

การปรับปรุงเส้นใยจากต้นปุดสำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านสิ่งทอ

Improvement of *Achasma Macrocheilos* Griff Fibers Treatment for Textile Applications

กิตติพงศ์ พัฒนไพศาลสิน (Kittipong Patanapisamsin)* ดร.กัณทิมา เชาว์ชาญชัยกุล (Dr.Kantima Chaochanchaikul)**

ดร.แววบุญ แยมแสงสังข์ (Dr.Weawboon Yamsaengsung) ***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเส้นใยจากเซลลูโลสที่ได้จากต้นปุด *Achasma macrocheilos* Griff. หรือ *Etlingera coccinea* โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องบีบอัดเส้นใยและวิธีทางเคมี ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใย ขนาดของเส้นใย และสมบัติเชิงกลของเส้นใย ศึกษาโครงสร้างจุลภาพของเส้นใยโดย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและเครื่องวิเคราะห์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน ผลการทดลองพบว่าทั้งเครื่องบีบอัดเส้นใยและวิธีทางเคมีทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง โดยเครื่องบีบอัดเส้นใยได้เส้นใยที่มีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าการใช้วิธีทางเคมี แต่ใช้เวลาในการผลิตน้อยกว่า สภาวะที่เหมาะสมในการใช้เครื่องบีบอัดเส้นใยคือ ความดัน 4 บาร์ เวลา 10 นาที ได้ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยเท่ากับ 102.45 เซนตินิวตัน เส้นใยที่ได้จากเส้นปุดสามารถนำมาผลิตเป็นสิ่งทออุตสาหกรรมประเภท พรมหรือเสื่อได้

ABSTRACT

This paper reports the development of fibers from cellulose of *Achasma macrocheilos* Griff. or *Etlingera coccinea*. Compared between compression machine and chemical treatment method. Fibers were characterized for their chemical composition, fibers size and mechanical properties. The microstructure was characterized by scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive X-ray analysis (EDS). The results were that both chemical treatments and squeezing machine can reduce the fiber sizes. Mechanical properties of fibers obtained from the compression machine were lower than the fibers from the chemical treatment method, but the processing time was faster. The optimum condition for compression machine was at 4 Bar and 10 minutes, which the tensile of the fiber was 102.45 cN. Fibers by using compression machine are compatible with industrial textiles such as rug and mat.

คำสำคัญ: ปุด เส้นใย สิ่งทอ

Keywords: *Achasma macrocheilos*, Fibers, Textile

*นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

***อาจารย์ แผนกเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บทนำ

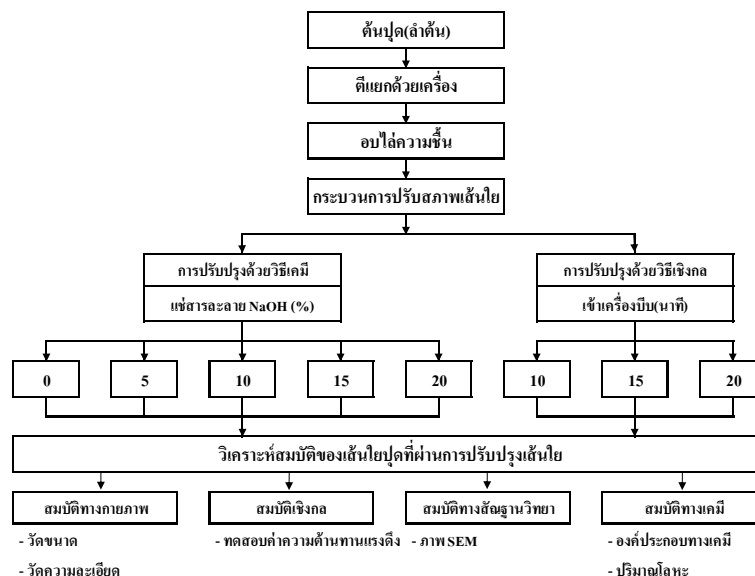
กระแสของประชาคมโลกในปัจจุบันให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์และใส่ใจสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และนวัตกรรมสิ่งทอที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมก็เป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความสนใจและมีศักยภาพสูงด้านการแข่งขันทั้งในและต่างประเทศ โดยในประเทศไทยได้เริ่มมีการศึกษาเส้นใยธรรมชาติอื่นๆ เพื่อเป็นทางเลือกในการผลิตเส้นใยเข้าสู่อุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยเฉพาะการผลิตเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มและสิ่งทอในครัวเรือน โดยมีการทดลองและวิจัยเส้นใยธรรมชาติจากพืชหลายชนิด เช่น งานวิจัยการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับคาหลาในเชิงพาณิชย์ด้วยการสกัดเส้นใยจากลำต้นคาหลาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการทอผ้าในจังหวัดนราธิวาส (คาริกา และคณะ, 2558) การวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากเส้นใยตะไคร้ (เสาวณีย์ และคณะ, 2556) การศึกษาการผลิตเส้นใยจากเส้นใยปอสา (บุญศรี, มนูญ, 2556) การศึกษาวิธีการแยกเส้นใยจากก้านใบบัวหลวง สายพันธุ์พระราชินีและความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยมาผลิตเป็นเส้นด้าย (อ้อยทิพย์ และคณะ, 2553) เป็นต้น งานวิจัยนี้ได้เลือกต้นปุดเพื่อการศึกษาเนื่องจาก เป็นพืชท้องถิ่นในจังหวัดชายแดนภาคใต้ที่มีจำนวนมาก ซึ่งมีทั้งขึ้นเองตามธรรมชาติ และปลูกเป็นพืชผักในครัวเรือน อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับพืชท้องถิ่นทางภาคใต้ และสร้างโอกาสทางอาชีพให้กับเกษตรกรหรือวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ภาคใต้ได้อีกช่องทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของเส้นใยจากต้นปุดที่เตรียมโดยวิธีเคมีและวิธีเชิงกล และศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เส้นใยปุดในงานด้านสิ่งทอ

