อิทธิพลของสารช่วยผสมและการฉายรังสีที่มีต่อสมบัติเชิงกลของพอลิโอลิฟินผสม

INFLUENCE OF COMPATIBILIZERS AND IRRADIATION ON MECHANICAL PROPERTIES OF POLYOLEFIN BLENDS

กฤษณา มีสวัสดิ์

KISSANA MEESAWAT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีประยุกต์ (เทคโนโลยีพอลิเมอร์)
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2542

ISBN 974-622-407-7

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อิทธิพลของสารช่วยผสมและการฉายรังสีที่มีต่อสมบัติเชิงกลของพอลิโอลิฟินผสม

INFLUENCE OF COMPATIBILIZERS AND IRRADIATION ON MECHANICAL PROPERTIES OF POLYOLEFIN BLENDS

กฤษณา มีสวัสดิ์

KISSANA MEESAWAT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีประยุกต์ (เทคโนโลยีพอลิเมอร์)
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2542

ISBN 974-622-407-7

เลขที่หมู่.....
เลขทะเบียน.....32899
วัน, เดือน, ปี.....14 มิ.ย. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INFLUENCE OF COMPATIBILIZERS AND IRRADIATION ON MECHANICAL PROPERTIES OF POLYOLEFIN BLENDS

KISSANA MEESAWAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN APPLIED CHEMISTRY (POLYMER TECHNOLOGY)

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1999

ISBN 974-622-407-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 1999

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของสารช่วยผสมและการฉายรังสีที่มีต่อสมบัติเชิงกลของพอลิโอเลฟินผสม
นักศึกษา	นางสาวกฤษณา มีสวัสดิ์
รหัสประจำตัว	38064107
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีประยุกต์ (เทคโนโลยีพอลิเมอร์)
พ.ศ.	2542
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ พอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น และพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ใช้วิธีการผสมแบบหลอมเหลวด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ และเติมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อกและแบบสุ่มและการฉายรังสีเพื่อปรับปรุงการเข้ากันได้ พบว่าสมบัติเชิงกลจะขึ้นอยู่กับชนิดและอัตราส่วนของการผสม ในอัตราส่วนผสมพอลิพรอพิลีนร้อยละ 30 กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำหรือพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก จะให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกสูงสุด การเติมสารช่วยผสมไม่ว่าจะเป็นแบบบล็อกหรือแบบสุ่มหรือการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ 10-30 กิโลเกรย์จะไม่ช่วยในการปรับปรุงสมบัติเชิงกล ในขณะที่รังสีความเข้มสูง 50-250 กิโลเกรย์ จะทำให้สมบัติเชิงกลลดลงและทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยงของพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทิลีน อย่างไรก็ตามความเข้มรังสีที่ 150 กิโลเกรย์จะให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Influence of Compatibilizers and Irradiation on Mechanical Properties of Polyolefin Blends
Student	Miss Kissana Meesawat
Student ID.	38064107
Degree	Master of Science
Programme	Applied Chemistry (Polymer Technology)
Year	1999
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Malinee Chaisupakitsin

ABSTRACT

In this research, study the mechanical properties between polypropylene (PP) with low-density polyethylene (LDPE), polypropylene with linear low density polyethylene (LLDPE) and polypropylene with high density polyethylene (HDPE) . The samples were prepared by melt blending in a twin-screw extruder followed by injection molding. The compatibilization of polymer blends was accomplished through the addition of poly (propylene-block-ethylene) copolymer, poly (propylene-random-ethylene) copolymer and gamma irradiation. The result showed the mechanical properties depended on the types and the ratios of polymer blends. The samples of PP30/LDPE70 and PP30/LLDPE70 blends corresponded to a maximum impact strength. Both copolymers and the radiation dose range of 10-30 kGy did not improve the mechanical properties of the blends. The radiation dose range of 50-250 kGy produced crosslinking. The tensile strength, impact strength and elongation at break decreased because of higher crosslink density. The suitable dose to give the maximum modulus of PP50/LDPE50 was 150 kGy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ เป็นอย่างสูงที่ให้คำปรึกษา ช่วยแก้ไขปัญหา และเอาใจใส่ดูแลการทำงานของผู้วิจัย จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.อิทธิพล แจ้งชัด ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย และคุณมานิตย์ ช้อนสุข ที่ได้สละเวลาในการอ่าน ให้คำแนะนำ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบคุณ คุณกฤษณะ เกษประดิษฐ์ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือและแนะนำการใช้เครื่องมือสำหรับการทดลอง และทดสอบ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่กองการวัด สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเอื้อเฟื้อเครื่องมือในการฉายรังสี

ขอขอบคุณบริษัทอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกัลไทย จำกัด (TPI) และบริษัท โกลบอล คอนเน็คชั่นส์ จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อเม็ดพลาสติกเพื่อใช้ในงานวิจัย

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้สนับสนุนทุนในงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่เคารพรักอย่างสูง ที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์นี้มาตลอด และขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ เพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในการตรวจสอบคำผิด

ผู้วิจัยหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงจะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจ

กฤษณา มีสวัสดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....XII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....3

บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.2 พอลิเมอร์ผสม.....7

2.2.1 วัตถุประสงค์ของการผสมพอลิเมอร์.....7

2.2.2 วิธีการเตรียมพอลิเมอร์ผสม.....9

2.2.3 ประเภทของพอลิเมอร์ผสม.....10

2.2.4 การพิจารณาการเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสม.....11

2.3 พอลิเอทิลีน.....14

2.4 พอลิพรอพิลีน.....16

2.5 เครื่องมือและหลักการทำงาน.....17

2.5.1 เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่.....17

2.5.2 เครื่องอัดฉีด.....18

2.6 การปรับปรุงการเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสม.....20

2.6.1 การปรับเปลี่ยนกระบวนการผสม.....20

2.6.2 สารช่วยผสม.....21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7 รังสี....22

2.7.1 หน่วยวัดปริมาณรังสี....23

2.7.2 ผลของรังสีที่มีต่อพอลิเมอร์....23

2.7.3 ประโยชน์ของรังสีต่ออุตสาหกรรมพอลิเมอร์....25

2.7.4 ผลของรังสีต่อพอลิพรอพิลีน....26

2.7.5 ผลของรังสีต่อพอลิเอทิลีน....27

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย....29

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง....29

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง....29

3.3 ขั้นตอนการทดลอง....30

บทที่ 4 ผลการทดลอง....35

4.1 ศึกษาผลของพอลิเมอร์ผสมเมื่อเติมสารช่วยผสม....35

4.2 ศึกษาผลของพอลิเมอร์ผสมเมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....64

4.3 ศึกษาผลของพอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วน 50/50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....72

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ....81

5.1 ระบบพอลิเมอร์ผสมที่ไม่มีสารช่วยผสม....81

5.2 ระบบพอลิเมอร์ผสมที่มีสารช่วยผสม....82

5.3 ระบบพอลิเมอร์ผสมเมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....82

5.4 ระบบพอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วน 50/50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....83

เอกสารอ้างอิง....84

ภาคผนวก....87

ภาคผนวก ก แสดงค่าสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมเมื่อเติมสารช่วยผสม....88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข แสดงค่าสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมเมื่อผ่านการฉายรังสี.....101
ภาคผนวก ค แสดงค่าสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม.....112
ภาคผนวก ง แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม.....134
ภาคผนวก จ แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม.....139
ประวัติผู้เขียน.....142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงชนิดของพอลิเมอร์ผสมแบ่งตามชนิดของวัฏภาคและสมบัติที่ได้รับการปรับปรุง.....11

2.2 แสดงการแบ่งชนิดของพอลิเอทิลีนตามลักษณะโครงสร้างของสายโซ่.....14

2.3 แสดงปริมาณความเข้มของรังสีที่มีผลต่อพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ.....24

3.1 แสดงคุณลักษณะของพอลิเมอร์.....30

ก.1 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสม พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก.....89

ก.2 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสม พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม.....89

ก.3 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสม พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก.....90

ก.4 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสม พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม.....90

ก.5 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสม พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก.....91

ก.6 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสม พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม.....91

ก.7 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก.....92

ก.8 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม.....92

ก.9 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก.....93

ก.10 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม.....93

ก.11 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสม พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก.....94

เอกสารนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ก.12 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสม พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม....94
ก.13 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสม พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก....95
ก.14 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสม พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม....95
ก.15 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก....96
ก.16 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม....96
ก.17 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก....97
ก.18 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม....97
ก.19 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสม พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก....98
ก.20 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสม พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม....98
ก.21 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสม พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก....99
ก.22 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสม พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม....99
ก.23 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก....100
ก.24 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม....100

เอกสารนี้ได้รับการคุ้มครองลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ ยกเว้นการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข.1 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....102

ข.2 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....102

ข.3 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....103

ข.4 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....103

ข.5 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....104

ข.6 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....104

ข.7 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....105

ข.8 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....105

ข.9 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....106

ข.10 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....106

ข.11 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....107

ข.12 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....107

ข.13 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข.14 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....108

ข.15 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....108

ข.16 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....109

ข.17 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP50/LLDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....109

ข.18 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP50/LLDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....109

ข.19 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP50/LLDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....110

ข.20 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP50/LLDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....110

ข.21 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....110

ข.22 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....111

ข.23 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....111

ข.24 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....111

ค.1 แสดงค่าสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ....132

ค.2 แสดงค่าสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ....132

ค.3 แสดงค่าสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ....132

ค.4 แสดงค่าสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่างๆ....133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

จ.1 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....140

จ.2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....140

จ.3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ....140

จ.4 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสี ที่ความเข้มสูง....141

จ.5 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม PP50/LLDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสี ที่ความเข้มสูง....141

จ.6 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสี ที่ความเข้มสูง....141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงลักษณะสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม 2 ชนิด....11

2.2 แสดงลักษณะโครงสร้างของสายโซ่พอลิเอทิลีนชนิดต่างๆ....15

2.3 แสดงส่วนประกอบของเครื่องอัดรีด....18

2.4 แสดงส่วนประกอบของเครื่องฉีด....19

2.5 แสดงชนิดของอนุมูลอิสระที่สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อพอลิพรอพิลีนผ่านการฉายรังสี....26

4.1 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ15 โดยน้ำหนัก....36

4.2 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก....36

4.3 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก....37

4.4 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก....38

4.5 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก....38

4.6 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก....39

4.7 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก....40

4.8 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก....41

4.9 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก....41

4.10 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก....42

4.11 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.12 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก.....43
4.13 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก.....44
4.14 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก.....45
4.15 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก.....45
4.16 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก.....46
4.17 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก.....46
4.18 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก.....47
4.19 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก.....48
4.20 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ.
เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก.....48
4.21 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก.....49
4.22 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก.....49
4.23 แสดงอุณหภูมิหลอมผลึกและตกผลึกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ.....51
4.24 แสดงอุณหภูมิหลอมผลึกและตกผลึกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ.....52
4.25 แสดงอุณหภูมิหลอมผลึกและตกผลึกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ.....53
4.26 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมPP/LDPEในอัตราส่วนต่างๆ.....55
4.27 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมPP/LLDPEในอัตราส่วนต่างๆ.....56

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อนุญาตให้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.28 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ....57
4.29 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก
ในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก....58
4.30 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก
ในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก....59
4.31 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก
ในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก....60
4.32 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม
ในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก....61
4.33 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม
ในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก....62
4.34 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ
เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม
ในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก....63
4.35 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์....64
4.36 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์....65
4.37 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์....65
4.38 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.39 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์.....67

4.40 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์.....67

4.41 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์.....68

4.42 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์.....69

4.43 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์.....69

4.44 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์.....70

4.45 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์.....71

4.46 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 PP50/LLDPE50 และPP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 50 100 150 200 และ 250 กิโลเกรย์....72

4.47 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 PP50/LLDPE50 และ PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 50 100 150 200 และ 250 กิโลเกรย์.....73

4.48 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 PP50/LLDPE50 และ PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 50 100 150 200 และ 250 กิโลเกรย์.....74

4.49 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 PP50/LLDPE50 และ PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 50 100 150 200 และ 250 กิโลเกรย์.....75

4.50 แสดงอุณหภูมิหลอมผลึกและตกผลึกของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่างๆ.....76

4.51 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง.....77

เอกสารนี้เป็นเ... ไม่ว่ากรณี... นำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.52 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน PP50/LLDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....78

4.53 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....79

4.54 แสดงเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 PP50/LLDPE50 และ PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง....80

ค.1 แสดงสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ....115

ค.2 แสดงสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ....117

ค.3 แสดงสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ....119

ค.4 แสดงสมบัติทางความร้อนของสารช่วยผสม....120

ค.5 แสดงสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกและแบบสุ่มในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก....123

ค.6 แสดงสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกและแบบสุ่มในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก....125

ค.7 แสดงสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกและแบบสุ่มในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก....127

ค.8 แสดงสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่างๆ....131

ง.1 แสดงสัณฐานวิทยาของสารช่วยผสม....135

ง.2 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 กิโลเกรย์....136

ง.3 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 กิโลเกรย์....137

ง.4 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 กิโลเกรย์....138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลาสติกถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมรถยนต์ งานก่อสร้าง เฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้า เพื่อทดแทนโลหะ แก้ว เซรามิกส์ กระดาษ ไม้และเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งหาได้ยากในปัจจุบัน [1] เนื่องจากสมบัติที่ดีหลายประการของพลาสติก เช่น น้ำหนักเบา ราคาถูก ทนต่อการแตกหัก สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างยุ่งยากซับซ้อนได้ง่าย มีความทนทานต่อสารเคมี นำมาใช้ได้กับงานหลายประเภท ทำให้พลาสติกเป็นที่นิยมใช้และเริ่มเข้ามามีบทบาทในประเทศมากขึ้น ช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมาคนไทยมีการใช้พลาสติกในอัตราเฉลี่ยคนละ 5 กิโลกรัมต่อปี และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนในปัจจุบันมีการใช้พลาสติกกันถึงคนละ 16 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งมีการคาดกันว่าในปี พ.ศ. 2542 คนไทยจะใช้พลาสติกคนละ 25 กิโลกรัมต่อปี [2] โดยจะเป็นประเภทพอลิโอลิฟินร้อยละ 65 พอลิสไตรีนร้อยละ 14 พอลิไวนิลคลอไรด์ร้อยละ 10 พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตร้อยละ 2 และอื่นๆ อีกร้อยละ 9 เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่คงทนเสื่อมสลายช้า มีอายุการใช้งานนาน จึงกำจัดได้ยาก วิธีที่ใช้ในการกำจัดขยะพลาสติกมีหลายวิธี เช่น การฝังกลบ การเผา และการนำพอลิเมอร์ที่ใช้แล้วกลับมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาใช้ใหม่ ซึ่งวิธีนี้ปัจจุบันเริ่มเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้นเนื่องจากไม่ก่อให้เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมที่จะนำพอลิเมอร์แต่ละประเภทกลับมาใช้ใหม่

พอลิเมอร์ที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่สามารถจัดแบ่งได้ 2 ประเภท [3] ได้แก่

1. พอลิเมอร์ที่แยกประเภทแล้ว นำมาผ่านขั้นตอนการทำความสะอาดสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้อีก แต่จะเสียค่าใช้จ่ายสูง ในการแยกประเภทของพอลิเมอร์อาจจะใช้แรงงานคนหรือใช้เครื่องจักรโดยพิจารณาจากสมบัติของพอลิเมอร์ เช่น ความหนาแน่น หรือพิจารณาจากรหัสที่ติดบนพอลิเมอร์แต่ละประเภท ซึ่งในปี พ.ศ. 2535 Phillp S.B. [4] ได้ทำการศึกษาสมบัติของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ผ่านการใช้แล้วโดยนำมาขึ้นรูปด้วยการฉีดและเป่าอีกครั้ง ปรากฏว่าสมบัติที่ได้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ผลิตขึ้นใหม่

2. พอลิเมอร์ที่ปนกันอยู่ยังไม่แยกประเภท จะมีอยู่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากในทางปฏิบัติการแยกประเภทของพอลิเมอร์มีขั้นตอนซับซ้อนและสิ้นเปลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้

ดังนั้นจึงมีผู้สนใจศึกษาการผสมของพอลิเมอร์ประเภทต่างๆ เข้าด้วยกัน และพบว่าเมื่อผสมพอลิเมอร์ต่างประเภทเข้าด้วยกันจะเกิดการแยกวัฏภาคขึ้น เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยว

ระหว่างผิวของพอลิเมอร์ดังกล่าวมีค่าต่ำส่งผลให้สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมด้อยกว่าพอลิเมอร์ก่อนการผสม ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการศึกษาปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพื่อลดการแยกกันของวัฏภาคและเพิ่มความแข็งแรงระหว่างผิวของพอลิเมอร์ ด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น

1.เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งหรือทั้งสองชนิดโดยใช้เทคนิคปฏิกิริยาการกราฟท์หรือพอลิเมอไรเซชันร่วม เพื่อให้พอลิเมอร์ผสมเข้ากันได้มากขึ้น

2.เติมสารเชื่อมระหว่างผิว (Interfacial agent) โดยใช้พอลิเมอร์ร่วมที่เป็นแบบไดบล็อก (Diblock copolymers) ของพอลิเมอร์ที่จะนำมาผสมกัน เช่น A_mB_n บล็อกของพอลิเมอร์ A จะรวมเข้าไปอยู่ในวัฏภาคของพอลิเมอร์ชนิด A และบล็อกของพอลิเมอร์ B จะรวมเข้าไปอยู่ในวัฏภาคของพอลิเมอร์ B ทำให้วัฏภาคของพอลิเมอร์ชนิด A และชนิด B มีแรงยึดกันมากขึ้น ซึ่งพอลิเมอร์ร่วมนี้ทำหน้าที่เหมือนอิมัลซิไฟเออร์ในสารแขวนลอย

3.ใส่สารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อให้ผิวของแต่ละองค์ประกอบยึดติดกัน เช่น ใช้สารที่ทำให้เกิดการกราฟท์หรือเกิดอันตรกิริยาขั้นทุติยภูมิทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนหรือทำการถ่ายโอนประจุ

จะเห็นได้ว่า ปัญหาที่สำคัญในการผสมพอลิเมอร์ต่างประเภทเข้าด้วยกัน คือการที่พอลิเมอร์ไม่สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ ทำให้สมบัติต่าง ๆ ของพอลิเมอร์ลดลงไปกว่าเดิม การเติมสารช่วยผสม (Compatibilizers) ที่เหมาะสมจะช่วยให้ได้สมบัติที่ดีตรงตามความต้องการ นอกจากนี้การใช้รังสีพลังงานสูงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ซึ่งผลส่วนใหญ่จะคล้ายกับการใช้สารช่วยผสม

ในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดต่างๆ ได้แก่ ชนิดความหนาแน่นสูง ชนิดความหนาแน่นต่ำ และชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นกับพอลิพรอพิลีนซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีปริมาณมากในขยะ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำพอลิเมอร์จากขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยไม่ต้องแยกพอลิเมอร์ออกจากกัน โดยใช้สารช่วยผสมซึ่งเป็นพอลิเมอร์ร่วมแบบบล็อกและแบบสุ่มระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนที่มีปริมาณเอทิลีนเพียงเล็กน้อย และรังสี แกมมาในการปรับปรุงสมบัติเชิงกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลดปริมาณขยะพลาสติก โดยนำพลาสติกประเภทพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทิลีนที่ผ่านการใช้แล้วมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

2.ศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม (Polymer blends) โดยใช้สารช่วยผสม

3.เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำรังสีแกมมามาใช้ในการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม แทนการใช้สารเคมี เพื่อลดการตกค้างของสารเคมี

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วนต่างๆ

2.ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วนต่างๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมแบบบล็อกและแบบสุ่มระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนในปริมาณต่างๆ

3.ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ความเข้มต่ำ (10 20 และ 30 กิโลเกรย์ (kGy)) ในสภาวะที่มีออกซิเจน

4.ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วนพอลิพรอพิลีนร้อยละ 50 โดยน้ำหนักกับพอลิเอทิลีนร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เมื่อผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ความเข้มสูง (50 100 150 200 และ 250 กิโลเกรย์) ในสภาวะที่มีออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พอลิเมอร์ผสมได้รับความสนใจมาหลายสิบปีจากนักวิทยาศาสตร์และนักธุรกิจเนื่องจากเป็นการพัฒนาพอลิเมอร์ประเภทใหม่ๆ ที่มีคุณสมบัติตรงตามความต้อง โดยไม่ต้องสังเคราะห์ขึ้นใหม่ซึ่งเป็นวิธีที่ยุ่งยาก ใช้ต้นทุนต่ำ แต่อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์ต้องทำการศึกษาถึงการเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ในแต่ละประเภท [5]

ในปี พ.ศ.2525 Bratlett D.W.และคณะ [6] ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ผ่านกระบวนการฉีดและกระบวนการอัดโดยเปลี่ยนแปลงอัตราการเย็นตัวต่างๆ กัน พบว่าสมบัติเชิงกล เช่น ค่าความแข็งแรงดึงและมอดุลัสมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผสม และเมื่อเติมเอทิลีน-พรอพิลีน อิลาสโตเมอร์ลงในพอลิเมอร์ดังกล่าว จะช่วยเพิ่มความอ่อนนุ่มแต่จะลดค่าความแข็งแรงและค่ามอดุลัส

ในปี พ.ศ.2526 Teh J.W. [7] ได้ทำการศึกษาโครงสร้างและสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ พบว่าพฤติกรรมการผสมเป็นไปตามกฎของการผสม (Rule of mixture) โดยที่ค่ามอดุลัสจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ เมื่อเติมพอลิพรอพิลีนลงไปในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำจะทำให้ค่าความแข็งแรงดึงของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเพิ่มขึ้นแต่ค่าการยืด ณ จุดขาดลดลง จากการศึกษาด้วยเครื่อง Wide-angle X-ray diffraction (WAXD), Hot stage microscope และ Differential sanning calorimetry (DSC) ชี้ให้เห็นว่าไม่มีอันตรกิริยาเกิดขึ้นระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำกับพอลิพรอพิลีน นอกจากนี้ยังพบว่าโครงสร้างผลึกของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและพอลิพรอพิลีนที่ผสมกันอยู่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากก่อนการผสมแต่ขนาดสเฟียรูไลท์ของพอลิพรอพิลีนลดลงทำให้ความหนาแน่นของนิวเคลียสเพิ่มขึ้น และในปี 2526 นี้ Rizzo G. และคณะ [8] ได้ทำการศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิพรอ พิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำพบว่าจะมีเจลเกิดขึ้นในพอลิพรอพิลีน พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และในพอลิเมอร์ผสมซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มของรังสี นอกจากนี้ยังพบว่าการฉายรังสีจะไม่ทำให้เกิดผลึกร่วมในพอลิเมอร์ผสม

ในปี พ.ศ.2527 Dumoulin M.M. และคณะ [9] ได้ทำการศึกษาสมบัติของการไหลและสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นกับพอลิพรอพิลีน โดยมีการเติมพอลิเมอร์ร่วมเอทิลีน-พรอพิลีนแบบบล็อก พอลิเมอร์ผสมถูกเตรียมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่ แล้วนำมาฉีดขึ้นรูป พบว่าการเติมพอลิเมอร์ร่วมเอทิลีน-พรอพิลีนแบบบล็อกลงไป จะเพิ่มความแข็ง (Rigid) ความแข็งแรง (Strength) และความเปราะ (Brittleness) ให้กับพอลิเมอร์ผสมโดยที่น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ร่วมไม่มีบทบาทต่อสมบัติเชิงกล และจากการศึกษาค่าการไหลของพอลิเมอร์ผสมทั้งที่มีการเติมและไม่มีการเติมพอลิเมอร์ร่วมแบบบล็อก พบว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นกับพอลิพรอพิลีนมีบางส่วนที่สามารถเข้ากันได้

ในปี พ.ศ.2528 Wen-Yen C. และคณะ [10] ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ โดยเติมสารช่วยให้เกิดการเชื่อมโยง เช่น เปอร์ออกไซด์ หรือเติมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนและเอทิลีนที่เป็นแบบบล็อกและแบบสุ่ม เพื่อปรับปรุงแรงยึดเหนี่ยวของพอลิเมอร์ผสม เมื่อใช้เครื่องผสมแบบ 2 ลูกกลิ้งช่วยในการผสมเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักลงในพอลิเมอร์ผสม พบว่าพอลิเมอร์ผสมมีค่าความแข็งแรงดึงสูงที่สุดแต่ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกต่ำสุด แต่เมื่อผสมพอลิเมอร์ด้วยวิธีอัดรีด ค่าความแข็งแรงดึงลดลงตามปริมาณเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการเสื่อมสภาพ (Degradation) สำหรับการเติมพอลิเมอร์ร่วมของพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อกและแบบสุ่มในอัตราส่วน 10:90 (พอลิเมอร์ร่วม:พอลิเมอร์ผสม) นอกจากจะช่วยปรับปรุงแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวของพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำแล้วยังเพิ่มค่าการทนทานต่อแรงกระแทกด้วย

ในปี พ.ศ.2529 Novakovic Lj. [11] ได้ศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น ปริมาณการเกิดเจลและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มรังสีการเติมสารต้านออกซิเดชันลงไปในพอลิเมอร์จะมีผลทำให้ปริมาณเจลและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นลดลง

ในปี พ.ศ.2533 Cheung P.[12] ได้ทำการศึกษาถึงความสามารถเข้ากันได้ของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นกับพอลิพรอพิลีนที่มีตัวริเริ่มคือ2,5-Dimethyl-2,5bis(t-butylhydroxyl) hexyne-3 ทำการผสมด้วยเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยวที่ต่อเข้ากับเครื่องผสม 2 ตัว ใช้อัตราส่วนในการผสม LLDPE50/PP50 ปรากฏว่าค่าการยืดเพิ่มขึ้นร้อยละ 37 แต่ค่าการทนทานต่อแรงกระแทกลดลงร้อยละ 17 และค่าความแข็งแรงลดลงร้อยละ 54 โดยที่ค่ามอดุลัสไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้เนื่องจากพอลิพรอพิลีนเกิดการเสื่อมสภาพ ในขณะที่พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นมีขนาดของโมเลกุลเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี พ.ศ.2535 Gupta A.K. และคณะ [13] ได้ศึกษาพฤติกรรมผลึกของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นด้วยวิธี

การหลอมเหลวแล้วดูพฤติกรรมของผลึกโดยเครื่อง Differential scanning calorimetry และเครื่อง X-ray diffraction พบว่าในทุกอัตราส่วนของการผสมจะมีการหลอมผลึกและตกผลึกร่วมกัน

ในปี พ.ศ.2537 Yu D.W. และคณะ [14] ได้ทำการศึกษาสมบัติการไหล สมบัติเชิงกล และโครงสร้างของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและพอลิพรอพิลีน โดยใช้เปอร์ออกไซด์ (ความเข้มข้นที่ใช้คือ ร้อยละ 0.1 และ 1 โดยน้ำหนัก) และรังสีแกมมา (ปริมาณความเข้มที่ใช้คือ 30 kGy และ 100 kGy) ผลปรากฏว่าทั้งเปอร์ออกไซด์และรังสีแกมมาจะมีผลต่อพอลิพรอพิลีนทำให้เกิดการเสื่อมสภาพในพอลิพรอพิลีนและเกิดการเชื่อมโยงในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ จากการวัดความหนืดแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้เปอร์ออกไซด์การเสื่อมสภาพของพันธะในพอลิพรอพิลีนจะมากกว่าการเกิดพันธะเชื่อมโยงในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ สำหรับการฉายรังสีจะทำให้เกิดการเชื่อมโยงในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมากกว่าการเสื่อมสภาพของพอลิพรอพิลีน นอกจากนี้ Bains M. และ Balke S.T.[15] ได้ศึกษาการผสมกันระหว่างพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น พบว่าถ้าเลือกความหนืดของพอลิเมอร์ที่นำมาผสมให้มีค่าใกล้เคียงกันจะช่วยให้สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมดีขึ้น จากการทดลองพบว่าค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 50

ในปี พ.ศ.2538 Jabarin S.A. และ Bhakkad V.V.[16] ได้ศึกษาสัณฐานวิทยาและสมบัติของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงในอัตราส่วน PET80/HDPE20 พบว่าสภาวะของการผสม เช่น อุณหภูมิ ความเร็วของสกรู มีผลอย่างมากต่อสัณฐานวิทยาของวัฏภาค การเติมพอลิโอลิฟินที่ถูกกราฟท์ด้วยมาเลอิกแอนไฮไดร์ด (Maleic-anhydride grafted polyolefin) ร้อยละ 15 โดยน้ำหนักจะทำให้การทนทานต่อแรงกระแทกของ PET/HDPE ดีขึ้นมาก

ในปี พ.ศ.2539 Tzankova Dintcheva N. และคณะ [17] ได้นำขยะพลาสติกจากบรรจุภัณฑ์ที่ผสมกันระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นมาศึกษาถึงวิธีการผสมพบว่าวิธีการผสมที่ใช้อุณหภูมิและแรงเฉือนสูงจะทำให้สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมลดลงเนื่องจากเกิดการเสื่อมสภาพ แต่ก็สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ด้วยการเติมสารเติมแต่ง เช่น สารต้านการเกิดออกซิเดชัน ถึงอย่างไรก็ตามสมบัติเชิงกลที่ได้ก็ยังด้อยกว่าพอลิเมอร์ผสมที่ไม่ใช่ขยะ แต่จะดีกว่าในด้านของต้นทุนการผลิตที่ถูกกว่า ในปีเดียวกันนี้ Eleonora V. [18] ได้ศึกษาปรับปรุงความแข็งแรงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ถูกใช้แล้ว โดยใช้สารช่วยผสมพอลิพรอพิลีน-มาเลเอท และพอลิเอทิลีน-มาเลเอท พบว่าการเติมสารช่วยผสมลงไปร้อยละ 25 จะทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากสารช่วยผสมช่วยในการกระจายตัวและปรับปรุงการยึดติดระหว่างวัฏภาคทั้งสอง นอกจากนี้ Blom H.P. และคณะ [19] ได้ศึกษาถึงการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงซึ่งเป็นคู่พอลิเมอร์ผสมที่ไม่สามารถเข้ากันได้ โดยศึกษาในอัตราส่วนผสมระหว่างพอลิพรอพิลีนร้อยละ 90 โดยน้ำหนักกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงร้อย 10 โดยน้ำหนักและใช้สารช่วยผสมคือเอทิลีน-พรอพิลีน-ไดอีนมอนอเมอร์ หรือพอลิเมอร์ร่วมของเอทิลีน-ไวนิลอะซิเตด พบว่าการใช้ เอทิลีน-พรอพิลีน-ไดอีนมอนอเมอร์จะช่วยปรับปรุงการทนทานต่อแรงกระแทก ในขณะที่การใช้ พอลิเมอร์ร่วมของเอทิลีน-ไวนิลอะซิเตด จะช่วยเพิ่มการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม นอกจากนี้ Wei Z. [20] ได้ศึกษาสัณฐานวิทยาและสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนน้ำหนักโมเลกุลสูงเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง พบว่าความทนแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนน้ำหนักโมเลกุลสูงมีค่าสูงกว่าพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง เนื่องจากพอลิเอทิลีนมีความเป็นผลึกน้อยกว่าพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงทำให้สามารถเข้าไปเกี่ยวพันในวัฏภาคของพอลิพรอพิลีนได้มาก ซึ่งยืนยันได้จากภาพทางสัณฐานวิทยาที่มีลักษณะค่อนข้างเป็นเนื้อเดียวกัน

2.2 พอลิเมอร์ผสม (Polymer blends)

พอลิเมอร์ผสม [21] หมายถึงพอลิเมอร์หรือโคพอลิเมอร์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิดหรือมากกว่ามาผสมกันทางกายภาพด้วยวิธีต่างๆ โดยไม่เกิดพันธะโคเวเลนต์ ทั้งนี้องค์ประกอบที่เป็นส่วนน้อยต้องมีปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์โดยการอัดรีด (Extrusion) หรือการอัดแบบ (Molding) พอลิเมอร์หรือโคพอลิเมอร์ที่ผสมกันแล้ว อาจจะรวมเข้ากันได้ (Miscible) หรือเข้ากันไม่ได้ (Immiscible) พอลิเมอร์ที่เข้ากันไม่ได้สามารถปรับปรุงการเข้ากันได้โดยเติมสารช่วยผสม (Compatibilizers)

2.2.1 วัตถุประสงค์ของการผสมพอลิเมอร์ [22]

1.เพื่อพัฒนาวัสดุที่มีอยู่ให้มีสมบัติตรงตามความต้องการโดยไม่ต้องคิดค้นวิธีการสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่

2. เพื่อเพิ่มราคาของวัสดุที่มีราคาถูกให้มีราคาแพงขึ้น

3. เพื่อปรับเปลี่ยนองค์ประกอบให้ตรงความต้องการของลูกค้า

4. เพื่อนำเศษพลาสติกหรือพลาสติกที่ใช้แล้วทิ้งกลับมาใช้ใหม่

สมบัติของพอลิเมอร์ที่ได้รับการปรับปรุงหลังจากนำพอลิเมอร์มาผสมกัน ได้แก่

1. เพื่อเพิ่มสมบัติด้านการไหลเมื่อหลอมตัว

การผสมพอลิเมอร์จะปรับปรุงการไหลเมื่อพอลิเมอร์หลอมตัวโดยเพิ่มช่วงการหลอมตัวและความยืดหยุ่นสำหรับพอลิเมอร์ที่ต้องขึ้นรูปด้วยการเป่า (Blow molding) และขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยความร้อน (Thermoforming) ตัวอย่างเช่น การเติม อะไครโลไนไตร์ล-บิวทาไดอีน-สไตรีน (Acrylonitrile-butadiene-styrene) ลงในยางพอลิยูริเทน (Polyurethane rubber) จะลดความยืดหยุ่นและทำให้การไหลของพอลิเมอร์สม่ำเสมอ

2. เพื่อเพิ่มค่ามอดุลัส

การเติมพลาสติกบางชนิดลงในอิลาสโตเมอร์ จะทำให้ยางมีความเหนียวมากขึ้น เช่นการเติมพอลิไวนิลคลอไรด์ (Poly(vinyl chloride)) ลงไปในยางอะไครโลไนไตร์ล-บิวทาไดอีน (Acrylonitrile-butadiene rubber)

3. เพื่อลดค่ามอดุลัส

ทำได้ด้วยการเติมอิลาสโตเมอร์ลงไปในพลาสติกโดยที่อิลาสโตเมอร์ทำหน้าที่คล้ายพลาสติไซเซอร์ (Plasticizers) แต่จะมีประสิทธิภาพน้อยกว่าและมีความคงทนถาวรมากกว่า เช่น การเติม คลอริเนต พอลิเอทิลีน (Chlorinated polyethylene) ลงในพอลิไวนิลคลอไรด์

4. เพื่อเพิ่มความแข็งแรง

การเติมพอลิพรอพิลีนลงใน เอทิลีน-พรอพิลีน-ไดอีน-เทอร์มอนอเมอร์ (Ethylene-propylene-diene termonomer) หรือเติมพอลิไวนิลคลอไรด์ลงในยางไนไตรล์จะได้พลาสติกอิลาสโตเมอร์ที่มีความแข็ง การเติมพอลิเมอร์ร่วมสไตรีน-บิวทาไดอีน หรือ ฟีนอลิกเรซินลงในยางในระหว่างการผสมจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความเหนียว ซึ่งเป็นการเสริมแรงให้กับยาง ถ้าเติมอะคริลิกแบบโครงร่างแหชนิดสอดประสาน (IPN of acrylic) ลงในพอลิเอสเทอร์และพอลิยูริเทน จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงดึง

5. เพื่อช่วยในการหล่อลื่น

สามารถเพิ่มการหล่อลื่นให้กับพลาสติกจำพวกวิศวกรรมที่ใช้สำหรับทำเกียร์และฝาประกบเพลา (Bearing) ได้ด้วยการเติมผงพอลิเตตระฟลูออโร เอทิลีน (Polytetrafluoro ethylene) ลงไปประมาณร้อยละ 5-10 โดยน้ำหนัก ลงในอะซิตัล (Acetal) หรือ พอลิคาบอเนต (Polycarbonate) หรือ ไนลอน 66

6. เพื่อเพิ่มความทนทานต่อแรงกระแทกที่อุณหภูมิต่ำ

พอลิพรอพิลีนถูกปรับปรุงให้สามารถทนต่อแรงกระแทกที่อุณหภูมิต่ำได้โดยใช้ยางบิวทิล (Butyl rubber) หรือ เอทิลีน-พรอพิลีน-ไดอีน-เทอร์มอนอเมอร์

7. เพื่อหน่วงการติดไฟ

โดยการเติมพอลิเมอร์ที่มีความสามารถในการทนต่อการติดไฟมากกว่าลงไป เช่น การเติม คลอริเนต พอลิเอทิลีน ลงในพอลิเอทิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เพื่อเพิ่มความทนทานต่อแรงกระแทก

การเพิ่มความทนทานต่อแรงกระแทกสามารถทำได้ด้วยการเติมพอลิเมอร์อสัณฐานซึ่งจะทำหน้าที่รับแรงกระแทก

9. เพื่อเพิ่มความต้านทานการขัดถู

10. เพื่อเพิ่มอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วและเพิ่มอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อน (Heat deflection temperature)

11. เพื่อช่วยเพิ่มความใส

โดยการเติมพอลิเมอร์ประเภทอะคริลิก เช่น พอลิเมทิล เมทาไครเลตลงในพอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ เพื่อลดความเป็นผลึก

12. เพื่อเพิ่มการทนทานต่อสารเคมี

13. เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต

2.2.2 วิธีการเตรียมพอลิเมอร์ผสม [23,24]

พอลิเมอร์ผสมสามารถเตรียมได้หลายวิธี ดังนี้

1. Mechanical blends เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก พอลิเมอร์ที่ผสมอาจอยู่ในลักษณะที่เป็นผงหรือเป็นเม็ด อาจเติมสารช่วยผสมเพื่อป้องกันการแยกของวัฏภาคทำให้สมบัติทางกายภาพและเชิงกลดีขึ้นนำมาหลอมรวมกันโดยใช้อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ของพอลิเมอร์อสัณฐานและสูงกว่าอุณหภูมิหลอมเหลว (T_m) ของพอลิเมอร์กึ่งผลึก ข้อดีของวิธีนี้คือค่าใช้จ่ายถูกเพราะไม่ต้องใช้ตัวทำละลาย ไม่ต้องเสียเวลาในการกำจัดสารละลายและไม่เกิดการปนเปื้อน ข้อเสียคือต้องใช้อุณหภูมิสูงถ้าไม่มีการควบคุมอุณหภูมิอย่างระมัดระวังอาจทำให้พอลิเมอร์เสื่อมสภาพ เปลี่ยนสี และสมบัติเชิงกลลดลง

2. Mechanochemical blends พอลิเมอร์จะถูกผสมด้วยแรงเฉือนที่มากพอทำให้พอลิเมอร์เสื่อมสภาพ (Degradation) ทำให้เกิดอนุมูลอิสระจากนั้นจะผสมรวมกันได้เป็นสารประกอบของบล็อกและกราฟท์

3. Solution blends พอลิเมอร์จะละลายในตัวทำละลายโดยใช้อุณหภูมิและแรงเฉือนต่ำ จากนั้นทำการกำจัดตัวทำละลายออก วิธีนี้จะช่วยลดการเสื่อมสภาพของพอลิเมอร์ เนื่องจากความร้อนและแรงจากเชิงกล แต่จะมีการปนเปื้อนจากตัวทำละลายที่ใช้ในการตกตะกอนซึ่งอาจจะเป็นอันตราย

4. Latex blends วิธีนี้อนุภาคเล็ก ๆ ของพอลิเมอร์ต่างชนิดกันจะเกิดการแพร่กระจาย (Dispersion) ในน้ำ และเกิดการผสมกัน จากนั้นก็จะจับกันเป็นกลุ่มก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Chemical blends แบ่งได้ 4 ลักษณะ ได้แก

- Interpenetrating polymer networks (IPN) พอลิเมอร์ที่มีพันธะเชื่อมโยงเกิดการรวมกับมอนอเมอร์ที่ต่างชนิด โดยที่มอนอเมอร์จะเกิดพอลิเมอไรเซชันและเกิดการเชื่อมโยงสอดประสานกับพอลิเมอร์เชื่อมโยงที่มีอยู่เดิม

- Simultaneous interpenetrating polymer networks (SIN) มอนอเมอร์ต่างชนิดจะผสมกัน จากนั้นจะเกิดโฮโมพอลิเมอไรเซชันและการเชื่อมโยงแต่ไม่เกิดอันตรกิริยาระหว่างพอลิเมอร์ต่างชนิดกัน

- Semi-interpenetrating polymer networks (semi-IPN) มอนอเมอร์ที่มีหลายหมู่ฟังก์ชันถูกผสมกับเทอร์โมพลาสติก จากนั้นมอนอเมอร์จะเกิดพอลิเมอไรเซชันได้เป็นพอลิเมอร์เชื่อมโยง

- Interpenetrating elastomeric networks (IEN) คือพอลิลาเท็กซ์ที่เกิดการเชื่อมโยงหลังจากเกิดการจับเป็นกลุ่มก้อน

2.2.3 ประเภทของพอลิเมอร์ผสม [25]

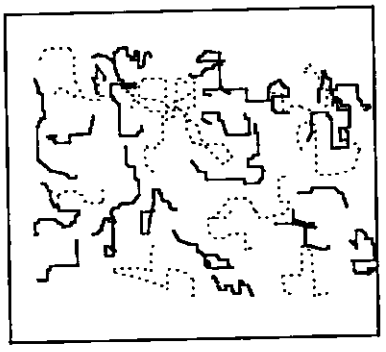
ก. แบ่งตามสัณฐานวิทยาได้ 3 ประเภท ดังรูปที่ 2.1 ได้แก่

1. พอลิเมอร์ที่ผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน (Miscible (รูป a)) โมเลกุลของพอลิเมอร์ A และพอลิเมอร์ B จะอยู่รวมกันมองเห็นเป็นวัฏภาคเดียว ในโมเลกุลของพอลิเมอร์ A จะมีหมู่ฟังก์ชันที่แตกต่างจากโมเลกุลของพอลิเมอร์ B ทำให้เกิดแรงดึงดูดกัน สมบัติของพอลิเมอร์ผสมประเภทนี้จะมีลักษณะคล้ายกับพอลิเมอร์ร่วมแบบสุ่ม ซึ่งพอลิเมอร์ผสมประเภทนี้มีน้อย เช่น ยางธรรมชาติกับพอลิบิวตะไดอีน

