ผลของการปรับผิวเส้นใยต่อสมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของคอมโพสิตเส้นใยใบสับปะรดและพอลิแล็กติกแอซิด

Effect of Surface Modifications of Fiber on the Mechanical properties and Morphology of Poly (lactic acid) and Pineapple Leaf Fiber Composite

พุทธชาติ สร้อยสน[1,*] และ ศุภัตรา ประทุมชาติ[2]

*[*1] สาขาวิชาทักษะชีวิต วิทยาลัยเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมการต่อเรือหนองคาย สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1*
[2]ภาควิชาเคมี สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการนำเส้นใยใบสับปะรดมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงในพอลิแล็กติกแอซิดในอัตราส่วนต่างๆ โดยศึกษา 1) ผลของการปรับผิวเส้นใยใบสับปะรดด้วยสารเคมี คือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 4%โดยน้ำหนัก 2) ศึกษาผลของการทดสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุคอมโพสิท และ 3) ศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยหลังการปรับผิว และสัณฐานวิทยาของวัสดุคอมโพสิทหลังการทดสอบสมบัติเชิงกลในอัตราส่วนต่างๆ โดยก่อนการเตรียมคอมโพสิทนั้นทำการปรับผิวเส้นใยใบสับปะรดด้วยสารละลายสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์และผสมกับพอลิแล็กติกแอซิดในอัตราส่วน 0%, 5%, 10% และ 20% ก่อนขึ้นรูปและทดสอบสมบัติเชิงกล และศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใย และบริเวณรอยแตกของวัสดุคอมโพสิท พบว่า 1) ผลการปรับผิวเส้นใยทำให้ผิวของเส้นใยมีความขรุขระมากกว่าเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับผิวใน 2) ขณะที่การทดสอบสมบัติเชิงกล เช่น การทนแรงดึงของวัสดุคอมโพสิต พบว่า ค่าการทนแรงดึง และร้อยละการยืด ณ จุดขาดมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับพอลิแล็กติกแอซิดบริสุทธิ์ โดยผลจากการทดสอบความต้านทานแรงกระแทก พบว่า ค่าความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุคอมโพสิตมีค่าสูงกว่าพอลิแล็กติกแอซิดบริสุทธิ์ ซึ่งสมบัติการทนแรงดึง และความต้านทานแรงกระแทกของคอมโพสิตขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของเส้นใยใบสับปะรดที่ใส่ลงในพอลิแล็กติกแอซิด และ 3) จากการศึกษาสันฐานวิทยาผลของการปรับผิวของเส้นใยใบสับปะรดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope, SEM) ของคอมโพสิตหลังจากทดสอบแรงดึงและความต้านทานแรงกระแทก แสดงลักษณะผิวที่แตกพบว่าเส้นใยใบสับปะรดที่ไม่ผ่านการปรับผิวมีลักษณะหลุดออกจากเมทริกซ์เมื่อเทียบกับคอมโพสิตที่ใส่เส้นใยที่ปรับผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

คำสำคัญ : เส้นใยใบสับปะรด, การปรับผิวเส้นใย, สมบัติเชิงกล

Abstract

The objective of this research was study on the effect of the addition of Pineapple Leaf Fiber (PALF) to reinforce polylactic acid (PLA)composite (PALF/PLA). This work aimed to study 1. effect of fiber surface modification by sodium hydroxide solution. 2. The effects of untreated and pretreated fiber on the

mechanical properties. And the studies of SEM micrographs of surface treatment PALF and surface morphologies after mechanical tested. The result showed a rough surface while untreated PALF revealed less roughness. The tensile testing showed the tensile strength at break and percentile of elongation at break of PALF/PLA composite are lower than that of neat PLA. While the impact strength of composites are higher than neat PLA. The Mechanical properties of PALF/PLA composites are depend on the amount of fiber added into PLA and surface treatment of the fiber. Result from scanning electron microscopy (SEM) showed of the composite samples after mechanical testing showed more fiber pull out behavior of untreated fiber than the pretreated fiber composite sample.

