การพัฒนาสูตรพอลิเมอร์ผสมเพื่อใช้ทดแทนเทอร์โมพลาสติกโอเลฟิน :การกระจายตัวของพอลิเมอร์ผสมในเทอร์โมพลาสติกโอเลฟิน

ทรัพย์ สัมพันธ์ชัยวสุ และ อภิญญา ดวงจันทร์ [1)]

1) ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ Email : fengapd@ku.ac.th

บทคัดย่อ

พอลิเมอร์ผสม เป็นหนึ่งในวิธีที่ใช้เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของพอลิเมอร์ โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการผสมเชิงกลระหว่าง อิลาสโตเมอร์ และ เทอร์โมพลาสติก และสารเติมแต่ง เพื่อให้ได้คุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยทำการทดสอบวัตถุดิบหลัก (TPO ชนิดengage 8180) ที่ใช้งานในปัจจุบัน เป็นตัวเปรียบเทียบโดยมีค่าคุณสมบัติความแข็งแรงดึง และ อัตราการไหล เท่ากับ 7.56 MPa และ 2.96 g/10min ตามลำดับ โครงงานวิจัยนี้เริ่มด้วยการเลือกชนิดของพอลิเมอร์ที่เหมาะสมระหว่าง ยางธรรมชาติกับพอลิเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และ ยางธรรมชาติกับพอลิพรอพิลีน ผลปรากฏว่า ยางธรรมชาติกับพอลิพรอพิลีนที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของยางธรรมชาติกับพอลิพรอพิลีนเท่ากับ 100:100 มีค่าความแข็งแรงดึงเท่ากับ 9.86 MPa และอัตราการไหลเท่ากับ 16.53 g/10min ซึ่งมีค่าอัตรากรไหลมากกว่า TPO ชนิด engage 8180 และได้ทำการพัฒนาสูตรต่อไป เพื่อศึกษาหาปริมาณของสารเติมแต่งที่เหมาะสมในการพัฒนาสูตร โดยใช้สารเติมแต่ง 6 ชนิดคือ silane, dicumylperoxide (DCP D40), TiO_2, Polybond, high density polyethylene (HDPE), ethylene-vinyl-acetate (EVA) และ chlorobutyl rubber (IIR) และได้สูตรของพอลิเมอร์ผสมที่มีค่าคุณสมบัติความแข็งแรงดึง และ ค่าอัตราการไหลที่เทียบเท่ากับ engage 8180 โดยมีค่าเท่ากับ 7.97 MPa และ 2.92 g/10min ตามลำดับ จากการทดสอบลักษณะทางกายภาพโดยใช้กล้องจุลทัศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เพื่อดูความเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสมผลปรากฏว่าพอลิเมอร์ผสมมีการกระจายตัวของ ยางธรรมชาติดี

คำสำคัญ

เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ เทอร์โมพลาสติกโอเลฟิน พอลิเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ พอลิพรอพิลีน

1.บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบกับปัญหาทางเศรษฐกิจ โดยส่วนหนึ่งเกิดขึ้นอันเนื่องจากการขาดดุลการค้าโดยที่ประเทศไทยต้องนำสินค้าที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมมาจากต่างประเทศ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการผลิตสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท [นิพนธ์, 2537] บริษัท แอร์โรเฟลกซ์ อินเตอร์เนชันเนล จำกัด เป็นโรงงานหนึ่งที่ทำการผลิตพื้นรองภายในรถยนต์ เป็นอีกหนึ่งอุตสาหกรรมที่ต้องใช้วัตถุดิบในการผลิตจากต่างประเทศคือ เทอร์โมพลาสติกโอเลฟิน (thermoplastic polyolefin elastomer, TPO) ชนิด engage 8180 ที่มีราคาค่อนข้างสูง และไม่สามารถผลิตได้ในประเทศ

ดังนั้นทางบริษัทต้องการที่จะลดต้นทุนในการผลิตโดยการนำวัตถุดิบที่สามารถใช้ทดแทนเทอร์โมพลาสติกโอเลฟินที่ต้องสั่งซื้อเข้ามา โดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ภายในประเทศ คือ ยางธรรมชาติ และ เทอร์โมพลาสติกโอเลฟิน

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการผลิตพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติและเทอร์โมพลาสติกโอเลฟิน เพื่อให้ได้พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ TPO ชนิด engage 8180 ซึ่งเป็นวัตถุดิบนำเข้าจากต่างประเทศ