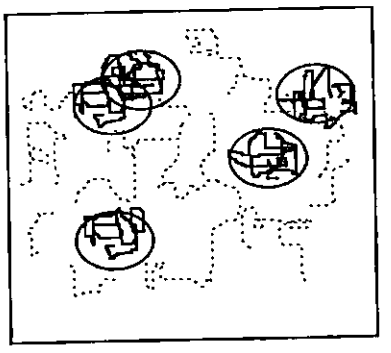
2. พอลิเมอร์ผสมที่ไม่รวมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน (Immiscible (รูป b)) พอลิเมอร์ผสมประเภทนี้จะแยกออกจากกันเป็น 2 วัฏภาคอย่างเห็นได้ชัดโดยที่พอลิเมอร์ที่มีปริมาณน้อยจะเป็นวัฏภาคกระจาย พอลิเมอร์ที่มีปริมาณมากจะเป็นวัฏภาคต่อเนื่อง พอลิเมอร์ผสมส่วนใหญ่จัดอยู่ในประเภทนี้ เช่นพอลิสไตรีนกับพอลิเอทิลีน

3. พอลิเมอร์ผสมที่สามารถเข้ากันได้บางส่วน (Partially miscible (รูป c)) พอลิเมอร์ผสมประเภทนี้อาจรวมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ถ้ามีปริมาณของพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่งน้อยกว่า ถ้าอัตราส่วนเท่ากันจะแยกออกเป็นวัฏภาค พอลิเมอร์ A อาจจะเข้าไปแทรกอยู่ในระหว่างผิวหน้าพอลิเมอร์ B ซึ่งช่วยให้วัฏภาคมีแรงยึดเหนี่ยวที่มากขึ้น ทำให้พอลิเมอร์ผสมประเภทนี้มีสมบัติที่ดี เช่น พอลิเอทิลีนกับพอลิไอโซบิวทิลีน

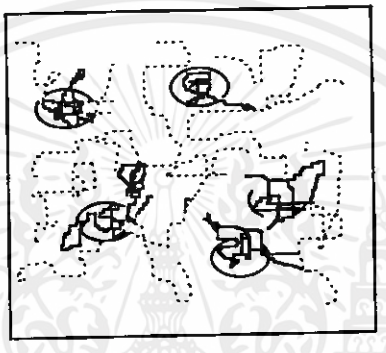
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) miscible



(b) immiscible



(c) partially miscible

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม 2 ชนิด

ข. แบ่งตามลักษณะของวัฏภาคที่นำมาผสมกันสามารถแบ่งได้ดังตาราง 2.1[26]

ตารางที่ 2.1 แสดงชนิดของพอลิเมอร์ผสมแบ่งตามชนิดของวัฏภาคและสมบัติที่ได้รับการปรับปรุง

วัฏภาคต่อเนื่อง	วัฏภาคกระจาย	ใช้ในการปรับปรุง
แข็ง (Rigid)	อ่อน (Soft)	เพิ่มความเหนียว
แข็ง (Rigid)	แข็ง (Rigid)	เพิ่มการไหล
อ่อน (Soft)	อ่อน (Soft)	เพิ่มระยะเวลาในการใช้งาน
อ่อน (Soft)	แข็ง (Rigid)	ค่ามอดุลัสสูง

2.2.4 การพิจารณาความสามารถเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสม

ความสามารถเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสม สามารถพิจารณาจากหลักเกณฑ์ต่อไปนี้

ก. อุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics of polymer blends)

พอลิเมอร์ 2 ชนิดจะผสมเป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น จลนพลศาสตร์ของกระบวนการผสม อุณหภูมิที่ใช้ในการผสม และตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือสารเติมแต่งต่างๆที่ใส่ลงไป อย่างไรก็ตามสิ่งแรกที่ใช้พิจารณาการรวมเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ 2 ชนิด คือ อุณหพลศาสตร์ (Thermodynamic) ซึ่งอธิบายกระบวนการที่สามารถเกิดขึ้นได้เองที่อุณหภูมิและความดันคงที่โดยใช้พลังงานอิสระของกิบส์ การเปลี่ยนแปลงพลังงานอิสระของกิบส์ในการผสม (ΔG_m) จะสัมพันธ์กับเอนทัลปี (ΔH_m) และเอนโทรปี (ΔS_m) ของการผสมดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta G_m = \Delta H_m - T\Delta S_m \qquad (2.1)$$

โดยที่ค่าเอนโทรปีของการผสมหาได้จากสมการ (2.2)

$$\Delta S_m = -R\,(n_1 \ln x_1 + n_2 \ln x_2) \qquad (2.2)$$

โดยที่ n_1 และ n_2 เป็นจำนวนโมลของทั้งสององค์ประกอบ และ x_1 และ x_2 เป็นสัดส่วนโมล ดังนั้นเทอมของ X_i มีค่าเท่ากับ 1 หรือน้อยกว่า 1 จึงทำให้ $\ln x_i$ มีค่าเป็นศูนย์หรือเป็นลบ ดังนั้นค่าΔS_m จะมีค่าเป็นบวก จากสมการที่ 2.1 ถ้า ΔS_m มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า ΔG_m จะลดลงซึ่งจะนำไปสู่การละลายหรือการผสมเข้ากันได้ สมการที่ 2.1 ให้ทุกโมเลกุลมีขนาดเท่ากันซึ่งไม่เป็นจริงสำหรับพอลิเมอร์ผสม ฟลอรี (Flory) จึงได้เสนอสมการใหม่ ดังนี้

$$\Delta S_m = -R\,(n_1 \ln \varnothing_1 + n_2 \ln \varnothing_2) \qquad (2.3)$$

โดยที่ $\varnothing$ เป็นสัดส่วนโดยปริมาณ ซึ่งจะเท่ากับสัดส่วนโมล ส่วนจำนวนโมลขององค์ประกอบ i หาได้จากสมการ

$$n_i = w_i / M_i \qquad (2.4)$$

เมื่อ w_i เป็นน้ำหนักและ M_i เป็นน้ำหนักโมเลกุล

สำหรับพอลิเมอร์ M จะมีค่ามาก n จะมีค่าน้อย ดังนั้นค่า ΔS_m ของพอลิเมอร์ผสมจะมีค่าน้อยกว่าΔS ของพอลิเมอร์น้ำหนักโมเลกุลต่ำที่นำมาผสมกัน การที่พอลิเมอร์ผสมจะรวมเป็นเนื้อเดียวกันจึงขึ้นอยู่กับ ΔH_m ทฤษฎี ΔH_m ถูกเสนอโดย Scatchard และ Hildebrand แสดงดังสมการ

$$\Delta H_m = RT\,\chi\, n_1 \varnothing_2 \qquad (2.5)$$

χ คือ พารามิเตอร์แสดงอันตรกิริยาระหว่างพอลิเมอร์ 1 และ 2

ซึ่งเทอมของ χ จะสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ของการละลาย δ จึงอาจเขียนสมการได้อีกแบบหนึ่งดังนี้

$$\chi = (V_1/RT)[\,\delta_1 - \delta_2\,]^2 \qquad (2.6)$$

ถ้าค่า δ_1 และ δ_2 มีความแตกต่างกันมาก ค่า ΔH_mก็จะเป็นบวกมากทำให้ความสามารถในการเข้ากันได้ลดลง ดังนั้นการที่พอลิเมอร์แต่ละชนิดสามารถผสมเข้ากันได้ต้องมีพารามิเตอร์ของการละลายที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งพอลิเมอร์ส่วนใหญ่มีค่าการละลายต่างกันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า ΔG_m มีค่าเป็นบวก ที่สมดุลอุณหพลศาสตร์ของพอลิเมอร์ผสม ทุกๆ อัตราส่วนจะแยกเป็นสองวัฏภาค พอลิเมอร์ผสมจะรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ต่อเมื่อ ΔG_m มีค่าเป็นลบ

ข. อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass -transition Temperature (Tg))

อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของพอลิเมอร์คืออุณหภูมิที่โมเลกุลของสายโซ่เกิดการสั่นเมื่อได้รับพลังงานอย่างเพียงพอ ตำแหน่งของ T_g จะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของพอลิเมอร์ พอลิเมอร์ผสมที่รวมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันมีวัฏภาคเดียวจะให้ค่า T_g เพียงค่าเดียว ในขณะที่พอลิเมอร์ผสมที่มี 2 วัฏภาคจะให้ค่า T_g 2 ค่า ซึ่งเป็นค่า T_g ของแต่ละวัฏภาค การวัดค่า T_g ด้วยวิธี วิเคราะห์ทางความร้อน ในบางครั้งค่า T_g อาจซ้อนทับกันไม่สามารถแยกออกจากกันได้และปรากฏให้ค่า T_g เพียงค่าเดียว โดยปกติค่า T_g จะวัดด้วยเทคนิค DSC ซึ่งเป็นเทคนิควิเคราะห์เชิงความร้อนที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของความร้อนที่ดูดเข้าไปหรือปล่อยออกมาของสารตัวอย่างเปรียบเทียบกับสารอ้างอิงภายใต้อุณหภูมิที่กำหนด อุณหภูมิของสารตัวอย่างและสารอ้างอิงจะเพิ่มขึ้นในอัตราคงที่ ความร้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้โมเลกุลเกิดการเคลื่อนไหวจึงปรากฏค่า T_g ในระบบอุดมคติพอลิเมอร์ผสมที่เป็นเนื้อเดียวกันและเป็นอสัณฐานค่า T_g สามารถทำนายโดยใช้สมการ Gordon - Taylor expression ดังนี้

$$T_g = W_a \cdot T_{ga} + W_b \cdot T_{gb} \qquad (2.7)$$

T_g = อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของพอลิเมอร์ผสม

T_{ga} = อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของพอลิเมอร์ A

T_{gb} = อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของพอลิเมอร์ B

W_a = สัดส่วนโดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ A

W_b = สัดส่วนโดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ B

Fox ได้พัฒนาสมการ Gordon-Taylor และนำมาใช้ทำนายอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของพอลิเมอร์ร่วมแบบสุ่ม ได้ดังนี้

$$\frac{1}{Tg} = \frac{Wa}{Tga} + \frac{Wb}{Tgb} \qquad (2.8)$$

ค่า T_g ที่คำนวณได้จากสมการของ Fox จะให้ค่าที่ต่ำกว่าค่าที่คำนวณได้จากสมการ Gordon-Taylor ทั้งนี้เกิดเนื่องมาจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบที่พอลิเมอร์ผสมไม่เข้าเป็นเนื้อเดียวกันจะได้ T_g 2 ค่าโดยแต่ละค่าจะมีค่าใกล้กับพอลิเมอร์ของตัวมันเอง สำหรับพอลิเมอร์ที่ผสมเข้ากันได้บางส่วนจะให้ T_g ที่ได้จะเหมือนกับพอลิเมอร์ผสมที่ไม่เข้าเป็นเนื้อเดียวกันคือมี T_g 2 ค่า โดยที่พอลิเมอร์ที่มีค่า T_g สูงกว่าอีกตัวหนึ่งเมื่อผสมแล้วจะให้ค่า T_g ที่ต่ำกว่าค่าเดิม ในขณะที่พอลิเมอร์ที่มีค่า Tg ต่ำกว่าพอลิเมอร์อีกตัวหนึ่งเมื่อผสมแล้วจะให้ค่า T_g ที่สูงกว่าค่าเดิม

2.3 พอลิเอทิลีน (Polyethylene,PE)

สูตรโครงสร้าง $-[CH_2-CH_2]_n-$

พอลิเอทิลีน [27] เกิดจากการพอลิเมอไรเซชันของเอทิลีนมอนอเมอร์โดยใช้กระบวนการที่แตกต่างกัน ทำให้ได้พอลิเอทิลีนชนิดต่างๆ จุดหลอมเหลวของพอลิเมอร์ที่ได้จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น ที่อุณหภูมิห้องพอลิเอทิลีนไม่ละลายในตัวทำละลายใดๆ แต่ถ้าให้อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง พอลิเมอร์สามารถพองตัวและละลายได้ใน พารา-ไซลีน (p-Xylene),ไตรคลอโรเบนซีน (trichlorobenzene), เดคเคน (decane) และเดคคาลิน (decalin) ทนต่อกรด ด่าง และสารออกซิไดส์ แต่ไม่ทนกับสภาพแวดล้อม อุณหภูมิสูงและรังสี เมื่อชีดช่วนสามารถเกิดรอยได้ พอลิเอทิลีนเป็นวัสดุไม่มีขั้วจึงไม่นำไฟฟ้า สามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างของสายโซ่ได้ 3 แบบ ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงการแบ่งชนิดของพอลิเอทิลีนตามลักษณะโครงสร้างของสายโซ่

	โครงสร้างของสายโซ่	ความเป็นผลึก	กระบวนการผลิต	ความหนาแน่น
LDPE	เชิงเส้น/มีโซ่กิ่งมาก	~50%	ใช้ความดันสูง	0.912-0.94
LLDPE	เชิงเส้น/มีโซ่กิ่งเล็กน้อย	>50%	ใช้ความดันต่ำ	0.92-0.94
HDPE	เชิงเส้น	<90%	ใช้ความดันต่ำ	>0.958

2.3.1 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene,LDPE)

พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำผลิตจากกระบวนการพอลิเมอไรเซชันเอทิลีนแบบอนุมูลอิสระโดยใช้ความดันสูง อุณหภูมิ 150-200°C บางครั้งเรียกว่าพอลิเอทิลีนความดันสูง พอลิเมอร์ที่ได้จะมีโซ่กิ่งเป็นจำนวนมาก ทำให้พอลิเอทิลีนชนิดนี้มีความเป็นผลึกน้อยความหนาแน่นต่ำ จุดหลอมเหลวต่ำและมีช่วงกว้าง 80-110°C มีความอ่อนนุ่ม โค้งงอง่าย [รูปที่ 2.2]

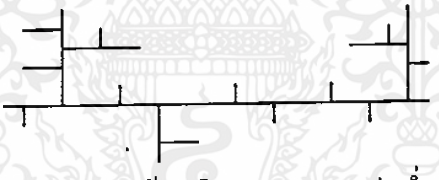
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (Linear-Low-Density Polyethylene,LLDPE)

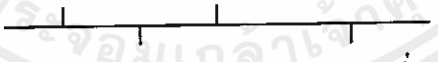
พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นผลิตจากกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบ Ziegler-Natta หรือแบบ Phillips โดยใช้ความดันต่ำ ในกระบวนการผลิตจะมีการใส่โคมอนอเมอร์จำพวก 1-alkene เช่น butene-1 (นิยมใช้กันมากและราคาถูก), hexene-1, octene-1 หรือ 4-methylpentene-1 ลงไปประมาณร้อยละ 10 ทำให้มีสายโซ่คาร์บอนสั้น ๆ เกิดขึ้นที่พอลิเมอร์หลัก นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ความสม่ำเสมอของโมเลกุลและความเป็นผลึกลดลง สมบัติโดยทั่วไปคล้ายพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ แต่มีความแข็งแรงมากกว่าจึงนิยมใช้ในการผลิตฟิล์ม [รูปที่ 2.2]

2.3.3 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene,HDPE)

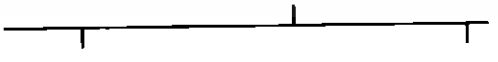
พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงผลิตได้จากกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบ Ziegler-Natta หรือ Phillips หรือ Standard Oil โดยใช้ความดันต่ำ บางครั้งเรียกว่าพอลิเอทิลีนความดันต่ำ มีโครงสร้างแบบเชิงเส้นที่มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลอย่างสม่ำเสมอมีโซ่กิ่งน้อยและสั้นจึงมีความเป็นผลึกและจุดหลอมเหลวสูงประมาณ 120-135°C เมื่อเทียบกับพอลิเอทิลีนชนิดอื่น มีความแข็งมาก นิยมใช้ในการเป่าขวดและบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ทำฟิล์ม ท่อ และขึ้นรูปด้วยกระบวนการฉีด [รูปที่ 2.2]



(ก) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ



(ข) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น

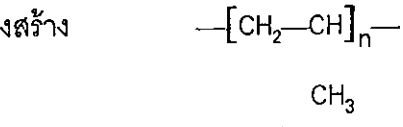


(ค) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะโครงสร้างของสายโซ่พอลิเอทิลีนชนิดต่างๆ (ก) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (ข) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (ค) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 พอลิพรอพิลีน (Polypropylene,PP)

สูตรโครงสร้าง 

พอลิพรอพิลีน [28] สามารถเตรียมได้หลายวิธี วิธีที่ได้ผลดีคือการใช้ Ziegler-Natta ซึ่งให้พอลิพรอพิลีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงอยู่ในช่วง 60,000-200,000 และมีโครงสร้างเป็นแบบไอโซแทกติกสูงถึงร้อยละ 90-95 พอลิพรอพิลีนมีความหนาแน่น 0.90 g/cm^3 มีจุดหลอมเหลวประมาณ 164-170 องศาเซลเซียลที่อุณหภูมิห้อง ไม่ละลายในตัวทำละลายทุกชนิด แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องสามารถละลายได้ในไฮโดรคาร์บอน อะโรมาติกและคลอริเนตไฮโดรคาร์บอน ทนกรด ทนเบส ไม่ทนต่อแสง ถูกออกซิไดส์ได้ง่ายจึงมีการเติมสารต้านออกซิเดชันลงในผลิตภัณฑ์ พอลิพรอพิลีนส่วนมากจะนำมาทำเป็น ถุงร้อน กล่องแบตตอรี่ ชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นต้น สามารถแบ่งประเภทพอลิพรอพิลีนตามชนิดของมอนอเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบได้ 3 ประเภท คือ

1. โฮโมพอลิพรอพิลีน (PP homopolymer) สายโซ่พอลิเมอร์ประกอบไปด้วยมอนอเมอร์ของพรอพิลีนเพียงอย่างเดียว

2. พอลิพรอพิลีนชนิดทนต่อแรงกระแทก (PP impact copolymer) สายโซ่พอลิเมอร์จะมีมอนอเมอร์ที่มีสมบัติเป็นยาง ประกอบอยู่ร้อยละ 5-25 เช่น ethylene/propylene rubbers

3. พอลิเมอร์ร่วมพอลิพรอพิลีน (PP copolymer) เป็นพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนโดยจะมีปริมาณพอลิเอทิลีนแตกต่างกันไปแล้วแต่จุดประสงค์การใช้งาน

พอลิพรอพิลีนสามารถแบ่งตามสเตอริโอเคมีได้ 3 แบบ

1. แบบไอโซแทกติก (Isotactic)

เกิดจากมอนอเมอร์พรอพิลีนจัดเรียงตัวแบบหัวต่อหาง หมู่เมทิลที่เกาะอยู่กับอะตอมคาร์บอนบนโครงของพอลิเมอร์ (back bone)จะอยู่ด้านเดียวกับระนาบ การจัดเรียงตัวแบบนี้ทำให้พอลิพรอพิลีนมีความเป็นผลึกสูง

2. แบบซินดิโอแทกติก (Syndiotactic)

เกิดจากมอนอเมอร์พรอพิลีนจัดเรียงตัวแบบหัวต่อหางเช่นเดียวกับแบบไอโซแทกติก แต่หมู่เมทิลที่เกาะอยู่กับอะตอมคาร์บอนบนโครงหลักของพอลิเมอร์ จะอยู่กันคนละด้านของระนาบสลับกันไปอย่างเป็นระเบียบ

3. แบบอะแทกติก (Atactic)

เกิดจากมอนอเมอร์พรอพิลีนมีการจัดเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ หมู่เมทิลอยู่ด้านเดียวกันบ้าง คนละด้านกันบ้าง ไม่แน่นอนการจัดเรียงตัวแบบนี้พอลิพรอพิลีนจะไม่มีความเป็นผลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.5 เครื่องมือและหลักการทำงาน

2.5.1 เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่ (Twin-Screw Extruders)

เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่ จะประกอบไปด้วยเกลียวหนอน (Screws) 2 ตัวซึ่งมีลักษณะและทิศทางในการหมุนแตกต่างกัน หมุนอยู่ในกระบอกสูบ (Barrel) ที่เป็นท่อโลหะหนาและติดเครื่องให้ความร้อน พอลิเมอร์ที่เป็นผงหรือเม็ดจะถูกใส่ทางกรวยเติม จากนั้นเกลียวหนอนจะทำการผสมพอลิเมอร์ให้เข้ากันโดยการหมุนและใช้ความร้อนจากกระบอกสูบทำให้เกิดการหลอมตัว พอลิเมอร์จะกลายเป็นของเหลวหนืดแล้วถูกดันออกมาสู่แม่ดายน์ (Die) ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะยาวต่อเนื่อง [รูปที่ 2.3]

Twin-screw extruders สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิด คือ

1. Counter-rotating intermeshing twin-screw extruders
2. Counter-rotating non-intermeshing twin-screw extruders
3. Co-rotating intermeshing twin-screw extruders
4. Co-rotating non-intermeshing twin-screw extruders

การหมุนของเกลียวที่ไปในทิศทางเดียวกัน (Co-rotating) พอลิเมอร์จะถูกทำให้เคลื่อนตัวในหลายลักษณะทำให้มีการผสมที่ดี ในขณะที่เกลียวหมุนที่สวนทางกัน (Counter-rotating) พอลิเมอร์จะเคลื่อนตัวมาที่ระหว่างเกลียวทำให้เกิดการสะสมของพอลิเมอร์อยู่ตรงกลาง และจะนำพอลิเมอร์เข้าในลักษณะบังคับ ในการผสมพอลิเมอร์แต่ละชนิดจะใช้เกลียวหมุนที่แตกต่างกันเพื่อให้ได้แรงหมุนที่มีกำลังเพียงพอและไม่เกิดความร้อนสะสม ส่วนใหญ่นิยมใช้เกลียวหมุนชนิดที่ 1 และ 3 พอลิเมอร์ที่ใช้ในงานอัดรีดจะต้องมีความหนืดค่อนข้างสูงเพราะจะได้สามารถคงรูปอยู่ได้เมื่อออกจากแม่แบบ

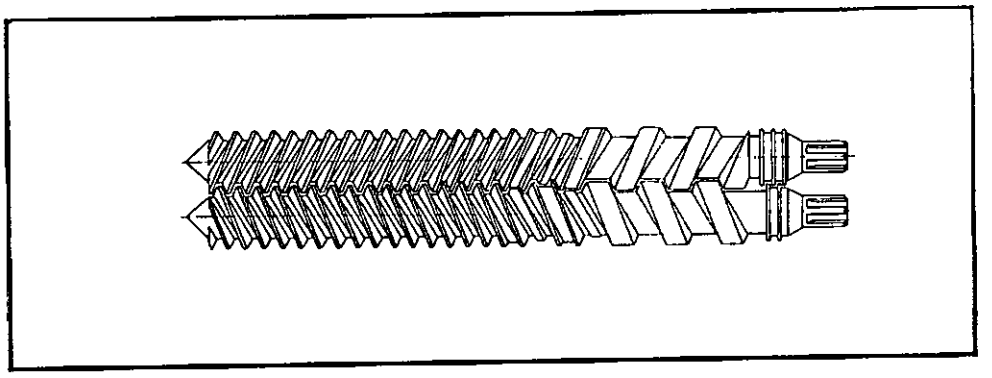
เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่จะมีราคาที่แพงกว่าเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single-screw extruders) และเกลียวหนอนสั้นกว่า มีแรงเฉือนที่ต่ำ ใช้ได้กับงานเฉพาะอย่าง

ขั้นตอนในการอัดรีดสามารถแบ่งได้เป็น 6 ขั้นตอน คือ

1. การนำพอลิเมอร์เข้า เกิดจากการหมุนของเกลียวหนอนทำให้พอลิเมอร์เคลื่อนตัวไปข้างหน้า
2. การอัดพอลิเมอร์ เป็นการไล่อากาศที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดพอลิเมอร์
3. การหลอมพอลิเมอร์
4. การผสมพอลิเมอร์ที่หลอมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
5. การนำพอลิเมอร์เข้าสู่หัวดายน์
6. ทำการหล่อเย็นแล้วตัดตามขนาดที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32899



รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบของเครื่องอัดรีด [29]

ข้อดีของการอัดรีด

1. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะยาว
2. หัวดายน์ราคาถูก
3. สามารถทำการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง
4. สามารถผลิตได้ทั้งชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่และเล็ก

ข้อเสียของเครื่องอัดรีด

1. ไม่สามารถผลิตชิ้นงานที่มีความซับซ้อนได้
2. ราคาในการติดตั้งสูง
3. มีขนาดด้านตัดขวางคงที่

2.5.2 เครื่องฉีด (Injection Molding)

การฉีดพลาสติก เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ง่าย ลักษณะของพอลิเมอร์ที่นำมาผลิตสามารถเป็นได้ทั้งเม็ดและผงนอกจากนี้ยังใช้ได้กับพอลิเมอร์ทุกประเภท เช่น เทอร์โมพลาสติก เทอร์โมเซต และอิลาสโตเมอร์

โครงสร้างของเครื่องฉีดประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

1. ชุดฉีด (Injection unit) จะทำหน้าที่ในการดึงพอลิเมอร์เข้ากระบอกฉีด โดยอาศัยการหมุนของเกลียวหนอน จากนั้นจะทำการหลอมเหลวและหนุนส่งพอลิเมอร์ที่ถูกหลอมเหลวแล้วไปยังด้านหน้าของปลายเกลียวหนอน เมื่อได้พอลิเมอร์ตามต้องการแล้วเกลียวหนอนจะหยุดหมุน แล้วเคลื่อนที่ไปด้านหน้าตามแนวแกนเพื่อฉีดพอลิเมอร์เข้าสู่แม่พิมพ์และค้างอยู่เพื่อให้เนื้อพอลิเมอร์แน่นเต็มแม่พิมพ์

2. ชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์ (Clamping unit) หน้าที่คือ ยึดแม่พิมพ์ทั้ง 2 ส่วน เลื่อนปิด-เปิดแม่พิมพ์ ให้แรงในการปิดล็อกแม่พิมพ์ หล่อชิ้นงานให้เย็น และทำการปลดชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ฐานเครื่อง (Base) ทำหน้าที่รับน้ำหนักของชุดฉีด และ ชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์ และเป็นที่บรรจุน้ำมัน

จังหวะในการทำงานของเครื่องฉีด เครื่องฉีดทุกเครื่องจะมีการทำงานเป็นวัฏจักรที่เหมือนกันจะแตกต่างกันที่รายละเอียดปลีกย่อยเท่านั้น คือจะเริ่มจาก

จังหวะที่ 1 แม่พิมพ์เคลื่อนที่ปิด

จังหวะที่ 2 ชุดฉีดเคลื่อนที่เข้าหาแม่พิมพ์

จังหวะที่ 3 เกลียวหนอนฉีดพอลิเมอร์เหลวเข้าแม่พิมพ์

จังหวะที่ 4 ย้ำรักษาความดันพอลิเมอร์เหลวที่อยู่ในแม่พิมพ์

จังหวะที่ 5 หล่อเย็นชิ้นงานที่อยู่ในแม่พิมพ์

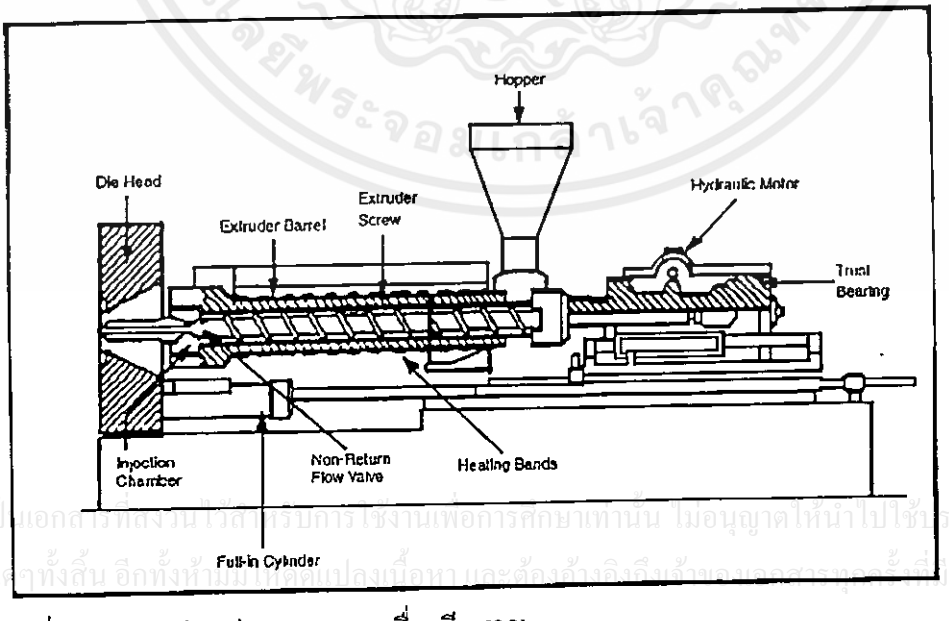
จังหวะที่ 6 หลอมและป้อนพอลิเมอร์ไปด้านหน้าปลายเกลียวหนอน

จังหวะที่ 7 ชุดฉีดถอยหลังกลับ

จังหวะที่ 8 แม่พิมพ์เปิดออก

จังหวะที่ 9 ปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

ซึ่งในแต่ละจังหวะการทำงานจะใช้เวลาแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของพอลิเมอร์ที่นำมาใช้ นอกจากนี้การเลือกใช้ความดันฉีด อุณหภูมิ และความเร็วของการทำงานในแต่ละจังหวะก็มีผลต่อชิ้นงาน พอลิเมอร์ที่มีความหนืดสูงควรใช้ความดันในการฉีดสูงกว่าพอลิเมอร์ที่มีความหนืดต่ำ การเลือกใช้อุณหภูมิสูงหรือต่ำนั้นขึ้นกับความเหมาะสมในการทำงานแต่ไม่ควรสูงมากจนทำให้พอลิเมอร์เกิดการเสื่อมสภาพ ส่วนความเร็วของการทำงานในแต่ละจังหวะจะส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการทำงาน



รูปที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบของเครื่องฉีด [30]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของการฉีดขึ้นรูป

1. ใช้เวลาในการผลิตสั้น
2. สามารถผลิตชิ้นงานที่มีความซับซ้อนได้
3. สามารถควบคุมขนาดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง

ข้อเสียของการฉีดขึ้นรูป

1. ต้องใช้ความดันในการผลิตสูง
2. เครื่องมือที่ใช้มีราคาแพง
3. ไม่สามารถผลิตชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ได้
4. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีผนังบาง

2.6 การปรับปรุงความเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสม [31]

วิธีที่จะทำให้พอลิเมอร์ที่นำมาผสมกันมีสัณฐานวิทยาและสมบัติตามความต้องการอาจทำได้ 2 วิธี คือ

1. ปรับเปลี่ยนกระบวนการผสม
2. เติมสารช่วยผสม (Compatibilizer)

ผลที่ได้รับจากวิธีการดังกล่าวข้างต้นมีดังนี้

1. ลดพลังงานระหว่างผิว
2. ทำให้อนุภาคมีการกระจายตัวที่ดีในระหว่างกระบวนการผสม
3. ปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างผิว
4. ป้องกันการแยกกันของวัฏภาคตลอดการผลิตจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้าย

2.6.1 การปรับเปลี่ยนกระบวนการผสม

กระบวนการผสมมีความสำคัญมากต่อสมบัติของพอลิเมอร์ผสม ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผสม คือ

1. เวลาในการผสม

Teyssie และคณะ [31] ได้ทำการศึกษาผลของเวลาที่มีต่อการผสมของพอลิสไตรีนกับพอลิเอทิลีนและ Polystyrene-block-ethylene ซึ่งเป็นสารช่วยผสม โดยใช้ลูกกลิ้งหรือเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่ พบว่าพอลิเมอร์ที่ผสมด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่จะเกิดการแยกวัฏภาค ในขณะที่การใช้ลูกกลิ้งพอลิเมอร์ผสมจะไม่มีการแยกวัฏภาค ผู้ทำวิจัยเสนอว่าความแตกต่างเกิดขึ้นจากเวลาที่ใช้ในการผสมด้วยลูกกลิ้งนานกว่าเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่ ทำให้สารช่วยผสมสามารถแพร่กระจายมายังชั้นระหว่างผิวได้สมบูรณ์กว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แรงเฉือน

Utracki [31] สามารถอธิบายถึงผลที่เกิดจากการใช้แรงเฉือนสูงโดยใช้ Maxwell normal stress extruder พบว่าการใช้แรงเฉือนสูงทำให้เกิดวัฏภาคร่วมต่อเนื่องกัน (Co-continuous phases)

3. ลำดับในการผสม

ลำดับในการผสมองค์ประกอบแต่ละชนิดเข้าด้วยกันจะมีผลต่อประสิทธิภาพของสารช่วยผสม เพราะสารช่วยผสมอาจจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคของพอลิเมอร์ชนิดที่ใส่ลงไปก่อนเมื่อเติมพอลิเมอร์อีกชนิดลงไปก็จะไม่เกิดอันตรกิริยา

4. ความหนืดขององค์ประกอบ

ความหนืดของแต่ละองค์ประกอบจะมีผลต่อการกระจายตัวในขณะผสม ถ้าการกระจายตัวไม่ดีสมบัติของการผสมก็จะไม่ดีด้วย ดังนั้นจึงควรเลือกคู่พอลิเมอร์ที่มีความหนืดใกล้เคียงกัน

2.6.2 สารช่วยผสม

หมายถึงสารที่เติมลงไปในพอลิเมอร์ผสมเพื่อลดแรงตึงผิว (Interfacial tension) ช่วยให้พอลิเมอร์ผสมที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันสามารถรวมกันได้มากขึ้น ทำให้สมบัติเชิงกลดีขึ้นกว่าเดิม แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. สารช่วยผสมที่สามารถทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ผสม

ส่วนใหญ่เป็นสารเคมี เช่น เปอร์ออกไซด์ มาเลอิกแอนไฮไดรด์ กรดฟูมาริก ทำให้เกิดการเชื่อมโยงหรือการวัลคาไนซ์

2. สารช่วยผสมที่ไม่ทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ผสม

จะเป็นพอลิเมอร์ร่วมของพอลิเมอร์หลักที่ผสมกัน โดยจะจัดตัวในลักษณะต่างๆ เช่น พอลิเมอร์ร่วมแบบบล็อก แบบสุ่ม และแบบกราฟท์ โดยพอลิเมอร์ร่วมจะแทรกตัวอยู่ในพอลิเมอร์ผสมทำหน้าคล้ายเป็นสะพานเชื่อมระหว่างผิวเพิ่มแรงยึดติดของทั้ง 2 วัฏภาคเข้าด้วยกัน สารช่วยผสมประเภทนี้นิยมใช้คือพอลิเมอร์ร่วมแบบไดบล็อก (Diblock) แต่พอลิเมอร์ร่วมที่เป็นแบบหลายบล็อก (Multiblock) จะให้ประสิทธิภาพมากกว่า

3. สารช่วยผสมที่มีทั้งส่วนที่สามารถทำปฏิกิริยาและไม่ทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ผสม

ในงานวิจัยนี้ใช้สารช่วยผสมที่ไม่ทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ผสม คือพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีน ที่มีการจัดเรียงตัวของพอลิเมอร์ต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Poly (propylene-random-ethylene) copolymer โดยมีปริมาณเอทิลีนผสมอยู่ร้อยละ 8-9 โดยน้ำหนัก

- Poly (propylene-block -ethylene) copolymer มีปริมาณเอทิลีนผสมอยู่ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก

2.7 รังสี [32] (Radiation)

หมายถึง พลังงานที่แผ่กระจายจากต้นกำเนิด ออกไปในอากาศหรือตัวกลางใดๆ ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่น รังสีความร้อน รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา ฯลฯ และรวมไปถึงกระแสอนุภาคที่มีความเร็วสูงด้วย อาทิเช่น รังสีแอฟา รังสีบีตา และรังสีนิวตรอน

อาจจำแนกรังสีดังกล่าวตามคุณสมบัติทางกายภาพได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

- รังสีที่ไม่ก่อไอออน (Non-ionizing Radiation) ซึ่งได้แก่ รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่น ความร้อน แสง เสียง คลื่นวิทยุ อัลตราไวโอเลตและไมโครเวฟและ

- รังสีที่ก่อให้เกิดไอออน (Ionizing Radiation) ซึ่งได้แก่ รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา รังสีแอลฟา รังสีบีตาและรังสีนิวตรอน รังสีในกลุ่มนี้มีผู้เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า รังสีปรมาณู (Atomic Radiation)

รังสีแอลฟา หมายถึง กระแสของอนุภาคแอลฟาที่แผ่ออกมาจากนิวเคลียสใดๆ มีอำนาจก่อให้เกิดการแตกตัวได้ดี แต่มีความสามารถในการทะลุทะลวงผ่านวัตถุน้อยมาก อนุภาคแอลฟา 1 อนุภาค ก็คือนิวเคลียสของธาตุฮีเลียม ซึ่งประกอบด้วยโปรตอน 2 อนุภาค นิวตรอน 2 อนุภาค และมีประจุไฟฟ้า+2หน่วย

รังสีบีตา หมายถึง กระแสของอนุภาคอิเล็กตรอนที่แผ่ออกมาจากนิวเคลียสใดๆ มีอำนาจก่อให้เกิดการแตกตัวน้อยกว่ารังสีแอลฟา แต่มีความสามารถทะลุทะลวงได้ดีกว่า ตามปกติในนิวเคลียสไม่มีอิเล็กตรอน แต่เมื่อเกิดการแตกตัวของนิวตรอน จะเกิดเป็นอนุภาคโปรตอนและอิเล็กตรอน ซึ่งอิเล็กตรอนนี้เองที่เรียกว่า อนุภาคบีตา

รังสีแกมมา เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นมาก มีจุดกำเนิดจากนิวเคลียส มีอำนาจทำให้เกิดการแตกตัวน้อยมาก แต่มีความสามารถทะลุทุลวงสูง

รังสีเอกซ์ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นมากเช่นกัน มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับรังสีแกมมา แต่มิได้มาจากนิวเคลียสแต่มีจุดกำเนิดจากชั้นอิเล็กตรอนของอะตอมใดๆ เช่นเกิดจากการยิงอิเล็กตรอนที่มีความเร็วสูงไปถูกเป้าที่ทำด้วยโลหะดังเช่นที่เกิดในเครื่องเอกซ์เรย์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รังสีนิวตรอน เกิดขึ้นในเครื่องเร่งอนุภาคนิวตรอน หรือในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู โดยในเครื่องดังกล่าวจะผลิตอนุภาคนิวตรอนได้อย่างมากมายและนิวตรอนที่เกิดเหล่านั้นมีปริมาณมากและเคลื่อนตัวด้วยความเร็วสูงมากด้วย

2.7.1 หน่วยวัดปริมาณรังสี

หน่วยที่นิยมใช้ในการวัดปริมาณรังสีคือ เกรย์ (gray,Gy) โดยที่ 1Gy หมายถึงพลังงานรังสีที่ถูกดูดกลืน 1 จูลต่อมวลสาร 1 กิโลกรัม (1J/kg) หน่วยเกรย์จะสัมพันธ์กับหน่วยแรด (rad) ซึ่งเป็นหน่วยที่นิยมใช้กันในสมัยก่อน ดังนี้

1 Gy = 100 rad

10 GY = 1 krad

1 kGy = 100 krad

10 kGy = 1 Mrad

2.7.2 ผลของรังสีที่มีต่อพอลิเมอร์

การถ่ายเทของพลังงานจากแหล่งกำเนิดรังสีไปยังวัสดุพอลิเมอร์ก่อให้เกิดการแตกหักของพันธะโคเวเลนต์และเกิดการจัดเรียงตัวของอะตอมเป็นโครงสร้างใหม่ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของพันธะโคเวเลนต์จะส่งผลอย่างมากต่อสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ พอลิเมอร์แต่ละชนิดจะทนทานต่อรังสีได้ไม่เท่ากันดังแสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณความเข้มของรังสีที่มีผลต่อพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ

Polymer	Radiation Resistance	Radiation Dose for Significant Damage (Mrads)
ABS	Good	100
EP	Excellent	100-10,000
FEP	Fair	20
PC	Good	100+
PCTFE	Fair	10-20
PE	Good	100
PI	Excellent	100-10,000
PMMA	Fair	5
Polyesters(aromatic)	Good	100
Polyesters(unsaturated)	Good	1,000
Polymethylpenten	Good	30-50
PP	Fair	10
PS	Excellent	1,000
PSO	Excellent	1,000
PTFE	Poor	1
PU	Excellent	1,000+
PVC	Good	50-100
UF	Good	500

การฉายรังสีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในพอลิเมอร์ดังนี้

1. ทำให้เกิดการทำลายโครงสร้างของพอลิเมอร์

การฉายรังสีทำให้พันธะโคเวเลนต์แตกสลายเกิดการแยกกันของอะตอมคาร์บอนทำให้น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ลดลง สิ่งที่ช่วยบอกถึงการเสื่อมสภาพของพอลิเมอร์คือ การแตกหัก การแตกราน (crazing) การซีดจางของสี ความแข็ง ความเปราะ ความยืดหยุ่น และสมบัติทางกายภาพอื่นๆ ที่ไม่เป็นที่ต้องการ เช่น มีการกระจายของมวลโมเลกุลและความเป็นผลึกมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ช่วยในการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์

การฉายรังสีไม่เพียงแต่ทำลายพันธะของพอลิเมอร์อย่างเดียวแต่ก่อให้เกิดประโยชน์ถ้ามีการควบคุมปริมาณของรังสี กล่าวคือทำให้เกิดการเชื่อมโยง การต่อกิ่ง และทำให้เทอร์โมพลาสติกมีสมบัติทางกายภาพคล้ายกับเทอร์โมเซต

3. ช่วยให้เกิดพอลิเมอไรเซชัน

พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดการแตกสลายเนื่องจากการฉายรังสีจะให้อนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้จะรวมตัวเกิดเป็นพอลิเมอร์

4. ทำให้เกิดการกราฟท์

พอลิเมอร์ร่วมแบบกราฟท์ที่เกิดจากการฉายรังสีสามารถทำได้โดยฉายรังสีลงบนพอลิเมอร์ที่ใช้เป็นโซ่หลักก่อนจากนั้นเติมมอนอเมอร์ที่ต่างชนิดกับพอลิเมอร์หลักลงไปหรืออาจทำการฉายรังสีพอลิเมอร์หลักกับมอนอเมอร์พร้อมกัน

2.7.3 ประโยชน์ของรังสีที่มีต่ออุตสาหกรรมพอลิเมอร์

1.ปฏิกิริยาสามารถเกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่ากระบวนการทางเคมี

2.รังสีมีความสามารถในการทะลุทะลวงดีทำให้เกิดปฏิกิริยาได้รวดเร็วทั่วถึงและสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน

3.มอนอเมอร์สามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้โดยไม่ต้องใช้ตัวเร่งหรือสารเคมีทำให้ปราศจากสิ่งเจือปนในพอลิเมอร์

4.ปฏิกิริยาที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของรังสีจะถูกรบกวนเพียงเล็กน้อยจาก สี สารเพิ่มปริมาณ สารต้านการเกิดออกซิเดชัน และองค์ประกอบอื่น ๆ ในเรซินหรือพอลิเมอร์

