

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



250414



ผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อฟิล์มแป้งข้าวเหนียวที่สกัดแปรด้วยด่าง
ในแอลกอฮอล์

EFFECT OF PLASTICIZER ON ALCOHOLIC-ALKALINE TREATED
GLUTINOUS RICE STARCH FILMS

นายจิราวุธ ปทุมธนทรัพย์

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

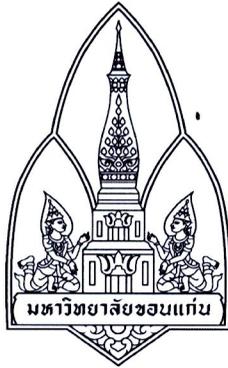
พ.ศ. 2553

๒๐๐๒๕๔๙๗๗

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



250414



ผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อฟิล์มแป้งข้าวเหนียวดัดแปรด้วยด่าง
ในแอลกอฮอล์

EFFECT OF PLASTICIZER ON ALCOHOLIC-ALKALINE TREATED
GLUTINOUS RICE STARCH FILMS



นายชिरารุช ปทุมธนทรัพย์

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. ๒๕๕๓

ผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรด้วยด่าง
ในแอลกอฮอล์

นายชิราวุธ ปทุมธนทรัพย์

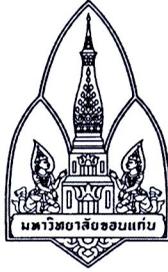
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรเคมีและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2553

**EFFECT OF PLASTICIZER ON ALCOHOLIC-ALKALINE TREATED
GLUTINOUS RICE STARCH FILMS**

MR. CHIRAVUT PATHUMTHANASUP

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN PHARMACEUTICAL CHEMISTRY AND NATURAL PRODUCTS
GRADUATE SCHOOL KHON KEAN UNIVERSITY**

2010



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
หลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรเคมีและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

ชื่อวิทยานิพนธ์: ผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อฟิล์มแป้งข้าวเหนียวดัดแปรด้วยด่าง
ในแอลกอฮอล์

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์: นายชิราวุธ ปทุมชนทรัพย์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ. ดร. ธเนศ พงศ์จรธากุล ประธานคณะกรรมการ
รศ. ดร. นูวัตร วิศวกรรมโรจน์ กรรมการ
ผศ. ดร. อารมย์ ตัตตะวะศาสตร์ กรรมการ
ผศ. ดร. ผดุงขวัญ จิตโรภาส กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์:

..... ผดุงขวัญ จิตโรภาส อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ผดุงขวัญ จิตโรภาส)

..... อารมย์ ตัตตะวะศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อารมย์ ตัตตะวะศาสตร์)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ลำปาง แม่นมาตย์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. บังอร ศรีพานิชกุลชัย)
คณบดีคณะเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

ชिरารุท ปทุมธนทรัพย์. 2553. ผลของสารเพิ่มความยึดหยุ่นต่อฟิล์มแข็งข้าวเหนียวดัดแปรด้วยด่างในแอลกอฮอล์.

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรเคมีและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผศ. ดร. ผดุงขวัญ จิตโรภาส, ผศ. ดร. อารมย์ ตัดตะวะศาสตร์