2.การทดลอง

2.1 ชนิดของเทอร์โมพลาสติกที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการพัฒนาสูตรพอลิเมอร์ผสม

คำนวณปริมาณของพอลิเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำกับยางธรรมชาติที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 100:10, 100:20, 100:40, 100,80 และ 100:100 ตามลำดับโดยแปลงค่าตามสูตรที่ 1

$$\% \text{ batch weight} = \frac{\text{chamber size} \times \text{specific gravity} \times \text{fill factor}}{\text{total phr.}} \quad (1)$$

chamber size = ปริมาตรของเครื่องบราเบนเดอร์ (1.5 liters)

specific gravity = ค่าความจุจำเพาะรวมของวัตถุดิบทั้งหมด

fill factor = % ที่ใช้จริงในเครื่อง

total phr. = ผลรวมของอัตราส่วนทั้งหมด

ทำการผสมโดยใช้เครื่องบราเบนเดอร์ โดยแบ่งใส่พลาสติกก่อน แล้วใช้เวลาในการผสม 5 นาที เพื่อให้พลาสติกละลายแล้ว นำยางธรรมชาติโดยแบ่งใส่เป็น 2 ขั้นตอน โดยให้ปริมาณของยางธรรมชาติใกล้เคียงกัน วัดอุณหภูมิก่อนและหลังใส่โดยใช้เวลาในการผสมประมาณ 5 นาทีต่อ 1 ขั้นตอน [เจริญ, 2544] แล้วบันทึกผล นำของผสมออกจากเครื่องผสมระบบปิดแล้วแบ่งของผสมเป็น 2 ส่วนโดยนำส่วนหนึ่งไปเตรียมรีดโดยใช้เครื่องอัดรีดแผ่น (hydraulic press) โดยตั้งอุณหภูมิในการอัดรีดไว้ที่ 120°C [พิชิต, 2538] เพื่อเตรียมชิ้นงานไว้ทดสอบ คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความแข็งแรงดึง เปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด และความแข็ง แล้วนำอีกส่วนหนึ่งไปรีดเป็นแผ่นด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง เพื่อเก็บชิ้นงานไว้ใช้ในการทดสอบครั้งต่อ ๆ ไป จากนั้นทำการทดลองโดยใช้ ยางธรรมชาติกับพอลิพรอพิลีน ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักเดียวกัน แล้วทำการทดลองเช่นเดียวกันกับการทดลองยางธรรมชาติกับพอลิเอธิลีน

2.2 ศึกษาปริมาณของสารเติมแต่งที่เหมาะสมในการพัฒนาสูตรพอลิเมอร์ผสม

ทำการทดลองโดยใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้งโดยนำสูตรที่มีปริมาณของยางธรรมชาติ และพอลิพรอพิลีนที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 100:100 ตามลำดับ และรวมกับปริมาณของสารเติมแต่งที่กำหนดไว้แล้วจึงแปลงค่าตามสูตรที่ 1 โดยให้นำหนักรวมของพอลิเมอร์ผสมเท่ากับ 300 g ขั้นตอนการผสมโดยใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้งทำดังนี้คือ ทำการผสมโดยให้พลาสติกหลอมก่อนที่ อุณหภูมิ 230°C เมื่อพลาสติกหลอมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วทำการลดอุณหภูมิลงจนเหลือ150°C แล้วทำการผสมยางธรรมชาติลงไปเมื่อเข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วทำการเติมสารเติมแต่งที่ปริมาณต่าง ๆ จนมองดูแล้วเป็นเนื้อเดียวกันจึงทำการรีดเป็นแผ่น ทำการทดลอง โดยใช้สารเติมแต่งทั้ง 7 ชนิดโดยสัดส่วนที่ใช้ขึ้นกับผลการทดลองที่ได้ในเบื้องต้น

ทำการทดลองโดยใช้ปริมาณของสารเติมแต่งที่เหมาะสมในการพัฒนาสูตรในข้อ 2.1 โดยใช้เครื่องบราเบนเดอร์เป็นเครื่องผสมและใช้วิธีการผสมเช่นเดียวกับยางธรรมชาติกับพอลิพรอพิลีน แล้วทำการเติมสารเติมแต่งในขั้นตอนสุดท้าย โดยใช้เวลาการผสม 3 นาที แล้วบันทึกผล

