

## คำนำ

การศึกษาการเตรียมเส้นใยจากใบสับปะรด และการแปรรูปเส้นใยไปไปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการนำใบสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการปลูกสับปะรดทั่วไปในประเทศ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในสถาบันการศึกษา การใช้ประโยชน์ในครัวเรือน และในอุตสาหกรรมขนาดเล็กต่อไป โดยศึกษาการเตรียมเซลลูโลสและอนุพันธ์ต่างๆ รวมทั้งศึกษาการเตรียมผลิตภัณฑ์จากเส้นใย เซลลูโลสและอนุพันธ์ เช่น การทำกระดาษกรอง พอลิเมอร์คอมพอสิตกับขยะพลาสติก เมมเบรน ไฮโดรเจล ตัวดูดซับสำหรับการกำจัดโลหะหนัก กระดาษผสมตัวดูดซับก๊าซเอทิลีนเพื่อชะลอการสุกของผลไม้ ซึ่งได้รับเงินสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2550-2551

ผศ.ดร.วิภา พลันสังเกตุ

( มิถุนายน 2554)

## บทคัดย่อ

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) พอลิเมอร์คอมโพสิตและผลิตภัณฑ์เส้นใยจากใบสับปะรด  
(ภาษาอังกฤษ) Polymer composites and products from pineapple leaf fiber

ชื่อผู้วิจัย ผศ.ดร. วิภา พลันสังเกตุ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ 07444-3946  
อ.ดร.พิมพ์ชนา สกทา สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ 07444-3946  
นายธนาท แซ่ด่าน

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภท งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2550-2551  
จำนวนเงิน 787,600 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 4 ปี ตั้งแต่ มีนาคม 2550 ถึง มิถุนายน 2554

ใบสับปะรดเป็นวัสดุการเกษตรเหลือทิ้งที่สามารถเพิ่มมูลค่าได้ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากใบสับปะรด แล้วนำมาทำผงเซลลูโลสและอนุพันธ์ต่างๆ เส้นใยสำหรับทำกระดาษและพอลิเมอร์คอมโพสิต และศึกษาการประยุกต์ใช้เพื่อถ่ายทอดให้กับชุมชนในท้องถิ่น การศึกษาพบว่า การเตรียมเส้นใยยาวทำได้ง่ายขึ้นเมื่อแช่ในน้ำคลอรีนเป็นเวลา 12 วัน ส่วนการเตรียมเส้นใยสั้นจากใบสับปะรดแช่แข็งจะทำได้ง่ายกว่าทำจากใบสับปะรดสด ผงเซลลูโลสขนาดต่ำกว่า 100 Mesh ที่ได้มีสมบัติใกล้เคียงกับทางการค้า แต่มีสีขาวน้อยกว่าเล็กน้อย และอนุพันธ์ที่เตรียมขึ้นคือ เซลลูโลสอะซิเตต เซลลูโลสโพรพิโอเนต เซลลูโลสเบนโซเอต คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส และเซลลูโลสพาราเอมิโนเบนโซเอตที่เตรียมขึ้น ยืนยันโครงสร้างด้วย อินฟราเรดสเปกตรัม (FT-IR spectrum)

ได้ศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิตของ เส้นใยที่ปรับพื้นผิวเป็น Propionylated fiber และ Benzoylated fiber พบว่าทั้ง 2 ชนิด รวมตัวกับพลาสติก LDPE และ PS ใน Xylene หรือ Toluene ที่ร้อนได้ดี ในปริมาณ 10 % w/w และอัตราส่วนที่เหมาะสมของพลาสติกผสม LDPE และ PS คือ 70 : 30 ได้ชิ้นงานมีลักษณะแข็งและเหนียว มีความยืดหยุ่นได้เล็กน้อย แข็งแรง เมื่อใช้เส้นใยย้อมสีในการเตรียมจะได้ชิ้นงานที่สีสวยงามและแข็งแรง สามารถนำไปใช้ในงานประดิษฐ์ต่างๆได้ พอลิเมอร์คอมโพสิตของเส้นใย Propionylated fiber และ Benzoylated fiber กับพลาสติก LDPE ให้ชิ้นงานที่ทนแรงดึงสูงได้ดีพอสมควร โดยพอลิเมอร์คอมโพสิตของเส้นใย Benzoylated