บทคัดย่อ

250414

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของแข็งข้าวเหนียวดัดแปรด้วยด่างในสภาวะแอลกอฮอล์ (แข็งดัดแปร) และศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารเพิ่มความยึดหยุ่นที่มีต่อคุณสมบัติของฟิล์มแข็งดัดแปรและยาเม็ด โพรพาราโนลอล ไฮโดรคอลลอยด์เคลือบด้วยแข็งดัดแปร ซึ่งเตรียมโดยการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.1 โมลาร์ ลงในสารแขวนตะกอนแข็งข้าวเหนียวใน 40 เปอร์เซ็นต์ เอทานอล และสะเทินด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1.0 โมลาร์ และสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ประเมินคุณสมบัติแข็งดัดแปรที่เตรียมได้ ผลลักษณะของแกรนูลโดยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงลักษณะแกรนูลของแข็งดัดแปร และรูปแบบการหักเหของแสงของแข็งดัดแปรมีลักษณะออสติฐาน และรูปแบบคุณสมบัติทางด้านการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแข็งดัดแปรโดยใช้ DSC พบว่าไม่มีเอนโดเทอมิกพีคในช่วงอุณหภูมิ 25 ถึง 100 องศาเซลเซียส สำหรับลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบโดยใช้ FT-IR รูปแบบความหนาของสารละลายแข็งเมื่อเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโดยใช้ RVA และความเป็นประจุผิวของแข็งดัดแปร มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเมื่อเปรียบเทียบกับแข็งก่อนการดัดแปร นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าการพองตัว ค่าการละลาย และความหนืดของสารละลายแข็งขึ้นอยู่กับชนิดของสารละลายตัวกลาง ซึ่งค่าการพองตัวของแข็งดัดแปร ค่าการละลายและความหนืดของแข็งดัดแปรในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์มีค่าสูงกว่าในสารละลายที่เป็นน้ำและกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ตามลำดับ การใช้กลีเซอรอล ซอร์บิทอล หรือ พี อี จี 400 (PEG400) เป็นสารเพิ่มความยึดหยุ่นในฟิล์มแข็งดัดแปร ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแข็ง พบว่า ฟิล์มแข็งดัดแปรที่ใช้กลีเซอรอล หรือ ซอร์บิทอล ทำให้ฟิล์มมีความสามารถในการต้านทานแรงเฉาะ ความสามารถในการยึด ความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ และการดูดซับน้ำสูงกว่าการใช้ PEG400 เนื่องจากคุณสมบัติของสารเพิ่มความยึดหยุ่น ที่ระดับการใช้สารเพิ่มความยึดหยุ่นที่ร้อยละ 20 ของน้ำหนักแข็ง พบว่า กลีเซอรอล ทำให้ฟิล์มแข็งดัดแปรมีความสามารถในการต้านทานแรงเฉาะ ความสามารถในการยึด ความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ และการดูดซับน้ำสูงกว่าการใช้ซอร์บิทอล เนื่องจากคุณสมบัติของกลีเซอรอลที่มีความยึดหยุ่นและการดูดความชื้นที่ดีกว่าซอร์บิทอล ค่าการละลายของฟิล์มแข็งดัดแปรขึ้นอยู่กับสารเพิ่มความยึดหยุ่น และสารละลายตัวกลาง โดยพบว่า การเพิ่มปริมาณของสารเพิ่มความยึดหยุ่นในฟิล์มแข็งดัดแปรทำให้ค่าการละลายของฟิล์มลดลง การเคลือบยาเม็ดโพรพาราโนลอลไฮโดรคอลลอยด์ด้วยแข็งดัดแปรที่มีกลีเซอรอลหรือซอร์บิทอลเป็นสารเพิ่มความยึดหยุ่น ยาเม็ดมีลักษณะผิวเรียบ มีความแข็ง เวลาในการแตกตัว และเวลาในการปลดปล่อยด้วยสำคัญได้ร้อยละ 50 ($T_{50\%}$) มากกว่ายาเม็ดที่ไม่เคลือบ สอดคล้องกับคุณสมบัติของฟิล์มแข็งดัดแปร การศึกษาผลของระดับการเคลือบยาเม็ดด้วยแข็งดัดแปร พบว่า ระดับการเคลือบด้วยแข็งดัดแปรมีผลต่อการดูดซับความชื้นของยาเม็ดเคลือบ การเพิ่มระดับการเคลือบด้วยแข็งดัดแปรทำให้เวลาในการแตกตัวของยาเม็ดเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อความแข็งและ $T_{50\%}$ เมื่อเปรียบเทียบกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสที่พบว่า การเพิ่มระดับการเคลือบมีผลทำให้ $T_{50\%}$ เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า แข็งข้าวเหนียวดัดแปรด้วยด่างในแอลกอฮอล์สามารถใช้เป็นสารก่อฟิล์มสำหรับยาเม็ดชนิดปลดปล่อยด้วยสำคัญเร็วได้ และในอนาคตควรนำไปศึกษาคุณสมบัติความคงตัวต่อไป

คำสำคัญ: แข็งข้าวเหนียว, การดัดแปรแข็งด้วยด่างในแอลกอฮอล์, สารเพิ่มความยึดหยุ่น, ฟิล์ม

Chiravut Pathumthanasup. 2010. **Effect of Plasticizer on Alcoholic-Alkaline Treated Glutinous Rice Starch**

Films. Master of Science Thesis in Pharmaceutical Chemistry and Natural Products, Graduate School, Khon Kean University.

