1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

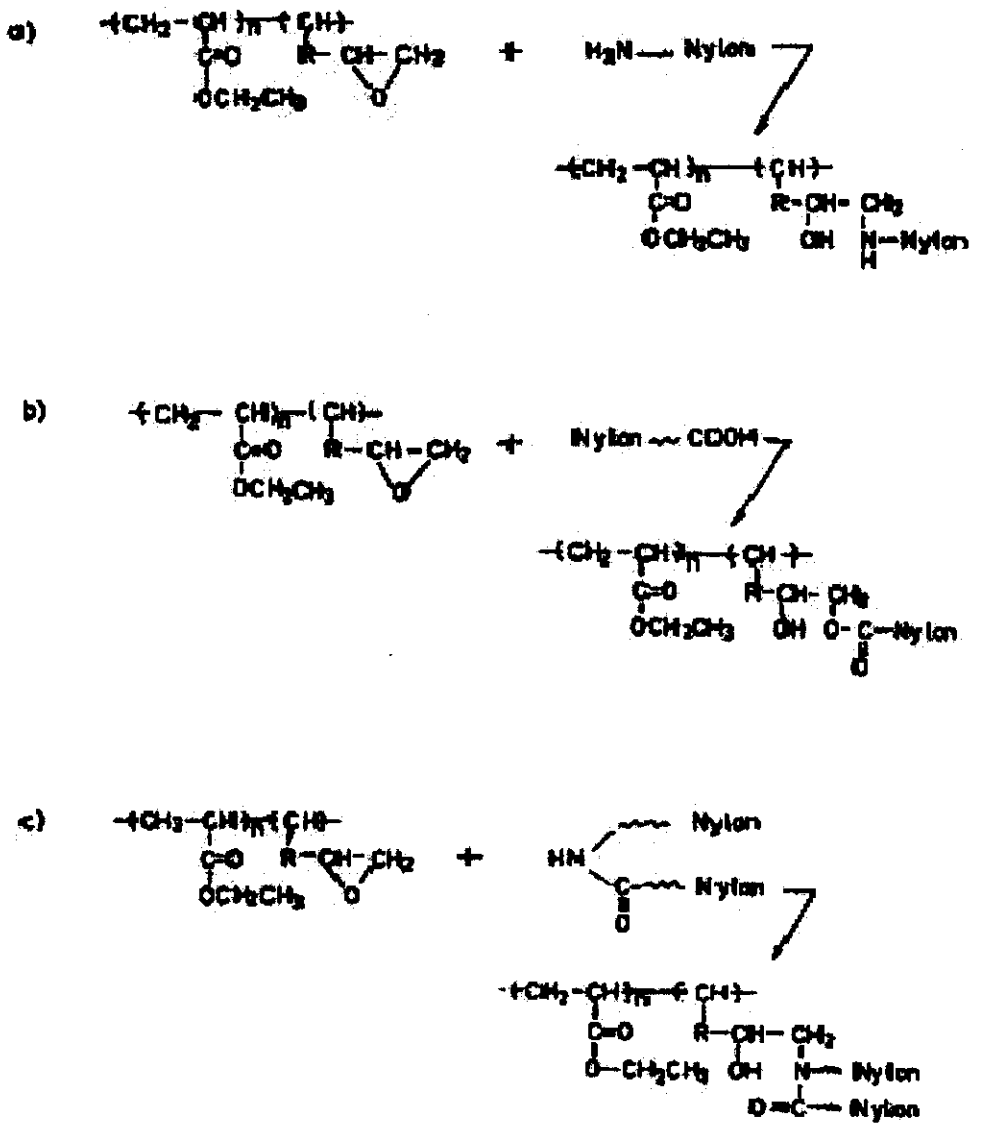
ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่ทำรายได้เข้าประเทศปีละกว่าแสนล้านบาท โดยปริมาณยางที่ส่งออกอยู่ในรูปยางดิบ คือ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง และ น้ำยางข้น เป็นที่ทราบกันดีว่าแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับยางพาราที่อยู่ในรูปยางดิบ คือ การทำเป็นผลิตภัณฑ์ยาง และ การทำเป็นวัสดุชนิดใหม่หรือวัสดุทดแทน การใช้ยางธรรมชาติเป็นวัตถุดิบร่วมสำหรับนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เป็นโจทย์วิจัยหนึ่งของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ปัจจุบันนี้มีการใช้เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์กันอย่างแพร่หลาย เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ทางการค้าที่ได้จากการผสมยางและพลาสติกนั้น นิยมใช้ยางสังเคราะห์ ถึงแม้ว่างานวิจัยภายในประเทศไทยจะมีการใช้ยางธรรมชาติกับพลาสติก แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่ใช้ยางธรรมชาติอิพ็อกซิไดซ์ผสมกับไนลอน 6 นอกจากนี้งานวิจัยระดับนานาชาติที่ใช้พอลิเมอร์คู่นี้ยังไม่ปรากฏในการรายงานหรือสิทธิบัตร ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงเป็นการทดลองขั้นพื้นฐานที่มุ่งเน้นการนำยางธรรมชาติอิพ็อกซิไดซ์ทางการค้า ทำเป็นเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ โดยการผสมกับพอลิเอมิด 6 (ไนลอน 6) ปรับปรุงหาสูตรที่เหมาะสม และศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลต่อสมบัติเชิงกล เพื่อนำไปสู่งานวิจัยระดับลุ่มลึกและการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