fiber และ LDPE ทนแรงดึงสูงกว่าซึ่งงานของ Propionylated fiber และ มีค่าการดูดซึมน้ำลดลง ซึ่งเป็นสมบัติที่ดีในการนำไปทำวัสดุชั้นนอกบ้าน พอลิเมอร์คอมพอสิตของเส้นใยคหยาบกับ PS และ LDPE นำมาอัดเป็นแผ่น ประกบแผ่นลามิเนต ได้ซึ่งงานที่สามารถนำไปใช้ทำอุปกรณ์และเฟอร์นิเจอร์ที่รับน้ำหนักปานกลางได้ดี แต่พลาสติก PET รวมตัวกับเส้นใยดัดแปลงได้ไม่ดีแต่สามารถรวมตัวกันได้ที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้ได้ศึกษาการเตรียมเซลลูโลสฟิล์มแล้วทำแผ่นเมมเบรนซึ่งสามารถแยกน้ำกับน้ำมันพืช และสกัดจากน้ำมันพืชได้เมื่อเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 2500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10-15 นาที

เซลลูโลสพาราแอมิโนเบนโซเอตที่เตรียมขึ้น แล้วนำมาศึกษาการดูดซับตะกั่วจากสารละลายตะกั่วที่เตรียมขึ้น พบว่าเซลลูโลสพาราแอมิโนเบนโซเอตสามารถดูดซับตะกั่วได้ 73 % ได้ดีกว่าผงเซลลูโลสจากใบสับปะรดที่ไม่ได้ดัดแปลงซึ่งดูดซับตะกั่วได้ 58 %

เมื่อนำเยื่อกระดาษที่ผ่านการฟอกและปรับสภาพเส้นใยมาทำกระดาษกรองโดยวิธีตะและผสมกาวและรีดแผ่นกระดาษด้วยจักรรีดยางจะได้กระดาษที่มีแผ่นเรียบ สามารถกรองสารละลายน้ำและ เอทานอลได้โดยไม่เปื่อยยุ่ยนานกว่า 10 นาที และได้สารละลายใส และได้เตรียมกระดาษใบสับปะรดผสมผงถ่านไม้ไผ่ละเอียด 10 % โดยน้ำหนัก ซึ่งสามารถเก็บผลมะนาวไว้ในถุงพลาสติกปิดสนิท ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อใส่กระดาษผสมถ่านจะสามารถยืดอายุการเก็บมะนาวไว้ได้นานเฉลี่ย 26.33 วัน (สูงสุดถึง 50 วัน)

## ABSTRACT

- Title** Polymer composites and products from pineapple leaf fiber
- Researchers**
1. Assist. Prof. Dr. Wipa Plansangkate, Department of Chemistry, Faculty of Science, Thaksin University. Tel 66-7444-3946
  2. Dr. Pimchana Hoktha, Department of Chemistry, Faculty of Science, Thaksin University. Tel 66-7444-3946
  3. Mr.Tanatorn Saedan
- 
- 

In this work, pineapple leaf fiber and cellulose powder (<100 mesh) have been prepared from fresh and frozen pineapple leaf which is agriculture by-product. Preparations and applications of cellulose acetate, cellulose propionate, cellulose benzoate, CMC and cellulose *p*-aminobenzoate from the pine apple-leaf cellulose powder (<100 mesh) have also been studied. Structural functional groups of cellulose and derivatives were investigated by IR spectroscopy. The surface chemical modification of the pineapple-leaf cellulose fibers have been done by acetylation, propionylation and benzylation. Pineapple-leaf fiber-reinforced composites were prepared from propionylated and benzyolated fibers with plastic waste, PS and LDPE. The results indicate a better compatibility between modified fibers with plastic and the modified fiber enhanced tensile property than untreated fiber.

The cellulose membrane were prepared by dissolving cellulose in NaOH/ urea or NaOH/ thiourea solvent with subsequent heating and film casing at 100 degree Celsius which can separate oil in water emulsion and oil from the mixture of hexane and oil. The removal of Pb<sup>+</sup> ion from water by using cellulose *p*-aminobenzoate adsorbant has been investigated. The results showed that cellulose *p*-aminobenzoate adsorbent can remove Pb<sup>+</sup> ion in 73 % better than untreated cellulose. Filter paper and bamboo-charcoal paper were prepared from the pineapple leaf fiber. The filter paper showed good quality for using in general laboratory. The study of bamboo-charcoal paper as an ethylene removal for delaying lime fruit ripening has been investigated. The results showed that lime fruits can be kept fresh for 26 days with Bamboo-charcoal paper in plastic bag.