Thesis Advisors: Asst. Prof. Dr. Padungkwan Chitropas, Asst. Prof. Dr. Arom Tattawasart

ABSTRACT

250414

The objectives of this study were to study the properties of alcoholic-alkaline treated glutinous rice starch (AGS) and to determine the effects of types and amount of plasticizer on properties of AGS film and propranolol hydrochloride tablet coated with AGS. AGS was prepared by treated glutinous rice starch in 40% ethanol with 2.1 M sodium hydrochloride and neutralized with 1.0 M hydrochloric acid and 0.5 M citric acid. The properties of AGS were evaluated. The Scanning Electron Microscope and X-Ray Diffraction pattern indicated that AGS was changed in starch granule and gave amorphous form. The Differential Scanning Calorimetry pattern of AGS was no endothermic peaks in the temperature range (25-100 °C). The Fourier Transform InfraRed spectrum, RVA pattern and zeta potential of AGS were also different from the properties of native glutinous rice starch. The swelling power, solubility and viscosity of AGS depended on the medium. The AGS in phosphate buffer (pH 6.8) were higher swelling power, solubility and viscosity than water and 0.1 M hydrochloric acid, respectively. The 10, 20 and 30 % of glycerol, sorbitol and polyethylene glycol 400 (PEG400) were used as plasticizer in AGS film. The puncture strength (PS), elongation (E), water vapor permeability (WVP) and water uptake (WU) of AGS film using glycerol or sorbitol as plasticizer were higher than these of the AGS film using PEG400 because of the characteristics of plasticizer. Increasing amount of plasticizer, the PS, E, WVP and WU of AGS film were increased. At 20% of plasticizer, the PS, E, WVP and WU of AGS film using glycerol were higher than these of AGS film using sorbitol because of flexibility and hygroscopic properties of glycerol. The solubility of the AGS films depended on plasticizer and dissolution medium. Increasing amount of plasticizer, the solubility of the AGS film was decreased. The coated tablet using glycerol or sorbitol as plasticizer had smooth surface. The hardness, disintegration time and $T_{50\%}$ of the coated tablet with AGS were higher than uncoated tablet. Three properties which depended on type and amount of plasticizer related to the properties of the AGS film. The coating levels of tablets were also determined. The moisture absorption of coated tablets depended on coating level. Increasing the coating level, the disintegration time was increased. The coating level of tablet was not effect on the hardness and $T_{50\%}$ of the coated tablets. To compare with hydroxypropyl methylcellulose (HPMC E15LV), The $T_{50\%}$ of coated tablet with HPMC E15LV was increased with increasing coating level. It could be concluded that AGS could be used as film former for fasting release dosage form. And stability should be evaluated in the future.

Key words: Glutinous Rice Starch, Alcoholic-Alkaline Treated Glutinous Rice Starch, Plasticizer, Films

งานวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบส่วนที่ดีและเป็นประโยชน์ให้แก่บุพการีผู้ให้กำเนิด
และคณาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชา

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เสร็จสมบูรณ์เป็นอย่างดีได้ด้วยความช่วยเหลือ จากคณะอาจารย์ที่ปรึกษา ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ผดุงขวัญ จิตโรภาส และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อารมย์ ตัดตะวะศาสตร์ ที่ได้เสียสละเวลา ให้คำสอนและคำปรึกษาในการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนกระบวนการศึกษาทดลอง การจัดทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอ การเขียนวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ และคอยกระตุ้นเพื่อให้เกิดการพัฒนาตลอดเวลา วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงสำเร็จสมบูรณ์ได้ ขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยขัดเกลา และให้คำแนะนำ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ขึ้น ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และมหาวิทยาลัยขอนแก่น ภายใต้งบโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทุนอุดหนุนทั่วไปเพื่อสนับสนุนการจัดทำวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย และกองทุนส่งเสริมและพัฒนาการผลิตบัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้สนับสนุนทุนสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้โอกาสข้าพเจ้าในการศึกษาต่อ ขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวีศักดิ์ ธิติเมธาโรจน์ และคณาจารย์ทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำในการพัฒนาการศึกษาของข้าพเจ้าให้ดียิ่งขึ้น ขอขอบคุณบุคลากรหน่วยปฏิบัติการและบริการวิชาการ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ช่วยเหลือ ขอขอบคุณนักศึกษาบัณฑิตทุกท่าน เป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าตลอดมา

และท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา บุพการีผู้ให้กำเนิด และครอบครัวที่เป็นกำลังใจในการทำงานและมาได้ถึงจนทุกวันนี้ หากมีความบกพร่องประการใดก็ตามในวิทยานิพนธ์ ผู้ทำวิทยานิพนธ์ขอน้อมรับไว้ด้วยความขอบคุณยิ่ง

