การเตรียมวัสดุเชิงประกอบจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและเกาลิน

นาย วุฒิ ลีลายุทธเลิศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2041-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PREPARATION OF MODIFIED CASSAVA STARCH/KAOLIN COMPOSITES

Mr. Wutthi Lilayuthalert

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Applied Polymer Science and Textile Technology

Department of Materials Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic year 2002

ISBN 974-17-2041-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเตรียมวัสดุเชิงประกอบจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและเกาลิน
โดย	นาย วุฒิ ลีลายุทธเลิศ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประณัฐ โพธิยะราช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายวุฒิ ลีลายุทธเลิศ : การเตรียมวัสดุเชิงประกอบจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและเกาลิน (PREPARATION OF MODIFIED CASSAVA STARCH/KAOLIN COMPOSITES) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร.วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์ 119 หน้า ISBN 974-17-2041-6

งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมวัสดุเชิงประกอบจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและเกาลิน เริ่มจากนำแป้งมันสำปะหลังมาดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ที่อัตราส่วน 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และน้ำเป็นตัวทำละลาย ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นนำแป้งที่ผ่านการดัดแปรมาผสมกับเกาลินที่ปริมาณ 10 20 30 40 50 และ 60 ส่วนต่อน้ำหนักแป้งดัดแปร 100 ส่วน นอกจากนี้ ยังได้เติมกลีเซอรอลเข้าไปในส่วนผสมปริมาณ 20 ส่วนต่อน้ำหนักแป้งดัดแปร 100 ส่วน เพื่อให้ทำหน้าที่เป็นพลาสติไซเซอร์ นำของผสมที่เตรียมได้มาขึ้นรูปเป็นแผ่นด้วยวิธีการหล่อ จากการทดสอบสมบัติความทนแรงดึง และการตรวจสอบสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า วัสดุเชิงประกอบที่เตรียมได้จากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณเกาลิน 10-30 ส่วนต่อน้ำหนักแป้งดัดแปร 100 ส่วน มีความทนแรงดึงและความสามารถในการยืดตัวสูง นอกจากนี้ ยังมีความสม่ำเสมอในเนื้อผลิตภัณฑ์ดีกว่าวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมได้จากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเติมกลีเซอรอล ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการยืดตัวเพิ่มขึ้น แต่มีความทนแรงดึงต่ำลงมาก

จากการทดสอบการดูดซึมความชื้นของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมได้จากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เมื่อเติมเกาลินเพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดซึมความชื้นลดลงทั้งในสูตรที่เติมและไม่เติมกลีเซอรอล

จากการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลซิส พบว่าอุณหภูมิการสลายตัวของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าแป้งที่ไม่ผ่านการดัดแปร นอกจากนี้ ยังพบว่าปริมาณเกาลินที่เพิ่มขึ้นในวัสดุเชิงประกอบไม่มีผลทำให้อุณหภูมิการสลายตัวของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปมากนัก

ภาควิชาวัสดุศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์ฯ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2545

4372421823 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY
KEY WORD: MODIFIED STARCH/ KAOLIN/ COMPOSITES

WUTTHI LILAYUTHALERT : PREPARATION OF MODIFIED CASSAVA STARCH/KAOLIN COMPOSITES. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. VIMOLVAN PIMPAN, Ph.D. 119 pp. ISBN 974-17-2041-6

In this research, modified cassava starch/kaolin composites were prepared. Cassava starch was modified with 25%, 50% and 75% maleic anhydride. The reactions were carried out at 50°C for 2 hours with sodium hydroxide as a catalyst and water as a solvent. After neutralized with hydrochloric solution, the modified starch was mixed with kaolin at 10, 20, 30, 40, 50 and 60 phr. Glycerol were also added to the mixture at 20 phr, as a plasticizer. The mixtures were then casted into sheets. Tensile and morphological properties of the casted products were investigated. It was found that composites prepared from starch modified with 25% maleic anhydride and 10 – 30 phr of kaolin showed high tensile strength and elongation at break, more over their morphological structures showed more uniformity, than those modified with 50% and 75% maleic anhydride. The elongation at break of products with glycerol was increased while the tensile strength was markedly decreased.

