

370

การปรับปรุงสมบัติของฟิล์มโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น  
โดยเทคนิคการทำพอลิเมอร์ผสม



นางสาว ณัฐชา อโนชาเดช

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
ภาควิชาวัสดุศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-634-048-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 16998554

IMPROVEMENT IN PROPERTIES OF LINEAR LOW DENSITY  
POLYETHYLENE FILM BY POLYMER BLENDS TECHNIQUE



MISS NUTCHAYA ANOCHADECH

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Material Science

Graduate School

Chulalongkorn University


1996

ISBN 974-634-048-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงสมบัติของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น  
โดยเทคนิคการทำพอลิเมอร์ผสม

โดย นางสาว ณัฐชยา อโนชาเดช  
ภาควิชา วัสดุศาสตร์  
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร

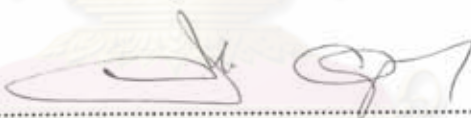
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้แนบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

( รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ จงสุวรรณ )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....ประธานกรรมการ

( รองศาสตราจารย์ ดร. วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา )



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

( รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร )



.....กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เข็มชัย เหมะจันทร )



.....กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข )

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ณัฐชา อโนชาเดช : การปรับปรุงสมบัติของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น โดยเทคนิคการทำพอลิเมอร์ผสม (IMPROVEMENT IN PROPERTIES OF LINEAR LOW DENSITY POLYETHYLENE FILM BY POLYMER BLENDS TECHNIQUE) อ. ที่ปรึกษา : รศ. เสาวรณีย์ ช่วยจุลจิตรี , 119 หน้า. ISBN 974 - 634 - 048 - 4

พอลิเมอร์ผสม เตรียมจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (แอลดีพีอี) กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (แอลแอลดีพีอี) ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักต่าง ๆ กัน พอลิเมอร์ผสมนี้ได้ปรับปรุงเพื่อนำมาผลิตฟิล์มบรรจุภัณฑ์โดยใช้เครื่องเป่าฟิล์มแอลดีพีอีที่ใช้กันทั่วไป จุดประสงค์เบื้องต้นของการวิจัยนี้ คือ การหาสัดส่วนที่เหมาะสมของแอลดีพีอีในแอลแอลดีพีอี และเทคนิคการผสมที่มีผลกับสมบัติเชิงกลและสมบัติทางแสงของฟิล์มที่ได้จากพอลิเมอร์ผสมสารเติมแต่ง เช่น สารช่วยในการผลิตและสารป้องกันฟิล์มติดกัน นำมาผสมเพื่อให้การผลิตสะดวกขึ้นและช่วยปรับปรุงสมบัติในการใช้งานของฟิล์ม การวิจัยนี้ พบว่า อัตราส่วนโดยน้ำหนักที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มจากพอลิเมอร์ผสมของ แอลดีพีอี/แอลแอลดีพีอี เท่ากับ 20/80 โดยให้ความเหนียวและความใสของ ฟิล์มเหมาะที่จะใช้ได้ในงานบรรจุภัณฑ์



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วัสดุศาสตร์.....  
สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์.....  
และเทคโนโลยีสิ่งทอ.....  
ปีการศึกษา.....2539.....

ลายมือชื่อนิสิต.....ณัฐชา อโนชาเดช.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....เสาวรณีย์ ช่วยจุลจิตรี.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## C627337 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY  
KEY WORD: POLYMER / BLENDS / LDPE / LLDPE / FILM

NUTCHAYA ANOCHADECH : IMPROVEMENT IN PROPERTIES OF LINEAR LOW DENSITY POLYETHYLENE FILM BY POLYMER BLENDS TECHNIQUE. THESIS ADVISER : ASSO. PROF. SAOWAROJ CHUAYJULJIT 119 pp. ISBN 974 - 634 - 048 - 4

Polymer blends of low density polyethylene ( LDPE ) in linear low density polyethylene ( LLDPE ) were formulated with a range of weight ratio. Such polymer blends were modified for producing packaging film using conventional LDPE film blowing machine. The primary objective of this investigation was to evaluate of composition of LDPE in LLDPE and blending techniques on the subsequent mechanical and optical properties of the blown films. Additives including polymer processing aids and anti-blocking agent were added to ease processing and improve the film properties. It was estimated that the optimum weight ratio of LDPE/LLDPE is 20/80 giving acceptable mechanical strength and clarity for packaging.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วัสดุศาสตร์  
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์  
และเทคโนโลยีสิ่งทอ  
ปีการศึกษา 2539