ชिरารุช ปทุมชนทรัพย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
คำอุทิศ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
2. วัตถุประสงค์	2
3. สมมติฐานของการวิจัย	2
4. ขอบเขตของการวิจัย	3
5. ข้อตกลงเบื้องต้น	4
6. ความหมายหรือนิยามศัพท์เฉพาะ	4
7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	5
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
1. สารก่อกฟิล์มและการเกิดฟิล์ม	6
2. แข็งข้าวเหนียว	7
3. องค์ประกอบของแข็ง	7
4. สารเพิ่มความยืดหยุ่น	12
5. การตัดแปรสภาพแข็ง	20
6. ยานีเมคเคลือบฟิล์ม	31
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	33
1. วัสดุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์	33
1.1 วัสดุดิบ	33
1.2 สารเคมี	33
1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ	34
2. วิธีดำเนินการวิจัย	35
2.1 การเตรียมแข็งข้าวเหนียวตัดแปรด้วยต่างในแอลกอฮอล์	35
2.2 การศึกษาคุณสมบัติของแข็งข้าวเหนียวตัดแปรด้วยต่างในแอลกอฮอล์	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 การศึกษาผลของสารเพิ่มความยึดหยุ่นที่มีต่อคุณสมบัติของฟิล์มจากแป้งข้าวเหนียว ดัดแปรด้วยด่างในแอลกอฮอล์	39
2.4 การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มจากแป้งข้าวเหนียวดัดแปรด้วยด่างในแอลกอฮอล์	39
2.5 การเคลือบฟิล์มขามัดด้วยสารก่อฟิล์มจากแป้งข้าวเหนียวดัดแปรด้วยด่างในแอลกอฮอล์	42
2.6 การประเมินคุณสมบัติของขามัดเคลือบฟิล์มจากแป้งข้าวเหนียวดัดแปรด้วยด่าง ในแอลกอฮอล์	44
2.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	46
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	47
1. ผลการศึกษาคุณสมบัติของแป้งข้าวเหนียวดัดแปรด้วยด่างในแอลกอฮอล์	47
1.1 ลักษณะภายนอกของแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ	47
1.2 ขนาดอนุภาคของแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ	48
1.3 คุณสมบัติด้านอุณหภูมิของแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ	49
1.4 คุณสมบัติโครงสร้างผลึกของแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ	49
1.5 องค์ประกอบของแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ	51
1.6 คุณสมบัติความเป็นประจุที่ผิวของแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ	52
1.7 คุณสมบัติความหนืดของสารละลายแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ ที่อุณหภูมิต่างๆ	52
1.8 คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ ในสารละลายตัวกลาง	54
2. การศึกษาผลของสารเพิ่มความยึดหยุ่นที่มีต่อคุณสมบัติของฟิล์มจากแป้งข้าวเหนียวดัดแปร ด้วยด่างในแอลกอฮอล์	57
2.1 ความเป็นกรดค้างและความหนืดของสารละลายฟิล์มแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ	57
2.2 คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของฟิล์มแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ	61
2.3 คุณสมบัติด้านอุณหภูมิของฟิล์มแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ	67
2.4 คุณสมบัติโครงสร้างผลึกของฟิล์มแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ	68
2.5 การซึมผ่านของไอน้ำผ่านแผ่นฟิล์ม และการดูดความชื้น ของฟิล์ม	69
2.6 คุณสมบัติการละลายของแผ่นฟิล์ม	74
3. การศึกษาคุณสมบัติของขามัดเคลือบฟิล์มจากแป้งข้าวเหนียวดัดแปรด้วยด่าง ในแอลกอฮอล์	79
3.1 ความหนา น้ำหนัก ความแข็ง และการแตกตัวของขามัดเคลือบฟิล์ม	80
3.2 การดูดซับความชื้นของเม็ดขามัดเคลือบฟิล์ม	84
3.3 การคัดเลือกชนิดและปริมาณของสารเพิ่มความยึดหยุ่นเพื่อนำไปใช้ศึกษา ผลของความหนาของฟิล์มที่เคลือบบนเม็ดขามัด	86

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 ผลของระดับของการเคลือบเม็ดยาด้วยสารละลายแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ	89
3.5 ลักษณะทางกายภาพของยาเม็ดเคลือบฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ	93
3.6 ผลการหาปริมาณตัวยาสำคัญในยาเม็ดเคลือบฟิล์ม	98
3.7 ผลศึกษาการปลดปล่อยตัวยาสำคัญจากยาเม็ดเคลือบฟิล์ม	99
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	105
1. สรุปผลการวิจัย	105
2. ข้อเสนอแนะ	106
เอกสารอ้างอิง	107
ภาคผนวก	111
ภาคผนวก ก ข้อมูลการเตรียมสารเคมี	113
ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดลองต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	116
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	141
ประวัติผู้เขียน	173