The moisture absorption of composites prepared from starch modified with 25% maleic anhydride was decreased as the amount of kaolin increased, regardless of the presence of glycerol in the composites.

Thermogravimetric analysis revealed that the decomposition temperature of starch modified with 25% maleic anhydride was lower than that of unmodified starch. It was also found that when the amount of kaolin was increased, the decomposition temperature of the products was insignificantly changed.

Department of Materials Science Student's signature WUTTHI LILAYUTHALERT
Field of study APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY Advisor's signature Vimolvan Pimpan
Academic year 2002

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อย่างสมบูรณ์นั้นเป็นเพราะได้รับคำแนะนำด้านวิชาการ ความเอื้อเฟื้อด้านเครื่องมือ วัตถุดิบ และสถานที่สำหรับทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังได้รับความช่วยเหลือและแนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ทรงคุณวุฒิในด้านต่างๆเป็นอย่างดี

ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในการแก้ปัญหาและแนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ และ อ. รัจนา ศิริสุข ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์

นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณ รศ. เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ. ไพพรรณ สันติสุข รศ.ดร.วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา และ ผศ.ดร.ประณัฐ โพธิยะราช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำและตรวจสอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ขอขอบคุณภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่จากสถาบันต่างๆทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณคุณสุรมน อุดมวงค์เสรี บริษัท CERAMICS R US CORP.,LTD. ที่ให้ความอนุเคราะห์เกาลิน อีกทั้งคุณพินัย เกียรติเทพวรรณ บริษัท ไทยวา จำกัด(มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์แป้งมันสำปะหลังที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา ขอบคุณพี่ๆและเพื่อนๆนิสิตภาควิชาวัสดุศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังกายและกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี อีกทั้งอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าจนสามารถสร้างสรรค์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่

1 บทนำ 1

2 วารสารปริทัศน์ 3

2.1วัสดุเชิงประกอบ 3

2.1.1 ชนิดของเมทริกซ์ 3

2.1.1.1 พอลิเมอร์ 3

2.1.1.2 โลหะ 3

2.1.1.3 เซรามิก 4

2.1.2 ชนิดของสารเสริมแรง 4

2.1.2.1 เส้นใย 4

2.1.2.2 อนุภาค 5

2.1.3 ข้อดีของวัสดุเชิงประกอบประเภทพอลิเมอร์ 5

2.1.4 ข้อจำกัดและปัญหาของวัสดุเชิงประกอบประเภทพอลิเมอร์ 6

2.2 แป้ง 7

2.2.1 ลักษณะของเม็ดแป้ง 7

2.2.2 โครงสร้างของเม็ดแป้ง 9

2.2.2.1 อะไมโลส 11

2.2.2.2 อะไมโลเพกติน 12

2.3 แป้งดัดแปร 14

2.3.1 วิธีการดัดแปรทางกายภาพ 14

2.3.2 วิธีการดัดแปรทางเคมี 15

2.3.3 วิธีการดัดแปรทางเทคโนโลยีชีวภาพ 19

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.4 เกาลิน	24
	2.4.1 ชนิดของดินเกาลิน	26
	2.4.1.1 กลุ่มเกาลินไนท์	26
	2.4.1.2 กลุ่มฮอลลอยไซท์	26
	2.4.1.3 กลุ่มอิลไลท์	26
	2.4.1.4 กลุ่มมอนท์มอริลโลไนท์	26
	2.4.2 กระบวนการเตรียมดิน	27
	2.4.2.1 การแยกอนุภาคดินโดยใช้ลม	27
	2.4.2.2 การแยกอนุภาคดินโดยใช้น้ำ	27
	2.4.2.3 การสกัดดิน	27
	2.4.2.4 การเผาดิน	28
	2.4.2.5 การดัดแปรพื้นผิวดิน	28
	2.4.2.6 การแยกแผ่นอนุภาคดิน	28
	2.4.3 สมบัติของเกาลิน	28
	2.4.3.1 สมบัติทางกายภาพ	28
	2.4.3.2 สมบัติทางเคมี	30
	2.4.3.3 สมบัติทางความร้อน	31
	2.4.4 การใช้งานของเกาลิน	31
	2.5 กระบวนการหล่อพลาสติก	32
	2.5.1 กระบวนการหล่อแบบต่อเนื่อง	33
	2.5.2 กระบวนการหล่อแบบไม่ต่อเนื่อง	36
3	การทดลอง	38
	3.1 ขอบเขตการทดลอง	38
	3.2 การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์	39
	3.2.1 สารเคมีและวัตถุดิบ	39
	3.2.2 อุปกรณ์	39
	3.2.3 วิธีการทดลอง	40