## ประกาศคุณูปการ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ให้ความสะดวกในการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย

ขอขอบคุณนายธนนาทร แซ่ด่าน ผู้ช่วยวิจัย และนิสิตสาขาเคมีที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีเยี่ยม

คณะผู้วิจัย

## สารบัญ

บทที่	หน้า
<b>1</b> บทนำ.....	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย.....	1
วัตถุประสงค์.....	3
ขอบเขตการศึกษา.....	3
ทฤษฎี สมมุติฐาน หรือกรอบแนวความคิดของ โครงการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
สถานที่ และระยะเวลาการทำวิจัย.....	5
คำนิยามศัพท์.....	5
<b>2</b> เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
สับปะรด.....	6
เซลล์โลสและอนุพันธ์.....	7
คาร์บอกซีเมทิลเซลล์โลส.....	9
เทอร์โมพลาสติก.....	11
การผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิต.....	14
ไฮโดรเจลจากเซลล์โลส.....	16
การทำกระดาษจากใยธรรมชาติ.....	17
ถ่านไม้ไฟ .....	17
<b>3</b> วิธีดำเนินการวิจัย.....	19
วัสดุและอุปกรณ์.....	19
วิธีการดำเนินการวิจัย.....	20
<b>4</b> ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	43
ผลการศึกษาคาร์เตรียมเส้นใยจากใบสับปะรด.....	43
ผลการเตรียมผงเซลล์โลสจากใบสับปะรด .....	48
ผลการเตรียมอนุพันธ์เซลล์โลส.....	50
ผลการเตรียมเซลล์โลสพาราอะมิโนเบนโซอิกและศึกษาคัดซับ ไอออนตะกั่ว... ..	57
ผลการเตรียมเซลล์โลสอะซิเตดเมมเบรน และเซลล์โลสโพรพิโอเนตเมมเบรน.....	65

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (ต่อ)	
ผลการศึกษาการทำเมมเบรนและไฮโดรเจลจากเซลลูโลส ในสารละลาย NaOH/Thiourea หรือ NaOH/Urea.....	64
ผลการศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิต.....	71
ผลการทำกระดาษกรองและการทดสอบคุณภาพ.....	85
ผลการชะลอกการสุกและติดเชื้อของมะนาวด้วยกระดาษใยสับปะรดผสมผงถ่าน....	88
ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี.....	92
5 บทย่อ อภิปรายผล สรุป และข้อเสนอแนะ.....	93
บทย่อ.....	93
อภิปรายผล.....	94
สรุปผลการวิจัย.....	102
ข้อเสนอแนะ.....	103
บรรณานุกรม.....	105
ภาคผนวก.....	110

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แผนการฟอกเซลลูโลส.....	24
4.1 ผลการศึกษาการเตรียมเส้นใยยาวโดยการทดลองแช่ใบสับประรดในแหล่งน้ำธรรมชาติเปรียบเทียบกับน้ำประปา.....	43
4.2 ผลการศึกษาการเตรียมเส้นใยยาวโดยแช่ใบสับประรดในขวดแก้วในห้องปฏิบัติการ.....	44
4.3 แสดงผลการฟอกขาวเยื่อกระดาษใบสับประรดแช่แข็งด้วยสารละลาย NaClO....	45
4.4 แสดงผลการฟอกขาวเยื่อกระดาษจากใบสับประรดบดหยาบ(หลังการสกัด) ด้วยสารละลาย NaClO.....	46
4.5 ผลการเตรียมเซลลูโลส(ขนาด < 100 Mesh) จากใบสับประรด ด้วยวิธีต่างๆ.....	48
4.6 แสดงผลการเตรียม CMC ในอัตราส่วนต่าง ๆ.....	54
4.7 ผลการหาค่า Degree of substitution (DS) ด้วยวิธี A.S.T.M., D-1439-03.....	55
4.8 แสดงข้อมูลจาก IR spectrum (KBr) ของ Sodium <i>p</i> -aminobenzoate.....	57
4.9 แสดงข้อมูลจาก IR spectrum (KBr) ของ 6-bromo-6-deoxycellulose.....	58
4.10 แสดงข้อมูลจาก IR spectrum (KBr) ของเซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก.....	59
4.11 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของสารละลายตะกั่วที่ความเข้มข้น 0-5 ppm.....	60
4.12 แสดงการดูดซับตะกั่วของ เซลลูโลสควบคุม และเซลลูโลสจากใบสับประรด....	62
4.13 แสดงการดูดซับตะกั่วของ เซลลูโลสควบคุมและ เซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก.....	64
4.14 แสดงผลการเตรียมเซลลูโลสเมมเบรน (ที่เตรียมจากเซลลูโลสจากใบสับประรดในสารละลาย NaOH/Thiourea หรือ NaOH/Urea).....	66
4.15 แสดงผลการเตรียมเซลลูโลสเมมเบรน (ที่เตรียมจากเซลลูโลสจากใบสับประรดในสารละลาย NaOH/Urea อัตราส่วน 6:5 และที่ 100 องศาเซลเซียส).....	68
4.16 แสดงผลการแยกสารของเซลลูโลสเมมเบรน (ที่เตรียมจากเซลลูโลสจากใบสับประรดในสารละลาย NaOH/Urea).....	70
4.17 ลักษณะของของผสมระหว่างเส้นใยกับ PET หลังทำการอัดและหลอมให้ความร้อน.....	73

