

ปีที่ ๒๘ เล่มที่ ๒

Vol. 29, No. 2

กรกฎาคม - ธันวาคม ๒๕๔๐

July - December 1997

# วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

Journal of the National Research Council of Thailand

---

สมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม  
ระหว่างพอลิโพรพิลีนกับพอลิเอทิลีน

MECHANICAL PROPERTIES AND MORPHOLOGY OF  
POLYPROPYLENE/POLYETHYLENE BLENDS

มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์

Malinee Chaisupakitsin

กฤษณา มีสวัสดิ์

Kissana Meesawat

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง  
Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

(ได้รับเมื่อ มีนาคม 2541)

---

## บทคัดย่อ

การเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนกับพอลิเอทิลีนจากเครื่องอัดรีดเกลียว หนอนคู่โดยเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของ PP พบว่า ค่าความแข็งแรงดึง (tensile strength) ของ LDPE เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของพอลิโพรพิลีน แต่ค่าการทนต่อแรงกระแทกลดลง พอลิเมอร์ผสมที่มีพอลิโพรพิลีนร้อยละ 30 โดยน้ำหนักจะให้ค่าการทนต่อแรงกระแทก (impact strength) สูงสุด สัณฐานวิทยาของ PP/LDPE ที่ตรวจพบจากเครื่อง scanning-electron microscope แสดงให้เห็นเป็นสองวัฏภาค และเมื่อเติมพอลิเมอร์ร่วมแบบสุ่มหรือแบบบล็อกของโพรพิลีนกับเอทิลีนลงในพอลิเมอร์ผสม พบว่าไม่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม

## ABSTRACT

*Blends of polypropylene (PP) and Low-density polyethylene (LDPE) were prepared at various ratio of percent PP by weight in a twin-screw extruder. Tensile strength was of the LDPE increased with an increasing of PP but impact strength was drastically reduced for almost blend composition. The ratio of PP/LDPE (30 : 70) showed the highest value of impact strength. The morphology of PP/LDPE observed from scanning-electron microscope showed two phases. No significance changes in the mechanical properties after mixing random or block copolymer of propylene-co-ethylene into the blends.*

## คำนำ

ในปัจจุบันพอลิเมอร์ถูกนำมาใช้ในรูปพลาสติกบรรจุภัณฑ์เป็นจำนวนมากเพื่อทดแทนวัสดุธรรมชาติจำพวกไม้ โลหะ กระจก และแก้ว เนื่องจากพอลิเมอร์มีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีความคงทน ผลิตง่ายและต้นทุนต่ำ แต่สลายตัวยาก จึงก่อให้เกิดปัญหาขยะพลาสติก วิธีการหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหานี้คือ การนำพอลิเมอร์ที่ใช้แล้วมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น โดยนำพอลิเมอร์

ต่างชนิดมาผสมกันด้วยการหลอมเหลวเพื่อให้ได้พอลิเมอร์ชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับพอลิเมอร์ที่ยังไม่ถูกใช้ นอกจากนี้จะเป็นการนำทรัพยากรมาใช้ให้คุ้มค่าแล้วยังอาจช่วยลดต้นทุนในการผลิตด้วย ทั้งนี้ จากการที่พอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนเป็นพอลิเมอร์ที่ถูกนำมาใช้เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ในชีวิตประจำวันมาก จึงทำให้มีการศึกษาเกี่ยวกับการนำพลาสติกสองชนิดนี้มาผสมกัน ซึ่งวิธีการที่ใช้มีหลายวิธี ได้แก่ การผสมแบบเชิงกล การผสมแบบสารละลาย การผสมแบบลาเท็กซ์ และการทำปฏิกิริยาโคพอลิเมอร์เซชัน ซึ่งการผสมแบบเชิงกลจะเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากผลิตได้รวดเร็วและจำนวนครั้งละมาก ๆ<sup>1</sup> สิ่งที่สำคัญในการผสมคือการรวมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันของพอลิเมอร์ ถ้าพอลิเมอร์ที่ผสมนั้นเกิดการแยกวัฏภาคจะมีผลต่อสมบัติเชิงกลทำให้สมบัติเชิงกลลดลง<sup>2</sup> Chiu และ Fang ได้ศึกษาค่าความแข็งแรงดึงของ PP/HDPE และ PP/LDPE พบว่าพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนไม่สามารถผสมเข้ากันได้<sup>3</sup> นอกจากนี้ ยังพบว่าพอลิเมอร์ร่วมของพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนสามารถช่วยปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างผิวของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนได้ นอกจากนี้ D.W.Yu และคณะ<sup>4</sup> ได้ทำการศึกษาผลของเปอร์ออกไซด์และรังสีที่มีต่อ LDPE/PP พบว่า LDPE สามารถเกิดการเชื่อมโยงได้ ในขณะที่ PP เกิดการเสื่อมสภาพ ซึ่งทั้งเปอร์ออกไซด์และรังสีจะช่วยให้สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมดีขึ้น โดยเฉพาะเมื่ออัตราส่วนในการผสมมีปริมาณพอลิโพรพิลีนมาก การวิจัยนี้จึงได้ทำการผสมพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนในอัตราส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยใช้วิธีการผสมแบบเชิงกล และใช้สารช่วยผสมซึ่งเป็นพอลิเมอร์ร่วมของพอลิโพรพิลีนที่มีหมู่เอทิลีนในปริมาณต่างกัน จากนั้นจึงศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม

## อุปกรณ์และวิธีการ

### สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (J 4324 บริษัท TPI)
2. เม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน (1100NK บริษัท TPI)
3. เม็ดพลาสติกพอลิเมอร์ร่วมแบบบล็อกระหว่างพอลิโพรพิลีนกับพอลิเอทิลีน ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก (2300K บริษัท TPI)
4. เม็ดพลาสติกพอลิเมอร์ร่วมแบบสุ่มระหว่างพอลิโพรพิลีนกับพอลิเอทิลีน ร้อยละ 8-9 โดยน้ำหนัก (3300M บริษัท TPI)

## วิธีการทดลอง

1. นำเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน (ตารางที่ 1) มาผสมในเครื่อง Brabender แบบ twin-screw โดยใช้อุณหภูมิในการผสมดังนี้ 160, 170, 180 และ 180° ซ. ความเร็วในการหมุน 10 รอบ/นาที

ตารางที่ 1. แสดงการผสมเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน

สัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของ PP	100	70	50	30	0
สัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของ LDPE	0	30	50	70	100

2. นำพอลิเมอร์ที่ผสมได้มาบดแล้วทำการฉีดขึ้นรูป เพื่อทดสอบสมบัติเชิงกลดังต่อไปนี้

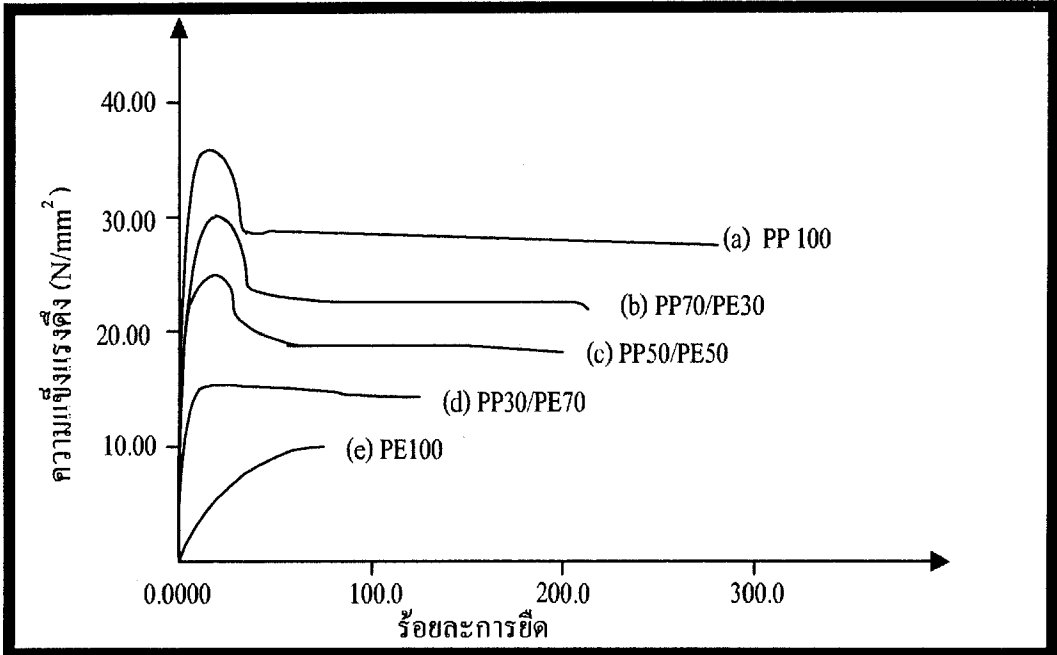
- ความแข็งแรงดึง ASTM D638 โดยใช้ความเร็วในการดึง 25 มม./นาที
- การทนต่อแรงกระแทก ASTM D256 แบบ Izod

