

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



247450



ผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อฟิล์มจากแป้งถั่วเขียวที่ดัดแปรด้วยด่างในแอลกอฮอล์

EFFECT OF PLASTICIZER ON ALCOHOLIC-ALKALINE TREATED  
MUNG BEAN STARCH FILMS

นายพิสิษฐพันธุ์ กาญจนตะนะ

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

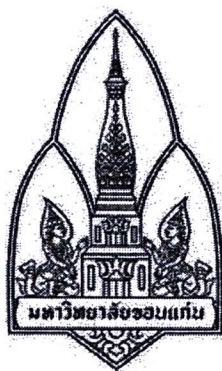
พ.ศ. 2554

600252428

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



247450



ผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อฟิล์มจากแป้งถั่วเขียวดัดแปรด้วยด่างในแอลกอฮอล์

EFFECT OF PLASTICIZER ON ALCOHOLIC - ALKALINE TREATED

MUNG BEAN STARCH FILMS



นายพิสิฐพันธุ์ กาญจนเดชะ

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2554

ผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อฟิล์มจากแป้งข้าวเจ้าดัดแปรด้วยด่างในแอลกอฮอล์



นายพิสิฐพันธุ์ กาญจนตะระ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ความงามและสุขภาพ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

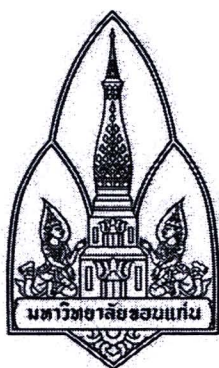
พ.ศ. 2554

**EFFECT OF PLASTICIZER ON ALCOHOLIC - ALKALINE TREATED  
MUNG BEAN STARCH FILMS**

**MR. PISITPUN KANCHANATECHA**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN AESTHETIC SCIENCES AND HEALTH  
GRADUATE SCHOOL KHON KEAN UNIVERSITY**

**2011**



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
หลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ความงามและสุขภาพ

ชื่อวิทยานิพนธ์: ผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อฟิล์มจากแป้งถั่วเขียวคัดแปรด้วยด่าง  
ในแอลกอฮอล์

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์: นายพิสิฐพันธุ์ กาญจนเดชะ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ. ดร. ธเนศ พงศ์จรรยากุล ประธานคณะกรรมการ  
รศ. ดร. ศรีสกุล สังข์ทองจีน กรรมการ  
ผศ. ดร. ผดุงขวัญ จิตโรภาส กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์:

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

.......... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อารมย์ ตัดตะวะศาสตร์)

..........  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ลำปาง แม่นมัตย์)  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

..........  
(รองศาสตราจารย์ ดร. วงศ์วิวัฒน์ ทศนียกุล)  
คณบดีคณะเภสัชศาสตร์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

พิธีฐานันท์ กาญจนตะชะ. 2554. ผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อฟิล์มจากแป้งถั่วเขียวดัดแปรด้วยด่างในแอลกอฮอล์.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ความงามและสุขภาพ  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

