษณะแนวขนานมากว่ากลูเตนในรูป B1 และเมื่อพิจารณาที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (รูป G2) พบลักษณะโครงสร้างของโปรตีนกลูเตนในลักษณะแนวขนานค่อนข้างหนาอย่างเห็นได้ชัด และรูพรุนมีลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมพื้นผ้าคล้ายคลึงกับกลูเตนที่ใช้น้ำเกลือความเข้มข้น 2% ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (รูป H2) ที่มีลักษณะการก่อตัวเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าติดกันในแนวขนาน พื้นผิวด้านบนมีลักษณะเรียบเนียน และมีลักษณะขรุขระมากขึ้นในบริเวณที่เกิดการสร้างรูพรุนและเส้นใย ซึ่งกลูเตนที่ใช้น้ำกรองและน้ำเกลือ มีลักษณะการก่อตัวของโครงสร้างแตกต่างกับตัวอย่างกลูเตนที่ใช้น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า (รูป I1) และกำลังขยาย 5,000 เท่า (รูป I2) อย่างเห็นได้ชัด พบรูพรุนลักษณะค่อนข้างกลมกระจายบนพื้นผิวจำนวนมาก และพบเส้นใยเชื่อมระหว่างรูพรุนจำนวนเล็กน้อย ซึ่งจากผลการวิเคราะห์นี้สอดคล้องกับกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ที่ใช้น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% และเมื่อเปรียบเทียบกับกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า (รูป J1) และกำลังขยาย 5,000 เท่า (รูป J2) พบการก่อตัวของเส้นใยและรูพรุนที่มีขนาดแตกต่างกันจำนวนมาก กระจายอยู่บริเวณพื้นผิว เช่นเดียวกับรูป k1 และ k2 เมื่อใช้ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2 % ที่มีการสร้างเส้นใยเชื่อมระหว่างรูพรุนจำนวนมาก โดยเส้นผ่านศูนย์กลางของแต่ละรูมีลักษณะค่อนข้างกลมกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Li และคณะ (2019) ที่พบลักษณะของโครงสร้างกลูเตนคล้ายรังผึ้ง ผึ้ง โดยมีการสร้างพันธะไดซัลไฟด์และพันธะไฮโดรเจนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งโครงสร้างนี้สามารถปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำ และสมบัติยืดหยุ่นของโปรตีนกลูเตน

4.7 ผลการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ด้วยวิธี Total Plate Count

จากผลการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ด้วยวิธี Total Plate Count ของตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ DMRT (Duncan's new Multiple Range Test) พบว่า ตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตน มีผลการตรวจนับจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อาจเป็นผลมาจากปริมาณความชื้นของตัวอย่างกุ้งข้าวต้มและตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ซึ่งมีความชื้นสูงกว่า 15% ดังแสดงตารางที่ 4.8 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Victor และคณะ (2013) ได้ทำการศึกษาการศึกษาคุณสมบัติทางจุลินทรีย์และเคมีฟิสิกส์ของข้าวโพดและแป้งข้าวสาลีจากบริษัทโรงสีมิโซโลพบว่าปริมาณความชื้นของแป้งข้าวสาลีทั่วไปควรอยู่ในช่วง 11-15% ถ้าแป้งข้าวสาลีมีความชื้นเกิน 15% อาจจะก่อให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์อย่างรวดเร็ว และจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม (2013) ได้กำหนดมาตรฐานน้ำพริกผัดชุมชนควรพบจุลินทรีย์ในอาหารไม่เกิน 10^4 CFU/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการตรวจนับจุลินทรีย์ด้วยวิธี Total Plate Count ของตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนในแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด(CFU/g)
ควบคุม (กุ้ง)	5.6×10^{5}
น้ำกรอง	4.0×10^{6}
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	6.2×10^{5}
น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2 %	7.3×10^{5}

หมายเหตุ ตัวควบคุม (กุ้ง) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.9×10^{5} CFU/g

เมื่อนำตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ที่ใช้น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% นำมาผลิตน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติโดยทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ DMRT (Duncan's new Multiple Range Test) พบว่า ผลการตรวจนับจุลินทรีย์ด้วยวิธี Total Plate Count ของตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงตารางที่ 4.8 และเมื่อพิจารณาน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติน้ำกรอง, และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ มีค่าลดน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนจุลินทรีย์ของตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ ดังแสดงตารางที่ 4.9 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gurnani และคณะ (2016) พบว่า สารสกัดจากพริกสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายชนิด

ตารางที่ 4.10 ผลการตรวจนับจุลินทรีย์ด้วยวิธี Total Plate Count ของน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติที่ได้จากตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนในแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด(CFU/g)
ควบคุม(กุ้ง)	5.6×10^{5}
กลูเตนน้ำกรอง	1.1×10^{6}
กลูเตนน้ำเกลือความเข้มข้น 2%	4.1×10^{5}
กลูเตนน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2 %	6.7×10^{5}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ผลการตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียด้วยวิธี Most probable number of coliform organisms (MPN)

ผลการวิเคราะห์การตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรียด้วยวิธี Most probable number of coliform organisms (MPN) ของน้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติจากกลูเตนที่ใช้น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% เพื่อตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรียและและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย พบว่าน้ำกรองมีค่าสูงสุดเท่ากับ 210 MPN/100 มิลลิลิตร และน้ำพริกสวรรค์กุ้ง(ควบคุม), น้ำพริกกลูเตนน้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำพริกกลูเตนน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% มีค่าเท่ากับ <3 MPN/100 มิลลิลิตร และจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2010) พบว่า เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารเมื่อวิเคราะห์ MPN ต้องมีค่าน้อยกว่า 3/100 มิลลิลิตร

ตารางที่ 4.11 ผลการตรวจวิเคราะห์ MPN ในระบบ 3 หลอดทดลอง อนุกรมเจือจางตัวอย่างน้ำที่อ่านผลได้ คือ 0.1,0.01และ0.001 ของตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์กุ้ง(ควบคุม) และตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติได้ที่จากกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

น้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ	MPN/100	95% confidence limits	
		Lower	Upper
ควบคุม(กุ้ง)	<3	-	9.5
กลูเตนน้ำกรอง	210	40	430
กลูเตนน้ำเกลือความเข้มข้น 2%	<3	-	9.5
กลูเตนน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	<3	-	9.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาสารละลายที่เหมาะสมในการผลิตกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์และแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน เพื่อผลิตน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติพบว่าตัวอย่างกลูเตนมีความเหมาะสม และสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนเนื้อสัตว์ และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติ

จากการศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการผลิตกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เพื่อผลิตน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติที่แตกต่างกัน ได้แก่น้ำกรอง, สารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 2% และสารละลายน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% เปรียบเทียบกับตัวควบคุม(กุ้งขาว) เมื่อวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด สามารถสรุปได้ว่า โครงสร้างของกลูเตนเมื่อใช้น้ำส้มสายชู จะมีรูพรุนมากที่สุดส่งผลให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ค่าผลได้มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 40.13 ± 0.59% เมื่อเปรียบเทียบกับกลูเตนเมื่อใช้น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำกรองที่มีค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์ผลได้สูงสุดเท่ากับ 40.47 ± 0.92% และที่ปริมาณความชื้นพบว่ากลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ค่าความเข้มสีของกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์มีค่าความสว่างมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มสีของตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์ไนโตรเจน, ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมัน พบว่าปริมาณไขมันของตัวควบคุม (กุ้ง) มีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน ได้แก่น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา ผลการตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียด้วยวิธี MPN ของน้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ เพื่อตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ให้ค่าน้ำกรองสูงสุดเท่ากับ 210 MPN/100 มิลลิลิตร และน้ำพริกสวรรค์กุ้ง (ควบคุม), น้ำพริกกลูเตนน้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำพริกน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% มีค่าเท่ากับ < 3 MPN/100 มิลลิลิตร และผลการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ด้วยวิธี Total Plate Count พบว่าตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างของตัวควบคุม(กุ้ง) และตัวอย่างกลูเตนเมื่อใช้น้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูเข้มข้น 2%

ตัวอย่างกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้สารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด มีลักษณะโครงสร้างเส้นใยและรูพรุนที่ใกล้เคียงกัน เมื่อวิเคราะห์ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นพบว่ามีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างกลูเตนที่ใช้น้ำกรอง และเมื่อวิเคราะห์ความเข้มของสี พบว่ามีค่าความสว่าง (L*) ต่ำกว่าตัวควบคุม (กุ้ง) นอกจากการศึกษาตัวอย่างกลูเตนแป้งข้าวสาลีโฮลวีท จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่ามีลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นใยและรูพรุนที่มีขนาดใกล้เคียงกัน สำหรับการวิเคราะห์ความชื้นและความเข้มของสีพบว่ามีค่าน้อยกว่าตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์

ข้อเสนอแนะ

ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการหาปริมาณของกลูโคสซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีของคาร์โบไฮเดรตที่พบในผลิตภัณฑ์กลูเตนจากแป้งข้าวสาลี, กลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท และน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ เนื่องจากหากบริโภคอาหารจำพวกแป้งในปริมาณที่มากเกินไป อาจส่งผลต่อการเกิดโรคเบาหวานได้

นอกจากนี้ในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ ควรศึกษาวิธีการวิเคราะห์ที่หลากหลายและมีความละเอียด ถูกต้อง แม่นยำมากกว่าวิธีที่ใช้ในการทดลองข้างต้น เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ เช่นการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธีของแบรดฟอร์ด (Bradford's method หรือ Dye-binding method) อาศัยหลักการของสาร Coomassie Brilliant Blue G-250 เมื่อจับกับโปรตีนแล้ว ทำให้เกิดการเปลี่ยนความยาวคลื่น (Wavelength) ของการดูดกลืนแสงจาก 465 nm (สีแดง) เป็น 595 nm (สีน้ำเงิน) วิธีแบรดฟอร์ดเป็นวิธีที่สะดวกรวดเร็ว จะมีความไวต่อการทดสอบสูงโดยสามารถตรวจสอบโปรตีน 5-100 μg (Bradford, 1976)

นอกจากนี้การนำกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์มาประยุกต์ใช้ที่นอกเหนือจากการผลิตอาหาร โดยอาจผลิตวัสดุที่สามารถทดแทนพอลิเมอร์ได้ เนื่องจากกลูเตนมีคุณสมบัติที่มีความยืดหยุ่น เหนียว และมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ซึ่งมีความจำเป็นต้องได้รับการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ปรีชา จึงสมานุกูล และคณะ. การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในผักสด. ว กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2553; 52 (1-2): 16-25.

Békés, F., & Gianibelli, M.C., & Wrigley, C.W. 2016. The Gluten Proteins of the Wheat Grain in Relation to Flour Quality. *Reference Module in Food Science (pp. 1-9).* Australia: The University of Queensland, St. Lucia, QLD

Bragagnolo, N., & Rodriguez-Amaya, D. B. (2001). Total lipid, cholesterol, and fatty acids of farmed freshwater prawn (Macrobrachium rosenbergii) and wild marine shrimp (Penaeus brasiliensis, Penaeus schimitti, Xiphopenaeus kroyeri). *Journal of Food Composition and Analysis*, 14, 359-369.

Dronzek, B. L., Dexter, J. E., & Matsuo, R. R. 1980. A scanning electron microscopy study of wheat gluten. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 13, 162-166.

Esteller, M.S., & Pitombo, R.N.M., & Lannes, S.C.S. 2005. Effect of freeze-dried gluten addition on texture of hamburger buns. *Journal of Cereal Science*, 41, 19–21.

Gazmuri, A. M., & Bouchon, P. 2009. Analysis of wheat gluten and starch matrices during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 115, 999-1005.

González-Thuillier, I., Salt, L., Chope, G., Penson, S., Skeggs, P., Tosi, P., ... & Haslam, R. P. (2015). Distribution of lipids in the grain of wheat (cv. Hereward) determined by lipidomic analysis of milling and pearling fractions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63, 10705-10716.

Gurnani, N., Gupta, M., Mehta, D., & Mehta, B. K. 2016. Chemical composition, total phenolic and flavonoid contents, and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of crude extracts from red chilli seeds (Capsicum frutescens L.). *Journal of Taibah University for Science*, 104, 462-470.

Li, C., Chen, G., Ran, C., Liu, L., Wang, S., Xu, Y., ... & Kan, J. 2019. Adlay starch-gluten composite gel: Effects of adlay starch on rheological and structural properties of gluten gel to molecular and physico-chemical characteristics. *Journal of Food Chemistry,* 289, 121-129.

McCann, T. H., & Day, L. 2013. Effect of sodium chloride on gluten network formation, dough microstructure and rheology in relation to breadmaking. *Journal of Cereal Science*, 57, 444-452.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

Nasiri, F. D., Mohebbi, M., Yazdi, F. T., & Khodaparast, M. H. H. 2012. Effects of soy and corn flour addition on batter rheology and quality of deep fat-fried shrimp nuggets. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 1238-1245.

Nicolae, A., & Radu, G-L., & Belc, N. 2015. Effect of sodium carboxymethyl cellulose on gluten-free dough rheology. *Journal of Food Engineering*, 1-20.

Tuhumury, H. C. D., Small, D. M., & Day, L. 2014. The effect of sodium chloride on gluten network formation and rheology. *Journal of Cereal Science*, 60, 229-237.

