



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ โพลีเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติและโพลิโอเลฟิน

โดย น.ส. จันทิทิพ คำนวนตพิพย์ และ คณะ

พฤษภาคม 2550

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ โพลีเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติและโพลิโอเลฟิน

คณะผู้วิจัย สังกัด

- | | | |
|--------------------|----------------|------------------------------------|
| 1. น.ส. ฉันททิพย์ | คำนวณทิพย์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 2. นาย ไพศาล | พิพัฒนชัยไพศาล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 3. นาย อภิชาติ | มาศธนวัฒน์กุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 4. นาย กิตติศักดิ์ | ตันตราธิปไตย | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |

ชุดโครงการวิจัยขนาดเล็ก เรื่อง ยางพารา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย): โพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติและโพลิโอเลฟิน

(ภาษาอังกฤษ): Natural Rubber and Polyolefin Blends

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด และที่อยู่

ชื่อ-สกุล: ดร. นันททิพ คำนวนทิพย์

หน่วยงาน: ภาควิชาวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนบุรี

ที่อยู่: ภาควิชาวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนบุรี

ถนน รังสิต-นครนายก ตำบล คลองหก อำเภอ รัตนบุรี ปทุมธานี 12120

โทรศัพท์/โทรสาร: 02-5493484-5 / 02-5493483

E-mail: chuntipk@yahoo.com, ckumnuntip@hotmail.com

นักศึกษาร่วมโครงการ

ชื่อ-สกุล: นาย ไพศาล พิพัฒน์ชัยไพศาล

ชื่อ-สกุล: นาย อภิชาติ มาศชนวันกุล

ชื่อ-สกุล: นาย กิตติศักดิ์ ตันตราธิปไตย

หน่วยงาน: ภาควิชาวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนบุรี

ที่อยู่: ภาควิชาวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนบุรี

ถนน รังสิต-นครนายก ตำบล คลองหก อำเภอ รัตนบุรี ปทุมธานี 12120

โทรศัพท์/โทรสาร: 02-5493484-5 / 02-5493483

ปัญหาที่ทําวิจัยและความสำคัญ

ทางคณะผู้วิจัย และ บริษัท นิโอฟลาสโตเมอร์ จำกัด มีแนวความคิดร่วมกันว่าแนวทางหนึ่งที่จะ ช่วยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางทำให้สามารถผลิตได้ง่าย รวดเร็ว และทำให้ง่ายต่อการรีไซเคิล คือ การนำยางธรรมชาติ มาผสมกับเทอร์โมพลาสติก เพื่อผลิตเป็นเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ (thermoplastic elastomer) อันจะเป็น วัสดุที่มีสมบัติยืดหยุ่นคล้ายยาง แต่สามารถขึ้นรูปได้ง่ายเหมือนกับเทอร์โมพลาสติก เพื่อลดปัญหาการขาด ดุลการค้า และลดต้นทุนในการผลิต ตลอดจนส่งเสริมการใช้งานพาราผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่า เนื่องจาก เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ไม่สามารถผลิตได้ในประเทศ จะต้องนำเข้า และมีราคาสูงถึง กิโลกรัมละประมาณ 200 บาท ถ้าสามารถทําวิจัยเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ จากยางธรรมชาติและโพลิโอเลฟิน อันได้แก่ โพลิเอทิลีน และโพลิพรอพิลีน ที่ผลิตได้ภายในประเทศ จะเป็นการ ช่วยในการเพิ่มมูลค่าให้แก่ยางพารา ตลอดจนได้มีการพัฒนาวัตถุดิบจำพวกเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์จาก

วัตถุดิบที่ผลิตได้ภายในประเทศ อันจะเป็นการส่งเสริมต่อภาคอุตสาหกรรมที่ทำให้มีทางเลือกในการใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูก และลดการขาดดุลการค้าจากการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ

วัตถุประสงค์

ศึกษามบัตติของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติและโพลิโอเลฟิน เพื่อใช้ในการผลิตเป็นวัสดุประเภทเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์

ผลการดำเนินงาน

จากผลการทดลองในโครงการวิจัยนี้พบว่าพบว่าความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่ผสมกับ HDPE จะมีค่าสูงกว่า ความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่ผสมกับ PP ทั้งนี้เนื่องจาก HDPE ที่ใช้ในการทดลองนี้มีค่าความหนาแน่น 0.957 g/cm^3 ความหนาแน่นของ PP2500H มีค่าเท่ากับ 0.9044 g/cm^3 และความหนาแน่นของ PP3200H มีค่าเท่ากับ 0.9072 g/cm^3 และความหนาแน่นของยางธรรมชาติมีค่าเท่ากับ 0.9138 g/cm^3 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน เพราะฉะนั้นเมื่อทำการผสมกันแล้วความหนาแน่นของโพลิเมอร์ผสมจึงไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ความหนาแน่นของโพลิเมอร์ผสมนั้นมีค่าต่ำกว่า เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ตัวอย่าง(Uniprene) อยู่มาก โดยเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ Uniprene มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.2488 g/cm^3 จากผลการทดลองพบว่าปริมาณของ compatibilizer อันได้แก่ MA ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นของโพลิเมอร์ผสม

ในการศึกษาค่าดัชนีการไหลของโพลิเมอร์ผสมนั้น จากผลการทดลองพบว่าเมื่อปริมาณของยางธรรมชาติในโพลิเมอร์ผสมเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้โพลิเมอร์ผสมมีค่าดัชนีการไหลที่ลดลง เนื่องจากยางธรรมชาติเป็นโพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เมื่อปรากฏอยู่ในระบบของโพลิเมอร์ผสมมากขึ้นจะส่งผลให้โพลิเมอร์ผสมไหลได้ยากมากขึ้น มีความหนืดสูงขึ้น ค่าดัชนีการไหลจึงลดลง และเมื่อเติม compatibilizer อันได้แก่ MA ลงไปนั้น ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีการไหลของโพลิเมอร์ผสม

ค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณยางธรรมชาติมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโดยปกติยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่มีความแข็งต่ำกว่าพลาสติกในกลุ่มของโพลิโอเลฟิน เมื่อปริมาณยางธรรมชาติในระบบโพลิเมอร์ผสมมีค่าสูงขึ้น จึงส่งผลให้ค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ HDPE PP2500 H และ PP3200H พบว่าโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ HDPE ในอัตราส่วน 60:40 จะมีค่าความแข็งใกล้เคียงกับโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ PP3200H ในอัตราส่วน 65:35 และโพลิเมอร์ผสมทั้งสองชนิดจะให้ค่าความแข็งใกล้เคียงกับ Uniprene ในขณะที่โพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ PP2500H จะมีค่าความแข็งที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับแข็งของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ HDPE และ PP3200H และจากผลการทดลองพบว่าการเติม MA ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมเพียงเล็กน้อย

ในการศึกษาสมบัติการทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสมพบว่า เมื่อปริมาณยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ค่า Modulus และ Maximum tensile strength ของโพลิเมอร์ผสมมีค่าลดลง และเมื่อมีการเติม MA ซึ่งเป็น compatibilizer ในปริมาณ 5%wt ลงไปในโพลิเมอร์ผสมพบว่าจะทำให้มีค่า Maximum tensile strength เพิ่มขึ้น เนื่องจาก MA ช่วยในการทำให้ทั้ง PE และ PP กระจากตัวในยางธรรมชาติได้ดียิ่งขึ้นดังแสดงในผลของการศึกษา สันฐานวิทยาของโพลิเมอร์ผสมโดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM)

สรุปผลการวิจัย

- อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผสมยางธรรมชาติกับโพลิเอทิลีน คืออัตราส่วนของ (NR : HDPE) 60 : 40 จะให้ค่า Hardness , Melt Flow Index, 100% Modulus, Tensile strength, มีค่าใกล้เคียงกับของเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ตัวอย่าง(Uniprene)มากที่สุด
- การผสมยางธรรมชาติกับโพลิพรอพิลีน โดยใช้โพลิพรอพิลีน 2 เกรด คือ PP 2500H และ PP 3200H พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือใช้ โพลิพรอพิลีนเกรด PP 3200H ผสมที่อัตราส่วนของ (NR : PP 3200H) 65 : 35 จะให้ค่าผสมที่ดีที่สุด เนื่องจากค่า เมื่อใช้ MA 0.5% จะ ให้ค่า Tensile strength, 100% Modulus มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับของเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ตัวอย่าง(Uniprene)มากที่สุด

ข้อเสนอแนะที่คาดว่าจะควรวิจัยเพิ่มเติม และวิธีการที่ควรพัฒนาต่อยอดสู่ภาคปฏิบัติจริง

