

กระบวนการผสมระหว่างพอลิโอเลฟินส์กับพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทที่ใช้แล้ว

Processing of Recycled Polyolefins and Poly (ethylene terephthalate) Blends

ผศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย ณัฐดิธอร์ ธีญญประกอบ และวิภา ลีลาเอกเลิศ
อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาสภาวะและกระบวนการที่เหมาะสมในการผสมพอลิโอเลฟินส์กับพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ กัน โดยใช้สารช่วยผสม จากนั้นทำการศึกษาลักษณะสมบัติเชิงกลและสมบัติทางสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมที่ได้จากเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) และเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single-screw extruder) โดยมีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมของพอลิโอเลฟินส์ต่อพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทเป็น 0:100 50:50 และ 100:0 ตามลำดับ โดยใช้กราฟโคพอลิเมอร์ระหว่างพอลิโพรพิลีนกับมาลิกแอนไฮไดรด์เป็นสารช่วยผสมเติมในปริมาณ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้

จากการวิจัยพบว่า การเติมสารช่วยผสมทำให้สมบัติเชิงกลดีขึ้น แต่ลดลงเมื่อปริมาณมากเกินไป ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมของพอลิเมอร์ผสมนี้ใช้กระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวที่ความเร็วรอบของสกรู 50 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 230°C ปริมาณสารช่วยผสม 1% ของน้ำหนักทั้งหมด และจากผลการศึกษาสมบัติทางสัณฐานวิทยาพบว่า พอลิโอเลฟินส์และพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทที่อัตราส่วน 50:50 สามารถเข้ากันได้ดีและมีบทบาทสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์ที่เป็นสารตั้งต้นในการผสม พบว่า ค่าความโค้งงอสูงขึ้น ความทนทานต่อแรงกระแทกและความแข็งแรงมีค่าอยู่ระหว่างพอลิเมอร์ตั้งต้นทั้งสอง ส่วนค่ามอดุลัสและความแข็งแรงลดลง

ABSTRACT

This special project aimed to study the optimum condition for processing of polyolefins and poly (ethylene terephthalate) blends using a compatibilizer. Polymer blends were prepared by using the two-roll mill and single-screw extruder techniques and then were investigated the mechanical and morphological properties. The blends ratio between polyolefins and poly (ethylene terephthalate) were varied from 0:100, 50:50 and 100:0, respectively. The polypropylene and maleic anhydride grafted copolymer as a compatibilizer was varied from 1, 3 and 5 percent by weight for comparison.

The research showed that the adding of

compatibilizer increased the mechanical properties and then decreased when exceeded compatibilizer was added to polymer blends. The optimum condition of polymer blend from single-screw extruder used screw speed of 50 rpm, temperature of 230°C and added 1% by weight of compatibilizer. From studying the morphological properties, we found that the ratio of 50:50 between polyolefins and poly (ethylene terephthalate) was blended well. Polymer blends from the optimum condition gave better flexural strength but lower modulus and tensile strength whereas impact strength and hardness values were between both starting polymers.

1. บทนำ

"พลาสติก" นับวันจะกลายเป็นสิ่งจำเป็นในชีวิตประจำวันไปเสียแล้ว นับตั้งแต่มีการนำมาใช้เป็นภาชนะบรรจุสิ่งของต่าง ๆ ทั้งของเหลวที่ร้อนหรือเย็น ของแข็งที่เป็นชิ้น รวมไปถึงการนำพลาสติกมาทำเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ของเล่นและของใช้ เป็นต้น

ผลจากความนิยมในการใช้พลาสติกเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนจึงทำให้ปริมาณการใช้พลาสติกมีมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาขยะพลาสติก ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุนี้จึงมีการรณรงค์เพื่อแก้ปัญหาขยะพลาสติก แต่เนื่องจากพลาสติกมีความทนทานต่อการย่อยสลายสูง เพราะพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับสภาวะแวดล้อมน้อยมาก แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว คือ การนำพลาสติกมาผ่านกระบวนการขึ้นรูปใหม่อีกครั้ง (Recycle) โดยนำมาบดผสมกับพลาสติกอื่น ซึ่งจะทำให้ได้พลาสติกที่มีสมบัติใหม่ขึ้น