Keywords : Pineapple leaf fiber**(**PALF**)**, fiber surface treatment, Mechanical properties

1. บทนำ

เส้นใยธรรมชาติเป็นเส้นใยที่ได้จากวัตถุดิบจากธรรมชาติ ซึ่งมีข้อดีคือเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ อาทิ เส้นใยใบสับปะรด (Pineapple leaf fiber, PALF) ได้จากการเตรียมจากใบสับปะรดสดที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร ซึ่งภายในมีปริมาณเส้นใยปริมาณมากและมีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรง เนื่องจากมีค่า tensile strength เท่ากับ 413-672 MPa และ Young's Modulus เท่ากับ 34.5-82.51 GPa เมื่อเทียบกับเส้นใยปอ หรือเส้นใยอื่นๆซึ่งเป็นเส้นใยที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพบว่า tensile strength เท่ากับ 46.4 MPa และ Young's Modulus เท่ากับ 7.2 GPa [1] เส้นใยใบสับปะรดมีค่าสูงกว่าเส้นใยปอ เนื่องจากมีปริมาณของเซลลูโลสถึง 70-82% และเส้นใยมีขนาดเล็ก จากสมบัติข้างต้นทำให้เหมาะแก่การนำมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงเมื่อเทียบกับเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่น โดยนิยมนำมาเป็นวัสดุเสริมแรงในพอลิเมอร์ ทำให้ได้วัสดุที่น้ำหนักเบา โดยมากนำมาเป็นวัสดุขึ้นรูปชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องบิน หรือวัดุที่เกี่ยวข้องกับพาหนะ นอกจากนี้วัสดุยังมีความสามารถในการย่อยสลายได้เองทางธรรมชาติ ซึ่งทำให้วัสดุนั้นเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อาทิ พอลิแล็กติกแอซิด (Poly(lactic acid), หรือ PLA ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีสมบัติเฉพาะในการย่อยสลายได้ในทางธรรมชาติ นอกจากนี้พอลิแล็กติกแอซิดยังมีสมบัติอื่นที่น่าสนใจ อาทิ มีลักษณะใส มีความแวววาวสูง มีความแข็งแรง ทนต่อแรงกระแทก ด้วยสมบัติดังกล่าวจึงทำให้เป็นอีกทางเลือกในการเลือกใช้เป็นส่วนประกอบในคอมโพสิต อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเมื่อมีการใส่เส้นใยลงในพอลิเมอร์แล้วทำให้คุณสมบัติ tensile strength, flexural และ impact ของคอมโพสิตมีสมบัติลดลง จึงมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการปรับผิวของเส้นใยก่อนนำไปผสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเส้นใยเมื่อนำไปผสมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่น ๆ เช่น การศึกษาการปรับผิวเส้นใยธรรมชาติด้วยสารเคมี อาทิ Alkaline Treatment, Silane Treatment และ Isocyanate Treatment เป็นต้น พบว่าผลจากการปรับผิวเส้นใยช่วยเพิ่มผิวสัมผัสระหว่างเมทริกซ์กับผิวเส้นใยได้มากขึ้น และลดความสามารถในการดูดซับน้ำได้ [2] สำหรับการศึกษาผลของการปรับผิวเส้นใยใบสับปะรดด้วย Alkaline Treatment และเส้นใยใบสับปะรดที่ผ่านการเคลือบด้วย epoxy resin พบว่าผลการปรับผิวด้วย Alkaline Treatment ทำให้ค่า tensile strength และ modulus ของเส้นใยใบสับปะรดมีค่าสูงขึ้น [3]

นอกจากนี้ได้มีศึกษาถึงผลของการปรับผิวเส้นใยธรรมชาติด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ พบว่า เส้นใยที่ผ่านการปรับผิวด้วยสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ มีค่า tensile strength ลดลงแต่เส้นใยที่ผ่านการปรับผิวด้วยสารละลายไซเลน benzoylation และ peroxide treatment มีค่า fiber strength, fiber- matrix adhesion สูงขึ้น [4]