ลายมือชื่อนิสิต นัทชญา อโนชาเดช  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ศาอวโรจ ชูชัยกุล  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำปรึกษาทางด้านวิชาการ ได้รับความเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือสำหรับการวิจัย ตลอดจนได้รับความช่วยเหลือแนะนำแนวทางในด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เข้มชัย เหมะจันทร์ ที่ช่วยเหลือแนะนำแนวทางในการวิจัย วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือในการวิจัย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

นอกจากนี้ ขอขอบคุณ บริษัทอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกัลไทย จำกัด ที่อนุเคราะห์เม็ดพลาสติกชนิด LDPE บริษัทไทยโพลีเอทิลีน จำกัด ที่อนุเคราะห์เม็ดพลาสติกชนิด LLDPE บริษัท 3M ประเทศไทย จำกัด ที่อนุเคราะห์และแนะนำวิธีการในการใช้สาร PPA และบริษัท Dye Color Hoechst ที่อนุเคราะห์ antiblocking-agent

สำหรับทุนในการวิจัยในเรื่องนี้ ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ( สวทช. ) จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ณัฐชา อโนชาเดช  
(ณัฐชา อโนชาเดช)

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ ( ภาษาไทย ).....	ก
บทคัดย่อ ( ภาษาอังกฤษ ).....	ด
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
2 วารสารปริทัศน์.....	3
2.1 พอลิเอทิลีน.....	3
2.1.1 กระบวนการผลิต.....	4
2.1.2 ลักษณะโครงสร้างและสมบัติเฉพาะตัวของ LDPE.....	13
2.1.3 ลักษณะโครงสร้างและสมบัติเฉพาะตัวของ LLDPE.....	22
2.1.4 การเปรียบเทียบสมบัติและการใช้งานของฟิล์ม LDPE และ LLDPE.....	27
2.1.5 การผสม LDPE กับ LLDPE.....	32
2.2 เทคนิคการผสม.....	34
2.2.1 การผสมด้วยเครื่อง Ball mill.....	35
2.2.2 การผสมด้วยเครื่องอครีคแบบสกรูเดี่ยว.....	35
2.2.3 การผสมด้วยเครื่องอครีคแบบสกรูคู่.....	37
2.3 การผลิตฟิล์ม .....	40
2.3.1 กระบวนการเป่าฟิล์ม.....	40
2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเป่าฟิล์ม.....	42
2.4 สารหล่อลื่น.....	46
2.4.1 สารช่วยในการขึ้นรูป.....	48
2.4.2 สารลดการติดกันของฟิล์ม.....	51
2.4.3 สารหล่อลื่นระหว่างผิวฟิล์ม.....	52

	หน้า
2.4.4 สารลดการเกิดไฟฟ้าสถิตย์บนผิวฟิล์ม.....	53
2.5 การผสมสาร masterbatch.....	53
2.6 การทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE กับ LLDPE.....	54
2.6.1 อุณหภูมิการหลอมเหลวและความเข้ากันได้ของพอลิเมอร์.....	54
2.6.2 ความเป็นผลึกของพอลิเมอร์.....	54
2.6.3 ครรชนีการไหล.....	55
2.6.4 ความหนาแน่น.....	55
2.6.5 ความหนืด.....	55
2.7 การทดสอบสมบัติของฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE กับ LLDPE.....	56
2.7.1 ความทนต่อแรงดึงขาด.....	56
2.7.2 การยืดออกที่จุดขาด.....	56
2.7.3 ความต้านทานต่อการฉีกขาด.....	56
2.7.4 ความฝ้า.....	57
2.7.5 ความเงามัน.....	58
2.8 การวิเคราะห์การดูดกลืนแสงอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี.....	59
3 การทดลอง.....	62
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	62
3.2 วัตถุประสงค์และสารเคมี.....	62
3.3 วิธีการทดลอง.....	64
3.3.1 ขั้นตอนการผสมและการเป่าฟิล์ม.....	64
3.3.2 การทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE และ LLDPE.....	67
3.3.3 การทดสอบสมบัติของฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE และ LLDPE.....	68
3.3.4 การผสมสารเติมแต่งกับ LDPE และ LLDPE.....	71
3.3.5 การทดสอบสมบัติของเม็ดพลาสติกผสมระหว่าง LDPE LDPE และสารเติมแต่ง.....	74
3.3.6 การทดสอบสมบัติของฟิล์มที่ผลิตจากเม็ดพลาสติกผสมระหว่าง LDPE LLDPE และ สารเติมแต่ง.....	75
3.3.7 การวิเคราะห์การดูดกลืนแสงอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี.....	75