งานวิจัยนี้เป็นการนำพลาสติกพอลิโอเลฟินส์ [6] ได้แก่ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และพอลิโพรพิลีน (PP) มาผสมกับพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET) [6] ผ่านกระบวนการเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยนำพอลิโอเลฟินส์มาผสม [4] ในอัตราส่วนที่เท่ากันและใช้มาลิกอานไฮไดรไรท์พอลิโพรพิลีน (PP-g-MA) [1] เป็นสารช่วยผสม [5] ที่อัตราส่วน 1% 3% และ 5% ของน้ำหนักทั้งหมด จากนั้นจึงนำมาผสมกับพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET) [2] ในอัตราส่วนต่าง ๆ กันดังนี้ คือ 0:100 50:50 และ 100:0 โดยน้ำหนัก ทำการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิ เวลาที่ใช้ในการผสมและอัตราเร็วรอบของสกรูของเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) [8] และเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว (Single-screw extruder) [8] โดยผลจากการศึกษาทำให้ทราบถึงผลของสารช่วยผสม สภาวะและกระบวนการที่เหมาะสมในการนำขวดพลาสติกกลับมาใช้ใหม่

2. สารเคมีและอุปกรณ์

สารเคมีประกอบด้วยเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน (PP) ของ HMC เกรด 1100 NK เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิด

ความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ของบริษัท TP1 เกรด JJ-4324 ขวดพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) ที่ใช้แล้ว ขวดพลาสติกพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET) ที่ใช้แล้วและสารช่วยผสม Polybond 3150 ของบริษัท TOA Uniroyal Chemical

อุปกรณ์ประกอบด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single-screw extruder) ของบริษัท INTRO รุ่น BX 18 เครื่องตัดเม็ดพลาสติก (Pelletizer) ของบริษัท INTRO รุ่น BDB-G เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two-rolls mill) ของบริษัท LABTECH รุ่น LRM110 เครื่องชั่งแบบดิจิตอลของบริษัท DIETHELM & CO, LTD. รุ่น HR-200 เครื่องไม้ตัดพลาสติกของบริษัท BOSCO รุ่น NEMA 600 เครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติก (Injection moulding machine) ของบริษัท COSMO รุ่น 220/80 HITECH เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile testing machine) ของบริษัท LLOYD INSTRUMENTS รุ่น LR30K เครื่องทดสอบความยืดหยุ่น (Flexural testing machine) ของบริษัท LLOYD INSTRUMENTS รุ่น LR30K เครื่องวัดความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact resistance machine) ของบริษัท INTRO รุ่น 258-PC IMPACT TESTER เครื่องทดสอบความแข็ง (Hardness machine) ของบริษัท Matsuzama รุ่น DXT เครื่องเคลือบทอง (Fine coater) ของบริษัท JEOL รุ่น JFC-1200 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope) ของบริษัท JEOL รุ่น JSM-6301F

3. วิธีการทดลอง

3.1 การเตรียมพอลิโอเลฟินส์ (PO) และพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET)

3.1.1 การเตรียม PO

นำขวดน้ำชนิดขุน ซึ่งเป็นพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) มาล้าง ตากให้แห้งและบดด้วยเครื่องไม้ตัด [7] ให้มีขนาดเล็ก นำมาผสมกับเม็ดพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และพอลิโพรพิลีน (PP) ในอัตราส่วน 1:1:1 โดยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single screw extruder) อุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมแต่ละบริเวณเท่ากับ 140 150 160 และ 170°C ตามลำดับ

ความเร็วรอบสกรูเท่ากับ 90 รอบ/นาที และผ่านเครื่องตัดเม็ดพลาสติก ได้เม็ด PO อบที่ 150°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำมาผสมกับสารช่วยผสมกราฟทิโคพอลิเมอร์ระหว่าง PP กับมาลิกแอนไฮดราย (MA) ในอัตราส่วน 1% 3% และ 5% ของน้ำหนักทั้งหมด โดยผ่านเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว อุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมแต่ละบริเวณเท่ากับ 150 160 170 และ 180°C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรูเท่ากับ 50 รอบ/นาที และผ่านเครื่องตัดเม็ดพลาสติก อบที่ 150°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.1.2 การเตรียม PET