Venkatachalam, K., & Nagarajan, M. 2017. Physicochemical and sensory properties of savory crackers incorporating green gram flour to partially or wholly replace wheat flour. *Italian Journal of Food Science*, 29, 599-612.

Victor, N., & Bekele M.S., Ntseliseng, M., & Makotoko M., & Pete, C., & Asita, O., & Asita. 2013. Microbial and Physicochemical Characterization of Maize and Wheat Flour from a Milling Company, Lesotho. *Journal of Food Safety*, 15, 11-19.

Wang, F., Zheng, J., Yang, B., Jiang, J., Fu, Y., & Li, D. (2015). Effects of vegetarian diets on blood lipids: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of the American Heart Association*, 4, e002408.

Wieser, H. (2007). Chemistry of gluten proteins. *Food microbiology*, 24, 115-119.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

สูตรอาหาร และวิธีการเตรียม

1. อาหาร Plate Count Agar (PCA) (gm/lit)

ส่วนประกอบ (สำหรับการเตรียมในปริมาณ 1 ลิตร หรือ 1000 มิลลิลิตร)

ทริปโตน	5	กรัม
สารสกัดจากยีสต์	2.5	กรัม
เดกซ์โทรส	1	กรัม
วุ้น	15	กรัม
pH 7		
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

วิธีการเตรียม

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นใส่ขวดรีเอเจนต์เท่าๆ กัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ (Autoclave) ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

2. Peptone Water

ส่วนประกอบ (สำหรับการเตรียมในปริมาณ 1 ลิตร หรือ 1000 มิลลิลิตร)

เปปโตน	10	กรัม
โซเดียมคลอไรด์	5	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

วิธีการเตรียม

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นใส่ขวดรีเอเจนต์เท่าๆ กัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ (Autoclave) ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

3. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มอล

ส่วนประกอบ (สำหรับการเตรียมในปริมาณ 1 ลิตร หรือ 1,000 มิลลิลิตร)

จากฉลากระบุข้างขวด สารละลายกรดไฮโดรคลอริคความเข้มข้น 36% มีมวลโมเลกุล 36.46 สามารถคำนวณหาปริมาณได้จากสูตร

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

จะได้ว่าต้องนำสารละลายกรดไฮโดรคลอริคความเข้มข้น 36% มา 10.13 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร จึงจะได้สารละลายกรดไฮโดรคลอริคความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

วิธีการเตรียม

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 10.13 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน เทใส่ขวดสีชา

4. สารละลายกรดบอริคความเข้มข้น 4% (H_3BO_3 4%)

กรดบอริค	4	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ละลายกรดบอริกในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน จากนั้นเทใส่ขวดสีชา

5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 40% (NaOH 40 %)

โซเดียมไฮดรอกไซด์	400	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน จากนั้นเทใส่ขวดสำหรับใส่สารเคมี

6. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% (NaCl 0.85%)

โซเดียมคลอไรด์	0.85	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ละลายโซเดียมคลอไรด์ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน จากนั้นเทใส่ขวดรีเอเจนต์นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ (Autoclave) ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

7. สารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% (Na_2SO_4 2%)

โซเดียมซัลเฟต	4	กรัม
น้ำกรอง	200	มิลลิลิตร

ละลายโซเดียมซัลเฟตในน้ำกรอง 200 มิลลิลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน จากนั้นเทผสมกับแป้งสาลีอเนกประสงค์ 250 กรัมในภาชนะให้เข้ากัน

8. สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2% ($Na_2HPO_4.7H_2O$ 2%)

ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต	4	กรัม
น้ำกรอง	200	มิลลิลิตร

ละลายโซเดียมฟอสเฟตในน้ำกรอง 200 มิลลิลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน จากนั้นเทผสมกับแป้งสาลีอเนกประสงค์ 250 กรัมในภาชนะให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (เกลือแกง) ความเข้มข้น 2% (NaCl 2%)

โซเดียมซัลเฟต	4	กรัม
น้ำกรอง	200	มิลลิลิตร

ละลายโซเดียมคลอไรด์ (เกลือแกง) ในน้ำกรอง 200 มิลลิลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน จากนั้นเทผสมกับแป้งสาลีอเนกประสงค์ 250 กรัมในภาชนะให้เข้ากัน

10. น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

น้ำส้มสายชู	4	มิลลิลิตร
น้ำกรอง	200	มิลลิลิตร

ละลายน้ำส้มสายชูในน้ำกรอง 200 มิลลิลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน จากนั้นเทผสมกับแป้งสาลีอเนกประสงค์ 250 กรัมในภาชนะให้เข้ากัน

11. อาหาร Brilliant Green Lactose Bile Broth (gm/lit)

ส่วนประกอบ (สำหรับการเตรียมในปริมาณ 1 ลิตร หรือ 1,000 มิลลิลิตร)

เปปโตน	10.0	กรัม
แลคโตส	10.0	กรัม
Oxgall	20.0	กรัม
Brilliant Green	0.0133	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

วิธีการเตรียม

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1 ลิตร และก่อนการนึ่งฆ่าเชื้อให้บรรจุหลอดดักก๊าซเดอร์แฮมในหลอดทดลองในลักษณะคว่ำ จากนั้นปิเปตอาหารใส่หลอดทดลอง ปริมาตรละ 9 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ (Autoclave) ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

12. อาหาร EC Broth (gm/lit)

ส่วนประกอบ (สำหรับการเตรียมในปริมาณ 1 ลิตร หรือ 1,000 มิลลิลิตร)

Enzymatic hydrolysate		
Of casein	20.00	กรัม
แลคโตส	5.00	กรัม
โซเดียมคลอไรด์	5.00	กรัม
เกลือน้ำดีผสม	1.50	กรัม
ไดโพแทสเซียมฟอสเฟต	4.00	กรัม
โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต	1.50	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเตรียม

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1 ลิตร และก่อนการนึ่งฆ่าเชื้อให้บรรจุหลอดดักก๊าซเดอร์แฮมในหลอดทดลองในลักษณะคว่ำ จากนั้นปิเปตอาหารใส่หลอดทดลอง ปริมาตรละ 9 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ (Autoclave) ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

13. Eosin Methylene Blue Agar (EMB Agar) (gm/lit)

ส่วนประกอบ (สำหรับการเตรียมในปริมาณ 1 ลิตร หรือ 1,000 มิลลิลิตร)

เปปโตน	10.00	กรัม
แลคโตส	10.00	กรัม
ไดโพแทสเซียมฟอสเฟต	2.00	กรัม
Eosin (yellowish)	0.40	กรัม
เมทิลีน บลู	0.065	กรัม
วุ้น	15	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

วิธีการเตรียม

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1 ลิตร จากนั้นใส่ขวดรีเอเจนต์ นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ (Autoclave) ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