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

3.3 การเตรียมเกาลิน 41
3.3.1 สารเคมีและวัตถุดิบ 41
3.3.2 อุปกรณ์ 41
3.3.3 วิธีการทดลอง 41
3.4 การเตรียมวัสดุเชิงประกอบจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและเกาลิน 42
3.5 การขึ้นรูป 43
3.6 การวิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบ 43
3.6.1 การวิเคราะห์สมบัติของแป้งมันสำปะหลัง 43
3.6.1.1 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 43
3.6.1.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเครื่องฟูริเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ 44
3.6.1.3 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน 45
3.6.1.3.1 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ 45
3.6.1.3.2 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเตอร์ 46
3.6.2 การวิเคราะห์สมบัติของเกาลิน 46
3.6.2.1 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 46
3.6.2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน 47
3.6.1.3.1 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ 47
3.6.2.2.2 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเตอร์ 47

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

3.7 การวิเคราะห์สมบัติของวัสดุเชิงประกอบจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและเกาลิน 47

3.7.1 การทดสอบสมบัติเชิงกล 47

3.7.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 48

3.7.3 การวิเคราะห์การดูดซึมความชื้น 48

3.7.4 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน 49

3.7.4.1 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเตอร์ 49

3.7.4.2 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ 49

4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 50

4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติต่างๆของแป้งมันสำปะหลัง 50

4.1.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 50

4.1.2 โครงสร้างทางเคมีของแป้งมันสำปะหลัง 51

4.1.3 สมบัติทางความร้อนของแป้งมันสำปะหลัง 52

4.1.3.1 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ 52

4.1.3.2 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเตอร์ 53

4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติต่างๆของเกาลิน 54

4.2.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 54

4.2.2 สมบัติทางความร้อนของเกาลิน 55

4.2.2.1 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ 55

4.2.2.2 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเตอร์ 56

4.3 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 57

4.4 สมบัติด้านแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมได้จากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและเกาลิน 60

4.4.1 ความทนแรงดึง 62

4.4.2 ความสามารถในการยืดดึง ณ จุดขาด 66

4.4.3 มอดุลัสยืดหยุ่น 68

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

4.5 ความสามารถในการดูดซึมความชื้นของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมได้จากแป้งและเกาลิน 70

4.5.1 ความสามารถในการดูดซึมความชื้นของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมได้จากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% เมื่อไม่เติมกลีเซอรอล 70

4.5.2 ความสามารถในการดูดซึมความชื้นของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมได้จากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% เมื่อเติมกลีเซอรอล 20 phr 71

4.6 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบจากแป้งดัดแปรและเกาลิน 73

4.6.1 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเตอร์ 73

4.6.1.1 สมบัติทางความร้อนเมื่อวิเคราะห์ด้วย DSC ของแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% เมื่อไม่เติมกลีเซอรอล 73

4.6.1.2 สมบัติทางความร้อนเมื่อวิเคราะห์ด้วย DSC ของแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% เมื่อเติมกลีเซอรอล 20 phr 75

4.6.2 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ 77

4.6.2.1 สมบัติทางความร้อนเมื่อวิเคราะห์ด้วย TGA ของแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% เมื่อไม่เติมกลีเซอรอล 77

4.6.2.2 สมบัติทางความร้อนเมื่อวิเคราะห์ด้วย TGA ของแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% เมื่อเติมกลีเซอรอล 20 phr 79

