

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงเส้นใยจากต้นปุดสำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านสิ่งทอ
ชื่อและนามสกุล นายกิตติพงศ์ พัฒนไพศาลสิน
แขนงวิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา 1. อาจารย์ ดร.แววบุญ แยมแสงสังข์
2. อาจารย์ ดร.กัลทิมา เชาวัญญชัยกุล

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 4 ตุลาคม 2560

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรินทร์ ทองแสง)



กรรมการ

(อาจารย์ ดร.แววบุญ แยมแสงสังข์)



กรรมการ

(อาจารย์ ดร.กัลทิมา เชาวัญญชัยกุล)



ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา จันทร์คง)

ชื่อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงเส้นใยจากต้นปุดสำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านสิ่งทอ

ผู้วิจัย นายกิตติพงษ์ พัฒนไพศาลสิน รหัสนักศึกษา 2589600945 **ปริญญา** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) อาจารย์ ดร.แววบุญ แยมแสงสังข์ (2) อาจารย์ ดร.กัลทิมา เชาวน์ชาญชัยกุล **ปีการศึกษา** 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการปรับปรุงเส้นใยเซลลูโลสจากต้นปุดเพื่อการประยุกต์ใช้งานด้านสิ่งทอ วัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ ศึกษาสมบัติของเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงทั้งวิธีเคมีและวิธีกล และศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เส้นใยปุดในงานด้านสิ่งทอ

วิธีการวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน (1) การเตรียมเส้นใยโดยการคัดเลือกต้นปุด ตีแยกเส้นใยด้วยเครื่องตีแยก และนำมาอบแห้ง (2) ปรับปรุงเส้นใยที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีเคมีและวิธีกล วิธีเคมีทำโดยแช่เส้นใยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0%, 5%, 10%, 15% และ 20% เป็นเวลา 7 วัน วิธีกลทำการแยกเส้นใยด้วยเครื่องบีบอัด ที่แรงกด 4 บาร์ เวลา 10, 15 และ 20 นาที ตามลำดับ (3) ทดสอบสมบัติของเส้นใย ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยวิธีเคมีและวิธีกล ด้วยกล้องจุลทรรศน์ และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดด้วยเทคนิคการกระจายพลังงานรังสีเอ็กซ์ เครื่องทดสอบแรงดึง และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใย

ผลการวิจัยพบว่า การปรับปรุงเส้นใยทั้งวิธีเคมีและวิธีกลทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กกลงได้ โดยวิธีเคมีจะได้เส้นใยที่มีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าวิธีกล อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการปรับปรุงเส้นใยวิธีเคมีและการปรับปรุงเส้นใยวิธีกลโดยใช้เครื่องบีบอัด พบว่า วิธีเคมีใช้เวลานานกว่า และอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ สภาวะที่เหมาะสมในการใช้เครื่องบีบอัดเส้นใยคือที่ แรงดัน 4 บาร์ เวลา 10 นาที โดยมีค่าการรับแรงดึงของเส้นใยเท่ากับ 102.45 เซนตินิวตัน ซึ่งเส้นใยที่ได้เหมาะสำหรับงานเคหะสิ่งทอ

คำสำคัญ ต้นปุด เส้นใย สิ่งทอ

Thesis title: Improvement of *Achasma macrocheilos* Griff Fibers Treatment for Textile Applications

Researcher: Mr. Kittipong Patanapisalsin ; **ID:** 2589600945;

Degree: Master of Science (Industrial Technology);

Thesis advisors: (1) Dr.Weawboon Yamsaengsung;
(2) Dr.Kantima Chaochanchaikul; **Academic year:** 2019

Abstract

This research is concerned with the treatment of cellulose fibers from *Achasma macrocheilos* Griff for textile application. The aims of the study were to study the properties of the fibers from chemical and mechanical treatments.

Research methods composed of three steps are (1) preparation of the fibers by selecting stalk, separating by using a mechanical press and drying them, (2) modifying the dried fibers by chemical and mechanical treatments; the former one by soaking them in 0%, 5%, 10%, 15% and 20% Sodium Hydroxide solution for 7 days. The latter one by a mechanical press at the pressure of 4 Bar for 10, 15 and 20 minutes to separate the fiber, (3) testing the properties of the fibers from chemical and mechanical methods using a microscope, scanning Electron Microscopy (SEM), Energy dispersive X-ray analysis (EDS), tensile testing machine, and the chemical composition of the fibers.

The results show that both of the chemical and mechanical treatments can reduce the fiber sizes. The chemical method obtained more higher fibers properties than the ones obtained by mechanical method. However when compared mechanical treatment with mechanical press to the chemical treatment found that, chemical treatment takes longer and may be produce environmental effects from the chemicals used. The optimum condition for squeezing machine was at 4 Bar for 10 minutes, which resulted in fiber tensile of 102.45 centinewton (cN). The fibers were suitable for home textile products.

Keywords: *Achasma macrocheilos*, Fibers, Textile

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคลากรแขนงต่างๆ ที่ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนทั้งด้านข้อมูลวิชาการ เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ทางผู้จัดทำงานวิจัยจึงขอขอบพระคุณคณาจารย์ และหน่วยงานที่ให้ความอนุเคราะห์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.แววบุญ แยมแสงสังข์ และ อาจารย์ ดร.กัลทิมา เชาวน์ชาญกุล ที่ได้กรุณาได้รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความทุ่มเททั้งการปรึกษาแนะนำ และกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จได้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรินทร ทองแสง ที่ให้ความกรุณามาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำที่ผู้วิจัยจะได้ไปปฏิบัติให้เกิดประโยชน์ต่อไป

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์เส้นใย และทีมงานห้องวิจัยทุกๆท่าน

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรณราย รัชังการ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อาจารย์สาลินี ศรีวงษ์ชัย คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ที่ให้คำแนะนำความรู้และความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ทดสอบเส้นใย

ขอขอบคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัยที่เป็นแรงบันดาลใจและกำลังใจ ให้ผู้วิจัยมีความมุ่งมั่นในการศึกษาปริญญาโทครั้งนี้ ผู้วิจัยจะนำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปเผยแพร่ให้เกิดประโยชน์ หากมีความผิดพลาดประการใดผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

กิตติพงษ์ พัฒนไพศาลสิน

ตุลาคม 2560

การปรับปรุงเส้นใยจากต้นปุดสำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านสิ่งทอ

นายกิตติพงศ์ พัฒนไพศาลสิน

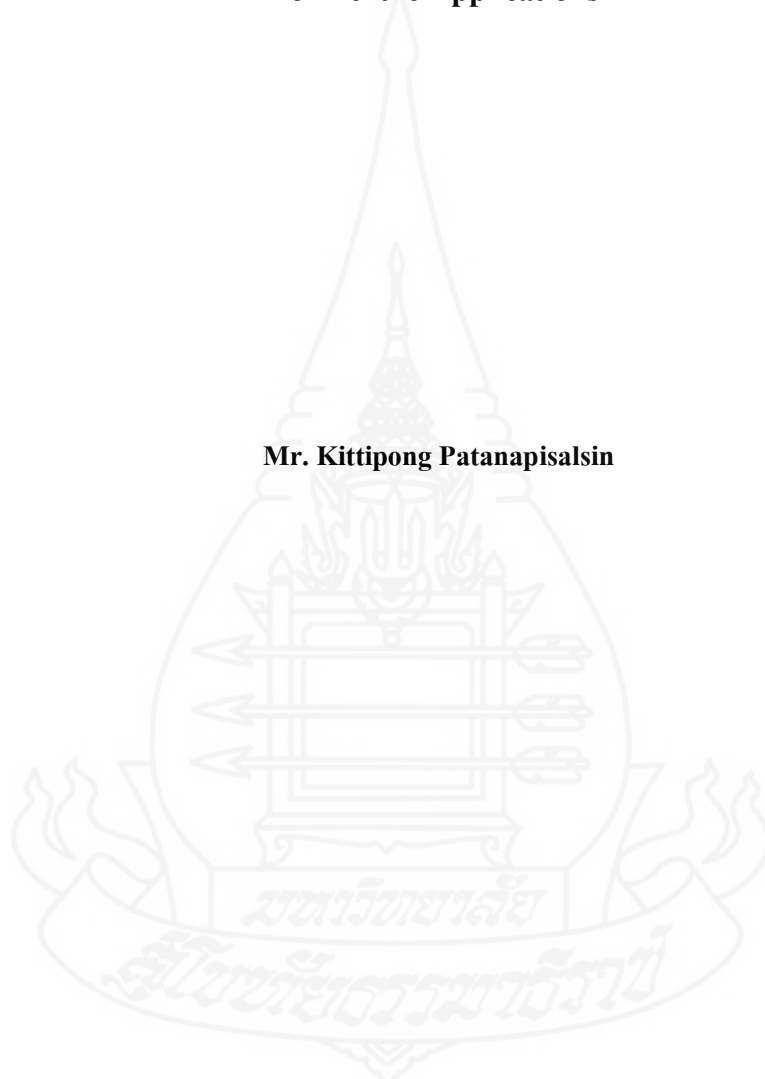


วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2562

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

Mr. Kittipong Patanapisalsin



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Science in Industrial Technology
School of Science and Technology
Sukhothai Thammathirat Open University

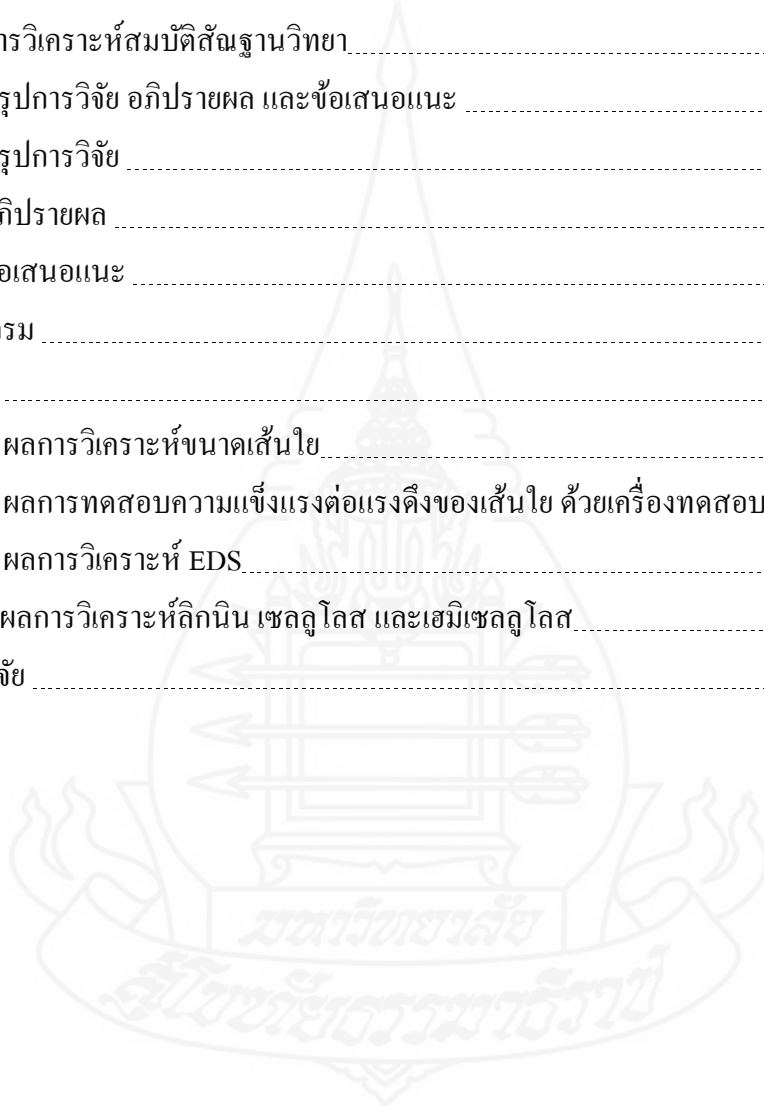
2019

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
ข้อตกลงเบื้องต้น	2
ข้อจำกัดในการวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	5
ข้อมูลทั่วไปของต้นปุด	5
เส้นใยธรรมชาติ	7
การปรับปรุงเส้นใยธรรมชาติจากพืช	10
การทดสอบสมบัติของเส้นใยธรรมชาติ	13
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	20
วัสดุที่ใช้ในการวิจัย	20
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	20
วิธีการทดลอง	30
การเก็บรวบรวมข้อมูล	35
การวิเคราะห์ข้อมูล	36
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	37
การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การวิเคราะห์สมบัติเชิงกล	40
การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี	44
การวิเคราะห์สมบัติฐานวิทยา	51
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	55
สรุปการวิจัย	55
อภิปรายผล	56
ข้อเสนอแนะ	59
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก	64
ก ผลการวิเคราะห์ขนาดเส้นใย	65
ข ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใย ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง	75
ค ผลการวิเคราะห์ EDS	83
ง ผลการวิเคราะห์ลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส	110
ประวัติผู้วิจัย	112



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1	องค์ประกอบของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในวัสดุทางการเกษตร 9
ตารางที่ 2.2	ค่าความละเอียดของเส้นใยเป็นไมโครแแนร์ 13
ตารางที่ 3.1	สัดส่วนน้ำหนักของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำหนักน้ำในแต่ละระดับความ เข้มข้นของสารละลาย 33
ตารางที่ 3.2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความละเอียดของเส้นใยฝ้ายกับมูลค่าทางการตลาด 36
ตารางที่ 4.1	ผลการทดสอบความละเอียดของเส้นใยปูดที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธี เคมี และวิธีกล 39
ตารางที่ 4.2	ค่าองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยปูดโดยเทคนิค SEM-EDS 48