## บทคัดย่อ

247450

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของแป้งถั่วเขียวที่ดัดแปรด้วยด่างในแอลกอฮอล์ (alcoholic - alkaline treated mung bean starch) ศึกษาผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อคุณสมบัติของฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปร และศึกษาคุณสมบัติของกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปร การเตรียมแป้งถั่วเขียวดัดแปรทำการกระจายแป้งถั่วเขียว (mung bean starch) ลงใน 40 % เอทานอล และปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 3.0 โมลาร์ (molar, M) จากนั้นปรับความเป็นกรด - ด่างด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 2.0 M ใน 40 % เอทานอล และกรดอะซิติกเข้มข้น 1.0 M ใน 40 % เอทานอล ผลการศึกษาพบว่าแป้งถั่วเขียวมีรูปร่างกลมรี ผิวเรียบ มีการดูดกลืนพลังงานความร้อนแสดงถึงช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลลิตีในเซชัน และแป้งถั่วเขียวไม่พองตัวและละลายในน้ำที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่แป้งถั่วเขียวดัดแปรมีรูปร่างไม่แน่นอน ผิวไม่เรียบและไม่พบการดูดกลืนพลังงานความร้อนแสดงถึงความไม่เป็นออสันฐานซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติการละลายในน้ำที่ต่ำกว่า นอกจากนี้แป้งถั่วเขียวดัดแปรยังสามารถพองตัวและละลายในน้ำที่อุณหภูมิห้อง ผลการศึกษาสารเพิ่มความยืดหยุ่น 2 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรอลและซอร์บิทอล ที่ความเข้มข้น 10 % 20 % และ 30 % ต่อฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรพบว่าชนิดและปริมาณของสารเพิ่มความยืดหยุ่นมีผลต่อคุณสมบัติของฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปร ซึ่งการเพิ่มปริมาณสารเพิ่มความยืดหยุ่นทำให้ความสามารถในการยืดตัว การซึมผ่านไอน้ำ การดูดซับความชื้นและการละลายของฟิล์มเพิ่มขึ้น โดยฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ใช้กลีเซอรอลมีค่ามากกว่าซอร์บิทอล แต่การต้านทานการเจาะของฟิล์มจากแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ใช้กลีเซอรอลมีค่าน้อยกว่าซอร์บิทอล นอกจากนี้ฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่เติมและไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่นสามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันได้ และเมื่อนำแป้งถั่วเขียวดัดแปรเคลือบกระดาษพบว่ากระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรมีความหนาแน่นมากกว่ากระดาษไม่เคลือบ โดยกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่เติมและไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่นมีความสามารถในการต้านทานแรงเจาะและความสามารถในการยืดมากกว่าแต่ความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำน้อยกว่ากระดาษที่ไม่เคลือบ และการเพิ่มความหนาของการเคลือบกระดาษทำให้ความสามารถในการต้านทานแรงเจาะและความสามารถในการยืดเพิ่มขึ้นแต่ความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำลดลง โดยกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ใช้ซอร์บิทอลมีการต้านทานแรงเจาะและความสามารถในการยืดมากกว่า แต่มีการซึมผ่านไอน้ำน้อยกว่ากระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ใช้กลีเซอรอล นอกจากนี้กระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่เติมและไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่นที่ความหนา 70 และ 75 ไมครอน สามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันได้ จึงสรุปได้ว่าสารเพิ่มความยืดหยุ่นมีผลต่อคุณสมบัติของฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปร และกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปร แต่อย่างไรก็ตามกระดาษเคลือบที่ใช้แป้งถั่วเขียวดัดแปรเป็นสารก่อก่อฟิล์มมีความเป็นไปได้อย่างยิ่งสำหรับใช้เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์

Pisitpun Kanchanatecha. 2011. **Effect of Plasticizer on Alcoholic - Alkaline Treated Mung Bean Starch Films**. Master of Science Thesis in Aesthetic Sciences and Health, Graduate School, Khon Kean University.  
**Thesis Advisors:** Asst. Prof. Dr. Padungkwan Chitropas, Asst. Prof. Dr. Arom Tattawasart