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษา 1) ผลของการปรับผิวเส้นใยใบสับปะรดด้วยสารเคมี คือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 4% โดยน้ำหนัก 2) ศึกษาผลของการทดสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุคอมโพสิท และ 3) ศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยหลังการปรับผิว และสัณฐานวิทยาของวัสดุคอมโพสิทหลังการทดสอบสมบัติเชิงกลในอัตราส่วนต่าง ๆ

3. สมมติฐาน

ผลของการปรับผิวเส้นใยใบสับปะรดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สามารถเพิ่มความเข้ากันได้ของพอลิเมอร์เมทริกซ์และเส้นใย โดยส่งผลต่อการเพิ่มสมบัติเชิงกลของวัสดุคอมโพสิตได้มากขึ้นกว่าพอลิแล็กติกแอซิด และผลจากการศึกษาสัณฐานวิทยาของวัสดุคอมโพสิตนั้น พบว่าความสามารถในการยึดติดระหว่างผิวเส้นใยและเมทริกซ์มีสูง

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การเตรียมเส้นใยใบสับปะรดและการปรับผิวเส้นใย

4.1.1 การเตรียมเส้นใยใบสับปะรด

นำใบสับปะรดสดล้างให้สะอาด ตัดใบสับปะรดให้มี ขนาด 6 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปผสมน้ำและปั่นด้วยเครื่องปั่นเส้นใยนาน 10 วินาที กรองและแยกเอาเฉพาะกากและเส้นใย ซึ่งเส้นใยที่ได้เรียก เส้นใยหยาบ นำเส้นใยหยาบทำให้แห้ง ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำเส้นใยหยาบแห้งมาทำการปั่นด้วยเครื่องปั่นเส้นใยแห้ง ที่อัตราเร็ว 25,000 rpm เป็นเวลา 1 นาที ทำการร่อนเพื่อแยกเส้นใยแห้ง

4.1.2 การปรับผิวเส้นใยใบสับปะรดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

นำเส้นใยใบสับปะรดแห้งอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 4%โดยน้ำหนัก นาน 3 ชั่วโมง กรองและล้างเส้นใยใบสับปะรดด้วยน้ำกลั่น 1 ลิตร กรองและนำเส้นใยที่ได้อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.2 การเตรียมชิ้นงาน

นำเส้นใยใบสับปะรดมาผสมกับเม็ดพลาสติก Polylactic acid (Neat PLA) เกรด 5060B น้ำหนักโมเลกุล 136,357 g/mol ตามอัตราส่วนของเส้นใยใบสับปะรดแห้ง (0, 5, 10 และ 20 % โดยน้ำหนัก) ด้วยเครื่องผสมแบบให้ความร้อนแบบ 2 ลูกกลิ้ง โดยความเร็วลูกกลิ้งหน้า 3 rpm และลูกกลิ้งหลัง 4 rpm อุณหภูมิลูกกลิ้งหน้า 165±5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลูกกลิ้งหลัง 90±5 องศาเซลเซียส โดยเวลาในการผสม 25-30 นาที จากนั้นนำคอมโพสิตที่ได้ทำการอัดแผ่นด้วยเครื่องกดอัด (compression molding) ให้มีความหนา 1 และ 3 mm ที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส เวลา 3 นาที ที่ความดัน 110 kg/cm^3

4.3 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน การทดสอบสมบัติเชิงกลและการศึกษาสัณฐานวิทยา

4.3.1 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของเส้นใยใบสับปะรด

นำเส้นใยใบสับปะรดที่ไม่ผ่านการปรับผิว (untreated PALF) การปรับผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (pretreated PALF) อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทำ

การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) ช่วงเลขคลื่น 4,000-400 cm^{-1}