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 คุณสมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน	8
ตารางที่ 2 สารประกอบที่นำมาใช้เป็นสารเพิ่มความยึดหยุ่น สารก่ออิมัลชัน และสารลดแรงตึงผิว ตามข้อกำหนดขององค์การอาหารและยาสหรัฐอเมริกา	13
ตารางที่ 3 ผลของสารเพิ่มความยึดหยุ่นต่อคุณสมบัติการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มที่ได้จากแป้งมันฝรั่ง	15
ตารางที่ 4 ผลของปริมาณสารเพิ่มความยึดหยุ่นต่อคุณสมบัติการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มที่ได้จากแป้ง	15
ตารางที่ 5 ผลของปริมาณสารเพิ่มความยึดหยุ่นต่อค่าอุณหภูมิสภาพแก้วของฟิล์มที่ได้จากแป้ง	16
ตารางที่ 6 ผลของปริมาณสารเพิ่มความยึดหยุ่นต่อคุณสมบัติทางกลของฟิล์มที่ได้จากแป้ง	16
ตารางที่ 7 สูตรเตรียมฟิล์มเมือกจากมะรุมที่เติมสารเพิ่มความยึดหยุ่น 3 ชนิด ได้แก่ PEG400 glycerol และ propylene glycol	17
ตารางที่ 8 ผลของชนิดสารเพิ่มความยึดหยุ่น 3 ชนิด ได้แก่ PEG 400 (F2, F3) glycerin (F6) และ propylene glycol (F5) ต่อคุณสมบัติของฟิล์มเมือกจากมะรุม	17
ตารางที่ 9 สูตรโครงสร้างและน้ำหนักโมเลกุลสารเพิ่มความยึดหยุ่นชนิดต่าง ๆ	19
ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวเหนียวที่ผ่านการตัดแปรด้วยวิธี แอซีทิลเลชันร่วมกับวิธีเชื่อมข้าม	23
ตารางที่ 11 การประเมินคุณสมบัติยาเม็ดที่เตรียมโดยสารก่อเมทริกซ์จากแป้งข้าวเหนียวพรีเจค HPMC และแป้งข้าวเหนียวก่อนตัดแปร เมื่อใช้ความดันในการตอก 13.7 MPa	28
ตารางที่ 12 คุณสมบัติ Swelling Power และ %Solubility ของแป้งข้าวเหนียวก่อนตัดแปร และ แป้งตัดแปรด้วยวิธี Heat Moisture Treatment ที่ให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟแก่ แป้งที่ความชื้นต่ำ ที่ระดับความร้อนและเวลาในการให้ความร้อนต่างกัน	29
ตารางที่ 13 ความเหนียวของแป้งข้าวเหนียวตัดแปรด้วยวิธี Heat Moisture Treatment ให้ความร้อน ด้วยคลื่นไมโครเวฟแก่แป้งที่ความชื้นต่ำ ที่ระดับเวลาในการให้ความร้อนต่างกัน	30
ตารางที่ 14 ส่วนประกอบของสารเคลือบ ใน 1,000 กรัม	43
ตารางที่ 15 ความเป็นประจุผิวของแป้งข้าวเหนียวก่อนการตัดแปร และแป้งข้าวเหนียวตัดแปร ด้วยด่างในแอลกอฮอล์	52
ตารางที่ 16 คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวเหนียวก่อนการตัดแปร และแป้งข้าวเหนียวตัดแปร ด้วยด่างในแอลกอฮอล์ ในสารละลายตัวกลาง 3 ชนิด	54
ตารางที่ 17 คุณสมบัติความเป็นกรดค้างของสารละลายฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้น ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสถานะที่มีสารเพิ่มความยึดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ	58
ตารางที่ 18 คุณสมบัติความเหนียวของสารละลายฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสถานะที่มีสารเพิ่มความยึดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 19 คุณสมบัติความหนาของฟิล์ม จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ	62
ตารางที่ 20 คุณสมบัติน้ำหนักของฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ	63
ตารางที่ 21 Puncture strength ของฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ	63
ตารางที่ 22 Elongation ของฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ	65
ตารางที่ 23 การซึมผ่านไอน้ำผ่านแผ่นฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ	70
ตารางที่ 24 การดูดซับไอน้ำของฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ	73
ตารางที่ 25 การละลายของแผ่นฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ ในน้ำกลั่น ที่เวลา 5 นาที	76
ตารางที่ 26 การละลายของแผ่นฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ ใน 0.1 M HCl ที่เวลา 5 นาที	76
ตารางที่ 27 การละลายของแผ่นฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ ใน phosphate pH 6.8 ที่เวลา 5 นาที	77
ตารางที่ 28 ความหนาของยามัดเคลือบฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (3 % weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 29 น้ำหนักของยาเม็ดเคลือบฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (3% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ	81