3. ศึกษาสัณฐานวิทยาโดยใช้เครื่อง scanning electron microscope JSM-6400 (JEOL) เพื่อดูพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักจากการได้รับแรงกระแทก

4. ทำการผสมเม็ดพลาสติกพอลิเมอร์ในอัตราส่วน ดังตารางที่ 1 กับสารช่วยผสมในการทดลองนี้ใช้ Poly(propylene-ran-ethylene)copolymer ซึ่งมีปริมาณเอทิลีนร้อยละ 8-9 โดยน้ำหนัก และ Poly(propylene-block-ethylene)copolymer ที่มีปริมาณเอทิลีนร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ปริมาณที่ใช้ในทุกอัตราส่วน คือ ร้อยละ 5, 10 และ 15 ทำการทดลองเหมือนข้อที่ 1 และข้อที่ 2

## ผลการทดลอง

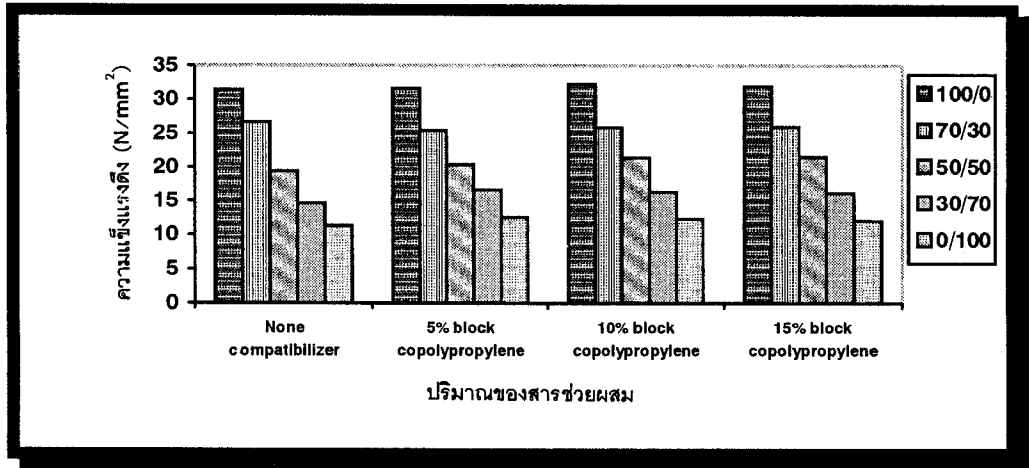
### การเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงดึง



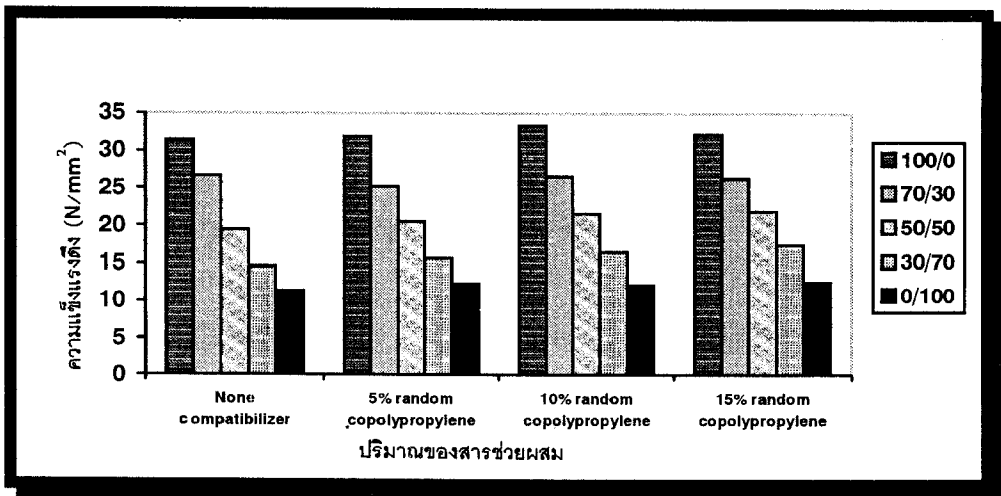
รูปที่ 1. แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งแรงดึงที่อัตราส่วนต่าง ๆ ของพอลิเมอร์ผสม