4.3.2 การทดสอบสมบัติเชิงกล

การทนแรงดึงของ PALF/PLA Composites นำแผ่น PALF/PLA composites และ PLA บริสุทธิ์ ตัดให้ได้ขนาดตามการทดสอบ ASTM D638 type I ด้วยเครื่อง Tensile โดยใช้ load cell 1kN, อัตราเร็วในการดึง 5 mm/min และ gauge length 50 mm จำนวนชิ้นงานที่ใช้ทดสอบ 7 ชิ้น จากนั้นนำบริเวณรอยแตกของชิ้นงาน มาทำการศึกษาสัณฐานวิทยาต่อไป

ความต้านทานแรงกระแทกของ PALF/ PLA composites นำแผ่น PALF/ PLA composites และ PLA บริสุทธิ์ ตัดให้ได้ขนาดตามการทดสอบ ASTM D256 Izod Impact โดยนำชิ้นงานมาทำการบาก 45° V-notch และทดสอบด้วยเครื่อง impact machine (ITR- 2000 Radmana) ทำการทดสอบที่1 kN-load จากนั้นนำบริเวณรอยแตกของชิ้นงานมาทำการศึกษาสัณฐานวิทยาต่อไป

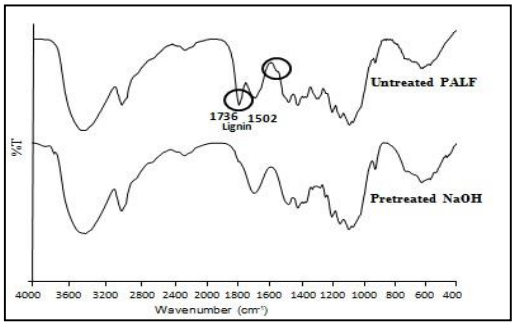
4.3.3 การศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยใบสับปะรด และ PALF/PLA composites

นำเส้นใยใบสับปะรดที่ผ่านและไม่ผ่านการปรับผิว และชิ้นงานหลังการทดสอบสมบัติเชิงกล ตัดบริเวณรอยแตกของชิ้นงานโดยระยะห่างจากรอยแตกประมาณ 2 มิลลิเมตร และทำการศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น Leo 1455vp ที่สนามไฟฟ้าในช่วง 1-40 keV

5. ผลและอภิปราย

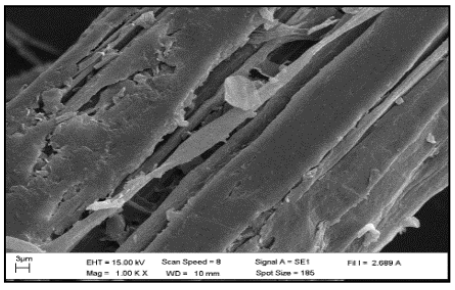
5.1 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันและสัณฐานวิทยาของเส้นใย

การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของเส้นใยใบสับปะรดด้วยเทคนิค FTIR เส้นใยใบสับปะรดทั้งหมด 2 ประเภท ได้แก่ 1) เส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับผิว (untreated PALF) 2) เส้นใยใบสับปะรดที่ผ่านการปรับผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (pretreated PALF)

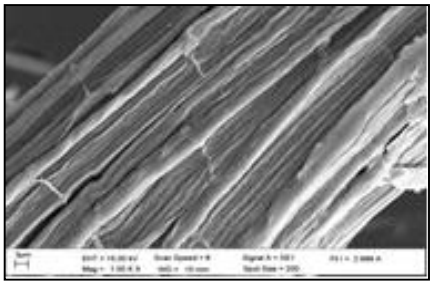


รูปที่ 1 IR spectra ของเส้นใยสับปะรดที่ไม่ผ่านการปรับผิว (Untreated PALF) และผ่านการปรับผิวเส้นใยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Pretreated PALF)