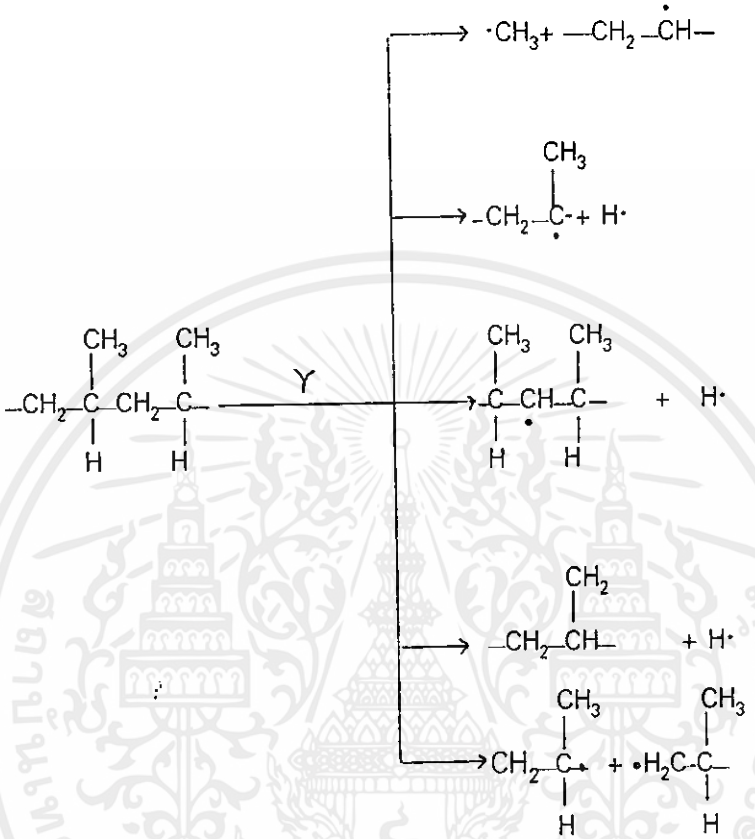
5.การสร้างพันธะเชื่อมโยงและการต่อกิ่งสามารถเกิดหลังการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์

6.ไม่ต้องเตรียมสถานที่เก็บสารเคมีเพื่อใช้ในกระบวนการทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 ผลของรังสีที่มีต่อพอลิพรอพิลีน

พอลิพรอพิลีนเมื่อผ่านการฉายรังสีจะทำให้เกิดการแตกสลายพันธะของสายโซ่ โดยเริ่มจากการเกิดอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ ดังแสดงในแผนภาพต่อไปนี้



รูปที่ 2.5 แสดงชนิดของอนุมูลอิสระที่สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อพอลิพรอพิลีนผ่านการฉายรังสี

ในสภาวะที่มีออกซิเจนรวมอยู่ด้วยพอลิพรอพิลีนอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นได้ กลไกของปฏิกิริยาแสดงได้ [33] ดังนี้

กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและแตกสลายพันธะจะเกิดขึ้น 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นเริ่มต้น (Initiation)

$$RH \xrightarrow{\text{ความร้อนหรือแสง}} \cdot R + \cdot H$$

เมื่อ RH คือพอลิพรอพิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นแผ่ขยาย (Propagation)

$$R\cdot + O_2 \longrightarrow ROO\cdot$$

$$ROO\cdot + RH \longrightarrow ROOH + R\cdot$$

$$RH + H\cdot \longrightarrow H_2 + R\cdot$$

$$R\cdot + R'H \longrightarrow RH + R'\cdot$$

นอกจากนี้อนุมูอิสระอื่น ๆ ที่เกิดจากการแตกสลายสามารถทำปฏิกิริยากับพอลิพรอพิลีนได้ด้วย

$$\cdot OOH + RH \longrightarrow R\cdot + H_2O_2$$

$$\cdot OH + RH \longrightarrow R\cdot + H_2O$$

$$H\cdot + RH \longrightarrow R\cdot + H_2$$

3. ขั้นสิ้นสุด (Termination)

$$RO\cdot + \cdot H \longrightarrow ROH$$

$$ROO\cdot + \cdot H \longrightarrow ROOH$$

$$R\cdot + R'\cdot \longrightarrow R\text{–}R'$$

$$RO\cdot + R\cdot \longrightarrow ROR$$

$$2ROO\cdot \longrightarrow ROOR + O_2$$

$$2RO\cdot \longrightarrow ROOR$$

$$2R\cdot \longrightarrow HC{=}R + {-}H_2C\text{–}R \qquad \text{(disproportination)}$$

2.7.5 ผลของรังสีที่มีต่อพอลิเอทิลีน

พอลิเอทิลีนที่ผ่านการฉายรังสีในสภาวะสุญญากาศหรือภายใต้ก๊าซเฉื่อยจะเกิดการเชื่อมโยง แต่เมื่อผ่านการฉายรังสีในอากาศหรือในสภาวะที่มีออกซิเจนจะเกิดทั้งการเชื่อมโยงและการแตกสลายของพันธะขึ้นอยู่กับปริมาณของรังสีที่ใช้ ถ้าใช้ปริมาณความเข้มรังสีสูงจะเกิดการเชื่อมโยง ดังสมการ

$$\text{—}(CH_2\ CH_2)_n\text{—} \quad + \quad \text{—}(CH_2\ CH_2)_m\text{—} \longrightarrow \text{—}(CH_2\ \underset{\displaystyle (CH_2\ CH_2)_m}{\underset{|}{CH}})_n\text{—}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าใช้ปริมาณความเข้มรังสีต่ำจะเกิดการแตกสลายพันธะ แล้วเกิดการรวมตัวกับออกซิเจน ดังสมการ

$$R\cdot + O_2 \longrightarrow ROO\cdot$$

เมื่อ R· แทนพอลิเอทิลีนที่สูญเสียไฮโดรเจนอะตอม

เมื่อความเข้มของรังสีเพิ่มขึ้นจะเกิดปฏิกิริยาแข่งขันกันระหว่างการเกิดพันธะเชื่อมโยงและการแตกสลายพันธะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. เม็ดพลาสติกพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูง (G 2855 จากบริษัท TPI)
2. เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (J 4324 จากบริษัท TPI)
3. เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (L2009F จากบริษัท TPE)
4. เม็ดพลาสติกพอลิพรอพิลีน (1100 NK จากบริษัท TPI)
5. เม็ดพลาสติกพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก ที่มีเอทิลีนอยู่ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก (2300 K จากบริษัท TPI)
6. เม็ดพลาสติกพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม ที่มีเอทิลีนอยู่ร้อยละ 8-9 โดยน้ำหนัก (3300 M จากบริษัท TPI)
7. ไซลีน : Merck
8. สารต้านออกซิเดชัน (Ciba-Geigy (Thailand))

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องผสมระบบปิด Brabender (Plasti-Corder PL 2000)
2. เครื่องฉีดขึ้นรูป (Injection moulding):Cosmo
3. เครื่องโม่ตัดพลาสติก (Nema A600)
4. เครื่องฉายรังสีแกมมา (10 kGy/h):Gamma cell 220 Nordion Canada
5. เครื่องวัดความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact resistance):Yasuda
6. เครื่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบกวาด Scanning Electron Microscope (SEM) JSM-6400:JEOL
7. เครื่องทดสอบแรงดึง 30 kN:LLOYD
8. เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อน (Differential Scanning Colorimeter) : DSC-50 Shimadzu
9. ชุดสกัดหาปริมาณเจล (Gel Extraction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตารางที่ 3.1 แสดงคุณลักษณะของพอลิเมอร์แต่ละประเภท ซึ่งได้มาจากบริษัท TPI และ TPE จะเห็นได้ว่าในการทดลองนี้พอลิเมอร์ที่ใช้จะมีค่าดัชนีการไหลแตกต่างกันมากเนื่องจากในการเลือกใช้พอลิเมอร์เราพิจารณาจากพอลิเมอร์ที่มีอยู่มากในขยะ

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณลักษณะของพอลิเมอร์

ประเภทของพอลิเมอร์	ดัชนีการไหล (g/10min)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
พอลิพรอพิลีน	11	0.910
พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง	0.35	0.955
พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ	2.5	0.921
พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น	0.9	0.920
พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนและเอทิลีนแบบบล็อก	4.0	0.910
พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนและเอทิลีนแบบสุ่ม	9.0	-

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 การเตรียมชิ้นงาน

ตอนที่ 1 ศึกษาผลของสารช่วยผสม

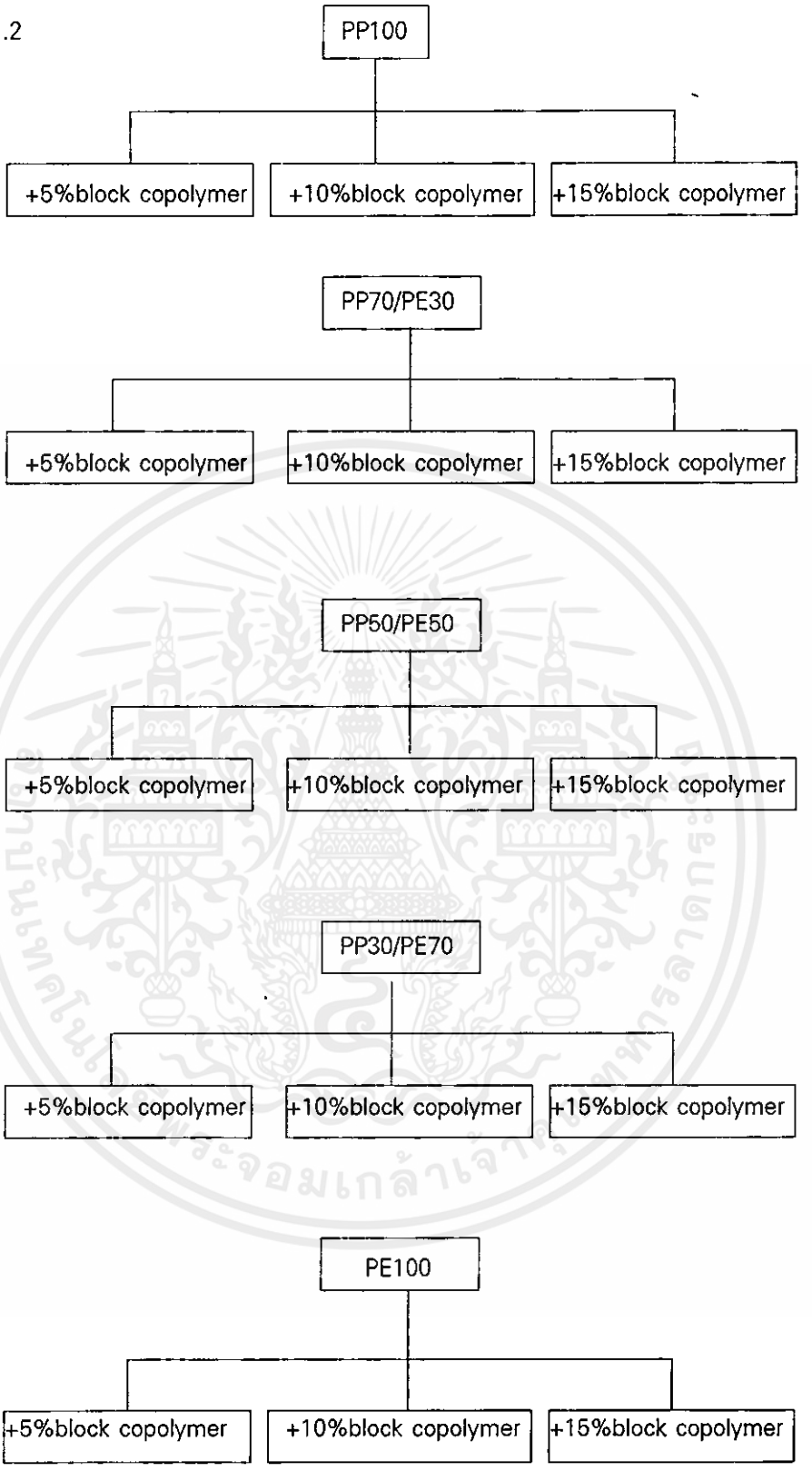
1. ทำการผสมเม็ดพลาสติกพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีน ในอัตราส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในข้อ 1.1 1.2 และ 1.3 ลงในเครื่องผสม (brabender) แบบเกลียวหนอนคู่ (twin-screw extruder) สภาวะที่ใช้ในการผสมมีดังนี้

- อุณหภูมิที่ใช้ในการผสม เริ่มจากส่วนป้อนเม็ดพลาสติก 160 170 180 และ 180 องศาเซลเซียส
- ความเร็วรอบในการหมุนสกรู 10 รอบต่อนาที

1.1 | PP100 | PP70/PE30 | PP50/PE50 | PP70/PE30 | PE100 |

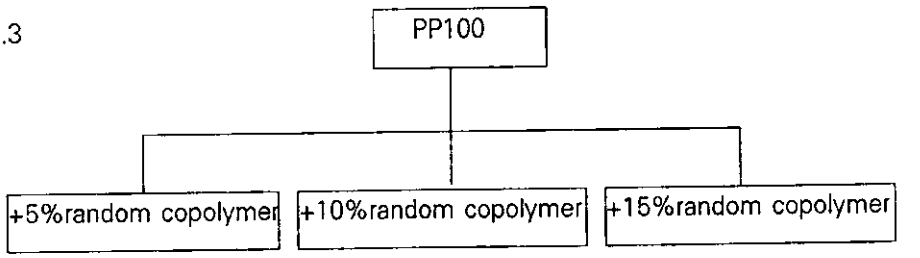
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

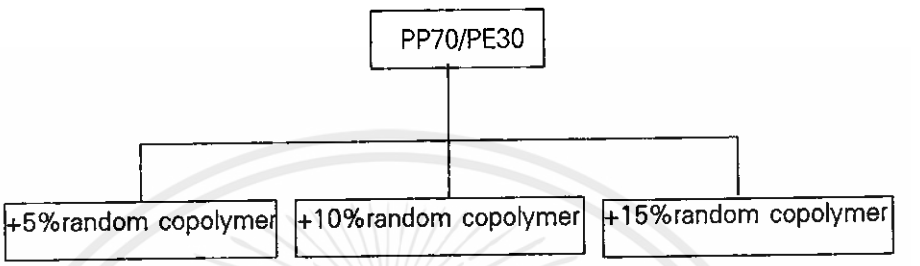
1.2

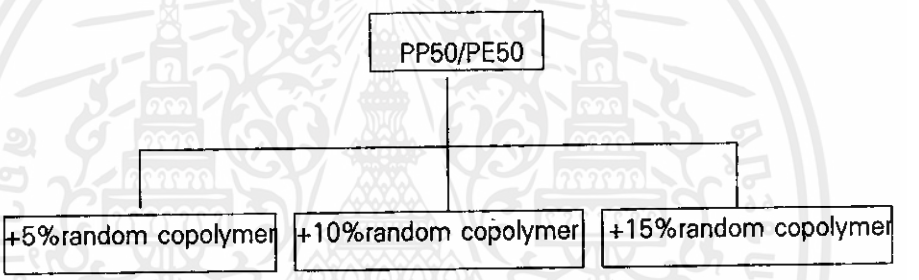


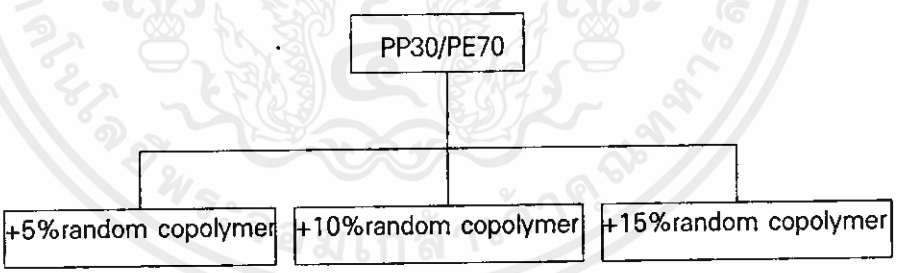
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

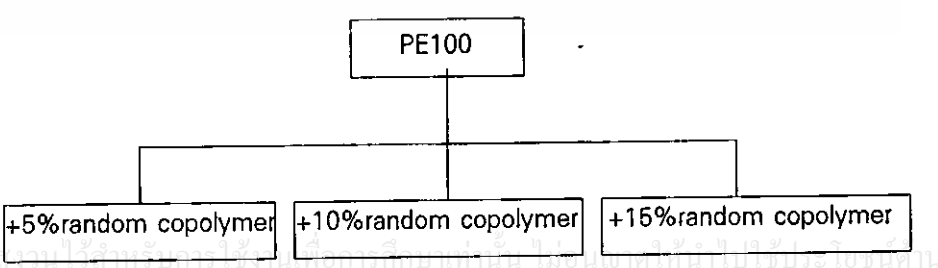
1.3











เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 . นำพอลิเมอร์ที่ผ่านการผสมแล้วมาทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นตัดเป็นเม็ดด้วยเครื่องโม่ตัด

3. นำเม็ดที่ได้จากการตัด มาฉีดขึ้นรูป โดยใช้แม่พิมพ์รูป Tensile bar และ Impact bar

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของรังสีแแกมมา

1. นำพอลิเมอร์ผสมที่ผ่านการฉีดขึ้นรูปในอัตราส่วนผสมดังข้อ 1.1 ตอนที่ 1 มาฉายรังสีแกมมา ด้วยความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์
2. นำพอลิเมอร์ผสมที่ผ่านการฉีดขึ้นรูปจากข้อที่ 1.1 ตอนที่ 1 ในอัตราส่วน PP50/PE50 มาฉายรังสีแกมมาที่ความเข้ม 50 100 150 200 และ 250 กิโลเกรย์

3.3.2 การทดสอบชิ้นงาน

นำชิ้นงานที่ได้จากตอนที่ 1 และตอนที่ 2 มาทดสอบสมบัติดังนี้

3.3.2.1 ทดสอบสมบัติเชิงกล

- ทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact resistance) โดยใช้เครื่อง impact tester

- ทดสอบสมบัติแรงดึง (Tensile property) ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (LLOYD) ขนาด 30 kN ใช้ความเร็วในการดึง 25 มิลลิเมตรต่อนาที ผลที่ได้นำมาคำนวน

1. หาค่าความทนแรงดึง จากสมการ

$$\text{Tensile strength} = F/A \quad \text{(MPa)}$$

2. หาค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด จากสมการ

$$\% \text{ Elongation at break} = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100 \quad (\%)$$

3. หาค่ามอดุลัสจากสมการ

$$\text{Modulus of elasticity} = \text{stress/strain} \quad \text{(MPa)}$$

เมื่อ F = แรงกระทำสูงสุดที่วัดได้

A = พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน

L = ความยาวสุดท้ายของชิ้นงาน

L_0 = ความยาวเริ่มต้นของชิ้นงาน

3.3.2.2 ตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา

นำชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทกไปศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยเครื่อง Scanning electron microscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.3 ตรวจหาอุณหภูมิหลอมผลึก (T_m) อุณหภูมิตกผลึก (T_c) เอนทาลปีของการหลอมผลึก (ΔH_m) และเอนทาลปีของการตกผลึก (ΔH_c) ของพอลิเมอร์ผสมด้วยเครื่องวิเคราะห์เชิงความร้อน

นำพอลิเมอร์ผสมที่ขึ้นรูปเพื่อทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทกมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ชั่งน้ำหนักให้อยู่ในช่วง 5-10 มิลลิกรัม จากนั้นมาทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC โดยใช้อัตราการให้ความร้อน 10 องศาเซลเซียล/นาที และอัตราการเย็นตัว 10 องศาเซลเซียล/นาที

3.3.2.4 การหาเปอร์เซ็นต์เจล

นำชิ้นงานที่ผ่านการฉายรังสีมาตัดและชั่งน้ำหนักที่แน่นอนไม่มากกว่า0.5กรัมใส่ลงในแผ่นตะแกรงทองเหลืองขนาด 1.5 x 2 นิ้ว แล้วพับขอบปิดชิ้นงานห่อเป็นรูปสี่เหลี่ยม ชั่งน้ำหนักห่อตะแกรงที่มีสารตัวอย่างบรรจุอยู่ภายใน ใส่ลงในขวดก้นกลม เติมสารต้านออกซิเดชันจำนวนเล็กน้อย (ปลายช้อนตักสาร) เติมตัวทำละลายไซลีนให้ท่วมชิ้นตัวอย่างสกัดเป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนตัวทำละลายทุก ๆ 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำออกจากขวดก้นกลม นำห่อตะแกรงที่ได้ไปอบให้แห้งในตู้อบสุญญากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนัก ทำการสกัดซ้ำและอบแห้ง จนกระทั่งน้ำหนักสารที่เหลืออยู่คงที่ นำค่าของน้ำหนักที่ชั่งได้ไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดเจล ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์เจล} = \frac{\text{น้ำหนักพอลิเมอร์หลังสกัด}}{\text{น้ำหนักพอลิเมอร์ก่อนสกัด}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

จากการทดลองจะแบ่งการศึกษาพอลิเมอร์ผสมออกเป็น 3 ส่วน คือ ศึกษาพอลิเมอร์ผสมเมื่อมีสารช่วยผสม ศึกษาพอลิเมอร์ผสมเมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ และศึกษาพอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วน 50/50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง โดยแต่ละส่วนจะประกอบด้วย ผลของสมบัติเชิงกล ผลของสมบัติทางความร้อน และสัณฐานวิทยา

4.1 ศึกษาผลของพอลิเมอร์ผสมเมื่อมีสารช่วยผสม

จะแบ่งเป็นพอลิเมอร์ผสมที่เติมสารช่วยผสมแบบบล็อกและแบบสุ่ม

4.1.1 ผลการศึกษาความทนทานต่อแรงกระแทก

ก. เมื่อใช้สารช่วยผสมแบบบล็อก

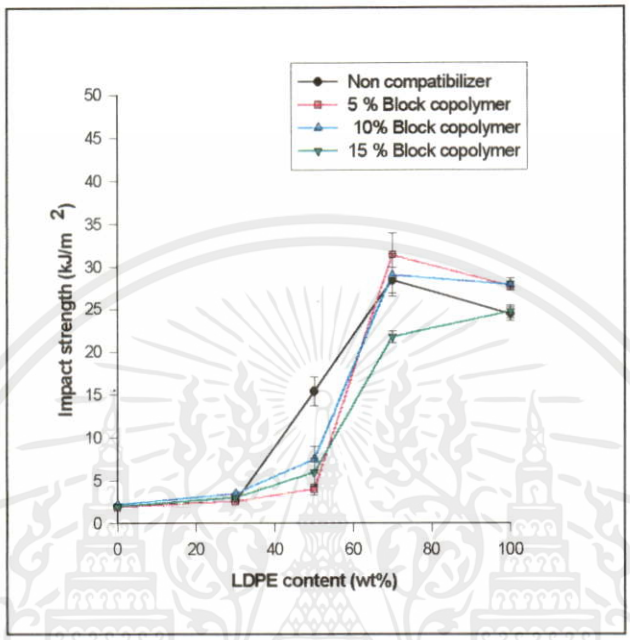
จากรูปที่ 4.1 พบว่าค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่เพิ่มขึ้นโดยที่อัตราส่วน PP30/LDPE70 ให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมีความสามารถในการรับแรงกระแทกได้ดี ในระบบที่มีแต่พอลิพรอพิลีนเมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกลงไปจะไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าความทนทานต่อแรงกระแทกเลยแต่จะเริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงเมื่อปริมาณของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากสารช่วยผสมทำให้เกิดการเกี่ยวพันของสายโซ่โมเลกุลระหว่าง PP กับ PE มากขึ้น นอกจากนี้พบว่าความทนทานต่อแรงกระแทกขึ้นกับปริมาณสารช่วยผสมที่เพิ่มขึ้นด้วย (5%>10%>15%) อย่างไรก็ตามค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของกลุ่มนี้อัตราส่วนของการผสมยังมีบทบาทที่สำคัญอยู่

จากรูปที่ 4.2 พบว่าค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอธิบายได้เช่นเดียวกับในกรณีของ LDPE พบว่าที่อัตราส่วน PP30/LLDPE70 ให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกสูงที่สุด เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกลงไปค่าความทนทานต่อแรงกระแทกสูงขึ้นเล็กน้อย เมื่อเพิ่มสารช่วยผสมและมีพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นผสมอยู่ ส่วนในระบบที่มีแต่พอลิพรอพิลีนไม่มีการเปลี่ยนแปลง

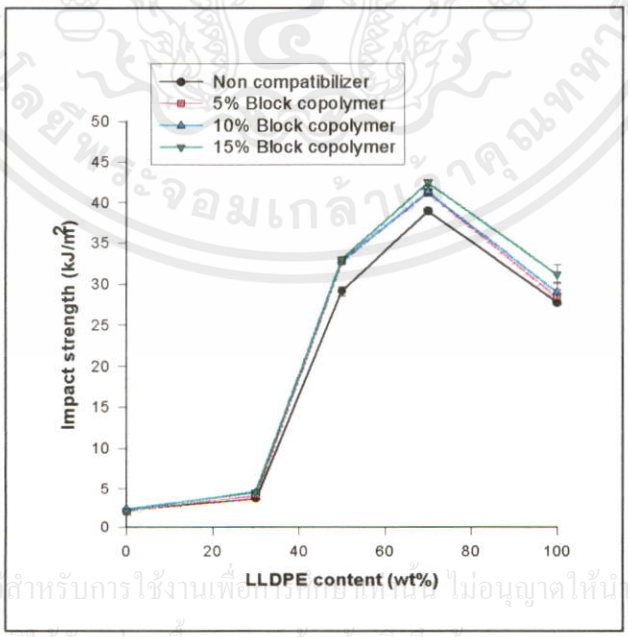
เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

จากรูปที่ 4.3 พบว่าค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE มีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ซึ่งให้เหตุผลได้เช่นเดียวกับในกรณีของ

LDPE และ LLDPE โดยในระบบที่มีแต่พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกสูงสุด เพราะโครงสร้างโมเลกุลมีความเป็นผลึกสูงสุด เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกลงไปช่วยให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกมีแนวโน้มสูงขึ้นโดยปริมาณสารช่วยผสม เมื่อมีอัตราส่วนผสมของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงอยู่มากขึ้น

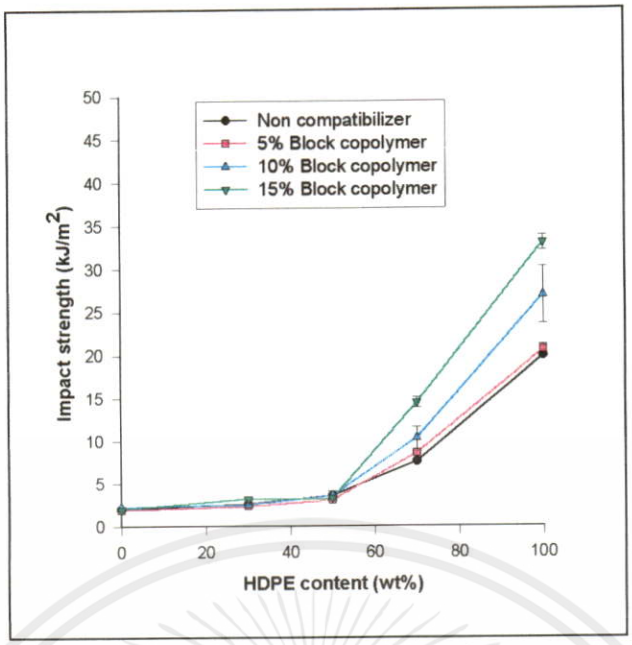


รูปที่ 4.1 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.3 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

ข. เมื่อใช้สารช่วยผสมแบบสุ่ม

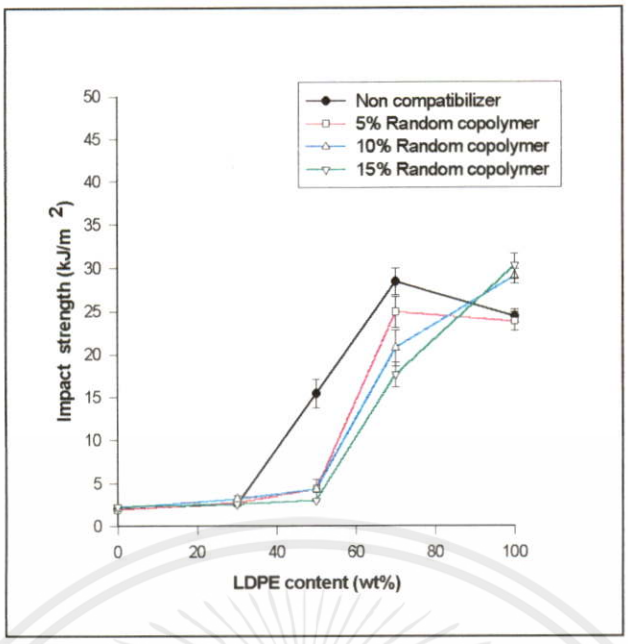
ผลที่ได้เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มแสดงในรูปที่ 4.4-4.6

จากรูปที่ 4.4 พบว่าเมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มลงในพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ให้ผลค่าความทนทานต่อแรงกระแทกแนวโน้มเช่นเดียวกันกับการเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ยกเว้นในอัตราส่วน PP30/LDPE70 ที่ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณสารช่วยผสมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากอิทธิพลของสารช่วยผสมแบบสุ่มที่มีปริมาณพอลิพรอพิลีนมากเข้าไปขัดขวางการเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสม

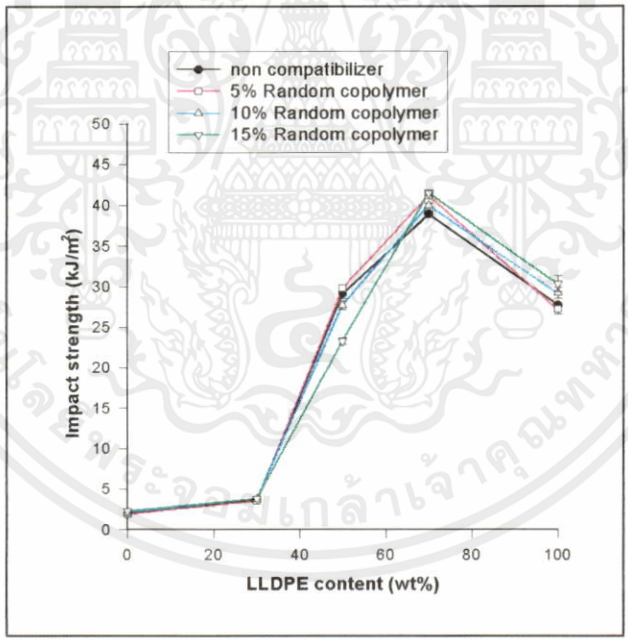
จากรูปที่ 4.5 พบว่าเมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มลงในพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE จะให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกใกล้เคียงกันในทุกอัตราส่วนพอลิเมอร์ผสมและคล้ายคลึงกับการเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก

จากรูปที่ 4.6 พบว่าเมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มลงในพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE จะทำให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกในระบบที่มีพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเป็นองค์ประกอบหลักเพิ่มขึ้น โดยปริมาณ 5%>10%>15% ซึ่งค่าที่ได้นี้ตรงข้ามกับผลการทดลองเมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกส่วนในอัตราส่วนอื่นๆ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

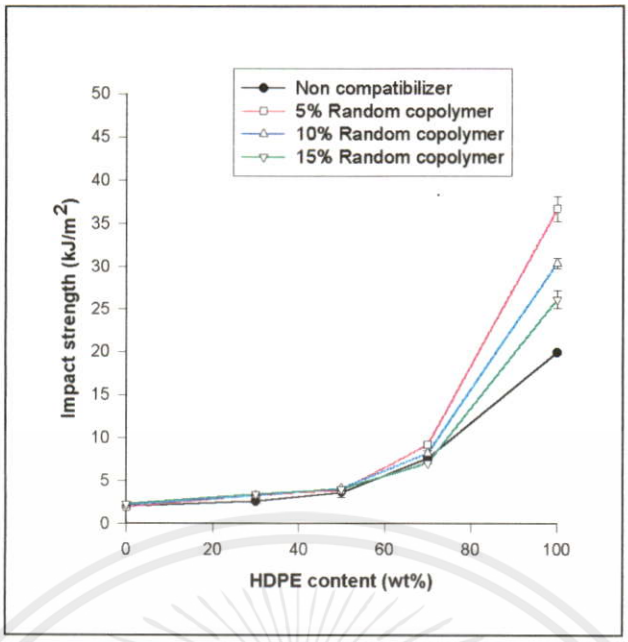


รูปที่ 4.4 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มใน ปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.5 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มใน ปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

สรุป ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกจะขึ้นอยู่กับชนิดและอัตราส่วนของคู่พอลิเมอร์ผสม โดยคู่พอลิเมอร์ผสมพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นให้ค่าสูงสุด รองลงมาเป็นพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง การเติมสารช่วยผสมแบบล็อกหรือแบบสุ่มจะไม่ทำให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสมในระบบที่มีพอลิพรอพิลีนเป็นองค์ประกอบหลักเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสารช่วยผสมมีปริมาณของพรอพิลีนอยู่ในปริมาณมาก แต่จะส่งผลต่อพอลิเอทิลีน การทดลองพบว่า สารช่วยผสมแบบสุ่มปริมาณไม่มากนักมีผลทำให้ความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับการใช้สารช่วยผสมแบบบล็อกปริมาณมาก

4.1.2 ศึกษาผลของความทนแรงดึง

ก. เมื่อใช้สารช่วยผสมแบบบล็อก

ผลของค่าความทนแรงดึงที่ได้จากการเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก แสดงในรูปที่ 4.7-4.9

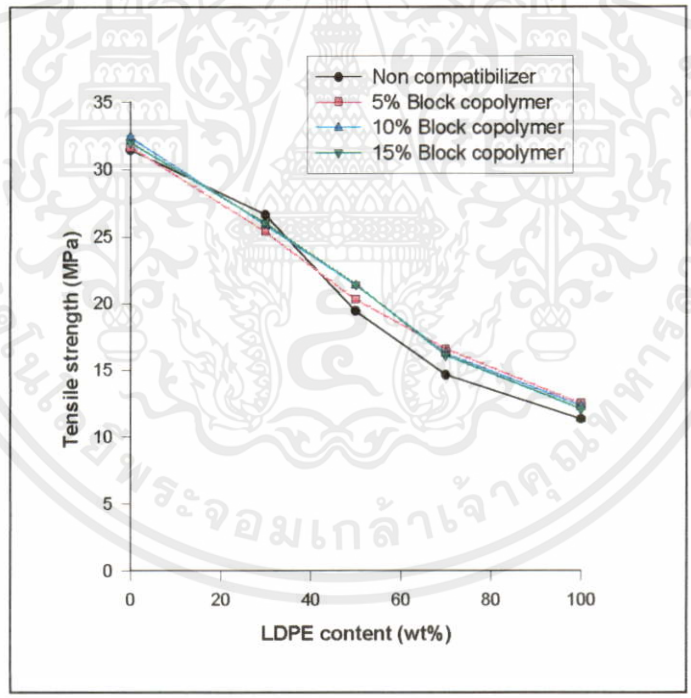
จากรูปที่ 4.7 พบว่าค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่เพิ่มขึ้นเพราะพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมีความสามารถในการทนแรงดึงต่ำ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกลงไปค่าความทนแรงดึงในทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนของพอลิเมอร์ผสมสูงขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากสารช่วยผสมมีปริมาณของพอลิพรอพิลีนอยู่มากการดังนั้นการเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกลงไปจึงเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณของพอลิพรอพิลีน

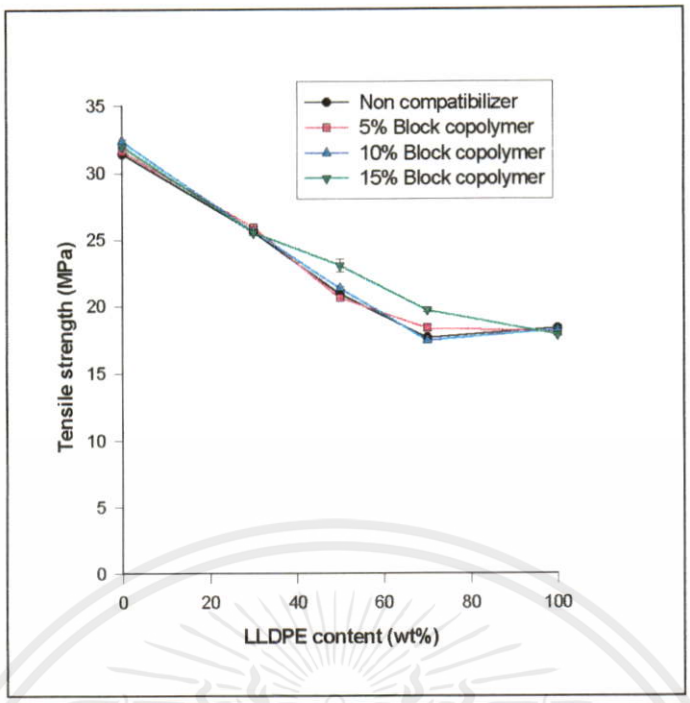
จากรูปที่ 4.8 พบว่าค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE มีลักษณะเช่นเดียวกับ PP/LDPE คือมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น อธิบายได้เช่นเดียวกับกรณีของ LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกพบว่า ปริมาณสารช่วยผสมที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความทนแรงดึงสูงขึ้นเล็กน้อย โดยเฉพาะที่อัตราส่วน PP50/LLDPE50 และ PP30/LLDPE70

จากรูปที่ 4.9 พบว่าค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ มีค่าลดลงเล็กน้อยตามปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงมีค่าความทนแรงดึงใกล้เคียงกัน การเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกลงไปจะทำให้ค่าความทนแรงดึงในทุกอัตราส่วนของพอลิเมอร์ผสมลดลง โดยเฉพาะเมื่อมีสารช่วยผสมอยู่ร้อยละ 15

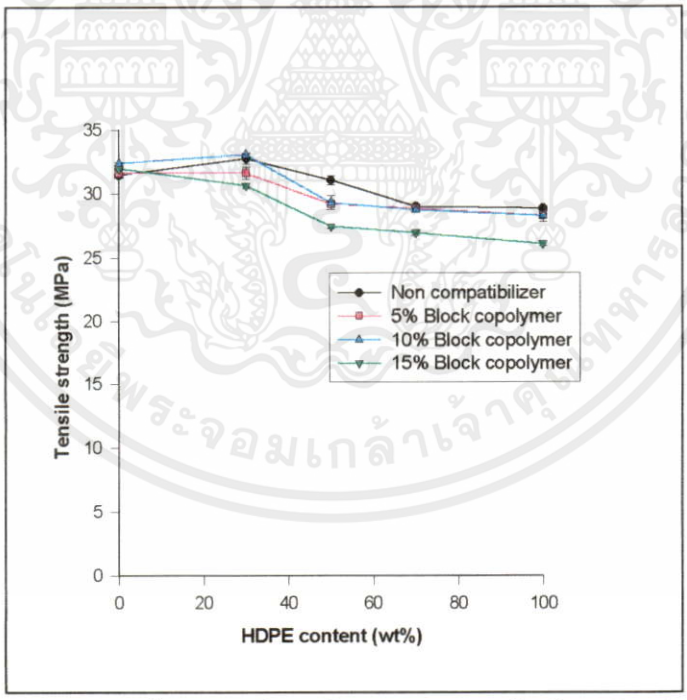


รูปที่ 4.7 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผสมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.9 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

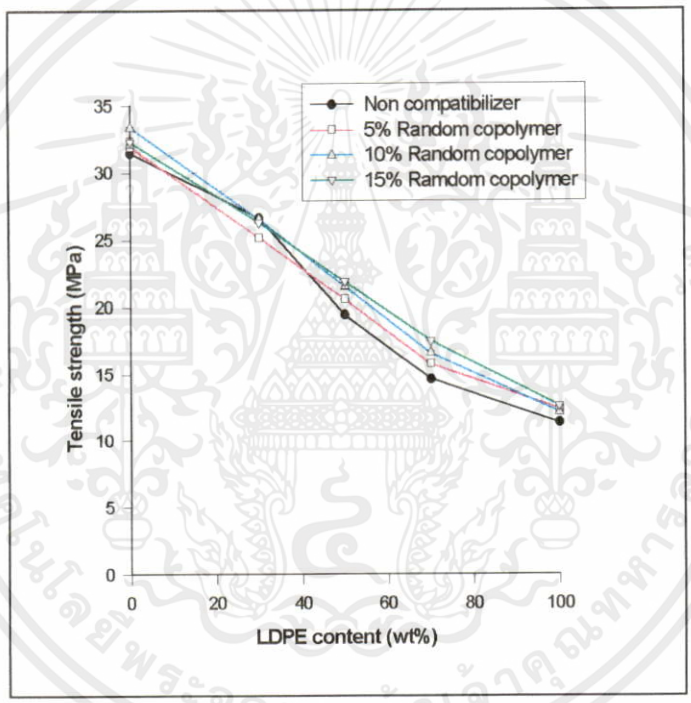
ข. เมื่อใช้สารช่วยผสมแบบสุ่ม

ผลที่ได้แสดงในรูป 4.10-4.12

จากรูปที่ 4.10 พบว่าค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มจะให้ผลเช่นเดียวกันกับการเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกคือลดลงตามปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่เพิ่มขึ้น

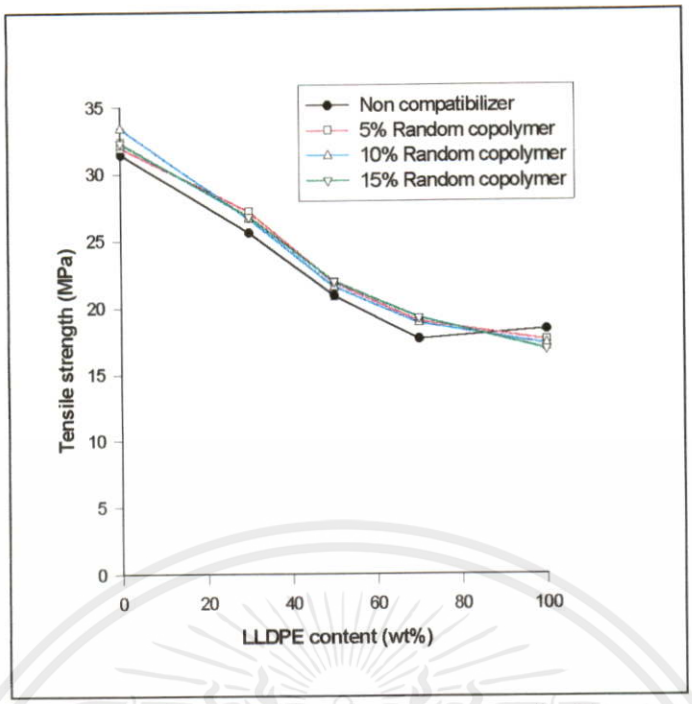
จากรูปที่ 4.11 พบว่าค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันกับการเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก

จากรูปที่ 4.12 พบว่าค่าความทนแรงดึงเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันกับการเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก

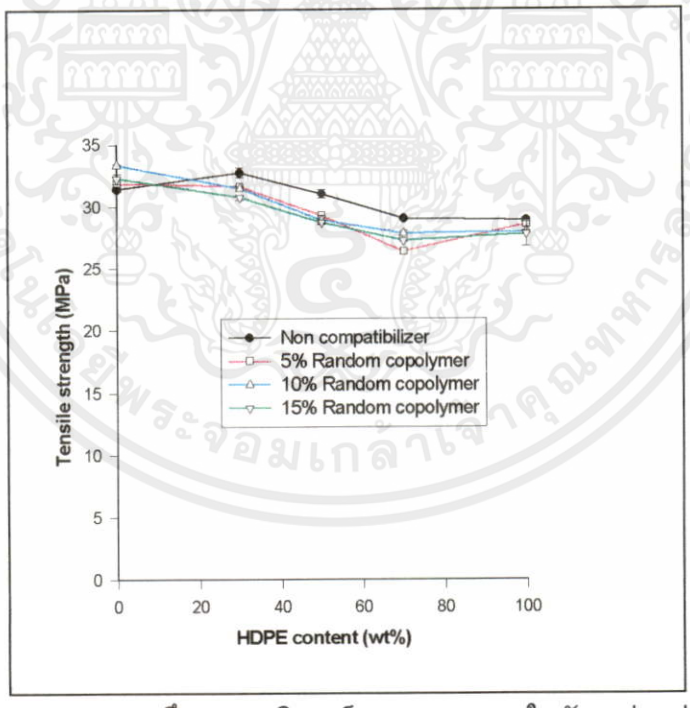


รูปที่ 4.10 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.12 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป การเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกหรือแบบสุ่มไม่ช่วยปรับปรุงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีน

4.1.3 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น

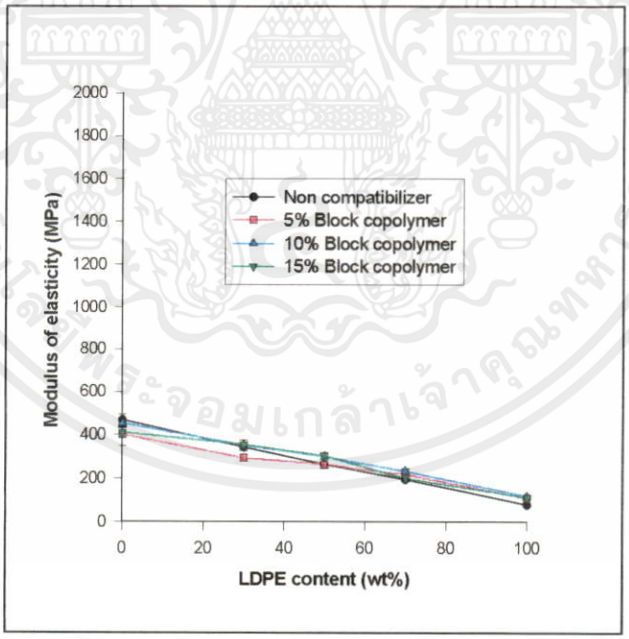
ก. เมื่อใช้สารช่วยผสมแบบบล็อก

ผลที่ได้แสดงในรูป 4.13-4.15

จากรูปที่ 4.13 พบว่าค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่เพิ่มขึ้นเพราะพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมีค่ามอดุลัต่ำกว่าพอลิพรอพิลีน การเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกลงไปจะไม่ทำให้ค่ามอดุลัสเปลี่ยนแปลง

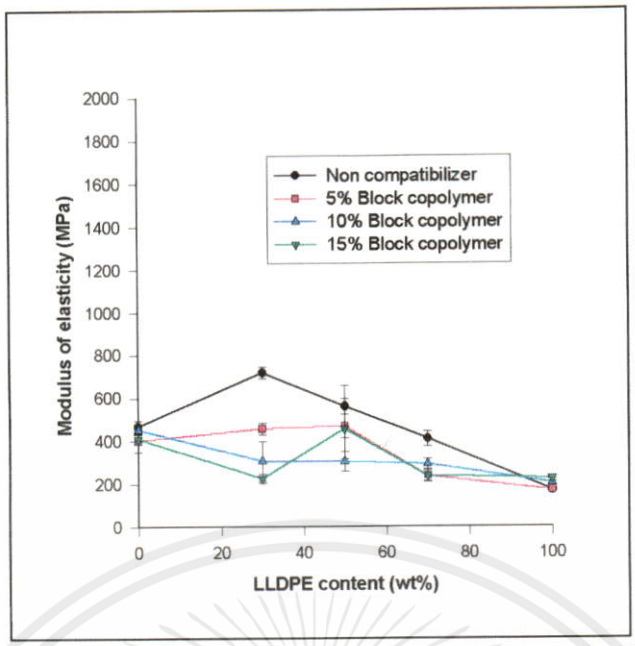
จากรูปที่ 4.14 พบว่าค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับในกรณีของ LDPE การเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกทำให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นลดลง

จากรูปที่ 4.15 พบว่าค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับ LDPE และ LLDPE ยกเว้นในอัตราส่วน PP70/HDPE30 ที่ให้ค่ามอดุลัสสูงที่สุด การเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกส่งผลให้ค่ามอดุลัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

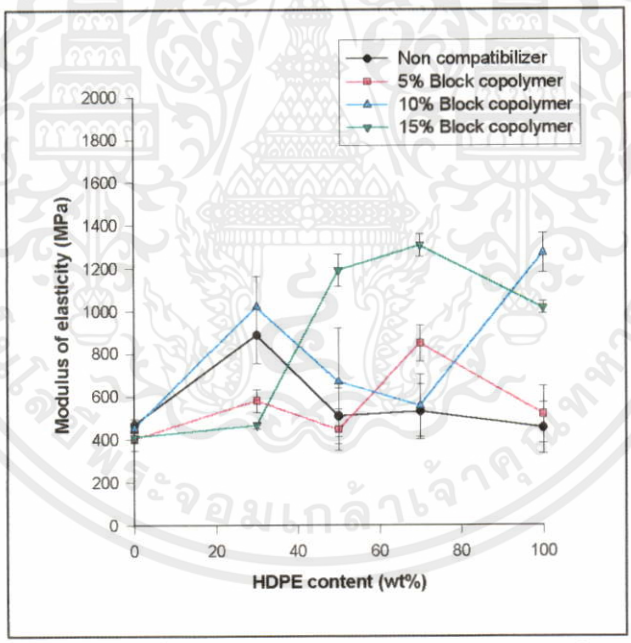


รูปที่ 4.13 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.15 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

ข. เมื่อใช้สารช่วยผสมแบบสุ่ม

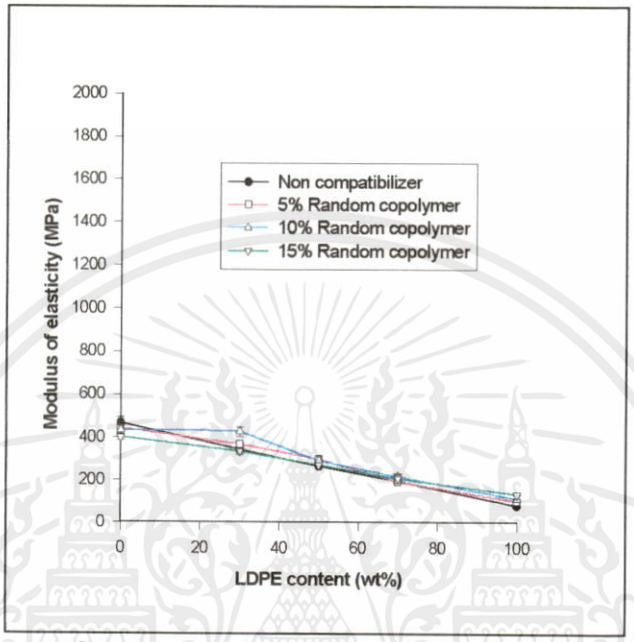
แสดงผลในรูป 4.16-4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

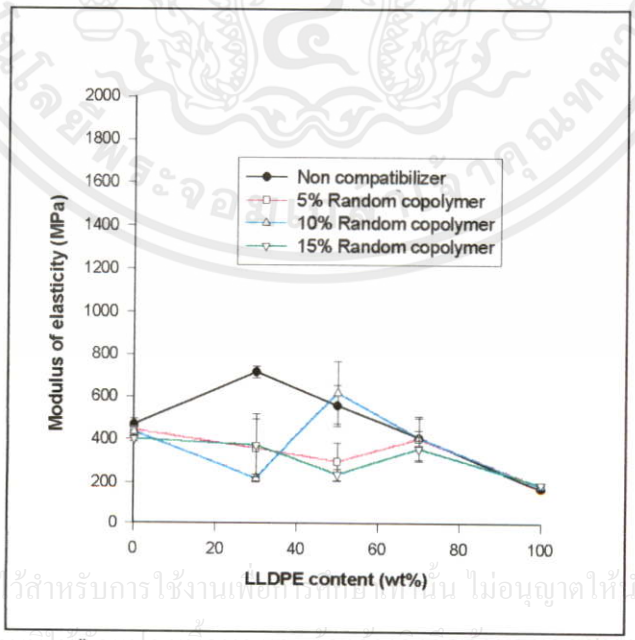
จากรูปที่ 4.16 พบว่าการเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มลงในพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE จะไม่ทำให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับการเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก

จากรูปที่ 4.17 พบว่าการเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มลงในพอลิเมอร์ผสมPP/LLDPE จะทำให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับการเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก

จากรูปที่ 4.18 พบว่าการเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มลงในพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE จะส่งผลให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

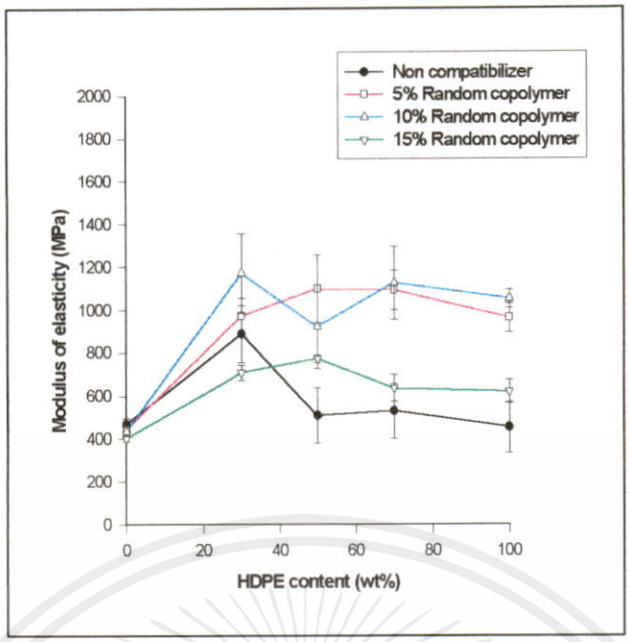


รูปที่ 4.16 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.17 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.18 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

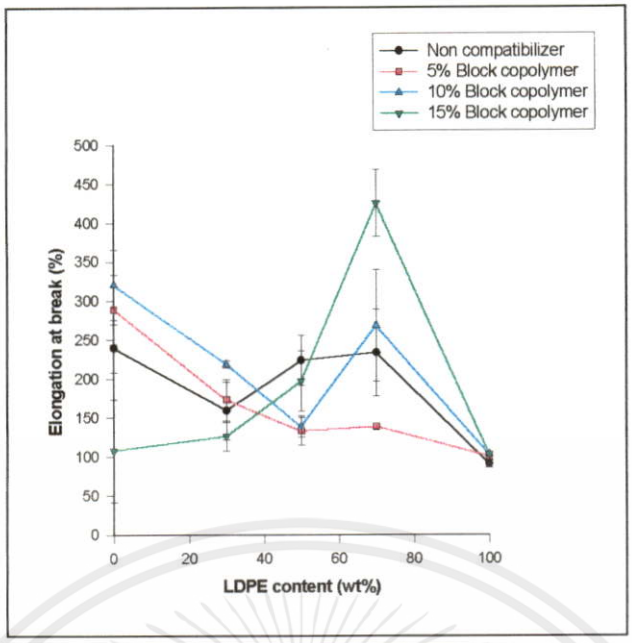
สรุป ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำที่เพิ่มขึ้น การเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกหรือแบบสุ่มจะไม่ทำให้ค่ามอดุลัสเปลี่ยนแปลง ส่วนพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE การเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกหรือแบบสุ่มค่ามอดุลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่เมื่อเติมสารช่วยผสมลงใน PP/HDPE ทำให้ค่ามอดุลัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

4.1.4 ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด

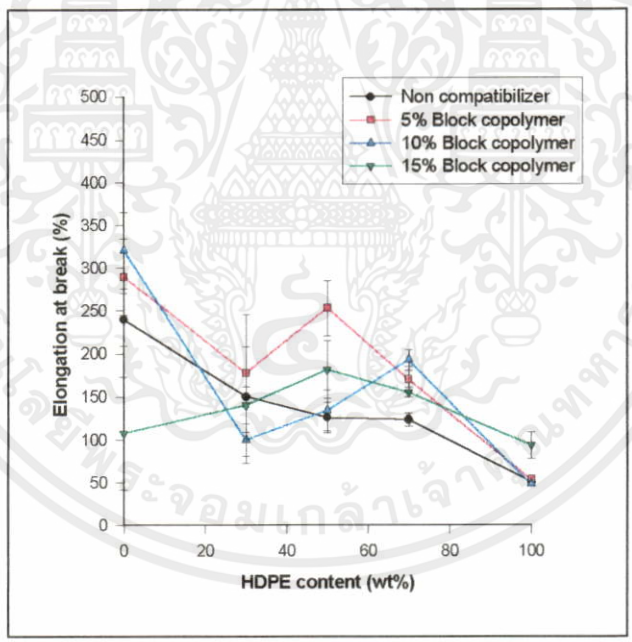
ก. เมื่อใช้สารช่วยผสมแบบบล็อก

จากรูปที่ 4.19 และ 4.20 พบว่าค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสมมีแนวโน้มลดลงตามพอลิเอทิลีนที่เพิ่มขึ้น การเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก ส่งผลต่อค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดในลักษณะต่างๆ กันขึ้นกับคู่พอลิเมอร์ผสม และปริมาณสารช่วยผสม สำหรับคู่พอลิเมอร์ผสม PP30/LDPE70 เมื่อมีสารช่วยผสมร้อยละ 15 จะให้ค่าร้อยละการยืดสูงที่สุด ส่วนคู่พอลิเมอร์ผสม PP50/HDPE50 เมื่อมีสารช่วยผสมร้อยละ 5 จะให้ค่าร้อยละการยืดสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



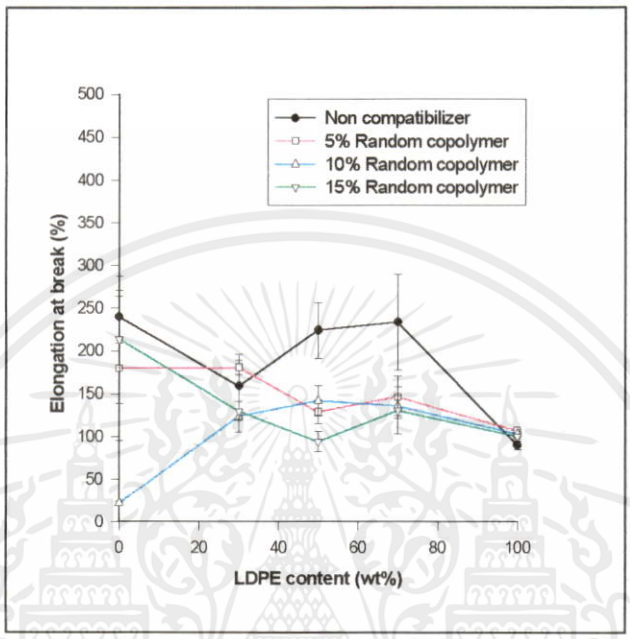
รูปที่ 4.20 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

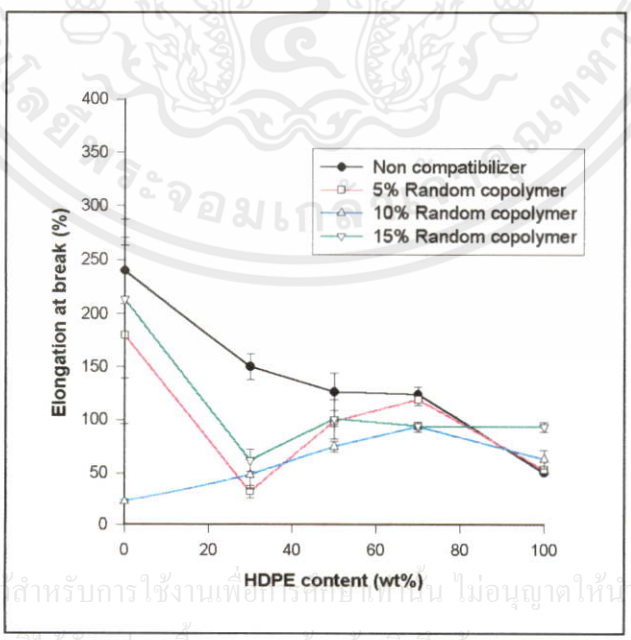
ข. เมื่อใช้สารช่วยผสมแบบสุ่ม

ผลของค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดเมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มแสดงในรูป 4.21-4.22

จากรูปที่ 4.21 และ 4.22 พบว่าการเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มจะทำให้ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดลดลง โดยเฉพาะในอัตราส่วนที่มีพอลิพรอพิลีนผสมอยู่



รูปที่ 4.21 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.22 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP /HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

สรุป การเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกจะทำให้ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดเพิ่มขึ้น และการเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มจะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณจุดขาดลดลง

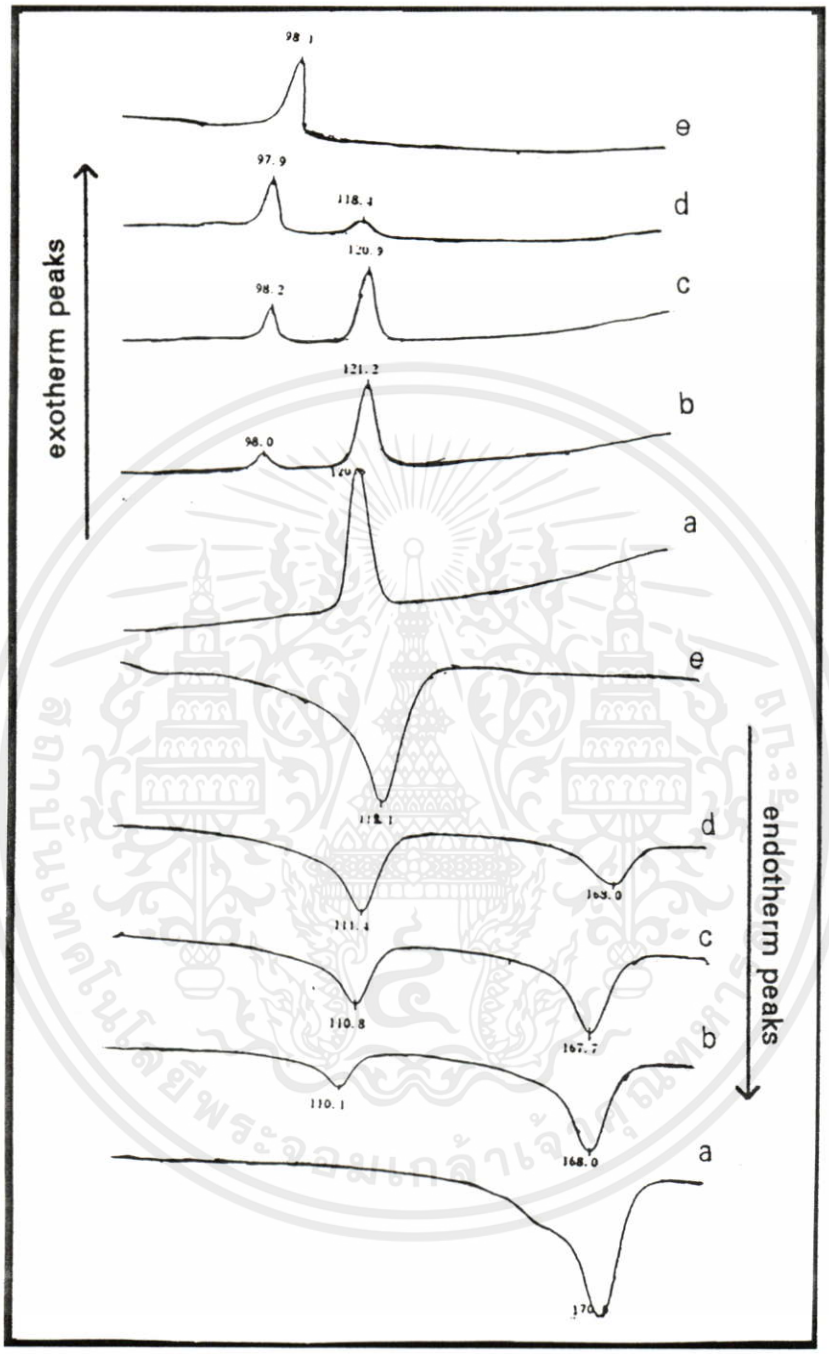
สำหรับคู่พอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ให้ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดมากกว่า 500 ไม่ว่าจะเติมหรือไม่เติมสารช่วยผสม

4.1.5 ศึกษาสมบัติทางความร้อน

การศึกษาสมบัติทางความร้อนจะศึกษาอุณหภูมิการหลอมผลึกเมื่อผลึกได้รับความร้อนและอุณหภูมิการตกผลึกเมื่อผลึกถูกทำให้เย็นลงแล้วคายความร้อนออกมา

จากรูปที่ 4.23 จะพบว่าอุณหภูมิหลอมผลึกและอุณหภูมิตกผลึกของทั้งพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทิลีนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อมีการผสมกัน แสดงว่าพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทิลีนไม่มีอัตรกิริยาเกิดขึ้น เห็นได้จากมี 2 พีกของอุณหภูมิอย่างเด่นชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

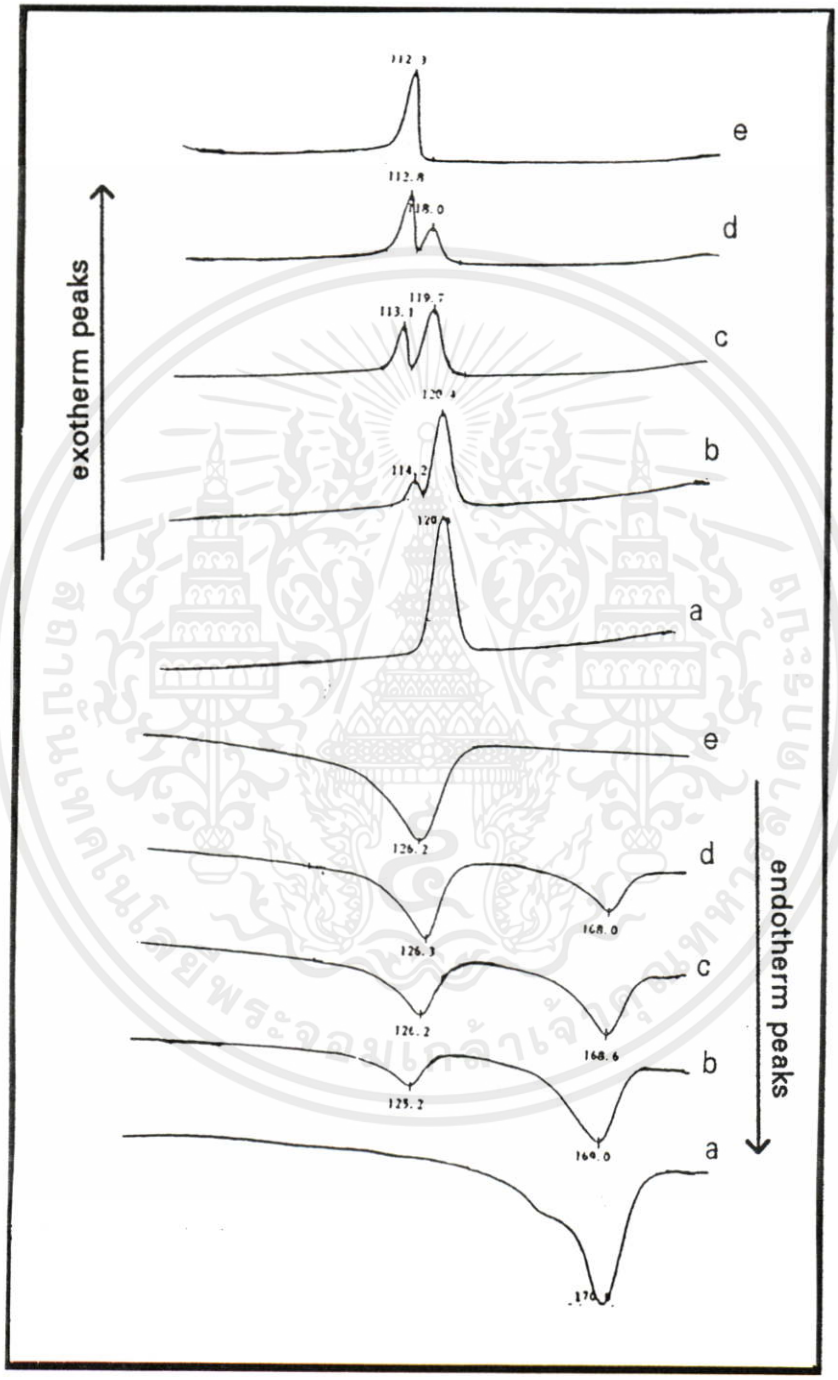


รูปที่ 4.23 แสดงอุณหภูมิหลอมผลึกและตกผลึกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ

(a) PP100 (b)PP70/LDPE30 (c) PP50/LDPE50 (d) PP30/LDPE70 (e) LDPE100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

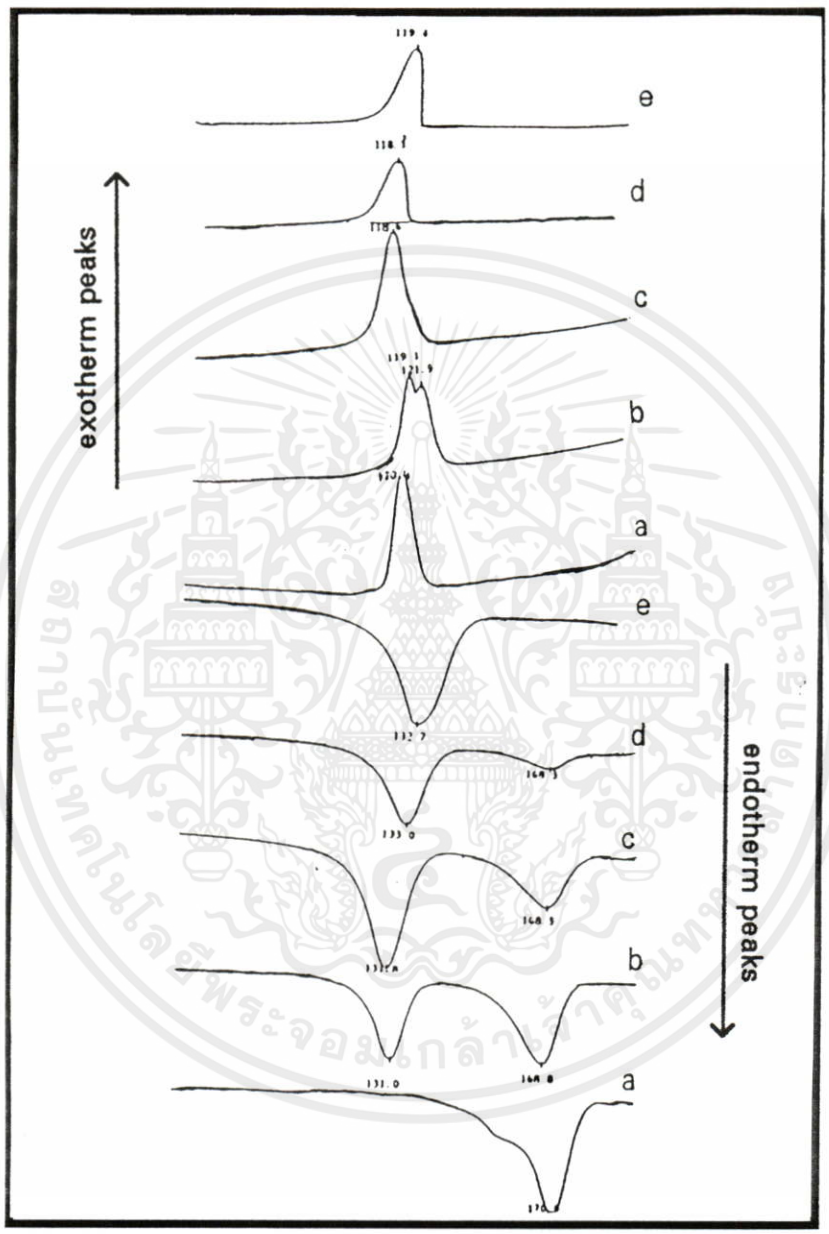
จากรูปที่ 4.24 พบว่าอุณหภูมิหลอมผลึกและอุณหภูมิตกผลึกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE มีลักษณะเช่นเดียวกับของ PP/LDPE คือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อผสมพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นเข้าด้วยกัน



รูปที่ 4.24 แสดงอุณหภูมิหลอมผลึกและอุณหภูมิตกผลึกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ (a) PP100 (b) PP70/LLDPE30 (c) PP50/LLDPE50 (d) PP30/LLDPE70 (e) LLDPE100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.25 พบว่าอุณหภูมิการหลอมผลึกของพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงไม่เปลี่ยนแปลง แต่อุณหภูมิการตกผลึกเกิดการเปลี่ยนแปลง คือมีอุณหภูมิของการตกผลึกเพียงจุดเดียวแสดงว่ามีการตกผลึกร่วมกันเกิดขึ้น



รูปที่ 4.25 แสดงอุณหภูมิหลอมผลึกและตกผลึกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ

(a) PP100 (b) PP70/HDPE30 (c) PP50/HDPE50 (d) PP30/HDPE70 (e) HDPE100

สรุป การผสมกันของพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทิลีนจะไม่ทำให้อุณหภูมิของการหลอมผลึกและตกผลึกเกิดการเปลี่ยนแปลง ยกเว้นในกรณีของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเกิดการตกผลึกร่วมกับพอลิพรอพิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 ผลการศึกษาสัณฐานวิทยา

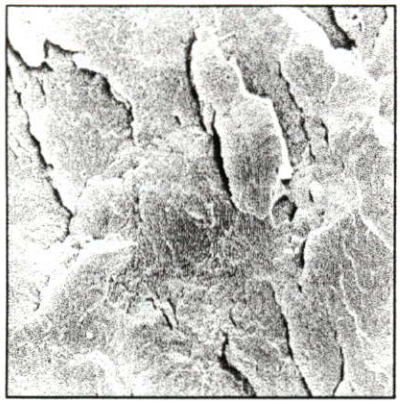
การศึกษาสัณฐานวิทยาจะแบ่งออกเป็น สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมเมื่อไม่มีสารช่วยผสม เมื่อมีสารช่วยผสมแบบบล็อก และเมื่อมีสารช่วยผสมแบบสุ่ม

ก. เมื่อไม่มีสารช่วยผสม

รูปที่ 4.26 แสดงให้เห็นสันฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมที่ได้จากการทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทกซึ่งมีลักษณะต่าง ๆ กันตามอัตราส่วนในการผสม พอลิพรอพิลีน (a) จะมีลักษณะเป็นแผ่นแข็งแบบต่อเนื่อง ในขณะที่พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (e) มีลักษณะแผ่นบาง ในอัตราส่วนที่มีปริมาณพอลิพรอพิลีนผสมอยู่มาก (b) พอลิพรอพิลีนจะทำหน้าที่เป็นวัฏภาคต่อเนื่อง (Continuous phase) ในขณะที่พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำจะทำหน้าที่เป็นวัฏภาคกระจายอยู่ทั่วไปในส่วนของพอลิพรอพิลีน สำหรับอัตราส่วนที่มีปริมาณพอลิพรอพิลีนเท่ากับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (c) จะเห็นลักษณะของพอลิพรอพิลีนเป็นแผ่นเชื่อมโยงอยู่กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและในอัตราส่วนที่มีพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำอยู่ในปริมาณมาก (d) จะเห็นพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำปกคลุมพอลิพรอพิลีนอยู่ ซึ่งลักษณะนี้ทำให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสมมีค่าเพิ่มขึ้น

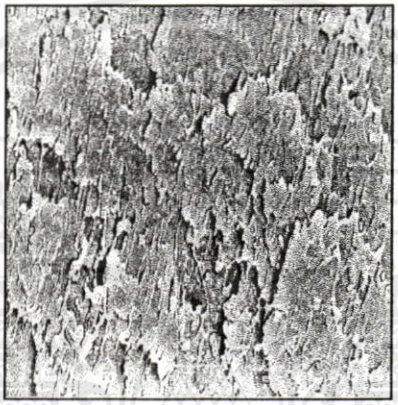
ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสารช่วยผสม (แสดงในภาคผนวก ง) สารช่วยผสมที่เป็นแบบบล็อกจะมีสัณฐานวิทยาเหมือนกับการผสมกันของพอลิพรอพิลีนร้อยละ 70 โดยน้ำหนักกับพอลิเอทิลีนร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก และสารช่วยผสมแบบสุ่มจะมีสัณฐานวิทยาเหมือนกับพอลิพรอพิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

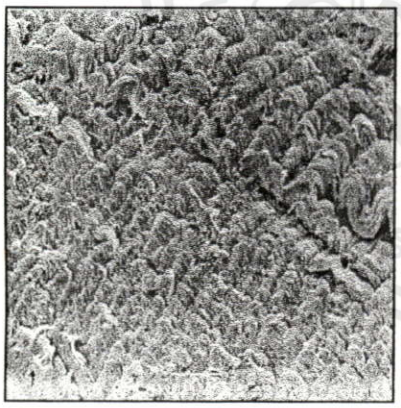


(a) PP100

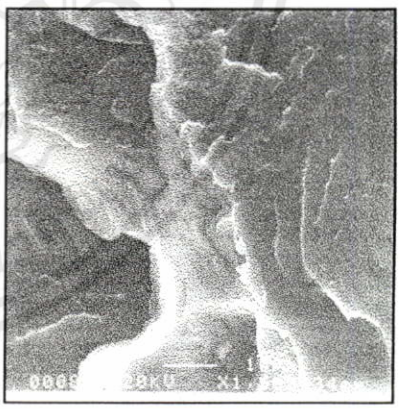
(b) PP70/LDPE30



(c) PP50/LDPE50



(d) PP30/LDPE70



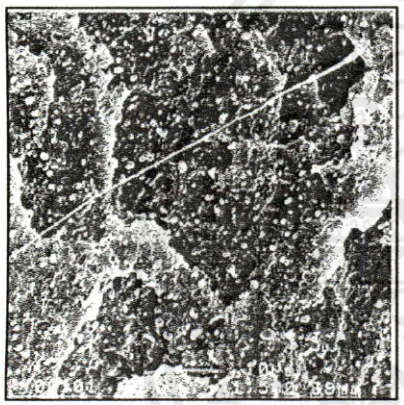
(e) LDPE100

รูปที่ 4.26 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมPP/LDPEในอัตราส่วนต่างๆ กำลังขยาย1,500เท่า

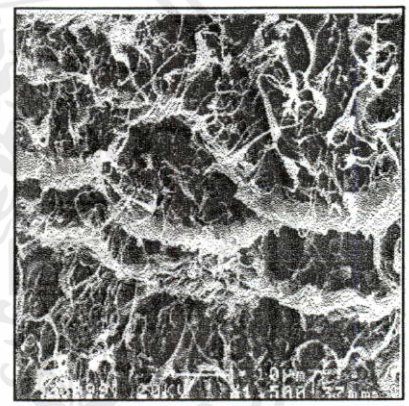
(a) PP100 (b) PP70/LDPE30 (c) PP50/LDPE50 (d) PP30/LDPE70 (e) LDPE100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.27 แสดงให้เห็นสัณฐานวิทยาของ PP/LLDPE ที่ได้จากการทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก ในอัตราส่วนที่มีปริมาณพอลิพรอพิลีนอยู่มาก (a) จะเห็นลักษณะแผ่นพอลิพรอพิลีนเป็นวัฏภาคต่อเนื่องอย่างเด่นชัดโดยมีพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นกระจายตัวคล้ายฟองอากาศอยู่ (วัฏภาคกระจาย) ในอัตราส่วนที่มีพอลิพรอพิลีนเท่ากับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (b) จะมีลักษณะคล้ายเส้นใยซึ่งเป็นส่วนที่พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นยืดออกก่อนขาดกระจายอยู่ในวัฏภาคต่อเนื่องของ PP ส่วนในอัตราส่วนที่มีพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นอยู่ในปริมาณมาก (c) และ (d) จะเห็นลักษณะของส่วนที่ยืดออกก่อนขาดของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นอย่างเด่นชัด จากการทดลองพบว่าสัณฐานวิทยาแบบ (c) ให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกสูงสุด เนื่องจากอิทธิพลของโครงสร้างโมเลกุลของ LLDPE ที่มีลักษณะเด่นกว่าโครงสร้างของ PP

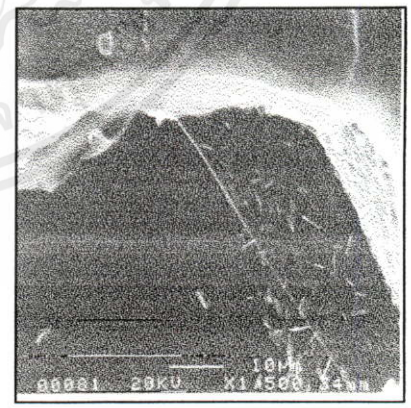


(a) PP70/LLDPE30



(b) PP50/LLDPE50

(c) PP30/LLDPE70

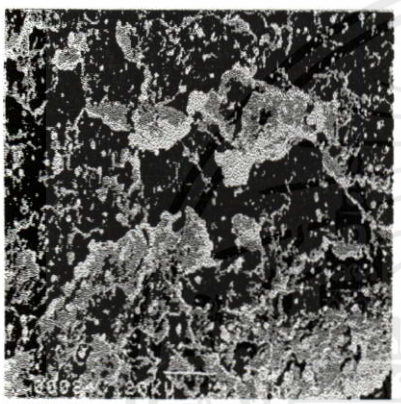


(d) LLDPE100

รูปที่ 4.27 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมของ PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ กำลังขยาย 1,500 เท่า (a) PP70/LLDPE30 (b) PP50/LLDPE50 (c) PP30/LLDPE70 (d) LLDPE100

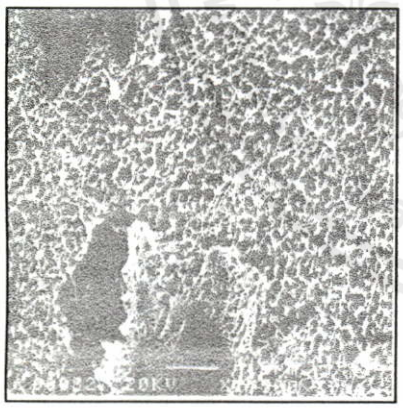
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.28 แสดงสัณฐานวิทยาของ PP/HDPE ที่ได้จากการทดสอบความทนต่อแรงกระแทก พบว่าสัณฐานวิทยาของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (d) มีการกระจายตัวของสายโซ่โมเลกุลน้อยกว่าอัตราส่วนผสมอื่นๆ เมื่อมีปริมาณของพอลิพรอพิลีนผสมอยู่ในปริมาณเล็กน้อย (c) การกระจายตัวระหว่าง PP/HDPE มีมากขึ้นขนาดของ HDPE เล็กลง ในอัตราส่วนที่มีพอลิพรอพิลีนเท่ากับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (b) จะเห็นลักษณะการกระจายของพอลิเมอร์ทั้งสองละเอียดขึ้นอยู่รวมกันเป็นกลุ่มและอัตราส่วนที่มีพอลิพรอพิลีนผสมอยู่ในปริมาณมาก (a) พอลิพรอพิลีนเป็นแผ่นอยู่เป็นจำนวนมากและมีพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงแทรกตัวอยู่เล็กน้อย พบว่าสัณฐานวิทยาแบบ (d) ให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกสูงสุด

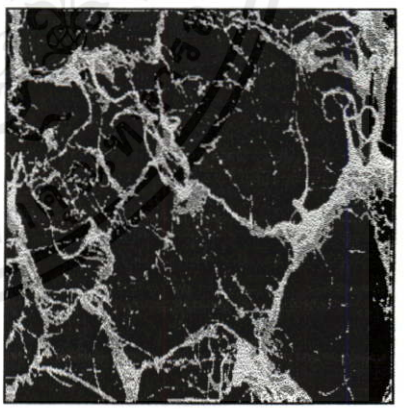


(a) PP70/HDPE30

(b) PP50/HDPE50



(c) PP30/HDPE70



(d) HDPE100

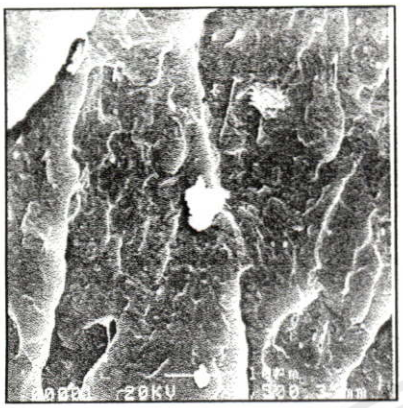
รูปที่ 4.28 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ กำลังขยาย 1,500 เท่า (a) PP70/HDPE30 (b) PP50/HDPE50 (c) PP30/HDPE70 (d) HDPE100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

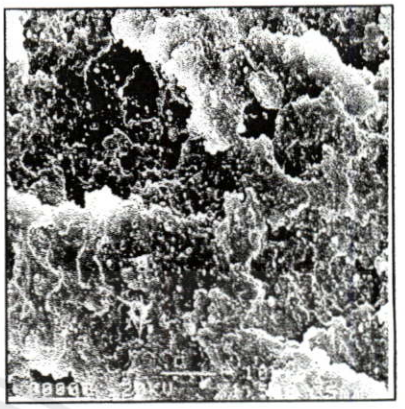
สรุป สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมจะขึ้นอยู่กับชนิดของคู่พอลิเมอร์และปริมาณที่ใช้ในการผสม