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ลักษณะของต้นปุด	5
ภาพที่ 2.2 ลักษณะของปุด	6
ภาพที่ 2.3 ลักษณะของดอกปุด	6
ภาพที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส	7
ภาพที่ 3.1 เครื่องตีแยกเส้นใย	21
ภาพที่ 3.2 เครื่องอบ	21
ภาพที่ 3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์วิธีเคมี	22
ภาพที่ 3.4 เครื่องบีบเส้นใย	23
ภาพที่ 3.5 กล้องจุลทรรศน์แบบเชื่อมต่อแสดงภาพในคอมพิวเตอร์	24
ภาพที่ 3.6 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแบบฟิลด์อิมิชชัน	25
ภาพที่ 3.7 เครื่องทดสอบแรงดึง	25
ภาพที่ 3.8 การเตรียมตัวอย่างเส้นใยสำหรับทดสอบการรับแรงดึง	26
ภาพที่ 3.9 การทดสอบการรับแรงดึง	26
ภาพที่ 3.10 เครื่องทดสอบความละเอียดของเส้นใย	27
ภาพที่ 3.11 แผนภูมิแสดงวิธีการทดลอง	30
ภาพที่ 3.12 ลักษณะต้นปุดที่ผ่านการเลือกขนาด	31
ภาพที่ 3.13 การตีแยกเส้นใยด้วยเครื่องตีแยกเส้นใย	32
ภาพที่ 3.14 การทำงานของเครื่องอบ	32
ภาพที่ 3.15 การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	34
ภาพที่ 3.16 การปรับปรุงเส้นใยด้วยเครื่องบีบเส้นใย	35
ภาพที่ 4.1 ขนาดเส้นใยปุดอบแห้ง และเส้นใยปุดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเคมีและเชิงกล	37
ภาพที่ 4.2 การแยกของเส้นใยปุดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล	38
ภาพที่ 4.3 การรับแรงดึงเฉลี่ยของเส้นใยปุดที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีและวิธี เชิงกล	40
ภาพที่ 4.4 เส้นใยปุดที่ไม่ผ่านการปรับปรุงและผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล	41
ภาพที่ 4.5 ความสามารถในการยึดตัวเฉลี่ย ของเส้นใยปุด	42

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 4.6 เศษผงและเศษเส้นใยขนาดเล็กที่หลุดออกจากเครื่องบีบเส้นใย.....	43
ภาพที่ 4.7 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยปุคอบแห้ง.....	44
ภาพที่ 4.8 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยปุคปรับปรุงด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0% โดยน้ำหนัก.....	44
ภาพที่ 4.9 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยปุคปรับปรุงด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก.....	45
ภาพที่ 4.10 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยปุคปรับปรุงด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10% โดยน้ำหนัก.....	45
ภาพที่ 4.11 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยปุคปรับปรุงด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก.....	46
ภาพที่ 4.12 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยปุคปรับปรุงด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก.....	46
ภาพที่ 4.13 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยปุคปรับปรุงด้วยวิธี เชิงกลเป็นเวลา 10 นาที.....	47
ภาพที่ 4.14 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยปุคปรับปรุงด้วยวิธี เชิงกลเป็นเวลา 15 นาที.....	47
ภาพที่ 4.15 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยปุคปรับปรุงด้วยวิธี เชิงกลเป็นเวลา 20 นาที.....	48
ภาพที่ 4.16 ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในเส้นใยปุค.....	49
ภาพที่ 4.17 สัณฐานวิทยาของเส้นใยปุคปรับปรุงด้วยวิธีเคมีที่ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า.....	52
ภาพที่ 4.18 สัณฐานวิทยาของเส้นใยปุคปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลที่ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า.....	53
ภาพที่ 5.1 ลักษณะการแยกของเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุง.....	59

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระแสของประชาคมโลกในปัจจุบันให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์และใส่ใจสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือ Green Product เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และนวัตกรรมสิ่งทอที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมก็เป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมและมีศักยภาพสูงด้านการแข่งขันทั้งในและต่างประเทศ ส่งผลให้มีการวิจัยและพัฒนาวัตถุดิบจากธรรมชาติมาแปรรูป รวมถึงการนำเส้นใยธรรมชาติ มาทำเป็นเสื้อผ้าเครื่องประดับตกแต่ง และของใช้ต่าง ๆ ซึ่งจากความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศไทย ทำให้มีความเป็นไปได้สูงในการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยเพื่อนำเส้นใยธรรมชาติมาใช้ประโยชน์เพื่อลดการนำเข้าจากต่างประเทศ สร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ และเพิ่มโอกาสในการแข่งขันของอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมอื่นที่เกี่ยวข้อง

ในประเทศไทยได้เริ่มมีการศึกษาเส้นใยธรรมชาติอื่นๆ ทดแทนการนำเข้าฝ้ายดิบจากต่างประเทศ เพื่อเป็นทางเลือกในการผลิตเส้นใยเข้าสู่อุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยเฉพาะการผลิตเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มและสิ่งทอในครัวเรือน โดยมีการทดลองและวิจัยเส้นใยธรรมชาติจากพืชหลายชนิด เช่น เส้นใยจากใบสับปะรด เส้นใยจากก้านผักตบชวา เส้นใยจากฝักเขาคอน เส้นใยกล้วย และเส้นใยจากต้นดาหลา เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทยยังมีพืชที่ให้เส้นใยอีกจำนวนมากที่ยังขาดการศึกษาวจัย เพื่อนำองค์ความรู้มาใช้และเผยแพร่ไปสู่ภาคเกษตรกร และผู้สนใจในการนำไปต่อยอดให้เกิดประโยชน์โดยรวมต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศต่อไป

ต้นปุด (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Achasma macrocheilos*) เป็นพืชในวงศ์ Zingiberaceae ลำต้นและใบมีขนาดใหญ่กว่าข่าและดาหลา ดอกสีแสด ขอบกลีบสีเหลือง มีความสูงประมาณ 2 เมตร ประโยชน์ของปุด คือ เหง้า หน่อปุดอ่อน และไส้ของปุด มีกลิ่นหอม รสเผ็ดร้อน ใช้เป็นเครื่องเทศใส่ในแกงชนิดต่าง ๆ เช่น แกงเหลือง แกงกะทิ ช่วยลดกลิ่นของเนื้อสัตว์ หรือนำมาต้มใช้กินเนมกับน้ำพริก หน่ออ่อนที่ลอกเปลือกแล้วนำมาดองกินกับขนมจีนน้ำยา ต้นปุดอ่อน ลอกกาบนอกออกเหลือไว้เฉพาะไส้ในกินเป็นผัก (มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 2557)

งานวิจัยนี้ได้เลือกต้นปุดเพื่อทำการศึกษาเนื่องจาก เป็นพืชท้องถิ่นในจังหวัดชายแดนภาคใต้ที่มีจำนวนมาก ซึ่งมีทั้งขึ้นเองตามธรรมชาติ และปลูกเป็นพืชผักในครัวเรือน อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับพืชท้องถิ่นทางภาคใต้ และสร้างโอกาสทางอาชีพให้กับเกษตรกรหรือวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ภาคใต้ได้อีกช่องทางหนึ่ง

การวิจัยในครั้งนี้ จะดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติจากการปรับปรุงเส้นใยจากต้นปุดสำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านสิ่งทอต่างๆ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาสมบัติของเส้นใยจากต้นปุดที่เตรียมโดยวิธีเคมีและวิธีเชิงกล
- 2.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เส้นใยปุดในงานด้านสิ่งทอ

3. ขอบเขตการวิจัย

- 3.1 ในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการศึกษาเส้นใยจากต้นปุด ซึ่งมีทั่วไปในจังหวัดทางภาคใต้ โดยเลือกใช้เส้นใยจากต้นปุดในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดตรัง
- 3.2 วิธีการปรับปรุงคุณภาพเส้นใย วิจัยเปรียบเทียบระหว่างวิธีเคมีโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และวิธีเชิงกล โดยใช้ระบบลูกกลิ้งอัด
- 3.3 สภาวะการปรับปรุงด้วยวิธีเคมีใช้การแช่สารละลายนาน 7 วัน ที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% 10% 15% 20% โดยน้ำหนัก

4. ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยนี้มุ่งเน้นในการศึกษาสมบัติของเส้นใยจากต้นปุดเพื่อเป็นแนวทางในการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ

5. ข้อจำกัดในการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติของเส้นใยเท่านั้น โดยยังไม่ทำการวิจัยถึงการนำไปตีเกลียวทำเส้นด้าย หรือทอเป็นผ้าผืน เนื่องจากข้อจำกัดในด้านระยะเวลาในการศึกษาและประสิทธิภาพของเครื่องจักรในการตีเกลียวเส้นด้ายจากเส้นใยธรรมชาติและทอเป็นผ้าผืน

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 เส้นใย หมายถึง วัสดุหรือสารใดๆทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น ที่มีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับหรือมากกว่า 100 สามารถขึ้นรูปเป็นผ้าได้ และต้องเป็นองค์ประกอบที่เล็กที่สุดของผ้า ไม่สามารถแยกย่อยในเชิงกลได้อีก

6.2 เส้นใยจากพืช หมายถึง สิ่งที่มีลักษณะเป็นเส้นใยมีความยาว องค์ประกอบของเซลล์ ส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส

6.3 เซลลูโลส หมายถึง องค์ประกอบของเซลล์เส้นใย เกิดจากการรวมตัวของพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ของกลูโคส (glucose) ซึ่งโมเลกุลของเซลลูโลสเรียงตัวกันในผนังเซลล์ของพืชเป็นหน่วยเส้นใยขนาดเล็กมาก เกิดการเกาะจับตัวกันเป็นเส้นใยขึ้น

6.4 สิ่งทอ หมายถึง เส้นใย เส้นด้าย ผ้า หรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก เส้นใย เส้นด้าย หรือจากผ้า

6.5 การปรับปรุงเส้นใย หมายถึง การกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางด้านกายภาพของเส้นใย ซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยมีการจัดองค์ประกอบที่ไม่พึงประสงค์ออกจากเส้นใย เพื่อให้มีสมบัติเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์

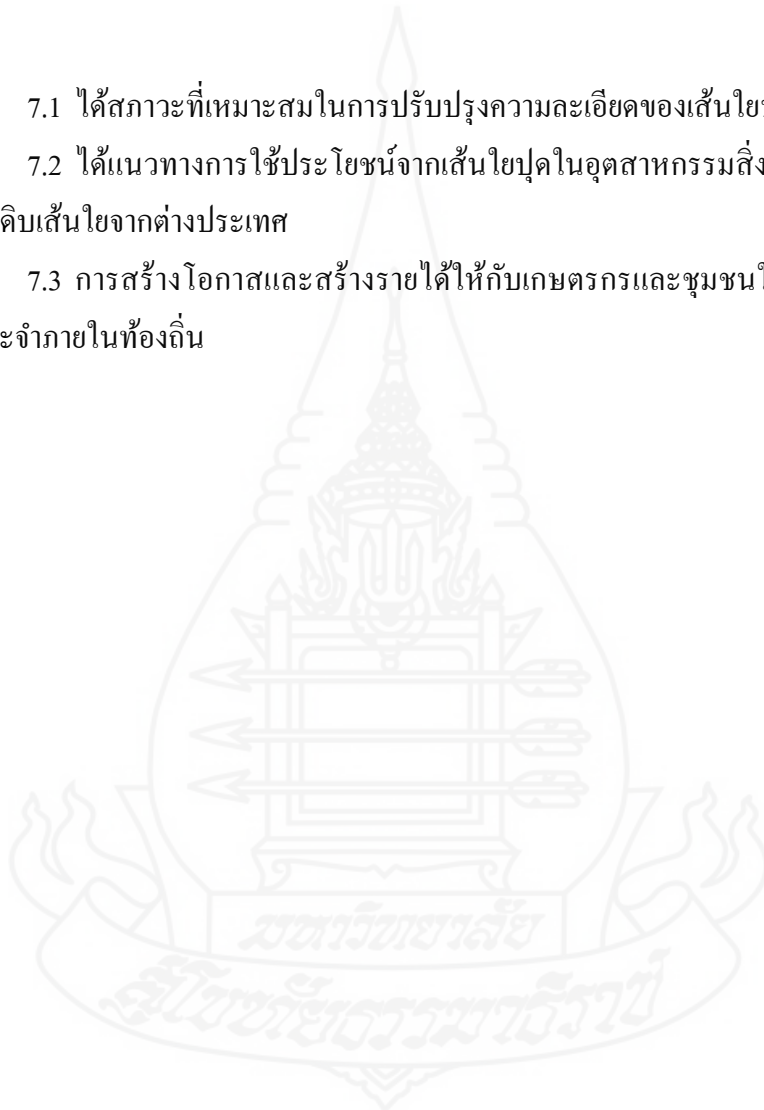
6.6 เส้นใยหยาบ (Coarse) หมายถึง เส้นใยที่มีสารอื่นที่ไม่ใช่เซลลูโลส เช่น เพคติน ลิกนิน รวมอยู่ด้วย จำเป็นต้องปรับปรุงให้เส้นใยแยกเป็นเส้นใยเดี่ยว มีขนาดเล็กกล และอ่อนนุ่มพอที่จะนำเข้าสู่กระบวนการผลิตหรือปั่นด้าย

6.7 เส้นใยละเอียด (Fiber Fineness) หมายถึง คุณภาพและความนุ่มของเส้นใย โดยใช้วิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของเส้นใยต่อความยาวที่กำหนด (Linear Density) โดยระบุเป็นเทกซ์ (Tex) เดนเยอร์ (Denier) หรือ ไมโครเนียร์ (Micronier)

6.8 ไมโครแนร์ (Microniere) หมายถึง การวัดความละเอียดของเส้นใย ซึ่งระบุ น้ำหนักของเส้นใยเป็นไมโครกรัมต่อความยาวหนึ่งนิ้ว ฝ้ายจะมีความละเอียดประมาณ 3.5-5 ไมโครกรัมต่อ 1 นิ้ว (ไมโครกรัม = 10^{-6} กรัม) โดยใช้วิธีวัดน้ำหนักของเส้นใยต่อความยาวที่กำหนด

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 7.1 ได้สภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงความละเอียดของเส้นใยปูด
- 7.2 ได้แนวทางการใช้ประโยชน์จากเส้นใยปูดในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เพื่อทดแทนการนำเข้าวัตถุดิบเส้นใยจากต่างประเทศ
- 7.3 การสร้างโอกาสและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรและชุมชนในท้องถิ่นที่มีต้นปูด เป็นพืชประจำภายในท้องถิ่น



บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. ข้อมูลทั่วไปต้นปุด

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Achasma macrocheilos* Griff

ชื่อวงศ์ ZINGIBERACEAE

ชื่อเรียกอื่นๆ ปุดใหญ่ ปุดทั้ง กระทือป่า กระทือโลก ปุดขน

ถิ่นกำเนิด เอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เป็นพืชล้มลุก เหง้าอยู่ใต้ดิน ต้นสูง 1.5 – 3 เมตร ใบคล้ายใบกล้วย ปลายแคบเป็นดิ่งแหลม โคนมน ก้านใบยาว และโคนก้านใบจะแผ่ออกเป็นกาบหุ้มลำต้น ดอกสีแดงสด ดอกเป็นช่อสั้นๆ ใกล้เคียงกับโคนต้นแทงขึ้นมาจากเหง้า ช่อหนึ่งมี 4-10 ดอก ดอกเป็นรูปกรวย หงาย ขอบกลีบสีเหลืองอ่อน กลีบดอกมีหลายกลีบแล้วแต่ความสมบูรณ์ของแต่ละต้น ดอกออกตลอดปี นิเวศวิทยา พบตามป่าดิบชื้น ดังแสดงในภาพที่ 2.1 – 2.3 (วัลลักรุกขบุปผชาติตามรอยพระบาทบรมราชกุมารี, 2552)

การใช้ประโยชน์ หน่อและดอกอ่อน ต้มกินเป็นผัก กาบหุ้มลำต้นใช้สานเป็นภาชนะใส่ของชั่วคราว ในเหง้าของพืชสกุลปุด พบว่า มีสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Cladosporium Cladosporioides* ที่ทำให้เกิดโรคใบไหม้หรือจุดดำกับพืช (อนุศักดิ์ ศรีสรกำพล, 2538)



ภาพที่ 2.1 ลักษณะของต้นปุด



(ก) ลักษณะของ ใบปุด



(ข) ลักษณะก้าน ใบปุด

ภาพที่ 2.2 ลักษณะของปุด



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของดอกปุด

ที่มา: วัลลักรุกขบุปผชาติตามรอยพระบาทบรมราชกุมารี (2552)

2. เส้นใยธรรมชาติ

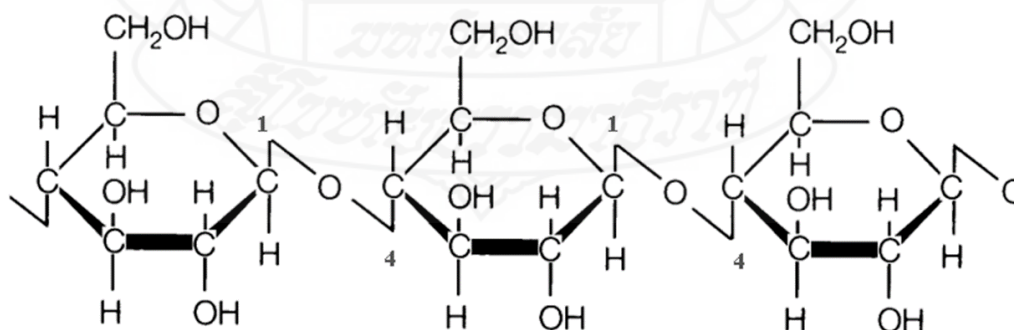
2.1 ประเภทของเส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติ เป็นเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติ สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มต่างๆ ได้ ดังนี้ (เทคโนโลยีสิ่งทอ, 2555)

2.1.1 เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ เป็นกลุ่มเส้นใยที่ได้จากส่วนต่างๆ ของพืช โครงสร้างของโมเลกุลประกอบด้วยกลุ่ม แอนไฮโดรกลูโคส เกาะเกี่ยวกันเป็นสายโซ่ยาวโมเลกุลใหญ่ สายโมเลกุลนี้รวมกันจำนวนมากจะเกิดเป็นเส้นใยและยังมีความยาวมาก จะมีผลทำให้เซลลูโลสมีความเหนียวมากขึ้น สายโซ่โมเลกุลจะยาวมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนโมเลกุลกลูโคส โดยกลูโคสแต่ละหน่วยประกอบด้วยคาร์บอน 44.4% ไฮโดรเจน 1.2% และออกซิเจน 49.4%

การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสนั้นบางตอนก็ขนานกัน เป็นระเบียบ เรียกว่า Crystalline บางตอนเรียงกันไม่เป็นระเบียบพันกันสะเปะสะปะไปมาเรียกว่า Amorphous การเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ของโมเลกุลเซลลูโลสจะทำให้เกิดช่องว่างแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลกันละกันทำให้การยึดเกาะกันระหว่างโมเลกุลมีน้อย เส้นใยขาดความแข็งแรง ส่วนโมเลกุลเซลลูโลสที่เรียงตัวกันเป็นระเบียบ จะทำให้เส้นใย มีความแข็งดี ยืดตัวออกได้น้อย มีแรงยึดเกาะระหว่างโมเลกุลข้างเคียงด้วย Hydrogen Bond ความยาวของหน่วยโมเลกุลเซลลูโลสที่ต่อกันขึ้นอยู่กับชนิดและพื้นฐานดั้งเดิมของเซลลูโลส

จากโครงสร้างโมเลกุลกลูโคส ซึ่งยึดเกาะกันเป็นสายโมเลกุลเซลลูโลส จะพบว่าหมู่ -OH อยู่หลายแห่ง ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาเคมีกับเส้นใยได้ เช่น ปฏิกิริยากับสีย้อม สารตกแต่ง การดูดความชื้น โดยหมู่ -OH จะจับกับโมเลกุลของน้ำที่ผ่านเข้ามาในเส้นใยได้ดี



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส

ที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0612/cellulose>

ตัวอย่างเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติที่ได้จากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เส้นใยจากผล ได้แก่ มะพร้าว บวบ เส้นใยจากเมล็ด ได้แก่ ฝ้าย นุ่น เส้นใยจากใบ ได้แก่ สับปะรด ป่าน ทรนารายณ์ ปาล์ม เส้นใยจากลำต้น ได้แก่ ปอ ป่าน รามิ ลินิน กัญชง เป็นต้น

2.1.2 เส้นใยโปรตีนธรรมชาติ เป็นเส้นใยที่ได้จากสัตว์ ได้แก่ เส้นใยขนสัตว์ เป็นใยที่ได้จากขนสัตว์ที่ปกคลุมตัวสัตว์ เช่น ขนแกะ แพะ อูฐ ลามา ซึ่งขนจากสัตว์กลุ่มนี้จะเรียกว่า hair fiber สำหรับขนสัตว์ที่มีขนาดลำตัวเล็ก เช่น ขนมิงค์ กระต่าย บีเวอร์ จะให้เส้นใยที่อ่อนนุ่มกว่า ขนจากสัตว์กลุ่มนี้จะเรียกว่า fur fiber เส้นใยไหม เป็นเส้นใยที่ได้จากตัวไหมซึ่งขับสารชนิดหนึ่งออกมาจากต่อมใกล้ปาก เพื่อสร้างรังห่อหุ้มให้กับตัวเอง เป็นต้น

เส้นใยโปรตีนธรรมชาติ ประกอบด้วย กรดอะมิโนซึ่งจับกันเป็นโซ่ในรูปของ โพลีเปปไทด์ (Polypeptide Chains) มีน้ำหนักโมเลกุลค่อนข้างสูง ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน เส้นใยขนสัตว์จะมีกำมะถันเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วยการเรียงตัวของกรดอัลฟาอะมิโน (Alpha Amino Acid) จะเป็นกากตกอยู่ทั่วไปในระหว่างเส้นใย มีความหนาแน่นน้อยกว่าเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ จึงทำให้ มีน้ำหนักเบากว่า เส้นใยเซลลูโลสในปริมาณที่เท่ากัน เส้นใยโปรตีนคืนตัว และยืดหยุ่นได้ดี

2.1.3 ไยแร่ เป็นใยธรรมชาติที่แยกจากหินหรือแร่ เช่น เส้นใยหิน (Asbestos) มาจากหินชนิดหนึ่งที่มีสีเขียวที่เรียกว่า Serpentine หรือ Amphibole Rock มีลักษณะเป็นชั้นลื่นเหมือนสบู่ ผสมกับใยฝ้าย 5-20% หรือไม้ไผ่เรยอน และขนสัตว์ เพื่อบั่นให้เป็นเส้นด้ายและทอเป็นผ้าต่อไป ผ้าที่ผลิตจากใยหินนั้นมีคุณสมบัติคือทนไฟ สามารถทอเป็นผ้าได้หลากหลายชนิด ใช้ทำผ้ามากันไฟ ชุดเสื้อผ้ามกันไฟที่ใช้สำหรับพนักงานดับเพลิง ผ้าฉนวนป้องกันไฟฟ้า เป็นต้น ใยที่ได้จากแร่ธาตุบางชนิด เช่น ใยแก้ว คาร์บอน เป็นต้น

2.1.4 เส้นใยยางธรรมชาติ (Natural Rubber Fiber) เช่น เส้นใยยางยืด โดยภายในมีเส้นด้ายหรือเส้นใยประเภทอื่นๆ เช่น เส้นใยฝ้าย, เรยอน หรือ ไนลอน มาหุ้มอยู่โดยรอบเพื่อเพิ่มคุณสมบัติที่เหมาะสมกับงานผ้าที่ใช้ และป้องกันไม่ให้เส้นใยยางเสื่อมคุณภาพเร็วเมื่อถูกความร้อนและแสงแดด เส้นใยยางสามารถยืดหดได้ดี มีความโค้งงอดี มีความคงรูปปานกลาง เหนียวแข็งแรง ทนต่อน้ำและอากาศได้ดี ตัดหรือฉีกขาดยาก ทนต่อสารเคมีได้หลายชนิด ใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ใช้ตัดทำชุดอาบน้ำ ผ้าพันกล้ามเนื้อ ผ้าบุรองในรองเท้า ขอบถุงเท้า ถุงมือ แถบขอบยางยืด เป็นต้น แต่น้ำมันหรือเหงื่อโคลจากร่างกายและแสงแดด จะทำให้ยางเสื่อมคุณภาพจะยืดเสีรูปร่างของใยยางนั้นไม่ทนความร้อนสูง ถ้าความร้อนสูงเกิน 93 องศาเซลเซียส จะเริ่มสลายตัว เมื่อเก็บไว้นานๆนั้นความเหนียวจะลดลง การยืดหยุ่นจะเสียไปตามกาลเวลา และสารซักฟอกบางชนิดทำให้เส้นใยเสื่อมคุณภาพได้

2.2 โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยธรรมชาติที่มาจากพืช

2.2.1 เซลลูโลส (Cellulose) เป็นองค์ประกอบที่พบมากในวัสดุประเภท ลิกโนเซลลูโลส โดยพบในส่วนของผนังเซลล์ของพืช อยู่ร่วมกับเฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ปริมาณที่พบแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและส่วนของพืช เช่น เนื้อไม้พบประมาณร้อยละ 40-50 และเส้นใยฝ้ายพบประมาณร้อยละ 98 ดังแสดงในตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในวัสดุทางการเกษตร

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	เซลลูโลส	เฮมิเซลลูโลส	ลิกนิน
ไม้เนื้อแข็ง	40-55	24-40	18-25
ไม้เนื้ออ่อน	45-50	25-35	25-35
เปลือกถั่ว	25-30	25-30	30-40
ชังข้าวโพด	45	35	15
หญ้า	25-40	35-50	10-30
ฟางข้าว	30	50	15
ใยฝ้าย	80-95	5-20	0

เซลลูโลสเป็นโพลิเมอร์มีลักษณะเป็นเส้นตรง ไม่มีกิ่งก้าน ประกอบด้วยหน่วยย่อยคือ เบต้า-D-กลูโคส (β-D-Glucopyranose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้า 1,4-ไกลโคซิดิก (β-1,4-Glycosidic Bond) เกิดเป็นโพลิเมอร์กลูแคน (Glucan) มีความยาวตามธรรมชาติประมาณ 10,000 หน่วย ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยทั่วไปในธรรมชาติพบเซลลูโลส 2 แบบ คือ crystalline cellulose และ amorphous cellulose โดยส่วนของ crystalline cellulose จะถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ยากกว่า amorphous cellulose

2.2.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นองค์ประกอบชนิดหนึ่งในวัสดุประเภท ลิกโนเซลลูโลส เป็นเฮเทอโรโพลิเมอร์ของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ หลายชนิดผสมกัน เช่น กลูโคส แมนโนส ไซโลส และอะราบินโนส ซึ่งพบอยู่ในรูปโพลิเมอร์ไซแลน แมนแนน กาแลกแตน และอะราบินแนน มีความยาวเฉลี่ยประมาณ 200 หน่วย โดยในพอลิเมอร์ไวลแลน ดี-ไซโลสมีปริมาณมากที่สุดคือ ร้อยละ 85-93 ส่วนองค์ประกอบอื่น เช่น กลูโคส กรดกลูควโรนิก กรดกาแลกตุโรนิก จะพบปริมาณน้อย โดยไซโลสที่พบจะเชื่อมด้วยพันธะเบตา 1,4-ไกลโคซิดิก

2.2.3 ลิกนิน (Lignin) เป็นสารประกอบประเภทอะโรมาติกที่พบในส่วนผนังเซลล์ของพืช พบในปริมาณที่แตกต่างไปตามชนิดของพืช ในธรรมชาติลิกนินเป็นส่วนป้องกันเซลล์ulos ไม่ให้ถูกย่อยสลายได้ง่ายโดยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ ลิกนินเป็นเฮเทอโรพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบ 3 มิติ ไม่แตกสลายประกอบด้วย สารประกอบอะโรมาติก 3 ชนิด ประกอบด้วย *trans-p-coumaryl alcohol*, *trans-coniferyl alcohol* และ *trans-p-sinapyl alcohol* นอกจากนี้โมเลกุลของลิกนินยังเชื่อมต่อกับสารประกอบอะโรมาติกอื่นๆอีก เช่น *vanillin* และ *syringaldehyde*

3. การปรับปรุงเส้นใยธรรมชาติจากพืช

การปรับปรุงเส้นใยธรรมชาติจากพืช คือ กระบวนการในการเปลี่ยนแปลงเส้นใยพืชด้วยวิธีการต่างๆ เช่น เคมี เชิงกล หรือเอนไซม์ เป็นต้น เพื่อให้ได้เส้นใยที่มีขนาดและคุณภาพเหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์ การปรับปรุงเส้นใยมีกระบวนการต่างๆ ดังนี้

3.1 กระบวนการทางเคมี เป็นวิธีที่ใช้กระบวนการทางเคมี ในการกำจัดสารที่เป็นตัวยึดจับเส้นใยให้รวมตัวกัน เช่น เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ออกจากเซลลูโลส ทำให้เส้นใยแยกออกจากกันเป็นเส้นใยเชิงเดี่ยวมีขนาดเล็กลง เส้นใยที่ได้มีความสะอาด และมีความละเอียด นุ่มและพอกให้ขาวได้ง่าย เส้นใยที่ได้จากกระบวนการนี้จะมีปริมาณเซลลูโลสสูง มีลิกนินและสารอินทรีย์อื่น ๆ ปนอยู่น้อยมาก มีความเหนียวสูง กระบวนการทางเคมี ได้แก่

