สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
Abstract	II
บทคัดย่อ	III
สารบัญ	IV
รายการตาราง	XIII
รายการรูปภาพ	XVII
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
บทที่ 2. ทฤษฎี	5
2.1 หลักการพื้นฐานทางเคมีของการติดไฟ	5
2.2 หลักการพื้นฐานของการลดการติดไฟ	6
2.3 สารลดการติดไฟ	6
2.4 การทดสอบการจุดติดไฟ	9
2.5 เทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ (Thermoplastic vulcanizate TPVs)	11
2.6 การปรับปรุงสมบัติการทนไฟของพอลิเมอร์ด้วยสารตัวเติมทนไฟ ATH และMH	13
2.7 การเสริมประสิทธิภาพการทนไฟของพอลิเมอร์ด้วยนาโนเคลย์	14
2.7.1 โครงสร้างของนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์	14
2.7.2 คอมโพสิทนาโนชนิดใช้นาโนเคลย์	16
บทที่ 3. วัสดุและวิธีการทดลอง	19
3.1 สารเคมีและวัสดุ	19
3.2 เครื่องมือ	21
3.3 วิธีการทดลอง	23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.1 การเตรียมพอลิโพรไพลีน (PP) ที่ดัดแปลงโมเลกุลด้วยฟินอลิกเรซิน (Phenolic modified PP, PhHRJ-g-PP) 23
3.3.2 การศึกษาอิทธิพลของวิธีการผสมสารทนไฟปราศจากฮาโลเจน (อะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์) ต่อการปรับปรุงสมบัติเชิงกล การทนความร้อนและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของ NR และ PP..... 23
3.3.3 การศึกษาอิทธิพลของสภาวะการผสมสารทนไฟปราศจากฮาโลเจน (อะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์) ต่อการปรับปรุงสมบัติเชิงกลการทนความร้อนและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของ NR และ PP..... 28
3.3.4 การศึกษาอิทธิพลของสารวัลคาไนซ์ฟินอลิกต่อการปรับปรุงสมบัติเชิงกลการทนความร้อนและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของ NR และ PP..... 29
3.3.5 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารทนไฟปราศจากฮาโลเจน (อะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์) ต่อการปรับปรุงสมบัติเชิงกล การทนความร้อน และการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของ NR และ PP..... 30
3.3.6 การศึกษาการใช้สารทนไฟปราศจากฮาโลเจน (อะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์) ร่วมกับนาโนเคลย์ (Na-MMT) ต่อการปรับปรุงสมบัติเชิงกล การทนความร้อนและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของ NR และ PP..... 31
บทที่ 4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 32
4.1 การศึกษาอิทธิพลของวิธีการผสมสารทนไฟปราศจากฮาโลเจน (อะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์) ต่อการปรับปรุงสมบัติเชิงกล การทนความร้อนและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน..... 32
4.1.1 การศึกษาอิทธิพลของวิธีการผสมต่อการปรับปรุงสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงความร้อนและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ..... 32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.1.1 สัณฐานวิทยาของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ..... 32
4.1.1.2 ปริมาณพันธะเชื่อมโยงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ..... 34
4.1.1.3 สมบัติเชิงกลของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ..... 36
4.1.1.4 สมบัติเชิงกลหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ..... 40
4.1.1.5 การวิเคราะห์อุณหภูมิการสลายตัวของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ..... 43
4.1.1.6 สมบัติการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ..... 47
4.1.2 การศึกษาอิทธิพลของวิธีการผสมต่อการปรับปรุงสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงความร้อนและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต (Aluminium trihydrate, ATH) และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Magnesium hydroxide, MH)..... 49
4.1.2.1 สัณฐานวิทยาของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 49
4.1.2.2 การกระจายของสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน.. 51
4.1.2.3 สมบัติเชิงกลของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 54

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.2.4 สมบัติเชิงกลหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ 61

4.1.2.5 ความเสถียรเชิงความร้อนของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ 64

4.1.2.6 สมบัติการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ 72

4.2 การศึกษาอิทธิพลของสภาวะการผสมสารทนไฟปราศจากฮาโลเจน (อะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์) ต่อการปรับปรุงสมบัติเชิงกล และการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน 76

4.2.1 การศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต (Aluminium trihydrate, ATH) และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Magnesium hydroxide, MH) ต่อการปรับปรุงสมบัติเชิงกล และการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน 76

4.2.1.1 การกระจายของสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสม 77

4.2.1.2 สมบัติเชิงกลของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ 79

4.2.1.3 สมบัติเชิงกลหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ 85

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.1.4 สมบัติการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 87

4.2.2 การศึกษาอิทธิพลของความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต (Aluminium trihydrate, ATH) และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Magnesium hydroxide, MH) ต่อการปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน..... 89

4.2.2.1 การกระจายของสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์..... 90

4.2.2.2 สมบัติเชิงกลของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ 92

4.2.2.3 สมบัติเชิงกลหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์..... 97

4.2.2.4 สมบัติการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์โดยแปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์..... 99

4.3 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิกต่อการปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต (Aluminium trihydrate, ATH) และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Magnesium hydroxide, MH)..... 102

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.1 สมบัติเชิงกลของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟินอลิก..... 102

4.3.2 สมบัติเชิงกลหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟินอลิก..... 108

4.3.3 สมบัติการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟินอลิก..... 110

4.4 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต (Aluminium trihydrate, ATH) และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Magnesium hydroxide, MH) ต่อการปรับปรุงสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงความร้อนและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน..... 113

4.4.1 การกระจายตัวของสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน..... 113

4.4.2 สมบัติเชิงกลของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ 116

4.4.3 สมบัติเชิงกลหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 123

4.4.4 ความเสถียรเชิงความร้อนของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 125

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.5 สมบัติการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ 131

4.5 การศึกษาอิทธิพลของการใช้สารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต (Aluminium trihydrate, ATH) และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Magnesium hydroxide, MH) ร่วมกับนาโนเคลย์ (Na-MMT) และออร์กาโนเคลย์ (Organoclay) ต่อการปรับปรุงสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงความร้อนและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน 134

4.5.1 สัณฐานวิทยาของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ 135

4.5.2 การกระจายตัวของสารทนไฟ (อะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์) ร่วมกับสารตัวเติมนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ ในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน 138

4.5.3 โครงสร้างของนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ที่กระจายตัวในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ 142

4.5.4 สมบัติเชิงกลของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ 147

4.5.5 สมบัติเชิงกลหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ 156

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5.6 ความเสถียรเชิงความร้อนของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์..... 160

4.5.7 สมบัติการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์..... 165

บทที่ 5. สรุปผลการทดลอง..... 170

5.1 ผลของวิธีการผสมต่อสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงความร้อน และการทนไฟของเทอร์โมพลาสติก วัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน..... 170

5.1.1 ผลของวิธีการผสมต่อสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงความร้อน และการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ..... 170

5.1.2 ผลของวิธีการผสมต่อสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงความร้อน และการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต (Aluminium trihydrate, ATH) และแมกนีเซียม ไฮดรอกไซด์ (Magnesium hydroxide, MH)..... 171

5.2 ผลของสภาวะการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ต่อสมบัติเชิงกลและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน..... 172

5.2.1 ผลของเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ต่อสมบัติเชิงกลและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน..... 172

5.2.2 ผลของความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ต่อสมบัติเชิงกลและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน..... 172

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.3 ผลของปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิกต่อสมบัติเชิงกลและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 173
5.4 ผลของปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ต่อสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงความร้อน และการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน..... 174
5.5 ผลของการใช้สารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ต่อสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงความร้อน และการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน..... 175
เอกสารอ้างอิง..... 176
ภาคผนวก ก..... 183
ภาคผนวก ข..... 188
ภาคผนวก ค..... 190

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 สูตรการเตรียมสารเพิ่มความเข้ากันได้ PhHRJ-g-PP.....	23
3.2 สูตรการเตรียม TPV ทนไฟจากเบลนด์ของ NR และ PP.....	24
4.1 ปริมาณเจล (Gel content) ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติ และพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน.....	34
4.2 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการดึงยืดจนขาด ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงและความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน.....	37
4.3 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติเทนไซล์หลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน.....	41
4.4 อุณหภูมิการสลายตัวของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน.....	46
4.5 เวลาการหยดของเปลวจากการทดสอบการจุดติดไฟตามแนวตั้งด้วยเทคนิค UL94 V และปริมาณออกซิเจนใช้จุดติดไฟด้วยเทคนิค LOI ของ TPV จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน.....	47
4.6 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการดึงยืดจนขาด ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงและความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมและผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน.....	57
4.7 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติเทนไซล์หลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมและผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน.....	62

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.8 อุณหภูมิการสลายตัวของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมและผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน..... 68

4.9 เวลาการหยดของเปลวไฟจากการทดสอบการจุดติดไฟตามแนวตั้งด้วยเทคนิค UL94 V และปริมาณออกซิเจนใช้จุดติดไฟด้วยเทคนิค LOI ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน..... 73

4.10 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการดึงยืดจนขาด ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงและความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 81

4.11 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติเทนไซล์หลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 85

4.12 เวลาการหยดของเปลวไฟจากการทดสอบการจุดติดไฟตามแนวตั้งด้วยเทคนิค UL94 V และปริมาณออกซิเจนใช้จุดติดไฟด้วยเทคนิค LOI ของของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 87

4.13 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการดึงยืดจนขาด ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงและความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์..... 94

4.14 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติเทนไซล์หลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์.. 98

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.15 เวลาการหยดของเปลวไฟจากการทดสอบการจุดติดไฟตามแนวตั้งด้วยเทคนิค UL94 V และปริมาณออกซิเจนใช้จุดติดไฟด้วยเทคนิค LOI ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์..... 100

4.16 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการดึงยืดจนขาด ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงและความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก..... 105

4.17 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติเทนไซล์หลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก..... 109

4.18 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติเทนไซล์หลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก..... 111

4.19 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการดึงยืดจนขาด ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงและความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 119

4.20 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติเทนไซล์หลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 123

4.21 อุณหภูมิการสลายตัวของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์เมื่อทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน..... 128

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.22 อุณหภูมิการสลายตัวของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน ที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์เมื่อทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซออกซิเจน..... 129

4.23 เวลาการหยดของเปลวไฟจากการทดสอบการจุดติดไฟตามแนวตั้งด้วยเทคนิค UL94 V และปริมาณออกซิเจนใช้จุดติดไฟด้วยเทคนิค LOI ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 132

4.24 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการดึงยืดจนขาด ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงและความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์..... 150

4.25 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติเทนไซล์หลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์..... 157

4.26 อุณหภูมิการสลายตัวของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์เมื่อทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจนและออกซิเจน..... 163

4.27 เวลาการหยดของเปลวไฟจากการทดสอบการจุดติดไฟตามแนวตั้งด้วยเทคนิค UL94 Vและปริมาณออกซิเจนใช้จุดติดไฟด้วยเทคนิค LOI ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์..... 166

รายการรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 พฤติกรรมการสลายตัวของพอลิเมอร์และการเผาไหม้	5
2.2 โครงสร้างของชั้นซิลิเกตชนิด 2:1 phyllosilicate	15
2.3 การจำแนกโครงสร้างของคอมโพสิทนาโนของพอลิเมอร์และนาโนเคลย์	16
3.1 แผนภาพการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ทนไฟด้วยวิธีการเตรียมแบบต่างๆ	26
3.1 แผนภาพการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ทนไฟด้วยวิธีการเตรียมแบบต่างๆ (ต่อ)	27
4.1 ภาพถ่าย SEM-BSE ของผิวรอยแตกของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมต่างๆ (A) method 1, (B) method 2 และ (C) method 3	33
4.2 ปริมาณเจล (Gel content) ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน	35
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน	36
4.4 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน	37
4.5 ความต้านทานต่อแรงดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่าง	38
4.6 ความสามารถในการดึงยืดจนขาดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน	38
4.7 ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน	39
4.8 ความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน	39

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.9 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน..... 41

4.10 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติความสามารถในการดึงยืดจนขาดหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน..... 42

4.11 (A) เทอร์โมแกรม TGA และ (B) เทอร์โมแกรม DTG ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน..... 44

4.12 (A) เทอร์โมแกรม TGA และ (B) เทอร์โมแกรม DTG ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน..... 45

4.13 เวลาในการหยดของเปลวไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกันเมื่อทดสอบการจุดติดไฟตามแนวตั้งด้วยเทคนิค UL94 V..... 48

4.14 ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการจุดติดไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกันเมื่อทดสอบการทนไฟด้วยเทคนิค LOI..... 48

4.15 ภาพถ่าย SEM-BSE ของผิวรอยแตกของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน (A) method 1/ATH, (B) method 1/MH, (C) method 2/ATH, (D) method 2/MH, (E) method 3/ATH และ (F) method 3/MH..... 50

4.16 ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งและการกระจายตัวของธาตุอะลูมิเนียมในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน (A) method 1, (B) method 2 และ (C) method 3..... 52

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.17 ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งและการกระจายตัวของแมกนีเซียมในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน (A) method 1, (B) method 2 และ (C) method 3..... 53

4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน..... 55

4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน ที่ผสมสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน..... 55

4.20 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมและผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน..... 58

4.21 ความต้านทานต่อแรงดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมและผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน..... 58

4.22 ความสามารถในการดึงยืดจนขาดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมและผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน..... 59

4.23 ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมและผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน..... 59

4.24 ความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมและผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน..... 60

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.25 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมและผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน..... 62

4.26 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติความสามารถในการดึงยืดจนขาดหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมและผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน..... 63

4.27 (A) เทอร์โมแกรม TGA และ (B) เทอร์โมแกรม DTG ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมและผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมแบบที่ 3..... 65

4.28 เทอร์โมแกรม TGA และ DTG ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน (A) เทอร์โมแกรม TGA และ (B) เทอร์โมแกรม DTG จากการทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน (C) เทอร์โมแกรม TGA และ (D) เทอร์โมแกรม DTG จากการทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซออกซิเจน..... 66

4.29 เทอร์โมแกรม TGA และ DTG ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน (A) เทอร์โมแกรม TGA และ (B) เทอร์โมแกรม DTG จากการทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน (C) เทอร์โมแกรม TGA และ (D) เทอร์โมแกรม DTG จากการทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซออกซิเจน..... 67

4.30 เวลาในการหยดของเปลวไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมและผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน เมื่อทดสอบการจุดติดไฟตามแนวตั้งด้วยเทคนิค UL94 V..... 74

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.31 ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการจุดติดไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมและผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 60 wt% ซึ่งเตรียมด้วยวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน เมื่อทดสอบการทนไฟด้วยเทคนิค LOI..... 74

4.32 ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งและการกระจายตัวของธาตุอะลูมิเนียมในเทอร์โมพลาสติก วัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตซึ่งใช้วิธีการเตรียมแบบที่ 3 โดยแปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต (A) 4 นาที (B) 6 นาที (C) 8 นาที และ (D) 10 นาที..... 77

4.33 ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งและการกระจายตัวของแมกนีเซียมในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟแมกนีเซียมไฮ ดรอกไซด์ซึ่งใช้วิธีการเตรียมแบบที่ 3 โดยแปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต (A) 4 นาที (B) 6 นาที (C) 8 นาที และ (D) 10 นาที..... 78