## ABSTRACT

217450

The purposes of this study were to investigate the properties of alcoholic - alkaline treated mung bean starch (AMS), effect of plasticizers on the properties of AMS films, and properties of AMS - coated paper. AMS was prepared by suspending mung bean starch (MBS) in 40 % (v/v) ethanol and adding 3.0 M sodium hydroxide. The suspension of AMS was neutralized by using 2.0 M hydrochloric acid in 40 % (v/v) ethanol and 1.0 M acetic acid in 40 % (v/v) ethanol. The results showed that MBS was oval shape and had smooth surface. Gelatinization endotherm was observed and could not swell and dissolve in water at room temperature. Meanwhile, AMS granule was irregular and variable appearance and gelatinization endotherm did not appear. This indicated that AMS was amorphous form, which was confirmed by powder XRD. Furthermore, the AMS could be swelling and dissolved in water at room temperature. The result from study of plasticizer type (glycerol and sorbitol) and amount of plasticizer (10 %, 20 % and 30 %) demonstrated that type and amount of plasticizer affected on AMS film properties. Increasing amount of plasticizer increased % elongation, water vapor permeability, moisture absorption and solubility of AMS films. These properties of AMS films using glycerol were higher than AMS films using sorbitol as a plasticizer. However, puncture strength of the films using glycerol was lesser than the films using sorbitol as a plasticizer. The AMS films with and without plasticizer showed ability to resist water and oil penetration. The AMS coated papers were thicker than uncoated papers. For papers containing AMS with and without plasticizer, the puncture strength and % elongation of the papers were increased whereas the water vapor permeability of the papers was decreased. Increase of coated film thickness improved puncture strength and % elongation of the coated paper, while water vapor permeability of the coated paper was decreased. The puncture strength and % elongation of the papers coated with AMS using sorbitol were higher than those using glycerol as a plasticizer. However, water vapor permeability of the papers coated with AMS using sorbitol was lower than those using glycerol as a plasticizer. In addition, the papers containing AMS with and without plasticizer at the thicknesses of 70 and 75  $\mu\text{m}$  showed significantly greater ability to resist water and oil penetration. It can be concluded that plasticizer affected properties of AMS film and AMS film coated paper. Nevertheless, film coated paper using AMS as a film former displayed strong feasibility for packaging material.

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ผดุงขวัญ จิตโรภาส ที่กรุณาให้โอกาสและแนะนำแนวทางในการศึกษาและทำวิจัย และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อารมย์ ตัดตะวะศาสตร์ ที่กรุณาให้แนวคิดและมุมมองที่เปิดกว้างและเป็นประโยชน์ ตลอดจนให้ความรู้ คำปรึกษาและช่วยเหลือในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยความใส่ใจ ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงไปได้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธเนศ พงศ์จรรยากุล ที่สนับสนุนเครื่องมือและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัย และ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ศรีสกุล สังข์ทองจีน ที่ให้คำแนะนำเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำในการพัฒนาการศึกษาของข้าพเจ้าให้ดีขึ้น

ขอขอบคุณ คุณฉวีราวุธ ปทุมธนทรัพย์ ที่ให้ข้อคิดและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และขอขอบคุณนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาสมาชิกห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีสารสนเทศ 1 (MDL 1) ทุกท่าน สำหรับข้อเสนอแนะ การให้คำปรึกษา การช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยในโครงการทุนอุดหนุนทั่วไปเพื่อสนับสนุนการจัดทำวิทยานิพนธ์ สำหรับการทำให้วิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยในโครงการกองทุนส่งเสริมและพัฒนาการผลิตบัณฑิต และสนับสนุนเครื่องมือในการทำจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีสารสนเทศ 1 และบุคลากรหน่วยปฏิบัติการและบริการวิชาการคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำหรับความช่วยเหลือต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา บุพการี และบรรดาญาติมิตรทั้งหลายที่ให้การสนับสนุนและเป็นที่กำลังใจในการศึกษาตลอดมา หากมีข้อบกพร่องประการใดก็ตามในวิทยานิพนธ์ ผู้ทำวิทยานิพนธ์ต้องกราบขออภัยและขอน้อมรับคำแนะนำไว้ด้วยความขอบคุณยิ่ง