จากลักษณะ Stress-strain curve แสดงให้เห็นว่า ค่าความแข็งแรงดึงของพอลิโพรพิลีน จะสูงที่สุด มี yield point ปรากฏชัดเจนและมี cold drawing ในขณะที่ความแข็งแรงดึงของพอลิเอทิลีนต่ำสุดและไม่มี yield point สำหรับพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PP/LDPE ลักษณะ Stress-strain curve จะแปรเปลี่ยนตามปริมาณพอลิเมอร์ที่ผสม ถ้ามีพอลิโพรพิลีนมาก ลักษณะเส้นกราฟจะเหมือนของพอลิโพรพิลีน เช่น ในอัตราส่วน PP70/LDPE30 หรือในกรณีที่มีพอลิเอทิลีนผสมอยู่มาก ลักษณะเส้นกราฟจะเหมือนของพอลิเอทิลีน เช่น ในอัตราส่วน PP30/LDPE70 และค่าความแข็งแรงดึงจะแปรเปลี่ยนตามปริมาณของพอลิเมอร์ที่มีอยู่มากในพอลิเมอร์ผสม ดังนั้น ที่อัตราส่วน PP50/LDPE50 ค่าความแข็งแรงดึงจึงอยู่ระหว่างพอลิโพรพิลีนกับพอลิเอทิลีน ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการผสมกันของพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนยังไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

รูปที่ 2 (a) และ (b) แสดงผลค่าทนต่อความแข็งแรงดึงเมื่อเติมสารช่วยผสม แบบบล็อก และแบบสุ่มในปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ผสม พบว่าสารช่วยผสมที่ใช้ในการทดลองนี้ ซึ่งมีพอลิโพรพิลีนเป็นองค์ประกอบหลัก ไม่ว่าจะ เป็นแบบบล็อก หรือแบบสุ่มมีผลต่อค่าความแข็งแรงดึงน้อยมาก ค่าความแข็งแรงดึงขึ้นอยู่กับอัตราส่วนในการผสมของพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีน

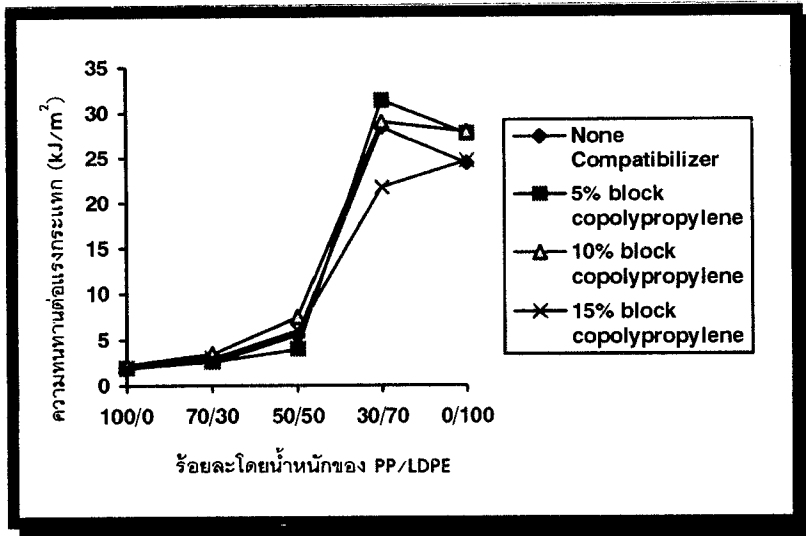


รูปที่ 2. (a) ผลของโคพอลิเมอร์แบบบล็อกที่มีต่อความแข็งแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE

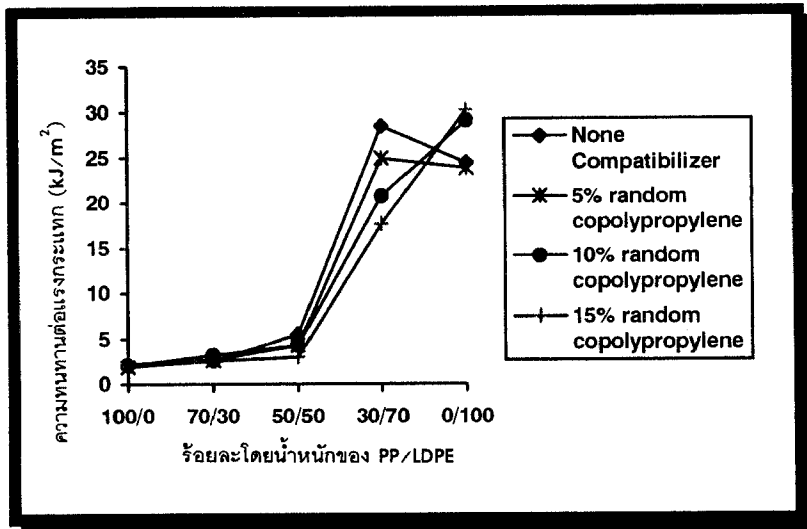


รูปที่ 2. (b) ผลของโคพอลิเมอร์แบบสุ่มที่มีต่อความแข็งแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE

### ค่าความทนต่อแรงกระแทก



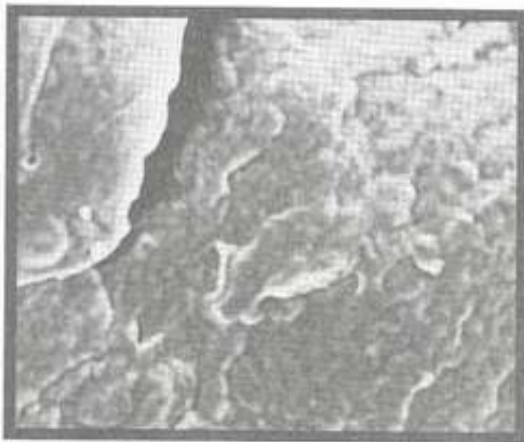
รูปที่ 3. (a) ความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมโคพอลิเมอร์แบบบล็อก ร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ผสม



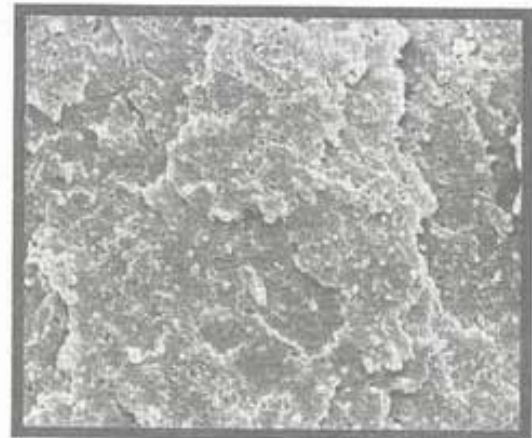
รูปที่ 3. (b) ความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE เมื่อเติมโคพอลิเมอร์แบบสุ่ม ร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ผสม

จากรูปที่ 3 (a) และ (b) จะเห็นได้ชัดว่าความต้านทานแรงกระแทกของ PP ต่ำกว่า LDPE สำหรับพอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วน PP30/LDPE70 มีแนวโน้มที่ให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกสูงสุด เมื่อเติมสารช่วยผสมทั้งแบบสุ่มและแบบบล็อกผสมลงไปในทุกอัตราส่วน พบว่าค่าความทนต่อแรงกระแทกจะลดลงไปจากก่อนเติม ตามปริมาณสารช่วยผสมที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้ชัดเจนที่อัตราส่วน PP30/LDPE70 แสดงว่าค่าความทนต่อแรงกระแทก ซึ่งหมายถึงความสามารถในการกระจายแรงของพอลิเมอร์ผสมนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณพอลิเอทิลีน เมื่อเติมสารช่วยผสมที่มีโครงสร้างส่วนใหญ่ประกอบด้วยพอลิโพรพิลีน สมบัติเชิงกลจึงมีแนวโน้มไปทางพอลิโพรพิลีน จึงอาจกล่าวได้ว่าถ้าโครงสร้างของสารช่วยผสมมีเอทิลีนเป็นส่วนใหญ่ น่าจะเพิ่มสมบัติค่าทนต่อแรงกระแทกให้สูงขึ้น เพราะพอลิเอทิลีนรับและกระจายแรงได้ดีกว่าพอลิโพรพิลีน