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.18 ลักษณะพอลิเมอร์คอมโพสิตเบื้องต้น จากพลาสติกชนิด PET 5 กรัม และที่ เวลาในการผสมเส้นใย อุณหภูมิ ขนาด และปริมาณของเส้นใยต่างๆ.....	73
4.19 แสดงการทนแรงดึงสกรูของเส้นใยชนิดต่างๆที่ผสมกับพลาสติก Polystyrene (1:1).....	79
4.20 แสดงสรุปการทนแรงดึงสกรูของพอลิเมอร์คอมโพสิตชนิดต่างๆที่ ผสมกับพลาสติก Polystyrene (อัตราส่วน 1: 1).....	79
4.21 แสดงการทนแรงดึงสกรูของเส้นใยชนิดต่างๆที่ผสมกับพลาสติก LDPE (1: 2)	80
4.22 แสดงสรุปการทนแรงดึงสกรูของพอลิเมอร์คอมโพสิตชนิดต่างๆที่ผสม กับพลาสติก LDPE ( 1:2).....	80
4.23 พื้นที่หน้าตัด ( <i>A</i> ) และความยาว ( <i>l</i> ) ของชิ้นงานพอลิเมอร์คอมโพสิต (LDPE กับเส้นใยใบสับประรด).....	81
4.24 ค่าความต้านทานและน้ำหนักของชิ้นงานพอลิเมอร์คอมโพสิต (LDPE กับเส้น ใยใบสับประรด) หลังการแช่น้ำที่เวลาต่างๆ.....	82
4.25 แสดงค่าร้อยละความชื้น (Moisture content) และสภาพนำไฟฟ้าของ พอลิเมอร์คอมโพสิต (LDPE กับเส้นใยใบสับประรด).....	83
4.26 แสดงผลของการปรับปรุงคุณภาพของกระดาษกรอง .....	88
4.27 ผลการทดลองการชะลอกการสุก ของมะนาวที่อุณหภูมิห้อง.....	88
4.28 ผลการทดลองการชะลอกการสุก ของมะนาวที่อุณหภูมิต่ำ (ตู้เย็น).....	89