การนำยางธรรมชาติมาผสมกับโพลิเมอร์สังเคราะห์นั้นเพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมจะส่งผลดี คือสามารถลดการนำเข้าวัสดุเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์จากต่างประเทศ อีกทั้งสามารถนำพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับยางธรรมชาติได้ อีกทางหนึ่ง จึงน่าจะมีโอกาสที่จะศึกษาและพัฒนาเพื่อนำไปสู่การใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมต่อไป

ผลทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

ผลที่เกิดขึ้นจากการวิจัยนี้คาดว่าจะสามารถนำไปเผยแพร่ในการประชุมวิชาการระดับประเทศหรือระดับนานาชาติได้อย่างน้อย 1 ฉบับ

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาศึกษาสมบัติของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติและโพลิโอเลฟิน ในงานวิจัยนี้ทำการผสมยางธรรมชาติ กับ HDPE ในอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt) ระหว่าง NR:HDPE 60:40, 65:35 และ 70:30 และผสม ยางธรรมชาติ STR 5L กับ PP ในอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt) ระหว่าง NR:PP 65:35 และ 70:30 และมีการเติมสารช่วยให้เกิดความเข้ากัน (compatibilizer) อันได้แก่ Maleic Anhydride (MA) ในปริมาณ 0.25-1.25 %wt ในงานวิจัยนี้ได้ทำการผสมยางธรรมชาติและพลาสติกโพลิโอเลฟิน โดยใช้เครื่องผสมสองลูกกลิ้ง (Two roll mill) ที่อุณหภูมิ 180°C จนยางธรรมชาติกับพลาสติกโพลิโอเลฟินสามารถเข้ากันได้ดี แล้วนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป (Compression molding) ที่อุณหภูมิ 180°C และทำการทดสอบค่าความหนาแน่น ดัชนีการไหล ความแข็ง และค่าการทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม จากผลการทดลองพบว่าความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่ผสมกับ HDPE จะมีค่าสูงกว่า ความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่ผสมกับ PP เมื่อปริมาณของยางธรรมชาติในโพลิเมอร์ผสมเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้โพลิเมอร์ผสมมีค่าดัชนีการไหลที่ลดลง ค่าความแข็ง Modulus และ Maximum tensile strength ของโพลิเมอร์ผสมจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณยางธรรมชาติมีค่าสูงขึ้น เมื่อมีการเติม MA ซึ่งเป็น compatibilizer ในปริมาณ 5%wt ลงไปในโพลิเมอร์ผสมพบว่าจะทำให้มีค่า Maximum tensile strength เพิ่มขึ้น

ABSTRACT

This work purposed to investigate the properties of the natural rubber and polyolefin blends. The natural rubber and HDPE were blended in the ratio %wt between NR and HDPE 60:40, 65:35 and 70:30. NR and PP were blended in the ratio %wt between NR and PP 65:35 and 70:30. Maleic Anhydride (MA) was used as the compatibilizer between NR and polyolefin in various content from 0.25 to 1.25 %wt. NR and polyolefin were blended by the two roll mill at 180°C and then the polymer blend samples were shaped by the compression molding machine at 180°C. The density, MFI, hardness and tensile properties of the polymer blends were studied. The results suggested that the NR/HDPE blends had higher density than the NR/PP blends. The MFI of the polymer blends increased with the NR contents. The hardness, modulus and maximum tensile strength of the polymer blends decreased when the NR contents increased. The 0.5%wt MA loading could improved the tensile strength of the polymer blend.

1. ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางธรรมชาติรายใหญ่ของโลก ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้เข้าประเทศนับแสนล้านบาท และมีพื้นที่สำหรับปลูกยางทั่วประเทศถึง 12.3 ล้านไร่ [1] จากสถานการณ์ยางปี 2544 ราคายางธรรมชาติตกต่ำ ผลผลิตล้นตลาด โดยในปี 2544 ประเทศไทยผลิตยางธรรมชาติได้ถึง 2.41 ล้านตัน และเป็นประเทศที่ส่งออกยางธรรมชาติเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยสัดส่วนการส่งออกเป็นร้อยละ 42.3 ของปริมาณการส่งออกยางธรรมชาติของโลก [2] โดยสถานการณ์ยางของประเทศไทยเมื่อปี 2544 ประเทศไทยส่งออกยางดิบแปรรูปเบื้องต้นถึง 90 % ของผลผลิต สร้างรายได้ 46,700 ล้านบาท และใช้เพียง 10 % ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใช้เองในประเทศและเหลือส่งออกสร้างรายได้จากการส่งออกได้ถึง 48,500 ล้านบาท จึงกล่าวได้ว่าการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางนั้นสร้างมูลค่าเพิ่มได้ถึง 10 เท่า [3] จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าช่องว่างอันหนึ่งของการเติบโตของรายได้จากยางธรรมชาติของประเทศไทยคือการใช้ยางธรรมชาติผลิตผลิตภัณฑ์เพียง 10 % ตลาดที่สำคัญคือตลาดภายในประเทศ ซึ่งมีข้อมูลว่าในขณะที่ประเทศไทยมีรายได้จากการส่งออกผลิตภัณฑ์ยางปีละ 48,000 ล้านบาทนั้น ประเทศไทยยังนำเข้าผลิตภัณฑ์ยางถึงปีละ 16,000 ล้านบาทอีกด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประเทศไทยยังมีมูลค่าการตลาดภายในประเทศที่รองรับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางอีกถึงปีละ 16,000 ล้านบาท ซึ่งเป็นการสร้างงานและลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศจากการนำเข้า [3] จากข้อมูลข้างต้นจึงให้แนวความคิดว่าแนวทางหนึ่งที่จะช่วยในการเพิ่มมูลค่าให้แก่ยางธรรมชาติคือ การวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ ให้มีสมบัติที่เหมาะสมในการใช้งานที่หลากหลายยิ่งขึ้น

ในการแปรรูปยางพาราดิบเป็นผลิตภัณฑ์ยางนั้น จำเป็นจะต้องมีการผ่านกระบวนการ “วัลคาไนซ์(vulcanization)” อันเป็นกระบวนการที่จะเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของยางจากเส้นตรง (linear) ให้เป็นร่างแห (crosslink) สามมิติ อันจะทำให้ยางมีสมบัติเชิงกลที่ดียิ่งขึ้น โดยในกระบวนการดังกล่าวข้างต้นจะต้องทำปฏิกิริยาเคมีกับสารที่ก่อให้เกิดการเชื่อมโยง (vulcanizing agent) โดยทั่วไปนิยมใช้ กำมะถัน (sulphur) หรือ สารจำพวกเปอร์ออกไซด์ (peroxide) โดยในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางนั้นจะประกอบด้วยกระบวนการหลักๆ 2 กระบวนการ อันได้แก่ กระบวนการผสมยางกับสารเคมี (compounding) และกระบวนการทำให้ยางคงรูป(vulcanization) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น และการที่ยางมีการเปลี่ยนโครงสร้างภายในจากเส้นตรงเป็นร่างแหนี้เอง ทำให้ยางที่จะนำเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล (recycle) ได้ ในปี 2546 ปริมาณของเสียในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วยของเสียที่เป็นกระดาษ แก้ว พลาสติก เหล็ก และยาง มีปริมาณ 12.3 ล้านตัน แต่มีปริมาณการใช้ประโยชน์เพียง 6.0 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 49 ของปริมาณของเสียในภาคอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นทั้งหมด [ที่มา รายงานสรุปสถานการณ์ มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2546, กรมควบคุมมลพิษ] ดังนั้นปริมาณขยะจากยางที่เกิดขึ้น อาจนำไปสู่ปัญหามลพิษต่อไปเนื่องจากความยากในการนำเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น เห็นได้ว่ายางพารานับเป็นสินค้าเศรษฐกิจของประเทศ โดยแนวทางสำคัญที่จะเพิ่มมูลค่าให้แก่ยางพาราได้แก่การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ แต่ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางนั้นก็มีกระบวนการหลายขั้นตอน ใช้เวลาและพลังงานในการผลิตมาก ประกอบกับการนำไปสู่ปัญหามลภาวะในสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นเกิดจากกลิ่นในระหว่างการผลิต และปัญหาขยะที่ยากต่อการรีไซเคิล จึงนำไปสู่แนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยทางคณะผู้วิจัย และ บริษัท นิโอพลาสติกโตเมอร์ จำกัด มีแนวความคิดร่วมกันว่าแนวทางหนึ่งที่จะ ช่วยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางทำให้สามารถผลิตได้ง่าย รวดเร็ว และลดปัญหาจากกลิ่นเนื่องจากกระบวนการผลิตที่ต้องทำปฏิกิริยากับสารเคมี และทำให้ง่ายต่อการรีไซเคิล คือ การนำยางธรรมชาติ มาผสมกับเทอร์โมพลาสติก เพื่อผลิตเป็นเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ (thermoplastic elastomer) อันจะเป็นวัตถุดิบที่มีสมบัติยืดหยุ่นคล้ายยาง แต่สามารถขึ้นรูปได้ง่ายเหมือนกับเทอร์โมพลาสติก เพื่อลดปัญหาการขาดดุลการค้า และลดต้นทุนในการผลิต ตลอดจนส่งเสริมการใช้ยางพาราผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่า เนื่องจากเทอร์โมพลาสติกอีลาสโต

เมอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ไม่สามารถผลิตได้ในประเทศ จะต้องนำเข้า และมีราคาสูงถึงกิโลกรัมละประมาณ 200 บาท ถ้าสามารถทำการวิจัยเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์จากยางธรรมชาติและโพลิโอเลฟิน อันได้แก่ โพลิเอทิลีน และโพลิพรอพิลีน ที่ผลิตได้ในประเทศ จะเป็นการช่วยในการเพิ่มมูลค่าให้แก่ยางพารา ตลอดจนได้มีการพัฒนาวัตถุดิบจำพวกเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์จากวัตถุดิบที่ผลิตได้ในประเทศ อันจะเป็นการส่งผลดีต่อภาคอุตสาหกรรมที่ทำให้มีทางเลือกในการใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูก และลดการขาดดุลการค้าจากการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

ศึกษาสมบัติของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติและโพลิโอเลฟิน เพื่อใช้ในการผลิตเป็นวัสดุประเภทเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์

3. ทฤษฎีแนวคิดในการทำงานวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

การทำโพลิเมอร์ ผสมเป็นวิธีการปรับปรุงสมบัติของโพลิเมอร์ ที่นิยมใช้ กันมาก โดยการนำโพลิเมอร์ 2 ชนิด ซึ่งอยู่ ในสถานะที่เป็นของไหล ได้แก่ เป็นสารละลาย (solution) หรือสารหลอมเหลว (molten) มาผสมให้อยู่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน (blending) ได้ เป็นโพลิเมอร์ผสมหรือที่เรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่า (polymer blend) ซึ่งมีสมบัติที่ดีของโพลิเมอร์แต่ละชนิดมารวมกัน แต่การผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันของโพลิเมอร์ ต่างชนิดกันนั้น โดยธรรมชาติแล้วจะเป็นไปได้ยาก ดังนั้น โพลิเมอร์ผสมที่ได้ จึงไม่เป็นสารละลายของแข็งที่แท้จริง และพบว่าเมื่ออยู่ในสถานะที่เป็นของแข็ง โพลิเมอร์ชนิดหนึ่งจะกระจายอยู่ในเนื้อหรือเมทริกซ์ที่ต่อเนื่อง (continuous matrix) ของโพลิเมอร์อีกชนิดหนึ่ง ทั้งนี้การกระจายตัวดังกล่าวต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ มิฉะนั้นจะทำให้เกิดเป็นข้อบกพร่อง (defects) ของผลิตภัณฑ์ และส่งผลให้สมบัติเชิงกลของโพลิเมอร์ผสมต่ำกว่าของโพลิเมอร์บริสุทธิ์ได้ ดังนั้นจึงต้องพิจารณาถึงสภาพเข้ากันได้ (compatibility) ของโพลิเมอร์ที่นำมาผสมกัน ซึ่งบางชนิดสามารถเข้ากันได้ดีแต่บางชนิดไม่สามารถเข้ากันได้ เนื่องจากโครงสร้างสายโซ่ต่างกันจึงไม่สามารถกระจายตัวอย่างอิสระ เกิดการแยกชั้น นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยทางพลังงาน (energy factor) ที่ทำให้โพลิเมอร์ 2 ชนิดเข้ากันไม่ได้ นั่นคือพลังงานที่ใช้ในการผสมผสาน โมเลกุลหรือสายโซ่ของโพลิเมอร์ เช่น การดูดกลืนพลังงานความร้อนของโพลิเมอร์แต่ละชนิดที่ต่างกัน

ยางเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic Elastomers,TPEs) คือ โพลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่รวมเอาสมบัติของยางและพลาสติกเข้าด้วยกัน กล่าวคือ ยางเทอร์โมพลาสติกจะมีกระบวนการขึ้นรูปแบบเดียวกับพลาสติกทั่วไป เช่น โพลิเอทิลีน(PE) หรือ โพลิไวนิลคลอไรด์(PVC) เป็นต้น แต่ยางเทอร์โมพลาสติกจะมีสมบัติและการใช้งานเหมือนยางคงรูป

เนื่องจากยางเทอร์โมพลาสติกไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการคงรูปก่อนการนำไปใช้งาน ดังนั้นยางเทอร์โมพลาสติกจึงมีสมบัติเหมือนยาง เฉพาะในอุณหภูมิบางช่วงเท่านั้น โดยทั่วไปยางเทอร์โมพลาสติกจะมีสมบัติเหมือนยางที่อุณหภูมิห้อง แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มถึงจุดๆหนึ่ง (ขึ้นอยู่กับยางเทอร์โมพลาสติกนั้นๆ) ยางเทอร์โมพลาสติกก็จะอ่อนตัวและมีสมบัติเหมือนพลาสติก กล่าวคือสามารถไหลได้ง่ายจึงสามารถนำยางเทอร์โมพลาสติกไปขึ้นรูปโดยใช้เครื่องมือทั่วไปที่ใช้สำหรับขึ้นรูปพลาสติก เช่น เครื่องฉีด (Injection Moulding Machine) เครื่องเป่า (Blow Moulding machine) หรือเครื่องเอ็กทรูดเดอร์ (Extruder) เป็นต้น เมื่อยางเทอร์โมพลาสติกถูกทำให้เย็นลงภายหลังการขึ้นรูปยางเทอร์โมพลาสติกก็จะเปลี่ยนสภาพจากของเหลวที่ไหลได้ง่ายไปเป็นของแข็งที่มีสมบัติเหมือนยาง ซึ่งการเปลี่ยนสภาพดังกล่าวเกิดขึ้นได้โดยง่ายและสามารถ

ย้อนกลับได้ เศษยางเทอร์โมพลาสติก (Scrap) ที่เกิดจากกระบวนการผลิตก็สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้โดยนำไปบดเป็นชิ้นๆ แล้วจึงนำไปผสมกับยางเทอร์โมพลาสติกตั้งต้น (Virgin Material) เพื่อนำไปขึ้นรูปต่อไป

เนื่องจากยางเทอร์โมพลาสติกมีกระบวนการผลิตที่ง่ายกว่ายางทั่วไปและยังมีสมบัติที่ดีหลายประการอีกทั้งยังนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ทำให้ยางเทอร์โมพลาสติกเริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมยางปัจจุบัน จึงได้มีการนำยางเทอร์โมพลาสติกมาใช้แทนยางคงรูปในการใช้งานอย่างหลากหลาย

แต่เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้น ไม่สามารถผลิตได้ในประเทศ จะต้องนำเข้าและมีราคาสูงถึง กิโลกรัมละประมาณ 200 บาท ถ้าสามารถทำการวิจัยเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์จากการผสมยางธรรมชาติกับโพลิพรอพิลีนและโพลิเอทิลีนที่ผลิตได้ภายในประเทศนั้น จะเป็นการช่วยในการเพิ่มมูลค่าให้แก่ยางพารา ตลอดจนได้มีการพัฒนาวัตถุดิบจำพวกเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์จากวัตถุดิบที่ผลิตได้ภายในประเทศ อันจะเป็นการส่งผลดีต่อภาคอุตสาหกรรมที่ทำให้มีทางเลือกในการใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูก และลดการขาดดุลการค้าจากการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ

มีงานวิจัยที่ทำการศึกษเกี่ยวกับเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ที่ได้จากโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางและโพลิโอเลฟินในบางส่วนดังนี้

Ismail และคณะ [4] ทำการศึกษาศึกษาถึงการเติมเอ็กจากเกลบ ลงในโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติ (NR) และโพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) ทั้งที่มีการใช้ compatibilizer อันได้แก่ poly(propylene-ethylene acrylic acid) (PPEAA) และไม่มี ใช้ โดยทำการผสมใน internal mixer และมีการศึกษาสมบัติการทนแรงดึง ความแข็งแรง และการบวมตัวในตัวทำละลาย จากการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณของเอ็กเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่า tensile modulus และความแข็งแรงมีค่าสูงขึ้น แต่ค่า tensile strength, elongation at break และการบวมตัวในตัวทำละลายจะลดลง และเมื่อมีการใช้ PPEAA เป็น compatibilizer จะช่วยปรับปรุง สมบัติการทนแรงดึง ค่าความแข็งแรง และลดการบวมตัวในตัวทำละลายให้ลดลง