นำขวดน้ำชนิดใสซึ่งเป็นพอลิเอทิลีนเทอแรพทาเลน (PET) มาล้างตากให้แห้งและบดให้มีขนาดเล็ก อบที่ 140°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง [3]

3.2 การผสม PO กับ PET

3.2.1 ผสมโดยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว

นำ PO ที่มีสารช่วยผสมปริมาณต่าง ๆ กันมาผสมกับ PET ในอัตราส่วน PO:PET เท่ากับ 100:0 50:50 และ 0:100 โดยปรับเปลี่ยนสภาวะในการผสมดังตารางที่ 1 จากนั้นนำมาบดให้มีขนาดเล็กและอบที่ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.2.2 ผสมโดยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง

นำ PO ที่มีสารช่วยผสมปริมาณต่าง ๆ กันมาผสมกับ PET ในอัตราส่วน PO:PET เท่ากับ 100:0 50:50 และ 0:100 โดยปรับเปลี่ยนสภาวะในการผสมดังตารางที่ 2 จากนั้นนำมาบดให้มีขนาดเล็กและอบที่ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.3 การฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดขึ้นรูป

นำพอลิเมอร์ผสมที่ได้จากกระบวนการผสมทั้งสองมาฉีดขึ้นรูปดัมเบลล์ (Dumbell) และรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Izod)

3.4 การทดสอบสมบัติต่าง ๆ

3.4.1 สมบัติเชิงกล

นำชิ้นงานรูปดัมเบลล์มาทดสอบความแข็งแรงดึงมาตรฐาน ASTM D638 ความยืดหยุ่นมาตรฐาน

ASTM D790 และนำชิ้นงานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามาทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทกมาตรฐาน ASTM D256 ความแข็งตามแบบ Shore D มาตรฐาน ASTM D2240

3.4.2 สมบัติทางสัณฐานวิทยา

นำพลาสติกที่ต้องการทดสอบมาแช่ในไนโตรเจนเหลวจนแข็งตัวหักให้ได้ขนาดประมาณ 2 x 5 mm² นำตัวอย่างที่ได้มาเข้าเครื่องเคลือบทอง จากนั้นทำการถ่ายภาพพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด

4. ผลและการวิจารณ์

4.1 การศึกษาผลของสารช่วยผสม

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของสารช่วยผสมที่ 1% 3% และ 5% ของน้ำหนักทั้งหมด

4.1.1 ผสมโดยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว

จากตารางที่ 3 พบว่าเมื่ออุณหภูมิคงที่ ค่าสมบัติเชิงกลมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนของสารช่วยผสมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อสารช่วยผสมมีปริมาณมากขึ้นจะเกิดการรวมตัวกันเอง ทำให้การแทรกตัวเข้าไปอยู่ระหว่างภูมิภาคของพอลิเอทิลีนกับพอลิเอทิลีนเทอแรพทาเลนยากขึ้น ในขณะที่พอลิเมอร์ผสมที่มีอัตราส่วนของสารช่วยผสม 1% ของน้ำหนักทั้งหมดจะเข้าไปช่วยทำให้ภูมิภาคของพอลิเอทิลีนกับพอลิเอทิลีนเทอแรพทาเลนเกิดการผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ค่าสมบัติเชิงกลสูงขึ้น ดังนั้นสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมเมื่อผ่านกระบวนการผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวจะดีที่สุดที่อัตราส่วนของสารช่วยผสม 1% ของน้ำหนักทั้งหมด

4.1.2 ผสมโดยเครื่องบดแบบสองลูกกลิ้ง

จากตารางที่ 4 พบว่าเมื่ออัตราส่วนของสารช่วยผสมต่ำลงเป็น 1% ของน้ำหนักทั้งหมด ค่าสมบัติเชิงกลจะลดลง เนื่องจากการยึดติดระหว่างภูมิภาคของพอลิเอทิลีนกับพอลิเอทิลีนเทอแรพทาเลนต่ำเกิดความไม่เท่ากันของพอลิเมอร์ผสมและเมื่ออัตราส่วนสูงขึ้นเป็น 5% ของน้ำหนักทั้งหมด สมบัติเชิงกลมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณสารช่วยผสมที่เติมมากเกินไป ทำให้