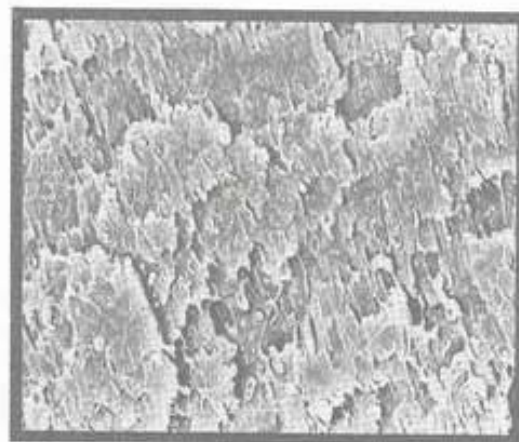
### ลักษณะสัณฐานวิทยา



(a) PP100

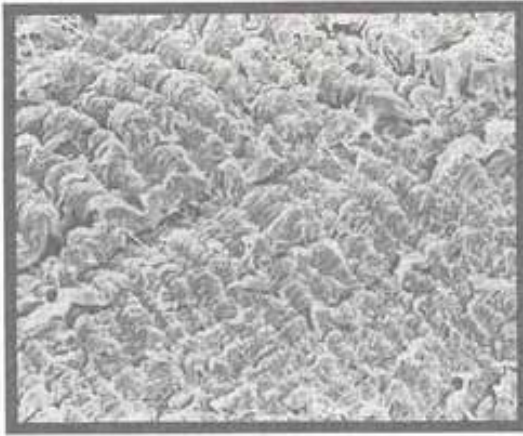


(b) PP70/LDPE30



(c) PP50/LDPE50





(d) PP30/LDPE70

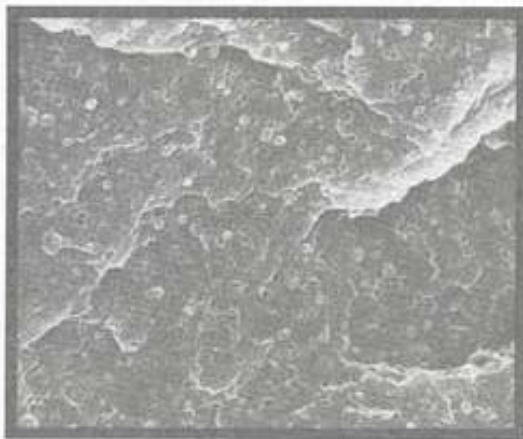


(e) LDPE100

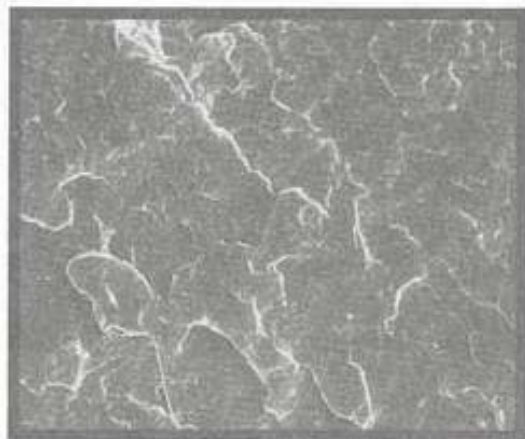
รูปที่ 4. แสดงลักษณะสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม PP/LDPE ในอัตราส่วนต่าง ๆ ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบกวาด กำลังขยาย 1,500 เท่า