Ismail และ Suryadiansyah [5] ทำการศึกษาศึกษาสมบัติของเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ ที่ได้จากการผสมระหว่างโพลิพรอพิลีน(PP) กับยางธรรมชาติ(NR) และการผสมระหว่างโพลิพรอพิลีน(PP) กับยางรีไซเคิล(RR) ยางรีไซเคิลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นเศษยางธรรมชาติที่ผ่านการบดให้เป็นผง โพลิเมอร์ผสมถูกเตรียมโดยการผสมในเครื่อง Barbender ที่ อุณหภูมิ 190 °C โดยมีปริมาณของยางธรรมชาติในโพลิเมอร์ผสม 20, 30,40, 50 และ 60% โดยน้ำหนัก จากการทดลองพบว่าเมื่อปริมาณยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ ค่า tensile modulus และ tensile strength ของโพลิเมอร์ผสมลดลง และให้ค่า elongation at break ที่เพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบสมบัติระหว่างผสมระหว่าง PP/NR และPP/RR พบว่า โพลิเมอร์ผสมระหว่าง PP/RR ให้สมบัติเชิงกลที่ดีกว่า โพลิเมอร์ผสมระหว่าง PP/NR

Radhesh Kumar และคณะ [6] ทำการศึกษาศึกษาสมบัติของเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ที่ได้จากการผสมระหว่าง ยางผงจากการบดล้อรถยนต์ (GTR) : ยาง : โพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ในอัตราส่วน 25:25:50 โดย GTR ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีทั้ง ที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการ devulcanization และยางที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย ยางสไตรีนบิวทีไดอีน (SBR) ยางธรรมชาติ(NR) และ ยางเอทิลีน-โพรพิลีน-ไดอีน (EPDM) โดยจะทำการศึกษาศึกษาสมบัติของเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ที่ได้ทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการ dynamic vulcanization โดย จะมีการใช้ทั้งกำมะถันและ peroxide ในกระบวนการ dynamic vulcanization ในงานวิจัยนี้ จากการทดลองพบว่า ยาง GTR ที่ผ่านกระบวนการ devulcanization จะทำให้ เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ที่ได้มีสมบัติความเป็นอีลาสติกและการทนแรงดึงทั้งก่อนและหลังการบ่มด้วยความร้อน(heat aging) ที่ดีกว่าGTRที่ไม่ผ่านกระบวนการ devulcanization และการใช้ กำมะถัน ในกระบวนการ dynamic vulcanization จะให้สมบัติที่ดีกว่าการใช้ peroxide เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของเทอร์โมพลาสติกที่ได้จากการผสม

ยางชนิดต่างๆ พบว่า ยาง EPDM จะให้สมบัติที่ดีที่สุดเนื่องจากมีความเข้ากันได้กับ LDPE ตลอดจนเกิดพันธะเชื่อมขวางในบางส่วนกับโมเลกุลของ GTR ที่ผ่านกระบวนการ devulcanization

Bhowmicka และคณะ [7] ทำการศึกษาความคงทนต่อการเสื่อมสภาพจากแสงของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติและโพลิเอทิลีน โดยเปรียบเทียบระหว่างโพลิเมอร์ผสมที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการวัลคาไนซ์ โดยใช้ dicumyl peroxide พบว่าโพลิเมอร์ผสมที่ผ่านกระบวนการวัลคาไนซ์ โดยใช้ dicumyl peroxide จะมีความคงทนต่อการเสื่อมสภาพจากแสงได้ดีกว่า และการใช้สาร UV stabilizer จะช่วยเพิ่มความคงทนต่อการเสื่อมสภาพจากแสงของโพลิเมอร์ผสมให้ดียิ่งขึ้น

4. วิธีการ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงสมบัติของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับโพลิพรอพิลีน และยางธรรมชาติกับโพลิเอทิลีน โดยจะทำการทดลองเปรียบเทียบกับเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ตัวอย่าง ได้แก่ Uniprene Thermoplastic Vulcanizate 7100-55 จาก บริษัท Teknor Apex Co.,Ltd. ประเทศ สหรัฐอเมริกา

วัสดุที่ใช้ในการทำงานวิจัยนี้ได้แก่ ยางธรรมชาติ ชนิด STR 5 L จาก บริษัท ทองไทย เทคนิคอล รับเบอร์ จำกัด เม็ดพลาสติกโพลิเอทิลีน ชนิด HDPE R 1760 จากบริษัท ทีพีโอ โพลีน จำกัด (มหาชน) เม็ดพลาสติกโพลิพรอพิลีน ชนิด 2500H (PP2500H) และ 3200H (PP3200H) จากบริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) และใช้ มาลิกแอนไฮไดรด์ (Maleic Anhydride: MA) ในการเป็นสารช่วยให้เกิดความเข้ากัน (compatibilizer) ระหว่างยางธรรมชาติและพลาสติกโพลิโอลิฟิน

กระบวนการผสมยางธรรมชาติและพลาสติกโพลิโอลิฟิน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการผสมยางธรรมชาติและพลาสติกโพลิโอลิฟิน โดยกระบวนการ melt blend โดยใช้เครื่องผสมสองลูกกลิ้ง (Two roll mill) ที่อุณหภูมิ 180°C จนยางธรรมชาติกับพลาสติกโพลิโอลิฟินสามารถเข้ากันได้ดี แล้วนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป (Compression molding) ที่อุณหภูมิ 180°C โดยใช้เวลาในกระบวนการต่างๆดังนี้ Preheating ใช้เวลาประมาณ 2 นาที Compressing ใช้เวลาประมาณ 2 นาที Cooling ใช้เวลาประมาณ 4 นาที

ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราส่วนระหว่างยางธรรมชาติ พลาสติกโพลิโอลิฟิน และสารที่ช่วยในการเข้ากันที่ใช้ในงานวิจัยนี้ทั้งหมด

ตารางที่ 4.1 อัตราส่วนระหว่างยางธรรมชาติ พลาสติกโพลีโอเลฟิน และสารที่ช่วยในการเข้ากัน

สูตรที่	ปริมาณองค์ประกอบ(%wt)				
	NR STR5L	HDPE R1760	PP2500H	PP3200H	MA
1	60	40	-	-	0
2	60	40	-	-	0.25
3	60	40	-	-	0.50
4	60	40	-	-	0.75
5	60	40	-	-	1.0
6	60	40	-	-	1.25
7	70	30	-	-	0
8	70	30	-	-	0.25
9	70	30	-	-	0.50
10	70	30	-	-	0.75
11	70	30	-	-	1.0
12	70	30	-	-	1.25
13	65	-	35	-	0
14	65	-	35	-	0.25
15	65	-	35	-	0.50
16	65	-	35	-	0.75
17	65	-	35	-	1.0
18	65	-	35	-	1.25
19	65	35	-	-	0
20	65	35	-	-	0.25
21	65	35	-	-	0.50
22	65	35	-	-	0.75
23	65	35	-	-	1.0
24	65	35	-	-	1.25

ตารางที่ 4.1 อัตราส่วนระหว่างยางธรรมชาติ พลาสติกโพลีเอทิลีน และสารที่ช่วยในการเข้ากัน (ต่อ)

สูตรที่	ปริมาณองค์ประกอบ(%W/W)				
	NR STR5L	HDPE R1760	PP2500H	PP3200H	MA
25	70	-	30	-	0
26	70	-	30	-	0.25
27	70	-	30	-	0.50
28	70	-	30	-	0.75
29	70	-	30	-	1.0
30	70	-	30	-	1.25
31	70	-	-	30	0
32	70	-	-	30	0.25
33	70	-	-	30	0.50
34	70	-	-	30	0.75
35	70	-	-	30	1.0
36	70	-	-	30	1.25

การศึกษาสมบัติของโพลิเมอร์ผสมที่ได้จากการผสมยางธรรมชาติกับโพลิพรอพิลีนและโพลิเอทิลีน

ในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาสมบัติต่างๆของโพลิเมอร์ผสมโดยสมบัติที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ตัวอย่าง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ ได้แก่ Uniprene Thermoplastic Vulcanizate 7100-55 จาก บริษัท Teknor Apex Co.,Ltd. ประเทศ สหรัฐอเมริกา สมบัติที่ทำการทดสอบได้แก่

- ความหนาแน่น (Density: ρ)