3.1.1 การแยกเส้นใยโดยการแช่หมัก เป็นการแช่หมักด้วยแบคทีเรีย ซึ่งจะทำปฏิกิริยาละลายเนื้อเยื่อที่ยึดเส้นใยอยู่กับผิว และเนื้อไม้ออกจากกัน เส้นใยที่ได้จะพบว่าเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่ยังคงสมบูรณ์ การแช่หมักต้องทำให้ชิ้นส่วนของพืชที่ต้องการเส้นใยจมอยู่ในน้ำตลอดเวลาการแช่หมัก เพื่อให้เนื้อเยื่อสลายตัวได้อย่างสม่ำเสมอ สามารถทำได้ทั้งในบ่อหมัก หรือลำน้ำธรรมชาติที่มีความลึกไม่ต่ำกว่า 90 เซนติเมตร ระยะเวลาการหมักประมาณ 5 – 12 วันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เมื่อพืชที่แช่หมักพร้อมที่จะแยกเส้นใยได้ ให้นำล้างน้ำ เพื่อให้ผิวและเนื้อเยื่อของพืชหลุดออกจากกัน แล้วนำเส้นใยที่ได้ไปล้างน้ำทำความสะอาด และผึ่งแดดหรือทำให้แห้ง (เสาวณีและคณะ, 2556)

3.1.2 การแยกเส้นใยโดยใช้ด่าง มีกระบวนการคล้ายกับการแยกเส้นใยโดยการแช่หมัก แต่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นด่างมาช่วยย่อยสลายเนื้อเยื่อแทนแบคทีเรีย โดยการทำให้พืชที่ต้องการแยกเส้นใยเกิดการพองตัว และโซเดียมไฮดรอกไซด์ย่อยสลายเนื้อเยื่อส่วนที่หลุดออกมาก โดยจะเหลือส่วนที่เป็นเส้นใยที่ต้องการ ขั้นตอนนี้ดีกว่าการแช่หมักเพราะไม่ส่งกลิ่นเหม็น

และใช้เวลาที่น้อยกว่า แต่ถ้าใช้ปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์มากเกินไป มีผลทำให้สมบัติของเส้นใยเปียกและแตกขาดได้ง่ายเนื่องจากสารที่เข้มข้นไปทำลายโครงสร้างภายในเส้นใย (เสาวณีย์และคณะ, 2556)

3.2 กระบวนการเชิงกล เป็นวิธีแยกเส้นใยที่ไม่ใช้เคมีในการทำปฏิกิริยา เพื่อขจัดสารปนเปื้อนออกจากเส้นใย แต่ใช้แรงทางกลเพื่อทำให้พันธะที่ยึดเกาะเส้นใยเซลลูโลสไว้แตกออกจากกัน ซึ่งมีทั้งกระบวนการที่ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ จนถึงการใช้เครื่องจักร

3.3 กระบวนการทางเชิงกลเคมี เป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพเส้นใยพืชด้วยวิธีทางเชิงกลร่วมกับทางเคมี มีส่วนสำคัญในการละลายน้ำของเฮมิเซลลูโลสและลิกนินที่ถูกแปลงโครงสร้างแล้วเป็นผลทำให้การแตกตัวของเซลลูโลสในขั้นตอนไฮโดรไลซิสเพิ่มขึ้น ซึ่งการใช้กระบวนการฟิสิกส์เคมีคอล ฟิสิคส์เม็นท์ ร่วมกับกระบวนการเทอร์-โมเคมีคอล ฟิสิคส์เม็นท์ เช่น

3.3.1 วิธีการระเบิดด้วยไอน้ำ (Steam Explosion) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในการปรับสภาพวัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลส การระเบิดด้วยไอน้ำ ส่วนใหญ่แล้วจะกระทำที่อุณหภูมิช่วง 160-260 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 0.69-4.82 เมกะปาสกาล วัตถุดิบจะถูกผสมกับไอน้ำ อิ่มตัวที่ความดันสูง แล้วทำการลดความดันอย่างรวดเร็ว เป็นผลทำให้เกิดการแยกเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินออกจากกัน โดยเฮมิเซลลูโลสจะละลายในน้ำที่ควบแน่นจากไอน้ำ ปัจจัยที่มีผลในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพเส้นใยด้วยวิธีนี้คือ เวลาที่ใช้ อุณหภูมิ ขนาดของวัตถุดิบตั้งต้นที่ใช้และปริมาณความชื้นที่อยู่ในวัสดุ วิธีการระเบิดด้วยไอน้ำนั้น จะมีผลโดยตรงกับวัสดุลิกโนเซลลูโลสที่เป็นไม้เนื้อแข็งและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร แต่จะมีผลน้อยมากต่อวัสดุลิกโนเซลลูโลสที่เป็นไม้เนื้ออ่อน จากผลการวิจัยศึกษาเปรียบเทียบการย่อยสลายไม้เนื้ออ่อนด้วยวิธีการแยกเส้นใย 2 วิธีคือ การระเบิดไอน้ำและการหมักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) พบว่า การย่อยสลายไม้เนื้ออ่อนด้วยการระเบิดไอน้ำ มีปริมาณลิกนินคงเหลือร้อยละ 43 ในขณะที่หมักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 สามารถย่อยสลายลิกนินได้สูงกว่าคงเหลือเพียงร้อยละ 7

3.3.2 การระเบิดด้วยแอมโมเนีย (Ammonia Explosion) วิธีนี้ใช้แอมโมเนียเหลวที่อุณหภูมิระหว่าง 60-100 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน ระยะเวลาหนึ่ง แล้วทำการลดความดันลง ซึ่งมีผลต่อวัตถุดิบโดยวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการนี้จะมีอัตราการเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณของเฮมิเซลลูโลส ไม่เหมาะสมกับพืชที่มีลิกนินมาก ในกระบวนการนี้สามารถนำแอมโมเนียกลับมาใช้ใหม่ได้และไม่ก่อให้เกิดสารยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีอื่น อาทิ การระเบิดด้วยไอน้ำที่จะได้วัสดุแบบกึ่งแข็งกึ่ง

เหลว (slurry) สามารถทำการแยกส่วนที่เป็นของแข็งและของเหลวออกจากกันได้ ในขณะที่การระเบิดด้วยแอมโมเนีย จะให้วัสดุเป็นของแข็งเท่านั้น

3.3.3 การระเบิดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 Explosion) วิธีนี้ใช้คาร์บอนไดออกไซด์จากกรดคาร์บอนิกในการเพิ่มปฏิกิริยาย่อยสลาย นิยมใช้ตัวทำลายอินทรีย์ร่วมด้วย อาทิ เอทานอล ซึ่งช่วยในการกำจัดสารประเภทลิกนิน แต่วิธีการนี้ให้ผลผลิตต่ำกว่าการใช้ไอน้ำหรือแอมโมเนีย แต่ไม่เกิดสารขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ในขั้นตอนไฮโดรไลซิสเหมือนวิธีการระเบิดด้วยไอน้ำ

3.3.4 การใช้ความร้อนชื้น (Liquid Hot Water) วิธีการนี้เป็นอีกกระบวนการที่มีการใช้ความร้อนชื้น ซึ่งจะดำเนินการอย่างช้าๆ และไม่ต้องการสารเคมีเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แต่ต้องอาศัยความดันเพื่อควบคุมสถานะของน้ำในสภาวะของเหลวอุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 160-240 องศาเซลเซียส โดยจะส่งผลต่อเฮมิเซลลูโลส วัสดุที่ได้หลังจากการปรับสภาพจะอยู่ในรูปแบบกึ่งแข็งกึ่งเหลว โดยส่วนที่เป็นของแข็งส่วนใหญ่จะเป็นเซลลูโลส ส่วนของเหลวส่วนใหญ่เป็นเฮมิเซลลูโลส และเกิดน้ำตาลบางส่วน ทั้งนี้ควรมีการปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 4-7 เนื่องจากว่าในช่วงดังกล่าวทำให้เฮมิเซลลูโลสยังคงอยู่ในรูปของโอลิโกเมอร์ (Oligomeric Form) ช่วยลดปัญหาการเกิดการรวมตัวเป็น โพลีเมอร์ใหม่อีกครั้ง

3.3.5 การย่อยเปียก (Wet Oxidation) วิธีการนี้ใช้ออกซิเจนและอากาศเป็นตัวกลางในการทำปฏิกิริยา นิยมใช้ถังหมักชีวภาพในสภาวะอุณหภูมิต่ำภายใต้แรงดัน และเวลาสั้น โดยทั่วไปจะใช้เวลา 10-15 นาที อุณหภูมิ 170-200 องศาเซลเซียส และความดันระหว่าง 10-12 บาร์ ของออกซิเจน มีประสิทธิภาพในการแยกเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ทำให้ปริมาณเซลลูโลสมีค่าเพิ่มขึ้น

3.3.6 การใช้คลื่นไมโครเวฟ (Microwave Pretreatment) จัดเป็นวิธีการทางกายภาพร่วมกับทางเคมี เนื่องจากมีการใช้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ และใช้สารเคมีเพื่อการแทรกวัสดุเพื่อให้คลื่นไมโครเวฟผ่าน ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของวัสดุ และใช้เวลาระหว่าง 5-20 นาที การใช้คลื่นไมโครเวฟร่วมกับสารละลายต่าง มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพเส้นใยมากกว่าการใช้คลื่นไมโครเวฟกับสารละลายกรด (การปรับปรุงคุณภาพเส้นใยพืช, 2560)

4. การทดสอบสมบัติของเส้นใยธรรมชาติ

4.1 การวิเคราะห์พื้นฐานวิทยาของเส้นใย

วิธีการนี้เป็นการดูลักษณะของเส้นใยตามภาคตัดขวาง (Cross Section) และภาพตามแนวยาว (Long Section) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscope) โดยเส้นใยแต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะตัวเมื่อถูกมองภายใต้กล้องจุลทรรศน์

4.2 การทดสอบความละเอียดของเส้นใย

ในการนำเส้นใยไปสู่กระบวนการปั่นเป็นเส้นด้ายนั้น ปัจจัยที่สำคัญ คือ ความยาวและความละเอียดของเส้นใย (Fiber Fineness) ดังนั้น ความสม่ำเสมอของเส้นด้ายจึงขึ้นอยู่กับการเรียงตัวของเส้นใย และการกระจายตัวของเส้นใยในเส้นด้ายกับจำนวนเส้นใยในพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้าย กล่าวคือ เส้นด้ายที่มีจำนวนเส้นใยในพื้นที่หน้าตัดมากจะมีความสม่ำเสมอสูง ส่งผลให้เส้นด้ายมีขนาดเล็กและแข็งแรงสูงด้วย

ความละเอียดของเส้นใย สามารถหาได้ โดยการวัดความหนาแน่นของเส้นใยต่อหน่วยความยาว การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของภาคตัดขวางเส้นใย และการวัดการไหลผ่านของอากาศในกลุ่มเส้นใย (Micronaire) ซึ่งแสดงค่าเป็นไมโครกรัมต่อนิ้ว หรือ ไมโครแนร์ ค่าความละเอียดของเส้นใย แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าความละเอียดของเส้นใยเป็นไมโครแนร์

ค่าไมโครแนร์	ความหมาย
ต่ำกว่า 3.0	มีความละเอียดสูง
3.0 – 3.9	ละเอียด
4.0 – 4.9	ปานกลาง
5.0 – 5.9	หยาบ
มากกว่า 6.0	มีความหยาบสูง

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้เป็นการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเส้นใยธรรมชาติมาปรับปรุงเพื่อใช้ในสิ่งทอ และวัสดุคอมโพสิตต่างๆ ดังนี้

คาริกา ดาวจันอัด และคณะ (2558) วิจัยการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับดาหลาในเชิงพาณิชย์ ด้วยการสกัดเส้นใยจากลำต้นดาหลาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการทอผ้าในจังหวัดนครราชสีมา โดยแปร รูปเส้นใยจากส่วนลำต้นของดาหลาด้วยการแช่สารสกัดเส้นใย เป็นระยะเวลา 6 วัน และและนำมา บีบให้เป็นเส้นใยด้วยเครื่องจักรรีดแผ่นยางคืบ นำเส้นใยที่ได้มาแช่สารปรับสภาพให้เส้นใยนุ่ม ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด 566.37 กรัม ให้ค่าการยืดตัวขณะขาดเฉลี่ย 5.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับความต้องการของบริษัทผู้ประกอบการด้านการ ผลิตผ้าจากเส้นใยธรรมชาติ และการใช้เส้นใยจากดาหลาที่ได้จากวิธีการสกัดเส้นใยจากส่วนแกน ด้านในของลำต้นดาหลาเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีลักษณะของเส้นใยที่อ่อนนุ่มตรงตาม ความต้องการของผู้ประกอบการ

ธวัชณ์ สร้อยทอง (2557) ศึกษาสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อนของวัสดุผสมพอลิเอ ทิลีนความหนาแน่นสูงที่เสริมแรงด้วยเส้นใยกล้วยง โดยปรับปรุงผิวของเส้นใยด้วยโซเดียมไฮดรอก ซाइด์ และโซเลน การปรับปรุงผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำเพื่อกำจัดเฮมิเซลลูโลสออกจากเส้น ใย ยืนยันได้จากการทดสอบ FTIR การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับปรุงเส้นใยที่ความเข้มข้น สูงมากเกินไป ทำให้วัสดุผสมมีสมบัติเชิงกลลดลง เนื่องจากโซเดียมไฮดรอกไซด์กัดกร่อน โครงสร้างของเซลลูโลส จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมคือ 5 wt% เพราะทำให้ได้ ค่ามอดูลัสสูงที่สุด และการปรับปรุงผิวโดยใช้โซเลน ทำให้วัสดุผสมมีความ แข็งแรงมากขึ้น จากการศึกษาสมบัติทางความร้อนพบว่าการใช้ และเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงผิว ด้วยกระบวนการต่างๆ ไม่ทำให้สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์เสียไป