14. Lauryl Sulfate Tryptose Broth (LST) (gm/lit)

ส่วนประกอบ (สำหรับการเตรียมในปริมาณ 1 ลิตร หรือ 1,000 มิลลิลิตร)

ทริปโตส	20.00	กรัม
แลคโตส	5.00	กรัม
ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต	2.75	กรัม
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	2.75	กรัม
โซเดียมคลอไรด์	5.00	กรัม
โซเดียมลอริลซัลเฟต	0.10	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

วิธีการเตรียม

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1 ลิตร และก่อนการนึ่งฆ่าเชื้อให้บรรจุหลอดดักก๊าซเดอร์แฮมในหลอดทดลองในลักษณะคว่ำ จากนั้นปิเปตอาหารใส่หลอดทดลอง ปริมาตรละ 9 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ (Autoclave) ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการทดสอบ

1.วิธีการตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียด้วยวิธี Most Probable Number of Coliform Organisms (MPN)

การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform Bacteria) และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) โดยวิธีหลายหลอดหรือ Most Probable Number of Coliform Organisms (MPN) แบบ 3 ระบบ ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ขั้น คือ การตรวจสอบขั้นแรก (Presumptive Test) การตรวจสอบขั้นยืนยัน (Confirmed Test) และการตรวจสอบขั้นสมบูรณ์ (Completed Test)

1. การตรวจสอบขั้นแรก (Presumptive Test)

ในการทดสอบขั้นแรกจะใช้ตัวอย่างที่ระดับการเจือจาง 10, 100 และ 1,000 เท่า ที่ระดับการเจือจางละ 3 ซ้ำ เจือจางตัวอย่าง 4 ตัวอย่าง (น้ำพริกกุ้ง, น้ำพริกกลูเตนในน้ำกรอง, น้ำพริกกลูเตนในน้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำพริกกลูเตนในน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%) ปริมาณ 1 กรัม ในอาหาร Lauryl Sulphatetryptose Broth (LST) ปริมาตร 9 มิลลิลิตรในหลอดแก้วที่มีระดับการเจือจางเท่ากับ 10 เท่า (10^{-1}) จากนั้นทำการเจือจางให้ตัวอย่างอาหารมีระดับการเจือจางเท่ากับ 100 เท่า (10^{-2}) และ 1,000 เท่า (10^{-3}) ตามลำดับ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง อ่านผลครั้งแรกเมื่อครบเวลา 24 ± 2 ชั่วโมง โดยสังเกตจากความขุ่นและก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอด ถ้าหลอดใดเกิดก๊าซ แสดงว่าหลอดนั้นให้ผลบวก (positive: +) ถ้าหลอดใดไม่เกิดก๊าซ แสดงว่าหลอดนั้นให้ผลลบ ให้นำกลับไปไปบ่มเพาะเชื้อที่ตู้บ่มเพาะเชื้ออุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ต่ออีก 24 ชั่วโมง และอ่านผลเช่นเดียวกับครั้งแรก

2. การตรวจสอบขั้นยืนยัน (Confirmed Test)

2.1 การทดสอบหาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

นำหลอดทดลองที่ให้ผลบวกจากอาหาร LST มาทดสอบยืนยันโดยการถ่ายเชื้อ 1 ลูปต่อ 3 ซ้ำ ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อความเข้มข้น 2% Brilliant Green Lactose Bile Broth หลอดต่อหลอด จำนวน 3 หลอด ปริมาตรละ 9 มิลลิลิตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง โดยอ่านผลเช่นเดียวกับการตรวจสอบขั้นแรก (Presumptive Test) และนำค่าจำนวนหลอดที่ให้ผลบวกในแต่ละการเจือจาง ไปเปิดเทียบตาราง MPN ค่าที่ได้จะเป็นค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Tatal Coliform Bacteria)

2.2 การทดสอบหาฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

นำหลอดทดลองที่ให้ผลบวกจากอาหาร LST มาทดสอบยืนยันโดยการถ่ายเชื้อ 1 ลูปต่อ 3 ซ้ำ ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ EC Medium หลอดต่อหลอด จำนวน 3 หลอด ปริมาตรละ 9 มิลลิลิตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 44.5 ± 0.2องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง โดยอ่านผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่นเดียวกับการตรวจสอบขั้นแรก (Presumptive Test) และนำค่าจำนวนหลอดที่ให้ผลบวกในแต่ละการเจือจาง ไปเปิดเทียบตาราง MPN ค่าที่ได้จะเป็นค่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

3. การตรวจสอบขั้นสมบูรณ์ (Completed Test)

นำเชื้อจากหลอดที่เกิดฟองอากาศในขั้นยืนยันมาเขี่ยเชื้อลงบนจานเพาะเชื้ออาหารแข็ง Eosin Methylene Blue agar (EMB Agar) บ่มเชื้อที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง โคโลนีจะมีลักษณะสีเขียว หรืออาจเรียกว่าสีโลหะตะกั่ว (Metallic Sheen) จากนั้นให้ใช้ลวดเขี่ยเชื้อ (Loop) จุ่มเอาโคโลนีที่แยกเดี่ยวๆ เห็นชัดในแต่ละจานเพาะเชื้อประมาณ 2-3 โคโลนีใส่ลงในอาหารต่อไปนี้

1. หลอดอาหาร Lauryl Tryptose บ่มเชื้อที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. จานอาหาร Nutrient Agar บ่มเชื้อที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำเชื้อไปทำการย้อมสีแกรม (Gram Stained) จะติดสีแกรมลบ (Gram Negative) แล้วส่องดูลักษณะของแบคทีเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ ถ้ามีรูปท่อนแสดงว่าเป็นเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการทดลองจริง

1.การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ค่าผลได้ (%Yield)

ตารางที่ ผ-1 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ค่าผลได้ (%Yield) ของตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ 250 กรัม เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2 % และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	จำนวนซ้ำ	น้ำหนักกลูเตนหลังต้ม (กรัม)	ค่าผลได้ (%)
น้ำกรอง	1	97.5	39
	2	100.6	40.24
	3	105.4	42.16
เฉลี่ย			40.4667
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	1	98.7	39.48
	2	102.1	40.84
	3	102.4	40.96
เฉลี่ย			40.4267
น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	1	101.6	40.64
	2	102	40.8
	3	97.4	38.96
เฉลี่ย			40.1333

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ตารางที่ ผ-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างกุ้งขาวต้ม, ตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	จำนวนซ้ำ	ความชื้น(%)
ตัวควบคุม (กุ้ง)	1	64.4077
	2	69.7161
	3	67.6899
เฉลี่ย		67.4077
น้ำกรอง	1	84.6527
	2	56.5425
	3	68.9855
เฉลี่ย		70.0602
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	1	82.4493
	2	58.0657
	3	66.1400
เฉลี่ย		68.8850
น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	1	70.6910
	2	63.1740
	3	71.6619
เฉลี่ย		58.4790
โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2%	1	58.6063
	2	59.7293
	3	57.8431
เฉลี่ย		58.7262
ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต ความเข้มข้น 2%	1	58.9952
	2	59.5901
	3	56.8604
เฉลี่ย		58.4819

