บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 อิทธิพลของสัดส่วนของสารวัลคาไนซ์ในระบบวัลคาไนซ์แบบผสมระหว่างระบบกำมะถันกับระบบเปอร์ออกไซด์ต่อสมบัติของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากการเบลนด์ยางธรรมชาติกับพอลิโพรไพลีน

เตรียม NR/PP TPVs ที่อัตราส่วนการเบลนด์เท่ากับ 60/40 แปรสัดส่วนของระบบวัลคาไนซ์แบบผสมระหว่างระบบกำมะถันกับระบบเปอร์ออกไซด์ คือ 100/0, 90/10, 70/30, 50/50, 30/70, 10/90, และ 0/100 พบว่า NR/PP TPVs ที่เตรียมด้วยระบบวัลคาไนซ์ผสมระหว่างระบบกำมะถันกับระบบเปอร์ออกไซด์จะเป็นการปรับปรุงสมบัติเชิงกล จากการใช้ระบบกำมะถันหรือระบบเปอร์ออกไซด์ระบบใดเพียงระบบหนึ่ง ผลของการแปรปริมาณเปอร์ออกไซด์ในระบบวัลคาไนซ์แบบผสมเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยง รูปแบบพันธะเชื่อมโยง การเกิดปฏิกิริยาแข่งขันของเปอร์ออกไซด์และโคเอเจนท์ การเปลี่ยนแปลงปริมาณผลึกและรูปแบบของผลึก จึงส่งผลให้สมบัติเชิงกล สมบัติเชิงกลพลวัต การไหล ความต้านทานต่อความร้อน สมบัติการบ่มเร่ง ความต้านทานต่อน้ำมันและตัวทำละลาย และสมบัติทางสัณฐานวิทยาของ NR/PP TPVs เปลี่ยนแปลงไป เมื่อพิจารณาสมบัติต่างๆ โดยรวมพบว่าการเตรียม NR/PP TPVs ที่สัดส่วนของระบบวัลคาไนซ์ผสมระหว่างระบบกำมะถันกับระบบเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 70/30 ให้สมบัติโดยรวมดีที่สุด

5.2 อิทธิพลของชนิดระบบกำมะถัน ในระบบวัลคาไนซ์แบบผสมระหว่างระบบกำมะถันกับระบบเปอร์ออกไซด์ต่อสมบัติของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากการเบลนด์ยางธรรมชาติกับพอลิโพรไพลีน

เตรียม NR/PP TPVs ที่สัดส่วนของระบบกำมะถันต่อระบบเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 70/30 แปรชนิดของระบบกำมะถัน คือ ระบบกำมะถันปกติ ระบบกำมะถันกึ่งประสิทธิภาพ และระบบกำมะถันประสิทธิภาพ พบว่า NR/PP TPVs ที่เตรียมด้วยระบบกำมะถันกึ่งประสิทธิภาพและระบบกำมะถันประสิทธิภาพจะมีสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงกลพลวัต และสมบัติเชิงความร้อนโดยรวมที่ดีกว่า NR/PP TPVs ที่เตรียมด้วยระบบกำมะถันปกติ ผลของการแปรชนิดระบบกำมะถันส่งผลต่อชนิดและความหนาแน่นพันธะเชื่อมโยงในเฟสยาง กรณีใช้ระบบกำมะถันกึ่งประสิทธิภาพและระบบกำมะถันประสิทธิภาพจะใช้กำมะถันลดลง และเพิ่มสัดส่วนของสารตัวเร่งและใช้สารตัวเร่งที่

2 ร่วมด้วย ซึ่งจะเกิดการปรับปรุงการเชื่อมโยงของเฟสยางให้มีพันธะไดซัลฟิดิกและมอนอซัลฟิดิกที่มีความเสถียร รวมถึงมีความหนาแน่นพันธะเชื่อมโยงโดยรวมที่สูงกว่าการใช้ระบบกำมะถันปกติ ทำให้มีสมบัติดังกล่าวเกิดการปรับปรุง เปรียบเทียบระหว่าง NR/PP TPVs ที่เตรียมด้วยระบบกำมะถันกึ่งประสิทธิภาพกับระบบกำมะถันประสิทธิภาพ พบว่ามีสมบัติโดยรวมไม่แตกต่างกัน ยกเว้นสมบัติเชิงความร้อน ซึ่งระบบกำมะถันกึ่งประสิทธิภาพจะให้ NR/PP TPVs ที่มีความเสถียรต่อความร้อนที่ดีกว่าระบบกำมะถันประสิทธิภาพเล็กน้อย

5.3 อิทธิพลของชนิดและปริมาณสารกระตุ้นที่ใช้ในระบบวัลคาไนซ์แบบผสมระหว่างระบบกำมะถันกับระบบเปอร์ออกไซด์ต่อสมบัติของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากการเบลนด์ยางธรรมชาติกับพอลิโพรไพลีน

เตรียม NR/PP TPVs โดยใช้ระบบวัลคาไนซ์แบบผสมระหว่างระบบกำมะถันกึ่งประสิทธิภาพกับระบบเปอร์ออกไซด์ที่สัดส่วนของสารวัลคาไนซ์ทั้ง 2 ชนิด เท่ากับ 70/30

5.3.1. อิทธิพลของสารกระตุ้นซิงค์ออกไซด์ที่แปรปริมาณ 0-20 phr

จากการศึกษาอิทธิพลของซิงค์ออกไซด์ในระบบวัลคาไนซ์ผสมระหว่างระบบกำมะถันกับระบบเปอร์ออกไซด์ต่อสมบัติของ NR/PP TPVs พบว่าการเติมซิงค์ออกไซด์ซึ่งเป็นสารกระตุ้นประสิทธิภาพการเชื่อมโยงของระบบกำมะถันจะเกิดการปรับปรุงสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงกลพลวัต สมบัติทางความร้อน ความต้านทานต่อน้ำมันและตัวทำละลาย และสัณฐานวิทยาของ NR/PP TPVs อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่เติม อย่างไรก็ตามการเติมซิงค์ออกไซด์ปริมาณมากกว่า 5 phr ไม่มีผลให้สมบัติเชิงกล สมบัติเชิงกลพลวัต และความต้านทานต่อน้ำมัน แต่จะสามารถปรับปรุงความเสถียรต่อความร้อนและสัณฐานวิทยาของ NR/PP TPVs โดยที่ปริมาณ 10-15 phr ให้ NR/PP TPVs ที่มีความเสถียรต่อความร้อนสูงสุด เนื่องจากการทำหน้าที่กักเก็บความร้อนไม่ให้ส่งผ่านไปยังโมเลกุลของยางและพอลิโพรไพลีนในทันที และการแปรปริมาณซิงค์ออกไซด์เพิ่มขึ้นในช่วง 0-20 phr ทำให้ขนาดอนุภาคยางเล็กลงจากผลต่างของความหนืดระหว่างเฟสยางกับพอลิโพรไพลีนในห้องผสมที่สูงขึ้น เนื่องจากการรวมกลุ่มกันของซิงค์ออกไซด์ซึ่งเป็นของแข็งที่มีความหนาแน่นสูง

5.3.2 อิทธิพลของกรดสเตียริกที่แปรปริมาณ 0-5 phr

เตรียม NR/PP TPVs โดยเติมซิงค์ออกไซด์ปริมาณ 15 phr แปรปริมาณกรดสเตียริกซึ่งเป็นสารกระตุ้นร่วมเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเชื่อมโยงของระบบกำมะถันในระบบวัลคาไนซ์ผสมระหว่างระบบกำมะถันกับระบบเปอร์ออกไซด์ พบว่ากรณีที่ไม่เติมกรดสเตียริกและเติมที่ปริมาณ 1 phr NR/PP TPVs มีค่ามอดูลัสสะสมต่ำและมีค่าแทนเจนท์สูญเสียสูง แสดงถึงการมีความหนาแน่นพันธะเชื่อมโยงที่ต่ำ ซึ่งส่งผลให้มีสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงกลพลวัต ความต้านทานต่อ

น้ำมันและตัวทำละลาย สมบัติเชิงความร้อน และสัณฐานวิทยาที่ด้อยกว่า NR/PP TPVs ที่เติมกรดสเตียริกในปริมาณสูงขึ้น โดย NR/PP TPVs ที่เติมกรดสเตียริกปริมาณ 2 phr ให้สมบัติโดยรวมที่ดีที่สุด ซึ่งเป็นผลของการวัลคาไนซ์ในเฟสยางที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตามการเติมกรดสเตียริกที่ปริมาณสูง (5 phr) ผลของการทำหน้าที่เป็นพลาสติไซเซอร์ของกรดสเตียริกทำให้ผลึกในเฟสพอลิโพรไพลีนลดลงและเฟสยางอ่อนตัว ซึ่งมีผลให้สมบัติด้านต่างๆ ลดต่ำลง

5.4 อิทธิพลของชนิดและปริมาณสารป้องกันการเสื่อมสภาพที่ใช้ในระบบวัลคาไนซ์แบบผสมระหว่างระบบกำมะถันกับระบบเปอร์ออกไซด์ต่อสมบัติของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากการเบลนด์ยางธรรมชาติกับพอลิโพรไพลีน

เตรียม NR/PP TPVs โดยใช้ระบบวัลคาไนซ์แบบผสมระหว่างระบบกำมะถันกึ่งประสิทธิภาพกับระบบเปอร์ออกไซด์ที่สัดส่วนของสารวัลคาไนซ์ทั้ง 2 ชนิดเท่ากับ 70/30 แปรชนิดและปริมาณสารป้องกันการเสื่อมสภาพกลุ่มฟีนอล ได้แก่ Wingstay L และ BHT และกลุ่มเอมีน ได้แก่ TMQ และ 6PPD ที่ปริมาณ 0-2 phr พบว่าการเติมสารป้องกันการเสื่อมสภาพจะลดการขาดออกของโซ่โมเลกุลยางและพอลิโพรไพลีนจากผลของการเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อนและแรงเฉือนในการผสม รวมถึงการเสื่อมสภาพของโซ่โมเลกุลพอลิโพรไพลีนจากผลของเปอร์ออกไซด์ ส่งผลให้ NR/PP TPVs มีสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงกลพลวัต ความเสถียรต่อการบ่มเร่ง และความต้านทานต่อน้ำมันที่ดีกว่ากรณีที่ไม่เติมสารป้องกันการเสื่อมสภาพ นอกจากนี้ยังพบว่าสารป้องกันการเสื่อมสภาพกลุ่มเอมีนให้ประสิทธิภาพสูงกว่ากลุ่มฟีนอล ซึ่งเป็นผลจากโครงสร้างทางเคมี น้ำหนักโมเลกุล และกลไกการเกิดปฏิกิริยาของสารป้องกันการเสื่อมสภาพ

โดยประสิทธิภาพการป้องกันการเสื่อมสภาพปรับปรุงตามปริมาณสารป้องกันการเสื่อมสภาพที่เพิ่มขึ้น เป็นผลให้มีสมบัติด้านต่างๆ โดยรวมสูงขึ้นด้วย ยกเว้นค่าเปอร์เซ็นต์การคงอยู่ของสมบัติภายหลังการบ่มเร่งของ NR/PP TPVs ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากในกรณีที่เติมสารป้องกันการเสื่อมสภาพปริมาณ 1 phr ขณะที่การเติม 2 phr มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่สมบัติที่ได้จะต่ำกว่ากรณี 1 phr ทั้งนี้เป็นผลจากการเติมที่ปริมาณ 2 phr สารป้องกันการเสื่อมสภาพจะป้องกันการขาดออกของโซ่พอลิโพรไพลีนจากการแปรรูปและผลของเปอร์ออกไซด์ได้สูง จึงรักษาสมบัติภายหลังการบ่มเร่งไม่ดี

จากงานวิจัยนี้จึงสามารถสรุปผลการทดลองโดยรวมได้ว่าการใช้ระบบวัลคาไนซ์ผสมระหว่างระบบกำมะถันกับระบบเปอร์ออกไซด์ที่สัดส่วนสารเคมีของทั้ง 2 ระบบเท่ากับ 70/30 ช่วยปรับปรุง

สมบัติของ NR/PP TPVs ให้ดีขึ้นกว่าการใช้ระบบวัลคาไนซ์กำมะถันหรือระบบเปอร์ออกไซด์เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยสูตรคอมเปาวด์สารเคมีเพื่อให้เกิดการวัลคาไนซ์ในเฟสยางที่เหมาะสม คือ

Chemicals		**Quantities (phr)**
RSS 3		100.0
Zinc oxide		15.0
Stearic acid		2.0
6PPD		1.0
Naphthenic oil		20.0
Silica		30.0
DEG		1.8
Silane		1.8
Sulfur	ระบบกำมะถันกึ่งประสิทธิภาพ	0.7
MBTS		1.75
TMTD		0.21
DCP	ระบบเปอร์ออกไซด์	0.3
TMPTMA		0.6