2.3 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

2.3.1 วิเคราะห์ความแข็ง

นำชิ้นงานมาเตรียมทดสอบความแข็งด้วยเครื่องทดสอบความแข็งกด แบบน้ำหนักคงที่ชนิด shor A โดยอ่านค่าความแข็งโดยตรงได้จากเครื่อง รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 5 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง บันทึกผล

2.3.2 วิเคราะห์ความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การยืดออก ณ จุดขาด

นำชิ้นงานทดสอบมาเตรียมขึ้นรูปดรัมเบลโดยใช้เครื่องขึ้นรูปชิ้นงานรูปดรัมเบล โดยทดสอบชิ้นงานละ 3 ชิ้นต่อ 1 ตัวอย่าง นำชิ้นงานที่ได้ไปทดสอบโดยใช้เครื่อง universal testing machine โดยกำหนดสภาวะของเครื่องทดสอบดังนี้

ความเร็วในการดึง 250 มิลลิเมตรต่อนาที
ความยาวเกจ 25 มิลลิเมตร
ค่าแรงสูงสุดที่เครื่องรับได้ (maximum load) 100 กิโลนิวตัน
จำนวนชิ้นที่ใช้ทดสอบ 3 ชิ้นงานต่อสูตร

ผลการทดสอบที่ได้นำมาหาค่าความแข็งแรงดึง (tensile strength) โดยมีค่าเท่ากับความเค้นสูงสุด (maximum stress) ของวัสดุที่รับได้เมื่อให้แรงดึง (หน่วยเป็นแรงต่อพื้นที่) หาได้จากสมการ

$$\text{ค่าความแข็งแรงดึง} = \frac{F}{A} \quad (2)$$

เมื่อ F = แรงที่ใช้ในการดึง ณ จุดขาด (N)
A = พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน (m^2)

และเปอร์เซ็นต์การยืดออก ณ จุดขาด (% elongation at break) หาได้จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด} = \frac{(L - L_0)}{L_0} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ L = ความยาวสุดท้ายของชิ้นงาน (m)
L_0= ความยาวเกจ (Gauge length) (m)

ทดสอบคุณสมบัติการไหลโดยทำการนำชิ้นงานตัดเป็นชิ้นส่วนขนาดไม่เกิน 3 × 3 mm^2. โดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหล (melt flow indexer) เป็นเครื่องทดสอบโดยทำการทดลอง 3 ครั้ง นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย แล้วบันทึกผล

2.3.3 การวิเคราะห์การกระจายตัวของยางธรรมชาติในพอลิเมอร์ผสม

ทดสอบการกระจายตัวของยางธรรมชาติของพอลิเมอร์ผสม โดยเตรียมชิ้นงานขนาด 2 x 3 cm^2 นำไปทดสอบด้วยกล้องจุลทัศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเพื่อดูการกระจายตัวของยางธรรมชาติในพอลิเมอร์ผสม โดยถ่ายภาพที่กำลังการขยายเท่ากับ 50, 100, 300 และ 500 เท่า ตามลำดับ

3. ผลการทดลอง

3.1 ศึกษาชนิดของเทอร์โมพลาสติกที่ใช้ในการพัฒนาสูตร

เทอร์โมพลาสติกที่นำมาผสมกับยางธรรมชาติ มี 2 ชนิดคือ พอลิเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและพอลิพรอพิลีน ผสมกับยางธรรมชาติที่อัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบคุณสมบัติกับ TPO ชนิดengage 8180 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบ TPO ชนิดengage 8180

คุณสมบัติที่ทดสอบ	ค่าที่ได้
MFR at190°C x load 10.0 kgs. (g/10min)	2.96
Tensile strength at break (MPa)	7.56
Elongation at break (%)	1505
Density (g/cm^3)/S.G.	0.863