ข. เมื่อมีสารช่วยผสมแบบบล็อก

จากรูปที่ 4.29 สัณฐานวิทยาแบบ (d) ให้ค่าสูงสุดค่าความทนทานต่อแรงกระแทก

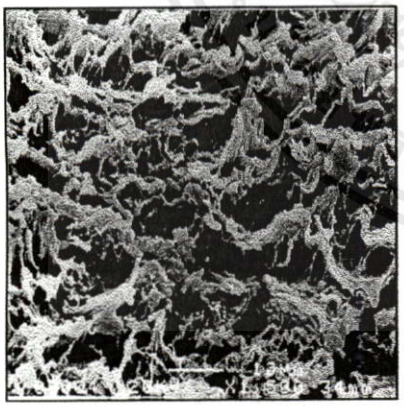


(a)

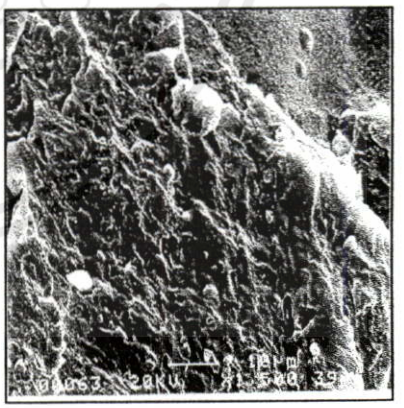


(b)

(c)



(d)

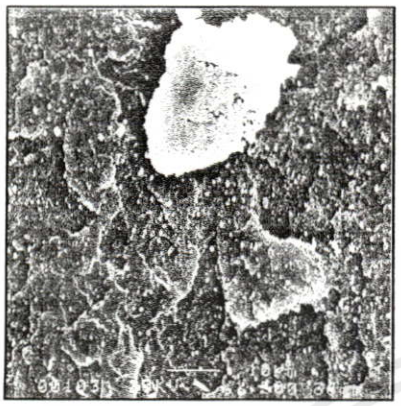


(e)

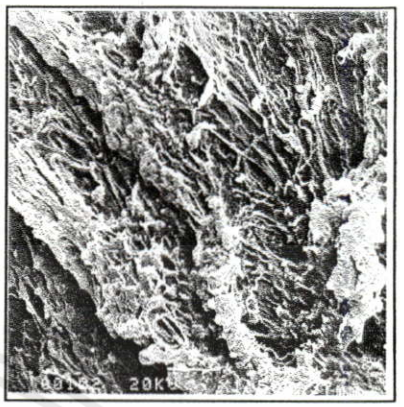
รูปที่ 4.29 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อกในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก กำลังขยาย 1,500เท่า (a) PP100+5%block copolymer (b) PP70/LDPE30+5%block copolymer (c) PP50/LDPE50+5%block copolymer (d) PP30/LDPE70+5%block copolymer (e) LDPE100+5%block copolymer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับคู่ผสมของ PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกลงไป พบว่าสัณฐานวิทยาแบบ (c) ให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกสูงที่สุด เนื่องจากในอัตราส่วนนี้มีการผสมกันได้ดี

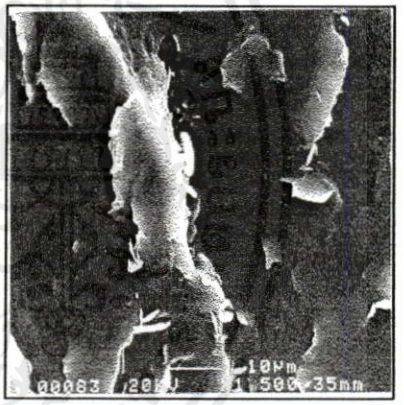


(a)



(b)

(c)



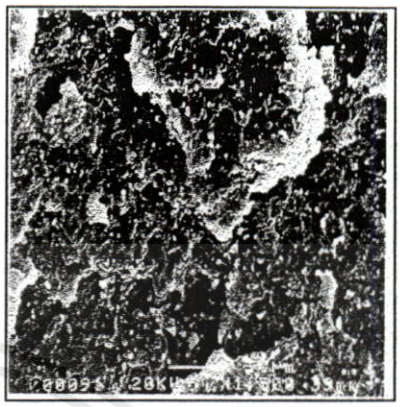
(d)

รูปที่ 4.30 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (a) PP70/LLDPE30+5%block copolymer (b) PP50/LLDPE50 +5% block copolymer (c) PP30/LLDPE70+5% block copolymer (d) LLDPE100+5%block copolymer

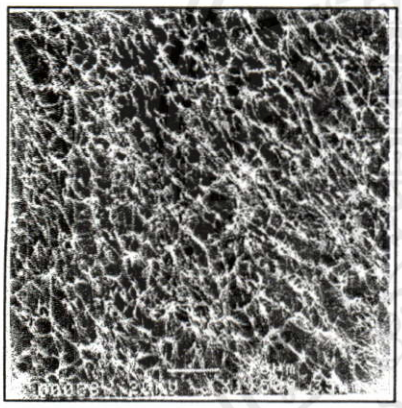
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.31 แสดงสัณฐานวิทยาของ PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก สัณฐานวิทยาแบบ (d) ให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกสูงที่สุด

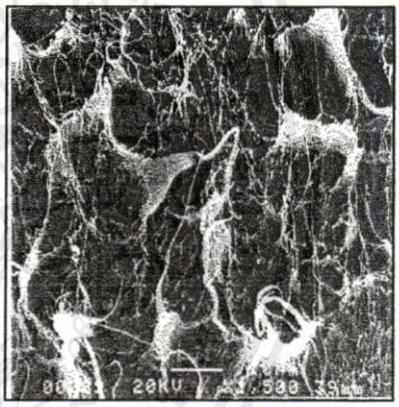
(a)



(b)



(c)



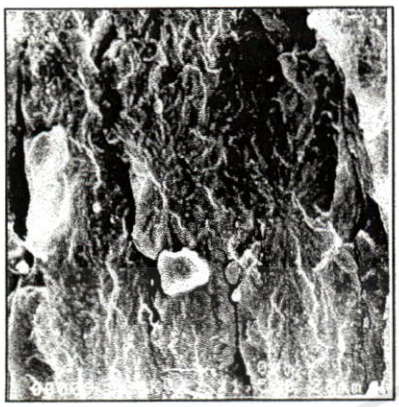
(d)

รูปที่ 4.31 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก ในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (a) PP70/HDPE30+5%block copolymer (b) PP70/HDPE30 +5% block copolymer (c) PP70/HDPE30+5% block copolymer (d) HDPE100+5% block copolymer

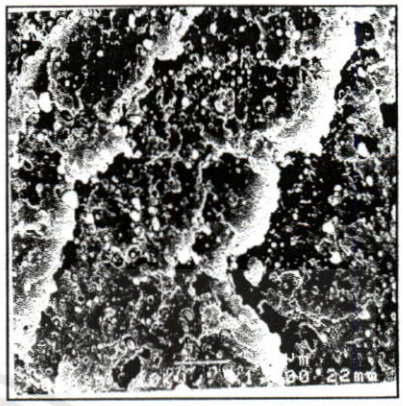
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม

ในกลุ่มนี้ พบว่าสัณฐานวิทยาแบบ (d) ให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกสูงสุด

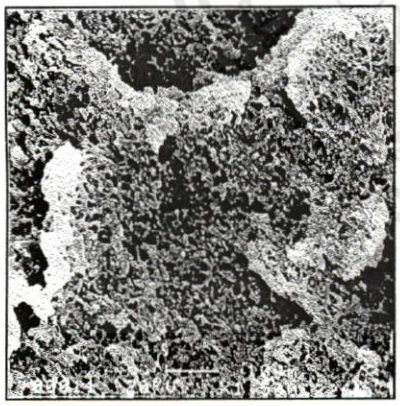


(a)

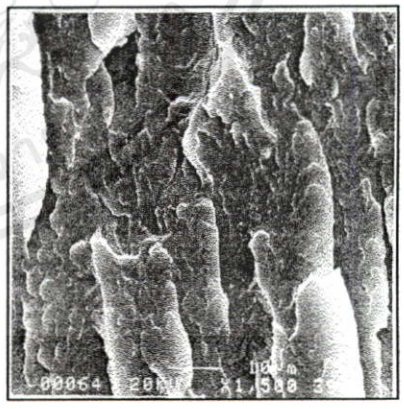


(b)

(c)



(d)

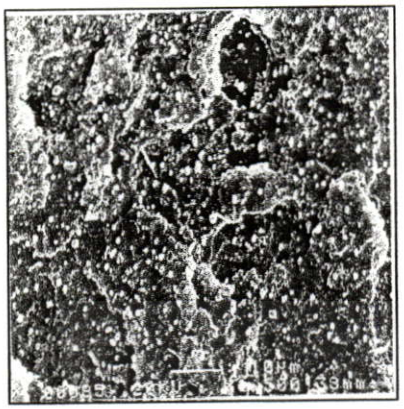


(e)

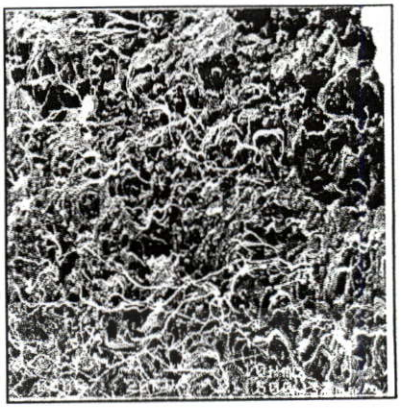
รูปที่ 4.32 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ5 โดยน้ำหนักกำลังขยาย 1,500 เท่า (a) PP100+5%random copolymer (b) PP70/LDPE30 +5% random copolymer (c) PP50/LDPE50+5% random copolymer (d) PP30/LDPE70+5% random copolymer (e) LDPE100+5% random copolymer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

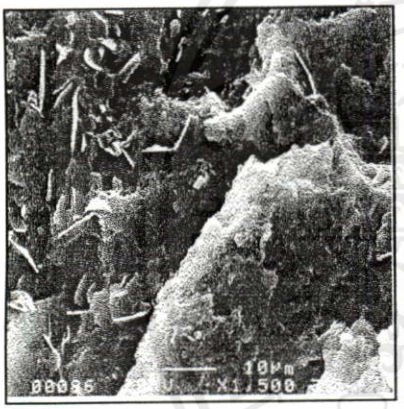
จากรูปที่ 4.33 พบว่าสัณฐานวิทยาแบบ (c) ให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกสูงสุด



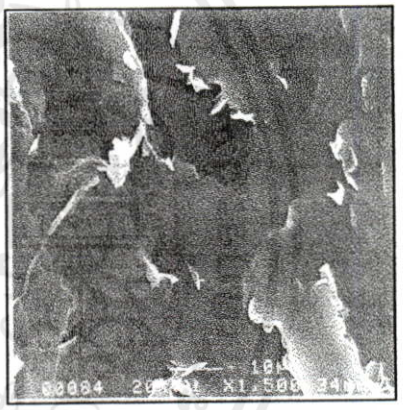
(a)



(b)



(c)



(d)

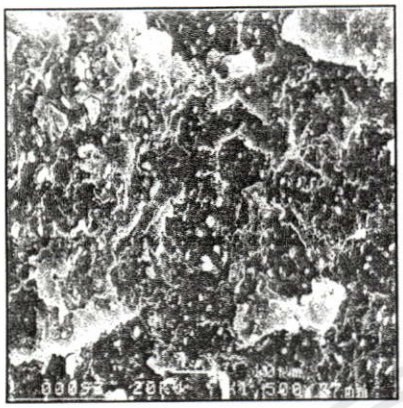
รูปที่ 4.33 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่มในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก

(a) PP70/LLDPE30+5%random copolymer (b) PP50/LLDPE50+5% random copolymer

(c) PP30/LLDPE70+5%random copolymer (d) LLDPE100+5%random copolymer

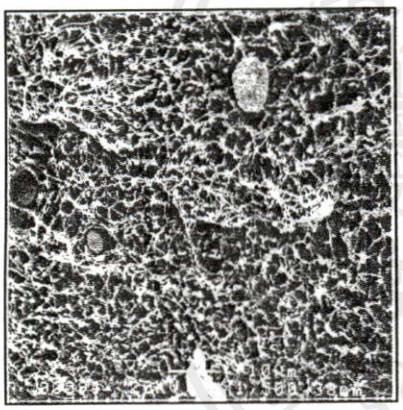
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.34 พบว่าสัณฐานวิทยาแบบ (d) ที่มีลักษณะคล้ายเส้นใยให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกสูงสุด

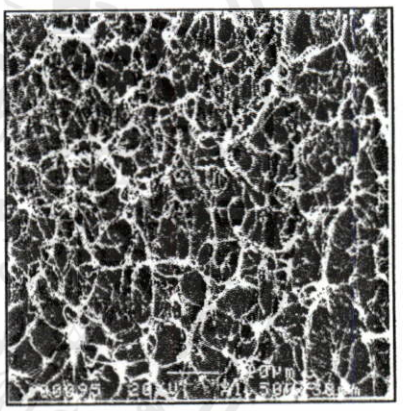


(a)

(b)



(c)



(d)

รูปที่ 4.34 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (a) PP70/HDPE30+5%random copolymer (b) PP50/HDPE50 +5%random copolymer (c) PP30/HDPE70+5%random copolymer (d) HDPE100+5% random copolymer

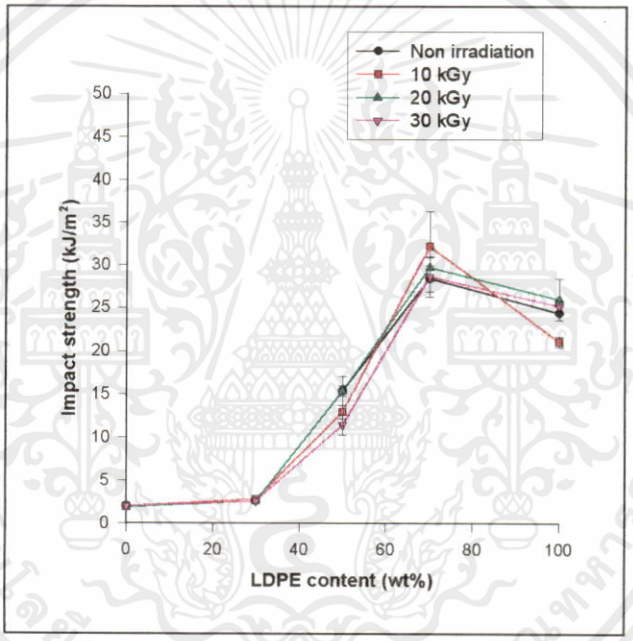
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาผลของพอลิเมอร์ผสมเมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

พอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วนต่างๆ ที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสมจะถูกนำมาฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์ และศึกษาสมบัติต่างๆ ดังนี้

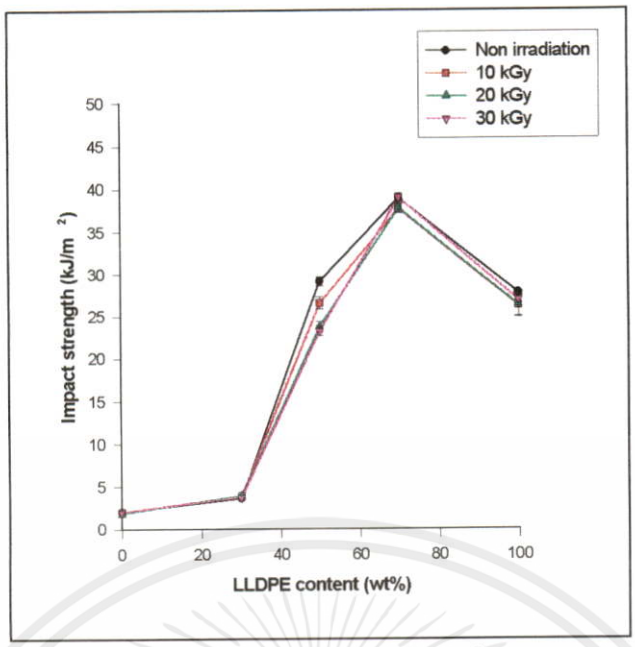
4.2.1 ศึกษาผลของความทนทานต่อแรงกระแทก

จากรูปที่ 4.35-4.37 เมื่อปริมาณอัตราส่วนของ PE (LDPE,LLDPE และ HDPE) เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผลของโครงสร้างของ PE มีอิทธิพลเหนือกว่า โครงสร้างผสมระหว่าง PE และ PP นอกจากนี้ยังพบว่าการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำมีผลน้อยต่อค่าความทนทานต่อแรงกระแทก

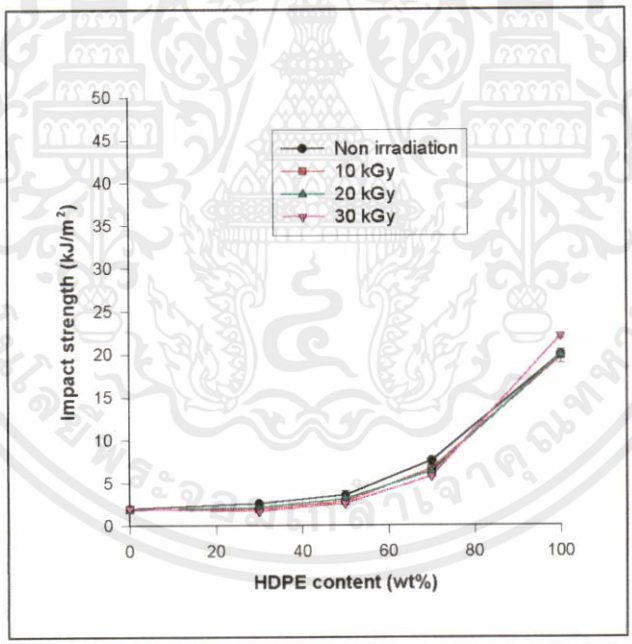


รูปที่ 4.35 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.36 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ปริมาณความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์



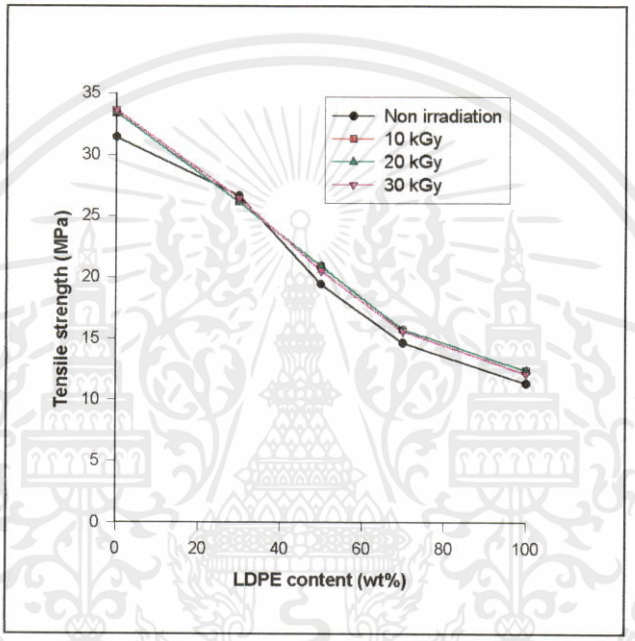
รูปที่ 4.37 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ศึกษาผลของความทนแรงดึง

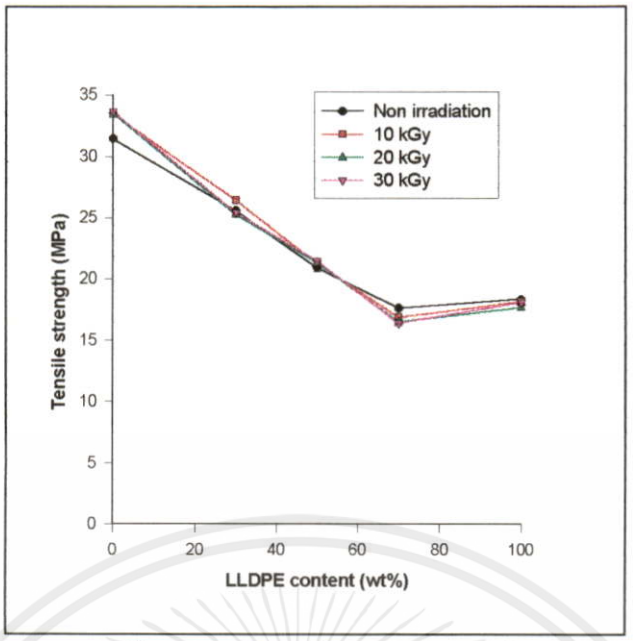
ผลของค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมเมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10-30 กิโลเกรย์ แสดงในรูปที่ 4.38-4.40

จากรูปที่ 4.38-4.40 ผลที่ได้มีแนวโน้มสอดคล้องกัน กล่าวคือเมื่อปริมาณของอัตราส่วนผสม LDPE,LLDPE และ HDPE เพิ่มขึ้น ค่าความทนแรงดึงมีแนวโน้มลดลงทั้งนี้เนื่องจากปริมาณการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 กิโลเกรย์ ไม่สามารถจะทำให้โครงสร้างโมเลกุลระหว่าง PP กับ PE เชื่อมโยงกันได้ดีเท่าที่ควร โดยปริมาณการฉายรังสีที่เพิ่มขึ้นจะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อความทนแรงดึง

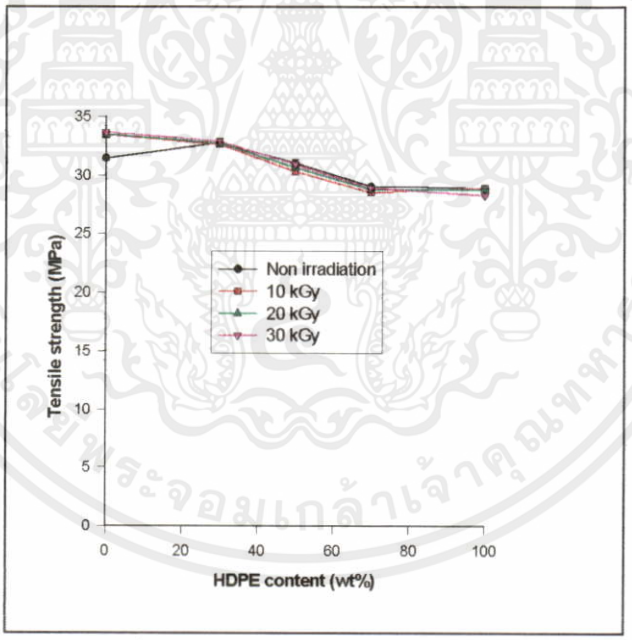


รูปที่ 4.38 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.39 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์



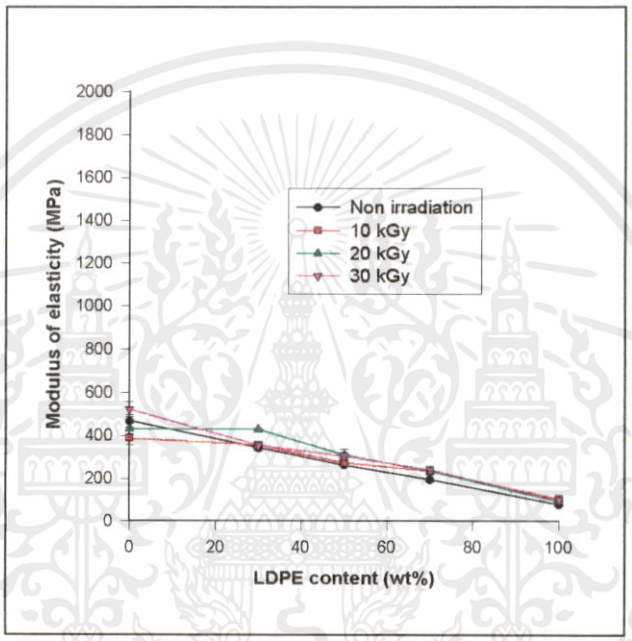
รูปที่ 4.40 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ศึกษาผลของมอดุลัสยืดหยุ่น

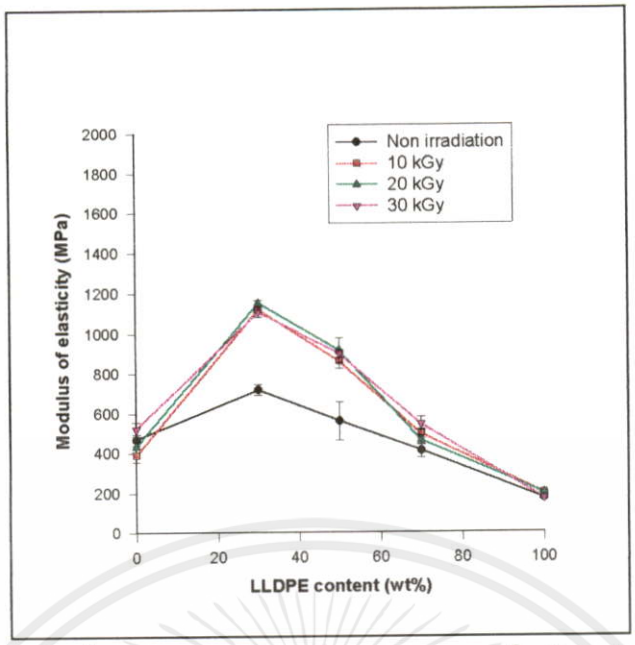
ผลของค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่มีต่อพอลิเมอร์ผสมเมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10-30 กิโลเกรย์ แสดงในรูปที่ 4.41-4.43

จากรูปที่ 4.41-4.43 พบว่า ค่มอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE, PP/LLDPE และ PP/HDPE มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณ PE ทั้งนี้เนื่องมาจากอิทธิพลของ PE ที่มีมากกว่า PP เช่นเดียวกับในกรณีของความทนแรงดึง ส่วนอิทธิพลของการฉายรังสีที่เพิ่มขึ้นจะให้ผลมากที่สุดเมื่ออัตราส่วนผสมของพอลิเอทิลีนเป็นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก

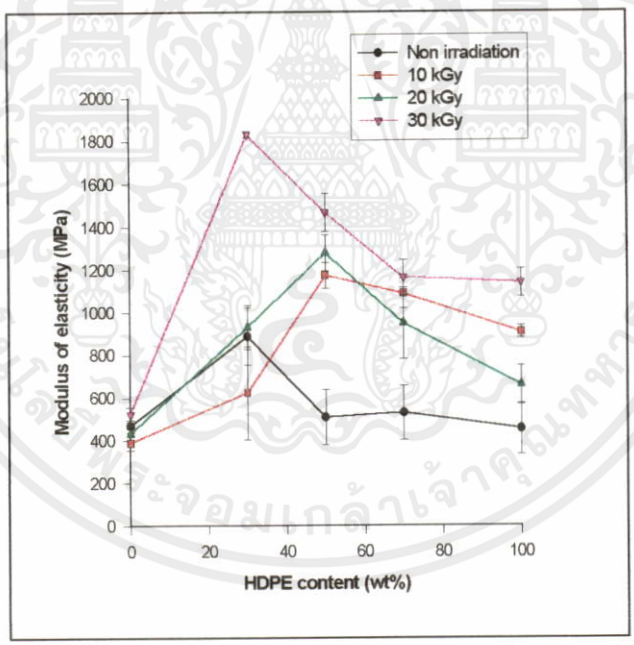


รูปที่ 4.41 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.42 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์



รูปที่ 4.43 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์

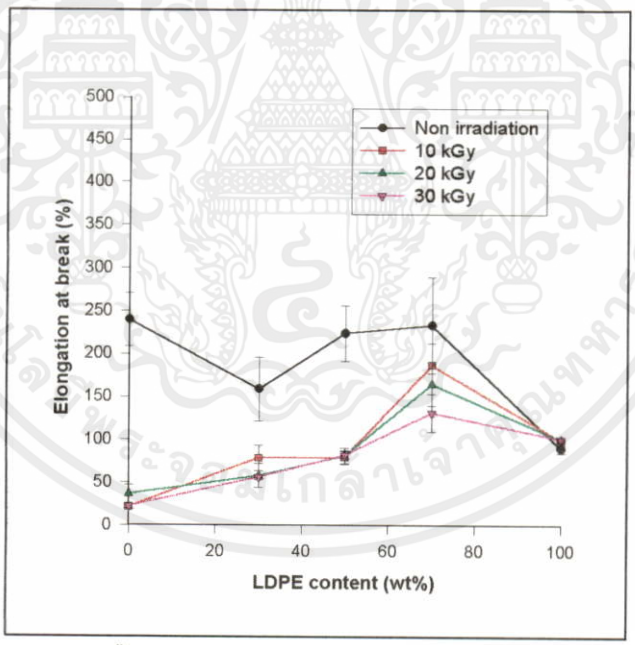
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ศึกษาผลของร้อยละการยืด ณ จุดขาด

ผลของค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสมเมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10-30 กิโลเกรย์ แสดงในรูปที่ 4.44-4.45

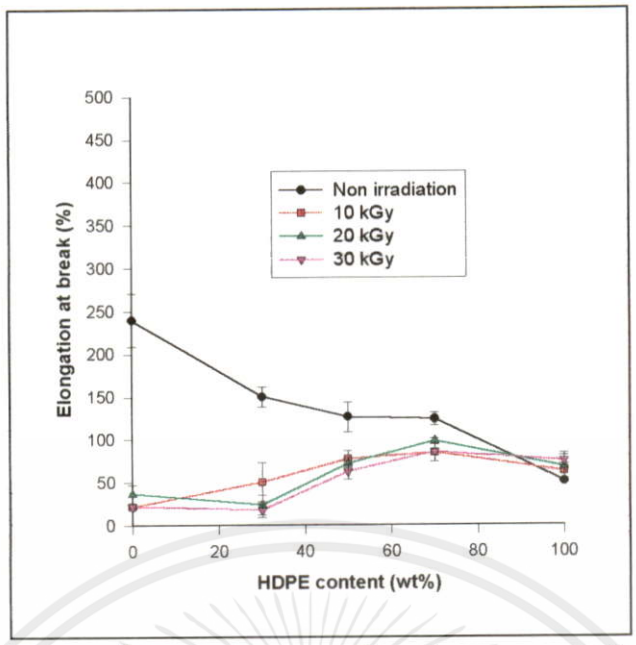
จากรูปที่ 4.44-4.45 พบว่าค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่เพิ่มขึ้น เมื่อผ่านการฉายรังสี พบว่าพอลิพรอพิลีนให้ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดต่ำสุด เมื่อผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำลงในพอลิพรอพิลีนค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดสูงขึ้น โดยเฉพาะอัตราส่วน PP30/LDPE70 แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างความเข้ม 10-30 กิโลเกรย์ ในทำนองเดียวกันพบว่าค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE มีลักษณะเดียวกับ PP/LDPE

ในกรณีของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ไม่สามารถหาค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดได้ เนื่องจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น มีค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดสูงมาก นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น มีบทบาทสำคัญในการลดร้อยละการยืด ณ จุดขาดได้ดี โดยเฉพาะเมื่อใช้ปริมาณการฉายรังสีที่ความเข้มสูงสุด 30 กิโลเกรย์



รูปที่ 4.44 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสี 10 20 และ 30 กิโลเกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.45 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 20 และ 30 กิโลเกรย์

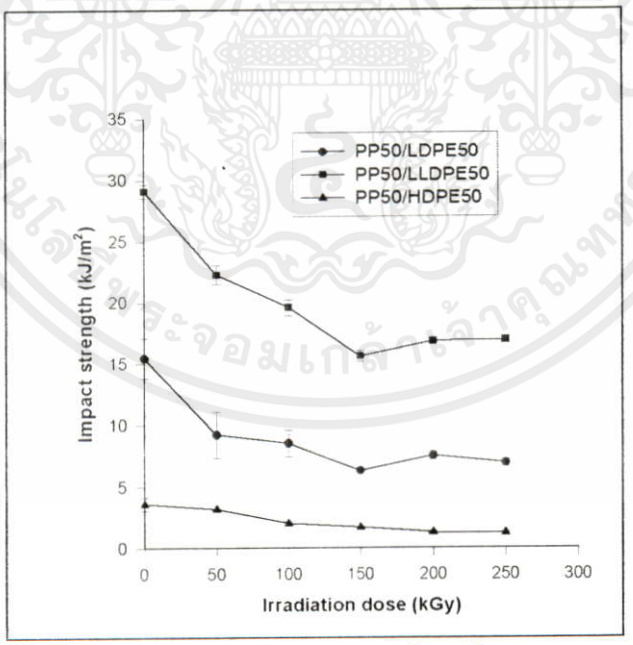
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ศึกษาผลของพอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วน50/50เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

ในการศึกษาผลของรังสีที่ความเข้มสูงที่มีต่อพอลิเมอร์ผสม จะศึกษาเฉพาะอัตราส่วนผสม 50/50 เท่านั้น

4.3.1 ศึกษาผลของความทนทานต่อแรงกระแทก

จากรูปที่ 4.46 ก่อนการฉายรังสี พบว่าค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสมมีแนวโน้มลดลงตามชนิดของพอลิเอทิลีนดังนี้ HDPE>LDPE>LLDPE เมื่อฉายรังสีพบว่าปริมาณความเข้มรังสีที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกลดลงอาจเนื่องมาจากรังสีทำให้พอลิพรอพิลีนสลายตัวเกิดผลึกเพิ่มขึ้นและเกิดพันธะเชื่อมโยงเพิ่มขึ้นกับส่วนของพอลิเอทิลีน จึงทำให้ความสามารถในการรับแรงลดลง ในกรณีพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE พบว่ามีการลดลงน้อยที่สุด เพราะพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงรับแรงกระแทกได้น้อย จึงมองเห็นการลดลงไม่ชัดเจน ส่วน PP/LLDPE และ PP/LDPE ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกลดลงใกล้เคียงกันในทุกความเข้มรังสี แสดงให้เห็นว่าพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงมีความทนทานต่อรังสีมากกว่า พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น

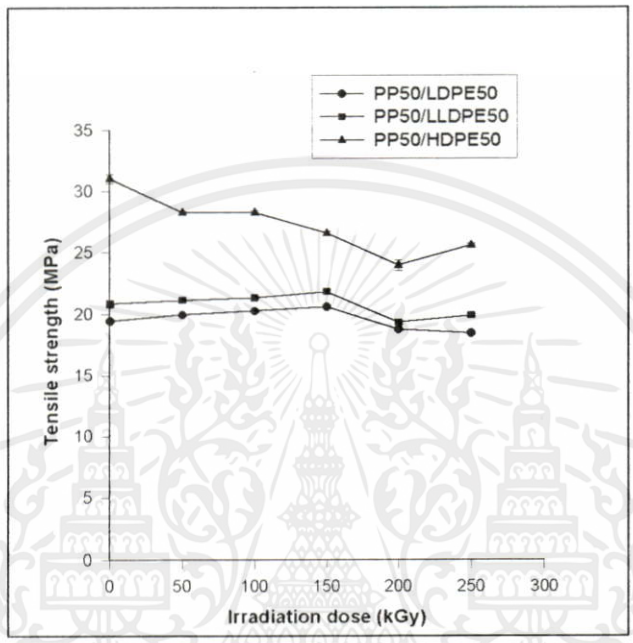


รูปที่ 4.46 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 PP50/LLDPE50 และ PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 50 100 150 200 และ 250 กิโลเกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ศึกษาผลของความทนแรงดึง

จากรูปที่ 4.47 ก่อนฉายรังสี พบว่าค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE มีค่าสูงสุดเนื่องจากสมบัติของ HDPE และลดลงตามความเข้มรังสีที่เพิ่มขึ้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงของ PP/LLDPE และ PP/LDPE คล้ายกันโดยที่ความทนแรงดึงเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อความเข้มรังสีเพิ่มขึ้น

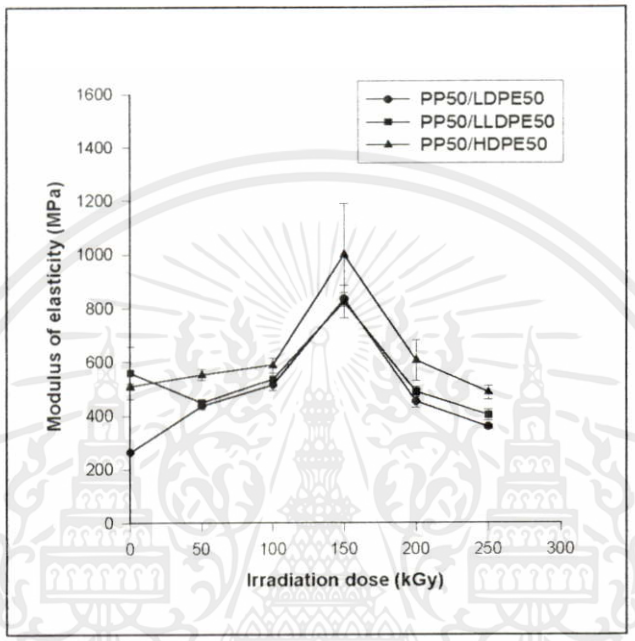


รูปที่ 4.47 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน PP50/LDPE50 PP50/LLDPE50 และ PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 50 100 150 200 และ 250 กิโลเกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ศึกษาผลของมอดุลัสยืดหยุ่น

จากรูปที่ 4.48 พบว่าค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสมมีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มรังสีที่เพิ่มขึ้นและให้ค่าสูงที่สุดที่ความเข้มรังสี 150 กิโลเกรย์ เนื่องมาจากการเกิดพันธะเชื่อมโยงในพอลิเอทิลีนทำให้สายโซ่พอลิเมอร์เคลื่อนตัวยาก จากนั้นค่ามอดุลัสยืดหยุ่นลดต่ำลง คาดว่าเกิดจากการเสื่อมสลายพันธะของพอลิพรอพิลีน

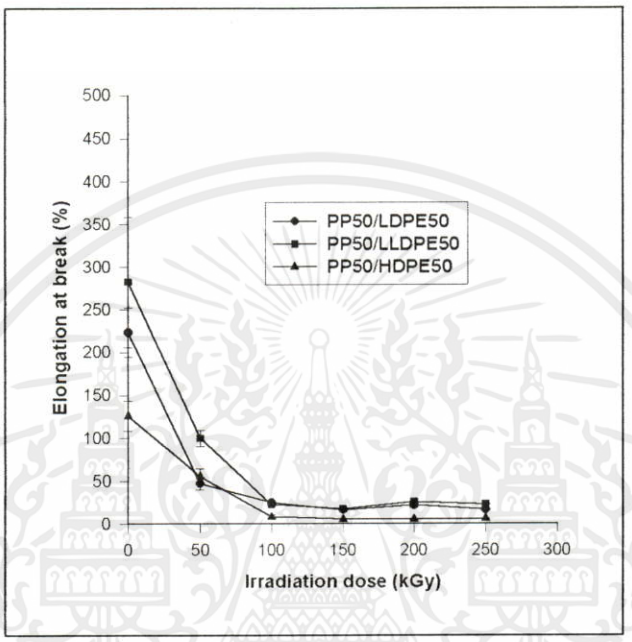


รูปที่ 4.48 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน PP50/LDPE50 PP50/LLDPE50และ PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 50 100 150 200 และ 250 กิโลเกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ศึกษาผลของร้อยละการยืด ณ จุดขาด

จากรูปที่ 4.49 พบว่าค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสมจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 50 กิโลเกรย์และที่ความเข้มรังสีสูงกว่า 100 กิโลเกรย์ขึ้นไปค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดค่อนข้างคงที่เนื่องจากเกิดพันธะเชื่อมโยงโครงร่างแหทำให้สายโซ่พอลิเมอร์เคลื่อนตัวยืดออกได้ยาก

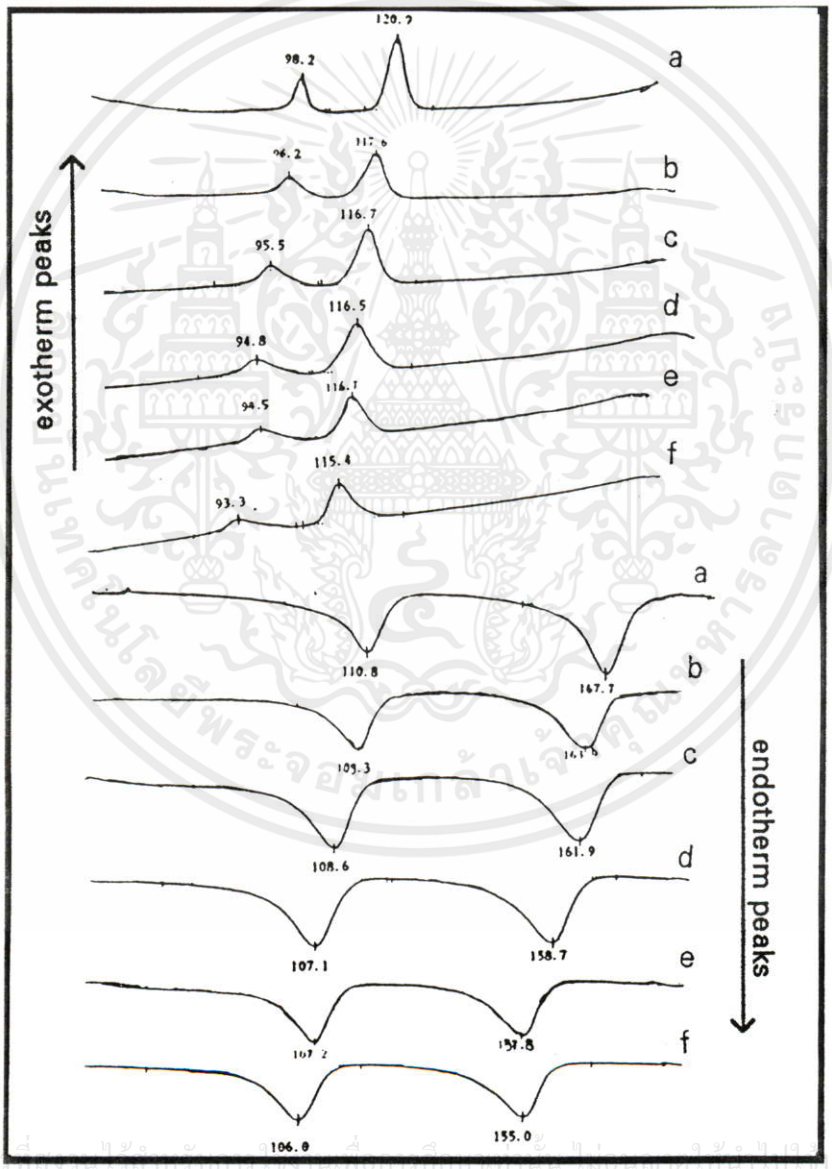


รูปที่ 4.49 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน PP50/LDPE50 PP50/LLDPE50 และ PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 50 100 150 200 และ 250 กิโลเกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 ศึกษาสมบัติทางความร้อน

จากรูปที่ 4.50 พบว่าพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูงจะทำให้อุณหภูมิหลอมผลึกของพอลิพรอพิลีนลดลงอย่างเด่นชัด ในขณะที่อุณหภูมิหลอมผลึกของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเปลี่ยนเพียงเล็กน้อย แสดงว่าผลึกของพอลิพรอพิลีนถูกทำลายเมื่อพิจารณาอุณหภูมิตกผลึก พบว่าทั้งพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทิลีนมีอุณหภูมิตกผลึกลดลงเรื่อยๆ ตามความเข้มของรังสีที่เพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุจากการเกิดพันธะเชื่อมโยงในพอลิเมอร์ทั้งสองหน่วงการตกผลึก สำหรับคู่พอลิเมอร์ผสม PP50/LLDPE50 และ PP50/HDPE50 คาดว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับ PP50/LDPE50