ตารางที่ 30 เวลาในการแตกตัวของยาเม็ดเคลือบฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (3 % weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ	82
ตารางที่ 31 ความแข็งของยาเม็ดเคลือบฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (3% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ	83
ตารางที่ 32 การดูดซับความชื้นของยาเม็ดเคลือบฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (3% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ ที่เวลา 60 ชั่วโมง	85
ตารางที่ 33 ตารางการคัดเลือกสภาวะของสารเคลือบฟิล์มจากแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างชนิดกัน ได้แก่ glycerol (G), sorbitol (S) และ PEG400 (P) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	88
ตารางที่ 34 ความหนาของเม็ดยาเคลือบฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (2, 3, 4% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol ร้อยละ 20 sorbitol ร้อยละ 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	89
ตารางที่ 35 น้ำหนักของเม็ดยาเคลือบฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (2, 3, 4 % weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol ร้อยละ 20 sorbitol ร้อยละ 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	90
ตารางที่ 36 เวลาการแตกตัวของยาเม็ดเคลือบฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (2,3,4% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol ร้อยละ 20 sorbitol ร้อยละ 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 37 ความแข็งยามืดเคลือบฟิล์มแข็งข้าวเหนียวดัดแปรฯ (2,3,4% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol ร้อยละ 20 sorbitol ร้อยละ 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	91
ตารางที่ 38 การดูดซับความชื้นของยามืดเคลือบฟิล์มแข็งข้าวเหนียวดัดแปรฯ (2,3,4% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol ร้อยละ 20 sorbitol ร้อยละ 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	93
ตารางที่ 39 ลักษณะทางกายภาพของยามืดเคลือบฟิล์มแข็งข้าวเหนียวดัดแปรฯ (3% weight increased) ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol (G) sorbitol (S) และ PEG400 (P) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	94
ตารางที่ 40 ลักษณะทางกายภาพของยามืดเคลือบฟิล์มแข็งข้าวเหนียวดัดแปรฯ (2,3,4% weight increased) ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol ร้อยละ 20 sorbitol ร้อยละ 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	96
ตารางที่ 41 ปริมาณตัวยาสำคัญในยามืดเคลือบฟิล์มแข็งข้าวเหนียวดัดแปรฯ (3% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ	98
ตารางที่ 42 ปริมาณตัวยาสำคัญในยามืดเคลือบฟิล์มแข็งข้าวเหนียวดัดแปรฯ (2,3,4% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol ร้อยละ 20 sorbitol ร้อยละ 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	99
ตารางที่ 43 ปริมาณตัวยาสำคัญที่ปลดปล่อยจากยามืดเคลือบฟิล์มแข็งข้าวเหนียวดัดแปรฯ (3% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ ที่เวลา 30 นาที	101
ตารางที่ 44 ปริมาณตัวยาสำคัญที่ปลดปล่อยจากยามืดเคลือบฟิล์มแข็งข้าวเหนียวดัดแปรฯ (2,3,4% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol ร้อยละ 20 sorbitol ร้อยละ 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง ที่เวลา 30 นาที	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 45 เวลาที่ยาสำคัญสามารถปลดปล่อยได้ร้อยละ 50 ($T_{50\%}$) จากยาเม็ดเคลือบฟิล์มแข็ง ข้าวเหนียวดัดแปรฯ (3% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสถานะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด และ 3 ระดับ	103
ตารางที่ 46 เวลาที่ยาสำคัญสามารถปลดปล่อยได้ร้อยละ 50 ($T_{50\%}$) จากยาเม็ดเคลือบฟิล์มแข็ง ข้าวเหนียวดัดแปรฯ (2,3,4% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวดัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสถานะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol ร้อยละ 20 sorbitol ร้อยละ 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	103