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการศึกษาสมบัติของเส้นใยจากต้นปุดที่เตรียมโดยวิธีเคมีและวิธีเชิงกลและความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เส้นใยปุดในงานด้านสิ่งทอ โดยมีขั้นตอนการทดลอง ดังภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงวิธีการทดลอง

การเตรียมเส้นใยสด

คัดเลือกต้นปุดขนาดเส้นรอบวงของลำต้นไม่น้อยกว่า 3 เซนติเมตร โดยวัดสูงจากพื้นดินประมาณ 5 เซนติเมตร ตัดโคนและปลายออก เกลาะใบออกให้เหลือเพียงลำต้น นำต้นปุดเข้าเครื่องตีแยกเส้นใย โดยกำหนดรอบความเร็วของเครื่องตีประมาณ 3000 – 3500 รอบต่อนาที เพื่อให้ได้เส้นใยสด ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีความชื้นสูง นำเส้นใยสดมาอบไล่ความชื้นโดยใช้เครื่องอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พักให้อยู่ในอุณหภูมิปกติ และจัดเก็บในถุงป้องกันความชื้น

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 0%, 5%, 10%, 15% และ 20% โดยน้ำหนัก ต่อปริมาตร 1 ลิตร ใส่ในภาชนะสำหรับแช่เส้นใย นำเส้นใยที่ผ่านการอบไล่ความชื้น น้ำหนัก 5 กรัมต่อหนึ่งตัวอย่าง ใส่ลงในภาชนะที่บรรจุสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยกำหนดเวลาในการแช่นาน 7 วัน นำเส้นใยที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มาล้างทำความสะอาดโดยการจุ่มแช่ในน้ำนาน 5 นาที และเปลี่ยนน้ำในการจุ่มแช่ทุกครั้งเป็นจำนวน 5 ครั้ง นำเส้นใยที่ได้ไปอบไล่ความชื้นและทดสอบสมบัติเส้นใย

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล

เตรียมเครื่องบีบเส้นใย ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ประกอบด้วยชุดลูกกลิ้ง 3 ลูกทำงานในลักษณะของการบีบ หีบ หรือกดอัดเพื่อให้เส้นใยแยกออกเป็นเส้นใยเดี่ยวโดยตั้งแรงกดที่ 4 Bar ปรับเวลาการทำงานของเครื่องเป็นจำนวนนาที 10, 15 และ 20 นาที ตามลำดับ นำตัวอย่างเส้นใยใส่ในเครื่องตามเวลาที่กำหนด จัดเก็บเส้นใยบรรจุในซองกันชื้น นำไปทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสมบัติเส้นใย

การวิเคราะห์ขนาดเส้นใย โดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Micro Scope) เพื่อดูลักษณะของเส้นใย และวัดขนาดของเส้นใย โดยใช้กล้องขยายที่ 1000 เท่า บันทึกเป็นไฟล์ภาพและตรวจสอบขนาดโดยใช้โปรแกรม ImageJ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถคำนวณสัดส่วนพื้นที่ วัดระยะความยาวของเซลล์ วัดความหนาแน่นของรูปภาพและแสดงค่าต่างๆในรูปสถิติได้

การทดสอบความละเอียดของเส้นใย ด้วยเครื่อง WIRA Cotton Fineness Meter เป็นการทดสอบโดยการวัดการไหลผ่านของอากาศในกลุ่มเส้นใย โดยสุ่มตัวอย่างเส้นใยจำนวน 5 กลุ่มๆ 5 กรัม ซึ่งแสดงค่าเป็นไมโครแนร์ (Micronaire) หรือไมโครกรัมต่อนิ้ว

การทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย และการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยืดตัวของเส้นใย โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Strength Tester) รุ่น INSTRON 5569 ตามมาตรฐาน ASTM D3822 - 01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers กำหนดใช้ Load cell ขนาด 10 N ตั้งค่าความเร็วทดสอบ 30 mm/min โดยนำตัวอย่างเส้นใยมาติดบนกระดาดแข็งรูปตัวซี ระยะทดสอบเส้นใยยาว 25 มิลลิเมตร โดยค่าการรับแรงดึงของเส้นใยที่ทำการวัดวิเคราะห์ มีหน่วยเป็น เซนตินิวตัน (cN) และค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยืดตัว มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

การวิเคราะห์ SEM-EDS โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแบบฟิลด์อิมิชัน (Field Emission Scanning Electron Microscope; FESEM) เชื่อมต่อกับระบบการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคการกระจายพลังงานรังสีเอกซ์ (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy; EDS) เพื่อทำการวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของตัวอย่างโดยมีช่วงธาตุที่วิเคราะห์ได้ตั้งแต่ธาตุเบริลเลียม (Beryllium; Be) ถึงธาตุแคลิฟอร์เนียม (Californium; Cf)

การวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในเส้นใยปุด โดยวิเคราะห์หาปริมาณโอเลเซลลูโลส ด้วยวิธี acid chlorite ตามวิธีของ Browning (1963) วิเคราะห์หาปริมาณเซลลูโลสตามวิธี TAPPI (1999) วิเคราะห์หาปริมาณลิกนินตามวิธี TAPPI (2002) และการคำนวณหาปริมาณเฮมิเซลลูโลส (สาลินี, 2559)