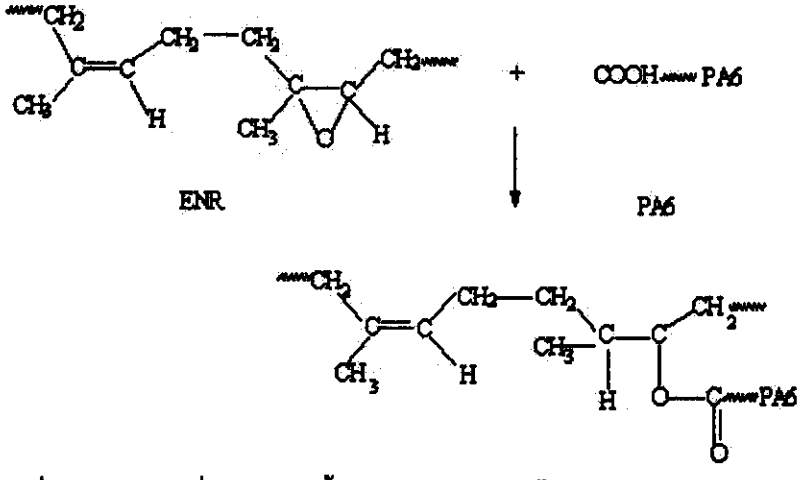
เพื่อศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมต่อการเตรียมเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ และตรวจสอบสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพอื่นๆ

1.3 ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอไมด์ 6 (polyamide 6 (PA6)) หรือไนลอน 6 (nylon 6) และยางธรรมชาติอิพ็อกซิไดซ์ (epoxidized natural rubber, ENR) น่าจะสามารถพัฒนาเป็นเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ (Thermoplastic elastomer, TPE) ซึ่งมีสมบัติเด่น คือ เป็นพอลิเมอร์ผสมที่มีสมบัติเหมือนยาง แปรรูปได้ง่ายและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เช่นเดียวกับพลาสติก พอลิเมอร์ทั้งสองชนิดนี้ต่างก็มีหมู่ฟังก์ชันนัล (functional group) และแสดงลักษณะการมีขั้ว (polarity) ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาต่อกันในระหว่างการผสม คาดว่าพอลิเมอร์ผสมที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นพอลิเมอร์ผสมที่สามารถเข้ากันได้ดี (compatible blend) Jha และ Bhowmick เสนอว่าไนลอน 6 และยางอะคริเลท (Acrylate rubber) ที่มีหมู่อีพ็อกซี จะเกิดปฏิกิริยาต่อกันระหว่างการผสมแบบหลอมเหลว ที่ 230°C ดังแสดงในรูปที่ 1.1 Xie และคณะ ศึกษาพอลิเมอร์ผสมระหว่างไนลอน 6 กับพอลิโอเลฟนส์ (polyolefin) โดยใช้ ENR เป็น compatibilizer พบว่า หมู่คาร์บอกซิลของไนลอน 6 เกิดปฏิกิริยากับหมู่อิพ็อกไซด์ของ ENR และเกิดเป็นหมู่เอสเทอร์ ดังปฏิกิริยาที่แสดงในรูปที่ 1.2 เมื่อพิจารณาต้นทุนของ TPE ชนิดนี้ จะมีราคาประมาณกิโลกรัมละ 160 บาท ในกรณีที่ใช้ส่วนผสมของพอลิเมอร์อย่างละ 50% โดยที่ไนลอน 6 และ ENR มีราคากิโลกรัมละ 150 บาท และ 145 บาท ตามลำดับ ส่วนสารเคมีที่ใช้ได้แก่ dycumul peroxide, stearic acid และ ZnO เป็นเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีราคาไม่แพงและใช้ปริมาณเล็กน้อย เช่น dycumul peroxide 1 phr, stearic acid 2 phr และ ZnO 5 phr เป้าหมายของผลิตภัณฑ์ที่คาดว่าน่าจะใช้เป็นต้นแบบนั้นขึ้นอยู่กับความแข็ง (hardness) และ tensile properties ของ TPE ที่เตรียมได้ ซึ่งอาจจะเป็นชิ้นส่วนยานยนต์ หรือสินค้าทั่วไป (general goods) เช่น ที่รองกันลื่น หรือส่วนที่จับของปากกา เป็นต้น



รูปที่ 1.1 กลไกความเป็นไปได้ในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไนลอน 6 และหมู่อีพอกไซด์ ที่อุณหภูมิ 230°C (Jha และ Bhowmick)



รูปที่ 1.2 ปฏิกิริยาที่คาดว่าเกิดขึ้นระหว่าง ENR และไนลอน 6 (Xie และคณะ)

ถึงแม้ว่าจะมีงานวิจัยภายในประเทศที่ใกล้เคียงกับโครงการวิจัยนี้ คือการสังเคราะห์เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์จากการผสมยางธรรมชาติและไนลอน 6 แต่งานวิจัยนั้นมีความแตกต่างจากโครงการวิจัยนี้ ทั้งในด้านยางและการเชื่อมโยงโมเลกุล เนื่องจากงานวิจัยที่กล่าวถึงยังไม่ได้เผยแพร่ยังสาธารณชน จึงยังไม่ขอกล่าวถึงแหล่งที่ทำการวิจัย ต่อไปนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jha และ Bhowmick (1998) ศึกษาสมบัติด้านการสลายตัวทางความร้อนและพฤติกรรมการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ระหว่างไนลอน 6 กับยางอะคริเลท ผสมในอัตราส่วน 40/60 และใช้ hexamethylene diamine carbanate เป็นสารวัลคาไนซ์ โดยทำการวัลคาไนซ์แบบไดนามิกส์ในเครื่องผสมแบบปิด อุณหภูมิผสม 220 ^{o}C ความเร็วโรเตอร์ 40 rpm ผลที่ได้ คือ เมื่อศึกษาการสลายตัวทางความร้อน พบว่า พอลิเมอร์ผสมนี้มีอุณหภูมิการสลายตัวทางความร้อนสูงกว่าไนลอน 6 ซึ่งบ่งชี้ถึงการเกิดปฏิกิริยาที่แข็งแรงระหว่างพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดที่อุณหภูมิสูง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเกิดการแลกเปลี่ยนพันธะขึ้นระหว่างเอสเทอร์ และเอไมด์ สมบัติเชิงกลพอลิเมอร์ผสมไม่ลดลงเมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วง 150 ถึง 200^{o}C

Olivier และ Errol (US 5003003) กล่าวถึงการผสมกันของไนลอนและอิลาสโตเมอร์ ได้เป็นพอลิเอไมด์เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ ส่วนผสมประกอบด้วยยาง EPDM 30 - 90 % และไนลอน 10 - 70 % และใช้สารช่วยในการเชื่อมโยง คือ เปอร์ออกไซด์ (peroxide) สเตียเรท (stearate) โลหะออกไซด์ (metal oxide) ฟีนอลิกเรซิน (ฟีนอลิคเรซิน) และกำมะถัน (sulfur) พบว่าเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ชนิดนี้ สามารถปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล โดยให้ค่าการทนทานต่อแรงดึง (tensile strength) ความเครียด ณ จุดขาด (elongation at break) และความทนทานต่อน้ำมัน (oil resistance) สูงขึ้น

Aonuma และคณะ (US 5231138) กล่าวถึงส่วนผสมของเทอร์โมพลาสติกและยาง ที่ประกอบด้วยไนลอน 25 - 60 % และยาง 75 - 40 % โดยยางที่ใช้ประกอบไปด้วยยางไนไตรล์ 20 - 80 % และยางอะคริลิก 80 - 20 % พบว่าพอลิเมอร์ผสมคู่นี้มีสมบัติที่ดีในด้านการทนทานต่อความร้อน (heat resistance) ทนทานต่อโอโซน (ozone resistance) ทนทานต่อน้ำมัน (oil resistance) และ ทนทานต่อก๊าซโซลีน (gasoline resistance)

Okada และคณะ (2001) ศึกษาสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างไนลอน 6 กับ maleated ethylene-propylene rubber สองชนิดคือ EPR-g-MA และ H-EPR-g-MA โดยทำการผสมในเครื่องผสมแบบปิดและเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว (Single Screw Extruder) เพื่อทำเป็นเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ วัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อศึกษาผลของปริมาณไนลอน 6 และความเป็นผลึกของ EPR-g-MA ที่ส่งผลต่อ สัณฐานวิทยา สมบัติทางความร้อน และสมบัติเชิงกล ของพอลิเมอร์ผสม พบว่า H-EPR-g-MA ให้สมบัติเชิงกล เช่น ความแข็ง ความทนทานต่อแรงดึง การคงรูปหลังการขาด และมอดุลัส ดีกว่า EPR-g-MA และเกิดลักษณะของ strain hardening และ cold drawing ในพอลิเมอร์ผสมทั้งสองชนิดที่สัดส่วนของไนลอนปานกลางและมาก ผลดังกล่าวที่เกิดขึ้นนี้ส่งผลให้เอทิลีน (ethylene) ใน EPR-g-MA มีความเป็นผลึกเพิ่มขึ้น และเมื่อศึกษาสัณฐานวิทยา พบว่า อนุภาคไนลอน 6 ที่อยู่ใน H-EPR-g-MA จะมีอนุภาคขนาดเล็กกว่าที่อยู่ใน EPR-g-MA และในช่วงของการกลับเฟส (inversion range) ของ EPR-g-MA มีลักษณะเรียบ (smooth) ขณะที่เฟสของ H-EPR-g-MA มีลักษณะเป็นจุด (pointed) เมื่อยางทั้งสองชนิดเป็นเฟสกระจาย จะมีขนาดและรูปร่างของอนุภาคที่เหมือนกัน