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างกุ้งขาวต้ม, ตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	จำนวนซ้ำ	ความชื้น(%)
น้ำกรอง	1	59.1942
	2	58.2071
	3	58.5662
เฉลี่ย		58.6599
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	1	47.6082
	2	37.5810
	3	42.2556
เฉลี่ย		42.4816
น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	1	50.8571
	2	41.3445
	3	31.4183
เฉลี่ย		41.2067
โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2%	1	43.9716
	2	49.7207
	3	49.3612
เฉลี่ย		47.6845
ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต ความเข้มข้น 2%	1	42.7798
	2	48.3990
	3	50.3529
เฉลี่ย		47.1772

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีน

ตารางที่ ผ-4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนของตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	จำนวนซ้ำ	ไนโตรเจน (%)	โปรตีน (%)
ตัวควบคุม (กุ้ง)	1	2.1461	13.4133
	2	2.1265	13.2905
	3	2.1954	13.7212
เฉลี่ย		2.1560	13.4750
น้ำกรอง	1	2.6505	15.1076
	2	2.5014	14.2578
	3	2.7789	15.8395
เฉลี่ย		2.6436	15.0683
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	1	2.6829	15.2926
	2	2.4388	13.9011
	3	2.5903	14.7646
เฉลี่ย		2.5707	14.6527
น้ำส้มสายชู ความเข้มข้น 2%	1	2.5354	14.4519
	2	2.7226	15.5187
	3	2.7249	15.5321
เฉลี่ย		2.6610	15.1676

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

ตารางที่ ผ-5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันของตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	จำนวนซ้ำ	ไขมัน (%)
ตัวควบคุม (กุ้ง)	1	2.5595
	2	2.5276
	3	2.5361
เฉลี่ย		2.5411
น้ำกรอง	1	1.5278
	2	1.5968
	3	1.5236
เฉลี่ย		1.5494
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	1	1.1878
	2	1.2415
	3	1.2543
เฉลี่ย		1.2278
น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	1	1.2889
	2	1.2415
	3	1.2836
เฉลี่ย		1.2713

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวิเคราะห์ความเข้มสี

ตารางที่ ผ-6 ผลการวิเคราะห์ความเข้มของสีตัวอย่างกุ้งขาวต้ม, ตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	จำนวนซ้ำ	L*	a*	b*
ตัวควบคุม (กุ้ง)	1	99.10	9.18	17.63
	2	99.06	11.37	19.13
	3	99.09	10.30	18.81
เฉลี่ย		99.08	10.28	18.52
น้ำกรอง	1	94.67	1.03	24.46
	2	94.86	1.02	24.35
	3	84.96	1.01	24.41
เฉลี่ย		91.50	1.02	24.41
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	1	97.48	0.58	24.11
	2	97.45	0.60	24.19
	3	97.55	0.57	24.16
เฉลี่ย		97.49	0.58	24.30
น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	1	96.49	0.68	21.94
	2	96.61	0.70	22.03
	3	96.60	0.68	21.97
เฉลี่ย		96.57	0.69	21.98
โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2%	1	91.06	1.07	22.90
	2	91.44	1.17	22.99
	3	91.00	1.20	23.19
เฉลี่ย		91.17	1.15	23.03
ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%	1	92.78	2.68	26.30
	2	92.31	2.32	25.67
	3	92.43	2.67	26.54
เฉลี่ย		92.51	2.56	26.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ-7 ผลการวิเคราะห์ความเข้มของสีตัวอย่างกุ้งขาวต้ม, ตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีทั้งโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2%, น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%, โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 2% และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	จำนวนซ้ำ	L*	a*	b*
น้ำกรอง	1	77.47	5.81	30.40
	2	77.72	6.04	30.44
	3	77.63	5.82	30.31
เฉลี่ย		77.61	5.89	30.38
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	1	76.55	7.11	31.19
	2	76.56	7.11	31.20
	3	76.01	7.29	31.05
เฉลี่ย		76.37	7.17	31.15
น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	1	76.52	7.37	32.83
	2	76.28	7.20	32.46
	3	76.31	7.18	32.70
เฉลี่ย		76.37	7.25	32.66
โซเดียมซัลเฟต ความเข้มข้น 2%	1	79.05	6.26	31.98
	2	78.97	6.24	32.03
	3	77.04	6.89	31.79
เฉลี่ย		78.35	6.46	31.93
ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต เฮปตะไฮเดรตความเข้มข้น 2%	1	79.84	6.81	34.38
	2	79.50	6.81	33.73
	3	79.66	6.89	34.17
เฉลี่ย		79.67	6.84	34.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ-8 ผลการวิเคราะห์ความเข้มของสีในน้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติจากตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	จำนวนซ้ำ	L*	a*	b*
ตัวควบคุม (กุ้ง)	1	29.04	14.23	2.86
	2	29.07	14.46	2.72
	3	29.06	14.41	2.72
เฉลี่ย		29.06	14.37	2.77
น้ำกรอง	1	29.25	13.90	13.46
	2	29.25	13.96	13.48
	3	29.24	14.02	13.66
เฉลี่ย		29.25	13.96	13.53
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	1	29.38	13.27	15.10
	2	29.34	13.42	15.59
	3	29.32	13.58	15.75
เฉลี่ย		29.35	13.42	15.48
น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	1	31.66	13.48	13.11
	2	31.64	13.48	12.78
	3	31.63	13.55	12.91
เฉลี่ย		31.64	13.50	12.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การวิเคราะห์การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ด้วยวิธี Total Plate Count

ตารางที่ ผ-9 ผลการวิเคราะห์การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์จากตัวอย่างกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	จำนวนซ้ำ	ปริมาณจุลินทรีย์ที่ระดับการเจือจางต่างๆ (cfu/g)		
		10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}
ตัวควบคุม (กุ้ง)	1	43	5	1
	2	82	16	4
	3	51	19	5
เฉลี่ย		58.67	13.33	3.33
น้ำกรอง	1	TNTC	35	5
	2	TNTC	30	20
	3	TNTC	52	16
เฉลี่ย		-	39.00	13.67
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	1	75	10	4
	2	30	8	2
	3	82	4	1
เฉลี่ย		62.33	7.33	2.33
น้ำส้มสายชู ความเข้มข้น 2%	1	50	33	20
	2	49	42	18
	3	37	30	22
เฉลี่ย		45.33	35.00	20.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ-10 ผลการวิเคราะห์การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์น้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติจากตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%

