

อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูง โดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน



นางสาว พอใจ ลีมนันธุ์อุดม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2531

ISBN 974-568-836-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HIGH PROTEIN SNACK FOODS PRODUCTION
BY EXTRUSION PROCESS

Miss Porchai Limphanudom

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Food Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1988

ISBN 974-568-836-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์ อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน
โดย นางสาว พอใจ ลีพันธ์อุดม
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ รัตนพิทยากุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ นวังคส์ถตุศาสน์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ รัตนพิทยากุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ นวังคส์ถตุศาสน์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ประชา นงวิสิริกุล)

พอใจ ล้มพันธุ้คุม : อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน (HIGH PROTEIN SNACK FOODS PRODUCTION BY EXTRUSION PROCESS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ชัยยุทธ ัญญพิทยากุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ดร.สุรพงษ์ นวังคส์ตฤศาสน์, 113 หน้า.

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ผลิตอาหารขบเคี้ยวที่มีโปรตีนสูงโดยใช้กระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน มีขั้นตอนการวิจัยดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาผลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการผลิต ได้แก่ ชนิดของวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารขบเคี้ยว คือ ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว ระดับอัตราส่วนการอัดของสกรู 4:1 และ 5:1 ความชื้นของวัตถุดิบ 12%, 14% และ 16% จากการทดลองพบว่า เมื่อระดับความชื้นของวัตถุดิบสูงขึ้น มีผลทำให้ค่าความหนาแน่น และความชื้นของเอ็กซ์ทรูเคทมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราการพองตัวของเอ็กซ์ทรูเคทมีค่าลดลง ซึ่งพบทั้งในข้าวเจ้าและข้าวเหนียว และการใช้สกรูที่มีค่าอัตราส่วนการอัดต่างกัน ไม่ได้ให้ผลต่อค่าอัตราส่วนการพองตัวของเอ็กซ์ทรูเคทของวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด ดังนั้นจึงเลือกใช้สกรูที่มีค่าอัตราส่วนการอัด 4:1 และความชื้น 12% ในการผลิตอาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงในขั้นตอนการทดลองที่ 2 โดยมีวัตถุดิบหลักคือ ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว แหล่งเสริมโปรตีนคือ ถั่วเขียวซีก DFSE และ FFSE จากการทดลองพบว่า สามารถผสมถั่วเขียวซีกกับข้าวเจ้า และผสมถั่วเขียวซีกกับข้าวเหนียวได้ถึง 45% โดยที่ยังสามารถให้การพองตัวที่ดี และลักษณะปรากฏเป็นที่ยอมรับ และสามารถผสม DFSE ในวัตถุดิบหลักทั้ง 2 ชนิด ได้ 20% และผสม FFSE กับข้าวเหนียวได้เพียง 10% ในขณะที่เมื่อผสมกับข้าวเจ้าไม่สามารถให้การพองตัวเป็นที่ยอมรับได้ หลังจากนั้นนำไปเคลือบรสชาติ พบว่าผลิตภัณฑ์มีโปรตีน 9.96-12.82% ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยบรรจุถุงพลาสติกชนิด OPP/PE และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ในสภาวะบรรยากาศปกติ พบว่า ผลิตภัณฑ์บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ได้รับคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสค่อนข้างคงที่ และความชื้นเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติก จะมีคะแนนการยอมรับด้านสีลดลงเล็กน้อย และมีคะแนนการยอมรับทางด้านรสชาติ ความกรอบ และการยอมรับรวมลดลงค่อนข้างมาก จนถึงระดับไม่ชอบเล็กน้อย และไม่ชอบปานกลาง และมีคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏค่อนข้างคงที่ ตลอดระยะเวลาการเก็บ

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร
ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

PORCHAI LIMPHANUDOM : HIGH PROTEIN SNACK FOODS PRODUCTION BY EXTRUSION PROCESS. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. CHAIYUTE THUNPITHAYAKUL, Ph.D., THESIS COADVISOR : ASSIST. PROF. SURAPONG NAVANKASATTUSAS, Ph.D., 113 PP.