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของอะมิโลส และอะมิโลเพคติน	7
ภาพที่ 2 ภาพจำลองการจับตัวของอะมิโลสกับสารอินทรีย์	9
ภาพที่ 3 ลักษณะเกลียวของอะมิโลส	9
ภาพที่ 4 แบบจำลองโครงสร้างอะมิโลสที่อยู่ร่วมกับอะมิโลเพคตินและไขมัน	9
ภาพที่ 5 ภาพจำลองโครงสร้างของอะมิโลเพคติน	10
ภาพที่ 6 ลักษณะโครงสร้างอะมิโลเพคตินที่ประกอบด้วยส่วนผลึกและส่วนอสัณฐาน โดย 1 = ส่วนผลึก, 2 = ส่วนอสัณฐาน	11
ภาพที่ 7 ผลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มความยืดหยุ่นชนิด ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกล ของฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมโคโคซาน	16
ภาพที่ 8 ผลของปริมาณสารเพิ่มความยืดหยุ่นชนิด glycerol ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกล ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เคลือบทับด้วยโคโคซาน	18
ภาพที่ 9 ผลของชนิดสารเพิ่มความยืดหยุ่นชนิด ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกลของฟิล์ม β -lactoglobulin	19
ภาพที่ 10 ความแข็งของขามะเดดพาราเซตามอลที่ใช้แป้งข้าวเหนียวก่อนตัดแปร (Glutinous) และแป้งข้าวเหนียวคาร์บอกซีเมทิลสตาร์ช (MGS1 MGS2 และ MGS3) เป็นสารยึดเกาะ	24
ภาพที่ 11 การแตกตัวของขามะเดดพาราเซตามอลที่ใช้แป้งข้าวเหนียวก่อนตัดแปร (Glutinous) และแป้งข้าวเหนียวคาร์บอกซีเมทิลสตาร์ช (MGS1 MGS2 และ MGS3) เป็นสารยึดเกาะ	25
ภาพที่ 12 การปลดปล่อยตัวของขามะเดดพาราเซตามอลที่ใช้แป้งข้าวเหนียวคาร์บอกซีเมทิล สตาร์ช (MGS2) เป็นสารยึดเกาะ ที่ระดับร้อยละ 2 ของน้ำหนักแห้ง เทียบกับ PVP K30	25
ภาพที่ 13 แสดงเทอร์โมแกรมของแป้งข้าวเหนียวก่อนการตัดแปร และหลังการตัดแปร (แป้งข้าวเหนียวพรีเจล) ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC)	26
ภาพที่ 14 ภาพถ่ายจากกล้องอิเล็กตรอน แสดงลักษณะผิวนอกของอนุภาคแป้งข้าวเหนียว ก่อนตัดแปร (ก) และแป้งข้าวเหนียวพรีเจล (ข)	27
ภาพที่ 15 ร้อยละสะสมของยาไอพราฟรา โนลอลไฮโดรคลอไรด์ที่ปลดปล่อยออกจากขามะเดด ซึ่งเตรียม โดยใช้อัตราส่วนของยาต่อแป้งข้าวเหนียวพรีเจล ความดันที่ใช้ตอก 13.7 MPa	28
ภาพที่ 16 การตรวจสอบคุณสมบัติทางโครงสร้างผลึกของแป้งข้าวเหนียวตัดแปรด้วยวิธี Heat Moisture Treatment ให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ นาน 50 นาที แก่แป้งที่ความชื้น 30% ด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 17 ลักษณะภายนอกของแป้งข้าวเหนียวก่อนตัดแปรร และแป้งข้าวเหนียวตัดแปรร ด้วยค่าในแอลกอฮอล์ ที่กำลังขยาย 2,000 และ 5,000 เท่า ด้วยกล้องถ่ายภาพอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)	47
ภาพที่ 18 กราฟแสดงการกระจายขนาดอนุภาคของแป้งข้าวเหนียวก่อนการตัดแปรร และแป้งข้าวเหนียวตัดแปรรด้วยค่าในแอลกอฮอล์ ด้วยเครื่องวัดอนุภาค	48
ภาพที่ 19 เทอร์โมแกรมของแป้งข้าวเหนียวก่อนตัดแปรร และแป้งข้าวเหนียวตัดแปรรด้วยค่าในแอลกอฮอล์ ด้วยเครื่อง Differential ScanningCalorimetry	50
ภาพที่ 20 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแป้งข้าวเหนียวก่อนตัดแปรร และแป้งข้าวเหนียวตัดแปรร ด้วยค่าในแอลกอฮอล์ ด้วยเครื่อง X-ray diffractometer	50
ภาพที่ 21 FT-IR สเปกตรัมของแป้งข้าวเหนียวก่อนตัดแปรร และแป้งข้าวเหนียวตัดแปรรด้วยค่าในแอลกอฮอล์	51
ภาพที่ 22 คุณสมบัติความหนืดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของสารละลายแป้งข้าวเหนียวก่อนตัดแปรร และแป้งข้าวเหนียวตัดแปรรด้วยค่าในแอลกอฮอล์	53
ภาพที่ 23 คุณสมบัติการไหลของสารละลายฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรรฯ (AGS) ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol (G) sorbitol (S) และ PEG400 (P) ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	59
ภาพที่ 24 ความหนืดของสารละลายฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรรฯ (AGS) ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol (G), sorbitol (S) และ PEG400 (P) ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	61
ภาพที่ 25 Puncture strength ของฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรรฯ จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol (G), sorbitol (S) และ PEG400 (P) ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	64
ภาพที่ 26 Elongation ของฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรรฯ จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol (G), sorbitol (S) และ PEG400 (P) ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	66