พิสิษฐพันธุ์ กาญจนตะชะ

สารบัญ

|                                                                           | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย                                                           | ก    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                                                        | ข    |
| กิตติกรรมประกาศ                                                           | ค    |
| สารบัญตาราง                                                               | ฅ    |
| สารบัญภาพ                                                                 | ซ    |
| รายการสัญลักษณ์และคำย่อ                                                   | ฎ    |
| บทที่ 1 บทนำ                                                              | 1    |
| 1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา                                         | 1    |
| 2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย                                                | 2    |
| 3. ขอบเขตการวิจัย                                                         | 3    |
| 4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ                                              | 3    |
| บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                                  | 4    |
| 1. บรรจุภัณฑ์อาหารที่ผลิตจากเชื้อและกระดาษ                                | 4    |
| 2. บรรจุภัณฑ์พลาสติก                                                      | 5    |
| 3. พลาสติกชีวภาพ                                                          | 6    |
| 4. फिल्मบริโกลได้                                                         | 9    |
| 5. แป้ง                                                                   | 12   |
| 6. फिल्मบริโกลได้จากแป้ง                                                  | 15   |
| 7. แป้งถั่วเขียว                                                          | 16   |
| 8. สารเพิ่มความยืดหยุ่น                                                   | 18   |
| 9. การตัดแปรแป้ง                                                          | 20   |
| 10. กระดาษเคลือบ फिल्मบริโกลได้                                           | 23   |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย                                                | 25   |
| 1. วัตถุประสงค์                                                           | 25   |
| 2. สารเคมี                                                                | 25   |
| 3. อุปกรณ์และเครื่องมือ                                                   | 25   |
| 4. วิธีดำเนินการวิจัย                                                     | 26   |
| 5. การวิเคราะห์ทางสถิติ                                                   | 34   |
| บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล                                            | 35   |
| 1. คุณสมบัติของแป้งถั่วเขียวตัดแปร                                        | 35   |
| 2. ผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อความหนืดของสารกระจายตัวแป้งถั่วเขียวตัดแปร | 41   |

สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                 | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3. ผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อคุณสมบัติของฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปร             | 43   |
| 4. ผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อคุณสมบัติของกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปร | 53   |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ                                             | 70   |
| 1. สรุปผลการวิจัย                                                               | 70   |
| 2. ข้อเสนอแนะ                                                                   | 70   |
| เอกสารอ้างอิง                                                                   | 72   |
| การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์                                                      | 76   |

## สารบัญตาราง

|             |                                                                                                                                                                                                                                                            | หน้า |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 1  | Comparative properties of bio-derived polymers and comparison with polyethylene and polystyrene                                                                                                                                                            | 10   |
| ตารางที่ 2  | คุณสมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน                                                                                                                                                                                                                 | 14   |
| ตารางที่ 3  | ความสามารถในการพองตัวและการละลายของสารกระจายตัวแป้งถั่วเขียว และแป้งถั่วเขียวดัดแปร                                                                                                                                                                        | 39   |
| ตารางที่ 4  | ความหนืดของสารกระจายตัวแป้งถั่วเขียวดัดแปร (AMS) 5 % ที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น สารกระจายตัวแป้งถั่วเขียวดัดแปร 5 % ที่เติมกลีเซอรอลและซอร์บิทอล ความเข้มข้น 10 %, 20 % และ 30 % ของน้ำหนักรแป้ง และสารละลาย HPMC E15LV 5%                             | 42   |
| ตารางที่ 5  | ความหนาของฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรและแผ่นฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ใช้สารเพิ่มความยืดหยุ่นในปริมาณที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับฟิล์ม HPMC E15LV ที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น                                                                              | 44   |
| ตารางที่ 6  | ความสามารถในการต้านแรงเจาะของฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่เติมกลีเซอรอลและซอร์บิทอล ที่ความเข้มข้น 10 %, 20 % และ 30 % ของน้ำหนักรแป้งเปรียบเทียบกับฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่นและฟิล์ม HPMC E15LV ที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น | 45   |
| ตารางที่ 7  | ความสามารถในการยึดของฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่เติมกลีเซอรอลและซอร์บิทอล ที่ความเข้มข้น 10 %, 20 % และ 30 % ของน้ำหนักรแป้งเปรียบเทียบกับฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่นและฟิล์ม HPMC E15LV ที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น         | 47   |
| ตารางที่ 8  | การซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่เติมกลีเซอรอลและซอร์บิทอล 10 %, 20 % และ 30 % ของน้ำหนักรแป้ง เปรียบเทียบกับฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น และ HPMC E15LV ที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น                              | 49   |
| ตารางที่ 9  | การให้คะแนนคุณสมบัติของฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่นเพื่อคัดเลือกฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลและซอร์บิทอลอย่างละ 1 ความเข้มข้นในการนำไปใช้เคลือบกระดาษ                                                                                      | 53   |
| ตารางที่ 10 | ความหนาของกระดาษเคลือบแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น กระดาษเคลือบแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่เติมกลีเซอรอล 10 % และกระดาษเคลือบแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่เติมซอร์บิทอล 30 % ที่ความหนาต่างกัน 3 ระดับ                                             | 54   |