การแทรกตัวเข้าไปอยู่ระหว่างภูมิภาคทำได้ยากขึ้น ดังนั้นสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมเมื่อผ่านกระบวนการผสมด้วยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้งจะดีที่สุดที่อัตราส่วนของสารช่วยผสม 3% ของน้ำหนักทั้งหมด

4.2 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคนเดียว

ระบบพอลิเมอร์ผสมประกอบด้วยพอลิโพลิฟินส์ที่มีสารช่วยผสมอยู่ 1% และพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทในอัตราส่วน 50(1%):50 ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของสกรูที่ 30 50 และ 70 รอบต่อนาที และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ 230 240 และ 250 °C

จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อความเร็วรอบของสกรูคงที่ค่าความแข็งแรงดึงจะสูงสุดที่อุณหภูมิ 230 °C ในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าสมบัติเชิงกลมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิสูง พอลิโพลิฟินส์มีแนวโน้มเกิดการสูญเสียคุณภาพได้มากขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วรอบของสกรูจาก 30 เป็น 50 รอบต่อนาที พอลิเมอร์ผสมทั้งสองเกิดการผสมกันได้มากขึ้น ค่าสมบัติเชิงกลจึงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบของสกรูเป็น 70 รอบต่อนาที การผสมไม่ดีเนื่องจากเวลาที่พอลิเมอร์ผสมอยู่ในกระบอกสกรูมีน้อยลง ดังนั้นสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมเมื่อผ่านกระบวนการผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคนเดียวจะดีที่สุดเมื่อดำเนินกระบวนการที่ความเร็วรอบของสกรู 50 รอบต่อนาที และอุณหภูมิ 230 °C

4.3 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง

ระบบพอลิเมอร์ผสมประกอบด้วยพอลิโพลิฟินส์ที่มีสารช่วยผสมอยู่ 3% และพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทในอัตราส่วน 50(3%):50 ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการผสมที่ 6.5 7.5 และ 8.5 นาที และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ 240 250 และ 260 °C

จากตารางที่ 4 พบว่า เมื่อเวลาที่ใช้ในการผสมคงที่ค่าสมบัติเชิงกลมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิสูง พอลิโพลิฟินส์มีแนวโน้มสูญเสียคุณภาพได้มากขึ้นทำนองเดียวกันการเพิ่มเวลาที่ใช้ในการผสมสูงขึ้น

เป็น 7.5 และ 8.5 นาที พอลิเมอร์ผสมทั้งสองมีเวลาอยู่ในกระบวนการมากขึ้น เป็นผลให้ค่าสมบัติเชิงกลลดลงเนื่องจากการเสียคุณภาพของพอลิเมอร์

4.4 การศึกษาเปรียบเทียบหาสภาวะและกระบวนการที่เหมาะสมจากสมบัติเชิงกลและสมบัติทางสัณฐานวิทยา

จากการศึกษาสมบัติเชิงกลของระบบพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพลิฟินส์กับพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทในอัตราส่วน 50:50 เมื่อเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลระหว่างพอลิเมอร์ผสมที่ได้จากสภาวะที่ดีที่สุดของทั้งสองกระบวนการ พบว่าเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคนเดียวให้ผลที่ดีกว่าดังตารางที่ 5 และเมื่อนำพอลิเมอร์ผสมที่ได้จากสภาวะที่เหมาะสมทั้งสองกระบวนการมาทดสอบสมบัติทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดเปรียบเทียบกับพอลิโพลิฟินส์และพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทในอัตราส่วน 100:0 และ 0:100 ที่สภาวะและกระบวนการเดียวกัน