วัดโดยใช้เครื่องชั่งที่มีอุปกรณ์เสริมสำหรับวัดค่าความหนาแน่น (ตามมาตรฐาน BS 903: Part A1, Method A) นำชิ้นตัวอย่างประมาณ 1 กรัมไปชั่งน้ำหนักในอากาศและในของเหลวที่ทราบความหนาแน่นที่แน่นอน เช่น น้ำกลั่น ($\rho = 1.00 \text{ g/cm}^3$) หรือ ไอโซโพรพานอล ($\rho = 0.786 \text{ g/cm}^3$) จากนั้นก็คำนวณค่าความหนาแน่นของชิ้นตัวอย่างได้จากสมการ

$$\rho_t = \frac{W_1}{W_1 - W_2} \times \rho_l$$

เมื่อ ρ_t คือความหนาแน่นของชิ้นตัวอย่าง (g/cm^3)
 W_1 คือน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างที่ชั่งในอากาศ (g)
 W_2 คือน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างที่ชั่งในของเหลว (g)
 ρ_l คือความหนาแน่นของของเหลว ณ อุณหภูมิที่ทำการวัด (g/cm^3)

- ดัชนีการไหล (Melt Flow Index: MFI)

ทำการทดลองโดยใช้โพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติและพลาสติกโพลิโอฟีน ในปริมาณ 8 กรัม ใส่ลงใน Barrel ที่อุณหภูมิ 180°C อัดให้โพลิเมอร์หลอมเหลวไหลผ่านหัวตายโดยใช้น้ำหนักกด 6.526 กิโลกรัม ทำการจับเวลาที่ใช้ในการกดให้โพลิเมอร์หลอมเหลวไหลถึงปริมาณที่กำหนด เก็บตัวอย่างโพลิเมอร์หลอมเหลวที่ไหลผ่านหัวตาย ทั้งให้ชิ้นงานตัวอย่างมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนัก และคำนวณค่าดัชนีการไหล จากสมการ

$$MFI = \frac{600(\text{วินาที}) \times \text{น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)}}{\text{เวลาที่ใช้(วินาที)}}$$

- การทดสอบค่าความแข็งบริเวณผิว(Shore Hardness)(ASTM 2240)
- การทดสอบสมบัติการทนต่อแรงดึง (Tensile properties) เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D 412
- ศึกษาสัณฐานวิทยา (Morphology) ของโพลิเมอร์ผสม โดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM)

5. ผลการวิจัย

5.1 ความหนาแน่น (Density)

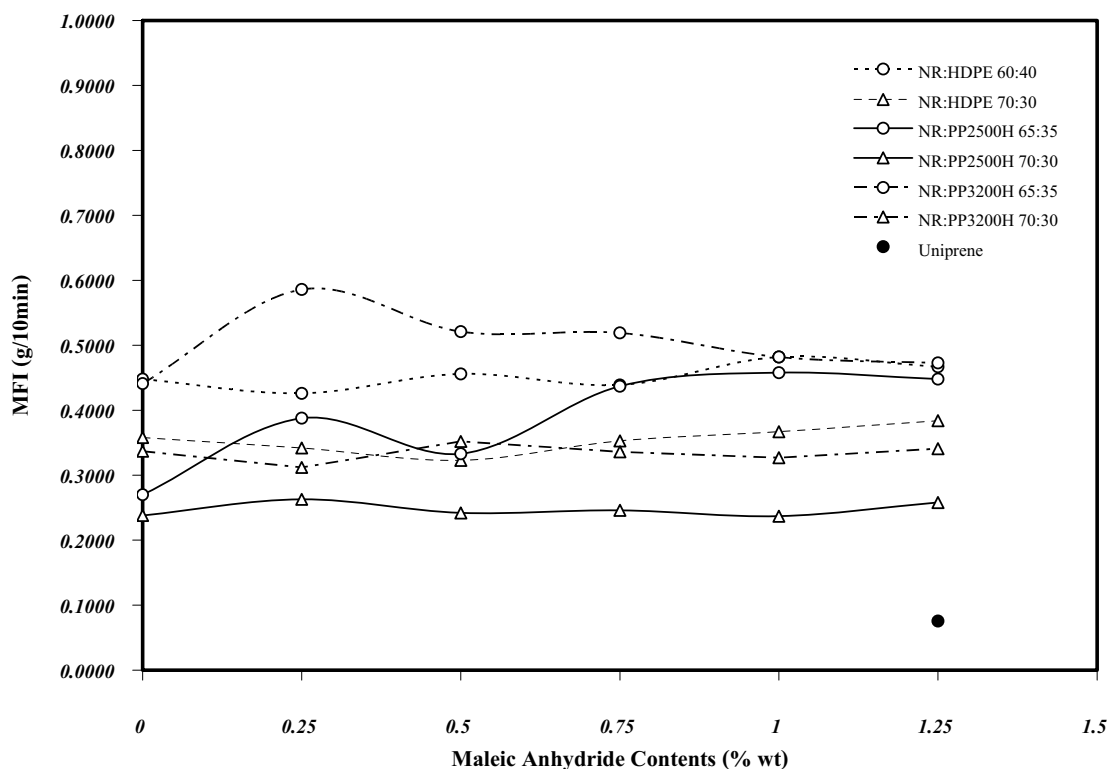
ตารางที่ 5.1 แสดงค่าความหนาแน่นของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติและโพลิโอฟีน

ปริมาณ MA (%wt)	ความหนาแน่น (g/cm ³)					
	NR: HDPE	NR: HDPE	NR:PP2500H	NR:PP2500H	NR:PP3200H	NR:PP3200H
	60:40	70:30	65:35	70:30	65:35	70:30
0	0.9181	0.9182	0.9003	0.9014	0.9014	0.9058
0.25	0.9201	0.9003	0.9002	0.9043	0.9043	0.9038
0.50	0.9151	0.9063	0.9008	0.9017	0.9017	0.9022
0.75	0.9269	0.9014	0.9009	0.9025	0.9025	0.9009
1.00	0.9180	0.9058	0.9014	0.9024	0.9024	0.9024
1.25	0.9170	0.9185	0.9019	0.9011	0.9011	0.9016

จากตารางที่ 5.1 แสดงค่าความหนาแน่นของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติและโพลิโอฟีน ซึ่งพบว่าความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่ผสมกับ HDPE จะมีค่าสูงกว่า ความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่ผสมกับ PP ทั้งนี้เนื่องจาก HDPE ที่ใช้ในการทดลองนี้มีค่าความหนาแน่น 0.957 g/cm³ ความหนาแน่นของ PP2500H มีค่าเท่ากับ 0.9044 g/cm³ และความหนาแน่นของ PP3200H มีค่าเท่ากับ 0.9072 g/cm³ และความหนาแน่นของยางธรรมชาติมีค่าเท่ากับ 0.9138 g/cm³ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันเพราะฉะนั้นเมื่อทำการผสมกันแล้วความหนาแน่นของโพลิเมอร์ผสมจึงไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ความหนาแน่นของโพลิเมอร์ผสมนั้นมีค่าต่ำกว่า เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์อยู่มาก โดยเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์

Uniprene มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.2488 g/cm^3 จากผลการทดลองพบว่าปริมาณ MA ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นของโพลิเมอร์ผสม