ภาพที่ 27 คุณสมบัติด้านอุณหภูมิของฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรรฯ (AGS) ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ glycerol (G) sorbitol (S) และ PEG400 (P) ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 28 คุณสมบัติโครงสร้างผลึกของฟิล์มแข็งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (AGS) ในสถานะที่มี สารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ glycerol (G), sorbitol (S) และ PEG400 (P) ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแห้ง	68
ภาพที่ 29 คุณสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำผ่านฟิล์มแข็งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (AGS) ที่มี สารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน (glycerol (G), sorbitol (S) และ PEG400 (P)) ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแห้ง	71
ภาพที่ 30 คุณสมบัติการดูดซับน้ำของฟิล์มแข็งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (AGS) ในสถานะที่มี สารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ glycerol (G) sorbitol (S) และ PEG400 (P) (ก), (ข) และ (ค) ตามลำดับ ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแห้ง	72
ภาพที่ 31 คุณสมบัติการดูดซับน้ำของฟิล์มแข็งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (AGS) ในสถานะที่มี สารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ glycerol (G) sorbitol (S) และ PEG400 (P) ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแห้ง ที่เวลา 60 ชั่วโมง	73
ภาพที่ 32 การละลายของฟิล์มแข็งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (AGS) ในสถานะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่น ต่างกัน ได้แก่ glycerol (G) sorbitol (S) และ PEG400 (P) ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแห้ง ในสารละลายตัวกลาง น้ำกลั่น (ก), 0.1 M HCl (ข) และ phosphate pH 6.8 (ค)	75
ภาพที่ 33 การละลายของฟิล์มแข็งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (AGS) ในสถานะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่น ต่างกัน ได้แก่ glycerol (G) sorbitol (S) และ PEG400 (P) ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแห้ง ในสารละลายตัวกลาง น้ำกลั่น (ก), 0.1 M HCl (ข) และ phosphate pH 6.8 (ค) ที่เวลา 5 นาที	78
ภาพที่ 34 คุณสมบัติการดูดซับความชื้นของยาเม็ดเคลือบฟิล์มแข็งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (AGS) (3% weight increased) ที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol (G) sorbitol (S) และ PEG400 (P) ที่ระดับ ร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแห้ง ที่ 75%RH อุณหภูมิห้อง	84
ภาพที่ 35 คุณสมบัติการดูดซับความชื้นของยาเม็ดเคลือบฟิล์มแข็งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (AGS) (3% weight increased) ที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol (G) sorbitol (S) และ PEG400 (P) ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแห้ง ที่ 75%RH อุณหภูมิห้อง ที่เวลา 60 ชั่วโมง	85
ภาพที่ 36 การดูดซับความชื้นของยาเม็ดเคลือบฟิล์มแข็งข้าวเหนียวตัดแปรฯ (2,3,4% weight increased) จากสารละลายที่มีแข็งข้าวเหนียวตัดแปรฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสถานะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol ร้อยละ 20 sorbitol ร้อยละ 20 และ 30 ของน้ำหนักแห้ง	92

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
<p>ภาพที่ 37 ภาพลักษณะของยาเม็ดเคลือบฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯฯ (3% weight increased) ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol (G) sorbitol (S) และ PEG400 (P) ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง</p>	95
<p>ภาพที่ 38 ภาพลักษณะของยาเม็ดเคลือบฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯฯ (2,3,4 % weight increased) ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol ร้อยละ 20 sorbitol ร้อยละ 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง</p>	97
<p>ภาพที่ 39 กราฟการปลดปล่อยตัวยาสำคัญจากยาเม็ดเคลือบฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯฯ (3% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ (glycerol, sorbitol และ PEG400) 3 ระดับ (ร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง) ที่เวลา 30 นาที</p>	100
<p>ภาพที่ 40 กราฟการปลดปล่อยตัวยาสำคัญจากยาเม็ดเคลือบฟิล์มแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯฯ (2,3,4% weight increased) จากสารละลายที่มีแป้งข้าวเหนียวตัดแปรฯฯ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่างกัน ได้แก่ glycerol ร้อยละ 20 sorbitol ร้อยละ 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง ที่เวลา 30 นาที</p>	100