	หน้า
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล.....	77
4.1 การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง LDPE และ LLDPE ในการผลิตฟิล์ม.....	77
4.1.1 การศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE และ LLDPE.....	77
4.1.2 การศึกษาสมบัติของฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE กับ LLDPE.....	83
4.2 การศึกษาสารเติมแต่งชนิด PPA และ antiblocking-agent เพื่อปรับปรุงสมบัติของฟิล์ม.....	91
4.2.1 การทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์ผสมระหว่างสารเติมแต่งกับ LDPE และ LLDPE.....	91
4.2.2 การทดสอบสมบัติของฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมระหว่างสารเติมแต่ง กับ LDPE และ LLDPE.....	93
4.2.3 การวิเคราะห์การดูดกลืนแสงอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี.....	100
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	104
5.1 สรุปผล.....	104
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	104
รายการอ้างอิง.....	106
ภาคผนวก.....	109
ประวัติผู้วิจัย.....	119

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	แสดงอิทธิพลของน้ำหนักโมเลกุลต่อสมบัติของ LDPE เมื่อเป็นของแข็ง และหลอมเหลว.....	14
ตารางที่ 2.2	แสดงอิทธิพลของความหนาแน่นต่อสมบัติของพอลิเมอร์.....	16
ตารางที่ 2.3	แสดงอิทธิพลของ MWD ต่อสมบัติของ LDPE เมื่อเป็นของแข็ง และหลอมเหลว.....	17
ตารางที่ 2.4	แสดงรายละเอียดสมบัติของ LDPE.....	19
ตารางที่ 2.5	แสดงรายละเอียดสมบัติของฟิล์ม LDPE ที่มีกระบวนการผลิตต่างกัน.....	19
ตารางที่ 2.6	ความแตกต่างระหว่างการเป่าฟิล์ม และการอัดรีดผ่านลูกกลิ้งที่เย็น.....	20
ตารางที่ 2.7	แสดงการเปรียบเทียบสมบัติเฉพาะตัวของพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ และความหนาแน่นสูง.....	21
ตารางที่ 2.8	แสดงสมบัติและการใช้งานของ LDPE.....	22
ตารางที่ 2.9	แสดงชนิดของโคโมโนเมอร์และความยาวของกิ่งใน LLDPE.....	23
ตารางที่ 2.10	แสดงสมบัติของฟิล์ม LLDPE ทั่ว ๆ ไปที่ได้จากการเป่าฟิล์ม.....	25
ตารางที่ 2.11	แสดงสมบัติของฟิล์ม LLDPE ที่ผลิตจากโคโมโนเมอร์ต่างชนิดกัน.....	26
ตารางที่ 2.12	แสดงสมบัติและการใช้งานของ LLDPE ที่มีโคโมโนเมอร์ต่างชนิดกัน.....	26
ตารางที่ 2.13	แสดงการเปรียบเทียบสมบัติของฟิล์ม LLDPE และ LDPE.....	27
ตารางที่ 2.14	ความหนาของฟิล์ม LDPE และ LLDPE ที่ให้สมบัติเชิงกลเท่ากัน.....	30
ตารางที่ 2.15	แสดงประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจาก LDPE และ LLDPE.....	30
ตารางที่ 2.16	สมบัติของฟิล์ม ที่ได้จากการผสมระหว่าง LDPE กับ LLDPE.....	33
ตารางที่ 2.17	ชนิดและผลของสาร antiblocking-agent ในกระบวนการเป่าฟิล์ม.....	52
ตารางที่ 3.1	สมบัติเบื้องต้นของ LDPE และ LLDPE เกรดเป่าฟิล์ม.....	63
ตารางที่ 3.2	คุณสมบัติของสาร PPA.....	64
ตารางที่ 3.3	เตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE และ LLDPE ที่อัตราส่วนต่าง ๆ.....	66
ตารางที่ 3.4	การเตรียมสาร PPA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....	72
ตารางที่ 3.5	อัตราส่วนการผสมระหว่างสาร PPA LDPE และ LLDPE.....	73
ตารางที่ 4.1	อุณหภูมิการหลอมเหลว ที่ได้จาก first heating ของสารตัวอย่าง.....	78
ตารางที่ 4.2	อุณหภูมิการหลอมเหลว ที่ได้จาก second heating ของสารตัวอย่าง.....	78
ตารางที่ 4.3	เปอร์เซ็นต์ผลึกของสารตัวอย่าง.....	81