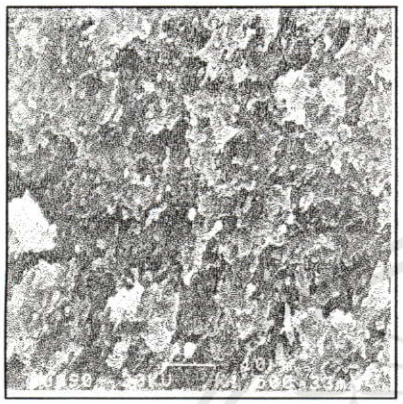


รูปที่ 4.50 แสดงอุณหภูมิหลอมผลึกและอุณหภูมิตกผลึกของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่างๆ (a) 0 กิโลเกรย์ (b) 50 กิโลเกรย์ (c) 100 กิโลเกรย์ (d) 150 กิโลเกรย์ (e) 200 กิโลเกรย์ (f) 250 กิโลเกรย์

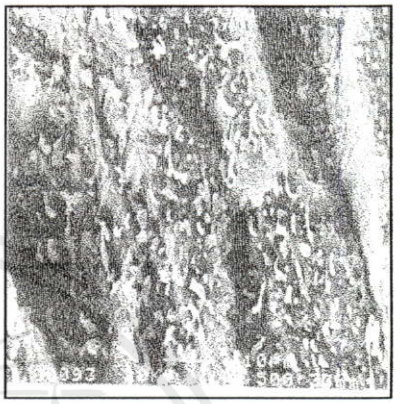
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 ศึกษาผลของสัณฐานวิทยา

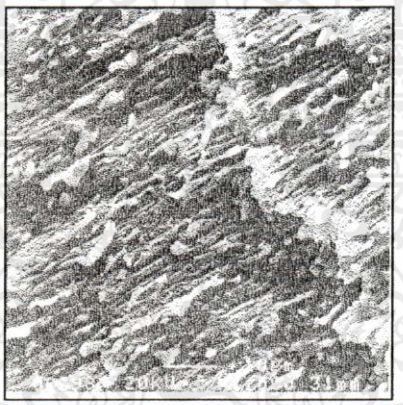
เมื่อเปรียบเทียบผลกับค่าความทนทานต่อแรงกระแทก พบว่าสัณฐานวิทยาแบบ (a) ให้ค่าสูงสุด ในขณะที่แบบ (e) ให้ค่าต่ำที่สุด เนื่องจากความเข้มรังสีที่สูงขึ้นทำให้ PP เกิดการสลายพันธะมากขึ้นค่าความทนทานต่อแรงกระแทกจึงลดลง



(a) PP50/LDPE50 50kGy

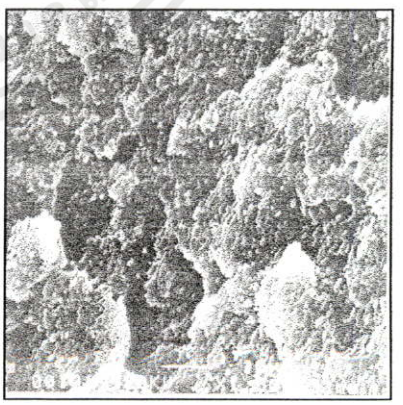


(b) PP50/LDPE50 100kGy



(c) PP50/LDPE50 150kGy

(d) PP50/LDPE50 200kGy

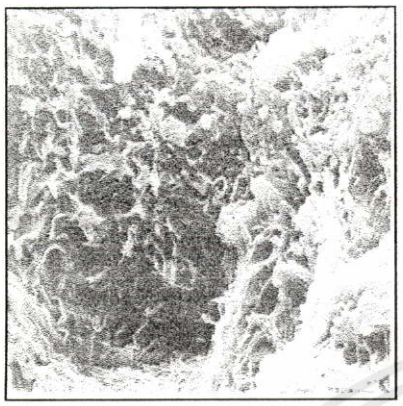


(e) PP50/LDPE50 250kGy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

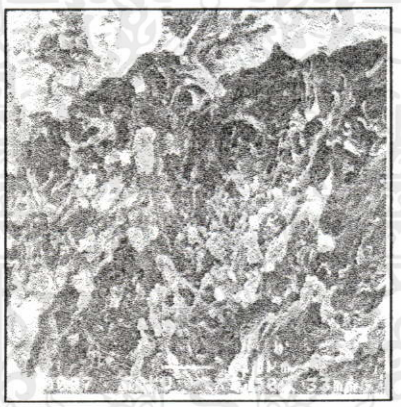
รูปที่ 4.51 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง (a) 50 กิโลเกรย์ (b) 100 กิโลเกรย์ (c) 150 กิโลเกรย์ (d) 200 กิโลเกรย์ (e) 250 กิโลเกรย์

จากรูปที่ 4.52 พบว่าลักษณะสัณฐานวิทยาแบบ (a) ให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกสูงสุดและสัณฐานวิทยาแบบ (e) ให้ค่าต่ำสุด

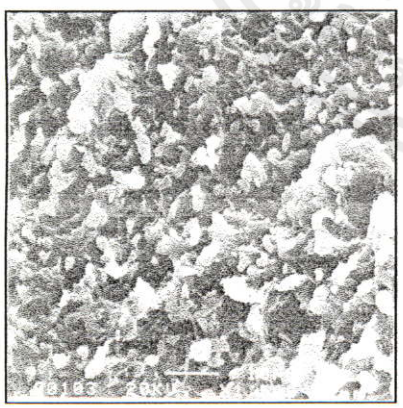


(a) PP50/LLDPE50 50kGy

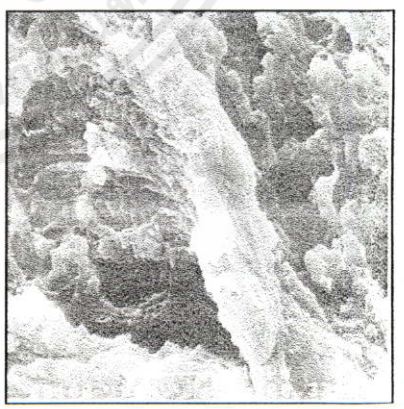
(b) PP50/LLDPE50 100kGy



(c) PP50/LLDPE50 150kGy



(d) PP50/LLDPE50 200kGy

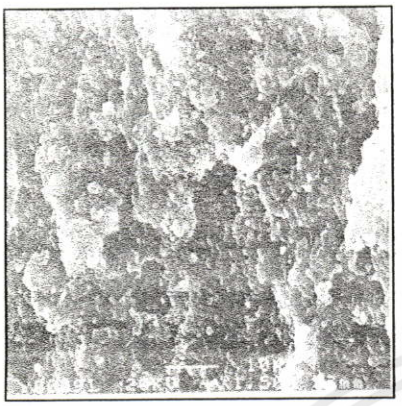


(e) PP50/LLDPE50 250kGy

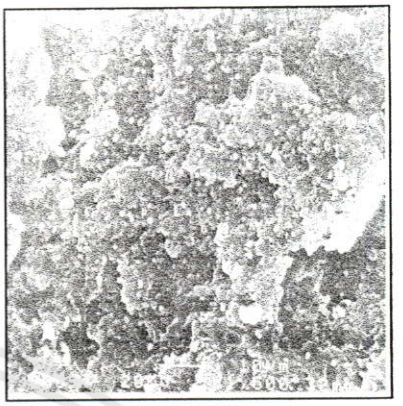
รูปที่ 4.52 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน PP50/LLDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง (a) 50กิโลเกรย์ (b) 100 กิโลเกรย์ (c) 150 กิโลเกรย์ (d) 200กิโลเกรย์ (e) 250 กิโลเกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

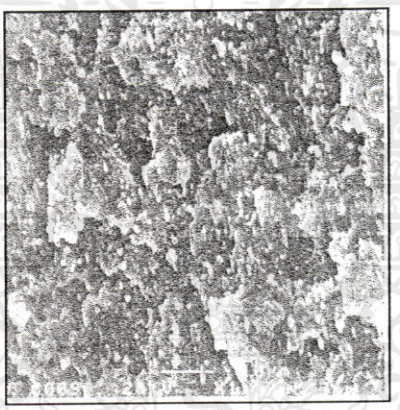
จากรูปที่ 4.53 พบว่าลักษณะสัณฐานวิทยาแบบ (a) ให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกสูงสุดและสัณฐานวิทยาแบบ (e) ให้ค่าต่ำสุด



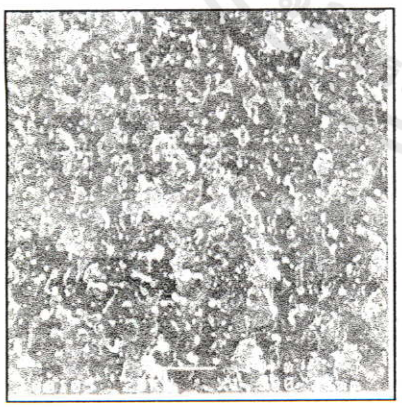
(a) PP50/HDPE50 50kGy



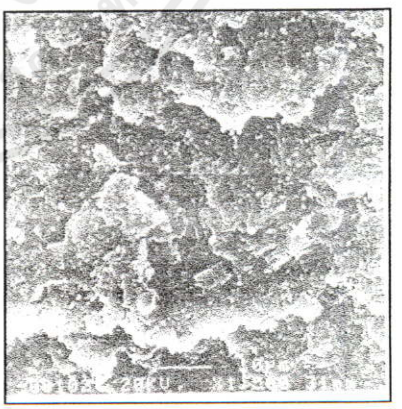
(b) PP50/HDPE50 100kGy



(c) PP50/HDPE50 150kGy



(d) PP50/HDPE50 200kGy



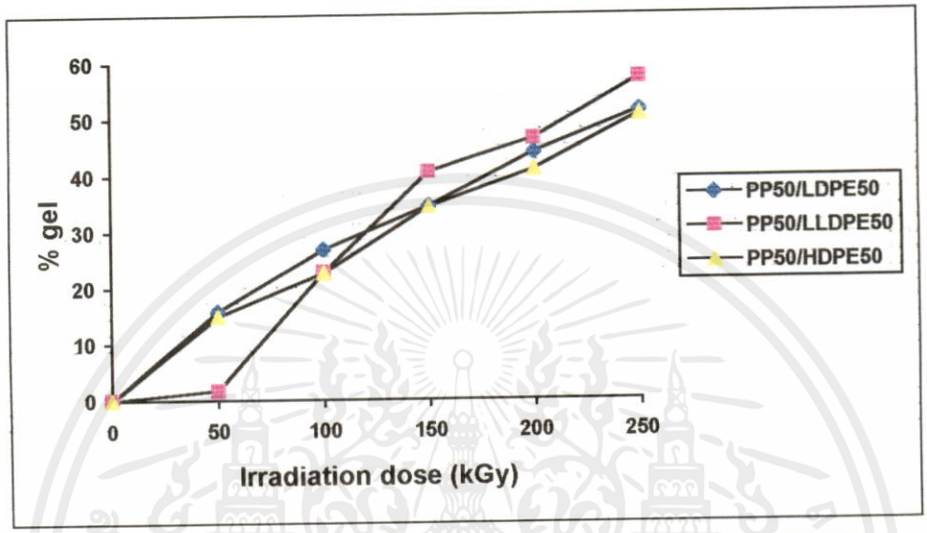
(e) PP50/HDPE50 250kGy

รูปที่ 4.53 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง (a) 50 กิโลเกรย์ (b) 100 กิโลเกรย์ (c) 150 กิโลเกรย์ (d) 200 กิโลเกรย์ (e) 250 กิโลเกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.7 ศึกษาผลของเปอร์เซ็นต์เจล

จากรูปที่ 4.54 พบว่าพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 PP50/LLDPE50 และ PP50/HDPE50 จะเริ่มมีพันธะเชื่อมโยงเกิดขึ้นเมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 50 กิโลเกรย์ และเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณความเข้มรังสีที่เพิ่มขึ้น ที่ความเข้มรังสีที่ 250 กิโลเกรย์จะพบว่ามีพันธะเชื่อมโยงเกิดขึ้นทั้งในพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทิลีน



รูปที่ 4.54 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 PP50/LLDPE50 และ PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง 50 100 150 200 และ 250 กิโลเกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนเป็นคู่พอลิเมอร์ผสมที่ไม่สามารถรวมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ จึงใช้สารช่วยผสมและรังสีเพื่อช่วยในการเข้ากัน โดยเตรียมด้วยเครื่องผสมแบบเกลียวหนอนคู่ แล้วนำมาศึกษาสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน และสัณฐานวิทยา จากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 ระบบพอลิเมอร์ผสมที่ไม่มีสารช่วยผสม

- **พอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ**

สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมจะขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะตัวของพอลิเมอร์ที่นำมาผสม ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่เพิ่มขึ้น และให้ค่าสูงสุดในอัตราส่วน PP30/LDPE70 ค่าความทนแรงดึง ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดจะลดลงตามปริมาณพอลิเอทิลีนที่เพิ่มขึ้น สมบัติทางความร้อนจะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของพอลิเมอร์ผสม

- **พอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น**

สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ให้ผลเช่นเดียวกับ PP/LDPE คือมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นค่าความทนทานต่อแรงกระแทกที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สมบัติทางความร้อน และสัณฐานวิทยาขึ้นอยู่กับลักษณะของพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น

- **พอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง**

ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่เพิ่มขึ้น ค่าความทนแรงดึงไม่เปลี่ยนแปลงตามอัตราส่วนการผสม ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดลดลง สมบัติทางความร้อน และสัณฐานวิทยาขึ้นอยู่กับพอลิเมอร์ที่ผสมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ระบบพอลิเมอร์ผสมที่มีสารช่วยผสม

- **พอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ**

การเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกหรือแบบสุ่มจะไม่ทำให้สมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน และสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมเปลี่ยนแปลง ยกเว้นร้อยละการยืด ณ จุดขาด ที่ลดลงเมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่มและเพิ่มขึ้นเมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อก

- **พอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น**

การเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกและแบบสุ่มจะไม่ทำให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทก ค่าความทนแรงดึงเปลี่ยนแปลง แต่ทำให้ค่ามอดุลัสลดลง สมบัติทางความร้อน และลักษณะทางสัณฐานวิทยาไม่แตกต่างจากก่อนการเติมสารช่วยผสม

- **พอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง**

การเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกและแบบสุ่มจะทำให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระบบที่มีพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเป็นองค์ประกอบหลัก ค่าความทนแรงดึงไม่เปลี่ยนแปลง ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดเพิ่มขึ้นเมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกและลดลงเมื่อเติมสารช่วยผสมแบบสุ่ม สมบัติทางความร้อนและสัณฐานวิทยาไม่ต่างไปจากก่อนเติมสารช่วยผสม

5.3 ระบบพอลิเมอร์ผสมเมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

- **พอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ**

การฉายรังสีที่ความเข้มต่ำจะไม่ทำให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทก ค่าความทนแรงดึง และค่ามอดุลัสเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่จะทำให้ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดลดลง

- **พอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น**

การฉายรังสีที่ความเข้มต่ำจะไม่ทำให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทก ค่าความทนแรงดึงเปลี่ยนแปลง ส่วนค่ามอดุลัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

- **พอลิพรอพิลีนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง**

การฉายรังสีที่ความเข้มต่ำจะให้ผลเช่นเดียวกับ PP/LLDPE ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความทนทานต่อแรงกระแทกและค่าความทนแรงดึง ค่ามอดุลัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ร้อยละการยืด ณ จุดขาดลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ระบบพอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วน 50/50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

ระบบของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 PP50/LLDPE50 และ PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง จะให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทก ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด อุณหภูมิการหลอมผลึกของพอลิพรอพิลีนลดลง ค่าความทนแรงดึง PP/HDPE ลดลง แต่ PP/LLDPE PP/LDPE ไม่ลดลงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสมทุกชนิดสูงสุดที่ความเข้ม 150 กิโลเกรย์ นอกจากนี้ยังพบการเกิดพันธะเชื่อมโยงทั้งในพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทิลีน

จากการศึกษาจะพบว่าสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมที่เติมสารช่วยผสมแบบบล็อกหรือแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 5 10 15 โดยน้ำหนัก คล้ายกับสมบัติเชิงกลเมื่อฉายรังสี 10 20 และ 30 กิโลเกรย์ ที่อัตราส่วนของพอลิเมอร์ผสมเดียวกัน ดังนั้นเราสามารถใช้รังสีแทนสารช่วยผสมดังกล่าวได้ เพื่อเป็นการนำพลังงานมาใช้ให้เป็นประโยชน์ การเติมสารช่วยผสมไม่ช่วยให้ร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสมเพิ่มขึ้นแต่รังสีช่วยให้ร้อยละการยืด ณ จุดขาดเพิ่มขึ้นตามปริมาณพอลิเอทิลีนที่เพิ่มขึ้น ผลที่ได้จากการศึกษาอาจนำไปใช้ในการกำจัดขยะได้โดยไม่จำเป็นต้องแยกชนิดของขยะพลาสติกแต่ต้องควบคุมปริมาณของพลาสติกที่จะนำมาผสมกัน นอกจากนี้เราสามารถทำการฉายรังสีอุปกรณ์ที่ผลิตจากพอลิพรอพิลีน พอลิเอทิลีนหรือพอลิพรอพิลีนผสมกับพอลิเอทิลีนได้โดยใช้ความเข้มรังสีต่ำ 10-30 กิโลเกรย์ ซึ่งเป็นช่วงที่สมบัติเชิงกลไม่เปลี่ยนแปลง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะศึกษาผลของสารเติมแต่ง เช่น สี สารต้านการเกิดออกซิเดชัน สารตัวเติม ที่มีผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์ผสม
2. ควรจะทำการทดลองกับพลาสติกที่ผ่านการใช้แล้ว โดยใช้เงื่อนไขเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Rudolph D.D. Advances in Polymer Blends and Alloy Technology. Technomic : Pennsylvania. 1992.
2. โสภณ จีนพงษ์. "พลาสติกกับสิ่งแวดล้อม." วารสารความรู้อุตสาหกรรมปิโตรเคมี. ฉบับที่ 15,พฤศจิกายน 2537-มกราคม 2538. หน้า 8.
3. Stein R.S. "Miscibility in Polymer Recycling." Emerging Technologies in Plastics Recycling. Washington, DC. : American Chemical Society. 1992.
4. Blatz P.S. "Properties of High-Density Polyethylene from Postconsumer Recycled Containers." Emerging Technologies in Plastics Recycling. Washington, DC. : American Chemical Society. 1992.
5. Mark, H.F. Encyclopedia of polymer science and engineering. 2 nd ed. New York : John Wiley & sons. 1988.
6. Bartlett D.W. et. al. "Mechnical properties of Blends Containing HDPE and PP." J.Appl.poly.Sci. Vol.27, 1982. pp.2351-2360.
7. Tew J.W. "Structure and Properties of Polyethylene-polypropylene Blend." J.Appl.poly.Sci. Vol.28, 1983. pp.605-618.
8. Rizzo G. et. al."Physico-Chemical Properties of γ-irradiatied LDPE-iPP Blends." Radiat.Phys.Chem. Vol.21, no.4, 1983. pp.349-353.
9. Dumoulin M.M. et. al. "Rheological and Mechmical Properties of Ternary Blends of Linear-Low-Density Polyethylene/Polypropylene/Ethylene-Propylene Block polymer." Polym.Eng.Sci. Vol.24, no.17, 1984. pp.1319-1329.
10. Chiu W.Y. and Fang S.J. "Mechanical Properties and Morphology of Crosslinked PP/PE Blends and PP/PE/Propylene-Ethylene Copolymer Blends." J.Appl.poly.Sci. Vol.30, 1985. pp.1473-1481.
11. Novakovic LJ. et. al. "Thermo mechanical Behaviour of Stabilized Polyethylene Irradiated with Gamma Rays." Radiat.Phys.Chem. Vol.27, no.1, 1986. pp.1-5.
12. Cheung P. et. al. "The Reactive Etrusion of Polyethylene/Polypropylene Blends." Polym.Eng.Sci. Vol.30, no17, 1990. pp.1063-1072.
13. Gupta A.K. et. al. "Crystallization Behavior of High-Density Polyethylene/Linear-Low-Density Polyethylene Blend." J.Appl.poly.Sci. Vol.44, 1992. pp.719-726.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. Yu D.W. et. al. "LDPE/PP Blends Modified by Peroxide and Radiation Imduced Reaction." J.Appl.poly.Sci. Vol.52, 1994. pp.99-105.

15. Bain M. and Baike S.T. "The compatibility of Linear-Low Density Polyethylene-Polypropylene Blends:Viscosity Ratio Plots." Polym.Eng.Sci. Vol.34, 1994. pp.1260-1268.

16. Jabarin S.A.J. and Bhakkad V.V. "Morphology and Properties of Poly(ethyleneterephthalate)-High-Density Polyethylene Blends." Plastic,Rubber and Paper Recycling. Washington,DC :American Chemical Society. 1995.

17. Tzankova Dintcheva N. et. al. "Recycling of plastic from packaging." Polymer Degradation and Stability. Vol.57, 1997. pp.191-203.

18. Eleomora V. et. al. "Yield Strength of Low-Density Polyethylene-Polypropylene Blends." J.Appl.poly.Sci.Vol.63, 1997. pp.275-281.

19. Blom H.P. et. al. "iPP/HDPE Blends. II. Modification with EPDM and EVA." J.Appl.poly.Sci. Vol.60, 1996. pp.1405-1417.

20. Wei Z. et. al. "Morphology and Mechanical Properties of PP/HMWPE Blende." J.Macromol.Sci.-Phys. B35 Vol.5, 1996. pp.795-805.

21. Utracki L.A. Polymer Alloy and Blends. New York : Hanser. 1989.

22. Hamid H.S. and Atiqullah M. "Role of Blending in Polyethylene Recycling." J.M.S.-Rev.Macromol.Chem.Phys. C35 Vol.3, 1995. pp.495-515.

23. Kiewzle S.Y. Advances in Polymer Blends and Alloy Technology. Pennsylvania : Technomic. 1988.

24. Malcolm P.S. Polymer Chemistry and Introdution. Oxford : Oxford University Press. 1990.

25. Fox D.W. and allen R.B. High Performance and Composited Encyclopedia. New York : John Wiley & sons. 1991.

26. Ulrich H. Introduction to Industrial Polymer 2 nd ed. Germny : Hanser. 1993.

27. Joseph C.S., editor Polymeric Material encyclipedia. Vol.8 Boca Raton : CRC Press. 1994.

28. Joseph C.S., editor Polymeric Material encyclipedia. Vol.9 Boca Raton : CRC Press. 1996.

29. บรรเลง ศรนิล. เทคโนโลยีพลาสติก. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : ส.เอเซียเพรส. 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30. Peggy M., editor. Structural Analysis of Thermoplastic Components. New York : McGraw-Hill. 1994

31. Markham R.L. Elastomer Technology Handbook. Boca Raton :CRC Press. 1993.

32. ปฐม แหยมเกตุ และคณะ. เจาะลึกเรื่องของปรมาณู. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. 2540.

33. More E.P., editor, Polypropylene Handbook. New York :Hanser. 1996.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
แสดงค่าสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมเมื่อเติมสารช่วยผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก

PP/LDPE	Impact strength (kJ/m^2)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	2.0	0.08	1.9	0.27	2.2	0.37	2.0	0.33
70/30	2.6	0.34	2.6	0.36	3.5	0.24	3.0	0.39
50/50	15.4	5.69	4.0	2.24	7.5	5.38	6.0	5.81
30/70	28.4	3.07	31.4	8.74	29.0	8.79	21.7	2.34
0/100	24.4	1.56	27.7	1.78	27.9	2.42	24.7	2.60

ตาราง ก.2 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPEเมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม

PP/LDPE	Impact strength (kJ/m^2)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	2.0	0.08	1.9	0.11	2.1	0.15	2.3	0.74
70/30	2.6	0.34	2.7	1.20	3.2	1.12	2.6	0.35
50/50	5.5	0.82	4.3	3.91	4.3	4.12	3.0	0.47
30/70	28.4	3.08	24.9	6.18	20.7	7.26	17.6	4.93
0/100	24.4	1.56	23.8	3.84	29.0	3.00	30.2	4.94

ตารางที่ ก.3 แสดงค่าความทนทานแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก

PP/LDPE	Tensile strength (MPa)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	31.44	0.34	31.62	0.62	32.38	0.23	31.98	0.07
70/30	26.62	0.26	25.39	0.41	25.89	0.24	26.03	0.23
50/50	19.42	0.11	20.30	0.47	21.37	0.10	21.44	0.25
30/70	14.62	0.22	16.58	0.11	16.26	0.16	16.07	0.14
0/100	11.34	0.36	12.51	0.12	12.33	0.12	12.11	0.21

ตารางที่ ก.4 แสดงค่าความทนทานแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม

PP/LDPE	Tensile strength (MPa)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	31.44	0.34	31.92	0.25	33.38	0.16	32.29	0.76
70/30	26.62	0.26	25.16	0.28	26.55	0.22	26.28	0.08
50/50	19.42	0.11	20.57	0.10	21.53	0.47	21.89	0.13
30/70	14.62	0.22	15.76	0.15	16.59	0.30	17.50	0.12
0/100	11.34	0.36	12.39	0.20	12.14	0.11	12.63	0.02

ตารางที่ ก.5 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก

PP/LDPE	Modulus of elasticity (MPa)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	467.50	57.60	402.50	107.00	453.0	38.40	409.40	45.40
70/30	343.63	28.95	295.48	29.17	352.1	48.20	356.00	41.40
50/50	263.60	9.10	263.10	31.80	302.0	27.20	304.20	29.70
30/70	194.60	16.30	219.90	50.20	235.0	19.50	200.10	24.40
0/100	79.78	2.37	109.90	13.80	117.3	5.00	112.70	9.80

ตารางที่ ก.6 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม

PP/LDPE	Modulus of elasticity (MPa)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	467.50	57.60	443.30	28.90	433.70	44.70	402.30	29.00
70/30	343.63	28.95	367.40	15.90	428.10	45.00	333.30	28.20
50/50	263.60	9.10	297.40	8.00	290.60	36.50	270.90	21.20
30/70	194.60	16.30	190.90	7.20	216.70	29.90	207.70	42.00
0/100	79.78	2.37	98.93	6.92	112.50	9.30	134.10	4.90

ตารางที่ ก.7 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก

PP/LDPE	Elongation at break (%)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	239.60	61.60	289.10	77.56	320.60	89.40	107.60	131.90
70/30	159.00	74.70	172.70	53.50	219.00	9.20	126.10	36.80
50/50	223.90	64.70	132.40	34.60	138.50	27.80	197.10	77.20
30/70	233.50	111.30	138.10	7.60	268.30	142.90	425.20	61.37
0/100	90.17	9.87	99.54	8.55	102.50	2.90	102.30	3.40

ตารางที่ ก.8 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม

PP/LDPE	Elongation at break (%)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	239.60	61.60	179.62	144.89	21.98	4.16	213.30	148.20
70/30	159.00	74.70	180.80	16.60	123.60	36.10	130.20	22.50
50/50	223.90	64.70	129.10	26.70	142.00	34.50	94.59	24.07
30/70	233.50	111.30	146.30	49.60	136.30	23.30	130.50	54.40
0/100	90.17	9.87	107.50	1.90	103.10	3.90	100.40	4.60

ตาราง ก.9 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก

PP/LLDPE	Impact strength (kJ/m^2)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	2.0	0.08	1.9	0.27	2.2	0.37	2.0	0.33
70/30	3.6	0.18	4.1	0.17	4.5	0.18	4.6	0.16
50/50	29.1	1.96	32.7	0.88	32.8	0.74	33.0	0.86
30/70	38.9	1.29	41.2	1.67	41.3	0.70	42.4	1.34
0/100	27.7	0.89	28.4	2.94	29.0	4.22	31.2	3.92

ตาราง ก.10 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม

PP/LLDPE	Impact strength (kJ/m^2)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	2.0	0.08	1.9	0.11	2.1	0.15	2.3	0.74
70/30	3.6	0.18	3.5	0.25	3.8	0.20	3.8	0.26
50/50	29.1	1.96	29.8	0.92	27.7	1.81	23.3	1.29
30/70	38.9	1.29	41.2	1.03	40.0	0.88	41.5	1.19
0/100	27.7	0.89	27.2	2.15	29.2	2.45	30.3	3.45

ตารางที่ ก.11 แสดงค่าความทนทานแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก

PP/LLDPE	Tensile strength (MPa)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	31.44	0.34	31.62	0.62	32.38	0.23	31.98	0.07
70/30	25.57	0.19	25.91	0.22	25.62	0.33	25.51	0.36
50/50	20.88	0.63	20.56	0.22	21.33	0.22	23.03	0.98
30/70	17.60	0.29	18.34	0.45	17.41	0.25	19.66	0.24
0/100	18.32	0.27	18.06	0.30	18.19	0.20	17.82	0.15

ตารางที่ ก.12 แสดงค่าความทนทานแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม

PP/LLDPE	Tensile strength (MPa)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100	31.44	0.34	31.92	0.25	33.38	0.16	32.29	0.76
70/30	25.57	0.19	27.16	0.38	26.62	0.19	26.77	0.10
50/50	20.88	0.63	21.84	0.21	21.52	0.41	21.91	0.25
30/70	17.60	0.29	18.94	0.22	18.81	0.35	19.24	0.26
100	18.32	0.27	17.52	0.27	17.22	0.20	16.84	0.15

ตารางที่ ก.13 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก

PP/LLDPE	Modulus of elasticity (MPa)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	467.50	57.60	402.50	107.00	453.00	38.40	409.40	45.40
70/30	717..50	54.90	445.40	54.40	306.00	185.50	225.50	41.50
50/50	558.70	193.00	467.90	107.40	303.60	89.60	456.10	278.60
30/70	409.20	69.00	238.10	53.40	291.80	49.10	236.50	55.50
0/100	169.80	13.90	170.90	7.60	203.40	14.20	225.40	5.70

ตารางที่ ก.14 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม

PP/LLDPE	Modulus of elasticity (MPa)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	467.50	57.60	443.30	28.90	433.70	44.70	402.30	23.00
70/30	717..50	54.90	359.60	273.10	222.50	36.60	373.10	290.00
50/50	558.70	193.00	297.30	175.60	621.00	292.80	239.80	52.40
30/70	409.20	69.00	405.20	194.10	409.20	203.30	359.60	114.50
0/100	169.80	13.90	187.00	9.00	184.20	15.50	195.50	7.80

ตารางที่ ก.15 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก

PP/LLDPE	Elongation at break (%)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	239.60	61.60	289.10	77.56	320.60	89.40	107.60	131.90
70/30	307.10	33.70	195.20	136.50	328.30	130.90	230.90	266.80
50/50	282.20	153.00	-	-	-	-	107.40	214.70
30/70	-	-	-	-	-	-	-	-
0/100	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ก.16 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม

PP/LLDPE	Elongation at break (%)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	239.60	61.60	179.62	144.89	21.98	2.08	213.30	148.20
70/30	307.10	33.70	196.80	140.70	180.10	129.10	222.40	35.70
50/50	282.20	153.00	82.57	165.14	113.00	113.00	160.80	193.30
30/70	-	-	-	-	-	-	-	-
0/100	-	-	-	-	-	-	-	-

ตาราง ก.17 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก

PP/HDPE	Impact strength (kJ/m^2)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	2.0	0.08	1.9	0.27	2.2	0.37	2.0	0.33
70/30	2.6	0.13	2.3	0.37	2.5	0.23	3.2	0.34
50/50	3.0	1.58	3.0	0.10	3.6	0.18	3.3	0.16
30/70	7.6	0.41	8.6	0.31	10.3	3.96	14.5	2.0
0/100	19.9	0.60	20.6	1.74	26.9	9.96	33.0	2.67

ตาราง ก.18 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPEเมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม

PP/HDPE	Impact strength (kJ/m^2)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	2.0	0.08	1.9	0.11	2.1	0.15	2.3	0.74
70/30	2.6	0.13	3.3	0.17	3.3	0.37	3.4	0.21
50/50	3.0	1.58	3.9	0.18	4.1	0.17	4.0	0.22
30/70	7.6	0.41	9.2	0.65	8.2	0.95	7.1	0.48
0/100	19.9	0.60	36.7	5.02	30.4	2.08	26.1	3.70

ตารางที่ ก.19 แสดงค่าความทนทานแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก

PP/HDPE	Tensile strength (MPa)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	31.44	0.34	31.62	0.62	32.38	0.23	31.98	0.07
70/30	32.74	0.79	31.63	0.96	33.05	0.20	30.63	0.38
50/50	31.03	0.72	29.22	0.47	29.33	1.06	27.46	0.24
30/70	29.02	0.25	28.83	0.46	28.76	0.32	26.98	0.45
0/100	28.86	0.43	28.31	0.92	28.27	0.27	26.11	0.35

ตารางที่ ก.20 แสดงค่าความทนทานแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม

PP/HDPE	Tensile strength (MPa)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	31.44	0.34	31.92	0.25	33.38	0.16	32.29	0.76
70/30	32.74	0.79	31.65	0.18	31.46	0.32	30.76	0.43
50/50	31.03	0.72	29.30	0.42	28.94	0.66	28.73	0.30
30/70	29.02	0.25	26.34	0.37	27.81	0.44	27.23	0.19
0/100	28.86	0.43	28.53	0.37	28.00	0.03	27.77	0.20

ตารางที่ ก.21 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก

PP/HDPE	Modulus of elasticity (MPa)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	467.50	57.60	402.50	107.00	453.00	38.40	409.40	45.40
70/30	886.80	266.50	579.30	106.50	1021.00	286.59	466.00	30.20
50/50	507.70	257.50	444.80	193.20	667.00	508.80	1191.00	151.80
30/70	527.90	255.40	847.60	168.30	556.20	288.90	1306.00	101.60
0/100	452.00	236.80	515.70	263.90	1270.00	182.50	1015.00	57.80

ตารางที่ ก.22 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม

PP/HDPE	Modulus of elasticity (MPa)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	467.50	57.60	443.30	28.90	433.70	44.70	402.30	29.00
70/30	886.80	266.50	972.00	164.90	1170.00	368.80	707.10	69.60
50/50	507.70	257.50	1097.00	313.70	920.00	390.00	770.00	34.50
30/70	527.90	255.40	1091.00	181.40	1125.00	339.10	635.20	124.30
0/100	452.00	236.80	962.60	136.40	1051.00	85.90	620.10	109.30

ตารางที่ ก.23 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก

PP/HDPE	Elongation at break (%)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	239.60	61.60	289.10	77.56	320.60	89.40	107.60	131.90
70/30	150.10	24.20	177.50	135.90	100.50	37.90	140.74	134.94
50/50	126.40	34.90	252.70	64.50	134.30	47.20	181.70	57.69
30/70	124.00	14.90	170.20	31.00	192.90	23.50	155.30	7.90
0/100	50.57	1.51	53.96	5.00	48.78	3.84	93.91	30.91

ตารางที่ ก.24 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม

PP/HDPE	Elongation at break (%)							
	non Compatibilizer		Compatibilizer (wt%)					
			5		10		15	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	239.60	61.60	179.62	144.89	21..98	4.16	213.30	148.20
70/30	150.10	24.20	32.57	12.33	48.87	27.42	62.11	21.02
50/50	126.40	34.90	98.21	9.31	74.74	9.39	100.57	36.79
30/70	124.00	14.90	119.13	11.30	93.36	8.96	94.22	3.61
0/100	50.57	1.51	53.54	6.44	63.22	16.58	93.32	9.62

ภาคผนวก ข

แสดงค่าสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมเมื่อผ่านการฉายรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.1 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/LDPE	Impact strength (kJ/m^2)							
	non Irradiation		Irradiation dose (kGy)					
			10		20		30	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	2.0	0.08	2.0	0.17	1.8	0.00	2.0	0.14
70/30	2.6	0.34	2.8	0.20	2.6	0.35	2.6	0.18
50/50	15.4	5.69	13.0	2.67	15.4	2.12	11.5	4.00
30/70	28.4	3.08	32.2	8.19	29.7	2.62	28.6	4.60
0/100	24.4	1.56	21.1	1.27	26.0	4.80	25.2	1.33

ตารางที่ ข.2 แสดงค่าความทนทานแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/LDPE	Tensile strength (MPa)							
	non Irradiation		Irradiation dose (kGy)					
			10		20		30	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	31.44	0.34	33.45	0.23	33.49	0.67	33.64	0.30
70/30	26.62	0.26	26.12	0.40	25.97	0.05	26.43	0.07
50/50	19.42	0.11	20.89	0.11	20.71	0.10	20.53	0.22
30/70	14.62	0.22	15.71	0.29	15.52	0.10	15.57	0.06
0/100	11.34	0.36	12.38	0.40	12.01	0.25	12.15	0.06

ตารางที่ ข.3 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/LDPE	Modulus of elasticity (MPa)							
	non Irradiation		Irradiation dose (kGy)					
			10		20		30	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	467.50	57.60	387.70	63.70	431.70	47.10	521.90	70.90
70/30	343.63	28.95	356.40	35.20	429.40	11.30	356.00	32.40
50/50	263.60	9.10	274.40	6.70	312.20	50.00	305.40	36.50
30/70	194.60	16.30	233.70	28.20	233.70	22.60	241.70	33.60
0/100	79.78	2.37	107.80	6.20	95.58	1.70	100.20	3.40

ตารางที่ ข.4 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/LDPE	Elongation at break (%)							
	non Irradiation		Irradiation dose (kGy)					
			10		20		30	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	239.60	61.60	21.16	3.54	36.11	22.09	21.77	4.47
70/30	159.00	74.70	78.63	29.47	58.10	28.20	55.94	5.24
50/50	223.90	64.70	79.41	14.91	80.92	18.85	81.73	11.22
30/70	233.50	111.30	187.20	51.20	165.20	50.80	131.60	44.40
0/100	90.17	9.87	99.79	4.33	100.70	1.90	101.40	0.60

ตาราง ข.5 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/LLDPE	Impact strength (kJ/m^2)							
	non Irradiation		Irradiation dose (kGy)					
			10		20		30	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	2.0	0.08	2.0	0.17	1.8	0.00	2.0	0.14
70/30	3.6	0.18	3.9	0.18	3.9	0.36	3.7	0.24
50/50	29.1	1.96	26.5	2.54	23.7	2.23	23.2	2.00
30/70	38.9	1.29	37.7	1.84	37.8	1.98	39.0	1.5
0/100	27.7	0.89	26.2	3.38	26.3	4.02	26.9	1.06

ตารางที่ ข.6 แสดงค่าความทนทานแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/LLDPE	Tensile strength (MPa)							
	non Irradiation		Irradiation dose (kGy)					
			10		20		30	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	31.44	0.34	33.45	0.23	33.49	0.67	33.64	0.30
70/30	25.57	0.19	26.43	0.28	25.23	0.34	25.42	0.30
50/50	20.88	0.63	21.28	0.24	21.30	0.26	21.50	0.08
30/70	17.60	0.29	16.87	0.30	16.48	0.24	16.37	0.41
0/100	18.32	0.27	18.11	0.26	17.63	0.36	18.09	0.37

ตาราง ข.9 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/HDPE	Impact strength (kJ/m^2)							
	non Irradiation		Irradiation dose (kGy)					
			10		20		30	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	2.0	0.08	2.0	0.17	1.8	0.00	2.0	0.14
70/30	2.6	0.13	1.9	0.24	2.1	0.33	1.7	0.40
50/50	3.6	1.58	2.8	0.20	3.1	0.23	2.6	0.45
30/70	7.6	0.41	6.7	0.28	6.4	0.40	5.8	0.24
0/100	19.9	0.60	19.7	2.46	19.9	1.25	22.1	0.90

ตารางที่ ข.10 แสดงค่าความทนทานแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/HDPE	Tensile strength (MPa)							
	non Irradiation		Irradiation dose (kGy)					
			10		20		30	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	31.44	0.34	33.45	0.23	33.49	0.67	33.64	0.30
70/30	32.74	0.79	32.60	0.33	32.69	0.36	32.89	0.50
50/50	31.03	0.72	30.31	0.50	30.62	0.16	30.95	0.27
30/70	29.02	0.25	28.50	0.47	28.73	0.19	28.89	0.30
0/100	28.86	0.43	28.91	0.23	28.79	0.08	28.27	0.23

ตารางที่ ข.7 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/LLDPE	Modulus of elasticity (MPa)							
	non Irradiation		Irradiation dose (kGy)					
			10		20		30	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	467.50	57.60	387.70	63.70	431.70	47.10	521.90	70.90
70/30	717.50	54.90	1120.00	26.20	1151.00	26.30	1107.00	52.80
50/50	558.70	193.00	858.90	72.90	913.70	125.00	897.30	39.40
30/70	409.20	69.00	495.50	44.50	461.40	44.50	545.00	66.80
0/100	169.80	13.90	196.70	7.40	197.20	8.20	169.90	12.20

ตารางที่ ข.8 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/LLDPE	Elongation at break (%)							
	non Irradiation		Irradiation dose (kGy)					
			10		20		30	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	239.60	61.60	21.16	3.54	36.11	22.09	21.77	4.47
70/30	307.10	33.70	166.60	119.90	53.01	61.21	40.29	47.85
50/50	282.20	153.00	264.90	84.50	191.40	69.10	100.00	115.80
30/70	-	-	-	-	-	-	-	-
0/100	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ข.11 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/HDPE	Modulus of elasticity (MPa)							
	non Irradiation		Irradiation dose (kGy)					
			10		20		30	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	467.50	57.60	387.70	63.70	431.70	47.10	521.90	70.90
70/30	886.80	266.50	622.60	434.10	930.30	207.70	1830.00	27.90
50/50	507.70	257.50	1172.00	121.10	1280.00	171.10	1467.00	176.30
30/70	527.90	255.40	1088.00	139.40	947.20	335.60	1163.00	167.00
0/100	452.00	236.80	905.70	57.60	658.40	180.90	1139.00	130.60

ตารางที่ ข.12 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/HDPE	Elongation at break (%)							
	non Irradiation		Irradiation dose (kGy)					
			10		20		30	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
100/0	239.60	61.60	21.16	3.54	36.11	22.09	21.77	4.47
70/30	150.10	24.20	50.26	45.81	23.90	22.73	17.18	16.02
50/50	126.40	34.90	76.84	20.07	71.01	14.57	62.12	17.20
30/70	124.00	14.90	84.18	20.28	97.88	6.68	85.08	2.96
0/100	50.57	1.51	62.16	16.70	67.70	31.35	74.35	12.81

ตารางที่ ข.13 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

PP/LDPE	Irradiation dose (kGy)	Impact strength (kJ/m^2)	
		Mean	SD
50/50	50	9.2	6.41
	100	8.5	3.77
	150	6.3	0.82
	200	7.5	1.12
	250	6.9	1.02