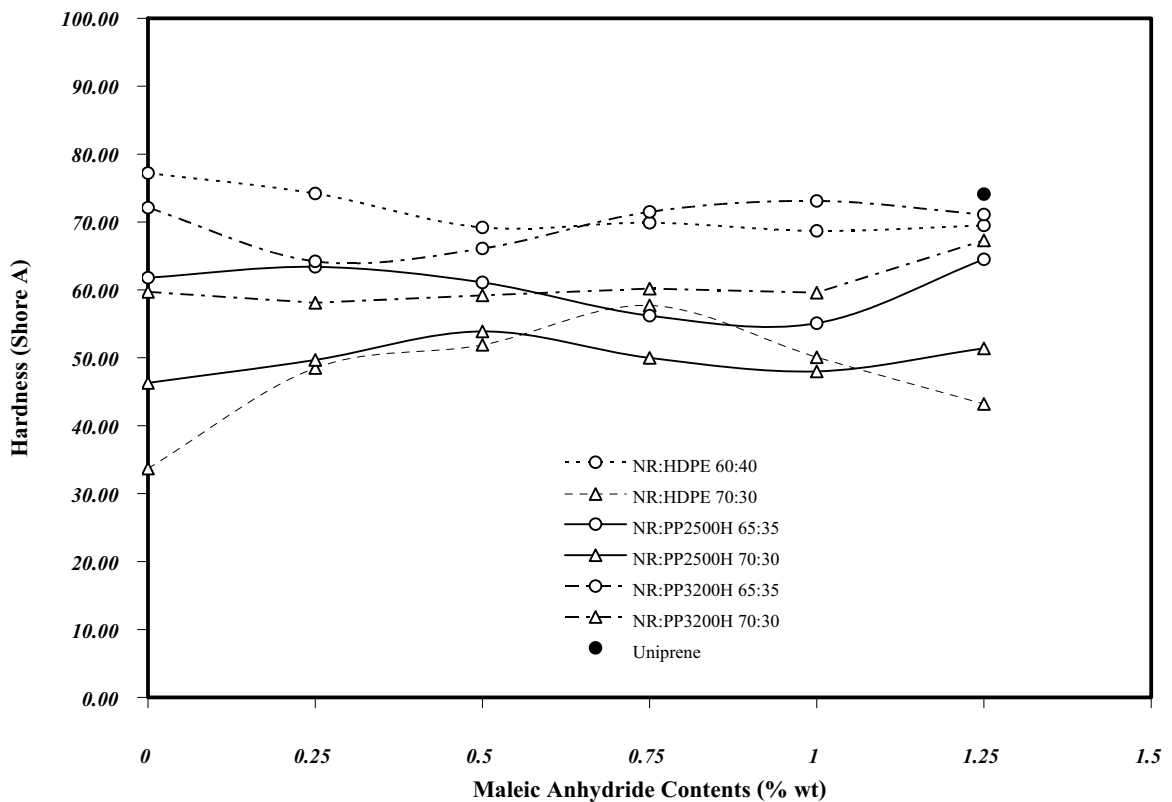
5.2 ค่าดัชนีการไหล (Melt Flow Index)



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงค่าดัชนีการไหล (Melt Flow Index: MFI) ของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับโพลิโอฟีน

จากผลการทดลองในรูปที่ 5.1 พบว่าเมื่อปริมาณของยางธรรมชาติในโพลิเมอร์ผสมเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้โพลิเมอร์ผสมมีค่าดัชนีการไหลที่ลดลง เนื่องจากยางธรรมชาติเป็นโพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เมื่อปรากฏอยู่ในระบบของโพลิเมอร์ผสมมากขึ้นจะส่งผลให้โพลิเมอร์ผสมไหลได้ยากมากขึ้น มีความหนืดสูงขึ้น ค่าดัชนีการไหลจึงลดลง และเมื่อเติม compatibilizer อื่นได้แก่ MA ลงไปนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีการไหลของโพลิเมอร์ผสม

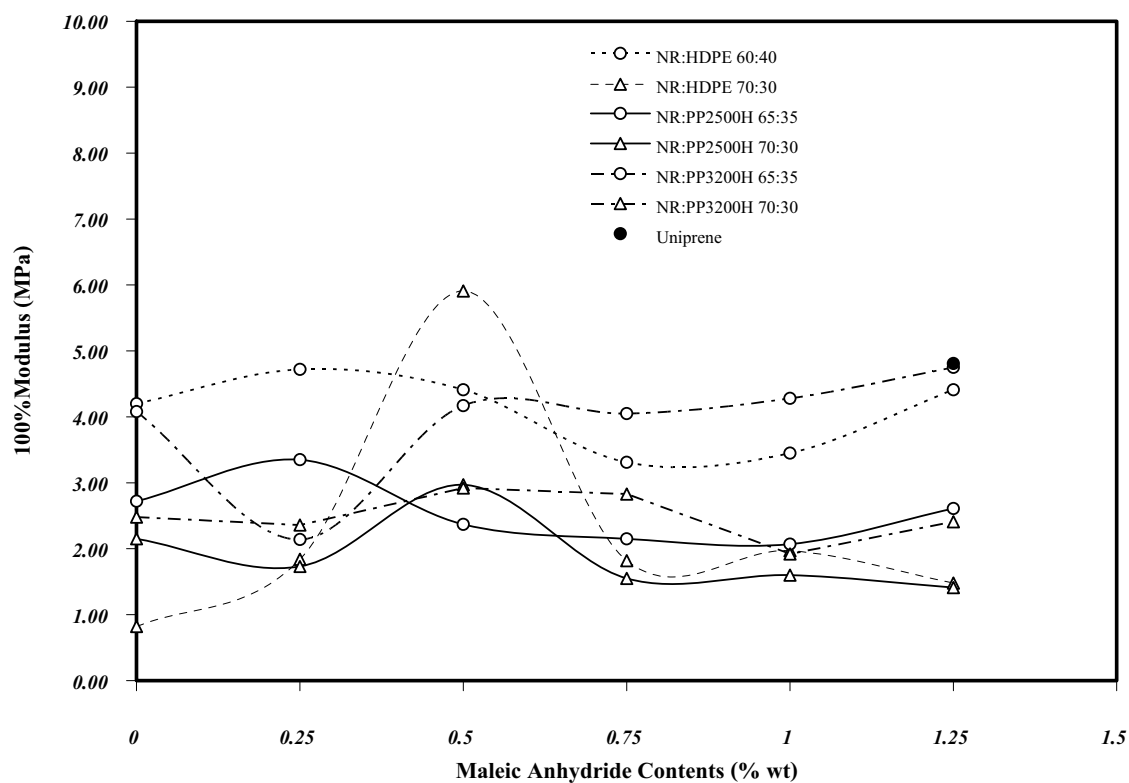
5.3 ค่าความแข็ง (Hardness)



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงค่าความแข็ง(Hardness) ของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับโพลิโอเลฟิน

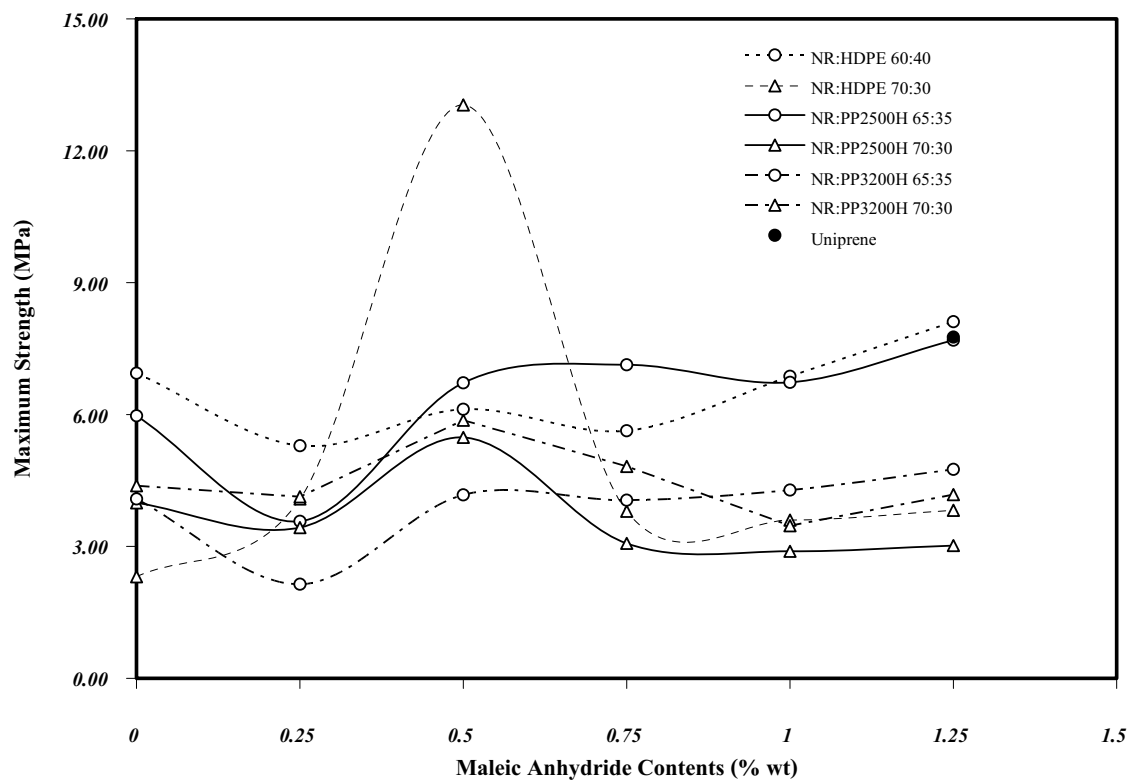
จากผลการทดลองในรูปที่ 5.2 พบว่าค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณยางธรรมชาติมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโดยปกติยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่มีความแข็งต่ำกว่าพลาสติกในกลุ่มของโพลิโอเลฟิน เมื่อปริมาณยางธรรมชาติในระบบโพลิเมอร์ผสมมีค่าสูงขึ้น จึงส่งผลให้ค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ HDPE PP2500 H และ PP3200H พบว่าโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ HDPE ในอัตราส่วน 60:40 จะมีค่าความแข็งใกล้เคียงกับโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ PP3200H ในอัตราส่วน 65:35 และโพลิเมอร์ผสมทั้งสองชนิดจะให้ค่าความแข็งใกล้เคียงกับ Uniprene ในขณะที่โพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ PP2500H จะมีค่าความแข็งที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับแข็งของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ HDPE และ PP3200H และจากผลการทดลองพบว่าการเติม MA ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมเพียงเล็กน้อย