จากรูปที่ 1 แสดง SEM ของพอลิโพลิฟินส์ที่มีสารช่วยผสมอยู่ 1% ต่อพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทในอัตราส่วน 50(1%):50 โดยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคนเดียว พบว่ายังมีการแยกภูมิภาคของพอลิเมอร์ทั้งสองอยู่บ้างไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับพอลิโพลิฟินส์ที่มีสารช่วยผสมอยู่ 1% บริสุทธิ์ (รูปที่ 2) หรือพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (รูปที่ 3) ในทำนองเดียวกัน SEM ของพอลิโพลิฟินส์ที่มีสารช่วยผสมอยู่ 3% ต่อพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทในอัตราส่วน 50(3%):50 โดยเครื่องบดผสมทั้งสองลูกกลิ้ง (รูปที่ 4) เห็นได้ว่าพอลิเมอร์ทั้งสองไม่ผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิโพลิฟินส์ที่มีสารช่วยผสมอยู่ 3% บริสุทธิ์ (รูปที่ 5) หรือพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทบริสุทธิ์ (รูปที่ 6) เนื่องจากมีการแยกภูมิภาคของพอลิเมอร์ทั้งสอง โดยจากภาพจะเห็นเป็นหลุมดำที่เกิดจากการหลุดออกของเม็ดพอลิโพลิฟินส์

เมื่อเปรียบเทียบการผสมระหว่างเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดียวกับเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้งในรูปที่ 1 และ 4 พบว่ากระบวนการผสมพอลิโพลิฟินส์กับ

พอลิเอทิลีนเทอแรพทาเลทโดยเครื่องอัดรีดแบบเกลียว หนอนเดี่ยวเหมาะสมกว่าการผสมโดยเครื่องบดผสมแบบ สองลูกกลิ้ง เนื่องจากพอลิเมอร์ทั้งสองสามารถผสมเข้าเป็น เนื้อเดียวกันได้มากกว่าเพราะเกิดการผสมแบบสองทิศทาง อย่างสมบูรณ์ คือ ทิศทางตามแนวแกนของสกรูทับทิศทาง ตามแนวรัศมีของสกรู ในขณะที่การผสมโดยเครื่องบดผสม แบบสองลูกกลิ้งจะเกิดการผสมอย่างสมบูรณ์เพียงทิศทาง เดียว คือ ทิศทางตามแนวรัศมีของลูกกลิ้ง ส่วนทิศทาง ตามแนวแกนของลูกกลิ้งเป็นการผสมโดยใช้คนจึงเกิด ความไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้การผสมเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ดังนั้น สภาพและกระบวนการที่เหมาะสมในการผสมพอลิโอฟีนส์ กับพอลิเอทิลีนเทอแรพทาเลทในอัตราส่วน 50:50 คือ สภาพของเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว

4.5 เปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ บริสุทธิ์กับพอลิเมอร์ผสม

จากตาราง 6 พบว่าค่าความแข็งแรงดึงและค่า มอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมมีค่าลดลง ส่วนค่าความทนทาน ต่อแรงกระแทกและค่าความแข็งเป็นค่าเฉลี่ยระหว่างค่า พอลิเมอร์บริสุทธิ์สองชนิด แต่สำหรับค่าความยืดหยุ่นมีค่า เพิ่มขึ้นเมื่อนำพอลิเมอร์บริสุทธิ์ทั้งสองชนิดมาผสมกัน

5. สรุป

5.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมของพอลิเมอร์หลัก และสารช่วยผสม

จากผลการทดลองสมบัติเชิงกล สรุปได้ว่า สาร ช่วยผสมมีผลในการช่วยปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างผิวของ พอลิเมอร์ผสม ทำให้สมบัติเชิงกลต่าง ๆ มีแนวโน้มสูงขึ้น ตามปริมาณสารช่วยผสมที่เพิ่มขึ้น แต่ถ้าปริมาณสารช่วย ผสมมีมากเกินไปจะเกิดการรวมตัวกันของสารช่วยผสมเอง ทำให้ไม่สามารถแทรกเข้าไปอยู่ระหว่างผิวหน้าของพอลิเมอร์ ผสมได้ มีผลให้สมบัติเชิงกลลดลง จากการทดสอบปริมาณ สารช่วยผสมปริมาณที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผสม ด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว คือ 1% ของน้ำหนัก ทั้งหมด และปริมาณที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผสม

ด้วยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง คือ 3% ของน้ำหนัก ทั้งหมด