3.1.1 ยางธรรมชาติกับพอลิเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

จากผลการทดลองค่าที่ทดสอบของส่วนผสมสูตรที่ 1 - 5 ในตารางที่ 2 และ 3 จะเห็นได้ว่าการผสมพอลิเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าแนวโน้มของคุณสมบัติการไหลที่สูงขึ้นตามไปด้วย และคุณสมบัติทางกายภาพคือ คุณสมบัติความแข็งแรงดึง มีแนวโน้มที่สูงขึ้นจาก 0.82 เพิ่มขึ้นถึง 4.06 MPa เมื่อพอลิเอธิลีนเพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 100 ส่วน แต่ไม่สามารถเทียบเท่ากับ TPO ชนิด engage 8180 ได้ เนื่องจากค่า MFR ของ TPO ชนิด engage 8180 มีค่าเพียง 2.96 แต่ค่าของพอลิเมอร์ผสมสูตรทุกสูตรมีค่า MFR สูงกว่า ส่วนค่าความแข็งแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมสูตรที่ 1 - 5 มีค่า 0.82 – 4.06 MPa ซึ่งต่ำกว่าของ TPO ชนิด engage 8180 ซึ่งมีค่า 7.56 MPa ดังนั้นจึงไม่สามารถผสมยางธรรมชาติ กับ พอลิเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ โดยการปรับปริมาณของพอลิเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำได้ จึงต้องมีการพัฒนาสูตรเพื่อหาค่าคุณสมบัติที่ดีขึ้น โดยอาศัย การผสมของยางธรรมชาติ กับ พอลิพรอพิลีน

ตารางที่ 2 พอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติ พอลิพรอพิลีนและสารเติมแต่ง 2 ชนิดที่อัตราส่วนต่างๆ ตามสูตรที่ (1 – 5)

ส่วนผสม	1	2	3	4	5
NR (CV-60)	100	100	100	100	100
LDPE (J4324)	10	20	40	80	100

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางกายภาพและการไหลของพอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติและพอลิเอธิลีนสูตรที่ (1 – 5)

คุณสมบัติที่ทดสอบ	1	2	3	4	5
MFR at190°C x load 10.0 kgs. (g/10min)	3.75	3.80	4.71	8.46	11.00
Tensile strength at break (MPa)	0.82	1.67	2.93	3.79	4.06
Elongation at break (%)	454	487	296	289	372
Density (g/cm^3)/S.G.	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93

3.1.2 ยางธรรมชาติกับพอลิพรอพิลีน

จากผลการทดลองเพื่อศึกษาหาปริมาณของพอลิพรอพิลีนที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ ผลปรากฏว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของพอลิพรอพิลีนจะทำให้คุณสมบัติของการไหลดีขึ้นมาก เมื่อเทียบกับ สูตรที่ 1 - 5 และค่าคุณสมบัติของ TPO ชนิด engage 8180 โดยในสูตรที่ 6 และ 7 ไม่สามารถหาค่าทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และ คุณสมบัติการไหลได้เนื่องจาก ในการผสมปรากฏว่าเกิดการเสียสภาพของยางธรรมชาติ โดยจะเห็นได้ว่าในสูตรที่ 10 ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีมีค่าความแข็งแรงดึง 9.86 MPa ซึ่งสูงกว่า 7.56 MPa ของ TPO ชนิด engage 8180 แต่ MFR มีค่าสูงกว่าของ TPO ชนิด engage 8180 มากคือ 16.53 เทียบกับ 2.96 ส่วนคุณสมบัติอื่น ๆ ไม่ได้นำมาพิจารณาเนื่องจากว่าการนำพลาสติกผสมหรือ TPOมาใช้งานในโรงงานนี้นำมาประยุกต์ใช้กับงานที่สนใจเพียงค่า MFR และ ค่าความแข็งแรงดึงเท่านั้น

ตารางที่ 4 พอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติและพอลิพรอพิลีนที่อัตราส่วนต่าง ๆ ตามสูตรที่ (6 – 10)

ส่วนผสม	6	7	8	9	10
NR (CV-60)	100	100	100	100	100
PP (3200H)	10	20	40	80	100

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางกายภาพและการไหลของพอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติและพอลิพรอพิลีนสูตรที่ (6 – 10)

คุณสมบัติที่ทดสอบ	6	7	8	9	10
MFR at 190°C x load 10.0 kgs. (g/10min)	-	-	10.88	19.04	16.53
Tensile strength at break (MPa)	-	-	2.94	6.21	9.86
Elongation at break (%)	-	-	278	66	203
Density (g/cm^3)/S.G.	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92

หมายเหตุ : สูตรในการผสมสูตรที่ 6 และ 7 ไม่สามารถผสมได้สำเร็จเนื่องจากยางธรรมชาติไหม้ก่อนที่ พอลิพรอพิลีนจะละลาย เนื่องจากมีปริมาณของพอลิพรอพิลีนน้อยจนเกินไป

