การผลิตแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงโดยใช้เอนไซม์แอลฟา-อะมิเลส

นางสาวกาญจนาภา เอกคณาลักษมี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF HIGH PROTEIN GLUTINOUS RICE FLOUR USING ALPHA-AMYLASE

Miss Kanjanapa Eakkanaluksamee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Acadamic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

490688

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงโดยใช้เอนไซม์แอลฟา-อะมิเลส
โดย	นางสาวกาญจนาภา เอกคณาลักษมี
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรารัตน์ ทัตติยกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พาสวดี ประทีปะเสน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรารัตน์ ทัตติยกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์)

กาญจนาภา เอกคณาลักษมี : การผลิตแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงโดยใช้เอนไซม์แอลฟา-อะมิเลส.
(PRODUCTION OF HIGH PROTEIN GLUTINOUS RICE FLOUR USING ALPHA-AMYLASE)
อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.จิรารัตน์ ทัตติยกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.วรรณา ตุลยธัญ : 90 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงโดยใช้เอนไซม์ α-อะมิเลส แป้งข้าวเหนียวที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ร้อยละ 6.52 โดยน้ำหนัก แปรค่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณโปรตีนและร้อยละผลผลิตในแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง ดังนี้ ความเข้มข้นเอนไซม์ 3 ระดับ ได้แก่ร้อยละ 0.010 0.025 และ 0.040 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อุณหภูมิในการย่อย 3 ระดับ ได้แก่ 80 85 และ 90 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการย่อย 3 ระดับ ได้แก่ 90 120 และ150 นาที พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงโดยใช้เอนไซม์ α-อะมิเลส คือ น้ำแป้งข้าวเหนียวเข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก เจลาติไนซ์ที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ย่อยด้วยเอนไซม์ α-อะมิเลส เข้มข้นร้อยละ 0.010 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 99 นาที โดยแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงที่ผลิตได้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 35.91 คิดเป็น 5.5 เท่าของโปรตีนเริ่มต้น และมีคาร์โบไฮเดรตลดลงเป็นร้อยละ 61.85 ซึ่งคิดเป็น 2 ส่วนใน 3 ส่วนของวัตถุดิบเริ่มต้น มีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 17.25 แป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลอ่อน องค์ประกอบทางเคมีอื่นที่พบมีไขมันต่ำร้อยละ 0.81 เถ้าร้อยละ 1.01 และเส้นใยหยาบร้อยละ 0.42 มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายได้แก่ leucine isoleucine lysine valine phenylalanine methionine threonine และ tryptophan อยู่อย่างครบถ้วน แป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงมีร้อยละการละลายเพิ่มขึ้น มีค่าการพองตัวลดลง และไม่มีคุณสมบัติด้านการเปลี่ยนแปลงความหนืดเมื่อได้รับความร้อนเมื่อเทียบกับแป้งข้าวเหนียว เมื่อนำแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงมาทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ในการผลิต white salted noodle พบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงในสูตรเพิ่มขึ้น โดของบะหมี่มีความยืดหยุ่นน้อยลง และมีความแข็งมากขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของบะหมี่ white salted noodle แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงสูงขึ้นคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงร้อยละ 10 มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงและเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2549..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4772219823 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: GLUTINOUS FLOUR / HIGH PROTEIN FLOUR / WHITE SALTED NOODLE

KANJANAPA EAKKANALUKSAMEE : PRODUCTION OF HIGH-PROTEIN GLUTINOUS RICE FLOUR USING ALPHA-AMYLASE . THESIS ADVISOR : ASST.PROF. JIRARAT TATTIYAKUL, Ph.D. THESIS COADVISOR : ASSOC.PROF. VANNA TULYATHAN, Ph.D. 90 pp.

This research aimed to study the optimum condition for the production of high protein glutinous rice flour using α-amylase. The raw material used in this study was glutinous rice flour that contained 6.52% protein. The factors that affect yield and protein content of high protein glutinous rice flour were varied as following: alpha-amylase concentration; 0.010, 0.025 and 0.040%w/v, digestion temperature; 80, 85 and 90 °C, and digestion time; 90, 120 and 150 minutes. The optimum condition for the production obtained from the study was that treating gelatinized 15%w/w glutinous rice flour suspension (gelatinized at 100 °C for 30 minutes) with α-amylase at 0.010%w/v at 80°C for 99 minutes. High protein glutinous rice flour contained 35.91% protein, which was 5.5 times the initial protein content, and 61.85% carbohydrate which was two-thirds of the carbohydrate in raw material. The process yielded 17.25 g high protein glutinous rice flour per 100 g of glutinous rice flour. The high protein glutinous rice flour was light brown powder and contained 0.21% low fat, 1.01% ash, and 0.42% crude fiber. It also contained 8 essential amino acids which are leucine, isoleucine, lysine, valine, phenylalanine, methionine, threonine and tryptophan. The high protein glutinous rice flour had higher solubility, lower swelling power, and showed no pasting peak when compared with glutinous rice flour. 10%, 20% and 30%w/w high protein glutinous rice flour substitution in white salted noodle caused a decrease in dough elasticity and an increase in dough hardness. An increase in substitution level resulted in a significant decrease in sensory test score of the noodle ($p \leq 0.05$). High protein glutinous rice flour substitution at 10%w/w in the production of white salted noodle gave an acceptable product.

Department.....Foood Technology..... Student's signature.....Kanjanapa Eakkanaluksamee.....

Field of study.....Food Technology..... Advisor's signature.....

Academic year.....2006..... Co-advisor's signature.....N. Tulyathan.....

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิตและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ โดยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรารัตน์ ทัตติยกุล อาจารย์ที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และกำลังใจตลอดการทำวิจัย และกรุณาช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พาสวดี ประทีปะเสน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงวิทยาพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บริษัท พรชัยอุตสาหกรรม ชลบุรี (2003) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์แป้งข้าวเหนียว และ บริษัท อีสเอเชียติ๊ก (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เอนไซม์ α-อะมิเลส Termamyl® 120 L Type LS เพื่อใช้ในงานวิจัย และภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ขอขอบคุณพี่ น้องและเพื่อนๆปริญญาโททุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและกำลังใจตลอดการวิจัย

ขอบคุณพี่ น้อง และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้อง และเพื่อนๆ ที่ให้การสนับสนุน คำแนะนำ และกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญรูป.....ฎ
บทที่
1.บทนำ.....1
2. วาสารปริทัศน์.....2
2.1 แป้งข้าวเหนียว.....2
2.1.1 องค์ประกอบภายในเม็ดแป้ง.....3
2.1.2 ส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเม็ดแป้ง.....7
2.2 โปรตีนข้าว.....8
2.3 กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนในข้าว.....10
2.4 เอนไซม์ α-อะมิเลส.....11
2.5 การผลิตแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงโดยใช้เอนไซม์ α-อะมิเลส.....12
2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้เอนไซม์ α-อะมิเลสในการผลิต
แป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง.....16
2.6.1 ความเข้มข้นน้ำแป้ง.....16
2.6.2 ความเข้มข้นเอนไซม์ α อะมิเลส.....17
2.6.3 pH.....17
2.6.4 อุณหภูมิ.....17
2.6.5 ระยะเวลาในการย่อย.....18
2.7 การประยุกต์ใช้แป้งโปรตีนสูงโดยทั่วไป.....18
2.8 บะหมี่ white salted noodle.....19
2.9 สมบัติทาง viscoelastic 21

หน้า

3. การทดลอง.....29
3.1 วัตถุดิบ สารเคมีและอุปกรณ์.....29
3.1.1 วัตถุดิบ.....29
3.1.2 สารเคมี.....29
3.1.3 อุปกรณ์.....29
3.2 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย.....30
3.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเหนียว.....30
3.2.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงโดยใช้เอนไซม์ α-อะมิเลส.....30
3.2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง.....34
3.2.4 ศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง.....34
3.2.4.1 วิเคราะห์กำลังการพองตัวและร้อยละการละลายของแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง.....34
3.2.4.2 ศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความหนืด โดยใช้เครื่องวัดการเปลี่ยนแปลงความหนืด (Rapid Viscoanalyser, RVA).....34
3.2.5 ศึกษาการทดแทนแป้งข้าวสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงในการผลิตบะหมี่ White salted noodle.....34
3.2.5.1 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งสาลี.....34
3.2.5.2 ผลิต white salted noodle ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง.....34
3.2.5.3 ศึกษา rheological property ของโดบะหมี่ white salted noodle ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงในสัดส่วนต่างๆ โดยใช้เครื่องRheometer.....34
3.2.5.4 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของบะหมี่.....35
3.2.5.5 ทดสอบประสาทสัมผัสของบะหมี่ white salted noodle 35

หน้า

4. ผลการทดลองและวิจารณ์....37
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเหนียว....37
4.2 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในแป้งข้าวเหนียว....37
4.3 ภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงโดยใช้เอนไซม์ α -อะมิเลส....39
4.4 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง....50
4.5 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง....51
4.6 สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง....53
4.6.1 กำลังการพองตัวและร้อยละการละลายของแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง....53
4.6.2 การเปลี่ยนแปลงความหนืด โดยใช้เครื่องวัดการเปลี่ยนแปลงความหนืดเมื่อได้รับความร้อน (Rapid-Viscoanalyzer, RVA)....56
4.7 การทดแทนแป้งข้าวสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงในการผลิตบะหมี่ white salted noodle....58
4.7.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลี....58
4.7.2 rheological property ของโดบะหมี่ white salted noodle ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงในสัดส่วนต่างๆ....58
4.7.3 สมบัติของบะหมี่หลังต้มสุก....64
4.7.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของบะหมี่ต้มสุก....65
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ....67
รายการอ้างอิง....69
ภาคผนวก....74
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์....75
ภาคผนวก ข แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส....86
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ความแปรปรวน....87
ภาคผนวก ง....89
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์....90