The main objective of this research is to produce a high protein snack food by extrusion process. First, the effects of variables involved viz. kind of main ingredients; rice and glutinous rice, screw compression ratio; 4:1 and 5:1, raw material moisture content; 12%, 14% and 16% were studied. From the experiments, it was shown that the higher the raw material moisture content, the higher will be the bulk density and moisture content of the extrudate, whereas lower expansion ratios of the extrudate were obtained. The findings were the same for both rice and glutinous rice. The use of different screw compression ratios did not affect the expansion ratio of extrudate for both main ingredients. The selected appropriate condition to produce high protein snack foods in the next experiment was: screw compression ratio 4:1 and 12% raw material moisture. High protein snack foods were produced using rice and glutinous rice as based ingredients while protein enriching sources were based on dehulled mungbean, DFSF and FFSF. It was found that dehulled mungbean could be fortified in rice and glutinous rice up to 45%; the extrudate still had good expansion property and general appearance. Similarly, DFSF could be fortified in both based ingredients up to a level of 20%. FFSF, on the other hand, could be added to glutinous rice only at 10% level whereas it was not possible to obtain acceptable product when fortified in rice. After that, the extrudate was flavored. The protein content of the flavored extrudate was 9.96-12.82%. The high protein snack food products were packaged in OPP/PE plastic and aluminium bags under atmospheric condition. The storage results revealed that average overall acceptability score and moisture content of the products in aluminium foil bags were rather constant during 2 months in storage. However, more severe changes were observed in the products in OPP/PE; average scores in flavor, crispness and overall acceptability were markedly decreased while the average color score decreased only slightly. The general appearance, on the contrary, stayed rather constant throughout the storage time.

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร
ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ชัยยุทธ รัถนิทยากุล และ ผศ.ดร.สุรพงศ์ นวังคส์ตฤศาสน์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและช่วยเหลือตลอดเวลาการทำวิทยานิพนธ์

ขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการสถาบันทดลองข้าว บางเขน และเจ้าหน้าที่ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในงานวิจัยนี้ ขอบพระคุณท่านหัวหน้ากลุ่มงานวิจัยวิทยาการเก็บรักษาและแปรสภาพ กองเกษตรวิศวกรรม บางเขน และเจ้าหน้าที่ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการสีข้าวเปลือก และ ขอบพระคุณ คุณสุณีย์ สัตตัญญู ผู้จัดการแผนกผลิตภัณฑ์อาหารเพื่ออุตสาหกรรม บริษัททิทแอลเอ็ม จำกัด ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์สารให้รสชาติ (flavoring agent) และคำแนะนำต่าง ๆ

ขอบพระคุณ อาจารย์ ประชา บุญยสิริกุล ที่ให้ความรู้และคำแนะนำทางด้านเอนไซม์ทรูซัน เนื่องจากได้ประสบปัญหาในระหว่างการทดลองบ้าง แต่ได้รับความช่วยเหลือจากเพื่อน พี่ และน้อง ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร และภาควิชาเคมีเทคนิคอย่างดี จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยนี้ และสุดท้ายต้องกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ความกรุณาสนับสนุนให้กำลังใจตลอดเวลาที่ศึกษาเล่าเรียนมา จนกระทั่งผู้เขียนจบปริญญาโท

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 วารสารปริทัศน์	4
3 การทดลอง	15
4 ผลการทดลอง	29
5 วิจารณ์ผลการทดลอง	72
6 สรุปและข้อเสนอแนะ	84
เอกสารอ้างอิง	86
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	90
ภาคผนวก ข	91
ภาคผนวก ค	93
ภาคผนวก ง	101
ภาคผนวก จ	102
ภาคผนวก ฉ	110
ภาคผนวก ช	111
ประวัติผู้เขียน	113

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
1.1	ความถี่ของการรับประทานอาหารขบเคี้ยวของเด็กอายุ 7-18 ปี.....	1
1.2	เหตุผลในการเลือกรับประทานอาหารขบเคี้ยว.....	3
2.1	การแบ่งชนิดของเครื่องเอกซเรย์ตามปริมาณความชื้นของวัตถุดิบ....	9
2.2	ปริมาณอะไมโลสในวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองและในแบ่งชนิดต่าง ๆ.....	12
2.3	ปริมาณกรดอะมิโนในวัตถุดิบ (มิลลิกรัม) ในอาหารที่กินได้ 100 กรัม..	14
3.1	ส่วนผสมของวัตถุดิบที่นำมาผลิตอาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงสูตรต่าง ๆ.....	21
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ.....	29
4.2	ขนาดอนุภาคของวัตถุดิบ	30
4.3	ปริมาณความชื้นของเอกซเรย์เตก ที่ผลิตจากข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ที่ความชื้น 12%, 14% และ 16% โดยใช้สกรูที่มีอัตราส่วนการอัด 4:1 และ 5:1.....	31
4.4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอิทธิพลของชนิดวัตถุดิบ (ตัวแปร A) ระดับ ค่าอัตราส่วนการอัดของสกรู (ตัวแปร B) และระดับความชื้นของวัตถุดิบ (ตัวแปร C) ต่อปริมาณความชื้นของเอกซเรย์เตก.....	32
4.5	ค่าความหนาแน่นของเอกซเรย์เตก ที่ผลิตจากข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ที่ความชื้น 12%, 14% และ 16% โดยใช้สกรูที่มีอัตราส่วนการอัด 4:1 และ 5:1.....	34
4.6	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอิทธิพลของชนิดวัตถุดิบ (ตัวแปร A) ระดับ ค่าอัตราส่วนการอัดของสกรู (ตัวแปร B) และระดับความชื้นของวัตถุดิบ (ตัวแปร C) ต่อค่าความหนาแน่นของเอกซเรย์เตก.....	35
4.7	ค่าอัตราส่วนของกรงตัวของเอกซเรย์เตก ที่ผลิตจากข้าวเจ้าและข้าว เหนียว ที่ความชื้น 12%, 14% และ 16% โดยใช้สกรูที่มีอัตราส่วนการอัด 4:1 และ 5:1.....	37
4.8	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอิทธิพลของชนิดวัตถุดิบ (ตัวแปร A) ระดับ ค่าอัตราส่วนการอัดของสกรู (ตัวแปร B) และระดับความชื้นของวัตถุดิบ (ตัวแปร C) ต่อค่าอัตราส่วนของกรงตัวของเอกซเรย์เตก.....	38

