

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(3)
Abstract.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
รายการตาราง.....	(11)
รายการรูป.....	(14)
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 บทนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิจัย.....	2
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 สมบัติของน้ำยางธรรมชาติ.....	3
2.1.1 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ.....	4
2.1.1.1 ส่วนของเนื้อยาง.....	4
2.1.1.2 ส่วนที่เป็นน้ำ.....	5
2.1.1.3 ส่วนของลูทอยด์และสารอื่น.....	5
2.1.2. สมบัติของน้ำยางธรรมชาติขึ้น.....	6
2.2 การเตรียมสารเคมีสำหรับผสมน้ำยางคอมปาวด์.....	8
2.2.1 เครื่องมือบดข่อยสาร.....	8
2.2.1.1 คอลลอยด์มิล.....	8
2.2.1.2 บอลและเพบเบ็ดมิล.....	8
2.2.2 สูตรและการเตรียมคอสเฟสขึ้น.....	10
2.3 ส่วนประกอบของคอมปาวด์น้ำยางธรรมชาติ.....	14
2.3.1 สารวัลคาไนซ์ (Vulcanizing agent).....	15
2.3.2 สารเร่งปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ (Accelerator).....	16
2.3.3 สารกระตุ้นปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ (Activator).....	20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.3.4 สารต้านปฏิกิริยาการออกซิเดชัน (Antioxidant).....	21
2.4 กระบวนการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์พรีวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถัน (Sulphur Prevulcanized Compound).....	23
2.5 วิธีการทดสอบระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยางธรรมชาติพรีวัลคาไนซ์.....	25
2.6 ผลกระทบของกระบวนการพรีวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถันต่อสมบัติของ น้ำยางธรรมชาติ และฟิล์มยางธรรมชาติ.....	25
2.7 ผลกระทบของการแปรขนาดอนุภาคของน้ำยาง.....	28
2.7 จลศาสตร์ (Kinetic) และกลไกการเกิดปฏิกิริยา (Mechanism) ของ กระบวนการพรีวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถันของน้ำยางธรรมชาติ.....	30
2.9 การเกิดฟิล์ม (Film Formation).....	32
2.10 จลศาสตร์ของการอบแห้งแผ่นฟิล์มจากน้ำยาง.....	33
2.11 โครงสร้างของแผ่นฟิล์มที่เตรียมจากน้ำยางธรรมชาติพรีวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถัน	36
3. วิธีการวิจัย.....	38
3.1 วัสดุ.....	38
3.2 อุปกรณ์.....	40
3.3 การเตรียมนสารเคมีและน้ำยางคอมปาวด์.....	43
3.3.1 การเตรียมนสารเคมี.....	43
3.3.2 การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์.....	46
3.4 การเตรียมแผ่นฟิล์ม.....	49
3.4.1 การเตรียมแผ่นฟิล์มสำหรับการทดสอบระดับการพรีวัลคาไนซ์.....	49
3.4.2 การเตรียมแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติสำหรับทดสอบสมบัติทางกายภาพ..	50
3.4.3 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นฟิล์มสำหรับการทดสอบสมบัติความหนาแน่น ของพันธะเชื่อมโยง (Crosslink Density).....	51
3.4.4 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นฟิล์มสำหรับทดสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกาว (SEM).....	52

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.5 วิธีดำเนินการ.....	52
3.5.1 ศึกษาขนาดอนุภาคของน้ำยางธรรมชาติชั้นชนิดแอมโมเนียสูง.....	52
3.5.2 ศึกษาการเตรียมสารเคมีดีสเพอร์ชัน.....	53
3.5.3 ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคสารเคมีต่อสมบัติของแผ่นฟิล์ม วัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	53
3.5.3.1 ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคกำมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติ ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	53
3.5.3.2 ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิล ไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อสมบัติของแผ่นฟิล์ม วัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	54
3.5.3.3 ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิล ไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อสมบัติของแผ่นฟิล์ม วัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	54
3.5.3.4 ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคสารเคมีผสมดีสเพอร์ชัน ต่อสมบัติของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	55
3.6 วิธีการทดสอบ.....	56
3.6.1 การทดสอบหาขนาดอนุภาค (Particle Size).....	56
3.6.2 การทดสอบความเป็นกรด-ด่าง.....	56
3.1.3 การทดสอบความหนืด (Viscosity).....	56
3.1.4 การทดสอบระดับการวัลคาไนซ์ (Chloroform Test).....	57
3.1.5 การทดสอบระดับการพรีวัลคาไนซ์ (PRM Test).....	57
3.1.6 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties).....	58
3.1.7 การทดสอบความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยง (Crosslink Density)	59
3.1.8 การทดสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ ยางธรรมชาติ.....	60

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล.....	62
4.1 ศึกษาขนาดอนุภาคของน้ำยางธรรมชาติชั้นชนิดแอมโมเนียสูง.....	62
4.2 ศึกษาการเตรียมสารเคมีดีสเพอร์ชัน (Dispersion).....	63
4.2.1 ศึกษาขนาดอนุภาคของสารเคมีก่อนทำการบดผสม (Ball Mill).....	63
4.2.2 ศึกษาระยะเวลาการบดผสม (Ball Mill) ต่อการลดขนาดอนุภาค ของสารเคมี.....	66
4.3 ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคสารเคมีต่อสมบัติของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ ยางธรรมชาติ.....	72
4.3.1 ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคกำมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติของแผ่นฟิล์ม วัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	72
4.3.2 ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดโทโอคาร์บาเมต ดีสเพอร์ชันต่อสมบัติของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	95
4.3.3 ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดโทโอคาร์บาเมต ดีสเพอร์ชันต่อสมบัติของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	116
4.3.4 ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคสารเคมีผสมดีสเพอร์ชันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติ ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	136
5 สรุปผลการทดลอง.....	151
5.1 สรุป.....	151
5.1.1 ศึกษาขนาดอนุภาคของน้ำยางธรรมชาติชั้นชนิดแอมโมเนียสูง.....	151
4.1.2 ศึกษาการเตรียมสารเคมีดีสเพอร์ชัน (Dispersion).....	151
4.1.1.1 ศึกษาขนาดอนุภาคของสารเคมีก่อนทำการบดผสม.....	151
4.1.1.2 ศึกษาระยะเวลาการบดผสม (Ball Mill) ต่อการลดขนาดอนุภาค ของสารเคมี.....	151
5.1.3 ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคสารเคมีต่อสมบัติของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ ยางธรรมชาติ.....	152
5.1.3.1 ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคกำมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติของ แผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	152

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5.1.3.2	
ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต ดีสเพอร์ชัน และซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชัน ต่อ สมบัติของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	153
5.1.3.3	
ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคสารเคมีผสมดีสเพอร์ชันต่อสมบัติ ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	154
4.2	
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	155
บรรณานุกรม.....	156
ภาคผนวก.....	162
(ก) การคำนวณหาค่าการกระจายตัวของอนุภาคของสารเคมี (B _{mid50v}).....	163
(ข) ผลงานที่เสนอในงานประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาของ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.....	166
ประวัติผู้เขียน.....	167

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของน้ำยางสด.....	4
2.2 ส่วนประกอบของส่วนของเนื้อยางในน้ำยางธรรมชาติ.....	5
2.3 สมบัติของน้ำยางธรรมชาติชั้นชนิดแอมโมเนียสูงที่ต้องการตามมาตรฐาน ASTM D1076-97 ผลิตโดยวิธีการปั่นแยก.....	7
2.4 ตัวอย่างสูตรการผสมของดีสเปอร์ชัน.....	13
3.1 สูตรการผสมสารเคมี ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคกำมะถัน ต่อสมบัติของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	47
3.2 สูตรการผสมสารเคมี ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต ต่อสมบัติของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	47
3.3 สูตรการผสมสารเคมี ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมต ต่อสมบัติของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	48
3.4 สูตรการผสมสารเคมี ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคดีสเปอร์ชันสารเคมีผสม ต่อสมบัติของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	48
3.5 ค่าคงที่ของตัวคูณเพื่อให้ได้ความหนืดของของเหลวมีหน่วยเป็นเซนติพอยส์.....	57
3.6 การจัดระดับของการทดสอบคลอโรฟอร์มนัมเบอร์ (Chloroform Number).....	57
4.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคเฉลี่ยโดยปริมาตรของสารเคมีก่อนทำการบดผสม...	63
4.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคสารเคมีดีสเปอร์ชันเฉลี่ยโดยปริมาตร และจำนวนรอบ ที่ใช้ในการบดผสมสารเคมี เมื่อแปรเวลาในการบดผสม (Ball Mill).....	66
4.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคสารเคมีดีสเปอร์ชันเฉลี่ยโดยปริมาตร ที่ใช้ในการ เตรียมน้ำยางคอมปะคต์แปรขนาดอนุภาคของกำมะถันดีสเปอร์ชัน.....	73
4.4 สมบัติพื้นฐานของน้ำยางคอมปะคต์ แปรขนาดและปริมาณของอนุภาคของกำมะถัน ดีสเปอร์ชัน หลังทำการบ่มน้ำยางคอมปะคต์ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง....	73
4.5 ระดับการพรีวัลคาไนซ์ (PRM Test) ของน้ำยางคอมปะคต์แปรขนาดอนุภาค และปริมาณของสารเคมีกำมะถันดีสเปอร์ชัน.....	75
4.6 สมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ แปรขนาดและปริมาณ ของอนุภาคกำมะถันดีสเปอร์ชัน วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110 °C ที่ระยะเวลา การวัลคาไนซ์ต่าง ๆ.....	79

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.7 สมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ แปรขนาดและปริมาณของอนุภาคกำมะถันดีสเพอร์ชัน วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที.....	80
4.8 ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงแปรปริมาณและขนาดอนุภาคกำมะถันดีสเพอร์ชัน....	90
4.9 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคสารเคมีดีสเพอร์ชันเฉลี่ยโดยปริมาตร ใช้ในการเตรียมคอมเปาต์ เพื่อศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคสารเคมีซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อสมบัติของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	95
4.10 สมบัติพื้นฐานของน้ำยางคอมเปาต์ แปรขนาดอนุภาคและปริมาณของสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต ทำการบ่มเร้งน้ำยางคอมเปาต์ที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง.....	96
4.11 ระดับการพรีวัลคาไนซ์ (PRM Test) ของน้ำยางคอมเปาต์แปรขนาดอนุภาคและปริมาณของสารเคมีซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชัน บ่มน้ำยางคอมเปาต์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่าง ๆ.....	97
4.12 สมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ แปรขนาดและปริมาณของอนุภาคซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชัน วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C ที่ระยะเวลาการวัลคาไนซ์ต่าง ๆ.....	101
4.13 สมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ แปรขนาดและปริมาณของอนุภาคซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชัน วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที.....	102
4.14 ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงแปรปริมาณและขนาดอนุภาคของสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชัน.....	111
4.15 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคสารเคมีดีสเพอร์ชันเฉลี่ยโดยปริมาตร ที่ใช้ในการเตรียมคอมเปาต์ เพื่อศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคสารเคมีซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อสมบัติของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ.....	116
4.16 สมบัติพื้นฐานของน้ำยางคอมเปาต์ แปรขนาดอนุภาคและปริมาณของสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมต ทำการบ่มเร้งน้ำยางคอมเปาต์ที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง.....	117

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.17 ระดับการพรีวัลคาไนซ์ (PRM Test) ของน้ำยางคอมเพาด์แปรขนาดอนุภาคและปริมาณของสารเคมีซิงค์ไดบิวทิลไดโทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชัน บ่มน้ำยางคอมเพาด์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่าง ๆ.....	118
4.18 สมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ แปรขนาดอนุภาคและปริมาณของสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดโทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชัน วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	121
4.19 สมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ แปรขนาดอนุภาคและปริมาณของสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดโทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชัน วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที.....	122
4.20 ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงแปรปริมาณและขนาดอนุภาคของสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดโทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชัน.....	131
4.21 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคสารเคมีดีสเพอร์ชันเฉลี่ยโดยปริมาตร ที่ใช้ในการเตรียมน้ำยางคอมเพาด์แปรขนาดอนุภาคของสารเคมีผสมดีสเพอร์ชัน.....	136
4.22 สมบัติพื้นฐานของน้ำยางคอมเพาด์ แปรขนาดอนุภาคของสารเคมีผสมดีสเพอร์ชัน ทำการบ่มเร่งน้ำยางคอมเพาด์ที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง.....	136
4.23 ระดับการพรีวัลคาไนซ์ (PRM Test) ของน้ำยางคอมเพาด์แปรขนาดอนุภาคของสารเคมีผสมดีสเพอร์ชัน บ่มน้ำยางคอมเพาด์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ.....	137
4.24 สมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ แปรขนาดอนุภาคของสารเคมีผสมดีสเพอร์ชัน วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	139
4.25 สมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ แปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดโทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชัน โดยใช้ปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดโทโอคาร์บาเมต 0.25 phr วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เวลา 30 นาที.....	140
4.26 ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงแปรขนาดอนุภาคของสารเคมีผสมดีสเพอร์ชัน....	146

รายการรูป

รูปที่	หน้า
2.1 รูปร่างลักษณะของอนุภาคยางในน้ำยางธรรมชาติ.....	4
2.2 ลักษณะการกระจายตัวของอนุภาคต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ..	6
2.3 โครงสร้างทางเคมีของเกลือของกรดไดไทโอคาร์บามาต.....	16
2.4 สูตรโครงสร้างของสารตัวเร่งไดไทโอคาร์บามาต (A) Zinc-n-diethyldithiocarbamate และ (B) Zinc-n-dibutyldithiocarbamate.....	17
2.5 จลศาสตร์ของการเกิดการเชื่อมโยงโมเลกุลในโพลีไอโซพรีน ขณะทำการพรีวัลคาไนซ์ น้ำยางสังเคราะห์โพลีไอโซพรีนด้วยกำมะถันที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เตรียมไอโซพรีนจากกระบวนการ Emulsion polymerization แสดงถึงผลกระทบของขนาดอนุภาคของน้ำยาง Formulation (part by mass) polyisoprene 100, sulphur 1, zinc diethyldithiocarbamate 1. Latices stabilized with sufficient potassium laurate to cover <i>ca.</i> 50% of particle surface. Significance of point: ● 110-nm latex; ▲ 183-nm latex; ■ 297-nm latex. (b) Variation of initial rate of crosslink insertion with aggregate surface area of latex particle in reaction system. Formulation and reaction condition as for (a). (c) Variation of initial rate of crosslink insertion with number of latex particles in reaction system. Formulation and reaction condition as for (a).....	29
2.6 ระบบของปฏิกิริยาในกระบวนการ Sulphur - Prevulcanization (Sulphur – Prevulcanization Reaction System).....	30
2.7 การสูญเสียน้ำจากแผ่นฟิล์มน้ำยางขณะทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 24% เตรียมแผ่นฟิล์มจาก 33/67 m/m Methyl methacrylate / Ethyl acrylate copolymer latex (point ●) and a 70/30 m/m Vinylidene chloride / n-butyl acrylate copolymer latex (point ▲).....	34
2.8 (a) แปรน้ำหนักรวมของน้ำที่หายไปกับเวลาในการอบแผ่นฟิล์มที่เตรียมจาก 70/30 m/m Vinylidene chloride / n-butyl acrylate copolymer latex, 33/67 m/m Methyl methacrylate / Ethyl acrylate copolymer latex and 67/33 m/m Styrene / Butadiene copolymer latex (b) แสดงโครงสร้างของแผ่นฟิล์มน้ำยางในขณะทำการอบแห้ง ซึ่งแบ่งเป็น 3 ช่วง ร่วมกับแผนภาพแสดงน้ำหนักรวมของน้ำที่หายไป แบ่งเป็น 3 ช่วงในขณะทำการอบแห้ง.....	35

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.9 ลักษณะการซ้อนทับกันของอนุภาคที่ต่อเนื่องกัน 2 อนุภาค ในแผ่นฟิล์มซึ่งเตรียมจากน้ำยางธรรมชาติกัมมะถันพรีวัลคาไนซ์.....	37
3.1 เครื่องวัดขนาดอนุภาค ยี่ห้อ Coulter รุ่น Coulter LS 230 ผลิตโดยบริษัท Coulter Cooperation Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา.....	41
3.2 เครื่องทดสอบหาความทนต่อแรงดึง (Tensometer) ยี่ห้อ Hounsfield รุ่น H10KS ผลิตโดยบริษัท Hounsfield Test Equipment ประเทศอังกฤษ.....	41
3.3 เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (Scanning Electron Microscopy, SEM) รุ่น LEO 1455VP ผลิตโดยบริษัท K.E. Development Ltd.....	42
3.4 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติ สำหรับทดสอบระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมเปาด์ (Prevulcanized Relaxed Modulus, PRM Test).....	49
3.5 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติ สำหรับทดสอบสมบัติทางกายภาพ.....	50
3.6 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นฟิล์มสำหรับการทดสอบความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยง (Crosslink Density).....	51
4.1 ลักษณะการกระจายตัวของขนาดอนุภาคของน้ำยางธรรมชาติชั้น ชนิดแอมโมเนียสูง จากเครื่อง Coulter LS 230.....	62
4.2 ลักษณะการกระจายตัวของอนุภาคสารเคมีชนิดต่าง ๆ ก่อนทำการบดลมิต (Ball Mill)..	64
4.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยโดยปริมาตรของสารเคมีดีสเพอร์ชันชนิดต่าง ๆ เมื่อแปรระยะเวลาในการบดผสม.....	67
4.4 ลักษณะการกระจายตัวของสารเคมีกัมมะถันดีสเพอร์ชัน ที่ระยะเวลาการบดผสมสารเคมี 1 – 7 วัน.....	67
4.5 ลักษณะการกระจายตัวของสารเคมีซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชัน ที่ระยะเวลาการบดผสมสารเคมี 1 – 7 วัน.....	68
4.6 ลักษณะการกระจายตัวของสารเคมีซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชัน ที่ระยะเวลาการบดผสมสารเคมี 1 – 7 วัน.....	68
4.7 ลักษณะการกระจายตัวของสารเคมีซิงค์ออกไซด์ดีสเพอร์ชัน ที่ระยะเวลาการบดผสมสารเคมี 1 – 7 วัน.....	69

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 ลักษณะการกระจายตัวของสารเคมีวิงสเตย์ – แอลดีสเพอร์ชัน ที่ระยะเวลาการบดผสมสารเคมี 1 – 7 วัน.....	69
4.9 ลักษณะการกระจายตัวของสารเคมีผสมดีสเพอร์ชัน (Mix-Chemicals Dispersion) ที่ระยะเวลาการบดผสมสารเคมี 1 – 6 วัน.....	70
4.10 ระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมเพาต์ บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 – 48 ชั่วโมง แปรขนาดอนุภาคกัมมะถัน และใช้ปริมาณกัมมะถัน 0.5 phr...	76
4.11 ระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมเพาต์ บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 – 48 ชั่วโมง แปรขนาดอนุภาคกัมมะถัน และใช้ปริมาณกัมมะถัน 1.25 phr...	76
4.12 ระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมเพาต์ บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 – 28 ชั่วโมง แปรขนาดอนุภาคกัมมะถัน และใช้ปริมาณกัมมะถัน 2.50 phr...	77
4.13 ผลของการแปรปริมาณและขนาดอนุภาคกัมมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติ 100% โมดูลัสของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที..	81
4.14 ผลของการแปรปริมาณและขนาดอนุภาคกัมมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติ 300% โมดูลัสของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที..	81
4.15 ผลของการแปรปริมาณและขนาดอนุภาคกัมมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที.....	82
4.16 ผลของการแปรปริมาณและขนาดอนุภาคกัมมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติระยะยืดจนขาดของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที..	82
4.17 ผลของการแปรขนาดอนุภาคกัมมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติ 100% โมดูลัส ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้กัมมะถัน 0.5 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	84
4.18 ผลของการแปรขนาดอนุภาคกัมมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติ 300% โมดูลัส ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้กัมมะถัน 0.5 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	85

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 ผลของการแปรขนาดอนุภาคกำมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้กำมะถัน 0.5 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	85
4.20 ผลของการแปรขนาดอนุภาคกำมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติระยะยืดจนขาดของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้กำมะถัน 0.5 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	86
4.21 ผลของการแปรขนาดอนุภาคกำมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติ 100% โมดูลัสของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้กำมะถัน 0.5 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 90, 110, 120 และ 130 °C เป็นเวลา 30 นาที.....	86
4.22 ผลของการแปรขนาดอนุภาคกำมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติ 300% โมดูลัสของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้กำมะถัน 0.5 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 90, 110, 120 และ 130 °C เป็นเวลา 30 นาที.....	87
4.23 ผลของการแปรขนาดอนุภาคกำมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้กำมะถัน 0.5 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 90, 110, 120 และ 130 °C เป็นเวลา 30 นาที.....	87
4.24 ผลของการแปรขนาดอนุภาคกำมะถันดีสเพอร์ชันต่อสมบัติระยะยืดจนขาดของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้กำมะถัน 0.5 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 90, 110, 120 และ 130 °C เป็นเวลา 30 นาที.....	88
4.25 ผลของขนาดอนุภาคกำมะถันดีสเพอร์ชันต่อความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยง โดยใช้ปริมาณกำมะถัน 0.5, 1.25 และ 2.50 phr.....	90
4.26 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ จากกระบวนการจุ่มแบบพิมพ์ (Dipping) วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 30 นาที ใช้ขนาดอนุภาคกำมะถันดีสเพอร์ชัน 1.77 ไมครอน แปรปริมาณกำมะถันดังนี้ (A) แผ่นฟิล์มนี้ยางธรรมชาติไม่ผสมสารเคมี, (B) 0.5 phr, (C) 1.25 phr และ (D) 2.50 phr ตามลำดับศึกษาจากเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด ใช้กำลังขยาย 2000 เท่า.....	92

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.27 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้ขนาดอนุภาค กำมะถันคิสเฟอร์ชัน 5.10 ไมครอน ปริมาณ 1.25 phr วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110 °C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ดังนี้ (A) 10 min, (B) 30 min และ (C) 60 min ตามลำดับ ศึกษาจากเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด กำลังขยาย 2000 เท่า.....	93
4.28 ระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมเพาต์ ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 0–48 ชั่วโมง แปรขนาดอนุภาคของสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต โดยใช้ปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr.....	98
4.29 ระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมเพาต์ ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 0–28 ชั่วโมง ทำการแปรขนาดอนุภาคของสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต โดยใช้ปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต 1.0 phr.....	98
4.30 ระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมเพาต์ ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 0–28 ชั่วโมง ทำการแปรขนาดอนุภาคของสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต โดยใช้ปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต 2.25 phr.....	99
4.31 ผลของการแปรปริมาณและขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต ต่อสมบัติ 100% โมดูลัส ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที.....	103
4.32 ผลของการแปรปริมาณและขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต ต่อสมบัติ 300% โมดูลัส ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที.....	103
4.33 ผลของการแปรปริมาณและขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต ต่อสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่ อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที.....	104
4.34 ผลของการแปรปริมาณและขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต ต่อสมบัติระยะยืดจนขาด ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที.....	104

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.35 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาบาเมตต่อสมบัติ 100% โมดูลัสของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้สารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิล ไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	106
4.36 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาบาเมตต่อสมบัติ 300% โมดูลัสของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้สารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิล ไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	106
4.37 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาบาเมตต่อสมบัติ ความต้านทานต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้สารตัวเร่ง ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	107
4.38 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาบาเมตต่อสมบัติ ระยะยืดจนขาดของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้สารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิล ไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	107
4.39 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาบาเมตต่อสมบัติ 100% โมดูลัสของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้สารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิล ไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที...	108
4.40 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาบาเมตต่อสมบัติ 300% โมดูลัสของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้สารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิล ไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที...	108
4.41 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาบาเมตต่อสมบัติ ความต้านทานต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้สารตัวเร่ง ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที.....	109

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.42 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมตต่อสมบัติ ระยะยึดจับของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้สารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิล ไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr ทำการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที...	109
4.43 ผลของขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมตต่อความหนาแน่นของ พันธะเชื่อมโยง โดยใช้ปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr, 1.0 phr และ 2.25 phr.....	111
4.44 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้ขนาดอนุภาคของสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิล ไดไทโอคาร์บาเมต 3.64 ไมครอน แปรปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไดเอทิล ไดไทโอคาร์บาเมตดังนี้ (A) 0.25 phr, (B) 1.0 phr และ (C) 2.25 phr ศึกษาจากเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด กำลังขยาย 2000 เท่า.....	113
4.45 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ขนาดอนุภาคสาร ตัวเร่งซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต 3.64 μm วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ดังนี้ (A) 10 นาที, (B) 30 นาที และ (C) 60 นาที ตามลำดับ ศึกษาจากเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด กำลังขยาย 2000 เท่า.....	114
4.46 ระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมเพาด์ ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 0–28 ชั่วโมง แปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมต โดยใช้ สารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตปริมาณ 0.25 phr.....	119
4.47 ระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมเพาด์ ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 0–26 ชั่วโมง แปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมต โดยใช้ สารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตปริมาณ 1.50 phr.....	119
4.48 ผลของการแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บา เมตดีสเพอร์ชันต่อ 100% โมดูลัส ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่ อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที.....	123
4.49 ผลของการแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บา เมตดีสเพอร์ชันต่อ 300% โมดูลัส ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่ อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที.....	123

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.50 ผลของการแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อค่าความต้านทานต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที.....	124
4.51 ผลของการแปรขนาดอนุภาคและปริมาณของสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อสมบัติระยะยืดจนขาดของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที.....	124
4.52 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อ 100% โมดูลัส ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้ปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมต 1.50 phr วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	126
4.53 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อ 300% โมดูลัส ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้ปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	126
4.54 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อ ความต้านทานต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้ปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	127
4.55 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อ สมบัติระยะยืดจนขาดของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้ปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	127
4.56 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อ 100% โมดูลัส ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้ปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	128

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.57 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไคบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อ 300% โมดูลัส ของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้ปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไคบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	128
4.58 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไคบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อ ความต้านทานต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้ปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไคบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	129
4.59 ผลของการแปรขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไคบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อ สมบัติระยะยืดจนขาดของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ใช้ปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไคบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	129
4.60 ผลของขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไคบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันต่อ ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยง โดยใช้ปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไคบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมต 0.25 phr และ 1.50 phr.....	131
4.61 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ เมื่อใช้สารตัวเร่งซิงค์ไคบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันปริมาณ 1.50 phr มีขนาดอนุภาค 5.58 ไมครอน วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ดังนี้ (A) 10 นาที, (B) 30 นาที และ (C) 60 นาที ตามลำดับ ศึกษาจากเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด กำลังขยาย 2000 เท่า.....	133
4.62 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที ใช้ขนาดอนุภาคสารตัวเร่งซิงค์ไคบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชัน 5.58 ไมครอน โดยการแปรปริมาณสารตัวเร่งซิงค์ไคบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมตดีสเพอร์ชันดังนี้ (A) 0.25 phr และ (B) 1.50 phr ตามลำดับ ศึกษาจากเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด กำลังขยาย 2000 เท่า.....	134
4.63 ผลของขนาดอนุภาคสารเคมีผสมดีสเพอร์ชันต่อระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมเพาด์ ทำการบ่มน้ำยางคอมเพาด์ที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 0-48 ชั่วโมง.....	138

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.64 ผลของการแปรขนาดอนุภาคของสารเคมีผสมคิสเพอร์ชันต่อสมบัติ 100% โมดูลัสของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C ที่ระยะเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	141
4.65 ผลของการแปรขนาดอนุภาคของสารเคมีผสมคิสเพอร์ชันต่อสมบัติ 300% โมดูลัสของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C ที่ระยะเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	141
4.66 ผลของการแปรขนาดอนุภาคของสารเคมีผสมคิสเพอร์ชันต่อสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	142
4.67 ผลของการแปรขนาดอนุภาคของสารเคมีผสมคิสเพอร์ชันต่อสมบัติระยะยืดจนขาดของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที.....	142
4.68 ผลของการแปรขนาดอนุภาคของสารเคมีผสมคิสเพอร์ชันต่อสมบัติ 100% โมดูลัสของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที..	143
4.69 ผลของการแปรขนาดอนุภาคของสารเคมีผสมคิสเพอร์ชันต่อสมบัติ 300% โมดูลัสของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที..	143
4.70 ผลของการแปรขนาดอนุภาคของสารเคมีผสมคิสเพอร์ชันต่อสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที.....	144
4.71 ผลของการแปรขนาดอนุภาคของสารเคมีผสมคิสเพอร์ชันต่อสมบัติระยะยืดจนขาดของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที..	144
4.72 ผลของขนาดอนุภาคสารเคมีผสมคิสเพอร์ชันต่อสมบัติความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยง (Crosslink Density).....	146
4.73 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C ใช้ขนาดอนุภาคสารเคมีผสมคิสเพอร์ชัน 9.29 ไมครอน แปรระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ดังนี้ (A) 10 min, (B) 30 min และ (C) 60 min ตามลำดับ ศึกษาจากเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด กำลังขยาย 2000 เท่า.....	148

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.74	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแผ่นฟิล์มวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที แปรขนาดอนุภาคของสารเคมีผสมดีสเพอร์ชันดังนี้ (A) $1.76\ \mu\text{m}$, (B) $5.91\ \mu\text{m}$, (C) $9.29\ \mu\text{m}$, (D) $19.09\ \mu\text{m}$ และ (E) $44.00\ \mu\text{m}$ ตามลำดับ ศึกษาจากเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด กำลังขยาย 2000 เท่า..