3.2 ศึกษาปริมาณสารเติมแต่งที่เหมาะสมในการพัฒนาสูตรพอลิเมอร์ผสม

ในการทดลองพัฒนาสูตรต่อไปได้นำสูตรที่ 10 ในผลการทดลองที่ 3.1.2 ไปทำการพัฒนาโดยอาศัยการวิจัยที่ผ่านมาของ Hazelton และคณะ [1992] ซึ่งเป็นการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับการผสม เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ ซึ่งเลือกใช้สารตัวเติมคือ TiO_2, silane, DCP D40, IIR และ EVA เป็นสารเติมแต่ง

ผลการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณของสารเติมแต่งที่เหมาะสมส่วนผสมที่11 – 15 ได้ผลปรากฏดังนี้

ชนิดที่ 1 EVA ตามสูตรที่ 11 – 13 ปรากฏว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ EVA ทำให้ค่าคุณสมบัติ การไหลและเปอร์เซ็นต์การยืดออก ณ จุดขาดลดลง แต่ไม่สามารถบอกแนวโน้มของค่าความแข็งแรงดึงได้ ค่าที่ดีที่สุดคือ 13.72 MPa เมื่อเติม EVA ลงไป 10 ส่วนในยางธรรมชาติ 100 ส่วนและ พอลิพรอพิลีน 100 ส่วนโดยน้ำหนัก

ชนิดที่ 2 Silane ตามสูตรที่ 14 และ 15 ปรากฏว่าการเพิ่มปริมาณของ Silane ส่งผลให้ค่าคุณสมบัติการไหลเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจาก 4.26 เป็น 5.73 g/10min แต่ทำให้ค่าของความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การยืดออก ณ จุดขาดเพิ่มขึ้นจาก 6.30 เป็น 10.10 MPa และ 44 เป็น 225 % ได้ตามลำดับ

ตารางที่ 6 พอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติ พอลิพรอพิลีนและสารเติมแต่ง 2 ชนิดที่อัตราส่วนต่าง ๆ ตามสูตรที่ (11 – 15)

ส่วนผสม	11	12	13	14	15
NR (CV-60)	100	100	100	100	100
PP (3200H)	100	100	100	100	100
EVA	5	10	20	-	-
Silane	-	-	-	1	2

ตารางที่ 7 คุณสมบัติทางกายภาพและการไหลของพอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติ พอลิพรอพิลีนและสารเติมแต่ง 2 ชนิดสูตรที่ (11 – 15)

คุณสมบัติที่ทดสอบ	11	12	13	14	15
MFR at 190°C x load 10.0 kgs. (g/ 10min)	7.43	6.55	6.11	4.26	5.32
Tensile strength at break (MPa)	10.12	13.72	10.62	6.30	10.10
Elongation at break (%)	102	89	72	44	225
Density (g/cm^3)/S.G.	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92

ผลการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณของสารเติมแต่งที่เหมาะสมส่วนผสมที่ 16–19 ดังแสดงในตารางที่ 8 และ 9 ได้ผลปรากฏดังนี้

ชนิดที่ 3 Polybond ได้ผลปรากฏว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ Polybondตามสูตรที่ 16 และ 17 ทำให้ค่าคุณสมบัติการไหล และ ค่าความแข็งแรงดึงลดลงจาก 6.46 เป็น 5.51 g/10min และ 14.77 เป็น 12.91 MPa ตามลำดับ แต่ค่าของเปอร์เซ็นต์การยืดออก ณ จุดขาด สูงขึ้นจาก 80 เป็น 105 %

ชนิดที่ 4 DCP D40 ตามสูตรที่ 18 และ 19 ได้ผลปรากฏว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของ DCP D40 จะทำให้ค่าคุณสมบัติการไหล ค่าความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การยืดออก ณ จุดขาดมีแนวโน้มลดลงจาก 1.30 เป็น 0.93 g/10min, 10.94 เป็น 8.45 MPa และ 287 เป็น 62%ตามลำดับ

ตารางที่ 8 พอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติ พอลิพรอพิลีนและสารเติมแต่ง 2 ชนิดที่อัตราส่วนต่าง ๆ ตามสูตรที่ (16 – 19)

ส่วนผสม	16	17	18	19
NR (CV-60)	100	100	100	100
PP (3200H)	100	100	100	100
Polybond (3200)	1	2	-	-
DCP D40	-	-	0.1	0.2

ตารางที่ 9 คุณสมบัติทางกายภาพและการไหลของพอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติ พอลิพรอพิลีนและสารเติมแต่ง 2 ชนิดสูตรที่ (16 – 19)