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 สมบัติทางโครงสร้างของอะมิโลส....4
2.2 สมบัติทางโครงสร้างของอะมิโลเพกติน....7
2.3 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่มีในโปรตีนข้าว....9
2.4 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์จากการย่อยแป้งข้าวด้วยเอนไซม์ α-อะมิเลส....13
2.5 องค์ประกอบของแป้งข้าวโปรตีนสูง....14
2.6 องค์ประกอบของแป้งข้าวและแป้งข้าวโปรตีนสูง....15
2.7 องค์ประกอบของแป้งข้าวโปรตีนสูงจากข้าวพันธุ์ต่างๆ....16
3.1 ภาวะการผลิตแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงในการทดลองแบบ Box-Benkhen....32
3.2 สูตรการทำบะหมี่ white salted noodle....35
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเหนียว....37
4.2 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบในแป้งข้าวเหนียว....38
4.3 ปริมาณโปรตีนในแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง และร้อยละผลผลิตแป้งข้าวเหนียว โปรตีนสูงที่ผลิตได้จากภาวะต่างๆ....39
4.4 ภาวะในการผลิตแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงโดยใช้เอนไซม์ α-อะมิเลสที่ได้จาก โปรแกรม Design-Expert....48
4.5 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง....50
4.6 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบในแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง....52
4.7 ค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง และ แป้งสาลี....56
4.8 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลี....57
4.9 ค่า creep compliance ของโดบะหมี่....63
4.10 สมบัติของบะหมี่ white salted noodle หลังต้มสุก....64
ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณโปรตีนในแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงที่ได้ จากการผลิตตามภาวะที่เลือกมา....86
ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าร้อยละการผลิตแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงที่ได้ จากการผลิตตามภาวะที่เลือกมา....87
ง.1 สมบัติทางประสาทสัมผัสของบะหมี่ white salted noodle ต้มสุก....88

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างของอะมิโลส....3

2.2 โครงสร้างของอะมิโลเพกติน....5

2.3 ลักษณะโครงสร้างแบบกิ่งของอะมิโลเพกติน....6

2.4 โปรตีนรูปร่างกลมเล็ก และขนาดใหญ่แทรกระหว่างเม็ดสตาร์ชจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (scanning electron microscope) กำลังขยาย 5,000 เท่า....10

2.5 การทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะมิเลส....12

2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนกับอัตราการเฉือนของไหลนิวโตเนียน....23

2.7 Four element Bergers Model....27

2.8 พฤติกรรม creep/recovery ของวัสดุ ของเหลว ของ และวิสโคอิลาสติก....27

3.1 แผนผังการผลิตแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง....33

3.2 ขั้นตอนการผลิตบะหมี่ white salted noodle....36

4.1 อิทธิพลของระยะเวลาในการย่อยและความเข้มข้นเอนไซม์ต่อปริมาณโปรตีนในแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง ที่อุณหภูมิในการย่อย 80 องศาเซลเซียส....41

4.2 อิทธิพลของระยะเวลาในการย่อยและความเข้มข้นเอนไซม์ต่อปริมาณโปรตีนในแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง ที่อุณหภูมิในการย่อย 85 องศาเซลเซียส....42

4.3 อิทธิพลของระยะเวลาในการย่อยและความเข้มข้นเอนไซม์ต่อปริมาณโปรตีนในแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง ที่อุณหภูมิในการย่อย 90 องศาเซลเซียส....43

4.4 อิทธิพลของระยะเวลาในการย่อยและความเข้มข้นเอนไซม์ต่อร้อยละผลผลิตที่อุณหภูมิในการย่อย 80 องศาเซลเซียส....44

4.5 อิทธิพลของระยะเวลาในการย่อยและความเข้มข้นเอนไซม์ต่อร้อยละผลผลิตที่อุณหภูมิในการย่อย 85 องศาเซลเซียส....45

4.6 อิทธิพลของระยะเวลาในการย่อยและความเข้มข้นเอนไซม์ต่อร้อยละผลผลิตที่อุณหภูมิในการย่อย 90 องศาเซลเซียส....46

4.7 แป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงและแป้งข้าวเหนียว....49

4.8 รูปถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (scaning electron microscope) ของแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง กำลังขยาย 1,000 เท่า และ 5,000 เท่าตามลำดับ....49

รูปที่ **หน้า**

4.9 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นที่มีอยู่ในแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง....51
4.10 กำลังการพองตัวของแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง และแป้งสาลี....54
4.11 ร้อยละการละลายของแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง และแป้งสาลี....54
4.12 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเหนียว แป้งสาลี และแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง....56
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง modulus และค่า strain ของโดบะหมี่ white salted noodle วัดโดย amplitude sweep test....59
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง modulus และค่า frequency ของโดบะหมี่ white salted noodle วัดโดย frequency sweep test....60
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า creep compliance และเวลาของโดบะหมี่ white salted noodle วัดโดย creep recovery test....62
4.16 สมบัติทางประสาทสัมผัสของบะหมี่ white salted noodle ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงต้มสุก....66