สารบัญตาราง (ต่อ)

|             |                                                                                                                                                                                                                                                       | หน้า |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 11 | การด้านการเจาะของกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่ไม่เติม<br>สารเพิ่มความยืดหยุ่น กระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมกลีเซอรอล<br>10 % และกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมซอร์บิทอล 30 %<br>ที่ความหนาต่างกัน 3 ระดับ     | 56   |
| ตารางที่ 12 | ความสามารถในการบีบของกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่ไม่เติม<br>สารเพิ่มความยืดหยุ่น กระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมกลีเซอรอล<br>10 % และกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมซอร์บิทอล 30 %<br>ที่ความหนาต่างกัน 3 ระดับ | 57   |
| ตารางที่ 13 | การซึมผ่านไอน้ำของกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่ไม่เติม<br>สารเพิ่มความยืดหยุ่น กระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมกลีเซอรอล<br>10 % และกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมซอร์บิทอล 30 %<br>ที่ความหนาต่างกัน 3 ระดับ    | 59   |

## สารบัญภาพ

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                       | หน้า |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 1  | วัฏจักรของการนำวัตถุดิบจากธรรมชาติไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพเพื่อใช้งานกับผู้บริโภค                                                                                                                                                                             | 7    |
| ภาพที่ 2  | โครงสร้างของอะมิโลส                                                                                                                                                                                                                                                   | 13   |
| ภาพที่ 3  | โครงสร้างของอะมิโลเพกติน                                                                                                                                                                                                                                              | 14   |
| ภาพที่ 4  | (A) แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแป้งถั่วเขียวจากการศึกษาของ Chang และคณะ (2005) และ (B) แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแป้งถั่วเขียวจากการศึกษาของ Kim และคณะ (2007) โดย A - E แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแป้งถั่วเขียว 5 สายพันธุ์ ในประเทศเกาหลี | 17   |
| ภาพที่ 5  | Grease permeation of ISP-coated papers with various plasticizer concentrations                                                                                                                                                                                        | 23   |
| ภาพที่ 6  | ภาพถ่าย SEM ด้านหน้าและด้านข้างของกระดาษเคลือบWPI ที่ใช้ปริมาณการเคลือบต่างกัน                                                                                                                                                                                        | 24   |
| ภาพที่ 7  | ลักษณะภายนอกของแป้งถั่วเขียวก่อนการดัดแปรที่กำลังขยาย 2,000 และ 5,000 เท่าและแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่กำลังขยาย 2,000 และ 5,000 เท่า ด้วยกล้องถ่ายภาพอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)                                                                                         | 35   |
| ภาพที่ 8  | คุณสมบัติด้านอุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งไปเป็นเจลของแป้งถั่วเขียวและแป้งถั่วเขียวดัดแปร โดยมีอัตราส่วนระหว่างของแข็งกับน้ำ (30: 70 w/v)                                                                                                           | 37   |
| ภาพที่ 9  | รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแป้งถั่วเขียวและแป้งถั่วเขียวดัดแปร ด้วยเครื่อง x - ray diffractometer (XRD)                                                                                                                                                           | 38   |
| ภาพที่ 10 | การไหลของสารกระจายตัวแป้งถั่วเขียวดัดแปร 3 %, 4 % และ 5 % (w/w) ที่อุณหภูมิห้อง (26 °C)                                                                                                                                                                               | 40   |
| ภาพที่ 11 | ความหนืดของสารกระจายตัวแป้งถั่วเขียวดัดแปร 3 %, 4 % และ 5 % (w/w) ที่อุณหภูมิห้อง (26 °C)                                                                                                                                                                             | 40   |
| ภาพที่ 12 | การไหลของสารกระจายตัวแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น สารกระจายตัวแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่เติมกลีเซอรอลและซอร์บิทอล ความเข้มข้น 10 % 20 % และ 30 % ของน้ำหนักรแป้ง และสารละลาย HPMC E15LV                                                              | 42   |
| ภาพที่ 13 | ลักษณะของฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ใช้สารเพิ่มความยืดหยุ่นที่ความเข้มข้น 10 %, 20 % และ 30 % เปรียบเทียบกับฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่นและฟิล์ม HPLC E15LV ที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น                                                  | 43   |
| ภาพที่ 14 | ความสามารถในการต้านแรงเจาะของแผ่นฟิล์มแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอลเป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่นในปริมาณที่แตกต่างกัน                                                                                                                                     | 46   |