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
4.9	ค่า WAI ของเอกซ์ทรูเดทที่ผลิตจากข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ที่ความชื้น 12%, 14% และ 16% โดยใช้สกรูที่มีอัตราส่วนการอัด 4:1 และ 5:1	40
4.10	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอิทธิพลของชนิดวัตถุดิบ (ตัวแปร A) ระดับค่าอัตราส่วนการอัดของสกรู (ตัวแปร B) และระดับความชื้นของวัตถุดิบ (ตัวแปร C) ต่อค่า WAI ของเอกซ์ทรูเดท.....	41
4.11	ค่าแรงตัดขาดของเอกซ์ทรูเดทที่ผลิตจากข้าวเจ้า และข้าวเหนียว ที่ความชื้น 12%, 14% และ 16% โดยใช้สกรูที่มีอัตราส่วนการอัด 4:1 และ 5:1.....	43
4.12	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอิทธิพลของชนิดวัตถุดิบ (ตัวแปร A) ระดับค่าอัตราส่วนการอัดของสกรู (ตัวแปร B) และระดับความชื้นของวัตถุดิบ (ตัวแปร C) ต่อค่าแรงตัดขาดของเอกซ์ทรูเดท.....	44
4.13	คุณสมบัติผลิตภัณฑ์ชุด RM.....	46
4.14	คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชุด RM	47
4.15	คุณสมบัติผลิตภัณฑ์ชุด GM	48
4.16	คะแนนทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชุด GM	48
4.17	คุณสมบัติผลิตภัณฑ์ชุด RD	49
4.18	คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชุด RD	50
4.19	คุณสมบัติผลิตภัณฑ์ชุด GD	51
4.20	คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชุด GD	51
4.21	คุณสมบัติผลิตภัณฑ์ชุด GF.....	52
4.22	คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชุด GF.....	53
4.23	คุณสมบัติผลิตภัณฑ์ชุด RF.....	53
4.24	ลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงที่ยังไม่เคลือบรสชาติ (plain extrudate)	54
4.25	ปริมาณกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูง (มีลลิกรัม/100 กรัม)	55
4.26	คะแนนทดสอบทางด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่เคลือบด้วยรสชาติต่าง ๆ...	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.27 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูง และอาหารขบเคี้ยวที่มีขายอยู่ในท้องตลาด.....	57
4.28 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด OPP/PE และถุง A1 เป็นเวลา 8 สัปดาห์.....	58
4.29 คะแนนเฉลี่ยทางด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด OPP/PE และถุง A1 เป็นเวลา 8 สัปดาห์	61
4.30 คะแนนเฉลี่ยทางด้านสีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด OPP/PE และถุง A1 เป็นเวลา 8 สัปดาห์...	63
4.31 คะแนนเฉลี่ยทางด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุงพลาสติก ชนิด OPP/PE และถุง A1 เป็นเวลา 8 สัปดาห์.....	65
4.32 คะแนนเฉลี่ยทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด OPP/PE และถุง A1 เป็นเวลา 8 สัปดาห์	67
4.33 คะแนนเฉลี่ยทางด้านการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด OPP/PE และถุง A1 เป็นเวลา 8 สัปดาห์	69
4.34 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอิทธิพลของชนิดของอาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงสูตรต่าง ๆ (ตัวแปร A) ชนิดของภาชนะบรรจุ (ตัวแปร B) และระยะเวลาการเก็บ (ตัวแปร C) ที่มีต่อปริมาณความชื้น ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีอายุการเก็บ 8 สัปดาห์	71