จากรูปที่ 1 พบว่า หลังจากเส้นใยใบสับปะรดผ่านการปรับผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้ว ไม่พบเลขคลื่นที่ตำแหน่ง 1736 cm^{-1} และ 1502 cm^{-1} ซึ่งเป็นของ lignin โดยเลขคลื่นที่ตำแหน่งดังกล่าวแสดงถึงองค์ประกอบของเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับผิว เนื่องจากการปรับผิวเส้นใยเป็นการกำจัดส่วนที่ไม่ใช่ cellulose ออกจากโครงสร้าง เช่น lignin, wax และ hemicelluloses เป็นต้น ซึ่งจากโครงสร้างพบว่าเส้นใยที่ผ่านการปรับผิวนั้นคงเหลือเฉพาะโครงสร้างของเซลลูโลส [3]



(a)



(b)

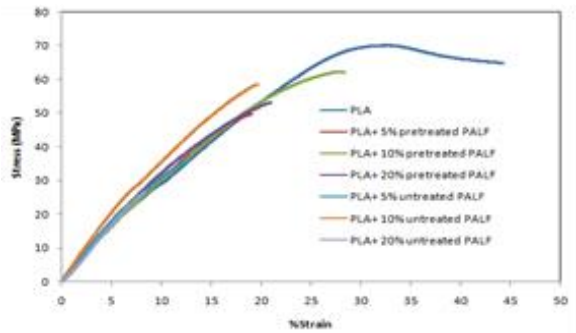
รูปที่ 2 SEM micrographs ของเส้นใยใบสับปะรดที่กำลังขยาย 1000x (a) ไม่ผ่านการปรับผิว (b) ปรับผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 4% โดยน้ำหนัก

จากการศึกษาสัณฐานวิทยาเปรียบเทียบลักษณะผิวของเส้นใยใบสับปะรดที่ไม่ผ่านการปรับผิว และผ่านการปรับผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 4% โดยน้ำหนัก แสดงในรูปที่ 2 พบว่าผิวเส้นใยที่ปรับผิวมีลักษณะขรุขระ และสามารถมองเห็นร่องลึกได้ชัดเจนกว่าเส้นใยใบสับปะรดที่ไม่ผ่านการปรับผิว ซึ่งเกิดจากการกำจัดสิ่งที่ไม่ใช่ cellulose ของเส้นใยออกไป

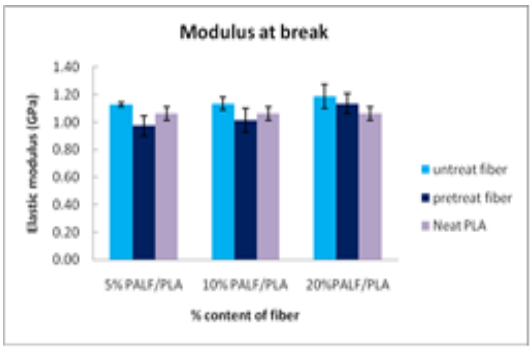
5.2 การทดสอบสมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของ PALF/PLA composites

5.2.1 การทนแรงดึงและสัณฐานวิทยาของ PLA บริสุทธิ์และ PALF/PLA composites

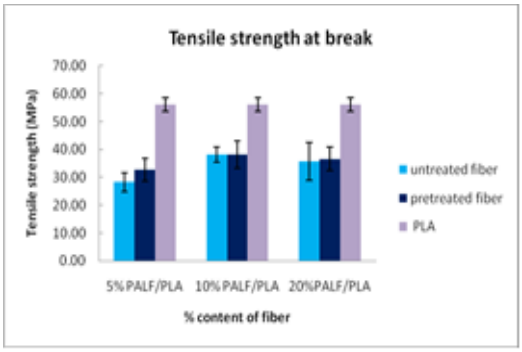
การทนแรงดึงของ PLA บริสุทธิ์และ PALF/PLA composite ค่า modulus at break และ tensile strength at break โดยศึกษาได้จากรูปที่ 3 เมื่อเทียบค่า stress-strain ระหว่าง PLA บริสุทธิ์ และ PALF/PLA composites พบว่าการใส่เส้นใยใบสับปะรดลงใน PLA ทำให้ค่า modulus at break ของคอมโพสิตมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยในอัตราส่วน 20% ซึ่งส่งผลต่อสมบัติของ PLA บริสุทธิ์เปลี่ยนไปจากแข็งเหนียวเป็นแข็งเปราะ ในขณะที่ค่า tensile strength at break และ %elongation at break ของคอมโพสิตมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับ PLA บริสุทธิ์ (รูปที่ 3 (C)) เนื่องจากเส้นใยในคอมโพสิตนั้นทำหน้าที่เป็นตัวขัดขวางสายโซ่โมเลกุลของ PLA ทำให้สมบัติของ PLA เปลี่ยนไป