จรรยาบรรณ จรรยาธรรม และ ประทับใจ ลึกษา (2555) ศึกษาการพัฒนาเส้นใยของต้น จากเพื่อใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยนำส่วนของโคนก้านใบ มาหมักด้วยน้ำเปล่าเป็นเวลา 15 วันแล้วดึงแยกเส้นใยด้วยมือเปล่า จะได้เส้นใยยาวประมาณ 90-110 เซนติเมตร มีความแข็ง และ เหนียว มีลักษณะกลม ขนาดเล็ก แต่ไม่เหมาะในการนำเส้นใยเส้นเดียวไปใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดย ได้มีการศึกษาด้วยการนำเส้นใยพืชอื่นๆ เช่น เส้นใยป่านสรนารายณ์ ผักตบชวา กก และเส้นใยกล้วย มาผสมกับเส้นใยจาก ถักพื้นดินเกลียวเป็นเส้นเชือก เพื่อให้เส้นใยผสมที่มีความเหนียวมากขึ้นและ

นำไปใช้ทดลองทำผลิตภัณฑ์ที่ในลักษณะของการสาน ถัก ทอเป็นแผ่น เช่น หมวก กระเป๋า เป็นต้น

พิรพงษ์ จันทร (2554) ศึกษาการนำเส้นใยเขาคอนมาเป็นวัตถุดิบในการปั่นด้าย โดยการแยกเส้นใยออกจากเมล็ดในของฝักเขาคอนแก่จัดและแห้ง และนำมาปรับปรุงเพื่อล้างสิ่งสกปรก และลดความกระด้างของเส้นใยด้วยน้ำสบู่และสารเพิ่มความนุ่ม โดยเส้นใยที่ได้จะเป็นเส้นใยที่ค่อนข้างสั้นบาง และเป็นทอกลง ทำให้เส้นใยเปราะขาดง่าย เมื่อนำมาเส้นใยเขาคอนผสมกับเส้นใยฝ้ายในอัตราส่วนผสม 50:50, 40:60 และ 30:70 (โดยน้ำหนัก) และใช้กระบวนการปั่นเส้นด้ายแบบวงแหวน (Ring Spinning) สามารถปั่นเป็นเส้นด้ายชนิดใยสั้น (Spun yarn) ได้ มีลักษณะมันเงา

พรรณี รัตนชัยสิทธิ์ และกฤษฎา บุญนิล (2538) ได้ทำการวิจัย การผลิตผ้าจากเส้นใยต้นรูปถาผี โดยนำส่วนของต้นรูปถาผีมาสกัดเส้นใยด้วยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 2% นาน 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาแยกเส้นใย พบว่า เส้นใยมีสีเหลืองแก่ เปราะขาดง่าย แข็งกระด้าง สิ่งสกปรกน้อยมาก เส้นใยที่ได้เป็นเส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวปานกลาง ความเหนียวจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปียก มีความละเอียดของเส้นใย เท่ากับ 6.768 Denier มีความเหนียวและอ่อนนุ่มเพียงพอที่จะนำไปปั่นเป็นเส้นด้าย โดยใช้เครื่องปั่นด้ายด้วยมือได้

ในลำดับต่อไปนี้จะเป็งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงเส้นใย

ทศพร ศรีวรกุล และคณะ (2559) การเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากเส้นใยมะพร้าวด้วยกระบวนการเคมีเพื่อใช้เป็นสารเสริมแรง โดยการเตรียมเส้นใยเซลลูโลสที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดไมครอนจากเส้นใยมะพร้าวสามารถทำได้โดยใช้ 30% (v/v) H_2O_2 ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และ 5% (w/v) NaOH ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากเทคนิค SEM และ FT-IR แสดงให้เห็นว่า ลิกนินและเฮมิเซลลูโลสถูกกำจัดออกจากเส้นใย ซึ่งลักษณะเส้นใยที่ได้มีเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเท่ากับ 18 ไมโครเมตร และมีความยาวเส้นใยเท่ากับ 1154 ไมโครเมตร เมื่อทำเป็นวัสดุผสม HDPE กับเส้นใยมะพร้าว จากการวัดค่ามอดุลัสของยัง พบว่าที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วย 3-(Trimethoxysilyl) propylmethacrylate (MPS) มีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่า HDPE และ HDPE ที่ผสมกับเส้นใยเซลลูโลสที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิว โดยวัสดุผสม HDPE กับเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิว มีค่ามอดุลัสของยังเฉลี่ยเท่ากับ 292 MPa และมีค่าแรงสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 118 N วัสดุผสม HDPE กับเส้นใยมะพร้าวที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วย 3-(Trimethoxysilyl) propylmethacrylate (MPS) ค่ามอดุลัสของยังเฉลี่ยเท่ากับ 423 MPa และมีค่าแรงสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 130 N

สุปราณี แก้วภิรมย์ และ ศิริเดช บุญแสง (2557) ได้ศึกษาคอมโพสิตรัศมีสังเคราะห์จากพอลิแลคติกแอซิดและเส้นใยสับปะรด โดยทำการปรับสภาพเส้นใยด้วยวิธีต่างๆ แล้วผสมพอลิแลคติกแอซิดและเส้นใยสับปะรดด้วยเครื่องผสมแบบเกลียวหนอนคู่ จากนั้นศึกษาสมบัติเชิงกลและลักษณะทางกายภาพของคอมโพสิต โดยปรับสภาพเส้นใยจากใบสับปะรด 3 วิธี ได้แก่ วิธีเชิงกล (ใช้เครื่องขูดใบ) วิธีใช้สารเคมี วิธีใช้น้ำ พบว่าปรับสภาพเส้นใยจากใบสับปะรดด้วยวิธีเชิงกลเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุด เนื่องจากมีอัตราส่วนปริมาณเส้นใยต่อน้ำหนักใบมากที่สุด ใช้เวลาน้อย และเป็นวิธีที่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนวิธีการสกัดด้วยน้ำ ทำให้เกิดน้ำเสียที่มีกลิ่นเหม็นและใช้เวลานาน วิธีสกัดโดยใช้สารเคมี ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และพบการขาดและหักของเส้นใย รวมถึงการแยกเส้นใยออกจากกันทำได้ยาก และการเติมสารกลุ่มควมาเลอิกแอนไฮไดรด์ ร้อยละ 10 ลงในคอมโพสิตที่มีปริมาณเส้นใยร้อยละ 40 ผลที่ได้พบว่าค่า Young's Modulus ของคอมโพสิตเพิ่มจาก 3.8 เป็น 5.1 GPa หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 34

พศุดิพงษ์ พันธมนัส โสภากา (2557) ศึกษาความคงทนและสมบัติของเส้นใยปอกระเจาที่ปรับปรุงผิวผสมในวัสดุของคอมโพสิต การปรับปรุงผิวเส้นใยใช้ 3 วิธีคือ ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ น้ำยาที่มีความเข้มข้นของเนื้อเยื่อแตกต่างกัน และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับน้ำยา จากผลของการปรับปรุงผิวทั้ง 3 วิธีพบว่า การปรับปรุงด้วยน้ำยาธรรมชาติเพียงอย่างเดียวจะให้ผลสมบัติทางกลและค่าความเหนียวของเส้นใยที่ดีที่สุด ผลการทดลองพบว่าค่าการทนแรงดึงของยางมีค่าสูงกว่าคอมโพสิตในทุกอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยที่ใช้เป็นวัสดุเสริมแรง และค่าการทนต่อแรงดึงของคอมโพสิตมีค่าลดลงเมื่อปริมาณของเส้นใยเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มสูงขึ้นทำให้เกิดการเกาะกลุ่มกันของเส้นใยทำให้การถ่ายเทความเค้นเกิดได้ยากขึ้นและรบกวนความสม่ำเสมอของเฟสแมทริกซ์อีกด้วย

จิรัชญา ปรีดาสกุล (2557) ได้นำเส้นใยจากธูปฤาษีมาใช้เป็นสารเสริมแรงในพอลิแลคติกแอซิด เริ่มจากการปรับปรุงผิวของเส้นใยธูปฤาษีด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์และโซเลน ผสมและขึ้นรูปด้วย Twin screw extruder และ Injection molding พบว่าปรับปรุงผิวเส้นใยด้วย Benzoyl peroxide สามารถขจัดลิกนินและเฮมิเซลลูโลสได้มากกว่าการปรับปรุงผิวด้วย NaOH เป็นที่น่าสังเกตว่าการปรับปรุงผิวด้วย NaOH ผิวเส้นใยจะสะอาดมากขึ้น แสดงว่า NaOH ไปขจัดสารพวกเฮมิเซลลูโลส เพคติน และลิกนินบางส่วน จึงทำให้โครงสร้างที่เหลืออยู่ส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนที่แข็งแรงและเป็นระเบียบ เส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วย Benzoyl peroxide พบว่ากลุ่มท่อขนาดใหญ่แตกออกเป็นร่องลึกมาก จึงเป็นไปได้ว่า Benzoyl

peroxide จะไปกำจัดพวกไขมันและเพคตินบนผิวของเส้นใยออกนั่นเอง พบว่าที่ปริมาณเส้นใย 20wt% พบว่าการปรับปรุงผิวด้วยโซเลนสามารถเพิ่มสมบัติด้านต่างๆของคอมพอลิตได้ดีที่สุด

จิตติมา คำไชยใหญ่ และคณะ (2554) ได้ทำการการปรับสภาพต้นข้าวโพดด้วยไอน้ำและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางเพื่อผลิตเอทานอล โดยกระบวนการเปลี่ยนต้นข้าวโพดเป็นเอทานอล ประกอบด้วย 3 หน่วยหลักคือ กระบวนการปรับสภาพ กระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลและกระบวนการหมัก งานวิจัยนี้ใช้ต้นข้าวโพดพันธุ์ TF 8128 จากจังหวัดเชียงใหม่ โดยนำต้นข้าวโพดมาบดและคัดขนาดให้อยู่ในช่วง 250-420 ไมโครเมตร ปรับสภาพต้นข้าวโพดโดยการแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ 100-130 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ต่อด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส แล้ววิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน และศึกษาของต้นข้าวโพด ผลการศึกษาการปรับสภาพต้นข้าวโพดด้วยไอน้ำและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจาง พบว่าก่อนการปรับสภาพพื้นผิวมีความละเอียดและเรียงตัวกันแน่น เมื่อปรับสภาพแล้วเส้นใยเกิดการบิดรูป เกิดการแบ่งแยกและเปิดตัวออกจากโครงสร้าง จึงเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวภายนอก และความเป็นรูพรุนให้กับต้นข้าวโพด ซึ่งคาดว่า การเปลี่ยนแปลงนี้เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการปรับสภาพ พบว่าการปรับสภาพด้วยไอน้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยปริมาตร มีความเหมาะสมที่สุดในการนำต้นข้าวโพดไปผลิตเอทานอล เพราะมีปริมาณเซลลูโลสมากที่สุด เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเอทานอลต่อไป

เสาวณีย์ อารีจเจริญ และคณะ (2556) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากเส้นใยตะไคร้ โดยกระบวนการปรับปรุงเส้นใย ใช้การต้มด้วยสารเคมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง นำมาทำความสะอาดและต้มด้วยน้ำผสมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, ซิลิเกต และสารช่วยเปียก (Wetting Agent) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาสาวเส้นใย โดยเมื่อนำเส้นใยตะไคร้ไปปั่นเป็นเส้นด้ายใยตะไคร้ 100% จะได้เส้นด้ายซึ่งมีขนาดใหญ่ ผิวสัมผัสไม่ค่อยเรียบ สามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ประเภท กระเป๋า หมวก รองเท้า และได้ทำการพัฒนาเส้นด้ายใยตะไคร้เป็นเส้นด้ายสำหรับทอเป็นผืนผ้าเพื่อการนุ่งห่ม โดยการนำเส้นใยตะไคร้ผสมเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 60:40 มาผลิตเป็นผ้าทอมือจะได้ผ้าที่มีลักษณะลายผ้าที่สวยงาม แต่ผิวสัมผัสค่อนข้างกระด้าง

อ้อยทิพย์ ผู้พัฒน์ และคณะ (2553) ศึกษาวิธีการแยกเส้นใยจากก้านใบบัวหลวง สายพันธุ์พระราชินีและความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยมาผลิตเป็นเส้นด้าย โดยทำการศึกษาวิธีการแยกเส้นใย 3 วิธี คือ การหมักในน้ำจืดเป็นเวลา 17 วัน การต้มในน้ำจืดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 5%, 10% และ 15% ตามลำดับ และการต้มในสารละลายโซดาไฟเป็นเวลา 20 นาที ที่ระดับความเข้มข้น 1% , 2% , 3% , 5% และ 7% ตามลำดับ การศึกษาพบว่า เส้นใยจากก้านใบบัวหลวงสายพันธุ์พระราชินี ที่แยกเส้นใยโดยการต้มในสารละลายโซดาไฟเป็นเวลา 20 นาที ที่ระดับความเข้มข้น 2% มีผิวสัมผัสอ่อนนุ่มมีสีเหลืองอ่อน และได้ปริมาณเส้นใย 2.34% เส้นใยมีค่าความยาวเฉลี่ย เท่ากับ 17.34 นิ้ว หรือประมาณ 78.8% ต่อความยาวของก้านใบบัวหลวงที่มีความยาวโดยประมาณ 22 นิ้ว ส่วนผลการศึกษาค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อแรงดึง 143.218 เซนตินิวตัน และค่าเฉลี่ยการยืดตัวของเส้นใยเท่ากับ 1.674 mm เมื่อนำไปปั่นเป็นเส้นด้าย การศึกษาพบว่า มีความสามารถในการปั่นเป็นเส้นด้ายได้ และสมบัติทางโครงสร้างของเส้นด้ายที่ได้จากการปั่น มีค่าแรงดึงขาด เท่ากับ 13.93 นิวตัน และมีการยืดตัวขณะขาดเท่ากับ 2.85 %

ในลำดับต่อไปจะเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงเส้นใยที่มีการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลง โครงสร้างของ เฮมิเซลลูโลส ลินิน