รูปที่ 4 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน และพอลิเอทิลีน ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน จะเห็นว่าพอลิโพรพิลีนมีลักษณะเป็นแผ่น ๆ และผิวหน้าขรุขระ (รูป a) สำหรับ (รูป e) แสดงลักษณะของพอลิเอทิลีนซึ่งคล้ายเส้นใยเรียงเป็นแนวขนานกัน เมื่อผสมพอลิเอทิลีนร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของพอลิโพรพิลีน ข้อมูลจาก SEM แสดงให้เห็นว่าลักษณะสัณฐานวิทยาของพอลิโพรพิลีนเด่นกว่าพอลิเอทิลีนคือยังคงเป็นแผ่นแต่ผิวมีรูพรุน (รูป b) สำหรับอัตราส่วนที่มีพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนเท่ากัน (รูป c) จะเห็นลักษณะของพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดผสมอยู่ โดยที่พอลิโพรพิลีนเป็นแผ่นมีรูพรุนและมองเห็นส่วนของพอลิเอทิลีนเป็นเส้นใยอยู่ระหว่างแผ่น แต่เมื่อปริมาณพอลิเอทิลีนเพิ่มมากขึ้นเป็นร้อยละ 70 จะเห็นลักษณะของพอลิเอทิลีนเป็นเส้นกลมพอลิโพรพิลีนและไม่เห็นลักษณะที่เป็นแผ่นของพอลิโพรพิลีน

## สัณฐานวิทยาของสารช่วยผสม



(a)



(b)

### รูปที่ 5. สัณฐานวิทยาของสารช่วยผสม

(a) Poly(propylene-block-ethylene) 3% ethylene

(b) Poly(propylene-random-ethylene) 8-9% ethylene

รูปที่ 5 แสดงสัณฐานวิทยาของสารช่วยผสม จากรูป 5 (a) สารช่วยผสมแบบบล็อกจะมีลักษณะคล้ายการผสมระหว่าง PP70/LDPE30 ส่วนรูปที่ 5 (b) สารช่วยผสมแบบสุ่มจะมีลักษณะเหมือนพอลิโพรพิลีน จากลักษณะสัณฐานวิทยาของสารช่วยผสมอาจกล่าวได้ว่า เมื่อเติมสารช่วยผสมลงไปโพลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนกับพอลิเอทิลีน ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน จึงเท่ากับเป็นการเพิ่มสมบัติเชิงกลของพอลิโพรพิลีนให้เด่นขึ้น

## สรุป

ในระบบพอลิเมอร์ผสม 2 วัฏภาคที่มีพอลิโพรพิลีนอยู่มากกว่า เช่น PP70/LDPE30 สมบัติเชิงกลจะขึ้นอยู่กัพอลิโพรพิลีน ในทำนองเดียวกันถ้าระบบมีพอลิเอทิลีนอยู่มากกว่า เช่น PP30/LDPE70 สมบัติเชิงกลจะขึ้นอยู่กัพอลิเอทิลีน

เมื่อผสมสารช่วยผสมที่มีพอลิโพรพิลีนเป็นส่วนประกอบหลักทั้งแบบสุ่มหรือแบบบล็อกลงในระบบผสมระหว่าง PP/LDPE สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมมีแนวโน้มคล้ายพอลิโพรพิลีน โดยเฉพาะที่อัตราส่วน PP30/LDPE70 นอกจากนี้ ปริมาณที่เพิ่มขึ้นของสารช่วยผสมทั้งแบบสุ่มและแบบบล็อกไม่มีผลต่อความทนแรงดึง แต่มีผลต่อค่าทนแรงกระแทก โดยเฉพาะที่อัตราส่วน PP30/LDPE70 โดยจะทำให้ค่าทนแรงกระแทกลดลง

## เอกสารอ้างอิง

1. Utracki, L.A. Polymer Alloys and Blends. Hanser Publishers, Munich, 1990.
2. Teh, J.W. Structure and Properties of Polyethylene-Polypropylene Blends. *J. Appl. Polym. Sci.*, 1983, **28**, 605.
3. 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. Polym. Sci.*, 1985, **30**, 1473.
4. Yu, D.W., Xanthos, M. and Gogos, C.G. LDPE/PP Blends Modified by Peroxide and Radiation Induced Reaction. *J. Appl. Polym. Sci.*, 1994, **52**, 99.