ตัวทำละลาย	จำนวนซ้ำ	ปริมาณจุลินทรีย์ที่ระดับการเจือจางต่างๆ (cfu/g)		
		10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}
ตัวควบคุม (กุ้ง)	1	45	27	5
	2	57	39	10
	3	32	18	19
เฉลี่ย		44.67	28	34
น้ำกรอง	1	95	32	11
	2	72	29	24
	3	73	56	15
เฉลี่ย		80.00	39	16.67
น้ำเกลือความเข้มข้น 2%	1	35	24	19
	2	42	18	16
	3	47	5	0
เฉลี่ย		41.33	15.67	11.67
น้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	1	39	33	5
	2	61	27	12
	3	42	39	26
เฉลี่ย		47.33	33.00	14.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียด้วยวิธี Most Probable Number of Coliform Organisms (MPN)

ตารางที่ ผ-11 แสดงผลการตรวจวัดคอลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN) ของน้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติจากตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% ของการตรวจสอบขั้นแรก (Presumptive Test)

น้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ	จำนวนหลอดที่เกิดก๊าซ ที่ระดับการเจือจางแตกต่างกัน		
	0.1	0.01	0.001
น้ำพริกสวรรค์กุ้ง (ควบคุม)	0	0	0
น้ำพริกกลูเตนน้ำกรอง	3	3	3
น้ำพริกกลูเตนน้ำเกลือความเข้มข้น 2%	0	0	0
น้ำพริกกลูเตนน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	0	0	0

ตารางที่ ผ-12 แสดงผลการตรวจวัดคอลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN) ของน้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติจากตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% ของการตรวจสอบขั้นยืนยัน (Confirmed Test)

น้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ	จำนวนหลอดที่เกิดก๊าซ ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน		
	0.1	0.01	0.001
น้ำพริกสวรรค์กุ้ง (ควบคุม)	0	0	0
น้ำพริกกลูเตนน้ำกรอง	3	2	2
น้ำพริกกลูเตนน้ำเกลือความเข้มข้น 2%	0	0	0
น้ำพริกกลูเตนน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ-13 แสดงผลการตรวจวัดคอลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN) ของน้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติจากตัวอย่างกลูเตนที่ได้จากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ เมื่อใช้ตัวทำละลายน้ำกรอง, น้ำเกลือความเข้มข้น 2% และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2% ของการตรวจสอบขั้นสมบูรณ์ (Conpleted Test)

น้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ	จำนวนหลอดที่เกิดก๊าซ ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน		
	0.1	0.01	0.001
น้ำพริกสวรรค์กุ้ง (ควบคุม)	0	0	0
น้ำพริกกลูเตนน้ำกรอง	3	2	2
น้ำพริกกลูเตนน้ำเกลือความเข้มข้น 2%	0	0	0
น้ำพริกกลูเตนน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	0	0	0

ตารางที่ ผ-14 ผลการตรวจวิเคราะห์ MPN ในระบบ 3 หลอดทดลอง อนุกรมเจือจางตัวอย่างน้ำที่อ่านผลได้ คือ 0.1, 0.01 และ 0.001 ของตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์กุ้ง (ควบคุม) และตัวอย่างน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติได้ที่จากกลูเตนแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

น้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ	MPN/100	95% confidence limits	
		Lower	Upper
ควบคุม(กุ้ง)	<3	-	9.5
กลูเตนน้ำกรอง	210	40	430
กลูเตนน้ำเกลือความเข้มข้น 2%	<3	-	9.5
กลูเตนน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 2%	<3	-	9.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางที่ ผ-15 ผลการวิเคราะห์ค่าผลได้ (%Yield) ของตัวควบคุม (กุ้ง) และกลูเตนในสารละลายที่แตกต่างกัน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
filtration	3	40.4667	1.59215	.91923	36.5116	44.4218	39.00	42.16
salt 2%	3	40.4267	.82203	.47460	38.3846	42.4687	39.48	40.96
vinegar 2%	3	40.1333	1.01928	.58848	37.6013	42.6654	38.96	40.80
Total	9	40.3422	1.04271	.34757	39.5407	41.1437	38.96	42.16

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.199	2	.099	.070	.933
Within Groups	8.499	6	1.417		
Total	8.698	8			

Duncan[a]

solution	N	Subset for alpha = 0.05
		1
vinegar 2%	3	40.1333
salt 2%	3	40.4267
filtration	3	40.4667
Sig.		.751

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

ตารางที่ ผ-16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

Descriptives

ปริมาณความชื้นของกุ้งขาวต้มและตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
filtration	3	70.0600	14.08551	8.13228	35.0696	105.0504	56.54	84.65
salt 2%	3	68.8867	12.41991	7.17064	38.0339	99.7394	58.07	82.45
vinegar 2%	3	68.4767	4.62617	2.67092	56.9846	79.9687	63.17	71.66
shrimp	3	67.4100	2.46197	1.42142	61.2941	73.5259	64.82	69.72
sodiumsulphate 2%	3	58.7267	.95039	.54871	56.3658	61.0876	57.84	59.73
disodiumhydrogenphosphateheptahydrate 2%	3	58.4833	1.43647	.82934	54.9150	62.0517	56.86	59.59
Total	18	65.3406	8.35028	1.96818	61.1881	69.4931	56.54	84.65

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	419.193	5	83.839	1.313	.322
Within Groups	766.171	12	63.848		
Total	1185.363	17			

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05
solution	N	1
Disodiumhydrogenphosphateh eptahydrate 2%	3	58.4833
sodiumsulphate 2%	3	58.7267
shrimp	3	67.4100
vinegar 2%	3	68.4767
salt 2%	3	68.8867
filtration	3	70.0600
Sig.		.134

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

ตารางที่ ผ-17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

Descriptives

ปริมาณความชื้นของตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
filtration	3	58.6567	.49571	.28620	57.4252	59.8881	58.21	59.19
salt 2%	3	42.4833	5.01873	2.89756	30.0161	54.9505	37.58	47.61
vinegar 2%	3	41.2067	9.72069	5.61224	17.0591	65.3542	31.42	50.86
sodiumsulphate 2%	3	47.6833	3.22087	1.85957	39.6822	55.6844	43.97	49.72
disodiumhydrogenphosphateheptahydrate 2%	3	47.1767	3.93047	2.26926	37.4128	56.9405	42.78	50.35
Total	15	47.4413	7.83577	2.02319	43.1020	51.7806	31.42	59.19

ANOVA

ปริมาณความชื้นของตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	568.095	4	142.024	4.872	.019
Within Groups	291.496	10	29.150		
Total	859.591	14			

Duncan[a]

solution	N	Subset for alpha = 0.05	
		b	a
vinegar 2%	3	41.2067	
salt 2%	3	42.4833	
disodiumhydrogenphosphateheptahydrate 2%	3	47.1767	
sodiumsulphate 2%	3	47.6833	
filtration	3		58.6567
Sig.		.200	1.000