สารบัญภาพ (ต่อ)

|           |                                                                                                                                                                                                                                             | หน้า |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 15 | ความสามารถในการยึดของแผ่นฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่ใช้กลีเซอรอลและชอร์บิทอลเป็นสารเพิ่มความยึดหยุ่นในปริมาณที่แตกต่างกัน                                                                                                                  | 48   |
| ภาพที่ 16 | การซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยึดหยุ่นและฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่ใช้กลีเซอรอลและชอร์บิทอลเป็นสารเพิ่มความยึดหยุ่นในปริมาณที่แตกต่างกัน                                                            | 50   |
| ภาพที่ 17 | การดูความชื้นของฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยึดหยุ่นฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่เติมกลีเซอรอลและชอร์บิทอลเป็นสารเพิ่มความยึดหยุ่นในปริมาณที่แตกต่างกัน และฟิล์ม HPMC E15LV                                               | 51   |
| ภาพที่ 18 | การละลายของฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยึดหยุ่นและฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่เติมกลีเซอรอลและชอร์บิทอลเป็นสารเพิ่มความยึดหยุ่นในปริมาณที่แตกต่างกัน และฟิล์ม HPMC E15LV                                                 | 52   |
| ภาพที่ 19 | ลักษณะกระดาศเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยึดหยุ่นและกระดาศเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่เติมกลีเซอรอล 10 % ที่ความหนาต่างกัน 3 ระดับ                                                                            | 53   |
| ภาพที่ 20 | ลักษณะกระดาศเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่เติมชอร์บิทอล 30 % ที่ความหนาต่างกัน 3 ระดับ                                                                                                                                                  | 54   |
| ภาพที่ 21 | ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของกระดาศเคลือบแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่เพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักของแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรแห้งที่ใช้เคลือบกระดาศเพิ่มขึ้น                                                                                                 | 55   |
| ภาพที่ 22 | การต้านแรงเจาะของกระดาศเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยึดหยุ่น กระดาศเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่เติมกลีเซอรอล 10 % และกระดาศเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่เติมชอร์บิทอล 30 % ที่ความหนาต่างกัน 3 ระดับ     | 56   |
| ภาพที่ 23 | ความสามารถในการยึดของกระดาศเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยึดหยุ่น กระดาศเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่เติมกลีเซอรอล 10 % และกระดาศเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่เติมชอร์บิทอล 30 % ที่ความหนาต่างกัน 3 ระดับ | 58   |
| ภาพที่ 24 | การซึมผ่านไอน้ำของกระดาศเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยึดหยุ่น กระดาศเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่เติมกลีเซอรอล 10 % และกระดาศเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั้ดแปรที่เติมชอร์บิทอล 30 % ที่ความหนาต่างกัน 3 ระดับ    | 60   |

สารบัญภาพ (ต่อ)