กนกวรรณ มหารัชชมงคล (2558) ได้ทำการปรับพื้นผิวเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวด้วยไซเลน เพื่อใช้เป็นสารเสริมแรงในอีพอกซีเรซิน การแยกเส้นใยไมโครเซลลูโลสออกจากฟางข้าวแห้ง ทำโดยการทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตามลำดับ และศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสัณฐานของเส้นใยเซลลูโลส โดยใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD) และ Scanning Electron Microscope พบว่า สารเคมีสามารถกำจัดเฮมิเซลลูโลสและลิกนินออกได้ และจากการศึกษาค่าดัชนีผลึกโดยเทคนิค XRD พบว่าเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ค่าดัชนีผลึกสูงขึ้น โดยสภาวะที่เส้นใยแสดงการกระจายตัวดี คือ ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% (w/w) 2 ชั่วโมง ตามด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 30% (w/w) 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่อนำเส้นใยที่ปรับปรุงผิวมาผสมกับอีพอกซีเรซิน พบว่าสมบัติเชิงกลของคอมโพสิตที่ปรับปรุงผิวเส้นใยสามารถเพิ่มค่าแรงด้านการดึงได้ 29.40 %

บุญศรี คู่สุขธรรม และมนูญ จิตต์ใจงำ (2556) ศึกษาการผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา โดยสกัดเส้นใยจากเปลือกของต้นปอสา ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5-20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง และศึกษาปริมาณ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน ด้วยวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน AOAC (AOAC.2000) พบว่า ปริมาณ

เซลลูโลสของเส้นใยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกในของปอสาที่ยังไม่ผ่านการสกัด โดยมีปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 69.0 – 77.5 (โดยน้ำหนัก) มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสที่ถูกกำจัดออกไปร้อยละ 61.14 – 77.14 (โดยน้ำหนัก) และปริมาณลิกนินถูกกำจัดออกไปร้อยละ 67.65-88.24 (โดยน้ำหนัก)

สาธิต เหล่าวัฒนพงษ์ และสิทธิชัย สมานชาติ (2555) ศึกษาวิเคราะห์เส้นใยจากพืชตระกูลกล้วยทางภาคเหนือ เพื่อใช้ประโยชน์ในการสร้างผลิตภัณฑ์ พบว่ากล้วยพันธุ์ที่ใช้ในการวิจัยคือ กล้วยป่าหรือกล้วยตานี มีเนื้อเส้นใยที่เหนียวที่สุด โดยนำส่วนของพืชตระกูลกล้วยที่เหลือทิ้งจากการเกษตร ทำการแยกเส้นใยเป็นเส้นและทำการปั่นเป็นเส้นตรง มีการรวมเส้นใยจากธรรมชาติ 5 ชนิด พบว่าเส้นใยกล้วยผสมเส้นใยปอ ส่วนผสมอย่างละ 50% มีค่าแรงดึงสูงสุดคือ 678.71 นิวตัน

ชัยยุทธ ช่างสาร (2536) ศึกษาเกี่ยวกับการทดลองแยกเส้นใยทั้งทางด้านเชิงกลและเชิงเคมีของต้นรูปฤาษี เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมสิ่งทอ พบว่าเชิงเคมีโดยใช้การละลายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 สามารถแยกใยออกจากใบได้ผลดีที่สุด โดยสามารถแยกใยออกจากใบสดได้ในปริมาณร้อยละ 11.2



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของเส้นใยจากต้นปุดที่ปรับปรุงด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกล เพื่อให้สามารถนำเส้นใยที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอได้อย่างเหมาะสม

1. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการวิจัย คือ ต้นปุด ซึ่งเป็นพืชล้มลุกที่พบได้ตามป่าในพื้นที่ทางภาคใต้และภาคอื่นๆ ของประเทศไทย โดยเลือกใช้ ต้นปุดอายุตั้งแต่สามเดือนขึ้นไป ในพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดตรัง ที่มีขนาดความสูงไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร โดยตัดลำต้นสูงจากพื้นดินประมาณ 5 เซนติเมตร

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมเส้นใย

2.1.1 เครื่องตีเส้นใย

เครื่องจักรที่ใช้ในการตีเพื่อแยกเส้นใย ส่วนสำคัญของเครื่องจักรประกอบด้วยส่วนชุดควบคุมไฟฟ้า เป็นชุดควบคุมในการเปิด-ปิดและปรับตั้งรอบการทำงานของเครื่อง ชุดตีเส้นใยประกอบด้วยใบพัดทรงกระบอก จำนวน 8 ใบ ส่งกำลังด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ทำงานด้วยการหมุนตี หรือชูดเส้นใยจากส่วนของลำต้นปุด โดยใช้ความเร็วรอบในการหมุนตีประมาณ 3500 รอบต่อนาที และชุดลูกกลิ้งกดชิ้นงาน ประกอบด้วยลูกกลิ้ง 2 ลูก ลูกกลิ้งยึดติดกับเครื่อง ลูกบนปรับกดด้วยกระบอกกลม ชุดลูกกลิ้งกดจะทำงานทันทีเมื่อเดินเครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 3.1 (ก)

วิธีการใช้งานเครื่อง เปิดเครื่อง ปรับตั้งรอบการหมุนของเครื่องประมาณ 3000 ถึง 3500 รอบ ใส่ง่าต้นปุดเข้าในช่องสำหรับตี เหยียบสวิทซ์ให้เครื่องทำงาน ลูกกลิ้งกดจะกดชิ้นงานไม่ให้สับคตี และชุดหมุนตีเส้นใยจะตีพร้อมกับดึงลำต้นของปุดเดินหน้าเข้าเครื่องอย่างต่อเนื่อง และนำเส้นใยที่ได้จากการตีแยกเส้นใยออกจากด้านล่างของเครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 3.1 (ข)



(ก) ลักษณะเครื่องตีแยกเส้นใย



(ข) ลักษณะการทำงานของเครื่องตีแยกเส้นใย

ภาพที่ 3.1 เครื่องตีแยกเส้นใย

2.1.2 เครื่องอบ

เครื่องอบ (Oven) ยี่ห้อ Gotech รุ่น 7017-L สำหรับอบไล่ความชื้นด้วยลมร้อน โดยปรับตั้งอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในการอบไล่ความชื้นออกจากเส้นใย



ภาพที่ 3.2 เครื่องอบ

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี

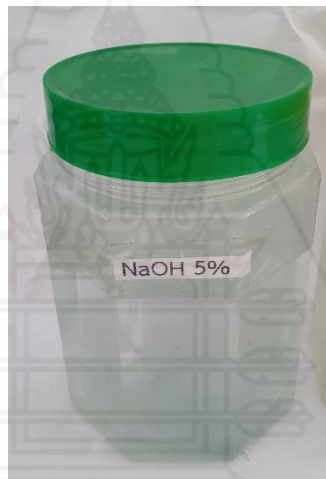
2.2.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ในการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี

เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี ประกอบด้วย

- 1) โซเดียมไฮดรอกไซด์ 99% (โซดาไฟชนิดเกรด)
- 2) ภาชนะสำหรับแช่เส้นใย ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
- 3) เครื่องชั่งดิจิทัล ความละเอียด หน่วยเป็นกรัม
- 4) ภาชนะสำหรับล้างเส้นใยที่ผ่านการแช่ปรับสภาพแล้ว
- 5) คีมคีบเส้นใย



(ก) โซเดียมไฮดรอกไซด์ 99%



(ข) ภาชนะสำหรับแช่เส้นใย



(ค) เครื่องชั่งดิจิทัล



(ง) ภาชนะสำหรับล้างเส้นใย



(จ) คีมคีบเส้นใย

ภาพที่ 3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์วิธีเคมี

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล

2.3.1 เครื่องบีบเส้นใย (Fiber Squeezing Machine)

เป็นเครื่องจักรที่ทำงานโดยการบีบ หีบ หรือกดอัดด้วยชุดลูกกลิ้งเพื่อให้เส้นใยแยกออกเป็นเส้นใยเดี่ยว ดังแสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 เครื่องบีบเส้นใย

2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสมบัติเส้นใย

เครื่องมือและวิธีการทดสอบเพื่อให้ทราบสมบัติของเส้นใย ว่ามีความเหมาะสมกับการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอประเภทใดบ้าง โดยมีการวิเคราะห์และทดสอบที่สำคัญ ดังนี้

2.4.1 การวิเคราะห์เส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ (MicroScope)

วิธีการนี้เป็นการดูลักษณะของเส้นใย และวัดขนาดของเส้นใยด้วยการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ รุ่น Jiusion 1000x ดังแสดงในภาพที่ 3.5 โดยใช้กำลังขยายที่ 40-1000 เท่า บันทึกเป็นไฟล์ภาพและตรวจสอบขนาดโดยใช้โปรแกรม ImageJ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถ

คำนวณสัดส่วนพื้นที่ ขนาดพื้นที่ในการวัด เช่น ตารางมิลลิเมตร หรือ ค่าในหน่วย pixel ของรูปนั้น วัดระยะความยาวของเซลล์ วัดความหนาแน่นของรูปภาพและแสดงค่าต่างๆในรูปสถิติได้ โดยการวัดขนาดเส้นใยจะใช้ความยาวของเส้นที่ลากตั้งฉากจากด้านหนึ่งของเส้นใยไปยังด้านตรงข้าม ผลที่ได้จะได้เป็นจำนวน pixel และหน่วยความยาวตามที่กำหนด เช่น มิลลิเมตร



ภาพที่ 3.5 กล้องจุลทรรศน์แบบเชื่อมต่อแสดงภาพในคอมพิวเตอร์

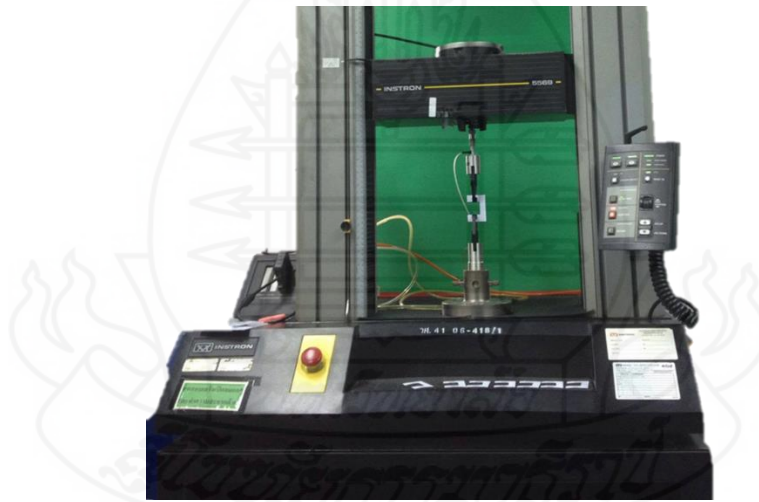
2.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแบบฟิลด์อิมิชชัน และการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคการกระจายพลังงานรังสีเอ็กซ์

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแบบฟิลด์อิมิชชัน (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 เนื่องจากขนาดตัวอย่างใหญ่กว่า 0.05 mm และต้องการส่องดูพื้นผิวเส้นเป็นสำคัญ และเนื่องจากการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดใช้หลักการถ่ายภาพด้วยคลื่นอิเล็กตรอน จึงต้องนำตัวอย่างเส้นใยไปเคลือบทองก่อนเข้าวิเคราะห์ เพื่อให้ภาพที่คมชัดกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการเคลือบทอง การเริ่มต้นทำงานของเครื่องด้วยการนำตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบทองแล้วใส่ในเครื่อง ปิดฝาเครื่อง เปิดระบบ Vacuum เมื่อเครื่องพร้อมทำงาน จึงสแกนผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งเครื่อง FESEM มีการเชื่อมต่อกับระบบการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคการกระจายพลังงานรังสี เอ็กซ์ (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy: EDS) เพื่อทำการวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของตัวอย่าง โดยมีช่วงธาตุที่วิเคราะห์ได้ตั้งแต่ธาตุเบริลเลียม (Beryllium; Be) ถึงธาตุแคลิฟอร์เนียม (Californium; Cf) ดังแสดงในภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแบบฟิลด์อิมชัน

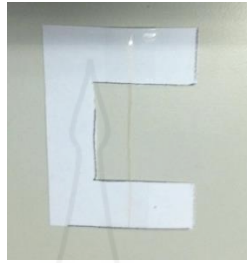
2.4.3 การทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย และวิเคราะห์ ค่าเปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการยืดตัว (% Elongation) ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Strength Tester)



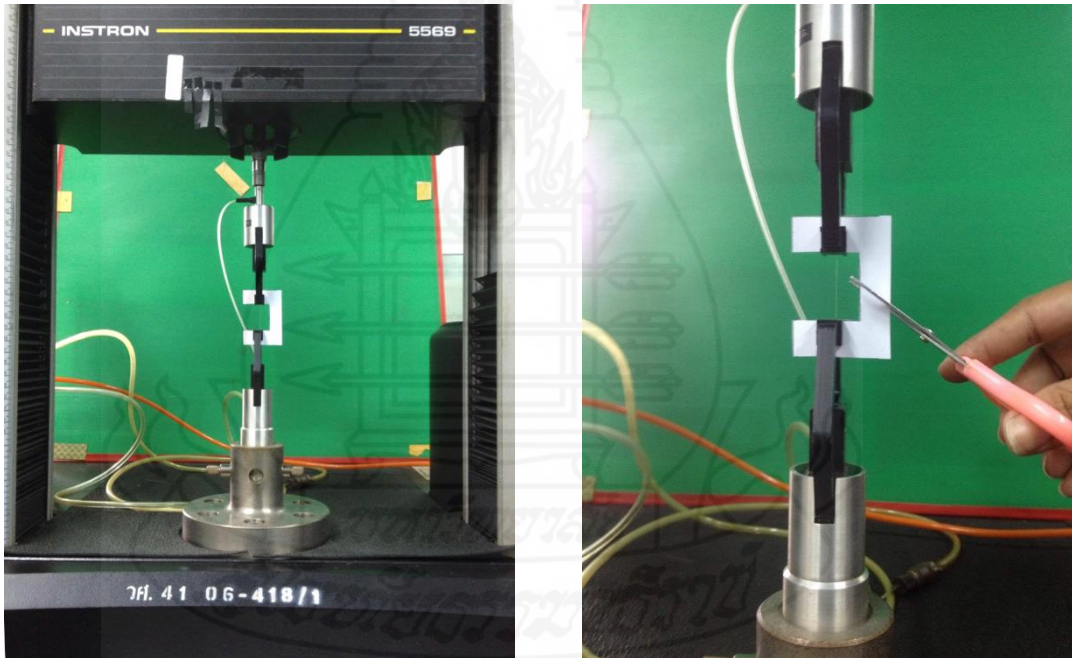
ภาพที่ 3.7 เครื่องทดสอบแรงดึง

วิธีการทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Strength Tester) รุ่น INSTRON 5569 ตามมาตรฐาน ASTM D3822 - 01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers โดยค่าที่ทำการวัดเพื่อวิเคราะห์ ได้แก่ การรับแรงดึงของเส้นใย มีหน่วยเป็น เซนตินิวตัน (cN) และวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยืดตัว มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) วิธีทดสอบนำตัวอย่างเส้นใยมาติดบนกระดาษแข็งรูปตัวซี โดยมีระยะทดสอบยาว 25 มิลลิเมตร ดัง