ตารางที่ ข.14 แสดงค่าความทนทานแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

PP/LDPE	Irradiation dose (kGy)	Tensile strength (MPa)	
		Mean	SD
50/50	50	19.95	0.14
	100	20.27	0.35
	150	20.62	0.25
	200	18.76	0.30
	250	18.42	0.18

ตารางที่ ข.15 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

PP/LDPE	Irradiation dose (kGy)	Modulus of elasticity (MPa)	
		Mean	SD
50/50	50	436.00	30.60
	100	513.60	47.50
	150	832.70	57.70
	200	452.50	49.00
	250	358.10	18.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.16 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

PP/LDPE	Irradiation dose (kGy)	Elongation at break (%)	
		Mean	SD
50/50	50	47.35	15.83
	100	24.95	2.98
	150	16.34	4.33
	200	21.86	6.11
	250	16.52	2.98

ตารางที่ ข.17 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP50/LLDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

PP/LLDPE	Irradiation dose (kGy)	Impact strength (kJ/m^2)	
		Mean	SD
50/50	50	3.2	0.23
	100	2.0	0.57
	150	1.7	0.21
	200	1.3	0.34
	250	1.2	0.41

ตารางที่ ข.18 แสดงค่าความทนทานแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP50/LLDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

PP/LLDPE	Irradiation dose (kGy)	Tensile strength (MPa)	
		Mean	SD
50/50	50	21.16	0.25
	100	21.36	0.12
	150	21.86	0.25
	200	19.31	0.27
	250	19.89	0.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.19 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP50/LLDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

PP/LLDPE0	Irradiation dose (kGy)	Modulus of elasticity (MPa)	
		Mean	SD
50/50	50	446.90	21.70
	100	534.10	56.30
	150	823.50	137.20
	200	488.50	41.10
	250	401.50	46.90

ตารางที่ ข.20 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP50/LLDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

PP/LLDPE	Irradiation dose (kGy)	Elongation at break (%)	
		Mean	SD
50/50	50	100.57	21.14
	100	22.47	1.57
	150	17.37	1.58
	200	25.85	1.40
	250	23.10	1.36

ตารางที่ ข.21 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

PP/HDPE	Irradiation dose (kGy)	Impact strength (kJ/m^2)	
		Mean	SD
50/50	50	9.2	6.41
	100	8.5	3.77
	150	6.3	0.82
	200	7.5	1.12
	250	6.9	1.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.22 แสดงค่าความทนทานแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

PP/HDPE	Irradiation dose (kGy)	Tensile strength (MPa)	
		Mean	SD
50/50	50	28.25	0.28
	100	28.27	0.33
	150	26.56	0.38
	200	23.95	0.92
	250	25.55	0.42

ตารางที่ ข.23 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

PP/HDPE	Irradiation dose (kGy)	Modulus of elasticity (MPa)	
		Mean	SD
50/50	50	552.60	46.50
	100	586.90	61.10
	150	998.20	427.80
	200	605.50	167.40
	250	458.00	55.70

ตารางที่ ข.24 แสดงค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

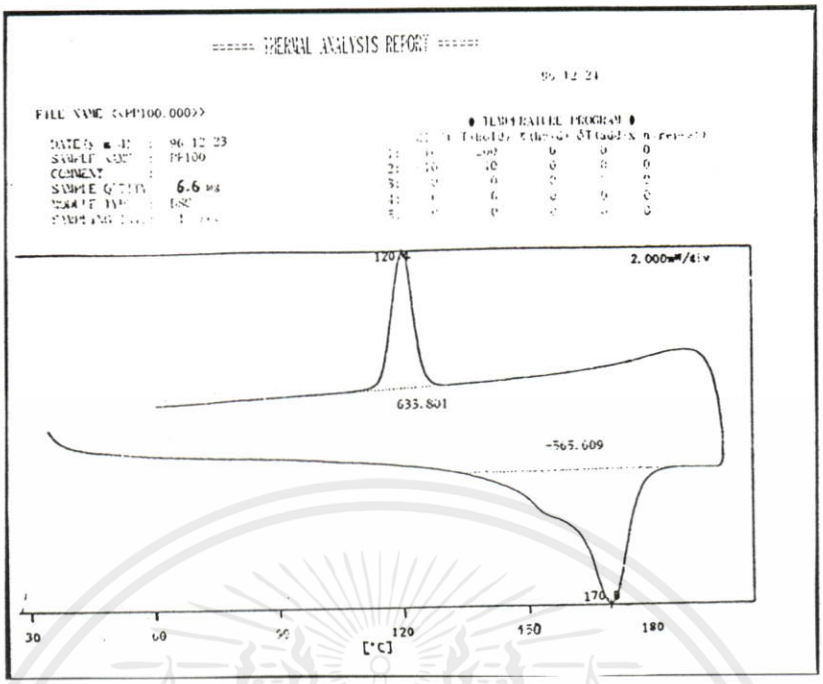
PP/HDPE	Irradiation dose (kGy)	Elongation at break (%)	
		Mean	SD
50/50	50	55.70	19.80
	100	8.05	6.45
	150	5.44	0.36
	200	5.20	0.86
	250	6.00	0.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

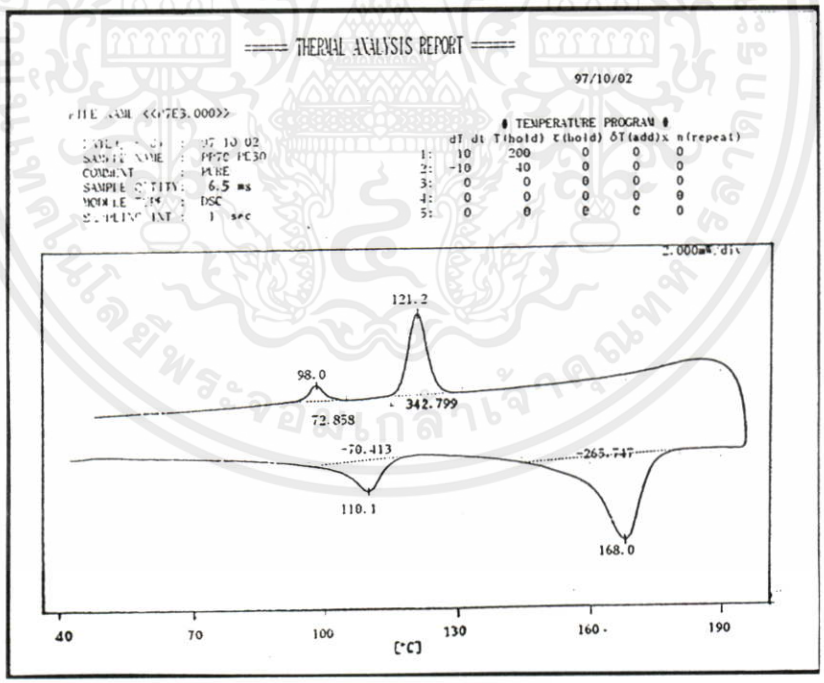
ภาคผนวก ค

แสดงค่าสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

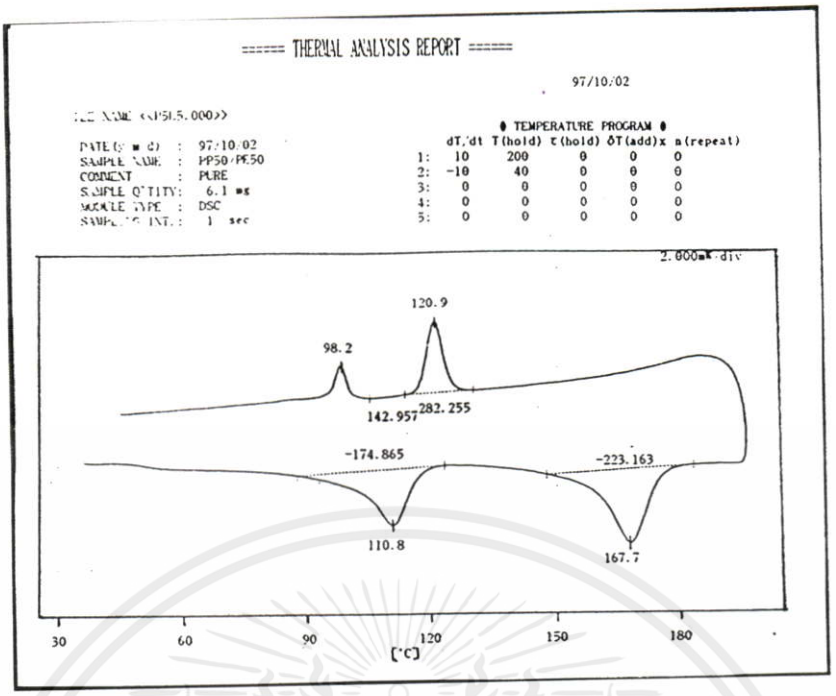


(a) PP100

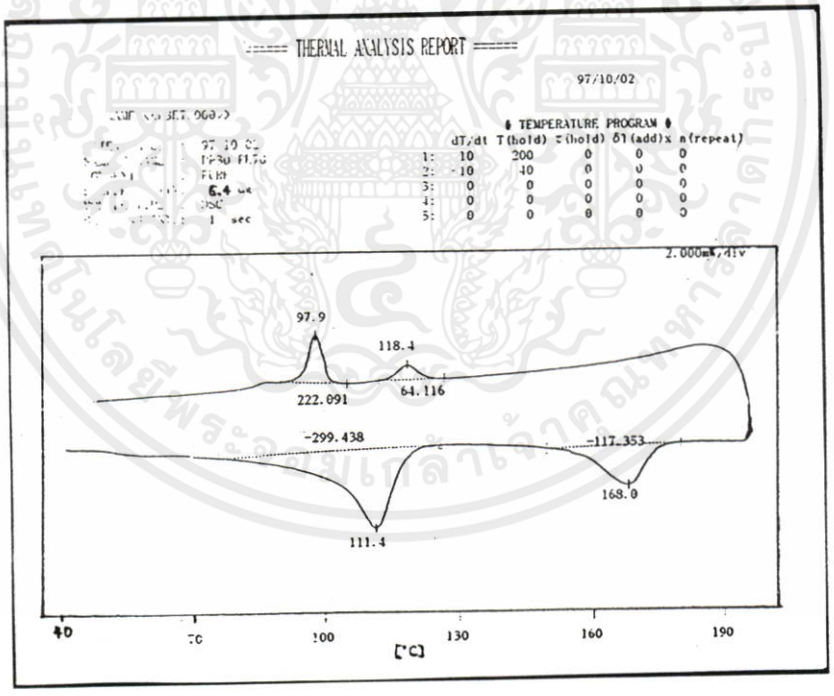


(b) PP70/LDPE30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

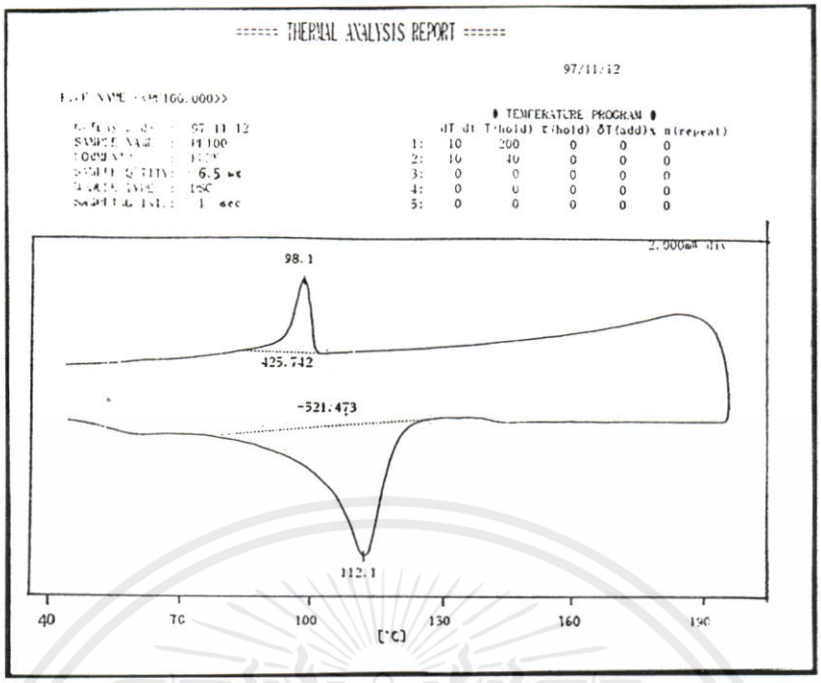


(c) PP50/LDPE50



(d) PP30/LDPE70

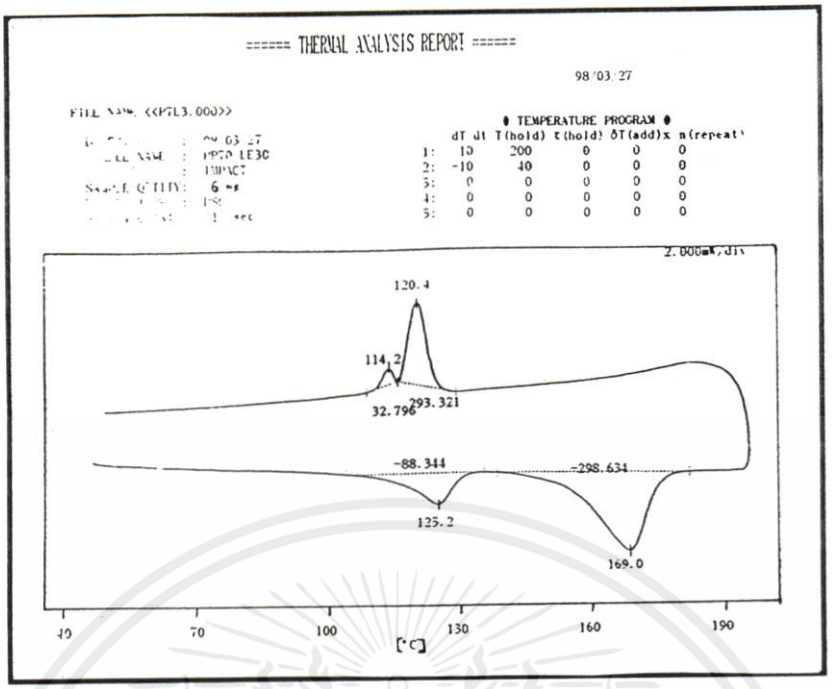
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



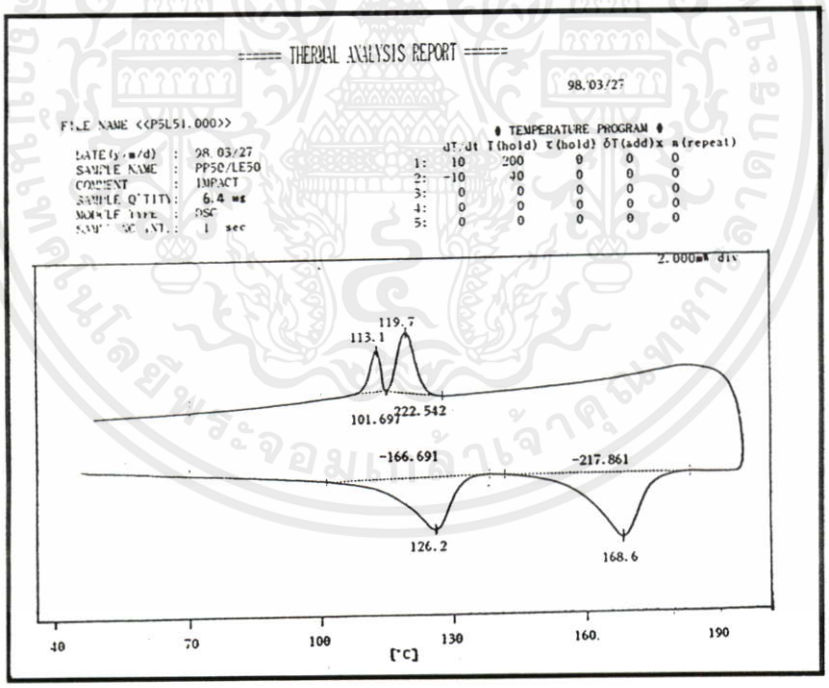
(e) LDPE100

รูปที่ ค.1 แสดงสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ (a) PP100 (b) PP70/LDPE30 (c) PP50/LDPE50 (d) PP30/LDPE70 (e) LDPE100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

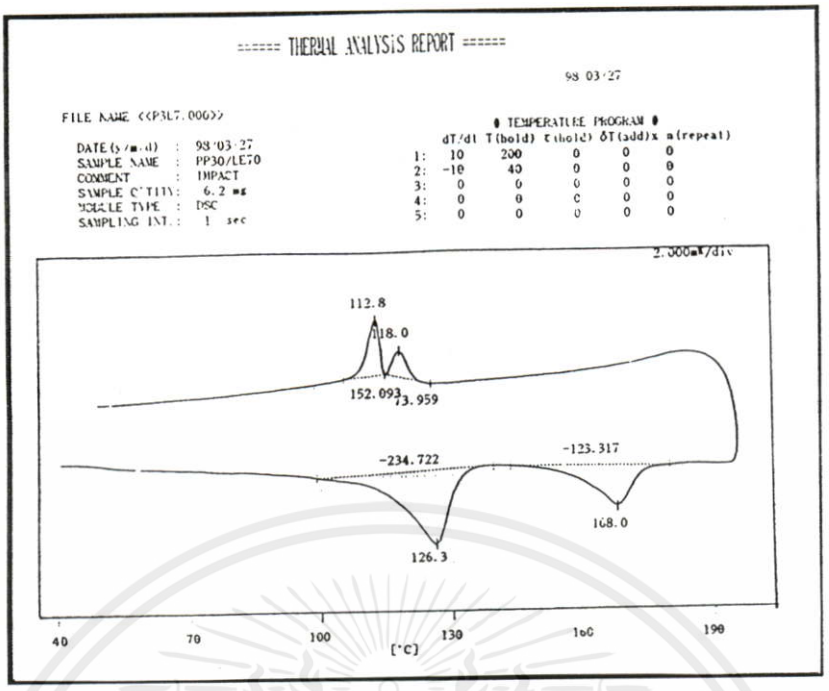


(a) PP70/LLDPE30

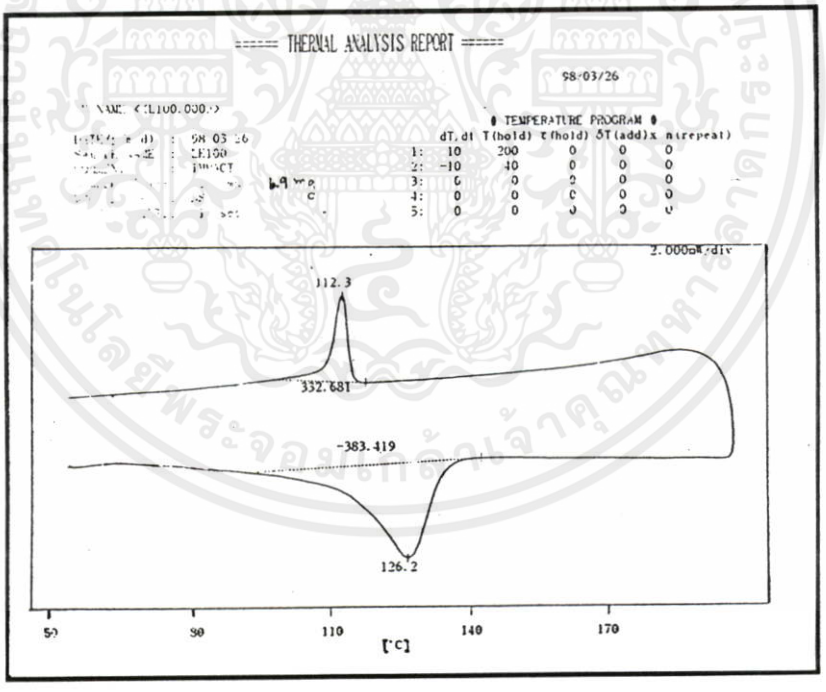


(b) PP50/LLDPE50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



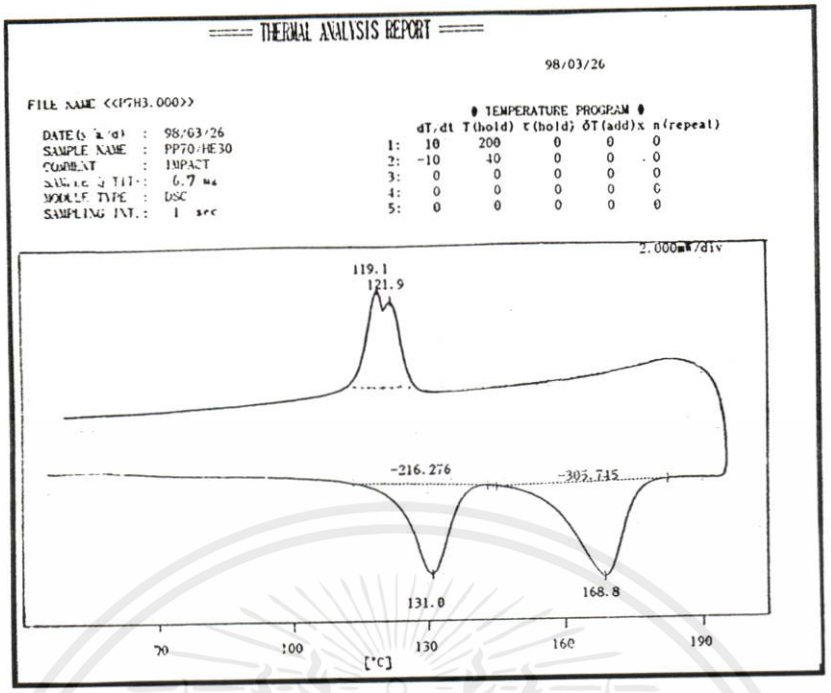
(c) PP30/LLDPE70



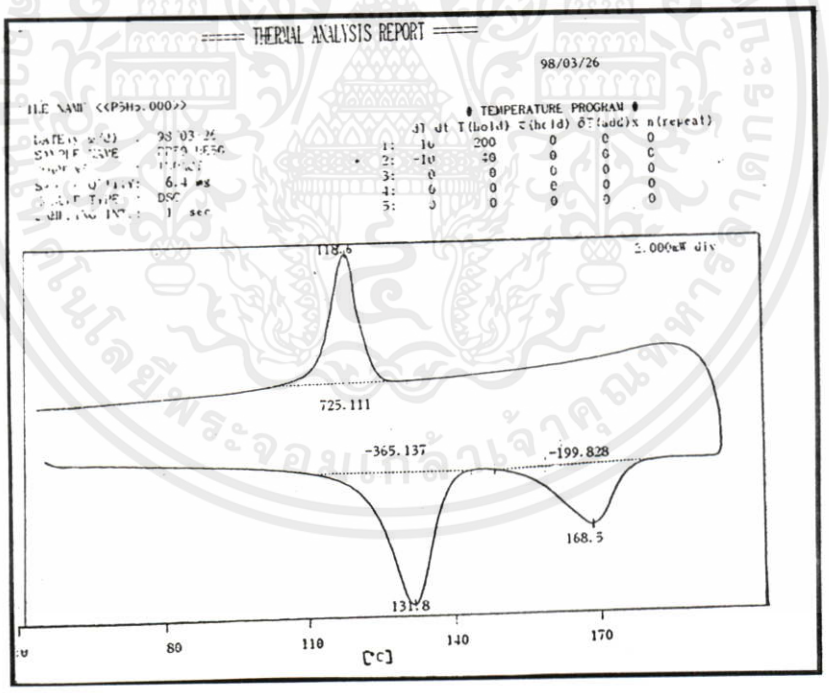
(d) LLDPE100

รูปที่ ค.2 แสดงสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ
(a) PP70/LLDPE30 (b) PP50/LLDPE50 (c) PP30/LLDPE70 (d) LLDPE100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

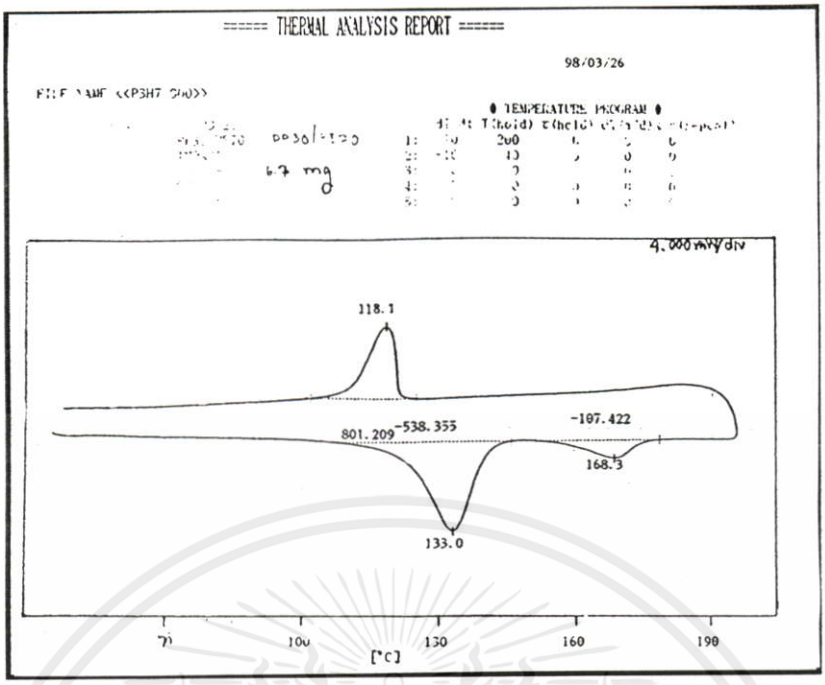


(a) PP70/HDPE30

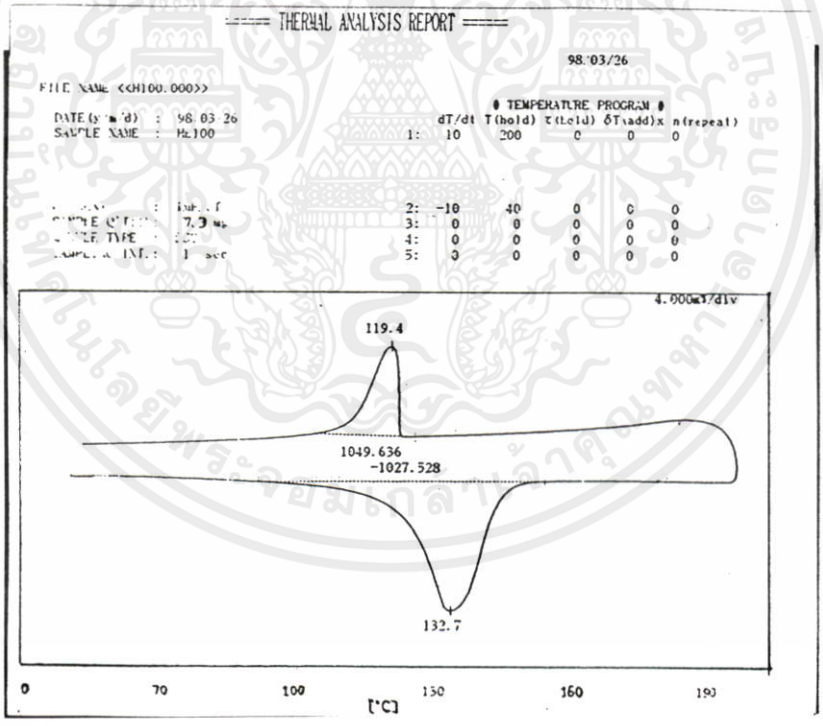


(b) PP50/HDPE50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



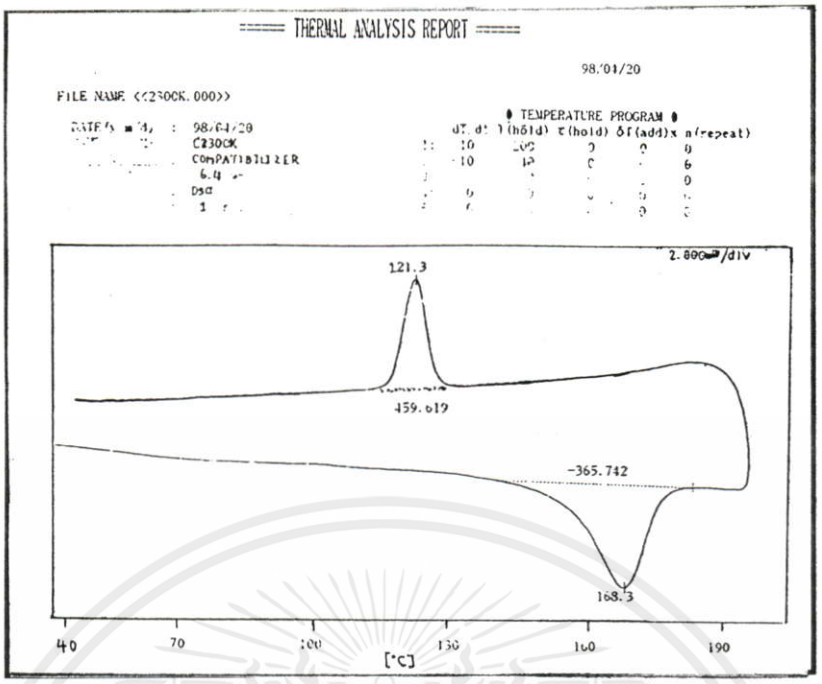
(c) PP30/HDPE70



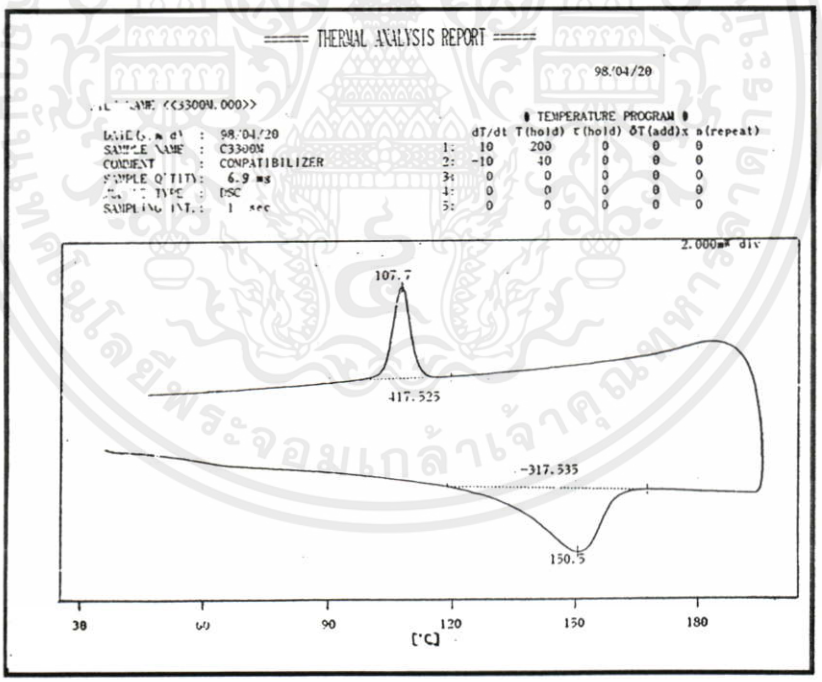
(d) HDPE100

รูปที่ ค.3 แสดงสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ (a) PP70/HDPE30 (b) PP50/HDPE50 (c) PP30/HDPE70 (d) HDPE100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



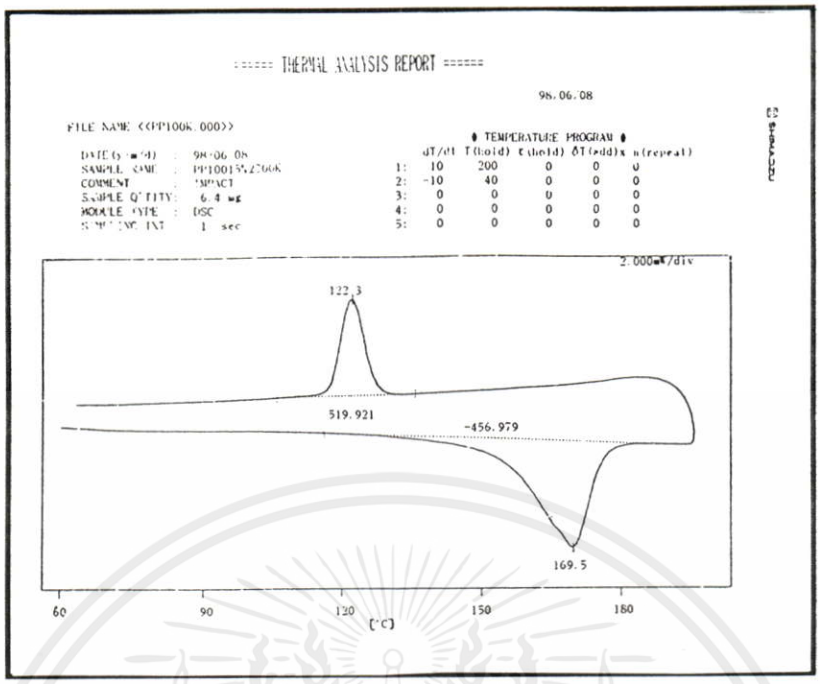
(a) Poly(propylene-block-ethylene)copolymer



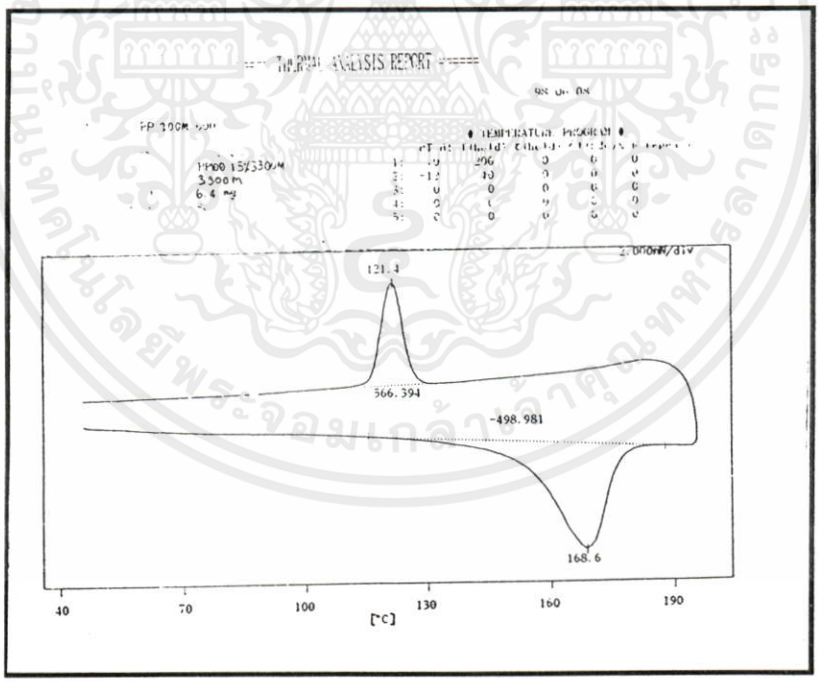
(b) Poly(propylene-random-ethylene)copolymer

รูปที่ ค.4 แสดงสมบัติทางความร้อนของสารช่วยผสม (a) พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบบล็อก ที่มีปริมาณเอทิลีนร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก (2300K) (b) พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนแบบสุ่ม ที่มีปริมาณเอทิลีนร้อยละ 8-9 โดยน้ำหนัก (3300M)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

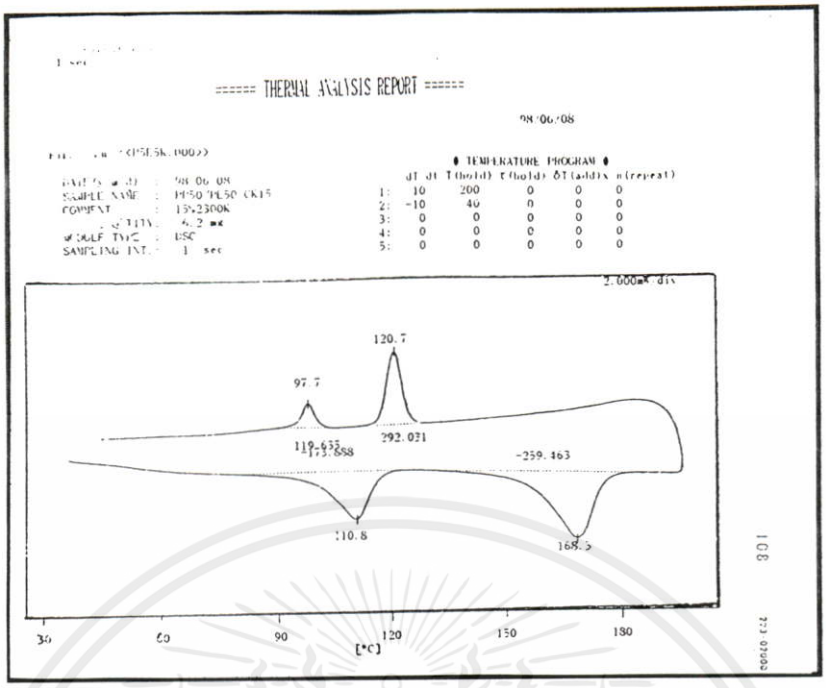


(a) PP100+15%block copolymer

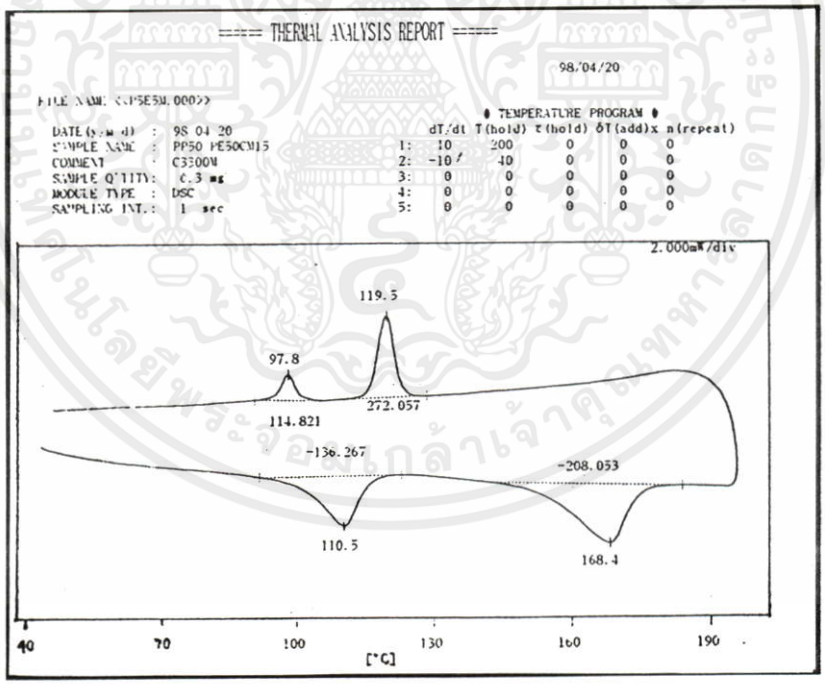


(b) PP100+15%random copolymer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

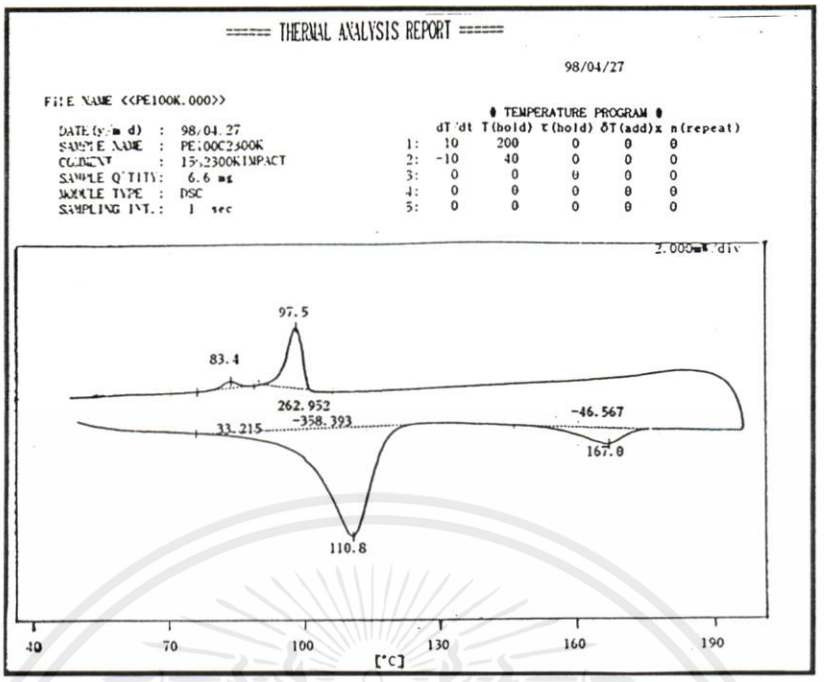


(c) PP50/LDPE50+15%block copolymer

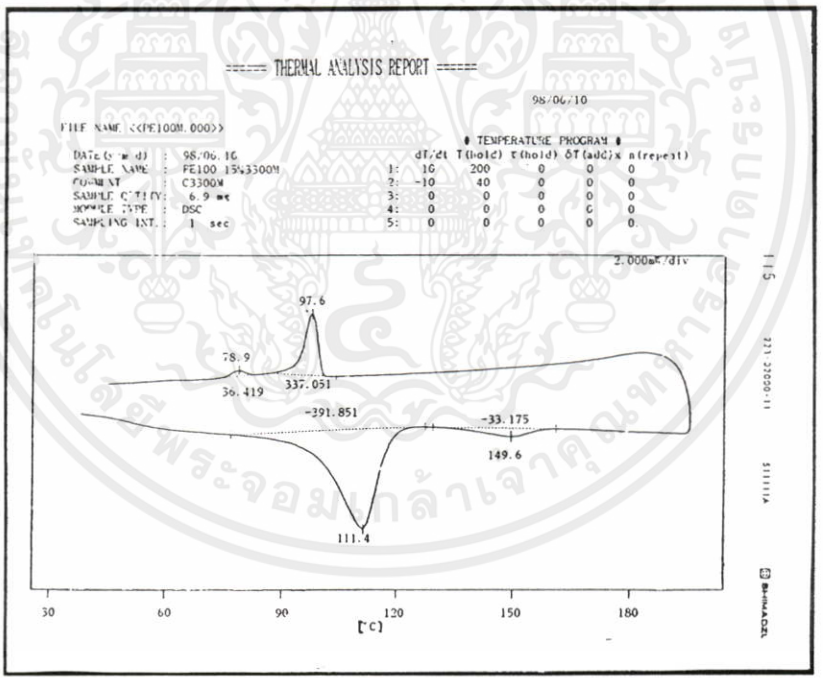


(d) PP50/LDPE50+15%random copolymer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