คุณสมบัติที่ทดสอบ	16	17	18	19
MFR at 190°C x load 10.0 kgs. (g/10min)	6.46	5.51	1.30	0.93
Tensile strength at break (MPa)	14.77	12.91	10.94	8.45
Elongation at break (%)	80	105	287	62
Density (g/cm^3)/S.G.	0.92	0.92	0.92	0.92

ผลการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณของสารเติมแต่งที่เหมาะสมส่วนผสมที่ 20–26 ดังแสดงในตารางที่ 10 และ 11 ได้ผลปรากฏดังนี้

ชนิดที่ 5 IIR ตามสูตรที่ 20 และ 21 ได้ผลปรากฏว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของ IIR ส่งผลต่อค่าคุณสมบัติการไหลน้อยมากจาก 4.43 เป็น 5.16 g/10min ค่าความแข็งแรงดึงลดลงจาก 9.43 เป็น 9.13 MPa และเปอร์เซ็นต์การยืดออก ณ จุดขาดลดลงจาก 93 เป็น 75 %

ชนิดที่ 6 HDPEตามสูตรที่ 22 – 24 ได้ผลปรากฏว่า เมื่อมีการเปลี่ยนส่วนผสมระหว่าง NR:PP:HDPE เป็น 100:100:25, 100:80:20 และ 100:100:50 จะได้แนวโน้มของค่าคุณสมบัติการไหลลด

ลงจาก 4.77 เป็น 3.83 และ 2.38 g/10min ค่าความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การยืดออก ณ จุดขาดสูงขึ้นจาก 7.20 เป็น 8.95 และ 9.11 MPa และ 33 เป็น 184 % ตามลำดับ

ชนิดที่ 7 TiO_2ตามสูตรที่ 25 และ 26 ได้ผลปรากฏว่า เมื่อปริมาณของ TiO_2 สูงขึ้นส่งผลต่อค่าคุณสมบัติการไหลน้อยมากคือลดลงจาก 5.19 เป็น 5.14 g/10min ค่าความแข็งแรงดึงลดลงจาก 13.60 เป็น 10.50 MPa ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดออก ณ จุดขาดสูงขึ้นจาก 76 เป็น 86 %

ตารางที่ 10 พอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติ พอลิพรอพิลีนและสารเติมแต่ง 3 ชนิดที่อัตราส่วนต่าง ๆ ตามสูตรที่ (20 – 26)

ส่วนผสม	20	21	22	23	24	25	26
NR (CV-60)	100	100	100	100	100	100	100
PP (3200H)	100	100	100	80	100	100	100
IIR	20	40	-	-	-	-	-
HDPE (50100)	-	-	25	20	50	-	-
TiO_2	-	-	-	-	-	2	4

ตารางที่ 11 คุณสมบัติทางกายภาพและการไหลของพอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติ พอลิพรอพิลีนและสารเติมแต่ง 3 ชนิดสูตรที่ (20 – 26)

คุณสมบัติที่ทดสอบ	20	21	22	23	24	25	26
MFR at 190°C x load 10.0 kgs. (g/10min)	4.43	5.16	4.77	3.83	2.38	5.19	5.14
Tensile strength at break (MPa)	9.43	9.13	7.20	8.95	9.11	13.60	10.50
Elongation at break (%)	93	75	33	55	184	76	86
Density (g/cm^3)/S.G.	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92

หมายเหตุ : ความหนาแน่นทั้ง 16 สูตรมีค่าเท่ากันคือ 0.92 g/cm^3

3.3 พอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติ พอลิพรอพิลีนและสารเติมแต่งโดยเลือกผสมจากปริมาณของสารเติมแต่งที่เหมาะสม

ผลการทดลองเพื่อพัฒนาสูตรพอลิเมอร์ผสมโดยเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกาพ การเพิ่มปริมาณของ EVA, DCP D40 และ HDPE ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของยางธรรมชาติ พอลิพรอพิลีนคงที่เท่ากับ 100:100 ดังแสดงในสูตรที่ 27, 28 และ 29 ตามลำดับ จากการทดลองได้ค่าความแข็งแรงดึงเท่ากับ 6.38, 10.26 และ 8.07 MPa ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การยืดออก ณ จุดขาดเท่ากับ 156, 70 และ 33 % ตามลำดับ การเพิ่มปริมาณของสารเติมแต่งของ ยางธรรมชาติ พอลิพรอพิลีน EVA และ silane ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักตามที่แสดงในสูตรที่ 30 และ ยางธรรมชาติ พอลิพรอพิลีน EVA และ TiO_2 ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักตามที่แสดงในสูตรที่ 31 ได้ค่าความแข็งแรงดึงเท่ากับ 10.14 และ 7.44 MPa ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การยืดออก ณ จุดขาดเท่ากับ 119 และ 150 % ตามลำดับ และการเพิ่มปริมาณของสารเติมแต่งที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักดังแสดงในสูตรที่ 32 ดังแสดงในตารางที่ 12 และ 13