5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 82

5.1 สรุปผลการทดลอง 82

5.2 ข้อเสนอแนะ 84

รายการอ้างอิง 85

ภาคผนวก 89

ภาคผนวก ก 90

ภาคผนวก ข 105

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 119

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 รูปร่าง ขนาด องค์ประกอบและสมบัติบางประการของเม็ดแป้งที่ได้จากพืชชนิดต่างๆ...8
ตารางที่ 2.2 สมบัติทั่วไปของเม็ดแป้งจากพืชบางชนิด.....10
ตารางที่ 2.3 สมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน.....13
ตารางที่ 2.4 สมบัติโดยทั่วไปของเกาลินชนิดต่างๆ.....29
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของมาเลอิกแอนไฮไดรด์และเกาลินที่ใช้ในการเตรียมวัสดุเชิงประกอบในกรณีที่ไม่เติมกลีเซอรอล พร้อมการกำหนดสัญลักษณ์ของแต่ละสูตร.....42
ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนของมาเลอิกแอนไฮไดรด์และเกาลินที่ใช้ในการเตรียมวัสดุเชิงประกอบในกรณีที่เติมกลีเซอรอล 20 phr พร้อมการกำหนดสัญลักษณ์ของแต่ละสูตร.....42
ตารางที่ 4.1 ความทนแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% 50% และ 75% ณ ปริมาณเกาลินต่างๆกัน เมื่อไม่เติมกลีเซอรอล.....63
ตารางที่ 4.2 ความทนแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% 50% และ 75% ณ ปริมาณเกาลินต่างๆกัน เมื่อเติมกลีเซอรอล 20 phr 64
ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการยืดดึง ณ จุดขาดของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% 50% และ 75% และมีปริมาณเกาลินต่างๆกัน เมื่อไม่เติมกลีเซอรอล.....67
ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการยืดดึง ณ จุดขาดของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% 50% และ 75% และมีปริมาณเกาลินต่างๆกัน เมื่อเติมกลีเซอรอล 20 phr.....67
ตารางที่ 4.5 มอดุลัสยืดหยุ่นของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% 50% และ 75% และมีปริมาณเกาลินต่างๆกัน เมื่อไม่เติมกลีเซอรอล.....69
ตารางที่ 4.6 มอดุลัสยืดหยุ่นของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% 50% และ 75% และมีปริมาณเกาลินต่างๆกัน เมื่อเติมกลีเซอรอล 20 phr.....69

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.7 อุณหภูมิการสลายตัวและน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป (%) ของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% ที่ปริมาณเกาลินต่างๆกัน และไม่มีกลีเซอรอล.....78

ตารางที่ 4.8 อุณหภูมิการสลายตัวและน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป (%) ของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% ที่ปริมาณเกาลินต่างๆกันและมีกลีเซอรอล 20 phr.....81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งจากพืชบางชนิด 9
รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของอะไมโลส 11
รูปที่ 2.3 ลักษณะการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของน้ำกับอะไมโลส 12
รูปที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของอะไมโลเพกติน 13
รูปที่ 2.5 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แป้งไดสตาร์ชฟอสเฟต 16
รูปที่ 2.6 โครงสร้างแป้งครอสลิงค์ 17
รูปที่ 2.7 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แป้งอีเทอร์ 17
รูปที่ 2.8 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แป้งเอสเทอร์ 18
รูปที่ 2.9 ภาพการทำเหมืองเกาลิน 25
รูปที่ 2.10 เครื่องหล่อแบบต่อเนื่อง 34
รูปที่ 2.11 การหล่อฟิล์มพอลิเอทิลีน 34
รูปที่ 2.12 การหล่อฟิล์มพลาสติกบนถังโลหะเย็น 35
รูปที่ 2.13 การหล่อฟิล์มบนสายพานที่มีผิวมัน 35
รูปที่ 2.14 การหล่อพลาสติกแบบเซลล์ 36
รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขอบเขตการทดลอง 38
รูปที่ 3.2 ลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการดัดแปรแป้ง 40
รูปที่ 3.3 ลักษณะแม่แบบที่ใช้ในการหล่อวัสดุเชิงประกอบ 43
รูปที่ 3.4 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 44
รูปที่ 3.5 เครื่องฟูริเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ 44
รูปที่ 3.6 เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ 45
รูปที่ 3.7 เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเตอร์ 46
รูปที่ 3.8 เครื่อง Universal Testing Machine 48
รูปที่ 4.1 ภาพแสดงลักษณะของแป้งมันสำปะหลัง 50
รูปที่ 4.2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของแป้งมันสำปะหลัง ที่กำลังขยาย(ก) 200 และ (ข) 2000 เท่า 50
รูปที่ 4.3 FT-IR สเปกตรัมของแป้งมันสำปะหลัง 51
รูปที่ 4.4 TGA เทอร์โมแกรมของแป้งมันสำปะหลัง 52
รูปที่ 4.5 DSC เทอร์โมแกรมของแป้งมันสำปะหลัง 53