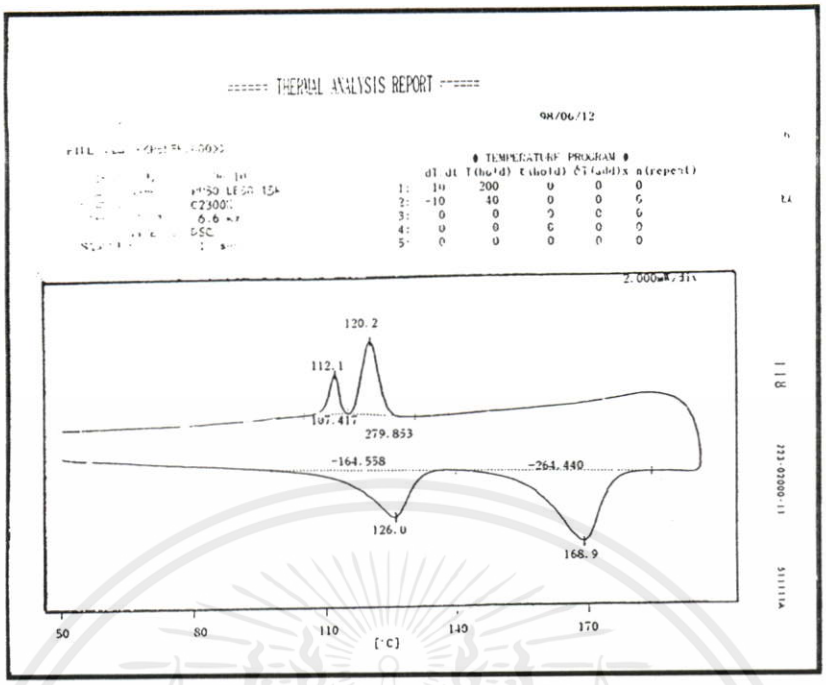
(e) LDPE100+15%block copolymer



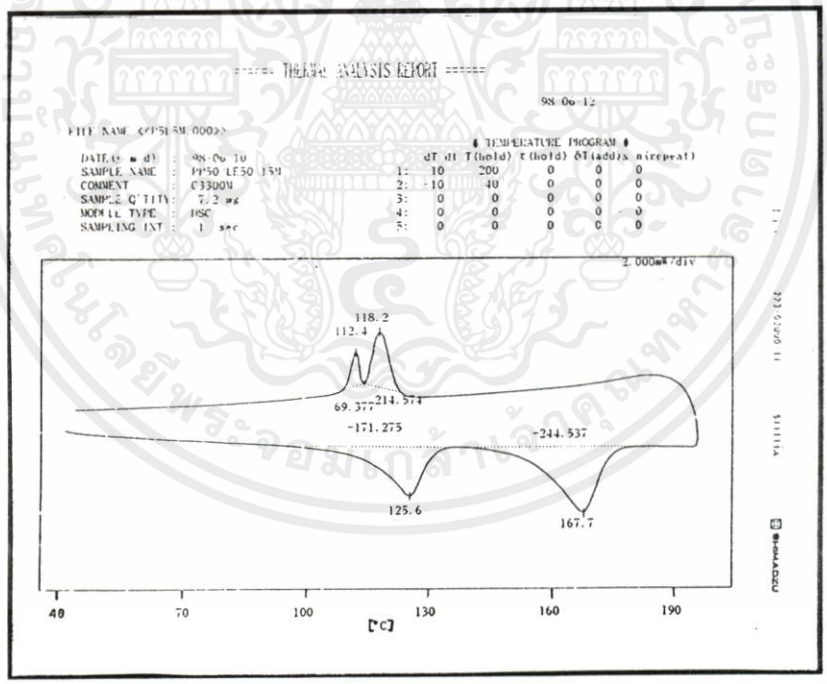
(f) LDPE100+15%random copolymer

รูปที่ ค.5 แสดงสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ PP/LDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกและแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก (a) PP100+15%block copolymer (b) PP100+15%random copolymer (c) PP50/LDPE50+15%block copolymer (d) PP50/LDPE50+15%random copolymer (e) LDPE100+15%block copolymer (f) LDPE100+15%random copolymer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

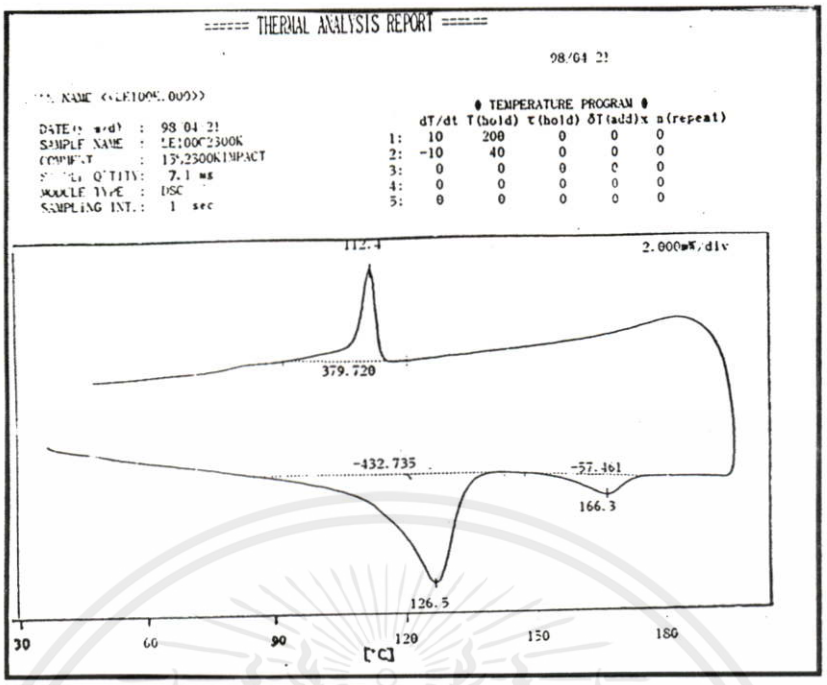


(a) PP50/LLDPE50+15%block copolymer

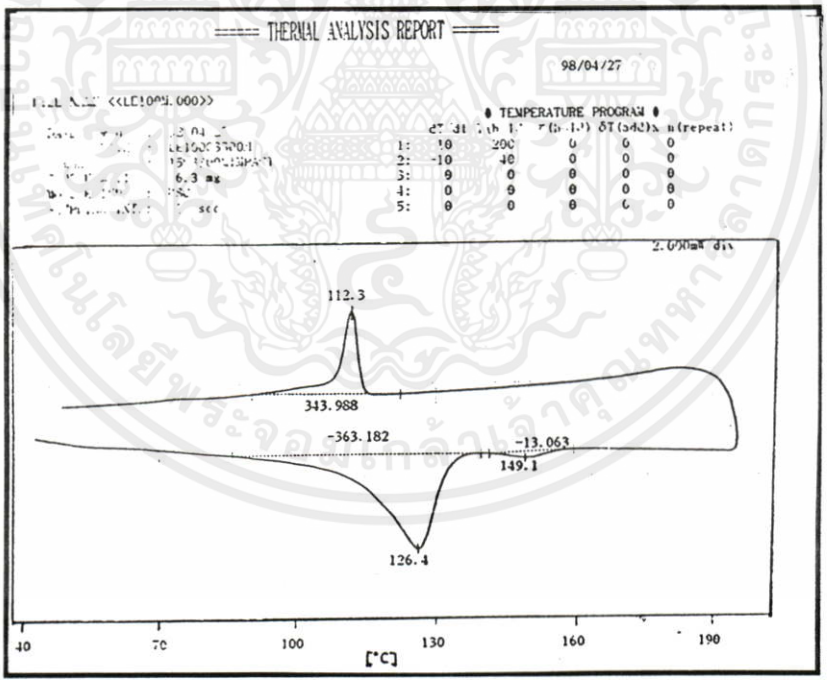


(b) PP50/LLDPE50+15%random copolymer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(c) LLDPE100+15%block copolymer



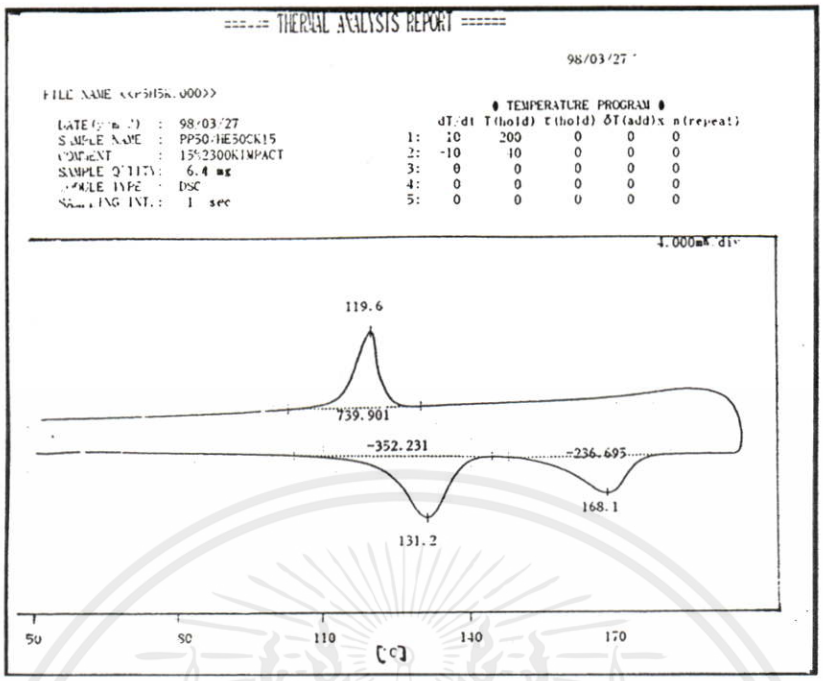
(d) LLDPE100+15%random copolymer

รูปที่ ค.6 แสดงสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกและแบบสุ่ม ในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก

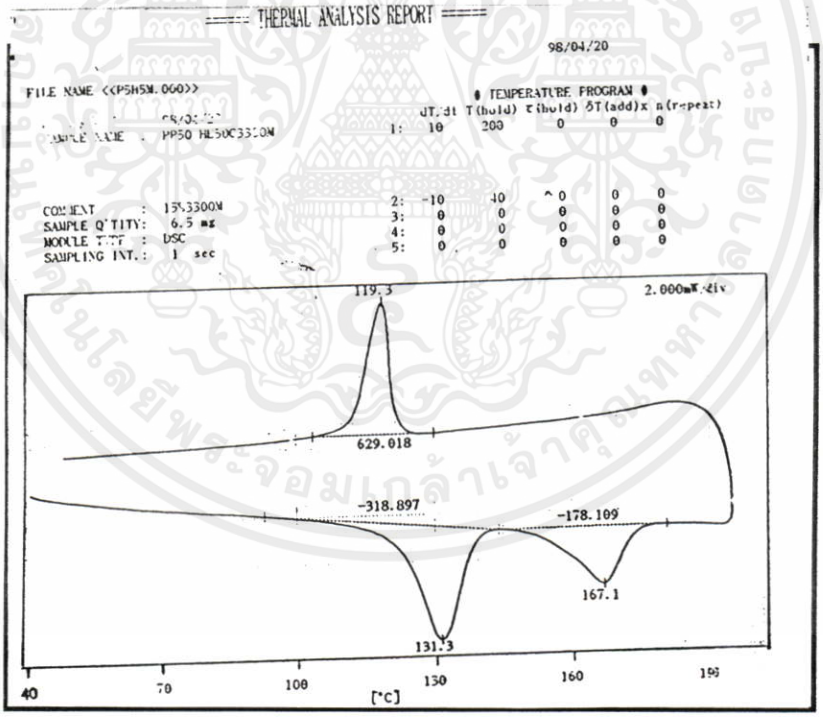
(a) PP50/LLDPE50+15%block copolymer (b) PP50/LLDPE50+15%random copolymer

(c) LLDPE100+15%block copolymer (d) LLDPE100+15%random copolymer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

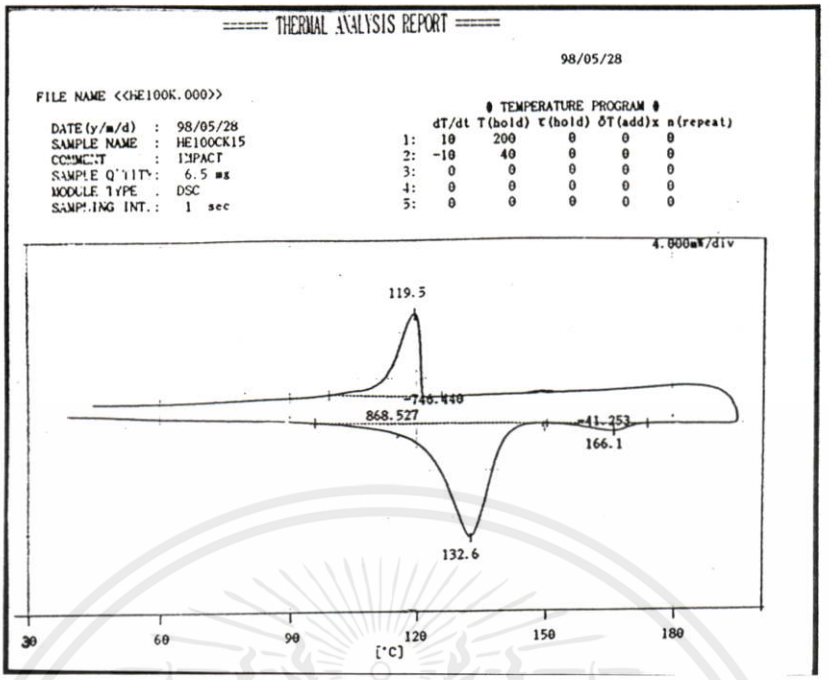


(a) PP50/HDPE50+15%block copolymer

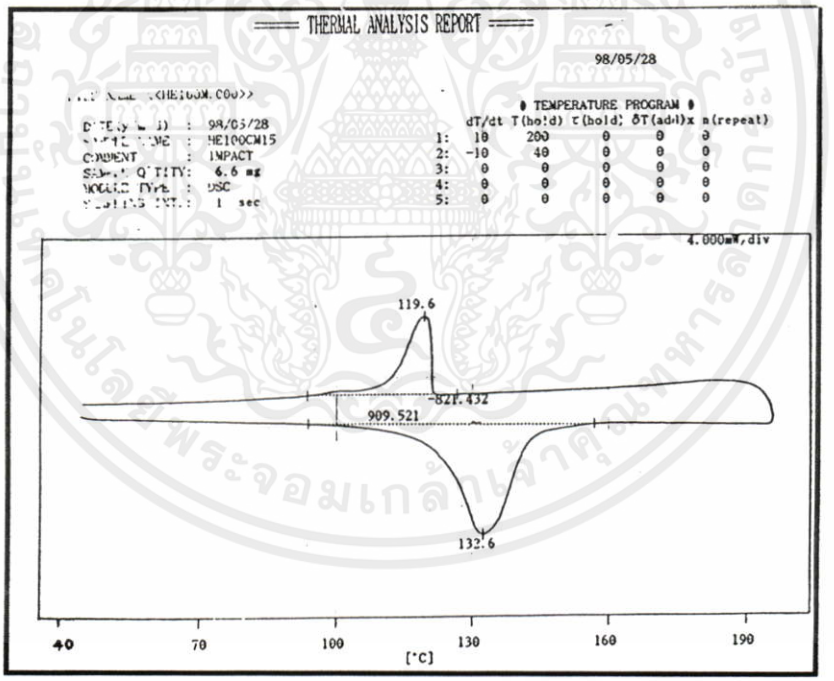


(b) PP50/HDPE50+15%random copolymer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



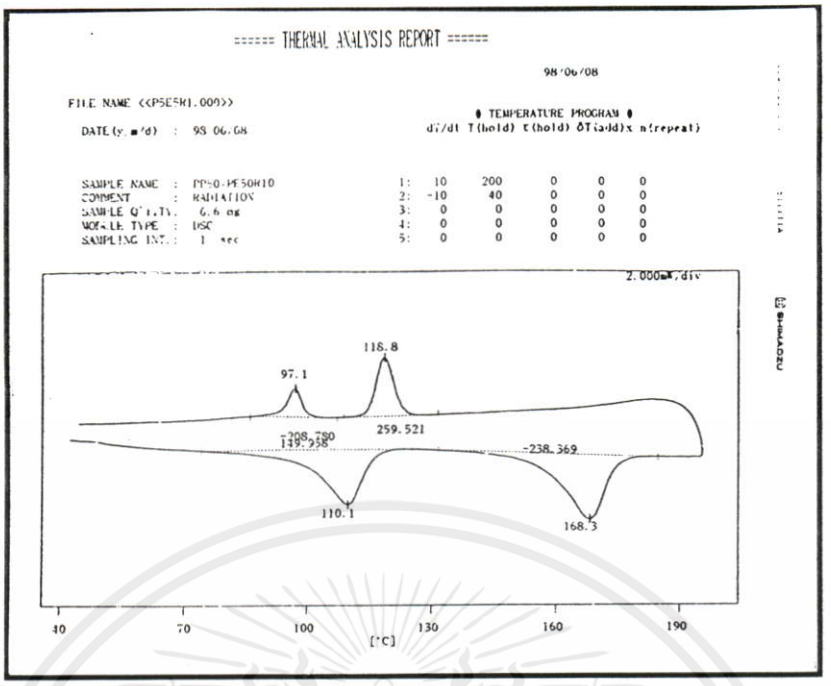
(c) HDPE100+15%block copolymer



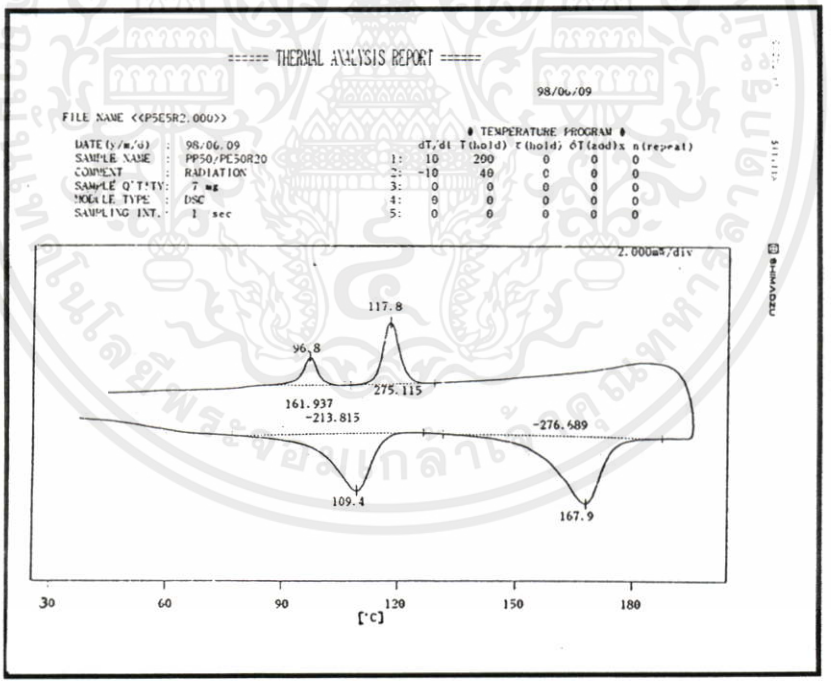
(d) HDPE100+15%random copolymer

รูปที่ ค.7 แสดงสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE เมื่อเติมสารช่วยผสมแบบบล็อกและแบบสุ่มในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก (a) PP50/HDPE50+15%block copolymer (b) PP50/HDPE50+15%random copolymer (c) HDPE100+15%block copolymer (d) HDPE100+15%random copolymer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

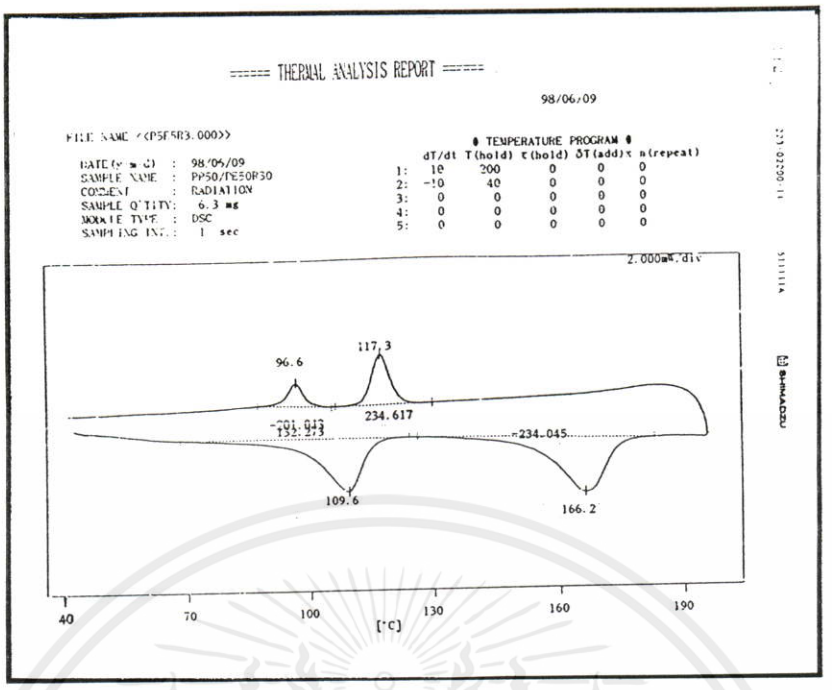


(a) PP50/LDPE50 10kGy

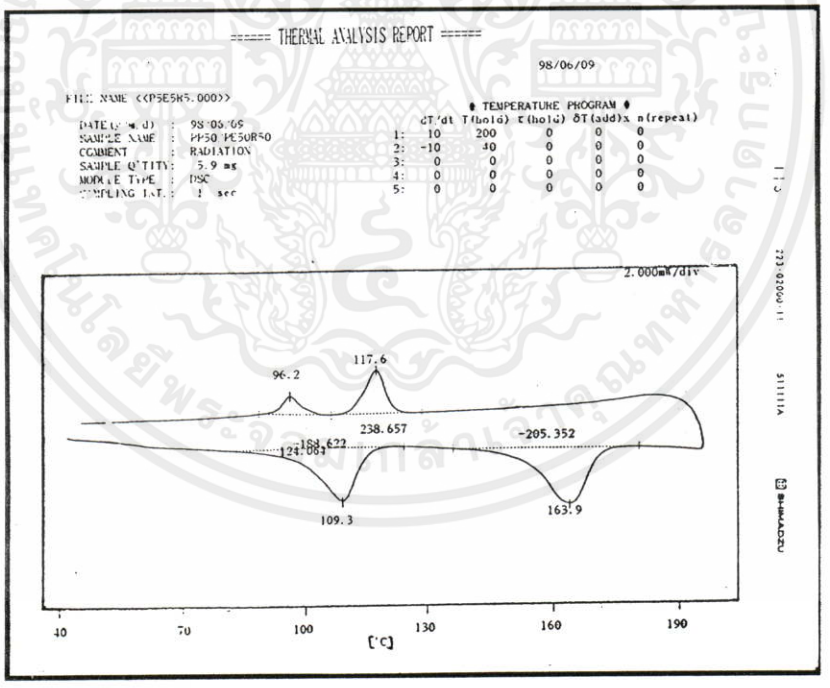


(b) PP50/LDPE50 20kGy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

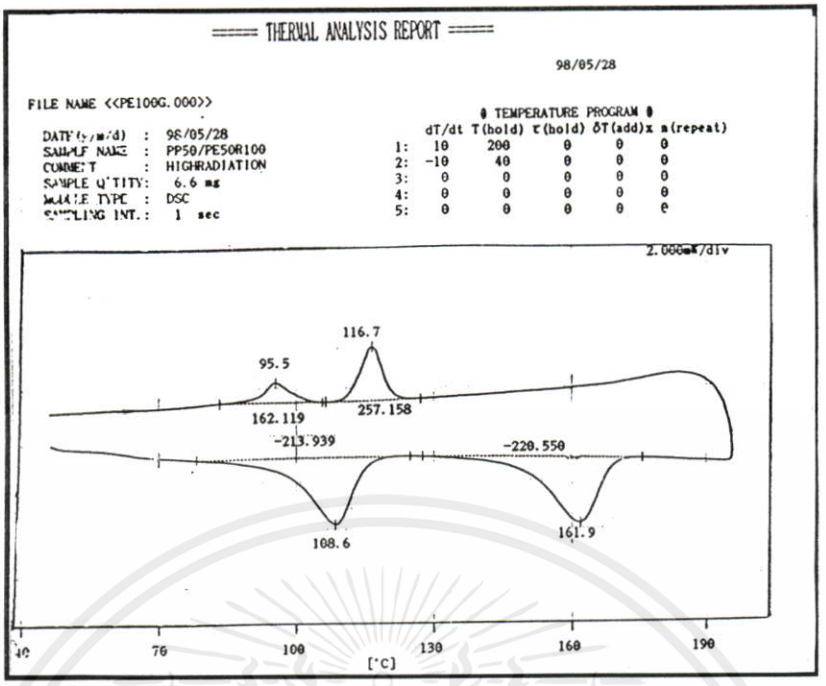


(c) PP50/LDPE50 30kGy

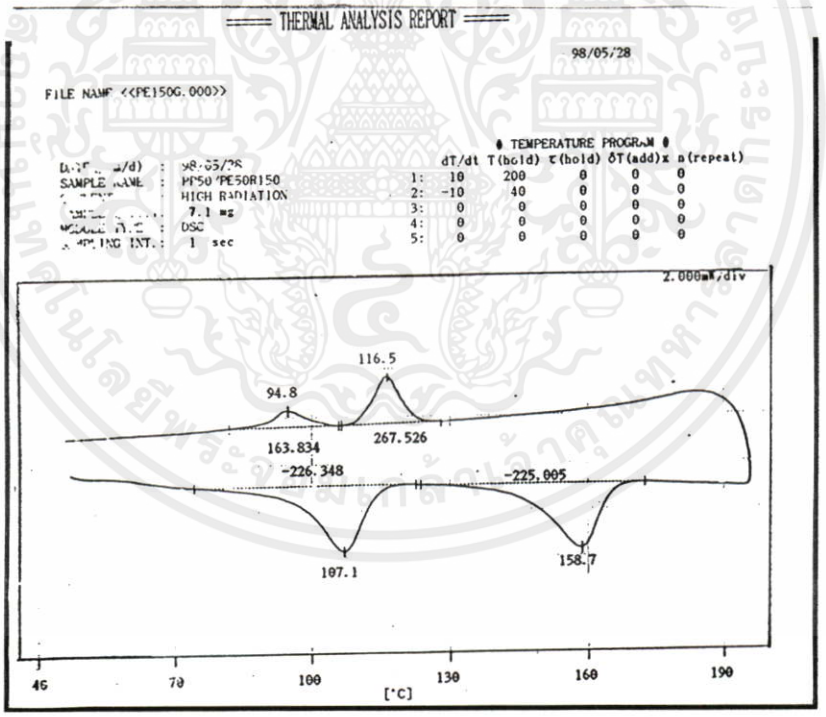


(d) PP50/LDPE50 50kGy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

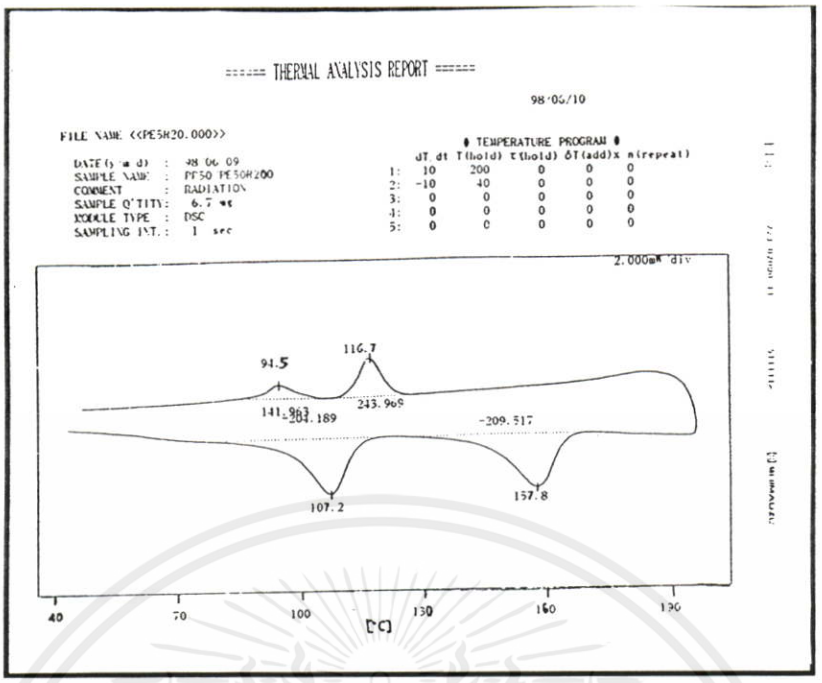


(e) PP50/LDPE50 100kGy

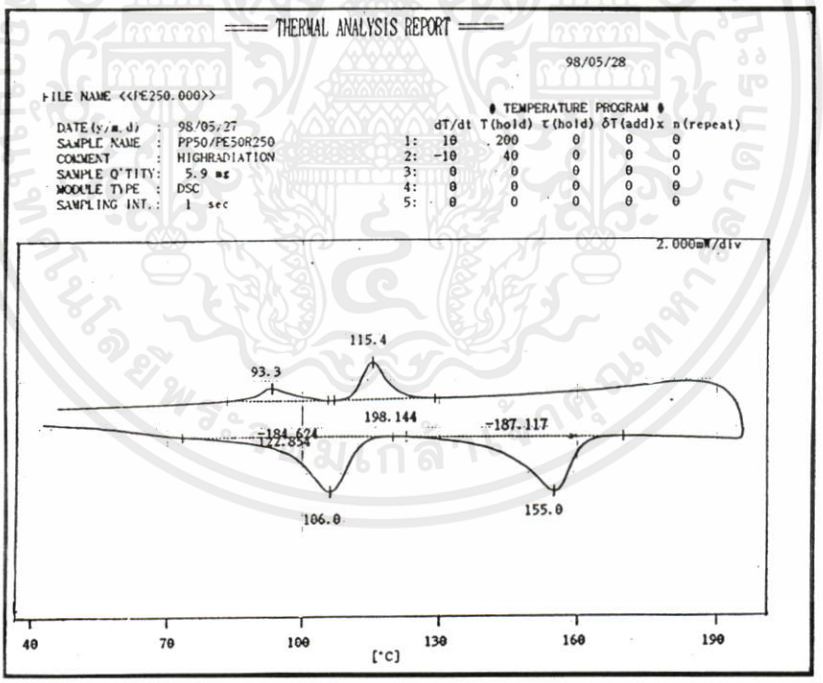


(f) PP50/LDPE50 150kGy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(g) PP50/LDPE50 200kGy



(h) PP50/LDPE50 250kGy

รูปที่ ค.8 แสดงสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่าง ๆ (a) 10 กิโลเกรย์ (b) 20 กิโลเกรย์ (c) 30 กิโลเกรย์ (d) 50 กิโลเกรย์ (e) 100 กิโลเกรย์ (f) 150 กิโลเกรย์ (g) 200 กิโลเกรย์ (h) 250 กิโลเกรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ

PP/LDPE	PP				LDPE			
	T_m (^oC)	ΔH_m (J/g)	T_c (^oC)	ΔH_c (J/g)	T_m (^oC)	ΔH_m (J/g)	T_c (^oC)	ΔH_c (J/g)
100/0	170.0	85.70	120.4	96.03	-	-	-	-
70/30	168.0	40.88	121.2	52.74	110.1	10.83	98.0	11.20
50/50	167.7	36.59	120.9	46.26	110.8	28.67	98.2	23.43
30/70	168.0	18.33	118.4	10.02	111.4	46.78	97.9	34.70
0/100	-	-	-	-	112.1	80.23	98.1	65.49

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตรส่วนต่าง ๆ

PP/LLDPE	PP				LLDPE			
	T_m (^oC)	ΔH_m (J/g)	T_c (^oC)	ΔH_c (J/g)	T_m (^oC)	ΔH_m (J/g)	T_c (^oC)	ΔH_c (J/g)
100/0	170.0	85.70	120.4	96.03	-	-	-	-
70/30	169.0	49.77	120.4	48.88	125.2	14.72	114.2	5.47
50/50	168.6	34.03	119.7	34.76	126.2	26.05	113.1	15.89
30/70	168.0	19.89	118.0	11.93	126.3	37.86	112.8	24.53
0/100	-	-	-	-	126.2	55.57	112.3	48.21

ตารางที่ ค.3 แสดงค่าสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ

PP/HDPE	PP				HDPE			
	T_m (^oC)	ΔH_m (J/g)	T_c (^oC)	ΔH_c (J/g)	T_m (^oC)	ΔH_m (J/g)	T_c (^oC)	ΔH_c (J/g)
100/0	170.0	85.70	120.4	96.03	-	-	-	-
70/30	168.8	45.63	121.9	-	131.0	32.27	119.1	-
50/50	168.5	31.22	-	-	131.8	57.05	118.6	113.30
30/70	168.3	16.03	-	-	133.0	80.34	118.1	119.58
0/100	-	-	-	-	132.7	140.68	119.4	143.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 แสดงค่าสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่างๆ

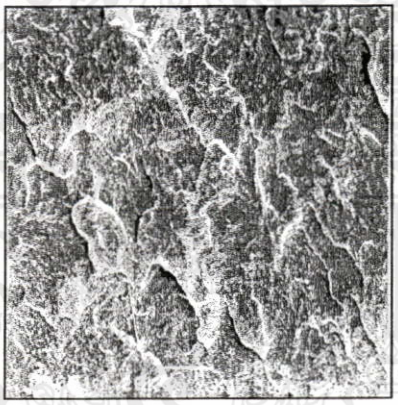
Irradiation dose (kGy)	PP				LDPE			
	T_m (°C)	ΔH_m (J/g)	T_c (°C)	ΔH_c (J/g)	T_m (°C)	ΔH_m (J/g)	T_c (°C)	ΔH_c (J/g)
0	167.7	36.59	120.9	46.26	110.8	28.67	98.2	23.43
10	168.3	36.12	118.8	39.32	110.1	31.63	97.1	22.72
20	167.9	39.53	117.8	39.30	109.4	30.54	96.8	23.13
30	166.2	37.15	117.3	37.24	109.6	31.91	96.6	21.00
50	163.9	34.80	117.6	40.44	109.3	31.97	96.2	21.03
100	161.9	33.41	116.7	38.95	108.6	32.41	95.5	24.56
150	158.7	31.69	116.5	37.68	107.1	31.87	94.8	23.07
200	157.8	31.27	116.7	36.40	107.2	30.48	94.5	21.18
250	155.0	31.71	115.4	33.58	106.0	31.29	93.3	20.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

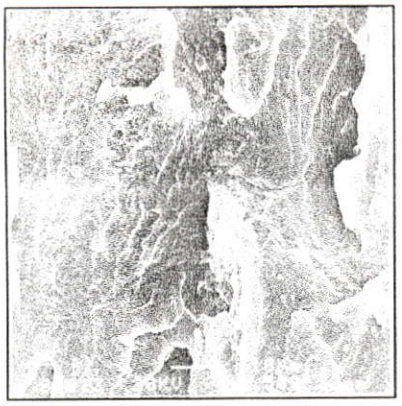
(a) Poly(propylene-block-ethylene)copolymer



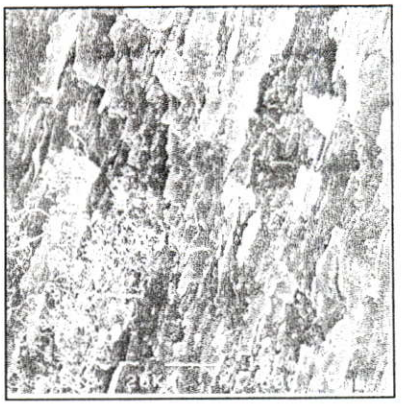
(b) Poly(propylene-random-ethylene)copolymer

รูปที่ ง.1 แสดงสัณฐานวิทยาของสารช่วยผสม (a) พอลิเมอร์ร่วมแบบบล็อกระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนที่มีเอทิลีนอยู่ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก (b) พอลิเมอร์ร่วมแบบสุ่มระหว่างพรอพิลีนกับเอทิลีนที่มีเอทิลีนอยู่ร้อยละ 8-9 โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) PP100 10kGy



(b) PP70/LDPE30 10kGy

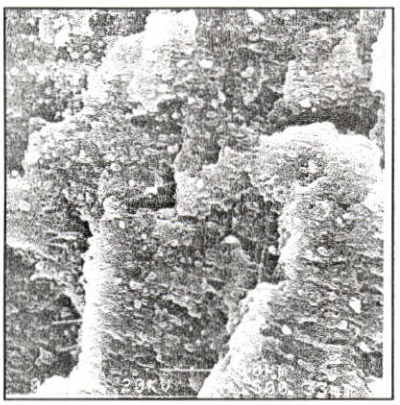
(c) PP50/LDPE50 10kGy

(d) PP30/LDPE70 10kGy

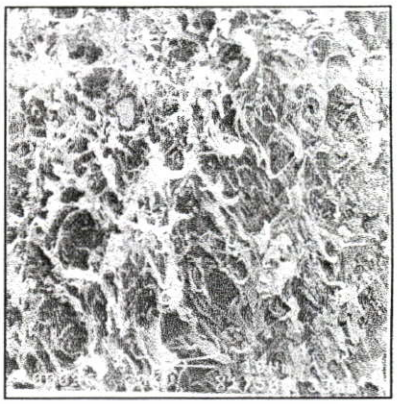
(e) LDPE100 10kGy

รูปที่ ง.2 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 กิโลเกรย์ (a) PP100 10kGy (b) PP70/LDPE30 10kGy (c) PP50/LDPE50 10kGy (d) PP30/LDPE70 10kGy (e) LDPE100 10kGy

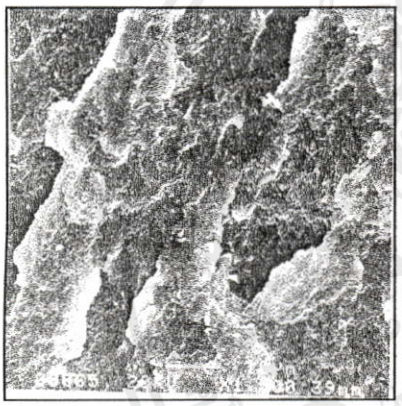
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



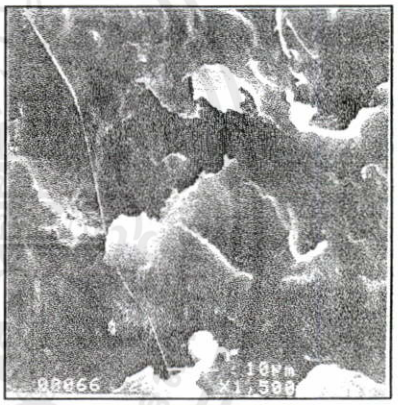
(a) PP70/LLDPE30 10kGy



(b) PP50/LLDPE50 10kGy



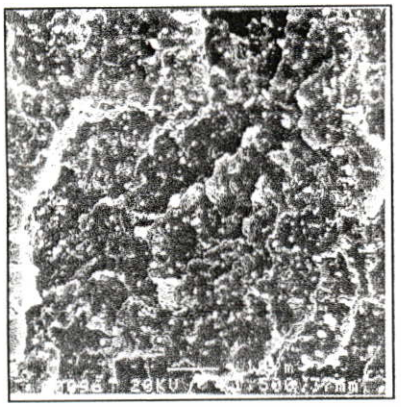
(c) PP30/LLDPE70 10kGy



(d) LLDPE100 10kGy

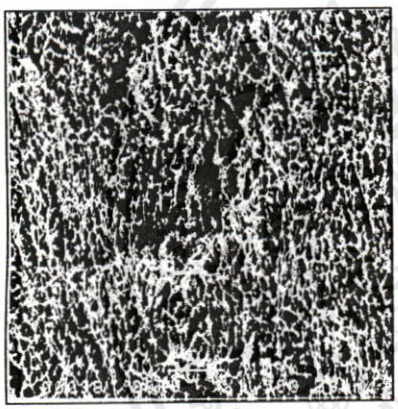
รูปที่ ง.3 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 กิโลเกรย์ (a) PP70/LLDPE30 10kGy (b) PP50/LLDPE50 10kGy (c) PP30/LLDPE70 10kGy (d) LLDPE100 10kGy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

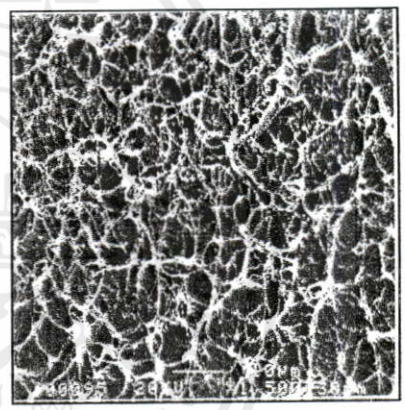


(a) PP70/HDPE30 10kGy

(b) PP50/HDPE50 10kGy



(c) PP30/HDPE70 10kGy



(d) HDPE100 10kGy

รูปที่ ง.4 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้ม 10 กิโลเกรย์ (a) PP70/HDPE30 10kGy (b) PP50/HDPE50 10kGy (c) PP30/HDPE70 10kGy (d) HDPE100 10kGy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/LDPE	% Gel			
	0 kGy	10 kGy	20 kGy	30 kGy
100/0	0	0	0	0
70/30	0	0	0	0
50/50	0	0	0	0
30/70	0	0	0	7.43
0/100	0	0	0	12.75

ตารางที่ จ.2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม PP/LLDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/LLDPE	% Gel			
	0 kGy	10 kGy	20 kGy	30 kGy
100/0	0	0	0	0
70/30	0	0	0	0
50/50	0	0	0	0
30/70	0	0	0	0
0/100	0	0	0	0

ตารางที่ จ.3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม PP/HDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ

PP/HDPE	% Gel			
	0 kGy	10 kGy	20 kGy	30 kGy
100/0	0	0	0	0
70/30	0	0	0	4.23
50/50	0	0	4.54	8.25
30/70	0	2.33	8.80	13.81
0/100	0	4.54	14.99	29.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.4 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม PP50/LDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

PP/LDPE	Irradiation dose (kGy)	(%) gel
50/50	50	15.8
	100	26.88
	150	34.50
	200	44.21
	250	51.29

ตารางที่ จ.5 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม PP50/LLDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

PP/LLDPE	Irradiation dose (kGy)	(%) gel
50/50	50	1.72
	100	22.84
	150	40.56
	200	46.40
	250	57.12

ตารางที่ จ.6 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เจลของพอลิเมอร์ผสม PP50/HDPE50 เมื่อผ่านการฉายรังสีที่ความเข้มสูง

PP/HDPE	Irradiation dose (kGy)	(%) gel
50/50	50	14.91
	100	22.67
	150	34.41
	200	40.88
	250	50.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกฤษณา มีสวัสดิ์ เกิดเมื่อวันที่ 11 มกราคม พ.ศ.2514 ที่จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี จากมหาวิทยาลัยรามคำแหง ปีการศึกษา 2536 และเข้าศึกษาต่อ สาขาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้