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการ เอกซ์ทรูชัน	5
2.2 เปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตขนมปังกับการผลิตโดยกระบวนการ เอกซ์ทรูชัน	8
3.1 กระบวนการผลิตอาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูง โดยใช้เครื่อง extruder (BRABENDER 20 DN)	15
3.2 เครื่องบดแบบ Pin Mill	17
3.3 เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ BRABENDER 20 DN	23
3.4 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)	26
3.5 ตู้อบแห้งแบบถาด (tray dryer)	27
3.6 เครื่องปิดผนึกถุงด้วยความร้อน (heat sealer)	28
4.1 ลักษณะวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	30
4.2 กราฟแสดงปริมาณความชื้นของเอกซ์ทรูเดท ที่ผลิตจากข้าวเจ้าและข้าว เหนียว ที่ความชื้น 12%, 14% และ 16% โดยใช้สกรูที่มีอัตราส่วนการ อัด 4:1 และ 5:1	33
4.3 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของเอกซ์ทรูเดท ที่ผลิตจากข้าวเจ้าและข้าว เหนียว ที่ความชื้น 12%, 14% และ 16% โดยใช้สกรูที่มีอัตราส่วนการอัด 4:1 และ 5:1	36
4.4 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการพองตัวของเอกซ์ทรูเดท ที่ผลิตจากข้าวเจ้า และข้าวเหนียว ที่ความชื้น 12%, 14% และ 16% โดยใช้สกรูที่มีอัตรา ส่วนการอัด 4:1 และ 5:1	39
4.5 กราฟแสดงค่า WAI ของเอกซ์ทรูเดทที่ผลิตจากข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ที่ความชื้น 12%, 14% และ 16% โดยใช้สกรูที่มีอัตราส่วนการอัด 4:1 และ 5:1	42

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 กราฟแสดงค่าแรงตัดขาดของเอกซ์ทรูเดท ที่ผลิตจากข้าวเจ้า และข้าวเหนียว ที่ความชื้น 12%, 14% และ 16% โดยใช้สกรูที่มีอัตราส่วนการอัด 4:1 และ 5:1	45
4.7 กราฟแสดงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด OPP/PE เป็นเวลา 8 สัปดาห์	59
4.8 กราฟแสดงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุง A1 เป็นเวลา 8 สัปดาห์	59
4.9 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยทางด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด OPP/PE เป็นเวลา 8 สัปดาห์	62
4.10 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยทางด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุง A1 เป็นเวลา 8 สัปดาห์	62
4.11 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยทางด้านสีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด OPP/PE เป็นเวลา 8 สัปดาห์	64
4.12 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยทางด้านสีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุง A1 เป็นเวลา 8 สัปดาห์	64
4.13 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยทางด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด OPP/PE เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ...	66
4.14 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยทางด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุง A1 เป็นเวลา 8 สัปดาห์	66
4.15 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด OPP/PE เป็นเวลา 8 สัปดาห์	68
4.16 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุง A1 เป็นเวลา 8 สัปดาห์	68

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.17 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยทางด้านกรวยรวมของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว โปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด OPP/PE เป็นเวลา 8 สัปดาห์	70
4.18 กราฟแสดงคะแนนเฉลี่ยทางด้านกรวยรวมของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว โปรตีนสูงชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในถุง A1 เป็นเวลา 8 สัปดาห์	70
5.1 ลักษณะผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงที่ยังไม่เคลือบรสชาติ (plain extrudate)	80
5.2 ลักษณะผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงที่เคลือบรสชาติแล้ว	80
5.3 ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีขายในท้องตลาด	81
5.4 ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงที่เก็บในถุงพลาสติกชนิด OPP/PE และ ถุง A1	81
ข.1 ภาพวาดแสดงสกรูที่มีขนาดอัตราการอัดต่างกัน	91
ข.2 สกรูที่มีขนาดอัตราการอัด 1:1 (บน) และสกรูที่มีขนาดอัตราการ อัด 4:1 (ล่าง)	91
ค.1 เครื่องเซนตริฟิวจ์ (centrifuge)	97
ค.2 เครื่อง texturometer พร้อม load cell 200 นิวตัน	98
ค.3 ใบมีดตัด	99
ค.4 กราฟแสดงการวัดค่าแรงตัดขาดโดยเครื่อง texturometer	100