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | หน้า |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 25 | พื้นที่การแพร่กระจายของน้ำมันกระดาษที่ไม่เคลือบ กระดาษเคลือบฟิล์ม<br>แป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น กระดาษเคลือบฟิล์มแป้ง<br>ถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมกลีเซอรอล 10 % และกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียว<br>คั่วแปรที่เติมซอร์บิทอล 30 % ที่ความหนา 1, 2 และ 3 (65, 70 และ 75 ไมครอน<br>ตามลำดับ) และที่เวลา 5 - 120 นาที | 61   |
| ภาพที่ 26 | การแพร่กระจายของน้ำที่ซึมผ่านกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่<br>ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น กระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติม<br>กลีเซอรอล 10 % และกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติม<br>ซอร์บิทอล 30 % ที่ความหนา 1 (65 ไมครอน) เวลาที่ 0, 10, 60 และ 120 นาที                                             | 62   |
| ภาพที่ 27 | การแพร่กระจายของน้ำมันกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่ไม่เติม<br>สารเพิ่มความยืดหยุ่น กระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมกลีเซอรอล<br>10 % และกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมซอร์บิทอล 30 %<br>ที่ความหนา 2 (70 ไมครอน) เวลาที่ 0, 10, 60 และ 120 นาที                                                      | 63   |
| ภาพที่ 28 | การแพร่กระจายของน้ำมันกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่ไม่เติม<br>สารเพิ่มความยืดหยุ่น กระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมกลีเซอรอล<br>10 % และกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมซอร์บิทอล<br>30 % ที่ความหนา 3 (75 ไมครอน) เวลาที่ 0, 10, 60 และ 120 นาที                                                      | 64   |
| ภาพที่ 29 | พื้นที่การแพร่กระจายของน้ำมันบนกระดาษเคลือบที่ไม่เคลือบ กระดาษเคลือบ<br>ฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น กระดาษเคลือบฟิล์ม<br>แป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมกลีเซอรอล 10 % และกระดาษเคลือบฟิล์มแป้ง<br>ถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมซอร์บิทอล 30 % ความหนา 65, 70 และ 75 ไมครอน                                             | 65   |
| ภาพที่ 30 | การแพร่กระจายของน้ำมันที่ซึมผ่านกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปร<br>ที่ไม่เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น กระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติม<br>กลีเซอรอล 10 % และกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมซอร์บิทอล<br>30 % ความหนาระดับที่ 1 (65 ไมครอน) ที่เวลา 0, 0.5, 3 และ 6 ชั่วโมง<br>เปรียบเทียบกับกระดาษที่ไม่เคลือบ | 66   |
| ภาพที่ 31 | การแพร่กระจายของน้ำมันบนกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่ไม่เติม<br>สารเพิ่มความยืดหยุ่น กระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมกลีเซอรอล<br>10 % และกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมซอร์บิทอล 30 %<br>ความหนาระดับที่ 2 (70 ไมครอน) ที่เวลา 0, 0.5, 3 และ 6 ชั่วโมง                                              | 67   |

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ภาพที่ 32 | การแพร่กระจายของน้ำมันบนกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่ไม่เติม<br>สารเพิ่มความชื้นยู่่น กระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมกลีเซอรอล<br>10 % และกระดาษเคลือบฟิล์มแป้งถั่วเขียวคั่วแปรที่เติมซอร์บิทอล 30 %<br>ความหนาระดับที่ 3 (75 ไมครอน) ที่เวลา 0, 0.5, 3 และ 6 ชั่วโมง | 68 |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

|                 |     |                                   |
|-----------------|-----|-----------------------------------|
| °C              | คือ | องศาเซลเซียส                      |
| HPMC            | คือ | ไฮดรอกซีโพลีเมทิลเซลลูโลส         |
| XRD             | คือ | เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์   |
| g               | คือ | กรัม                              |
| m <sup>2</sup>  | คือ | ตารางเมตร                         |
| mm <sup>2</sup> | คือ | ตารางมิลลิเมตร                    |
| M               | คือ | โมลาร์                            |
| Kg              | คือ | กิโลกรัม                          |
| % v/v           | คือ | ร้อยละ โดยปริมาตรต่อปริมาตร       |
| min             | คือ | นาที                              |
| DSC             | คือ | ดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริเมทรี |
| ml              | คือ | มิลลิลิตร                         |
| w/w             | คือ | น้ำหนักต่อน้ำหนัก                 |
| MPa             | คือ | เมกะปาสคาล                        |
| SEM             | คือ | กล้องถ่ายภาพอิเล็กตรอนแบบส่องกราด |
| J               | คือ | จูล                               |
| w/v             | คือ | น้ำหนักต่อปริมาตร                 |
| cps             | คือ | เซนติพอยส์                        |
| µm              | คือ | ไมครอน                            |