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.6 ภาพแสดงลักษณะของเกาลิน....54
รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเกาลินที่กำลังขยาย (ก) 2000 และ (ข) 10000 เท่า....54
รูปที่ 4.8 TGA เทอร์โมแกรมของเกาลิน....55
รูปที่ 4.9 DSC เทอร์โมแกรมของเกาลิน....56
รูปที่ 4.10 ปฏิกิริยาการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์....57
รูปที่ 4.11 FT-IR สเปตรัมของแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ได้ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% 50% และ 75% (จากบนลงล่าง)....58
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% และมีปริมาณเกาลินไม่เกิน 40 phr เมื่อไม่เติมกลีเซอรอล....61
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมได้จากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% มีปริมาณเกาลินมากกว่า 40 phr และวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 50% และ 75% และมีปริมาณเกาลินต่างๆกัน เมื่อไม่เติมกลีเซอรอล....61
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% 50% และ 75% ที่มีปริมาณเกาลินต่างๆกัน และมีการเติมกลีเซอรอล 20 phr....62
รูปที่ 4.15 ภาพถ่าย SEM ของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 50% และมีปริมาณเกาลิน 0 phr (ก) 10 phr (ข) 30 phr (ค) และ 50 phr (ง) เมื่อไม่เติมกลีเซอรอล ที่กำลังขยาย 200 เท่า....64
รูปที่ 4.16 ภาพถ่าย SEM ของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 75% และมีปริมาณเกาลิน 0 phr (ก) 10 phr (ข) 30 phr (ค) และ 50 phr (ง) เมื่อไม่เติมกลีเซอรอล ที่กำลังขยาย 200 เท่า....65
รูปที่ 4.17 ภาพถ่าย SEM ของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 50% และมีปริมาณเกาลิน 0 phr (ก) 10 phr (ข) 30 phr (ค) และ 50 phr (ง) เมื่อเติมกลีเซอรอล 20 phr ที่กำลังขยาย 200 เท่า....65

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.18 ภาพถ่าย SEM ของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 75% และมีปริมาณเกาลิน 0 phr (ก) 10 phr (ข) 30 phr (ค) และ 50 phr (ง) เมื่อเติมกลีเซอรอล 20 phr ที่กำลังขยาย 200 เท่า 66

รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นที่ถูกดูดซึมในช่วงเวลาต่างๆของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมได้จากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% และมีปริมาณเกาลินต่างๆกัน เมื่อไม่เติมกลีเซอรอล 71

รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นที่ถูกดูดซึมในช่วงเวลาต่างๆของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมได้จากแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% และมีปริมาณเกาลินต่างๆกัน เมื่อเติมกลีเซอรอล 20 phr 72

รูปที่ 4.21 DSC เทอร์โมแกรมของแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25 % และมีปริมาณเกาลินต่างๆกัน เมื่อไม่เติมกลีเซอรอล 74

รูปที่ 4.22 DSC เทอร์โมแกรมของแป้งดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25 % และมีปริมาณเกาลินต่างๆกัน เมื่อเติมกลีเซอรอล 20 phr 76

รูปที่ 4.23 TGA เทอร์โมแกรมของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% และมีปริมาณเกาลินต่างๆกัน เมื่อไม่เติมกลีเซอรอล 77

รูปที่ 4.24 TGA เทอร์โมแกรมของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ 25% และมีปริมาณเกาลินต่างๆกัน เมื่อเติมกลีเซอรอล 20 phr 80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย