สารบัญ

เรื่อง		หน้า
บทคัดย่อ		(5)
ABSTRACT		(6)
กิตติกรรมประกาศ		(7)
สารบัญ		(8)
สารบัญตาราง		(13)
สารบัญภาพ		(14)
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
	1.3 วัตถุประสงค์	5
บทที่ 2	**ทฤษฎี**	6
	2.1 ธรรมชาติของเสียงและสมบัติของเสียง	6
	2.1.1 อัตราเร็วเสียง	6
	2.1.2 ความเข้มเสียง	7
	2.2 สมบัติเชิงเสียงของพอลิเมอร์	9
	2.2.1 การสะท้อนเสียง	9
	2.2.2 การดูดกลืนเสียง	10
	2.3 การดูดซับเสียง	11
	2.3.1 วัสดุดูดซับเสียง	11
	2.3.2 วิธีการวัดการดูดซับเสียงโดยใช้ท่อคลื่นนิ่ง	13
	2.4 สมบัติเชิงกลแบบพลวัตของการบิด	15
	2.5 ยางธรรมชาติ	19
	2.6 ยางเคมีสำหรับยาง	20
	2.6.1 สารกระตุ้นเร่งปฏิกิริยายางคงรูป	20
	2.6.2 สารแอนติออกซิแดนท์	21
	2.6.3 สารตัวเติม	21
	2.7 เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ	22
	2.7.1 เส้นใยจากลำต้นหมาก	22
	2.7.2 การนำไปใช้	23
	2.7.3 เส้นใยจากลูกตาลโตนด	24
	2.7.4 การนำไปใช้	25
	2.7.5 ความแตกต่างของเส้นใยทั้งสองชนิด	25

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง		หน้า
	2. 8 การวัลคาไนซ์โดยกำมะถัน	26
	2.9 ความหนาแน่น	26
	2.10 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	27
	2.11 สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์	28
	2.11.1 ความเครียด (Strain)	28
	2.11.2 ความเค้น (Stress)	29
	2.11.3 คามอดูลัสของยัง (Young's modulus)	30
บทที่ 3	**วัสดุอุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย**	31
	3.1 วัสดุและสารเคมี	31
	3.1.1 ยางแท่ง	31
	3.1.2 สารเคมี	31
	3.1.3 สารตัวเติม	31
	3.1.3.1 เส้นใยภายในต้นหมาก	31
	3.1.3.2 เส้นใยลูกตาล	31
	3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	32
	3.2.1 กล้องจุลทรรศน์ Olympus รุ่น Motic Live Imaging Moduld	32
	3.2.2 เครื่องชั่งไฟฟ้า (Electronic balance)	32
	3.2.3 ตู้อบแห้ง (Hot Air Oven)	32
	3.2.4 เครื่องบดตัวอย่าง (Sample Grinder)	32
	3.2.5 เครื่องผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง (two-roll Mill)	32
	3.2.6 เครื่องรีโอมิเตอร์แบบหมุน (Oscillating Disc Rheometer, ODR)	33
	3.2.7 เครื่องขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบอัด (Compression Moulding)	34
	3.2.7.1 การเตรียม Rubber Compound	34
	3.2.7.2 การเตรียมแบบพิมพ์เพื่ออัดยาง	34
	3.2.7.3 การอัดยาง	35
	3.2.7.4 การกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการอัดยาง	35
	3.2.8 ชุดทดสอบสมบัติการดูดซับเสียงแบบคลื่นนิ่ง	35
	3.2.8.1 การเตรียมตัวอย่าง	35

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.9 ชุดทดสอบสมบัติเชิงพลวัตของการบิด	36
3.2.9.1 การเตรียมตัวอย่าง	36
3.2.9.2 การทดสอบ	36
3.2.10 เครื่องทดสอบสมบัติการดึง (Tensile Meter) รุ่น H10KS	37
3.2.10.1 การเตรียมตัวอย่าง	37
3.2.10.2 การทดสอบ	37
3.2.11 เครื่องวัดความหนาแน่น Electric Densimeter รุ่น MD-300S และ Minimum density resolution: 0.001	38
3.2.12 กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน (Scanning Electron Microscope, SEM) รุ่น Quanta 400 โดยมีกำลังขยายสูงสุดถึง 300,000 เท่า	38
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย	39
3.3.1 การเตรียมสารตัวเติม	39
3.3.1.1 เส้นใยจากลำต้นหมาก	39
3.3.1.2 เส้นใยจากลูกตาลโตนดที่สุก	40
3.3.2 ออกแบบสูตรยาง	40
3.3.3 การผสมยาง	41
3.3.4 การหาเวลาสุกของยาง	41
3.3.5 การอัดเบ้า	41
3.3.6 การทดสอบสมบัติการดูดซับเสียงของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล	41
3.3.6.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α)	41
3.3.7 การทดสอบความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ	42
3.3.8 การทดสอบสมบัติเชิงพลวัตของการบิด	42
3.3.9 การทดสอบสมบัติเชิงกล	44
3.3.10 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของโครงสร้างภายในและการเป็นรูพรุนของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล	45
บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายผลการวิจัย	46
4.1 ผลการศึกษาสมบัติการดูดซับเสียง (สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง; α)	46
4.1.1 แผ่นดูดซับเสียงผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณต่าง ๆ และเส้นใยลูกตาลปริมาณ 0 phr (ชนิดละเอียดและชนิดยาบ) ความหนา 1 mm และความหนา 3 mm	46

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.1.2 แผ่นดูดซับเสียงผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณต่าง ๆ และเส้นใยลูกตาลปริมาณ 10 และ 20 phr (ชนิดละเอียดและชนิดยาบ) ความหนา 1 mm และความหนา 3 mm	48
4.2 ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นของแผ่นดูดซับเสียงผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล	51
4.3 ผลการศึกษาสมบัติเชิงพลวัตการบิดโดยค่าแฟกเตอร์ของการสูญเสีย ($\tan\delta$) ของแผ่นดูดซับเสียงผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล	53
4.4 ผลการศึกษาสมบัติเชิงกลของแผ่นดูดซับเสียง	55
4.4.1 ความทนต่อแรงดึงและค่ามอดูลัส	55
4.4.1.1 ผลของเส้นใยลูกตาลที่ 0 phr และเส้นใยลูกตาลจากลำต้นหมากปริมาณต่างๆ ต่อความความทนต่อแรงดึงและค่ามอดูลัส	56
4.4.1.2 ผลของเส้นใยลูกตาลที่ 10 phr และเส้นใยลูกตาลจากลำต้นหมากปริมาณต่างๆ ต่อความความทนต่อแรงดึงและค่ามอดูลัส	59
4.4.1.3 ผลของเส้นใยลูกตาลที่ 20 phr และเส้นใยลูกตาลจากลำต้นหมากปริมาณต่างๆ ต่อความความทนต่อแรงดึงและค่ามอดูลัส	61
4.5 ผลการศึกษาโครงสร้างภายในโดยเครื่อง Scanning Electron Microscope	63
4.5.1 อิทธิพลของเส้นใยจากลำต้นหมากต่อโครงสร้างภายในของแผ่นตัวอย่าง	64
4.5.2 อิทธิพลของเส้นใยจากลูกตาลที่ปริมาณ 10 phr และเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณ ต่างๆ ต่อโครงสร้างภายในของแผ่นตัวอย่าง	65
4.5.3 อิทธิพลของเส้นใยจากลูกตาลที่ปริมาณ 20 phr และเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณ ต่างๆ ต่อโครงสร้างภายในของแผ่นตัวอย่าง	66
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	69
5.1 สมบัติการดูดซับเสียงของแผ่นดูดซับเสียงตัวอย่างจากยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล	69
5.2 ความหนาแน่นของแผ่นดูดซับเสียงตัวอย่างจากยางธรรมชาติเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล	70
5.3 สมบัติรีโอโลยีเชิงพลวัตของการบิดโดยค่าแฟกเตอร์ของการสูญเสีย ($\tan\delta$) ที่มีผลต่อการดูดซับเสียงของแผ่นดูดซับเสียงตัวอย่างจากยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล	70

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.4 สมบัติเชิงกลของแผ่นดูดซับเสียงตัวอย่างจากยางธรรมชาติเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล	70
5.5 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาลมาสร้างแผ่นดูดซับเสียง	71
5.6 ข้อเสนอแนะ	71
บรรณานุกรม	72
ภาคผนวก	75
ประวัติผู้เขียน	100

Prince of Songkla University
Pattani Campus

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	อัตราเร็วของเสียงที่อุณหภูมิ 25 ^{0}C	7
2.2	ระดับเสียงจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ	8
3.1	สูตรยางผสมและสารเคมีต่างๆในรูปจำนวน phr (part per hundred of rubber)	40
4.1	ค่า α กับความถี่ของแผ่นดูดซับเสียงความหนา 1 mm ที่ผสมเส้นใยจากลำต้นหมากชนิดละเอียดปริมาณต่าง ๆ และเส้นใยลูกตาลที่ 0 phr	46

Prince of Songkla University
Pattani Campus

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างต่างกันมีสมบัติในการดูดซับเสียงก็ต่างกัน	2
2.1	แสดงการสะท้อนเสียงของพอลิเมอร์นั้นเป็นสมบัติคู่ของตัวกลาง	9
2.2	ปรากฏการณ์สะท้อน ดูดกลืน และส่งผ่านเสียงของวัตถุ	11
2.3	การดูดซับเสียงของวัสดุที่มีกลไกการดูดซับเสียงแบบต่าง ๆ	12
2.4	แสดงกลไกการสลายพลังงานเสียงเนื่องจากความหนืด	13
2.5	ลักษณะของท่อคลื่นนิ่งและวิธีการวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่เกิดการตกกระทบตั้งฉากกับผิวชิ้นทดสอบ	13
2.6	ลักษณะคลื่นเสียงที่ตกกระทบวัสดุดูซับเสียง	14
2.7	การบิดไปมาด้วยมุม θ น้อยๆ (ชิ้นทดสอบเป็นแท่งกลม)	15
2.8	การบิดไปมาด้วยมุม θ น้อยๆ (ชิ้นทดสอบเป็นแท่งกลม)	15
2.9	แอมพลิจูดของการแกว่งที่ลดลงตามเวลา	16
2.10	สูตรโครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ	20
2.11	โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส	22
2.12	โครงสร้างของเส้นใยภายในต้นหมากถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า มีหลายองค์ประกอบคือ เนื้อเยื่อไซเล็ม (xylem) โฟลเอ็ม (phloem) พาเรงคิมา (parenchyma) และช่องว่างมีอากาศอยู่ภายใน	24
2.13	โครงสร้างของเส้นใยลูกตาลถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า มีหลายองค์ประกอบคือ เนื้อเยื่อไซเล็ม (xylem) โฟลเอ็ม (phloem) พาเรงคิมา (parenchyma) และช่องว่างมีอากาศอยู่ภายใน	25
2.15	การเชื่อมต่อโมเลกุลของยางด้วยกำมะถัน	26
2.14	แสดงหลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด	28
2.15	รูปทรงของชิ้นงานสำหรับทดสอบแรงดึง	29
2.16	กราฟความเค้นและความเครียด	30
3.1	ตัวอย่างชนิดของเส้นใย a.) เส้นใยต้นหมาก b.) เส้นใยลูกตาล	31
3.2	เครื่องบดตัวอย่าง (Sample Grinder)	32
3.3	เครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง (two roll mill)	32
3.4	เครื่องรีโอมิเตอร์แบบหมุน (Oscillating Disc Rheometer, ODR)	33
3.5	เครื่องขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบอัด (Compression Moulding)	35

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.6	ชุดทดสอบสมบัติการดูดซับเสียงที่สร้างขึ้น โดยใช้เครื่องกำเนิดเสียง รุ่น LAG-120B AUDIO GENERATOR.Japan	35
3.7	ชุดทดสอบสมบัติเชิงพลวัตของการบิด A. แผนภาพ B. ภาพถ่าย C. แหล่งกำเนิดเลเซอร์ D. เลเซอร์ที่ที่ตกกระทบกระจกเงาแล้วสะท้อนกลับมายังฉากรับที่มีสเกลสำหรับการวัดแอมพลิจูดของการแกว่ง E. ภาพวาดแอมปลิจูดที่ลดลงต่อเนื่องของแต่ละรอบการบิด	36
3.8	เครื่องทดสอบสมบัติการดึง (Tensile Meter)	37
3.9	เครื่องวัดความหนาแน่น	38
3.10	กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน (Scanning Electron Microscope, SEM) รุ่น Quanta 400	39
3.11	A เส้นใยจากต้นหมากที่อบแห้งก่อนการบด B ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์เส้นใยจากต้นหมากที่อบแห้งก่อนการบด C หลังการบดชนิดละเอียด (0.25 mm) และชนิดหยาบ (2 mm)	39
3.12	A. เส้นใยจากลูกตาลโตนดสุกที่อบแห้งก่อนการบด B. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์เส้นใยจากลูกตาลโตนดที่สุก C เส้นใยจากลูกตาลโตนดสุกที่อบแห้ง	40
3.13	แสดงลักษณะความดันสูงสุดและความดันต่ำสุด	42
4.1	ค่า α กับความถี่ของแผ่นดูดซับเสียงผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล ปริมาณ 0 phr ชนิดละเอียด A ความหนา 1 mm และ B ความหนา 3 mm	47
4.2	ค่า α กับความถี่ของแผ่นดูดซับเสียงผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล ปริมาณ 0 phr ชนิดหยาบ A ความหนา 1 mm และ B ความหนา 3 mm	48
4.3	โครงสร้างของเส้นใยภายในต้นหมากถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า มีหลาย องค์ประกอบคือ เนื้อเยื่อไซเล็ม (xylem) เนื้อเยื่อโฟลเอ็ม (phloem) พาเรงคิมา (parenchyma) และช่องว่างอากาศมีอากาศอยู่ภายใน	48
4.4	ค่า α กับความถี่ของแผ่นดูดซับเสียงผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล ปริมาณ 10 phr ชนิดละเอียด A ความหนา 1 mm และ B ความหนา 3 mm	49
4.5	ค่า α กับความถี่ของแผ่นดูดซับเสียงผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล ปริมาณ 10 phr ชนิดหยาบ A ความหนา 1 mm และ B ความหนา 3 mm	50

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.6	ค่า α กับความถี่ของแผ่นดูดซับเสียงผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล ปริมาณ 20 phr ชนิดละเอียด A ความหนา 1 mm และ B ความหนา 3 mm	50
4.7	ค่า α กับความถี่ของแผ่นดูดซับเสียงผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาล ปริมาณ 20 phr ชนิดหยาบ A ความหนา 1 mm และ B ความหนา 3 mm	51
4.8	โครงสร้างของเส้นใยภายในต้นหมากถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า มีหลายองค์ประกอบคือ เนื้อเยื่อไซเล็ม (xylem) เนื้อเยื่อโฟลเอ็ม (phloem) พาเรงคิมา (parenchyma) และช่องว่างอากาศมีอากาศอยู่ภายใน	51
4.9	แสดงค่าความหนาแน่นของแผ่นดูดซับเสียงความหนา 1 mm และ 3 mm ผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาลปริมาณ 0 phr A ชนิดละเอียด B ชนิดหยาบ	52
4.10	แสดงค่าความหนาแน่นของแผ่นดูดซับเสียงความหนา 1 mm และ 3 mm ผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาลปริมาณ 10 phr A ชนิดละเอียด B ชนิดหยาบ	52
4.11	แสดงค่าความหนาแน่นของแผ่นดูดซับเสียงความหนา 1 mm และ 3 mm ผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาลปริมาณ 20 phr A ชนิดละเอียด B ชนิดหยาบ	53
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่าง tanδ กับปริมาณสารตัวเติม (phr) ของแผ่นดูดซับเสียงความหนา 1 mm และ 3 mm ผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาลปริมาณ 0 phr A ชนิดละเอียด B ชนิดหยาบ	54
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่าง tanδ กับปริมาณสารตัวเติม (phr) ของแผ่นดูดซับเสียงความหนา 1 mm และ 3 mm ผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาลปริมาณ10 phr A ชนิดละเอียด B ชนิดหยาบ	54
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่าง tan δ กับปริมาณสารตัวเติม (phr) ของแผ่นดูดซับเสียงความหนา 1 mm และ 3 mm ผสมเส้นใยจากลำต้นหมากและเส้นใยลูกตาลปริมาณ 20 phr A ชนิดละเอียด B ชนิดหยาบ	55
4.15	A แสดงค่าความทนต่อแรงดึง B แสดงค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณ 3 phr และเส้นใยลูกตาล 0 phr ที่ความเร็วต่าง ๆ	56
4.16	A แสดงค่าความทนต่อแรงดึง B แสดงค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณต่างๆ และเส้นใยลูกตาล 0 phr ที่ความเร็ว 10 mm/min	57

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.17	A แสดงค่าความทนต่อแรงดึง B แสดงค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณต่างๆ และเส้นใยลูกตาล 0 phr ที่ความเร็ว 50 mm/min	57
4.18	A แสดงค่าความทนต่อแรงดึง B แสดงค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณต่างๆ และเส้นใยลูกตาล 0 phr ที่ความเร็ว 100 mm/min	58
4.19	A แสดงค่าความทนต่อแรงดึง B แสดงค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณต่างๆ และเส้นใยลูกตาล 0 phr ที่ความเร็ว 200 mm/min	58
4.20	A แสดงค่าความทนต่อแรงดึง B แสดงค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณต่างๆ และเส้นใยลูกตาล 10 phr ที่ความเร็ว 10 mm/min	59
4.21	A แสดงค่าความทนต่อแรงดึง B แสดงค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณต่างๆ และเส้นใยลูกตาล 10 phr ที่ความเร็ว 50 mm/min	60
4.22	A แสดงค่าความทนต่อแรงดึง B แสดงค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณต่างๆ และเส้นใยลูกตาล 10 phr ที่ความเร็ว 100 mm/min	60
4.23	A แสดงค่าความทนต่อแรงดึง B แสดงค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณต่างๆ และเส้นใยลูกตาล 10 phr ที่ความเร็ว 200 mm/min	61
4.24	A แสดงค่าความทนต่อแรงดึง B แสดงค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณต่างๆ และเส้นใยลูกตาล 20 phr ที่ความเร็ว 10 mm/min	62
4.25	A แสดงค่าความทนต่อแรงดึง B แสดงค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณต่างๆ และเส้นใยลูกตาล 20 phr ที่ความเร็ว 50 mm/min	62
4.26	A แสดงค่าความทนต่อแรงดึง B แสดงค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณต่างๆ และเส้นใยลูกตาล 20 phr ที่ความเร็ว 100 mm/min	63
4.27	A แสดงค่าความทนต่อแรงดึง B แสดงค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมเส้นใยจากลำต้นหมากปริมาณต่าง ๆ และเส้นใยลูกตาล 20 phr ที่ความเร็ว 200 mm/min	63
4.28	แสดงภาพจากเครื่อง SEM ของตัวอย่าง S3 กำลังขยาย 50 และ 100 เท่า ตามลำดับ	64
4.29	แสดงภาพจากเครื่อง SEM ของตัวอย่าง S5 กำลังขยาย 50 และ 100 เท่า ตามลำดับ	64
4.30	แสดงภาพจากเครื่อง SEM ของตัวอย่าง S1 กำลังขยาย 50, 100 และ 500 เท่า	65
4.31	แสดงภาพจากเครื่อง SEM ของตัวอย่าง S2 กำลังขยาย 50, 100 และ 500 เท่า	65

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.32	แสดงภาพจากเครื่อง SEM ของตัวอย่าง S3 กำลังขยาย 50, 100 และ 500 เท่า ตามลำดับ	66
4.33	แสดงภาพจากเครื่อง SEM ของตัวอย่าง S4 กำลังขยาย 50, 100 และ 500 เท่า ตามลำดับ	66
4.34	แสดงภาพจากเครื่อง SEM ของตัวอย่าง S5 กำลังขยาย 50, 100 และ 500 เท่า ตามลำดับ	66
4.35	แสดงภาพจากเครื่อง SEM ของตัวอย่าง S1 กำลังขยาย 50, 100 และ 500 เท่า ตามลำดับ	67
4.36	แสดงภาพจากเครื่อง SEM ของตัวอย่าง S2 กำลังขยาย 50, 100 และ 500 เท่า ตามลำดับ	67
4.37	แสดงภาพจากเครื่อง SEM ของตัวอย่าง S3 กำลังขยาย 50, 100 และ 500 เท่า ตามลำดับ	67
4.38	แสดงภาพจากเครื่อง SEM ของตัวอย่าง S4 กำลังขยาย 50, 100 และ 500 เท่า ตามลำดับ	68
4.39	แสดงภาพจากเครื่อง SEM ของตัวอย่าง S5 กำลังขยาย 50, 100 และ 500 เท่า ตามลำดับ	68

Prince of Songkla University Pattani Campus