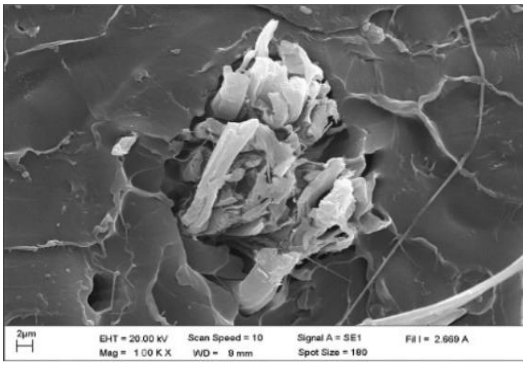
รูปที่ 3 กราฟ stress – strain



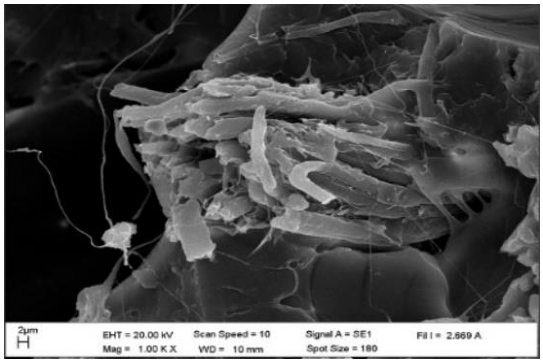
รูปที่ 4 modulus at break



รูปที่ 5 tensile strength at break ของ PLA บริสุทธิ์ และ PALF/PLA คอมโพสิต ตามอัตราส่วนต่าง ๆ



(a)



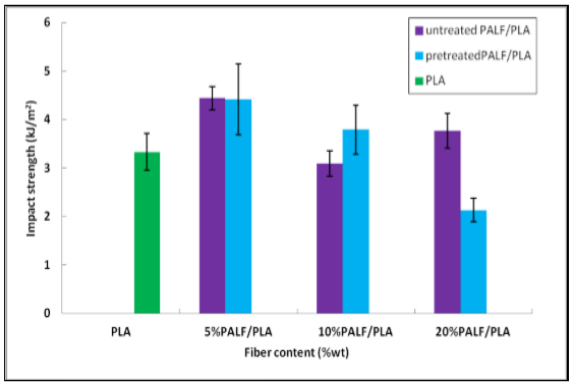
(b)

รูปที่ 6 SEM micrographs ของ PLA บริสุทธิ์ และ PALF/PLA composite หลังจากผ่านการทดสอบสมบัติการทนแรงดึง ที่กำลังขยาย 1000x (a) 10%untreated PALF/PLA composite และ (b) 10%pretreated PALF/PLA composite

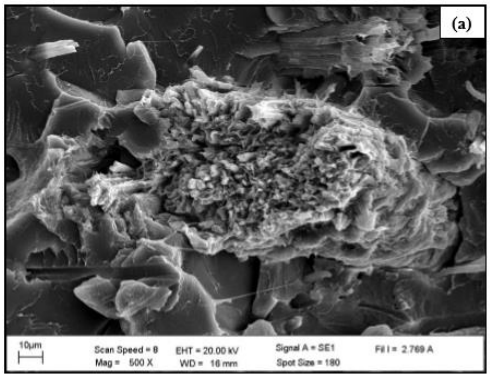
ผลการศึกษาสัณฐานวิทยาของ PALF/PLA composite ด้วยเทคนิค SEM จากการศึกษาบริเวณรอยขาดจากการทดสอบสมบัติการทนแรงดึงด้วยเทคนิค tensile แสดงในรูปที่ 6 SEM micrographs พบว่าเส้นใยใบสับปะรดมีการหลุดออกจาก PLA อย่างชัดเจน และเกิดช่วงว่างระหว่างผิวของเส้นใยและเมทริกซ์ ส่งผลทำให้ค่า tensile strength at break ของคอมโพสิตมีค่าลดลง