ตารางที่ ผ-18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนของตัวอย่างแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

Descriptives

ปริมาณไนโตรเจนของตัวอย่างแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
filtration	3	2.6433	.14012	.08090	2.2953	2.9914	2.50	2.78
salt 2%	3	2.5700	.12124	.07000	2.2688	2.8712	2.44	2.68
vinegar 2%	3	2.6600	.10392	.06000	2.4018	2.9182	2.54	2.72
shrimp	3	2.1600	.03606	.02082	2.0704	2.2496	2.13	2.20
Total	12	2.5083	.23198	.06697	2.3609	2.6557	2.13	2.78

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.499	3	.166	14.332	.001
Within Groups	.093	8	.012		
Total	.592	11			

Duncan[a]

solution	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
shrimp	3	2.1600	
salt 2%	3		2.5700
filtration	3		2.6433
vinegar 2%	3		2.6600
Sig.		1.000	.355

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

ตารางที่ ผ-19 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของตัวอย่างแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

Descriptives

ปริมาณโปรตีนของตัวอย่างแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
filtration	3	15.0733	.79103	.45670	13.1083	17.0384	14.26	15.84
salt 2%	3	14.6500	.70150	.40501	12.9074	16.3926	13.90	15.29
vinegar 2%	3	15.1667	.62067	.35834	13.6248	16.7085	14.45	15.53
shrimp	3	13.4733	.22189	.12811	12.9221	14.0245	13.29	13.72
Total	12	14.5908	.88187	.25457	14.0305	15.1511	13.29	15.84

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.450	3	1.817	4.681	.036
Within Groups	3.105	8	.388		
Total	8.555	11			

Duncan[a]

ปริมาณโปรตีนของตัวอย่างแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

solution	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
salt 2%	3	13.4733	
filtration	3		14.6500
vinegar 2%	3		15.0733
shrimp	3		15.1667
Sig.		1.000	.358

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

ตารางที่ ผ-20 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันของตัวอย่างแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

Descriptives

ปริมาณไขมันของตัวอย่างแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
filtration	3	1.5500	.04359	.02517	1.4417	1.6583	1.52	1.60
salt 2%	3	1.2267	.03215	.01856	1.1468	1.3065	1.19	1.25
vinegar 2%	3	1.2700	.02646	.01528	1.2043	1.3357	1.24	1.29
shrimp	3	2.5433	.01528	.00882	2.5054	2.5813	2.53	2.56
Total	12	1.6475	.55617	.16055	1.2941	2.0009	1.19	2.56

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.395	3	1.132	1170.652	.000
Within Groups	.008	8	.001		
Total	3.403	11			

Duncan[a]

ปริมาณไขมันของตัวอย่างแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

solution	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
salt 2%	3	1.2267		
vinegar 2%	3	1.2700		
filtration	3		1.5500	
shrimp	3			2.5433
Sig.		.126	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

ตารางที่ ผ-21 ผลการวิเคราะห์ความเข้มสีของตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

Descriptives

ความเข้มสีของตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
L* filtration	3	91.4967	6.34519	3.66340	75.7343	107.2590	84.78	97.39
salt 2%	3	97.4933	1.79266	1.03499	93.0401	101.9466	95.93	99.45
vinegar 2%	3	96.5700	8.31286	4.79943	75.9197	117.2203	90.63	106.07
shrimp	3	99.0800	.02000	.01155	99.0303	99.1297	99.06	99.10
sodiumsulphate 2%	3	91.1667	.25384	.14655	90.5361	91.7972	90.96	91.45
disodiumhydrogenphosphate heptahydrate 2%	3	92.5067	.12503	.07219	92.1961	92.8173	92.38	92.63
Total	18	94.7189	4.84728	1.14251	92.3084	97.1294	84.78	106.07
a* filtration	3	1.0200	.65184	.37634	-.5993	2.6393	.27	1.45
salt 2%	3	.5833	.30006	.17324	-.1620	1.3287	.32	.91
vinegar 2%	3	.6867	.15373	.08876	.3048	1.0686	.51	.79
shrimp	3	10.2833	5.30364	3.06206	-2.8916	23.4583	4.16	13.43

a* sodiumsulphate 2%	3	1.1467	.02887	.01667	1.0750	1.2184	1.13	1.18
disodiumhydrogenphosphate heptahydrate 2%	3	2.5533	.19399	.11200	2.0714	3.0352	2.33	2.68
Total	18	2.7122	3.99486	.94160	.7256	4.6988	.27	13.43
b* filtration	3	24.4067	24.4067	.32544	23.0064	25.8069	23.96	25.04
salt 2%	3	24.1533	24.1533	1.23243	18.8506	29.4560	21.69	25.46
vinegar 2%	3	21.9833	21.9833	2.21913	12.4352	31.5315	17.56	24.51
shrimp	3	18.5200	18.5200	.34771	17.0239	20.0161	17.83	18.94
sodiumsulphate 2%	3	23.0233	23.0233	.04333	22.8369	23.2098	22.95	23.10
disodiumhydrogenphosphate heptahydrate 2%	3	26.1700	26.1700	.19035	25.3510	26.9890	25.79	26.38
Total	18	23.0428	23.0428	.68505	21.5974	24.4881	17.56	26.38

ANOVA

ความเข้มสีของตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L*	Between Groups	174.115	5	34.823	1.855	.177
	Within Groups	225.318	12	18.777		
	Total	399.433	17			
a*	Between Groups	213.890	5	42.778	8.941	.001
	Within Groups	57.411	12	4.784		
	Total	271.301	17			
b*	Between Groups	103.354	5	20.671	6.163	.005
	Within Groups	40.250	12	3.354		
	Total	143.604	17			

Duncan[a]

L*

solution	N	Subset for alpha = 0.05
		a
sodiumsulphate	3	91.1667
filtration	3	91.4967
disodiumhydrogenphosphateheptahydrate 2%	3	92.5067
vinegar 2%	3	96.5700
salt 2%	3	97.4933
shrimp	3	99.0800
Sig.		.066

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

Duncan[a]

a*

solution	N	Subset for alpha = 0.05	
		b	a
salt 2%	3	.5833	
vinegar 2%	3	.6867	
filtration	3	1.0200	
sodiumsulphate	3	1.1467	
disodiumhydrogenphosphateheptahydrate 2%	3	2.5533	
shrimp	3		10.2833
Sig.		.333	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

Duncan[a]

b*

solution	N	Subset for alpha = 0.05		
		c	b	a
shrimp	3	18.5200		
vinegar 2%	3		21.9833	
sodiumsulphate	3		23.0233	23.0233
salt 2%	3		24.1533	24.1533
filtration	3		24.4067	24.4067
disodiumhydrogenphosphateheptahydrate 2%	3			26.1700
Sig.		1.000	.158	.074