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะของใบและผลของสับปะรด.....	6
2.2 สูตรโครงสร้างเซลลูโลส.....	7
2.3 โครงสร้างพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก.....	11
2.4 สูตรโครงสร้างทางเคมีของโพลีเอทิลีน (Polyethylene).....	12
2.5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก โพลีเอทิลีน (Polyethylene).....	13
3.1 การเตรียมเส้นใยยาวจากใบสับปะรด.....	21
3.2 ใบสับปะรดสดตัดสั้นและกากใบสับปะรดบดหยาบที่ผ่านการสกัด.....	23
3.3 การทำกระดาษจากใบสับปะรดตัดสั้นและกากใบสับปะรดบดหยาบที่ผ่านการสกัด	23
3.4 การเตรียม CMC ในอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า.....	28
3.5 การเตรียม CMC ในตัวทำละลาย isopropyl alcohol, 15% NaOH และอัตราส่วน เซลลูโลสต่อ MCA ที่ 1 : 1 โดยใช้เซลลูโลสจากใบสับปะรดขนาด 100 Mesh....	28
3.6 แสดงแผนภาพการสังเคราะห์เซลลูโลสพาราแอมิโนเบนโซอิก.....	29
3.7 การทำชิ้นงานพอลิเมอร์คอมพอสิตจากใยสับปะรดผสมพลาสติก.....	33
3.8 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบแรงดึงสกรูและการทดสอบแรงดึงสกรู.....	34
3.9 ชิ้นงาน Composite ระหว่างเซลลูโลสจากใบสับปะรดกับ LDPE ที่ฉาบด้วยกาว เงินสำหรับการตรวจวัดสภาพนำไฟฟ้าและการดูดซับน้ำ.....	35
4.1 ใบสับปะรดสดแช่น้ำ น้ำประปา น้ำจืดจากคลอง และน้ำเค็มจากทะเล 12 วัน เปลี่ยนน้ำทุก 2 วัน.....	44
4.2 เส้นใยยาวจากใบสับปะรด.....	44
4.3 การฟอกเส้นใยจากใบสับปะรดด้วย 10% NaClO และการทำกระดาษ.....	47
4.4 กระดาษจากใบสับปะรดสด แช่แข็ง และกากจากการสกัด กระดาษชุบขมิ้น เทียบกับกระดาษ Whatman no. 1.....	48
4.5 ผงเซลลูโลสจากใบสับปะรดที่ไม่ผ่านการฟอกและผ่านการฟอกด้วย สารละลาย H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> และ สารละลาย NaClO .....	49
4.6 แสดง IR spectrum (KBr) ของ Cellulose เตรียมจากใบสับปะรด.....	49
4.7 แสดง IR spectrum (KBr) ของ Cellulose acetate เตรียมจากใบสับปะรด.....	51

## สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8 แสดง $^1\text{H-NMR}$ spectrum ( $\text{CDCl}_3$ ) ของ Cellulose acetate ที่เตรียมจากใย สับปะรด.....	51
4.9 แสดงแผ่นฟิล์มเซลลูโลสอะซิเตดจากใยสับปะรด.....	52
4.10 แสดง IR spectrum (KBr) ของ Cellulose propionate เตรียมจากใยสับปะรด.....	52
4.11 $^1\text{H-NMR}$ spectrum ( $\text{CDCl}_3$ ) ของเซลลูโลสโพรพิโอเนต.....	53
4.12 แสดง IR spectrum (KBr) ของ Cellulose benzoate ที่เตรียมจากใยสับปะรด.....	53
4.13 ผง CMC เกรดการค้า (CG) , ผง CMC จากเซลลูโลสจาก Fluka และ ผง CMC จาก เซลลูโลสจากใยสับปะรดขนาด 100 Mesh.....	55
4.14 แสดง IR spectrum (KBr) ของ CMC ที่เตรียมจากใยสับปะรด.....	56
4.15 แสดง IR spectrum (KBr) ของ Sodium <i>p</i> -aminobenzoate .....	57
4.16 แสดง IR spectrum (KBr) ของ 6-bromo-6-deoxycellulose.....	58
4.17 แสดง IR spectrum (KBr) ของเซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก.....	59
4.18 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของสารละลายตะกั่วที่ความเข้มข้น 0-5 ppm.....	60
4.19 กราฟแสดง Calibration curve ของสารละลายตะกั่วที่ความเข้มข้น 0-5 ppm โดย เทคนิคคิฟเฟอร์เนเชี่ยลพัลส์อะโนดิกสทริปปิง โวลแทมเมตรี.....	61
4.20 แสดงค่ากระแสไฟฟ้า เซลลูโลสควบคุมครั้งที่ 1-3 .....	62
4.21 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของเซลลูโลสจากใยสับปะรดครั้งที่ 1-3.....	62
4.22 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของ เซลลูโลสควบคุมของเซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก.	63
4.23 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของเซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิกครั้งที่ 1-2.....	63
4.24 ลักษณะผง (ก) เซลลูโลส (ข) 6-bromo-6-deoxycellulose (ค)เซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก และ(ง)คอลลัมน์ที่ใช้.....	64
4.25 แสดงผลการเตรียมเซลลูโลสอะซิเตดเมมเบรนและเซลลูโลสโพรพิโอเนต เมมเบรน.....	65
4.26 เซลลูโลสเมมเบรนจากเซลลูโลส( Fluka)ในสารละลาย NaOH/ureaอัตราส่วน 6:5 และที่ 100 องศาเซลเซียส.....	69