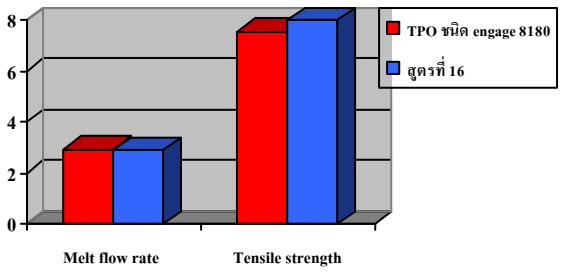
ตารางที่ 12 พอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติ พอลิพรอพิลีนและสารเติมแต่งที่อัตราส่วนต่าง ๆ ตามสูตรที่ (27 – 32)

ส่วนผสม	27	28	29	30	31	32
NR (CV-60)	100	100	100	100	100	100
PP (3200H)	100	100	100	80	50	100
EVA	10	-	-	10	10	10
DCP D40	-	0.2	-	-	-	0.2
HDPE (50100)	-	-	50	-	-	50
Silane	-	-	-	1	-	1
TiO_2	-	-	-	-	2	2

ตารางที่ 13 คุณสมบัติทางกายภาพและการไหลของพอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติ พอลิพรอพิลีนและสารเติมแต่งที่อัตราส่วนต่าง ๆ ตามสูตรที่ (27 – 32)

คุณสมบัติที่ทดสอบ	27	28	29	30	31	32
MFR at 190°C x load 10.0 kgs. ก/ 10min)	4.56	2.64	6.32	8.27	8.60	2.92
Tensile strength at break (MPa)	6.38	10.26	8.07	10.14	7.44	7.97
Elongation at break (%)	156	70	33	119	150	205
Density (g/cm^3)/S.G.	0.92	0.92	0.92	0.92	0.95	0.95

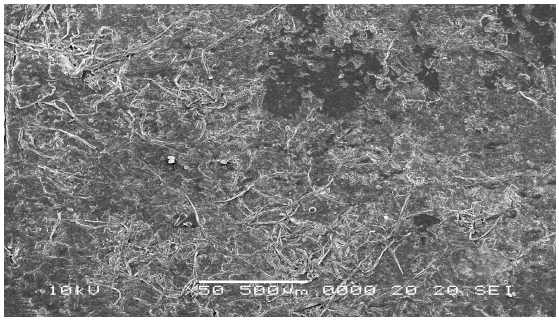
ผลจากผลการทดลองเพื่อพัฒนาสูตรพอลิเมอร์ผสมให้มีคุณสมบัติใกล้เคียง TPO ชนิด engage 8180 ได้ผลปรากฏว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของสารเติมแต่งจะทำให้มีค่าแนวโน้มเช่นเดียวกันกับการทดลองเพื่อหาปริมาณสารเติมแต่งที่เหมาะสมและเมื่อทำการผสมตามสูตรที่ 16 จะได้ค่าคุณสมบัติความแข็งแรงดึงเท่ากับ 7.97 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่า TPO ชนิด engage 8180 ที่มีค่าความแข็งแรงดึงเท่ากับ 7.56 MPa และมีค่าอัตราการไหลเท่ากับ 2.92 g/10min ใกล้เคียงกันกับ TPO ชนิด engage 8180 ที่มีค่าอัตราการไหลเท่ากับ 2.96 g/10min ดังแสดงในรูปที่ 1 แต่มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดออก ณ จุดขาดน้อยกว่า TPO ชนิด engage 8180 คือ 205% เทียบกับ 1505% ในการนำไปใช้งานส่วนใหญ่คุณสมบัติที่สำคัญคือค่าความแข็งแรงดึง และอัตราการไหล และเนื่องจากพลาสติกผสมที่ผลิตได้ในสูตรที่ 16 มีคุณสมบัติทั้งสองดังกล่าวใกล้เคียงกับของ TPO ชนิด engage 8180 จึงน่าจะทดลองใช้พลาสติกผสมที่ได้ทดแทน TPO ชนิด engage 8180 ต่อไป