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

ตารางที่ ผ-22 ผลการวิเคราะห์ความเข้มสีของตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท เมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

Descriptives

ความเข้มสีของตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
L* filtration	3	77.6067	.06807	.03930	77.4376	77.7758	77.53	77.66
salt 2%	3	76.3733	.17388	.10039	75.9414	76.8053	76.24	76.57
vinegar 2%	3	76.3700	.09644	.05568	76.1304	76.6096	76.26	76.44
sodiumsulphate 2%	3	78.3567	.51627	.29807	77.0742	79.6391	78.01	78.95
disodiumhydrogenphosphateheptahydrate 2%	3	79.6667	.20033	.11566	79.1690	80.1643	79.46	79.86
Total	15	77.6747	1.31481	.33948	76.9466	78.4028	76.24	79.86
a* filtration	3	5.8900	.10536	.06083	5.6283	6.1517	5.79	6.00
salt 2%	3	7.1700	.04000	.02309	7.0706	7.2694	7.13	7.21

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
	vinegar 2%	3	7.2500	.08718	.05033	7.0334	7.4666	7.19	7.35
	sodiumsulphate 2%	3	6.4600	.17349	.10017	6.0290	6.8910	6.26	6.57
	disodiumhydrogenphosphateheptahydrate 2%	3	6.8367	.02082	.01202	6.7850	6.8884	6.82	6.86
	Total	15	6.7213	.52523	.13561	6.4305	7.0122	5.79	7.35
b*	filtration	3	30.3867	.28219	.16292	29.6857	31.0877	30.19	30.71
	salt 2%	3	31.1467	.07234	.04177	30.9670	31.3264	31.10	31.23
	vinegar 2%	3	32.6633	.01528	.00882	32.6254	32.7013	32.65	32.68
	sodiumsulphate 2%	3	31.9367	.05132	.02963	31.8092	32.0641	31.88	31.98
	disodiumhydrogenphosphateheptahydrate 2%	3	34.0900	.39038	.22539	33.1202	35.0598	33.71	34.49
	Total	15	32.0447	1.33309	.34420	31.3064	32.7829	30.19	34.49

ANOVA

ความเข้มสีของตัวอย่างกลูเตนจากแป้งข้าวสาลีโฮลวีท

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L*	Between Groups	23.500	4	5.875	83.730	.000
	Within Groups	.702	10	.070		
	Total	24.202	14			
a*	Between Groups	3.761	4	.940	92.471	.000
	Within Groups	.102	10	.010		
	Total	3.862	14			
b*	Between Groups	24.400	4	6.100	127.010	.000
	Within Groups	.480	10	.048		
	Total	24.880	14			

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Duncan[a]

L*

solution	N	Subset for alpha = 0.05			
		d	c	b	a
vinegar 2%	3	76.3700			
salt 2%	3	76.3733			
filtration	3		77.6067		
sodiumsulphate	3			78.3567	
disodiumhydrogenphosphatehepta hydrate 2%	3				79.6667
Sig.		.988	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

Duncan[a]

a*

solution	N	Subset for alpha = 0.05			
		d	c	b	a
vinegar 2%	3	5.8900			
salt 2%	3		6.4600		
filtration	3			6.8367	
sodiumsulphate	3				7.1700
disodiumhydrogenphosphatehepta hydrate 2%	3				7.2500
Sig.		1.000	1.000	1.000	.354

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

Duncan[a]

b*

solution	N	Subset for alpha = 0.05			
		d	c	b	a
vinegar 2%	3	30.3867			
salt 2%	3		31.1467		
filtration	3			31.9367	
sodiumsulphate	3				32.6633
disodiumhydrogenphosphatehepta hydrate 2%	3				
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

ตารางที่ ผ-23 ผลการวิเคราะห์ความเข้มสีของน้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติเมื่อใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน

Descriptives

วิเคราะห์ความเข้มสีของน้ำพริกสวรรค์กุ้งและน้ำพริกสวรรค์มังสวิรัติ

		N	Mean	Std.Deviation	Std.Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
L*	filtration	3	29.2433	.03055	.01764	29.1674	29.3192	29.21	29.27
	salt 2%	3	29.3433	.40821	.23568	28.3293	30.3574	28.88	29.65
	vinegar 2%	3	31.6467	.03512	.02028	31.5594	31.7339	31.61	31.68
	shrimp	3	29.0600	.05196	.03000	28.9309	29.1891	29.00	29.09
	Total	12	29.8233	1.11865	.32293	29.1126	30.5341	28.88	31.68
a*	filtration	3	13.9600	.21378	.12342	13.4290	14.4910	13.72	14.13
	salt 2%	3	13.4233	.48809	.28180	12.2108	14.6358	12.86	13.72
	vinegar 2%	3	13.5067	.03786	.02186	13.4126	13.6007	13.48	13.55
	shrimp	3	14.3667	.14572	.08413	14.0047	14.7286	14.20	14.47
	Total	12	13.8142	.46070	.13299	13.5215	14.1069	12.86	14.47
b*	filtration	3	13.5333	.16503	.09528	13.1234	13.9433	13.35	13.35
	salt 2%	3	15.4800	.38974	.22502	14.5118	16.4482	15.05	15.05

	N	Mean	Std.Deviation	Std.Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
vinegar 2%	3	12.9333	.22234	.12837	12.3810	13.4856	12.80	12.80
shrimp	3	2.7633	.06658	.03844	2.5979	2.9287	2.72	2.72
Total	12	11.1775	5.17243	1.49315	7.8911	14.4639	2.72	2.72

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L*	Between Groups	13.422	3	4.474	104.350	.000
	Within Groups	.343	8	.043		
	Total	13.765	11			
a*	Between Groups	1.721	3	.574	7.486	.010
	Within Groups	.613	8	.077		
	Total	2.335	11			
b*	Between Groups	293.828	3	97.943	1681.418	.000
	Within Groups	.466	8	.058		
	Total	294.294	11			

Duncan[a]

L*

solution	N	Subset for alpha = 0.05	
		b	a
shrimp	3	29.0600	
filtration	3	29.2433	
salt 2%	3	29.3433	
vinegar 2%	3		31.6467
Sig.		.147	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

Duncan[a]

a*

solution	N	Subset for alpha = 0.05	
		b	a
shrimp	3	13.4233	
filtration	3	13.5067	
salt 2%	3	13.9600	
vinegar 2%	3		13.9600
Sig.		.052	14.3667

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

Duncan[a]

b*

solution	N	Subset for alpha = 0.05			
		d	c	b	a
shrimp	3	2.7633			
vinegar 2%	3		12.9333		
filtration	3			13.5333	
salt 2%	3				15.4800
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000