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.27 เซลลูโลสเมมเบรนจากเซลลูโลสไบสับปะรดในสารละลาย NaOH/urea อัตราส่วน 6:5 และที่ 100 องศาเซลเซียส.....	69
4.28 แสดง IR สเปกตรัม (KBr) ของ acetylated fiber สำหรับพอลิเมอร์คอมโพสิต	71
4.29 แสดง IR สเปกตรัม (KBr) ของ benzoyleted fiber สำหรับพอลิเมอร์คอมโพสิต	72
4.30 เส้นใย เซลลูโลสจากไบสับปะรด และเส้นใยดัดแปลง.....	72
4.31 แสดงเส้นใยบดละเอียดและพลาสติก PET จากขวดบรรจุน้ำดื่ม.....	74
4.32 แสดงของผสมพลาสติกกับเส้นใยที่ได้จากวิธีใช้ตัวทำละลาย DMF.....	74
4.33 แสดงของผสมพลาสติกกับเส้นใยที่ได้หลังการอัด.....	75
4.34 แสดงลักษณะของพอลิเมอร์คอมโพสิตที่ได้จากการเตรียม Acetylated fiber.....	75
4.35 แสดงลักษณะของพอลิเมอร์คอมโพสิตที่ได้จาก Benzoyleted fiber (ก) ใช้เส้นใย 0.5 กรัม และ(ข)ใช้เส้นใย 0.3 กรัม กับพลาสติก PET 5 กรัม..	75
4.36 ภาพคอมพอสิตระหว่าง พลาสติก(LDPE +PS) กับ 10 % w/w เส้นใยไบสับปะรด ที่ไม่ดัดแปลง เส้นใย Propionated และเส้นใย Benzoyleted.....	76
4.37 ภาพ คอมพอสิตระหว่างพลาสติก(LDPE +PS) กับ 10% , 10% และ 20% เส้นใย Propionated.....	77
4.38 แบบพิมพ์สำหรับทำชิ้นงาน Composite ขนาด 5 x 5 x 1 เซนติเมตรและเครื่องอัด ..	77
4.39 ชิ้นงาน Composite ชนิดต่าง ๆของเส้นใยเซลลูโลสกับพลาสติก Polystyrene และ เส้นใยเซลลูโลสกับLDPE.....	78
4.40 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความชื้นของชิ้นงานพอลิเมอร์ Composite (LDPE กับ เส้นใยไบสับปะรด)กับเวลาที่ใช้ในการแช่ชิ้นงานในน้ำ.....	83
4.41 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสภาพนำไฟฟ้าของชิ้นงานพอลิเมอร์ Composite (LDPE กับเส้นใยไบสับปะรด)กับเวลาที่ใช้ในการแช่ชิ้นงานในน้ำ.....	84
4.42 ชิ้นงานเส้นใยบดหยาบ (เหลือจากการสกัด) ผสมพลาสติกชนิด Polystyrene (PS) และภาพตัดขวางชิ้นงาน.....	85
4.43 แสดงลักษณะของกระดาษแบบซ้อน.....	84
4.44 แสดงลักษณะภายนอกของกระดาษแบบตะ.....	86

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.45 กราฟแสดงอายุการเก็บมะนาวเมื่อใช้กระดาษจากใยสับประรดผสมผงถ่านที่ อุณภูมิห้อง.....	89
4.46 กราฟแสดงอายุการเก็บมะนาวเมื่อใช้กระดาษจากใยสับประรดผสมผงถ่าน ที่อุณภูมิต่ำ(ตู้เย็น).....	90
4.47 แสดงการเก็บมะนาวใส่ถุงพลาสติก เมื่อใช้กระดาษจากใยสับประรดผสมผงถ่าน ที่อุณภูมิห้อง เป็นเวลาสูงสุด 50 วัน.....	91
4.48 แสดงการเก็บมะนาวใส่ถุงพลาสติก เมื่อใช้กระดาษจากใยสับประรดผสมผงถ่าน ที่อุณภูมิต่ำ(ตู้เย็น).....	92