4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต..... 79

4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 80

4.36 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 82

4.37 ความต้านทานต่อแรงดึงของของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 82

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.38 ความสามารถในการดึงยืดจนขาดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 83

4.39 ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 83

4.40 ความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์.... 84

4.41 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 86

4.42 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติความสามารถในการดึงยืดจนขาดหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 86

4.43 เวลาในการหยดของเปลวไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (ทดสอบการจุดติดไฟตามแนวตั้งด้วยเทคนิค UL94 V)..... 88

4.44 ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการจุดติดไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (ทดสอบการทนไฟด้วยเทคนิค LOI)..... 88

4.45 ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งและการกระจายตัวของอะลูมิเนียมในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ (A) 60 rpm (B) 80 rpm และ (C) 100 rpm..... 90

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.46 ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งและการกระจายตัวของแมกนีเซียมในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ (A) 60 rpm (B) 80 rpm และ (C) 100 rpm..... 91

4.47 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์..... 92

4.48 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์..... 93

4.49 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียม ไฮดรอกไซด์ ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์..... 94

4.50 ความต้านทานต่อแรงดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์..... 95

4.51 ความสามารถในการดึงยืดจนขาดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียม ไฮดรอกไซด์ ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์..... 95

4.52 ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์..... 96

4.53 ความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์..... 96

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.54 เปอร์เซ็นต์การรักษาสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์..... 98

4.55 เปอร์เซ็นต์การรักษาสมบัติความสามารถในการดึงยืดจนขาดหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์..... 99

4.56 เวลาในการหยดของเปลวไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ (ทดสอบการจุดติดไฟตามแนวตั้งด้วยเทคนิค UL94 V)..... 100

4.57 ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการจุดติดไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ (ทดสอบการทนไฟด้วยเทคนิค LOI)..... 101

4.58 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก..... 102

4.59 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก..... 103

4.60 กลไกการเกิดปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ของยางอีพีดีเอ็มด้วยเรซินฟีนอลิกโดยมีสแตนนัสคลอไรด์เป็นสารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์..... 104

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.61 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียม ไฮดรอกไซด์ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก..... 105

4.62 ความต้านทานต่อแรงดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก..... 106

4.63 ความสามารถในการดึงยืดจนขาดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก..... 106

4.64 ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก..... 107

4.65 ความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก..... 107

4.66 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก 109

4.67 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติความสามารถในการดึงยืดจนขาดหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก..... 110

4.68 เวลาในการหยดของเปลวไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก (ทดสอบการจุดติดไฟตามแนวตั้งด้วยเทคนิค UL94 V)..... 111

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.69 ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการจุดติดไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก (ทดสอบการทนไฟด้วยเทคนิค LOI)..... 112

4.70 ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งและการกระจายตัวของธาตุอะลูมิเนียมในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต (A) 0 wt% (B) 20 wt% (C) 60 wt% (D) 80 wt% และ (E) 120 wt%..... 114

4.71 ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งและการกระจายตัวของธาตุแมกนีเซียมในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (A) 0 wt% (B) 20 wt% (C) 60 wt% (D) 80 wt% และ (E) 120 wt%..... 115

4.72 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน ที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต 116

4.73 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน ที่แปรปริมาณสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ 116

4.74 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน ที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 120

4.75 ความต้านทานต่อแรงดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน ที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 120

4.76 ความสามารถในการดึงยืดจนขาดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน ที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 121

4.77 ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน ที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 121

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.78 ความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 122
4.79 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 124
4.80 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติความสามารถในการดึงยืดจนขาดหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 124
4.81 เทอร์โมแกรม TGA และ DTG ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรต (A) เทอร์โมแกรม TGA และ (B) เทอร์โมแกรม DTG จากการทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน (C) เทอร์โมแกรม TGA และ (D) เทอร์โมแกรม DTG จากการทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซออกซิเจน..... 126
4.82 เทอร์โมแกรม TGA และ DTG ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (A) เทอร์โมแกรม TGA และ (B) เทอร์โมแกรม DTG จากการทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน (C) เทอร์โมแกรม TGA และ (D) เทอร์โมแกรม DTG จากการทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซออกซิเจน..... 127
4.83 เวลาในการหยดของเปลวไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ เมื่อทดสอบการจุดติดไฟตามแนวตั้งด้วยเทคนิค UL94 V..... 133
4.84 ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการจุดติดไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์เมื่อทดสอบการทนไฟด้วยเทคนิค LOI..... 133

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.85 ภาพถ่าย SEM-BSE ของผิวรอยแตกของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตกับ (A) นาโนเคลย์และ (B) ออร์กาโนเคลย์..... 136

4.86 ภาพถ่าย SEM-BSE ของผิวรอยแตกของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับ (A) นาโนเคลย์และ (B) ออร์กาโนเคลย์..... 137

4.87 ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งและการกระจายตัวของธาตุอะลูมิเนียมและซิลิกอนในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตกับ (A) นาโนเคลย์และ (B) ออร์กาโนเคลย์..... 139

4.88 ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งและการกระจายตัวของธาตุแมกนีเซียมและซิลิกอนในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับ (A) นาโนเคลย์และ (B) ออร์กาโนเคลย์..... 140

4.89 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) ในช่วง 2θ =1-10° ของ (A) สารตัวเติมนาโน (B) นาโนเคลย์ และ (C) ออร์กาโนเคลย์ ในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ใช้อะลูมิเนียมไตรไฮเดรตร่วมกับสารตัวเติมนาโน..... 143

4.90 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) ในช่วง 2θ =1-10° ของ (A) สารตัวเติมนาโน (B) นาโนเคลย์ และ (C) ออร์กาโนเคลย์ ในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ใช้แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับสารตัวเติมนาโน..... 144

4.91 ภาพถ่าย SEM ของอนุภาคสารทนไฟ (A) อะลูมิเนียมไตรไฮเดรต และ (B) แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์..... 147

4.92 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตกับนาโนเคลย์..... 147

4.93 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตกับออร์กาโนเคลย์..... 148

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.94 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์ 148

4.95 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับออร์กาโนเคลย์ 149

4.96 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ 151

4.97 มอดูลัสที่ระยะยืด 100% ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ 151

4.98 ความต้านทานต่อแรงดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ 152

4.99 ความต้านทานต่อแรงดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ 153

4.100 ความสามารถในการดึงยืดจนขาดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ 153

4.101 ความสามารถในการดึงยืดจนขาดของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ 153

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.102 ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์..... 154

4.103 ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์..... 154

4.104 ความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์..... 155

4.105 ความแข็งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์..... 155

4.106 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์..... 158

4.107 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ 158

4.108 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติความสามารถในการดึงยืดจนขาดหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ 159

4.109 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติความสามารถในการดึงยืดจนขาดหลังการบ่มเร่งของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ 159

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.110 เทอร์โมแกรม TGA และ DTG ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ (A) เทอร์โมแกรม TGA และ (B) เทอร์โมแกรม DTG จากการทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน (C) เทอร์โมแกรม TGA และ (D) เทอร์โมแกรม DTG จากการทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซออกซิเจน..... 161

4.111 เทอร์โมแกรม TGA และ DTG ของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ (A) เทอร์โมแกรม TGA และ (B) เทอร์โมแกรม DTG จากการทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน (C) เทอร์โมแกรม TGA และ (D) เทอร์โมแกรม DTG จากการทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซออกซิเจน..... 162

4.112 เวลาในการหยดของเปลวไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์..... 167

4.113 เวลาในการหยดของเปลวไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์..... 167

4.114 ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการจุดติดไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์..... 168

4.115 ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการจุดติดไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่แปรอัตราส่วนผสมระหว่างสารทนไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์..... 168