5.4 ความทนต่อแรงดึง (Tensile Properties)



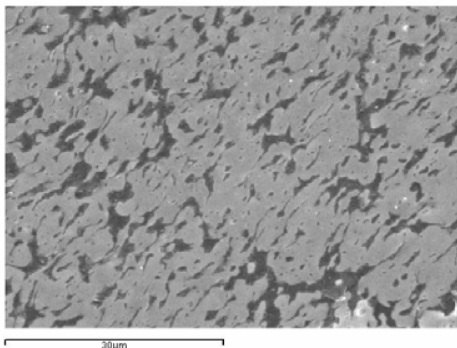
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงค่าโมดูลัส (Modulus) ของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับโพลิโอเลฟิน

จากผลการทดลองในรูปที่ 5.3 พบว่าเมื่อปริมาณของยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่า 100%Modulus ของ โพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติและโพลิโอเลฟิน มีค่าลดลงทั้งนี้เนื่องมาจากยางธรรมชาติเป็นวัสดุ มีค่า Modulus ต่ำกว่าทั้งโพลิเอทิลีนและโพลิโพรพิลีน ดังนั้นเมื่อปริมาณยางธรรมชาติในระบบของโพลิเมอร์ผสมเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้ค่า Modulus ของโพลิเมอร์ผสมลดลง

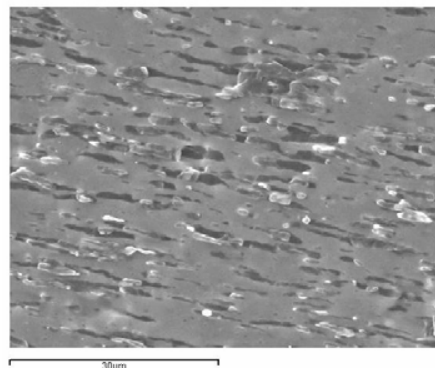


รูปที่ 5.4 กราฟแสดงค่าการทนทานต่อแรงดึงสูงสุด (Maximum strength) ของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับโพลิโอเลฟิน

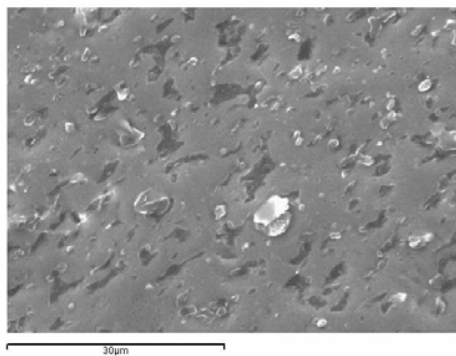
จากผลการทดลองในรูปที่ 5.4 พบว่าเมื่อปริมาณของยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่า maximum tensile strength ของ โพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติและโพลิโอเลฟิน มีแนวโน้มมีค่าลดลง เมื่อมีการเติม compatibilizer อันได้แก่ MA ลงไปในปริมาณ 5%wt มีแนวโน้มทำให้ค่า maximum tensile strength ของ โพลิเมอร์ผสมมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย เนื่องจาก ผลจากการเติมMA ลงไปจะช่วยให้ PE และPP กระจายตัวในยางธรรมชาติได้ดีขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5.5 และ 5.6



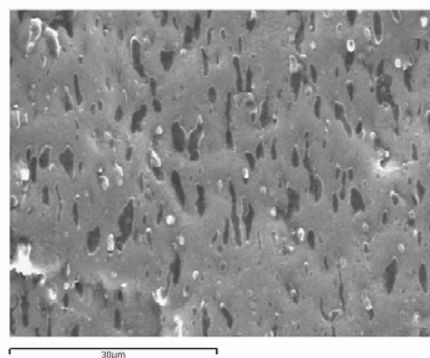
ก)



ข)



ค)



ง)

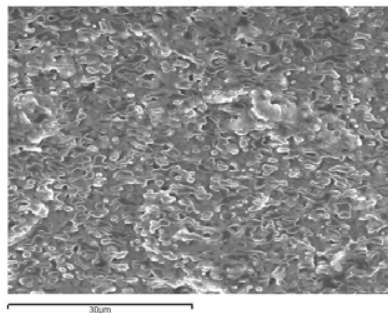
รูปที่ 5.5 สัณฐานวิทยาของยางธรรมชาติผสมกับโพลีเอทธิลีนโดยมีการเติมสาร Maleic Anhydride ที่ทำการศึกษาโดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM) กำลังขยาย 2,000 เท่า

ก) (NR : HDPE : Maleic Anhydride) ในอัตราส่วน (60 : 40 : 0.75)

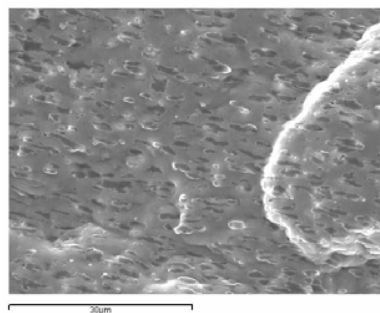
ข) (NR : HDPE : Maleic Anhydride) ในอัตราส่วน (60 : 40 : 1.25)

ค) (NR : HDPE : Maleic Anhydride) ในอัตราส่วน (70 : 30 : 0.75)

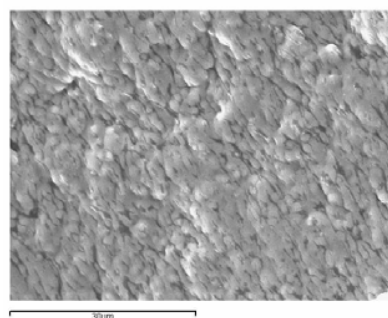
ง) (NR : HDPE : Maleic Anhydride) ในอัตราส่วน (70 : 30 : 1.25)



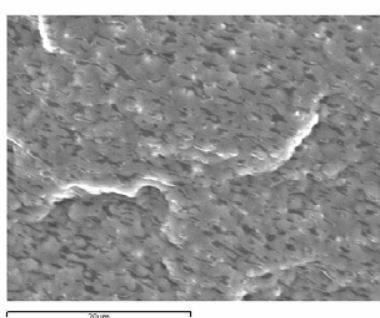
ก)



ข)



ค)



ง)

รูปที่ 5.6 ลักษณะวิทยาของยางธรรมชาติผสมกับโพลีพรอพิลีนโดยมีการเติมสาร Maleic Anhydride ที่ทำการศึกษาโดยใช้

Scanning Electron Microscope (SEM) กำลังขยาย 2,000 เท่า

- ก) (NR : PP3200H : Maleic Anhydride) ในอัตราส่วน (65 : 35 : 0.5)
- ข) (NR : PP3200H : Maleic Anhydride) ในอัตราส่วน (65 : 35 : 0.75)
- ค) (NR : PP3200H : Maleic Anhydride) ในอัตราส่วน (65 : 35 : 1.0)
- ง) (NR : PP3200H : Maleic Anhydride) ในอัตราส่วน (65 : 35 : 1.25)

6. วิจัยผล

จากผลการทดลองในโครงการวิจัยนี้พบว่าพบว่าความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่ผสมกับ HDPE จะมีค่าสูงกว่าความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่ผสมกับ PP ทั้งนี้เนื่องจาก HDPE ที่ใช้ในการทดลองนี้มีค่าความหนาแน่น 0.957 g/cm^3 ความหนาแน่นของ PP2500H มีค่าเท่ากับ 0.9044 g/cm^3 และความหนาแน่นของ PP3200H มีค่าเท่ากับ 0.9072 g/cm^3 และความหนาแน่นของยางธรรมชาติมีค่าเท่ากับ 0.9138 g/cm^3 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันเพราะฉะนั้นเมื่อทำการผสมกันแล้วความหนาแน่นของโพลิเมอร์ผสมจึงไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ความหนาแน่นของโพลิเมอร์ผสมนั้นมีค่าต่ำกว่า เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ตัวอย่าง(Uniprene) อยู่มาก โดยเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ Uniprene มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.2488 g/cm^3 จากผลการทดลองพบว่าปริมาณของ compatibilizer อันได้แก่ MA ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นของโพลิเมอร์ผสม

ในการศึกษาค่าดัชนีการไหลของโพลิเมอร์ผสมนั้น จากผลการทดลองพบว่าพบว่าเมื่อปริมาณของยางธรรมชาติในโพลิเมอร์ผสมเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้โพลิเมอร์ผสมมีค่าดัชนีการไหลที่ลดลง เนื่องจากยางธรรมชาติเป็นโพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เมื่อปรากฏอยู่ในระบบของโพลิเมอร์ผสมมากขึ้นจะส่งผลให้โพลิเมอร์ผสมไหลได้ยากมากขึ้น มีความหนืดสูงขึ้น ค่าดัชนีการไหลจึงลดลง และเมื่อเติม compatibilizer อันได้แก่ MA ลงไปนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีการไหลของโพลิเมอร์ผสม

ค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณยางธรรมชาติมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโดยปกติยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่มีความแข็งต่ำกว่าพลาสติกในกลุ่มของโพลิโอเลฟิน เมื่อปริมาณยางธรรมชาติในระบบโพลิเมอร์ผสมมีค่าสูงขึ้น จึงส่งผลให้ค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ HDPE PP2500 H และ PP3200H พบว่าโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ HDPE ในอัตราส่วน 60:40 จะมีค่าความแข็งใกล้เคียงกับโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ PP3200H ในอัตราส่วน 65:35 และโพลิเมอร์ผสมทั้งสองชนิดจะให้ค่าความแข็งใกล้เคียงกับ Uniprene ในขณะที่โพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ PP2500H จะมีค่าความแข็งที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับแข็งของโพลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับ HDPE และ PP3200H และจากผลการทดลองพบว่าการเติม MA ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมเพียงเล็กน้อย

ในการศึกษาสมบัติการทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสมพบว่า เมื่อปริมาณยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ค่า Modulus และ Maximum tensile strength ของโพลิเมอร์ผสมมีค่าลดลง และเมื่อมีการเติม MA ซึ่งเป็น compatibilizer ในปริมาณ 5%wt ลงไปในโพลิเมอร์ผสมพบว่าจะทำให้มีค่า Maximum tensile strength เพิ่มขึ้น เนื่องจาก MA ช่วยในการทำใหทั้ง PE และ PP กระจากตัวในยางธรรมชาติได้ดียิ่งขึ้นดังแสดงในผลของการศึกษาสัณฐานวิทยาของโพลิเมอร์ผสมโดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM)

7. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า

- ความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่ผสมกับ HDPE จะมีค่าสูงกว่า ความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่ผสมกับ PP
- เมื่อปริมาณของยางธรรมชาติในโพลิเมอร์ผสมเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้โพลิเมอร์ผสมมีค่าดัชนีการไหลที่ลดลง
- ค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณยางธรรมชาติมีค่าสูงขึ้น
- เมื่อปริมาณยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ค่า Modulus และ Maximum tensile strength ของโพลิเมอร์ผสมมีค่าลดลง

- เมื่อมีการเติม MA ซึ่งเป็น compatibilizer ในปริมาณ 5%wt ลงไปในโพลิเมอร์ผสมพบว่าจะทำให้มีค่า Maximum tensile strength เพิ่มขึ้น เนื่องจาก MA ช่วยในการทำให้ทั้ง PE และ PP กระจากตัวในยางธรรมชาติได้ดียิ่งขึ้น ดังแสดงในผลของการศึกษาสัณฐานวิทยาของโพลิเมอร์ผสมโดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM)
- อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผสมยางธรรมชาติกับโพลิเอทิลีน คืออัตราส่วนของ (NR : HDPE) 60 : 40 จะให้ค่า Hardness , Melt Flow Index, 100% Modulus, Tensile strength, มีค่าใกล้เคียงกับของเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ตัวอย่าง(Uniprene)มากที่สุด
- การผสมยางธรรมชาติกับโพลิพรอพิลีน โดยใช้โพลิพรอพิลีน 2 เกรด คือ PP 2500H และ PP 3200H พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือใช้ โพลิพรอพิลีนเกรด PP 3200H ผสมที่อัตราส่วนของ (NR : PP 3200H) 65 : 35 จะให้ค่าผสมที่ดีที่สุด เนื่องมาจากค่า เมื่อใช้ MA 0.5% จะ ให้ค่า Tensile strength, 100% Modulus มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับของเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ตัวอย่าง(Uniprene)มากที่สุด

8. ข้อเสนอแนะ

การนำยางธรรมชาติมาผสมกับโพลิเมอร์สังเคราะห์นั้นเพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมจะส่งผลดี คือสามารถลดการนำเข้าวัสดุเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์จากต่างประเทศ อีกทั้งสามารถนำพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับยางธรรมชาติได้ อีกทางหนึ่ง จึงน่าจะมีโอกาสที่จะศึกษาและพัฒนาเพื่อนำไปสู่การใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมต่อไป

9. เอกสารอ้างอิง

1. [http://www.thailandrubber.thigov.net/knowledge 1m.html](http://www.thailandrubber.thigov.net/knowledge%201m.html) (2003) , สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง
2. [http://www.bot.or.th/BOTHomepage/DataBank/Real Sector/agriculture/](http://www.bot.or.th/BOTHomepage/DataBank/Real%20Sector/agriculture/) (2003) ,ธนาคารแห่งประเทศไทย
3. สุธีระ ประเสริฐสรรพ (2547) แนวทางการพัฒนายางให้เป็นเครื่องจักรเศรษฐกิจของประเทศ- ประชาคมวิจัย, 54 (เดือน มีนาคม-เมษายน 2547): 3-7
4. Ismail H., Nizam J.M. and Abdul Khalil H.P.S. (2001), The Effect of a Compatibilizer on the Mechanical Properties and Mass Swell of White Rice Husk Ash Filled Natural Rubber/Linear Low Density Polyethylene Blends, Polymer Testing, Vol. 20, pp. 125-133.
5. Ismail H. and Suryadiansyah (2001), Thermoplastic Elastomers Based on Polypropylene/Natural Rubber and Polypropylene/Recycle Rubber Blends, Polymer Testing, Vol. 21, pp. 389-395.
6. Radhesh Kumar C., Fuhrmann I. and Karger-Kocsis J. (2001), LDPE-Based Thermoplastic Elastomers Containing Ground Tire Rubber with and without Dynamic Curing, Polymer Degradation and Stability, Vol. 76, pp. 137-144.
7. Bhowmicka A.K, Heslop J. and White J.R. (2001), Effect of Stabilizers in Photodegradation of Thermoplastic Elastomeric Rubber–Polyethylene Blends—a Preliminary Study, Polymer Degradation and Stability, Vol. 74, pp. 513-521.

10. ภาคผนวก

ตอบข้อซักถามของผู้ทรงคุณวุฒิ

1. ใช้ compatibilizer ชนิดใดบ้าง และแปรปรमाणอย่างไร

ตอบ ใช้ Maleic Anhydride(MA) เป็น compatibilizer โดยใช้ 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 % โดยน้ำหนักของโพลิเมอร์ผสม

2. NR/PE blend แล้วนำไปขึ้นรูปได้โดยไม่มีการ compounding กับสารอื่นๆได้อย่างไร นักวิจัยต้องรายงานรายละเอียดสูตร compounding ที่ใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง vulcanizing system ที่ใช้

ตอบ ในงานวิจัยนี้ไม่มีการนำเอาโพลิเมอร์ผสมไป compounding กับ vulcanizing agent เนื่องจากใช้อุณหภูมิในการผสมยางธรรมชาติกับโพลิโอเลฟินที่ 180 °C เพื่อให้โพลิโอเลฟินเกิดการหลอมเหลวสามารถผสมกับยางธรรมชาติได้ และที่อุณหภูมิดังกล่าวเมื่อเติม vulcanizing agent ลงไปเพื่อทำการ compounding จะทำให้เกิดการ scorch เกิดขึ้นไม่สามารถนำไปสู่กระบวนการขึ้นรูปอื่นๆต่อไปได้

3. ไม่มีผลการรายงานว่าทดสอบ unvulcanized compound อะไรบ้าง

ตอบ ผลการทดลองทั้งหมดในรายงานนี้เป็นผลการทดสอบสมบัติของ unvulcanized compound

4. ในวิธีการวิจัย ระบุ ทดสอบ tensile strength แต่การรายงานผลระบุ maximum strength ขอให้ตรวจสอบความถูกต้อง

ตอบ ผลการทดลองที่รายงานค่า maximum strength เป็นค่าการทนต่อแรงดึงสูงสุด (maximum tensile strength)