แสดงในภาพที่ 3.8 กำหนดใช้ Load cell ขนาด 10 N ตั้งค่าความเร็วทดสอบ 30 mm/min เมื่อนำชิ้นงานเข้าเครื่องทดสอบแรงดึง โดยใช้อุปกรณ์จับยึดที่ปลายทั้งสองข้างของเส้นใย และตัดกระดาษให้ขาดออกจากกัน ดังแสดงในภาพที่ 3.9 แล้วจึงทำการทดสอบและบันทึกผลการทดสอบที่ได้รับ



ภาพที่ 3.8 การเตรียมตัวอย่างเส้นใยสำหรับทดสอบการรับแรงดึง



(ก) การใส่ชิ้นงาน

(ข) การตัดกระดาษเพื่อเริ่มทดสอบ

ภาพที่ 3.9 การทดสอบการรับแรงดึง

การวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยืดตัว สามารถพิจารณาได้จากสูตรดังนี้

$$\text{ความสามารถในการยืดตัว} = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100$$

เมื่อ L_f = ความยาวของเส้นใยหลังจากดึงจนขาด

L_0 = ความยาวของเส้นใยเริ่มต้น

2.4.4 การทดสอบความละเอียดของเส้นใย ด้วยเครื่อง *WIRA Cotton Fineness*

Meter

เป็นการทดสอบโดยการวัดการไหลผ่านของอากาศในกลุ่มเส้นใย (Micronaire) ซึ่งแสดงค่าเป็นไมโครกรัมต่อนิว โดยสูบลมตัวอย่างเส้นใยจำนวน 5 กลุ่มๆละ 5 กรัม นำมาใส่ในเครื่อง *WIRA Cotton Fineness Meter* ทีละกลุ่ม โดยปรับตั้งแรงดันลมของเครื่องให้เท่ากับ 50 Lb/In เปิดสลักปล่อยลมผ่านชุดใส่เส้นใยและอ่านค่าจากสเกลที่หลอดแก้ว โดยค่าที่แสดงในหลอดแก้วเกิดจากเครื่องปั๊มลมที่ปล่อยแรงดันลมผ่านเส้นใยมาที่หลอดแก้ว ดังแสดงในภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 เครื่องทดสอบความละเอียดของเส้นใย

2.5 เครื่องมือและวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition)

การวิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจนคลอไรต์ ด้วยวิธี acid chlorite ตามวิธีของ Browing (1963) หาปริมาณเซลลูโลสตามวิธี TAPPI (1999) หาปริมาณลิกนินตามวิธี TAPPI (2002) และการคำนวณหาปริมาณเฮมิเซลลูโลส (สาลีณี ศรีวงษ์ชัย, 2559) มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

2.5.1 การวิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจนคลอไรต์ ด้วยวิธี acid chlorite ตามวิธีของ Browing (1963) มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

เตรียมตัวอย่างเส้นใยน้ำหนัก 3 กรัม ใสลงในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 160 มิลลิลิตร กรดอะซิติก 0.5 มิลลิลิตร และโซเดียมคลอไรด์ 1.5 ± 0.1 กรัม ตามลำดับ นำขวดก้นกลมไปวางลงในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่มีอุณหภูมิประมาณ 70 - 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยเขย่าขวดอย่างสม่ำเสมอ หลังจากครบชั่วโมงที่ 1, 2 และ 3 เติมกรดอะซิติก 0.5 มิลลิลิตร และโซเดียมคลอไรด์ 1.5 ± 0.1 กรัม ลงในสารละลายที่ยังร้อนอยู่แล้วเขย่าอย่างสม่ำเสมอในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เมื่อครบ ชั่วโมงที่ 4 นำขวดก้นกลมมาวางในอ่างน้ำแข็งจนกระทั่งสารละลายในขวดมีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส และนำสารละลายมากรองล้างตะกอนด้วยน้ำเย็นและอะซิโตน หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วนำมาชั่งน้ำหนักและคำนวณหาปริมาณไฮโดรเจนคลอไรต์จากสมการ

$$\% \text{ ไฮโดรเจนคลอไรต์} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของไฮโดรเจนคลอไรต์ หลังการอบ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างเส้นใย (กรัม)}}$$

2.5.2 การวิเคราะห์หาปริมาณเซลลูโลสตามวิธี TAPPI (1999) มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

เตรียมตัวอย่างจากการวิเคราะห์หาไฮโดรเจนคลอไรต์ น้ำหนัก 1.5 ± 0.1 กรัม ใสลงในบีกเกอร์ขนาด 40 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 17.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 75 มิลลิลิตร ลงไปโดยให้อุณหภูมิของสารละลายอยู่ที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส พร้อมคนสารละลายจนกระทั่งเยื่อกระจายสมบูรณ์ หลังจากนั้นเติมน้ำโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 17.5 เปอร์เซ็นต์ ลงไปโดยให้ปริมาตรรวมของสารละลายเท่ากับ 100 มิลลิลิตร คนสารละลายต่อเป็นเวลา 30 นาที เติมน้ำกลั่นลงในสารละลายปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วคนสารละลายต่อเป็นเวลา 30 นาที กรองสารละลายแล้วล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นและตามด้วยสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และนำไปอบที่ 80 องศาเซลเซียส แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของเซลลูโลสจากสมการ

$$\% \text{ เซลลูโลส} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของเซลลูโลสหลังการอบ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างเส้นใย (กรัม)}}$$

2.5.3 วิเคราะห์หาปริมาณลิกนินตามวิธี TAPPI (2002) มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

เตรียมตัวอย่างเส้นใยน้ำหนัก 1.0 ± 0.1 กรัม ใส่งในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร และนำไปวางลงในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส แล้วค่อยๆ เติมน้ำละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 72 เปอร์เซ็นต์ ที่แช่เย็นอุณหภูมิ 10 – 15 องศาเซลเซียส ลงไป 15 มิลลิลิตร พร้อมคนอย่างสม่ำเสมอ ทุกๆ 15 นาที เพื่อให้ผสมกันดีขึ้น ปิดบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา แล้วนำออกจากอ่างน้ำแข็งมาตั้งทิ้งไว้ที่อ่างควบคุมอุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พร้อมคนสารละลายอย่างสม่ำเสมอ เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตรลงในขวดก้นกลมขนาด 1000 มิลลิลิตร แล้วเทสารละลายในบีกเกอร์ลงไปลงในขวดก้นกลม พร้อมทั้งเติมน้ำกลั่นลงไป จนถึงปริมาตร 575 มิลลิลิตร ทำการสกัดแบบไหลย้อนกลับ (reflux) สารละลายเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นเทสารละลายทั้งหมดใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร ตั้งบีกเกอร์ทิ้งไว้ 1 คืน แล้วนำไปกรองและล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วนำออกมาทำให้เย็นลงในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักพร้อมคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ลิกนิน ตามสมการ

$$\% \text{ ลิกนิน} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของตะกอนหลังการอบ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างเส้นใย (กรัม)}}$$

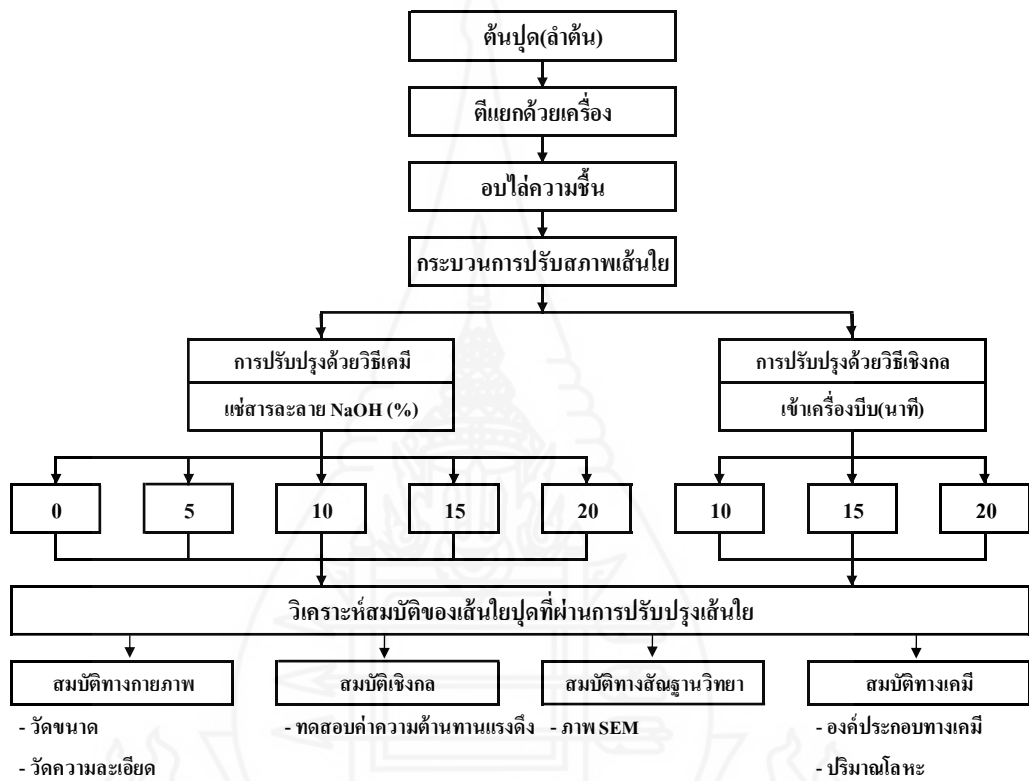
2.5.4 การคำนวณหาปริมาณเฮมิเซลลูโลส มีวิธีการคำนวณดังนี้

จากการวิเคราะห์หาปริมาณ โฮโลเซลลูโลสและเซลลูโลส ดังข้างต้น สามารถนำมาคำนวณหาปริมาณเฮมิเซลลูโลสได้จากสมการ

$$\text{เฮมิเซลลูโลส} = \text{โฮโลเซลลูโลส} - \text{เซลลูโลส}$$

3. วิธีการทดลอง

การวิจัยนี้ เพื่อศึกษาสมบัติของเส้นใยจากต้นปุดที่เตรียมโดยวิธีเคมีและวิธีเชิงกลและความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เส้นใยปุดในงานด้านสิ่งทอ โดยมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้



ภาพที่ 3.11 แผนภูมิแสดงวิธีการทดลอง

3.1 สถานที่ทำการวิจัยและทดลอง

- แหล่งวัตถุดิบต้นปูดจากพื้นที่ป่า ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดตรัง
- อาคารปฏิบัติงานผลิต บริษัท เอส.ที. โปรดักส์ทีฟ จำกัด สำหรับงานใช้เครื่องจักรในการตีแยกเส้นใย และการใช้เครื่องจักรในการบีบเส้นใย

3.2 การเตรียมเส้นใยสด

3.2.1 คัดเลือกต้นปูด พิจารณานขนาดเส้นรอบวงของลำต้นไม่น้อยกว่า 3 เซนติเมตร โดยวัดสูงจากพื้นดินประมาณ 5 เซนติเมตร ตัดโคนและปลายออก และใบออกให้เหลือเพียงลำต้น



ภาพที่ 3.12 ลักษณะต้นปูดที่ผ่านการเลือกขนาด

3.2.2 ตีแยกเส้นใย โดยนำต้นปูดเข้าเครื่องตีแยกเส้นใย เพื่อให้ได้เส้นใยสด ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีความชื้นสูง โดยเปิดการทำงานของเครื่องที่ปุมสตาร์ท และกำหนดรอบความเร็วของใบตีประมาณ 3000 – 3500 รอบต่อนาที นำส่วนของลำต้นปูดใส่เข้าเครื่องจากด้านหน้าซึ่งมีลูกกลิ้งหมุนนำต้นปูดเข้าเครื่องโดยใช้แรงกดด้วยกระบอกลม และนำเส้นใยออกจากด้านล่างของลูกกลิ้ง



(ก) การตีแยกเส้นใยของเครื่อง



(ข) เส้นใยสดที่ผ่านการตีแยก

ภาพที่ 3.13 การตีแยกเส้นใยด้วยเครื่องตีเส้นใย

3.2.3 อบไล่ความชื้น นำเส้นใยสดมาอบไล่ความชื้น โดยใช้เครื่องอบ GOTECH รุ่น GT-7017-L ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พักให้อยู่ในอุณหภูมิปกติ และจัดเก็บในถุงป้องกันความชื้น



(ก) การนำเส้นใยเข้าเครื่องอบ



(ข) การตั้งค่าความร้อนของเครื่องอบ

ภาพที่ 3.14 การทำงานของเครื่องอบ

3.3 การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี

3.3.1 เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 0%, 5%, 10%, 15% และ 20% โดยน้ำหนัก ต่อปริมาตร 1 ลิตร ใส่ในภาชนะสำหรับแช่เส้นใย การเตรียมสารละลายโดยการชั่งน้ำหนักของตัวถูกละลายให้ละลายอยู่ในสารละลาย 100 หน่วยน้ำหนักเดียวกัน ซึ่งหมายถึง สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 10% w/w จะมีปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัมในน้ำหนักรวม 900 กรัม หรือเทียบเท่าปริมาตรน้ำ 900 มิลลิลิตร โดยการคำนวณน้ำหนักตัวถูกละลายจากสูตร

$$\text{น้ำหนักตัวถูกละลาย} = \frac{\% \text{ โดยน้ำหนัก} \times \text{น้ำหนักของสารละลาย}}{100}$$

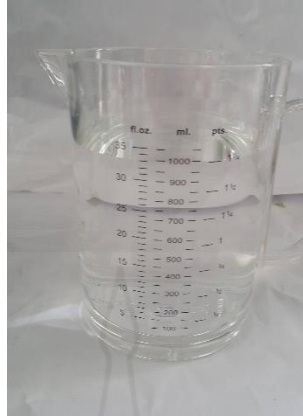
ดังนั้น การเตรียมสารละลายเข้มข้นจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ เตรียมจากสูตรข้างต้นได้ดังแสดงในตาราง 3.1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนน้ำหนักของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำหนักน้ำในแต่ละระดับความเข้มข้นของสารละลาย