5.2 สภาพและกระบวนการที่เหมาะสมในการ ผสมพอลิโอฟีนส์กับพอลิเอทิลีนเทอแรพทาเลท

สภาพที่เหมาะสมในการดำเนินกระบวนการ ผสมพอลิโอฟีนส์กับพอลิเอทิลีนเทอแรพทาเลทในอัตราส่วน 50:50 เข้าด้วยกัน โดยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว และเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง ขึ้นกับตัวแปรใน กระบวนการ ถ้าอุณหภูมิในกระบวนการสูงเกินไปจะทำให้ พอลิเมอร์เกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนในทางกลับกัน ถ้าอุณหภูมิจากกระบวนการน้อยเกินไป จะทำให้การหลอม ตัวไม่สมบูรณ์ ในส่วนของผลจากความเร็วยรอบของสกรูถ้า ต่ำเกินไป แรงเฉือนที่ได้น้อย การผสมจะไม่สมบูรณ์ ถ้า มากเกินไป เวลาที่พอลิเมอร์อยู่ในกระบอกลูกกลิ้งมีน้อยลง ทำให้มีการผสมไม่ดี สำหรับผลจากเวลาที่ใช้ในการผสมถ้า เวลาที่ใช้น้อยเกินไป การผสมเข้ากันของพอลิเมอร์ไม่ดี ถ้า เวลาที่ใช้มากเกินไป พอลิเมอร์ได้รับแรงเฉือนและความ ร้อนจากลูกกลิ้งเป็นเวลานาน ทำให้เกิดการเสียสภาพของ พอลิเมอร์ ซึ่งจะส่งผลต่อสมบัติเชิงกลทำให้มีค่าลดลง เมื่อ เปรียบเทียบสมบัติเชิงกลระหว่างสองกระบวนการ พบว่า การผสมโดยใช้เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวให้ผลที่ ดีกว่า

จากผลการทดสอบสัณฐานวิทยาโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด สรุปได้ว่า พอลิเมอร์ ผสมระหว่างพอลิโอฟีนส์กับพอลิเอทิลีนเทอแรพทาเลท สามารถผสมเข้ากันได้ดีกว่าเมื่อทำการผสมโดยใช้เครื่อง อัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว

5.3 ความเป็นไปได้ในการนำพอลิเมอร์ผสมไป ใช้งาน

ค่าความยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อนำพอลิเมอร์ บริสุทธิ์ทั้งสองชนิดมาผสมกัน ดังนั้นพอลิเมอร์ผสมนี้จึง เหมาะในการนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความ ยืดหยุ่นสูง เช่น เฟอริไนเจอร์ และบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

5.4 ข้อเสนอนแนะ

- ◆ ศึกษากระบวนการผลิตพอลิเมอร์ผสมในรูปแบบอื่น นอกเหนือจากกระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว และกระบวนการบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง เช่น กระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ เป็นต้น
- ◆ ศึกษาสภาวะของกระบวนการให้ละเอียดขึ้น เช่น ปรับอุณหภูมิ ความเร็วรอบของสกรูและเวลาที่ใช้ในการผสม เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้สมบัติเชิงกลดีขึ้น
- ◆ ศึกษาผลของสารเติมแต่งที่มีส่วนช่วยเสริมสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้น สารเติมแต่งที่ควรใช้ ได้แก่ สารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนและเส้นใยแก้ว เป็นต้น
- ◆ ศึกษาถึงสมบัติอื่น ๆ เช่น สมบัติทางความร้อนและสมบัติทางแสง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์มากขึ้น
- ◆ ศึกษาผลของสารช่วยผสมตัวอื่น ๆ เช่น PP-g-AA พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับระบบผสมที่มีอยู่

6. คำขอขอบคุณ

บริษัท HMC บริษัท TPI และบริษัท TOA Uniroyal Chemical ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้สารเคมีเพื่อทำงานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Oromiehie, A.R, Hashemi, S.A., Meldrum, I.G. and Waters, D.N. "Optimisation of Processing Conditions for Blend Poly(ethylene terephthalate) with Polyalkenes" Plastics, Rubber and Composites Processing and Application. 25(5) (1996):249-256.
- [2] LiYao and Charles Beatty "The In Situ Compatibilization of HDPE/PET Blends" ANTEC, Montreal (1997).2577-2581
- [3] Scott, K. "Effects of Drying Parameters on Recycled PET" ANTEC, New York. (1999).

[4] ศศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย, "เอกสารประกอบการเรียน วิชาปฏิบัติการเทคโนโลยีพอลิเมอร์ 1", ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 2542

[5] จิราภรณ์ เมธมบริสุทธ์ และคณะ "การใช้สารผสมในการปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างผิวของพอลิเมอร์ผสม" โครงการพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2539

[6] Feldmand, D and Barbalata, A, "Synthetic Polymers Technology, Properties, Application" Chapman & Hall, London, 1996, pp 3-43, 177-183.

[7] รัช บวรเลง ศรีนิล, "เทคโนโลยีพลาสติก" พิมพ์ครั้งที่ 1, ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2525, pp. 12-13.

[8] Morton-Jones, D H, "Polymer Processing" Chapman & Hall, London, 1989, pp 64-66, 74-78, 146-156

ตารางที่ 1 แสดงอุณหภูมิและความเร็วรอบของสกรูของ PO ที่มีสารช่วยผสมต่อ PET ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

อุณหภูมิ (°C)				ความเร็วรอบของสกรู (รอบ/นาที)
Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	
230	240	250	260	30
				50
				70
240	250	260	270	30
				50
				70
250	260	270	280	30
				50
				70

ตารางที่ 2 แสดงอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการผสมของ PO
ที่มีสารช่วยผสมต่อ PET ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

อุณหภูมิ (°C)		เวลาที่ใช้ในการผสม (นาที)		
ลูกหน้า	ลูกหลัง	PET	PO	รวม
240	250	5	1.5	6.5
		6	1.5	7.5
		7	1.5	8.5
250	260	5	1.5	6.5
		6	1.5	7.5
		7	1.5	8.5
260	270	5	1.5	6.5
		6	1.5	7.5
		7	1.5	8.5

ตารางที่ 3 แสดงค่าสมบัติเชิงกลเมื่อผ่านกระบวนการผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวทวนอนเดี่ยวที่ PO-PET เท่ากับ 50:50

Screw Speed (รอบ/นาที)	อุณหภูมิ (°C)	Tensile strength (MPa)			Modulus (MPa)			Flexural strength (MPa)			Impact strength (KJ/m ²)			Hardness (shore D)		
		1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%
30	230-260	15.44	14.68	14.05	423.4	269.1	307.2	43.43	42.51	43.39	2.46	2.49	2.30	56.6	56.2	55.6
	240-270	15.21	14.63	12.69	382.9	272.7	251.7	42.03	39.39	38.68	1.98	2.16	1.98	56.3	55.3	53.5
	250-280	14.26	13.33	13.33	420.7	407.7	345.3	41.60	41.88	40.17	1.97	1.96	2.00	54.0	52.5	50.6
50	230-260	16.64	16.04	16.09	457.0	441.8	327.3	48.12	46.85	47.25	2.50	2.66	2.23	57.1	54.9	56.1
	240-270	15.42	14.76	14.83	392.8	211.8	192.2	44.16	42.97	39.23	2.27	2.14	2.29	56.3	54.4	54.3
	250-280	14.78	14.36	13.81	422.7	311.2	299.0	43.04	40.10	38.94	2.19	2.31	2.06	52.9	51.1	51.1
70	230-260	16.27	15.83	14.94	274.4	287.1	209.6	44.28	44.25	43.00	2.30	2.83	2.67	56.0	55.7	56.5
	240-270	15.41	15.34	14.90	356.6	229.3	206.4	41.47	37.56	40.86	2.22	2.47	2.66	54.6	54.7	52.6
	250-280	14.48	14.76	14.33	345.9	328.6	277.2	41.85	41.31	37.30	2.20	2.22	2.46	52.6	51.9	50.6

ตารางที่ 4 แสดงค่าสมบัติเชิงกลเมื่อผ่านกระบวนการผสมด้วยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้งที่ PO:PET เท่ากับ 50:50