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแบบฟิลด์อิมิชัน (Field Emission Scanning Electron Microscope; FESEM) รุ่น NovaTM NanoSEM 450 กำลังขยายสูงสุด 2,000,000 เท่า ใช้การถ่ายภาพที่ความดันสุญญากาศต่ำที่ 500 Pa เพื่อตรวจวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิว ขนาด รูปร่างของอนุภาค และลักษณะการกระจายของเฟสในโครงสร้างจุลภาค โดยในการวิจัยนี้ ใช้ศักย์ไฟฟ้า 15 kV กำลังขยาย 100, 200 และ 500 เท่า

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

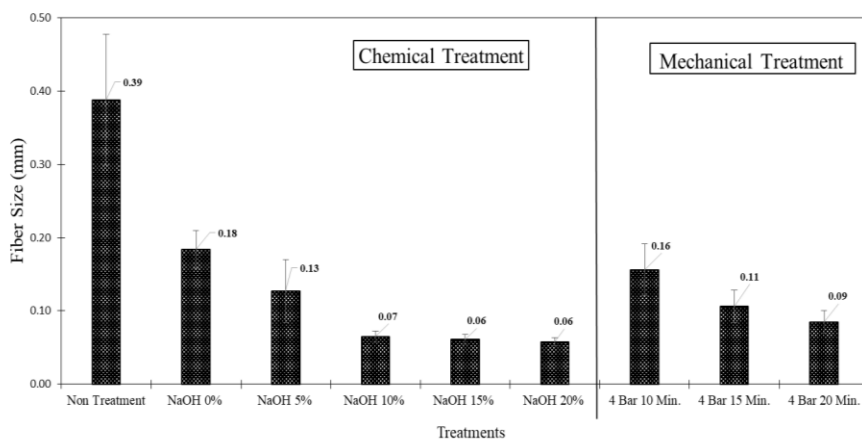
นำเส้นใยที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงด้วยวิธีเคมี จากการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0% 5% 10% 15% และ 20% โดยน้ำหนัก และเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลโดยเครื่องบีบเส้นใยแรงกด 4 Bar ที่ระยะเวลา 10 นาที 15 นาที และ 20 นาที นำไปวิเคราะห์ทดสอบทางห้องปฏิบัติการ และนำผลการทดสอบเส้นใยปูด ที่ผ่านการวิเคราะห์ทดสอบจากห้องปฏิบัติการ มาเปรียบเทียบสมบัติเส้นใยปุ่ระหว่างวิธีเคมีและวิธีเชิงกล เพื่อชี้บ่งในการนำเส้นใยไปใช้กับอุตสาหกรรมสิ่งทอในกลุ่มที่เหมาะสม

ผลการวิจัย

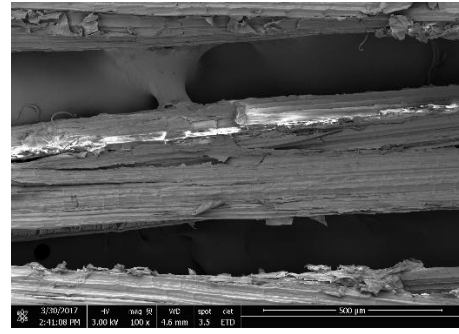
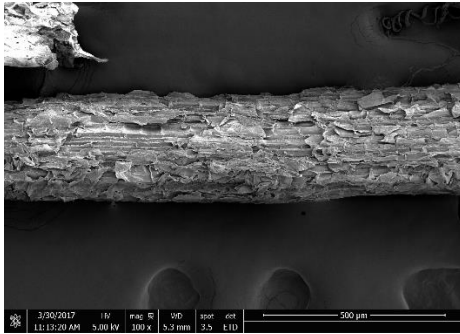
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ขนาดเส้นใย

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีพบว่า ขนาดเส้นใย ซึ่งวัดจากความกว้างของเส้นใย ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 0%, 5%, 10%, 15% และ 20% โดยน้ำหนัก เส้นใยมีขนาด 0.18, 0.13, 0.07, 0.06 และ 0.06 มิลลิเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ขนาดของเส้นใยจะเล็กลง และเริ่มคงที่เมื่อสารละลายมีความเข้มข้นตั้งแต่ 10% ขึ้นไป เพราะสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งจะกำจัดลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส ไซ และกรดไขมัน ของเส้นใยออกบางส่วน (A. El. Oudiani, 2012) ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง และการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล โดยใช้เครื่องบีบเส้นใย ที่แรงกด 4 Bar ระยะเวลา 10 นาที 15 นาที และ 20 นาที พบว่าเส้นใยมีขนาด 0.16, 0.11 และ 0.09 มิลลิเมตร ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการกด ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง เพราะแรงกดจากการบีบของลูกกลิ้งที่ระยะเวลานานขึ้น จะไปกระทำต่อเส้นใยที่ยึดเกาะกันอยู่ให้แยกออกจากกัน ทำใหขนาดของเส้นใยมีขนาดเล็กลง ดังแสดงในภาพที่ 2 และลักษณะการแยกของเส้นใยจากการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล โดยใช้เครื่องบีบเส้นใย ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 2 กราฟแสดงขนาดเส้นใยปูดอบแห้งและเส้นใยปูดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเคมีและเชิงกล



ก) เส้นใยปดที่ไม่ผ่านการปรับปรุง

ข) เส้นใยปดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล

ภาพที่ 3 การแยกของเส้นใยปดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล

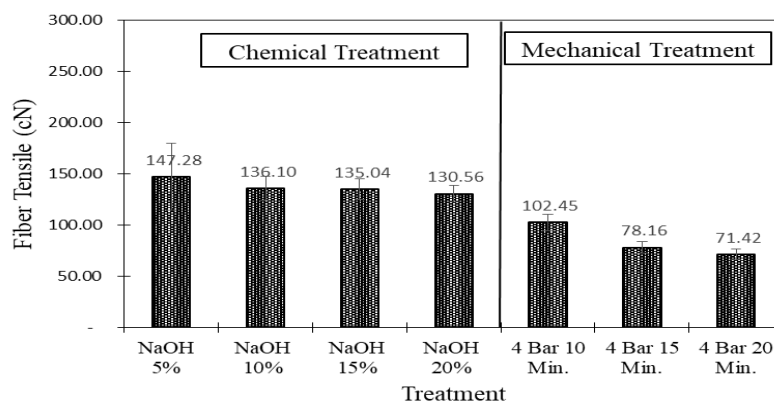
ผลการทดสอบความละเอียดของเส้นใย

การทดลองส่วนนี้ได้นำ วิธีการปรับปรุงเส้นใยที่ได้เส้นใยที่มีขนาดเล็กที่สุดทั้งวิธีเคมี และวิธีเชิงกลมาทดสอบความละเอียด โดยวิธีเคมีเลือกที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 20% โดยน้ำหนัก และวิธีเชิงกลเลือกที่แรงกด 4 Bar ระยะเวลา 20 นาที จำนวนวิธีละ 5 กลุ่มตัวอย่าง ทำการทดสอบด้วยเครื่อง WIRA Cotton Fineness Meter พบว่า ความละเอียดของเส้นใยปดทั้งที่ปรับปรุงด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกล มีค่าความละเอียดมากกว่า 8 ไมโครเมตร แสดงถึงความละเอียดของเส้นใยอยู่ในระดับที่มีความหยาบสูง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของเส้นใยที่ได้จากลำต้นปด เป็นที่น่าสังเกตว่าการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ไม่สามารถปรับปรุงให้เส้นใยปดมีความละเอียดได้น้อยกว่า 8 ไมโครเมตร

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์สมบัติเชิงกล

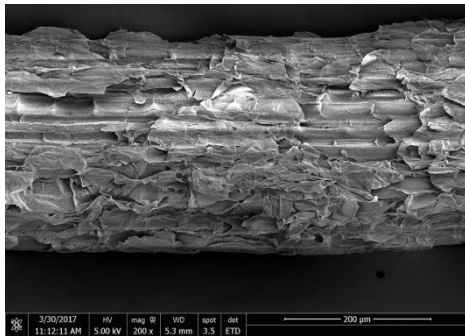
ผลการทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย

ผลการทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง รุ่น INSTRON 5569 ตามมาตรฐาน ASTM D3822 – 01 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้ทดสอบเส้นใยเชิงเดี่ยว สามารถทดสอบได้ทั้งเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ โดยแต่ละกลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบจำนวน 30 ตัวอย่าง ได้ผลการทดสอบ ดังภาพที่ 4

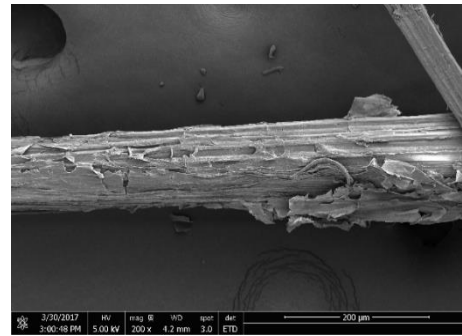


ภาพที่ 4 กราฟแสดงค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยของเส้นใยปดที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกล

ค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยของเส้นใยปดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเคมีที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5%, 10% 15% และ 20% โดยน้ำหนัก มีค่าการรับแรงดึงเฉลี่ย 147.28, 136.10, 135.04 และ 130.56 เซนตินิวตัน ตามลำดับ และวิธีเชิงกลที่แรงดัน 4 Bar เป็นเวลา 10, 15 และ 20 นาที ซึ่งมีค่า 102.45, 78.16 และ 71.42 เซนตินิวตัน ตามลำดับ การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี พบว่าที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มากขึ้น ทำให้ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยน้อยลง เนื่องจาก Na^+ ไอออน และ OH^- ไอออน จากสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้าไปทำปฏิกิริยากับเส้นใย ทำให้ลิกนิน กรดไขมัน และ เซลลูโลส หลุดออกจากเส้นใย ส่งผลให้เส้นใยมีความแข็งแรงลดลงนั่นเอง (Huang Gu, 2009) การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล โดยใช้เครื่องบีบเส้นใย ที่แรงกด 4 Bar ระยะเวลา 10 นาที 15 นาที และ 20 นาที พบว่าเมื่อระยะเวลาการกดมากขึ้นทำให้ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยน้อยลง เพราะ เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการบีบอัดมากขึ้น ทำให้เส้นใยแยกออกจากกันมากขึ้นและมีแนวโน้มเล็กลงเรื่อยๆ ขึ้นชั้นได้จากภาพถ่าย SEM ดังแสดงในภาพที่ 5



ก) เส้นใยปดที่ไม่ผ่านการปรับปรุง



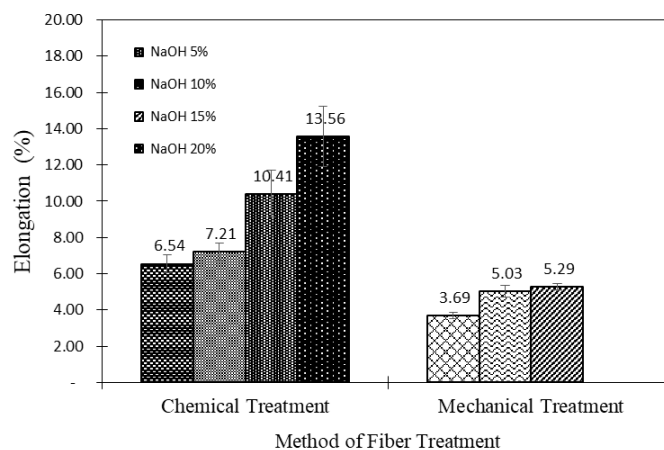
ข) เส้นใยปดที่ปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล

เป็นเวลา 20 นาที

ภาพที่ 5 เส้นใยปดที่ไม่ผ่านการปรับปรุง และผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล

ผลการทดสอบค่าความสามารถในการยืดตัวของเส้นใย

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี พบว่าเมื่อปรับปรุงเส้นใยปูดที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% 10% 15% และ 20% โดยน้ำหนัก ได้ค่าความสามารถในการยืดตัวของเส้นใย 6.54% 7.21% 10.41% และ 13.56% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้เส้นใยยืดตัวได้ง่ายขึ้น เนื่องจากเมื่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความเข้มข้นมากกว่า 5% จะเกิดปฏิกิริยา Mercerisation เหนียวทำให้เส้นใยมีความเป็นผลึกลดลง คือ สารละลายด่างจะแทรกซึมเข้าไปในเส้นใย ทำให้เกิดการบวมของเส้นใย (swell) เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของสายโซ่ จากรูปแบบเดิม คือ Cellulose I กลายเป็น Cellulose II ซึ่งมีส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ (amorphous) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ส่วนที่เป็นผลึก (crystalline) ลดลง (A. El. Oudiani, 2012) ส่งผลให้มีการยืดตัวมากขึ้นนั่นเอง การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล พบว่า การปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลที่แรงดัน 4 Bar มีค่าความสามารถในการยืดตัวของเส้นใย 3.69%, 5.03% และ 5.29% ที่ระยะเวลา 10, 15 และ 20 นาทีตามลำดับ โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาการกดมากขึ้นทำให้ค่าความสามารถในการยืดตัวมีค่าเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 6 เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการกดมากขึ้น จะพบเศษผง และเศษเส้นใยขนาดเล็ก หลุดออกมาจากเครื่องบีบเส้นใย ซึ่งเศษผงและเศษเส้นใยดังกล่าวคาดว่าจะเป็ ลิกนิน เฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส ที่หลุดออกมาจากเส้นใยปูด ดังนั้นเส้นใยที่ผ่านการบีบอัดเป็นเวลานานจึงมีขนาดเล็กกลง และยืดตัวได้มากขึ้นนั่นเอง



ภาพที่ 6 กราฟแสดงค่าความสามารถในการยืดตัวเฉลี่ยของเส้นใยปูด

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ SEM-EDS

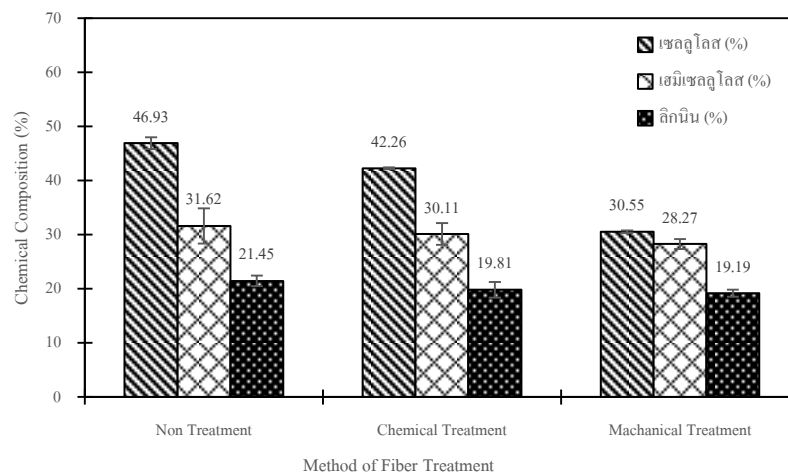
ผลการทดลองพบว่า ในเส้นใยปูด มีธาตุคาร์บอน ออกซิเจน แมกนีเซียม อลูมิเนียม ซิลิกอน โปแตสเซียม เหล็ก และแคลเซียม ดังแสดงในภาพที่ 7 โดยพบธาตุคาร์บอนมากที่สุด รองลงมาเป็นธาตุออกซิเจน พบธาตุเหล็กและแมกนีเซียมเล็กน้อย โดยธาตุคาร์บอน และออกซิเจน ที่พบมากเพราะเป็นธาตุที่มีอยู่ในองค์ประกอบทางเคมีหลักของพืช ซึ่งก็คือเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน สำหรับธาตุเหล็ก แมกนีเซียม แคลเซียม อยู่ในกลุ่มธาตุอาหารรองที่พืชดูดซึมมาใช้ในการเติบโตจึงสามารถพบในโครงสร้างของพืชได้

Method of Fiber		Mass (%)							
Treatment		C	O	Mg	Al	Si	K	Fe	Ca
Non Treatment		34.5	42.21	0.26	1.58	21.12	0.92	0.38	-
Chemical Treatment	NaOH 0%	55.19	43.72	0.34	-	-	-	-	0.92
	NaOH 5%	52.43	44.91	0.47	-	-	-	-	2.42
	NaOH 10%	55.05	42.91	-	-	-	-	-	2.04
	NaOH 15%	59.34	40.07	0.37	-	0.44	-	-	0.38
	NaOH 20%	57.54	42.15	-	-	-	-	-	0.31
Mechanical Treatment 4 Bar	10 Min	54.42	43.71	0.3	-	0.47	0.48	-	1.01
	15 Min	52.18	38.17	0.27	-	16.26	0.6	-	0.65
	20 Min	47.91	42.96	0.38	-	0.69	0.63	-	8.29

ภาพที่ 7 แสดงค่าองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยปดโดยเทคนิค SEM-EDS

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในเส้นใยปด

ในการวิจัยได้เลือกตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่ม เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยพิจารณาจาก ค่าการรับแรงดึงสูงสุดของ 3 กลุ่มตัวอย่าง คือ 1) เส้นใยปดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง 2) เส้นใยปดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเคมี สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% โดยน้ำหนัก และ 3) เส้นใยปดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล ที่แรงกด 4 Bar ระยะเวลา 10 นาที ผลการวิเคราะห์พบปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในเส้นใยปดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง มี 46.93%, 31.62% และ 21.45% ตามลำดับ การปรับปรุงด้วยวิธีเคมีพบปริมาณ 42.26%, 30.11% และ 19.81% ตามลำดับ และการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล มีปริมาณ 30.55% 28.27% และ 19.19% ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กราฟแสดงปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในเส้นใยปด

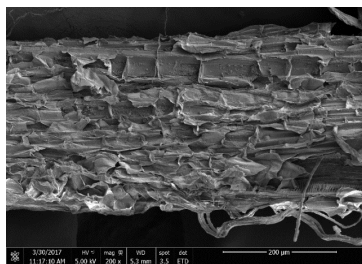
การปรับปรุงเส้นใยปดด้วยวิธีเคมี พบว่าปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับเส้นใยปดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ (Hydrolyzed) เฮมิเซลลูโลสบางส่วนออกไป ส่วนลิกนินจะเกิดปฏิกิริยา Depolymerized เกิดเป็นน้ำตาลและสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งสารดังกล่าวสามารถละลายน้ำได้ กรณีการลดลงของปริมาณเซลลูโลส เกิดจากการเปลี่ยนโครงสร้าง (transformation) ของสายโซ่พอลิเมอร์ และกระบวนการ Mercerization (A. El. Oudiani, 2012) การปรับปรุงเส้น

ใยปดด้วยวิธีเชิงกล พบว่าปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับเส้นใยปดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง เนื่องจากแรงบีบของชุดลูกกลิ้งทำให้เส้นใยถูกบีบอัด เกิดการแยกออกจากกัน (แสดงในภาพ 3) และจะพบเศษผง และเศษเส้นใยขนาดเล็ก หลุดออกมาจากเครื่องบีบอัดเส้นใย ซึ่งเศษผงดังกล่าวคาดว่าจะปดเป็น ลิกนิน เฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส ที่หลุดออกมาจากเส้นใยปดนั่นเอง เมื่อเปรียบเทียบการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีกับวิธีเชิงกล พบว่าวิธีปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกลทำให้ได้เส้นใยที่มีปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ที่มีค่าลดลงมากกว่าเมื่อเทียบกับวิธีทางเคมี แต่การลดลงของปริมาณเซลลูโลสในการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล เป็นสิ่งไม่พึงประสงค์ในการปรับปรุงเส้นใย เนื่องจากเซลลูโลสเป็นโครงสร้างหลักของเส้นใยที่จะนำมาใช้ประโยชน์

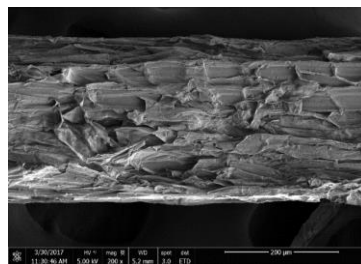
ตอนที่ 4 การวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานวิทยา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

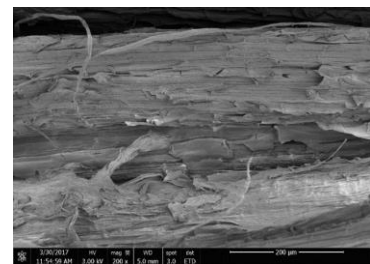
การวิเคราะห์ทางกายภาพของเส้นใย ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) กับกลุ่มตัวอย่างเส้นใยปด ดังแสดงในภาพที่ 9 และ 10



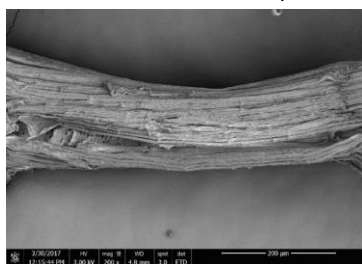
ก) ไม่ผ่านการปรับปรุง



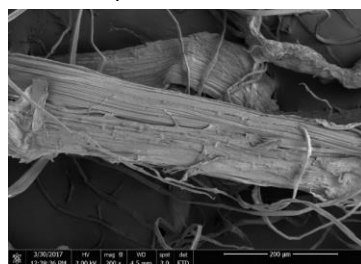
ข) ปรับปรุงด้วย NaOH เข้มข้น 0%



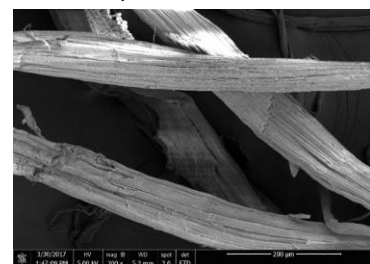
ค) ปรับปรุงด้วย NaOH เข้มข้น 5%



ง) ปรับปรุงด้วย NaOH เข้มข้น 10%

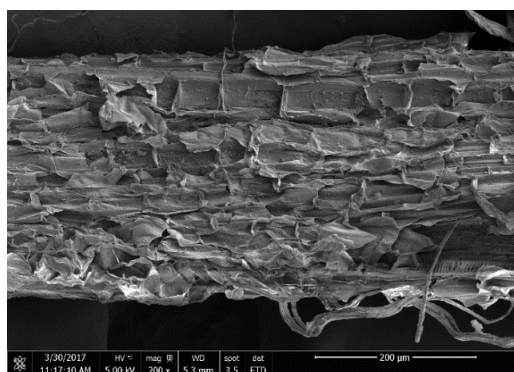


จ) ปรับปรุงด้วย NaOH เข้มข้น 15%

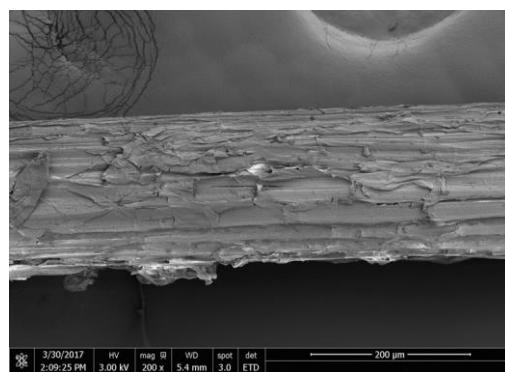


ฉ) ปรับปรุงด้วย NaOH เข้มข้น 20%

ภาพที่ 9 สัณฐานวิทยาของเส้นใยปดปรับปรุงด้วยวิธีเคมีที่ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า

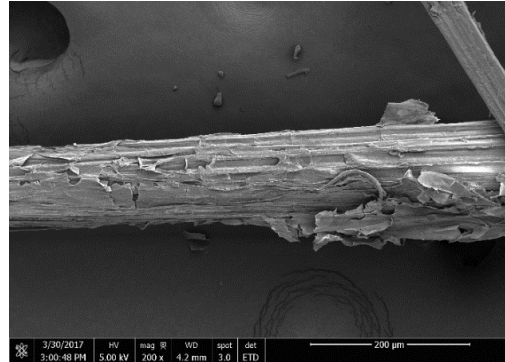
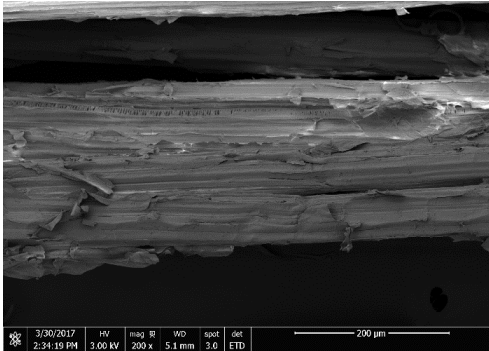


ก) เส้นใยปดไม่ผ่านการปรับปรุง



ข) เส้นใยปดปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลที่

แรงดัน 4 Bar เป็นเวลา 10 นาที



ก) เส้นใยปลูกปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลที่

ง) เส้นใยปลูกปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลที่

แรงดัน 4 Bar เป็นเวลา 15 นาที

แรงดัน 4 Bar เป็นเวลา 20 นาที

ภาพที่ 10 สันฐานวิทยาของเส้นใยปลูกปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลที่ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี พบว่าเมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น เส้นใยมีขนาดเล็กลง ที่เป็นเช่นนั้นเพราะสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งด่างจะกำจัดลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส ไซ และกรดไขมัน ของเส้นใยออกบางส่วน (A. El. Oudiani, 2012) ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง การปรับปรุงเส้นใยปลูกด้วยวิธีเชิงกล เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการบีบอัด ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง เพราะแรงบีบอัดของชุดลูกกลิ้ง จะไปแยกเส้นใยให้ออกจากกัน ทำให้อายุของเส้นใยมีขนาดเล็กลง

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีทางเคมี พบว่าปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีความสัมพันธ์ต่อขนาดเส้นใย เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ขนาดของเส้นใยจะเล็กลง และเริ่มคงที่เมื่อสารละลายมีความเข้มข้นตั้งแต่ 10% การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล โดยใช้เครื่องบีบเส้นใย พบว่าระยะเวลาในการบีบอัดมีความสัมพันธ์ต่อขนาดเส้นใย เมื่อมีการบีบอัดด้วยระยะเวลาที่นานขึ้นเส้นใยมีขนาดเล็กลงเพราะแรงกดจากการบีบของลูกกลิ้ง จะไปกระทำต่อเส้นใยที่ชิดเกาะกันอยู่ให้แยกออกจากกัน ทำให้อายุของเส้นใยมีขนาดเล็กลง ความละเอียดของเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีค่าความละเอียดของเส้นใยมากกว่า 8 ไมโครเมตร ซึ่งอยู่ในกลุ่มเส้นใยที่มีความหยาบสูง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเส้นใยที่ได้จากลำต้นปุด

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงกล

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี พบว่า ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยน้อยลงเมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มากขึ้น การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกลโดยใช้เครื่องบีบเส้นใย พบว่าระยะเวลาการบีบอัดมากขึ้น ทำให้ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยลดลง เพราะ เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการบีบอัดมากขึ้น ทำให้เส้นใยแยกออกจากกันมากขึ้นและมีแนวโน้มเล็กลงเรื่อยๆ ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยจึงลดลง ทั้งนี้การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีเส้นใยจะมีค่าการรับแรงดึงของเส้นใยสูงกว่าเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

พบว่าเส้นใยมีธาตุคาร์บอน และออกซิเจน เป็นจำนวนมากเพราะเป็นธาตุที่มีอยู่ในองค์ประกอบทางเคมีหลักของพืช ซึ่งก็คือเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน และพบธาตุเหล็กและแมกนีเซียมซึ่งเป็นธาตุอาหารรองที่พืชดูดซึ่มมาใช้ในการเจริญเติบโตในสัดส่วนเล็กน้อย

เส้นใยปูดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุงมีปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน สูงกว่าเส้นใยปูดที่ปรับปรุงด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกล การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี พบว่าปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับเส้นใยปูดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล พบว่าปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับเส้นใยปูดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง เนื่องจากการบีบอัด ลิกนิน เฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส ที่เป็นองค์ประกอบในผนังเส้นใยจะหลุดออกมาจากเส้นใย โดยจะพบในลักษณะของเศษผงละเอียดจากการบีบอัด เมื่อเปรียบเทียบการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีกับวิธีเชิงกล พบว่าวิธีปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกลทำให้ได้เส้นใยที่มีปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ที่มีค่าลดลงมากกว่าเมื่อเทียบกับวิธีทางเคมี แต่การลดลงของปริมาณเซลลูโลสในการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล เป็นสิ่งไม่พึงประสงค์ในการปรับปรุงเส้นใย เนื่องจากเซลลูโลสเป็นโครงสร้างหลักของเส้นใยที่จะนำมาใช้ประโยชน์

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์สมบัติสัณฐานวิทยา

ลักษณะของเส้นใยจากการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี เมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น เส้นใยมีขนาดเล็ก เพราะสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งจะกำจัดลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส ไซ และกรดไขมัน ของเส้นใยออกบางส่วน ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง ลักษณะเส้นใยจากการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการบีบอัด เพราะแรงบีบอัดของชุดลูกกลิ้ง จะไปแยกเส้นใยให้ออกจากกัน ทำให้ขนาดของเส้นใยมีขนาดเล็กลง

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์และทดสอบ พบว่า เส้นใยจากปูดที่ได้จากการปรับปรุงด้วยวิธีเคมี และวิธีเชิงกล มีลักษณะของการแยกออกเป็นเส้นใยที่มีขนาดลดลง การใช้วิธีเชิงกล ให้ความสะดวกรวดเร็วในการปรับปรุงเส้นใย แต่ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยจะต่ำกว่าวิธีเคมี โดยค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยของเส้นใยจากวิธีเชิงกลที่มากที่สุดได้จากขนาดแรงกด 4 Bar เป็นเวลา 10 นาที มีค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยที่ 102.45 cN การใช้วิธีเคมีจะใช้ระยะเวลานาน และอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการปรับปรุงเส้นใย แต่เส้นใยจะมีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล

ลักษณะความละเอียดของเส้นใย มีค่าเฉลี่ยอยู่ในกลุ่มเส้นใยหยาบ เทียบได้กับเส้นใยธรรมชาติจาก ดาหลา และ ผักตบชวา ซึ่งเป็นการนำเส้นใยจากส่วนของลำต้นหรือก้านมาใช้ประโยชน์ โดยสามารถนำเส้นใยปูดไปใช้งานในลักษณะของ เคหะสิ่งทอได้ เช่น ผ้าปูที่นอน ผ้าห่มเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น ทั้งยังสามารถนำเส้นใยปูดไปใช้กับสิ่งทอเครื่องนุ่งห่ม โดยควรผสมเส้นใยปูดกับเส้นใยฝ้ายในสัดส่วนที่น้อย เช่น เส้นใยปูด 1%-5% โดยน้ำหนัก เป็นต้น เพื่อป้องกันปัญหาผ้าหยาบกระด้าง หรือระคายเคืองจากความหยาบของเส้นใยปูดที่มากกว่าเส้นใยฝ้ายที่เป็นเส้นใยละเอียด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.แววบุญ เข้มแสงสังข์ และผศ.ดร.กัลทิมา เชาวัญชัยกุล ที่ได้กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความทุ่มเททั้งการปรึกษาแนะนำและกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จได้เป็นอย่างดีขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ศิรินทร ทองแสง ที่ให้คำแนะนำที่ผู้วิจัยจะได้นำไปปฏิบัติให้เกิดประโยชน์ต่อไป ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการ และทีมงานห้องวิจัยทุกท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรรณราย รักษ์กร ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อาจารย์สาลิณี ศรีวงษ์ชัย คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ที่ให้คำแนะนำความรู้และความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ทดสอบเส้นใย

เอกสารอ้างอิง

- คาริกา ดาวจันอัด, อนันต์ อักษรสร และคณะ. การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับดาหลาในเชิงพาณิชย์ด้วยการสกัดเส้นใยจากลำต้นดาหลาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการทอผ้าในจังหวัดนราธิวาส. ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร; 2558; 123-136.
- บุญศรี คู่สุขธรรม และบุญ จิตต์ใจนำ. การผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา. กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ; 2556.
- สาลิณี ศรีวงษ์ชัย. การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากการปรับสภาพก้อนเชื้อเห็ดเก่าด้วยความร้อนชื้น. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ครั้งที่ 6; 25 พฤศจิกายน 2559; กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช; 2559.
- เสาวณีย์ อาริณเจริญ, นฤพน ไพศาลตันติวงศ์, รัตนพล มงคลรัตนสิทธ์ และสาคร ชลสาคร. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากเส้นใยตะไคร้. กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร; 2556.
- อ้อยทิพย์ ผู้พัฒน์ และคณะ. การศึกษาวิธีการแยกเส้นใยจากก้านใบบัวหลวงสายพันธุ์พระราชินีและความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยมาผลิตเป็นเส้นด้าย. ปทุมธานี:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี; 2553.
- A. El Oudiani, Yassin Chaabouni, Slah MsahliSlah FaouziSakli. Morphological and crystalline characterization of NaOH and NaOCl treated Agave americana L. fiber. Industrial Crops and Products 2012; 36(1):257-266
- Huang Gu. Tensile behaviours of the coir fibre and related composites after NaOH treatment. Materials and Design 2009; 30(9):3931-3934