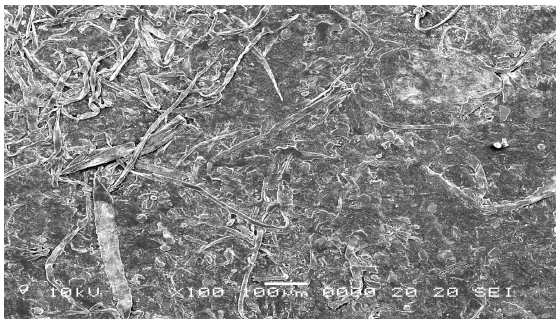
รูปที่ 1 คุณสมบัติค่าความแข็งแรงดึง และอัตราการไหลของสูตรที่ 16 กับTPO ชนิดengage 8180

3.4 ศึกษาการกระจายตัวของยางธรรมชาติในพอลิเมอร์ผสม

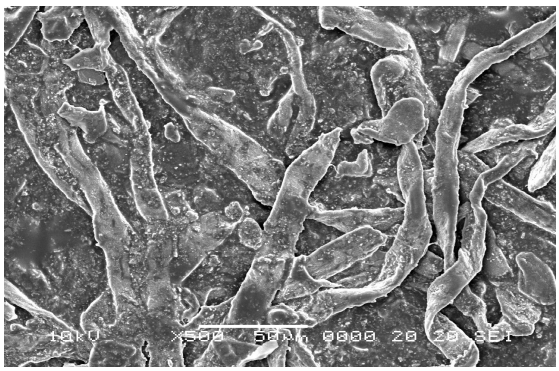
จากภาพถ่ายเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 50, 100 และ 500 เท่าดังรูปที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ สังเกตได้ว่าเกิดการกระจายตัวของยางธรรมชาติในพอลิเมอร์ผสม โดยยางธรรมชาติกระจายเป็นเส้นในเนื้อของเทอร์โมพลาสติกโอเลฟินอย่างทั่วถึง ทำให้เสริมคุณสมบัติทางกายภาพได้มากขึ้น



รูปที่ 2 ภาพถ่ายพื้นผิวพอลิเมอร์ผสมสูตรที่ 32 จากเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 50 เท่า



รูปที่ 3 ภาพถ่ายพื้นผิวพอลิเมอร์ผสมสูตรที่ 32 จากเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 4 ภาพถ่ายพื้นผิวพอลิเมอร์ผสมสูตรที่ 32 จากเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 500 เท่า

4. สรุปผลการทดลอง

การทดลองเพื่อพัฒนาสูตรพอลิเมอร์ผสมให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ TPO ชนิด engage 8180

ผลการทดลองปรากฏว่าได้ค่าคุณสมบัติความแข็งแรงดึงเท่ากับ 7.97 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่า TPO ชนิด engage 8180 ที่มีค่าความแข็งแรงดึงเท่ากับ 7.56 MPa และมีค่าอัตราการไหลเท่ากับ 2.92 g/10min ใกล้เคียงกันกับ TPO ชนิด engage 8180 ที่มีค่าอัตราการไหลเท่ากับ 2.96 g/10min แต่มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดออก ณ จุดขาดน้อยกว่า TPO ชนิด engage 8180 คือ 205% เทียบกับ 1505% โดยมีสูตรพอลิเมอร์ผสม ตามอัตราส่วนโดยน้ำหนักดังนี้คือ NR:PP:HDPE:EVA: DCP D40:sinale:TiO2 เท่ากับ100:100:50:10:0.2:1:2

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546 ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยและ

บริษัท แอร์โรเฟลกซ์ อินเตอร์เนชันเนล จำกัด ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองวิจัย

เอกสารอ้างอิง

นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล, ปฏิบัติการเทคโนโลยีพอลิเมอร์, คณะวิทยาศาสตร์ สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 2537.

เจริญ นาคสวรรค์, กระบวนการแปรรูปพลาสติก, พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์โฟร์เพซ กรุงเทพฯ 2544.

พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์, พลาสติก, พิมพ์ครั้งที่ 12, ห.จ.ก.ป. สัมพันธ์พาณิชย์ กรุงเทพฯ 2538.