	หน้า	
ตารางที่ 4.4	บรรณานุกรม ไลออล ความหนาแน่นขณะหลอมเหลวและความหนืด ของสารตัวอย่าง.....	82
ตารางที่ 4.5	ความทนต่อแรงดึงขาด.....	85
ตารางที่ 4.6	เปอร์เซ็นต์การยืดออกที่จุดขาด.....	87
ตารางที่ 4.7	ความต้านทานต่อการฉีกขาด.....	88
ตารางที่ 4.8	ความฝืดและความเงามัน.....	90
ตารางที่ 4.9	บรรณานุกรม ไลออล ความหนาแน่นขณะหลอมเหลว และความหนืด.....	92
ตารางที่ 4.10	ความทนต่อแรงดึงขาด.....	94
ตารางที่ 4.11	การยืดออกที่จุดขาด.....	95
ตารางที่ 4.12	ความต้านทานต่อการฉีกขาด.....	97
ตารางที่ 4.13	ความฝืดและความเงามัน.....	98


  
 ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิต LDPE แบบ Tubular.....	5
รูปที่ 2.2 กระบวนการผลิต LDPE แบบใช้หม้อความดันสูง.....	6
รูปที่ 2.3 กระบวนการผลิต LLDPE แบบสารแขวนลอย .....	10
รูปที่ 2.4 กระบวนการผลิต LLDPE แบบสถานะแก๊ส .....	11
รูปที่ 2.5 ลักษณะ กิ่งก้านของ LDPE LLDPE และ HDPE.....	14
รูปที่ 2.6 แสดงรายละเอียด โครงสร้างของสเฟียรูไลต์.....	15
รูปที่ 2.7 เปรียบเทียบความแตกต่างของ MWD ของ LDPE ที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากัน.....	17
รูปที่ 2.8 เปรียบเทียบสมบัติการไหลหรือความหนืดของ LDPE 3 ชนิด.....	18
รูปที่ 2.9 แสดงการเปรียบเทียบความหนืดของ LDPE และ LLDPE ที่มีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกัน.....	24
รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความเคลื่อนไหวของราคาเม็ด LDPE และ LLDPE.....	29
รูปที่ 2.11 กราฟแสดงการคาดหมายการใช้ LDPE และ LLDPE.....	29
รูปที่ 2.12 กราฟแสดงอุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE กับ LLDPE.....	33
รูปที่ 2.13 สมบัติทางแสงของฟิล์มที่ได้จากการผสมระหว่าง LDPE กับ LLDPE.....	34
รูปที่ 2.14 ลักษณะการกระจายตัวของผสม.....	35
รูปที่ 2.15 การผสมด้วยเครื่อง Ball mill.....	35
รูปที่ 2.16 เครื่อง extruder แบบสกรูเดี่ยว.....	37
รูปที่ 2.17 ลักษณะสกรูของเครื่องผสมแบบสกรูคู่ชนิดหมุนทางเดียวกัน.....	38
รูปที่ 2.18 ลักษณะสกรูของเครื่องผสมแบบสกรูคู่ชนิดหมุนสวนทางกัน.....	39
รูปที่ 2.19 เครื่องเป่าฟิล์ม.....	41
รูปที่ 2.20 ลักษณะของฟิล์มที่ได้จากการเป่าฟิล์ม.....	43
รูปที่ 2.21 แสดงความฝ้าของฟิล์ม LDPE อันเนื่องมาจาก BUR และอัตราการผลิต โดยมีแนวการยื่นตัวสูง 14 นิ้ว.....	44
รูปที่ 2.22 ความทนแรงดึงของฟิล์ม LDPE อันเนื่องมาจาก BUR และอัตราการผลิต โดยมีแนวการยื่นตัวสูง 14 นิ้ว.....	44

รูปที่ 2.23 ความต้านทานต่อการฉีกขาดของฟิล์ม อันเนื่องมาจาก BUR และอัตราการผลิต โดยมีแนวการยื่นตัวสูง 14 นิ้ว.....	45
รูปที่ 2.24 ลักษณะ Tie Chain ที่เกิดขึ้นจากแรงดึง.....	46
รูปที่ 2.25 รูปแบบการกระทำของสารหล่อลื่นที่มีต่อโมเลกุลของพอลิเมอร์ในทางทฤษฎี.....	48
รูปที่ 2.26 แสดงลักษณะของ sharkskin melt fracture.....	49
รูปที่ 2.27 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะของช่องคายระหว่าง LDPE กับ LLDPE.....	49
รูปที่ 2.28 สูตร โครงสร้างของสาร PPA.....	50
รูปที่ 2.29 แสดงลักษณะการเคลือบที่หัวคายของสาร PPA.....	51
รูปที่ 2.30 ลักษณะของขั้นตอนทดสอบความทนต่อแรงฉีกขาด ตามแบบ ASTM die C.....	57
รูปที่ 2.31 หลักการของเครื่อง Haze meter.....	58
รูปที่ 2.32 หลักการของเครื่อง Gloss meter.....	59
รูปที่ 2.33 แสดง Interferometer และส่วนประกอบต่างๆที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์.....	60
รูปที่ 2.34 แสดงการออกแบบเครื่อง Double Beam Fourier Transform Infrared Spectrophotometer.....	61
รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนต่าง ๆ ในการผลิตฟิล์ม.....	65
รูปที่ 3.2 เครื่องเป่าฟิล์ม.....	66
รูปที่ 3.3 เครื่อง Differential Scanning Calorimetry ( DSC ).....	67
รูปที่ 3.4 เครื่อง Melt Indexer.....	68
รูปที่ 3.5 เครื่อง LLOYD Universal Testing Machine.....	69
รูปที่ 3.6 ลักษณะขั้นตอนทดสอบความทนต่อแรงดึง.....	69
รูปที่ 3.7 ลักษณะขั้นตอนทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาด.....	69
รูปที่ 3.8 เครื่อง Haze meter.....	70
รูปที่ 3.9 เครื่อง Haze - Gloss Teter.....	71
รูปที่ 3.10 เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ชนิดหมุนสวนทางกัน.....	72
รูปที่ 3.11 เครื่องจุลทรรศน์.....	74
รูปที่ 3.12 เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrophotometry.....	76
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงลักษณะของ first heating , cooling และ second heating ของสารตัวอย่างที่อัตราส่วนต่าง ๆ.....	79

รูปที่ 4.2	กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE กับ LLDPE ที่อัตราส่วนต่าง ๆ.....	80
รูปที่ 4.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % ผลึก กับ เปอร์เซ็นต์ LDPE.....	81
รูปที่ 4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างครรชนีการไหลและความหนืดกับเปอร์เซ็นต์ LDPE.....	83
รูปที่ 4.5	แสดงลักษณะของผิวฟิล์ม.....	84
รูปที่ 4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อแรงดึงขาดกับเปอร์เซ็นต์ LDPE.....	86
รูปที่ 4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยืดออกที่จุดขาดกับเปอร์เซ็นต์ LDPE.....	87
รูปที่ 4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่อการฉีกขาดกับ เปอร์เซ็นต์ LDPE.....	89
รูปที่ 4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความฝืด และ ความเงามันกับเปอร์เซ็นต์ LDPE.....	90
รูปที่ 4.10	ลักษณะการกระจายตัวของสาร masterbatch ที่ผสมสาร PPA.....	91
รูปที่ 4.11	กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างครรชนีการไหลและความหนืดของพอลิเมอร์ผสมที่ใส่และไม่ใส่สารเติมแต่ง.....	93
รูปที่ 4.12	กราฟแสดงการเปรียบเทียบความทนต่อแรงดึงขาดระหว่างฟิล์มที่ใส่และไม่ใส่สารเติมแต่ง.....	94
รูปที่ 4.13	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการยืดออกที่จุดขาดของฟิล์มที่ใส่และไม่ใส่สารเติมแต่ง.....	96
รูปที่ 4.14	กราฟแห่งแสดงการเปรียบเทียบความต้านทานต่อการฉีกขาดของฟิล์มที่ใส่และไม่ใส่สารเติมแต่ง.....	97
รูปที่ 4.15	กราฟแสดงการเปรียบเทียบความฝืดและความเงามันของฟิล์มที่ใส่และไม่ใส่สารเติมแต่ง.....	98
รูปที่ 4.16	ลักษณะของลายหนังไก่อบนผิวฟิล์มที่ใส่สาร PPA.....	99
รูปที่ 4.17	อินฟราเรดสเปกตรัมแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง LDPE LLDPE และ 20 % LDPE.....	100
รูปที่ 4.18	อินฟราเรดสเปกตรัมแสดงการเปรียบเทียบระหว่างสาร PPA สาร masterbatch ที่ผสมสาร PPA และ สาร PPA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กับ 20 % LDPE .....	102

รูปที่ 4.19 อินฟราเรดสเปกตรัมแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง antiblocking-agent ,  
masterbatch ที่ผสม antiblocking-agent กับ 20 % LDPE.....103



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย