สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการรูป	(11)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(17)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตของงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
1. ยางธรรมชาติ	4
2. ยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน	13
3. ยางผสม	22
3.1 ยางธรรมชาติผสม	24
3.2 ยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนผสม	31
3.3 ความเข้ากันได้ของยางผสม	35
3. วิธีการวิจัย	42
อุปกรณ์การวิจัย	42
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	42
สารเคมี	43
วิธีดำเนินการทดลอง	44
1. การเตรียมสูตรยางธรรมชาติและยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน	44
2. การเตรียมยางผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางคลอโรซัลโฟเนตเตต-พอลิเอทธิลีน	47
3. การเตรียมยางผสม เมื่อใช้สารช่วยเพิ่มความเข้ากันได้	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. การทดสอบสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติ ยางคลอโรซัลโฟเนตเตต-พอลิเอทธิลีน และยางผสม	50
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	57
1. ผลการทดสอบความทนต่อแรงดึงของยางธรรมชาติและยางคลอโรซัลโฟเนตเตต-พอลิเอทธิลีน	57
2. ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางคลอโร-ซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน	60
3. ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของยางผสม เมื่อมีการใช้สารที่ช่วยเพิ่มความเข้ากันได้	96
4. ผลการวิเคราะห์ความเข้ากันได้ด้วยเครื่อง SEM และ DMTA	133
5. สรุปผลการทดลอง	149
สรุปผลการทดลอง	149
ข้อเสนอแนะ	153
บรรณานุกรม	154
ภาคผนวก	161
ก สูตรยางธรรมชาติอิพ๊อกซิไดซ์และผลการทดสอบยางอิพ๊อกซิไดซ์	162
ข สูตรยางผสมระหว่างยางธรรมชาติอิพ๊อกซิไดซ์กับยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิ-เอทธิลีนและผลการทดสอบยางผสมระหว่างยางธรรมชาติอิพ๊อกซิไดซ์กับยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน	163
ค ผลการทดสอบยางผสมระหว่างยางธรรมชาติ ยาง ENR และยางคลอโรซัลโฟเนต-เตตพอลิเอทธิลีน	165
ง วิธีการหาค่าความหนาแน่นและค่า Volume fraction	166
จ รูป SEM ของยางผสม ENR/CSM และยางผสม NR/ENR	168
ฉ รูป SEM ของยางผสมสูตร B1 ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติมยาง ENR ที่ปริมาณต่างๆ	169
ฌ บทความที่ได้รับการตีพิมพ์	170
ประวัติผู้เขียน	185

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ปริมาณซัลเฟอร์และสารตัวเร่งในการวัลคาไนซ์ด้วยระบบต่างๆ	
2.2 ปริมาณพันธะการเชื่อมโยงแบบต่างๆของระบบการวัลคาไนซ์ที่ใช้ซัลเฟอร์และสมบัติของยางธรรมชาติที่ได้	7
2.3 ลักษณะและสมบัติของยางไฮพาลอนที่ยังไม่วัลคาไนซ์	15
2.4 ผลของปริมาณคลอรีนต่อสมบัติที่อุณหภูมิต่ำและความต้านทานต่อน้ำมัน	21
3.1 สูตรต่างๆของยางธรรมชาติ	45
3.2 สูตรต่างๆของยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน	46
3.3 สูตรยางผสม	48
3.4 สูตรยางธรรมชาติอิพ๊อกซิไดซ์	50
3.5 ตารางการ Running – in ของการทดสอบด้วยเครื่อง Akron machine	54
3.6 สูตรยางมาตรฐานสำหรับการทดสอบการสึกหรอ	55
4.1 ค่าความทนต่อแรงดึงของยางธรรมชาติและยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน	58
4.2 ผลการทดสอบความทนต่อแรงดึงของยางผสม	61
4.3 ความทนต่อการฉีกขาดของยางผสม	67
4.4 ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสม หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน	72
4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสม หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน	78
4.6 เวลาที่เริ่มแตกของยางธรรมชาติ ยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน และยางผสมสูตรต่างๆ หลังจากอบในตู้อบโอโซน ที่อุณหภูมิ 40°C และความเข้มข้นโอโซน 50 pphm	88
4.7 ค่าความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B5	97
4.8 ค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดหรือความทนต่อแรงดึงของ B5	98
4.9 ค่าความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B5 หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน	100

4.10 การเปลี่ยนแปลงของค่าความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B5 หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน 101

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

4.11 เวลาที่เริ่มแรกของยางผสมสูตร B5 เมื่ออบในตู้อบโอโซน ที่อุณหภูมิ 40°C และความเข้มข้นของโอโซน 50 pphm 103

4.12 ความทนต่อแรงดึงและการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อผสม Struktol®60 NS ปริมาณ 1.0 และ 3.0 phr 106

4.13 เวลาที่เริ่มแตกของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม Struktol®60 NS และอบในตู้อบโอโซนที่มีความเข้มข้นโอโซน 50 pphm ที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 96 ชั่วโมง 111

4.14 ความทนต่อแรงดึงและการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติมยาง ENR ในปริมาณต่างๆ 117

4.15 ความทนต่อการฉีกขาดของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม ENR ในปริมาณต่างๆ 118

4.16 ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม ENR ในปริมาณต่างๆ หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน 120

4.17 การเปรียบเทียบค่าความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม ENR ในปริมาณต่างๆ หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70°Cเป็นเวลา 7 วัน 121

4.18 เวลาที่เริ่มแตกของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม ENR และอบในตู้อบโอโซนที่มีความเข้มข้นโอโซน 50 pphm ที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 96 ชั่วโมง 126

4.19 ค่าดัชนีการสึกหรอของยางธรรมชาติ ยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน ยางผสมที่อัตราส่วน 70/30 สูตรต่างๆ ทั้งที่เติมและไม่เติมสารช่วยเพิ่มความเข้ากันได้ 131

4.20 ค่าการคงตัวแบบดึงของยางธรรมชาติ ยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน ยางผสมอัตราส่วน 70/30 สูตรต่างๆ ทั้งที่เติมและไม่เติมสารช่วยเพิ่มความเข้ากันได้ 132

4.21 ขนาดอนุภาคของยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนในยางผสมสูตรต่างๆ 135

4.22 ค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (T_g) ของยางผสมสูตร B2, B3 และ B4 146

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวก **หน้า**

1 สูตรยางธรรมชาติอิพ๊อกซิไดซ์ ชนิด Epoxyprene® 25 และ ชนิด Epoxyprene® 50 162
2 ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางอิพ๊อกซิไดซ์สูตรต่างๆ 162
3 สูตรยางผสมระหว่างยางธรรมชาติอิพ๊อกซิไดซ์และยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน 163
4 ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติอิพ๊อกซิไดซ์และยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน 164
5 ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสม 3 ชนิด 165
6 ค่าความหนาแน่นและค่า Volume fraction ของยางธรรมชาติ ยาง ENR ยางคลอโรซัลโฟ-เนตเตตพอลิเอทธิลีน และยางผสม 167

รายการรูป

รูป		หน้า
2.1	ลักษณะพันธะเชื่อมโยงโดยใช้กำมะถันและเปอร์ออกไซด์	6
2.2	กราฟแสดงลักษณะการวัลคาไนซ์แบบต่างๆ	20
2.3	รูปแบบของลักษณะทางสัณฐานของยางผสมที่ประกอบด้วยยางสองชนิด	23
2.4	แสดงบริเวณที่สารช่วยเพิ่มความเข้ากันได้ไปอยู่ระหว่างเฟสของพอลิเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบ	37
3.1	ชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ (Die C) สำหรับการทดสอบความทนต่อแรงดึง	51
3.2	ชิ้นทดสอบแบบมุม (Die C) สำหรับการทดสอบการฉีกขาด	51
4.1	ค่าความทนต่อแรงดึงของยางธรรมชาติและยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน	59
4.2	ค่าการยืด ณ จุดขาดของยางธรรมชาติและยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน	59
4.3	ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B1	63
4.4	ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B2	63
4.5	ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B3	64
4.6	ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B4	64
4.7	ความทนต่อแรงดึงของยางผสมทั้ง 4 สูตร	65
4.8	ค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมทั้ง 4 สูตร	65
4.9	ความทนต่อการฉีกขาดของยางผสมสูตร B1	68
4.10	ความทนต่อการฉีกขาดของยางผสมสูตร B2	69
4.11	ความทนต่อการฉีกขาดของยางผสมสูตร B3	69
4.12	ความทนต่อการฉีกขาดของยางผสมสูตร B4	70
4.13	ความทนต่อการฉีกขาดของยางผสมทั้ง 4 สูตร	70
4.14	ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B1 หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน	73
4.15	ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B2 หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน	74
4.16	ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B3 หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน	74

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
4.17	ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B4 หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70˚C เป็นเวลา 7 วัน	75
4.18	ความทนต่อแรงดึงของยางผสมทั้ง 4 สูตร หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70˚C เป็นเวลา 7 วัน	75
4.19	ค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมทั้ง 4 สูตร หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70˚C เป็นเวลา 7 วัน	76
4.20	การเปลี่ยนแปลงค่าความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B1 หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70˚C เป็นเวลา 7 วัน	80
4.21	การเปลี่ยนแปลงค่าความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B2 หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70˚C เป็นเวลา 7 วัน	80
4.22	การเปลี่ยนแปลงค่าความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B3 หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70˚C เป็นเวลา 7 วัน	81
4.23	การเปลี่ยนแปลงค่าความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B4 หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70˚C เป็นเวลา 7 วัน	81
4.24	การเปลี่ยนแปลงค่าความทนต่อแรงดึงของยางผสมทั้ง 4 สูตร หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70˚C เป็นเวลา 7 วัน	82
4.25	การเปลี่ยนแปลงค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมทั้ง 4 สูตร หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70˚C เป็นเวลา 7 วัน	82
4.26	การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของยางธรรมชาติและยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน เมื่อแช่ในน้ำมัน ASTM เบอร์ 1 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25˚C)	84
4.27	การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของยางธรรมชาติและยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน เมื่อแช่ในน้ำมัน IRM 903 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25˚C)	84
4.28	การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของยางผสมสูตรต่างๆ เมื่อแช่ในน้ำมัน ASTM เบอร์ 1 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25˚C)	85
4.29	การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของยางผสมสูตรต่างๆ เมื่อแช่ในน้ำมัน IRM 903 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25˚C)	85

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
4.30	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของยางธรรมชาติและยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน เมื่อแช่ในน้ำมัน ASTM เบอร์ 1 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25°C)	86
4.31	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของยางธรรมชาติและยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน เมื่อแช่ในน้ำมัน IRM 903 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25°C)	86
4.32	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของยางผสมสูตรต่างๆ เมื่อแช่ในน้ำมัน ASTM เบอร์ 1 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25°C)	87
4.33	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของยางผสมสูตรต่างๆ เมื่อแช่ในน้ำมัน IRM 903 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25°C)	87
4.34	ลักษณะรอยแตกที่เกิดขึ้นของยางธรรมชาติ เมื่ออบในตู้อบโอโซนเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40°C และความเข้มข้นของโอโซน 50 pphm	92
4.35	ลักษณะรอยแตกที่เกิดขึ้นของยางผสมสูตร B1 ที่อัตราส่วนต่างๆ เมื่ออบในตู้อบโอโซน เป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40°C และความเข้มข้นของโอโซน 50 pphm	93
4.36	ลักษณะรอยแตกที่เกิดขึ้นของยางผสมสูตร B2 ที่อัตราส่วนต่างๆ เมื่ออบในตู้อบโอโซน เป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40°C และความเข้มข้นของโอโซน 50 pphm	94
4.37	ลักษณะรอยแตกที่เกิดขึ้นของยางผสมสูตร B3 ที่อัตราส่วนต่างๆ เมื่ออบในตู้อบโอโซน เป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40°C และความเข้มข้นของโอโซน 50 pphm	95
4.38	ลักษณะรอยแตกที่เกิดขึ้นของยางผสมสูตร B4 ที่อัตราส่วนต่างๆ เมื่ออบในตู้อบโอโซน เป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40°C และความเข้มข้นของโอโซน 50 pphm	96
4.39	ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B5	98
4.40	ความทนต่อการฉีกขาดของยางผสมสูตร B5	99
4.41	ความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B5 หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน	100
4.42	การเปลี่ยนแปลงค่าความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตร B5 หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน	101
4.43	การเปลี่ยนแปลงปริมาตรและน้ำหนักของยางผสมสูตร B5 เมื่อแช่ในน้ำมัน ASTM เบอร์ 1 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25°C)	102

ร า ย ก า ร รู ป (ต่อ)

รู ป
ห น้ า

4.44 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรและน้ำหนักของยางผสมสูตร B5 เมื่อแช่ในน้ำมัน IRM 903 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25°C) 102

4.45 ลักษณะรอยแตกที่เกิดขึ้นของยางผสมสูตร B5 ที่อัตราส่วนต่างๆ เมื่ออบในตู้อบโอโซน เป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40°C และความเข้มข้นของโอโซน 50 pphm 104

4.46 ความทนต่อแรงดึงของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม Struktol®60 NS และ ENR ในปริมาณต่างๆ 107

4.47 ค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม Struktol®60 NS และ ENR ในปริมาณต่างๆ 107

4.48 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม Struktol®60 NS และ ENR ในปริมาณต่างๆ และแช่ในน้ำมัน ASTM เบอร์ 1 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ-ห้อง (25°C) 108

4.49 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม Struktol®60 NS และ ENR ในปริมาณต่างๆ และแช่ในน้ำมัน ASTM เบอร์ 1 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ-ห้อง (25°C) 108

4.50 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม Struktol®60 NS และ ENR ในปริมาณต่างๆ และแช่ในน้ำมัน IRM 903 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ-ห้อง (25°C) 109

4.51 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม Struktol®60 NS และ ENR ในปริมาณต่างๆ และแช่ในน้ำมัน IRM 903 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ-ห้อง (25°C) 109

4.52 ลักษณะรอยแตกที่เกิดขึ้นของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม Struktol®60 NS 1 phr และอบในตู้อบโอโซนเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40°C และความเข้มข้นของโอโซน 50 pphm 113

4.53 ลักษณะรอยแตกที่เกิดขึ้นของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม Struktol®60 NS 3 phr และอบในตู้อบโอโซนเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40°C และความเข้มข้นของโอโซน 50 pphm 113

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
4.54	ปฏิกิริยาระหว่างยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนกับยาง ENR	116
4.55	ความทนต่อการฉีกขาดของยางผสมสูตร B4 อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม ENR ในปริมาณต่างๆ	119
4.56	ความทนต่อแรงดึงของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม ENR ในปริมาณต่างๆ หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน	122
4.57	การเปลี่ยนแปลงค่าความทนต่อแรงดึงของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม ENR ในปริมาณต่างๆ หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน	123
4.58	ค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม ENR ในปริมาณต่างๆ หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน	123
4.59	การเปลี่ยนแปลงค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมสูตรต่างๆ ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม ENR ในปริมาณต่างๆ หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน	124
4.60	ลักษณะรอยแตกที่เกิดขึ้นของยางผสมสูตร B1 ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม ENR และอบในตู้อบโอโซนเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40°C และความเข้มข้นของโอโซน 50 pphm	128
4.61	ลักษณะรอยแตกที่เกิดขึ้นของยางผสมสูตร B2 ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม ENR และอบในตู้อบโอโซนเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40°C และความเข้มข้นของโอโซน 50 pphm	128
4.62	ลักษณะรอยแตกที่เกิดขึ้นของยางผสมสูตร B3 ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม ENR และอบในตู้อบโอโซนเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40°C และความเข้มข้นของโอโซน 50 pphm	129
4.63	ลักษณะรอยแตกที่เกิดขึ้นของยางผสมสูตร B4 ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติม ENR และอบในตู้อบโอโซนเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40°C และความเข้มข้นของโอโซน 50 pphm	129
4.64	ลักษณะสัณฐานวิทยาของยางธรรมชาติและยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน	133
4.65	รูป SEM ของยางผสมสูตร B1 ที่อัตราส่วนต่างๆ	136
4.66	รูป SEM ของยางผสมสูตร B2 ที่อัตราส่วนต่างๆ	137
4.67	รูป SEM ของยางผสมสูตร B3 ที่อัตราส่วนต่างๆ	138
4.68	รูป SEM ของยางผสมสูตร B4 ที่อัตราส่วนต่างๆ	139
4.69	รูป SEM ของยางผสมสูตร B5 ที่อัตราส่วนต่างๆ	140
4.70	รูป SEM ของยางผสมสูตร B4 ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติมยาง ENR ที่ปริมาณต่างๆ	142
4.71	รูป SEM ของยางผสมสูตร B4 ที่อัตราส่วน 70/30	143

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
4.72	กราฟ DMTA ของยางธรรมชาติ ยาง ENR ยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน และยางผสม	147
4.73	กราฟ DMTA ของยางผสมสูตร B4 ที่อัตราส่วน 70/30 แสดงผลของยาง ENR ต่อค่า Loss tangent และอุณหภูมิกลาสทรานซิชันของยางผสมสูตร B4	147
4.74	กราฟ DMTA ของยางผสม NR/ENR/CSM ที่อัตราส่วนต่างๆ	148
4.75	กราฟ DMTA ของยางผสมสูตร B2 และ B3ที่อัตราส่วน 70/30 แสดงผลของยาง ENR ต่อค่า Loss tangent และอุณหภูมิกลาสทรานซิชันของยางผสมทั้งสองสูตร	148
รูปภาคผนวก		
1	รูป SEM ของยางผสม ENR/CSM และยางผสม NR/ENR	168
2	รูป SEM ของยางผสมสูตร B1 ที่อัตราส่วน 70/30 เมื่อเติมยาง ENR ที่ปริมาณต่างๆ	169

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

ZnO	=	ซิงค์ออกไซด์
$CaCO_3$	=	แคลเซียมคาร์บอเนต
MgO	=	แมกนีเซียมออกไซด์
DCP	=	ไดคิวมิวเปอร์ออกไซด์ (dicumyl peroxide)
phr	=	ส่วนในร้อยส่วนของยาง (part per hundred rubber)
mm	=	มิลลิเมตร
g	=	กรัม
mm/min	=	มิลลิเมตรต่อนาที
N	=	นิวตัน
N/mm	=	นิวตันต่อมิลลิเมตร
pphm	=	ส่วนในร้อยล้านส่วน (part per hundred million)
cm^3	=	เซนติเมตร
g/cm^3	=	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
Hz	=	เฮิร์ท
$^{\circ}C/min$	=	องศาเซลเซียสต่อนาที
MPa	=	เมกกะพาสคาล