เวลาที่ใช้ในการผสม (นาที)	อุณหภูมิ (°C)		Tensile strength (MPa)			Modulus (MPa)			Flexural strength (MPa)			Impact strength (KJ/m ²)			Hardness (shore D)			
	หน้า	หลัง	1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%	
PET	รวม																	
5	1.5	240	14.45	16.03	15.17	1568	1574	1455	14.48	15.64	14.57	2.00	2.00	1.84	49.9	63.0	66.4	
			250	14.30	15.66	14.81	1463	1555	1451	14.22	15.60	14.00	1.91	1.95	1.77	49.2	62.9	64.8
			260	14.83	15.65	14.74	1444	1532	1405	14.45	15.20	14.69	1.92	1.93	1.62	62.5	62.9	63.5
6	1.5	240	14.09	15.74	15.55	1462	1571	1483	14.62	15.07	14.54	1.90	1.97	1.92	49.2	62.5	65.0	
			250	14.62	15.66	12.77	1443	1541	1455	14.44	14.97	14.73	1.75	4.86	1.84	48.8	62.4	65.3
			260	14.63	15.17	14.91	1419	1498	1375	14.66	14.89	14.77	1.73	1.75	1.64	63.4	62.3	64.5
7	1.5	240	13.45	15.59	13.77	1477	1558	1470	13.94	14.70	14.00	1.91	1.93	1.99	52.1	62.5	66.0	
			250	13.00	14.42	14.28	1413	1541	1497	13.45	14.65	14.12	1.76	1.85	1.76	48.9	62.3	66.0
			260	12.90	14.34	13.03	1400	1467	1376	13.97	14.27	14.10	1.72	1.75	1.49	62.5	61.9	62.3

ตารางที่ 5 แสดงสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุดระหว่าง 2 กระบวนการ

กระบวนการที่ใช้	Tensile strength (MPa)	Modulus (MPa)	Flexural strength (MPa)	Impact strength (KJ/m ²)	Hardness (shore D)
เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหมุนเดี่ยว	16.64	457.0	48.12	2.50	57.1
เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง	16.03	1574	15.64	2.00	63.0

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์บริสุทธิ์กับพอลิเมอร์ผสม

ชนิดของพอลิเมอร์	Tensile strength (MPa)	Modulus (MPa)	Flexural strength (MPa)	Impact strength (KJ/m ²)	Hardness (shore D)
พอลิโอฟีนส์ที่มีสารช่วยผสมอยู่ 1% (PO(compat.))	22.21	595.1	32.94	6.25	54.2
พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET)	31.74	2020	43.13	1.14	74.1
PO(compat.):PET 50(1%):50	16.64	457.0	48.12	2.50	57.1



รูปที่ 1 แสดง SEM ของพอลิโอฟีนส์ที่มีสารช่วยผสมอยู่ 1% ต่อพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลทในอัตราส่วน 50(1%):50 โดยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหมุนเดี่ยว



รูปที่ 2 แสดง SEM ของพอลิโอฟีนที่มีสารช่วยผสมอยู่ 1% ต่อพอลิเอทิลีนเทอแรฟทาเลทในอัตราส่วน 100(1%):0 โดยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว



รูปที่ 3 แสดง SEM ของพอลิโอฟีนที่มีสารช่วยผสมอยู่ 1% ต่อพอลิเอทิลีนเทอแรฟทาเลทในอัตราส่วน 0:100 โดยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว



รูปที่ 4 แสดง SEM ของพอลิเอธิลีนที่มีสารช่วยผสมอยู่ 3% ต่อพอลิเอทิลีนเทอร์พทาเลนในอัตราส่วน 50(3%):50 โดยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง



รูปที่ 5 แสดง SEM ของพอลิเอธิลีนที่มีสารช่วยผสมอยู่ 3% ต่อพอลิเอทิลีนเทอร์พทาเลนในอัตราส่วน 100(3%):0 โดยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง



รูปที่ 6 แสดง SEM ของพอลิโอฟีนส์ที่มีสารช่วยผสมอยู่ 3% ต่อพอลิเอทิลีนเทอแรพทาเลทในอัตราส่วน 0:100 โดยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University