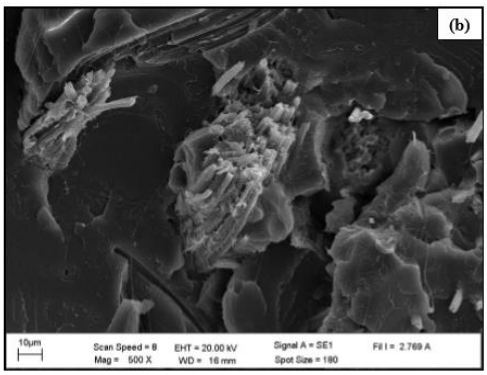
5.2.2 ความต้านทานแรงกระแทกและสัณฐานวิทยาของPLA บริสุทธิ์และ PALF/PLA composites

ความต้านทานแรงกระแทกของ PLA บริสุทธิ์และ PALF/PLA composite ค่า impact strangth โดยศึกษาได้จากรูปที่ 8 เมื่อเทียบค่า impact strangth ระหว่าง PLA บริสุทธิ์ และ PALF/PLA composites พบว่าการใส่เส้นใยใบสับปะรดลงใน PLA ทำให้มีค่าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการใส่เส้นใยลงไปในปริมาณ 5%โดยน้ำหนัก แต่หากมีการใส่เส้นใยมากเกินไปจะไปทำให้เกิดการทนแรงได้น้อยลง เนื่องจากเส้นใยในคอมโพสิตนั้นทำหน้าที่เป็นตัวเสริมความแข็งแรงในด้านการทนแรงกระแทกให้แก่ PLA ดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 กราฟ impact strangth ของ PLA บริสุทธิ์ และ PALF/PLA composites ตามอัตราส่วนต่างๆ





รูปที่ 8 SEM micrographs ของ PALF/PLA composite หลังจากผ่านการทดสอบสมบัติความต้านทานแรงกระแทก ที่กำลังขยาย 500x(a) 10%untreated PALF/PLA composite และ (b) 10%pretreated PALF/PLA composite

ผลการศึกษาสัณฐานวิทยาของ PALF/PLA composite บริเวณรอยขาดที่เกิดจากการทดสอบสมบัติความต้านทานแรงกระแทก แสดงในรูปที่ 6 SEM micrographs พบว่าเห็นได้ว่าเส้นใยใบสับปะรดมีการหลุดออกจาก PLA อย่างชัดเจน ทำให้ค่า impact strength ของคอมโพสิตมีค่าลดลง แต่จะพบบางบริเวณเท่านั้นที่มีการยึดติดระหว่างพื้นผิวของเส้นใยและเนื้อของเมทริกซ์

เอกสารอ้างอิง

[1] Bhanu K. Goriparthi, K. N. S. Suman and Nalluri Mohan Rao. Effect of fiber surface treatments on mechanical and abrasive wear performance of polylactide/ jute composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2012, pp. 1800-1808.

[2] Xue Li, Lope G. Tabil and Satyanarayan Panigrahi. Chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber- reinforced composites: A review. *Polymer Environment Journal*. (15), 2007, pp. 25–33.

[3] Yusran Payae and Natinee Lopattananon. Adhesion of pineapple- leaf fiber to epoxy matrix: The role of surface treatments. Songklanakarin J. Sci. Technol. 31 (2), 2009, pp. 189-194.

[4] Susheel Kalia, B.S. Kaith and Inderjeet Kaur. Pretreatments of natural fibers and their application as reinforcing material in polymer composites--A review. *Polymer Engineering Science,* 49, 2009, pp. 1253–1272.