ความเข้มข้นของสารละลาย (%)	น้ำหนัก NaOH (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)
0	0	1000
5	50	950
10	100	900
15	150	850
20	200	800



(ก) การชั่งเตรียมโซเดียมไฮดรอกไซด์



(ข) การเตรียมปริมาณน้ำสำหรับทำละลาย



(ค) การกวนสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ภาพที่ 3.15 การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.3.2 นำเส้นใยแฉ่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยนำเส้นใยที่ผ่านการอบไล่ความชื้น น้ำหนัก 5 กรัมต่อหนึ่งตัวอย่าง ใต้งในภาชนะที่บรรจุสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20% โดยน้ำหนัก ในสารละลายปริมาตร 1 ลิตร โดยกำหนดเวลาในการแช่นาน 7 วัน

3.3.3 ล้างทำความสะอาดเส้นใย โดยนำเส้นใยที่ผ่านการแฉ่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มาล้างทำความสะอาดโดยการจุ่มแช่ในน้ำนาน 5 นาที และเปลี่ยนน้ำในการจุ่มแช่ทุกครั้งเป็นจำนวน 5 ครั้ง

3.3.4 อบไล่ความชื้น โดยนำเส้นใยที่ได้ไปอบไล่ความชื้นและทดสอบสมบัติเส้นใยต่อไป

3.4 การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล

3.4.1 เตรียมเครื่องบีบเส้นใย โดยตั้งแรงกดที่ 4 บาร์ ปรับเวลาการทำงานของเครื่องเป็นจำนวนนาที่ตามที่ต้องการ

3.4.2 ปรับปรุงเส้นใย โดยนำตัวอย่างเส้นใยใส่ในเครื่อง โดยคล้องผ่านลูกกลิ้งชุดลูกกลิ้งบีบ กดสตาร์ทให้เครื่องเริ่มการทำงาน เมื่อได้ตามเวลาที่กำหนด จัดเก็บเส้นใยบรรจุในซองกันชื้น รอส่งทดสอบ

3.4.3 ปรับระยะเวลาการปรับปรุงเส้นใย โดยดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1) และ 2) ข้างต้น โดยเปลี่ยนระยะเวลาในการทำงานของเครื่อง 10, 15 และ 20 นาที ตามลำดับ



(ก) การบีบอัดเส้นใยด้วยชุดลูกกลิ้ง



(ข) แผงควบคุมสำหรับตั้งค่าการทำงาน

ภาพที่ 3.16 การปรับปรุงเส้นใยด้วยเครื่องบีบเส้นใย

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 สถานที่ทำการทดสอบและวิเคราะห์

4.1.1 ห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยการผลิตและขึ้นรูปพอลิเมอร์ (P-PROF) คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน

4.1.2 ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตทุ่งครุ

4.1.3 ห้องปฏิบัติการ คณะวิศวกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

4.2 การเก็บข้อมูลผลจากการทดลอง โดยการนำเส้นใยที่ผ่านกระบวนการทางเคมี จากการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 0% 5% 10% 15% และ 20% โดยน้ำหนัก และเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงด้วยเครื่องบีบเส้นใยที่ระยะเวลา 10 นาที 15 นาที และ 20 นาที นำไปวิเคราะห์ทดสอบทางห้องปฏิบัติการ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลการทดสอบค่าความละเอียดของเส้นใยปุดจากวิธีเคมีและวิธีเชิงกล ที่ผ่านการวิเคราะห์ทดสอบจากห้องปฏิบัติการที่ได้มาตรฐาน มาเปรียบเทียบผล และพิจารณาเปรียบเทียบค่าความละเอียดของเส้นใยปุดจากวิธีเคมีและวิธีเชิงกล กับเส้นใยฝ้าย ซึ่งเป็นเส้นใยสิ่งทอพื้นฐาน และพิจารณาผลการทดสอบ เพื่อชี้แจงในการนำเส้นใยปุดจากวิธีเคมีและวิธีเชิงกล ไปใช้กับอุตสาหกรรมสิ่งทอในกลุ่มที่เหมาะสม โดยเส้นใยฝ้ายมีค่าความละเอียดที่นำไปใช้ในการซื้อขายในตลาดแบ่งเป็นเกรดต่างๆ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความละเอียดของเส้นใยฝ้ายกับมูลค่าทางการตลาด

ค่าความละเอียดของเส้นใยฝ้าย (ไมโครเนียร์)	เกรดมูลค่าทางการตลาด
ต่ำกว่า 3.4	Discount Range
3.5 – 3.6	Base Range
3.7 – 4.2	Premium Range
4.3 – 4.9	Base Range
มากกว่า 5.0	Discount Range

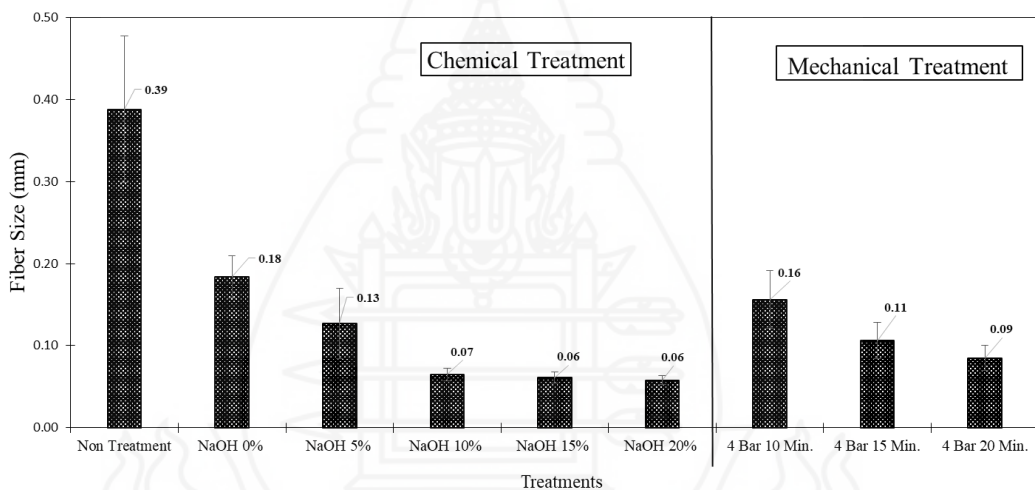
บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย 4 หัวข้อหลัก ได้แก่ การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล สมบัติทางสัณฐานวิทยา และสมบัติทางเคมี ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1.1 ผลการวิเคราะห์ขนาดเส้นใย



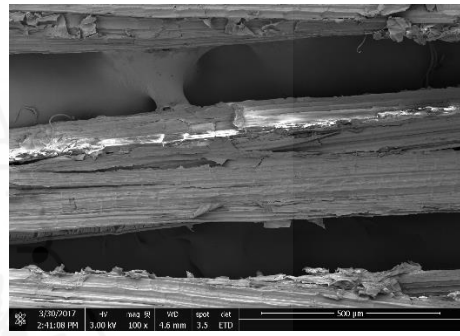
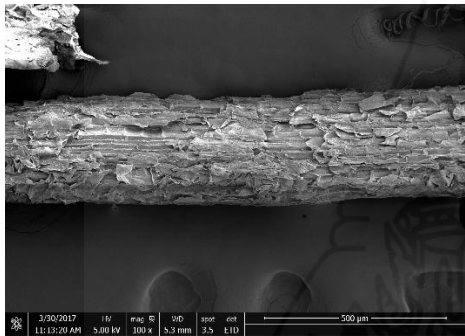
ภาพที่ 4.1 ขนาดเส้นใยปุดอบแห้งและเส้นใยปุดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเคมีและเชิงกล

ภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของขนาดเส้นใยปุดอบแห้ง และเส้นใยปุดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเคมี ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 0%, 5%, 10%, 15% และ 20% โดยน้ำหนัก และเส้นใยปุดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล ที่แรงกด 4 บาร์ ระยะเวลา 10 นาที 15 นาที และ 20 นาที

กรณีการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี พบว่า 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 และเริ่มคงที่เมื่อสารละลายมีความ

เข้มข้นตั้งแต่ 10% ขึ้นไป ที่เป็นเช่นนั้น เพราะสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งต่างจะกำจัดลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส ไช และกรดไขมัน ของเส้นใยออกบางส่วน (A. El. Oudiani, 2012) ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง

กรณีการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล โดยใช้เครื่องบีบเส้นใย ที่แรงกด 4 บาร์ ระยะเวลา 10 นาที 15 นาที และ 20 นาที พบว่าเส้นใยมีขนาด 0.16, 0.11 และ 0.09 มิลลิเมตร เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาที่แรงกดขนาด 4 บาร์ ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง ที่เป็นเช่นนั้นเพราะแรงกดจากการบีบของลูกกลิ้ง ที่ระยะเวลานานขึ้นจะไปกระทำต่อเส้นใยที่ยึดเกาะกันอยู่ให้แยกออกจากกัน ทำให้ขนาดของเส้นใยมีขนาดเล็กลง ยืนยันได้จากภาพถ่าย SEM ในภาพที่ 4.2



ก) เส้นใยปูดที่ไม่ผ่านการปรับปรุง

ข) เส้นใยปูดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล

ภาพที่ 4.2 การแยกของเส้นใยปูดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล

ภาพที่ 4.2 ก) แสดงเส้นใยปูดที่ไม่ได้ปรับปรุง เห็นเป็นเส้นใยเดี่ยว ไม่มีการแตกหักของเส้นใย ภาพที่ 4.2 ข) แสดงเส้นใยปูดที่ปรับปรุงด้วยเครื่องบีบเส้นใยที่ ความดัน 4 บาร์ เวลา 15 นาที สังเกตเห็นการแยกออกของเส้นใย ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง

เมื่อเปรียบเทียบการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีกับวิธีเชิงกล พบว่าวิธีปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีทำให้ได้เส้นใยที่มีขนาดเล็กกว่า การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ในรูปแบบสารละลาย จึงสามารถแทรกซึมเข้าไปทำปฏิกิริยาในเส้นใยปูดได้อย่างทั่วถึงทุกส่วนของเส้นใย ในขณะที่แรงบีบเชิงกลที่ได้จากเครื่องบีบเส้นใยทำให้เส้นใยปูดมีขนาดเล็กลงเฉพาะพื้นผิวเส้นใยที่ได้รับแรงกระทำจากการบีบ หรือหลุดออกจากชุดลูกกลิ้ง เท่านั้น

1.2 ผลการทดสอบความละเอียดของเส้นใย ด้วยเครื่อง WIRA Cotton Fineness

Meter

การทดลองส่วนนี้ได้้นำ วิธีการปรับปรุงเส้นใยที่ได้เส้นใยที่มีขนาดเล็กที่สุดทั้งวิธีเคมี และวิธีเชิงกลมาทดสอบความละเอียด โดยวิธีเคมีเลือกที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 20% และวิธีเชิงกลเลือกที่แรงกด 4 บาร์ ระยะเวลา 20 นาที จำนวนวิธีละ 5 กลุ่มตัวอย่าง ทำการทดสอบด้วยเครื่อง WIRA Cotton Fineness Meter ได้ค่าดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความละเอียดของเส้นใยปุดที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีและวิธีกล

กลุ่มตัวอย่าง	ค่าความละเอียดของเส้นใยปุด (ไมโครเนร์)	
	วิธีเคมี	วิธีกล
1	> 8	> 8
2	> 8	> 8
3	> 8	> 8
4	> 8	> 8
5	> 8	> 8
ค่าเฉลี่ย	> 8	> 8

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบความละเอียดของเส้นใยปุด ที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 20% และวิธีเชิงกลที่แรงกด 4 บาร์ ระยะเวลา 20 นาที

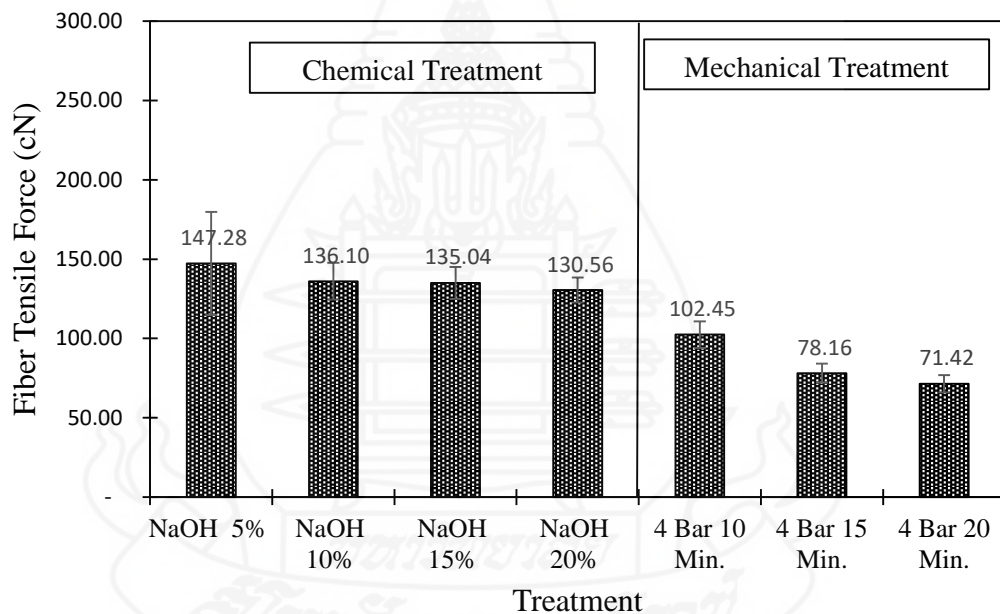
จากผลการทดลองพบว่า ความละเอียดของเส้นใยปุดทั้งที่ปรับปรุงด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกล มีค่าความละเอียดมากกว่า 8 ไมโครเนร์ แสดงถึงความละเอียดของเส้นใยอยู่ในระดับที่มีความหยาบสูง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของเส้นใยที่ได้จากลำต้นปุด เป็นที่น่าสังเกตว่าการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ไม่สามารถปรับปรุงให้เส้นใยปุดมีความละเอียดได้น้อยกว่า 8 ไมโครเนร์

หมายเหตุ เส้นใยที่มีค่าความละเอียดของเส้นใยมากกว่า 6.0 ไมโครเมตร จัดเป็นเส้นใยที่มีความหยาบสูง อ่านข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ บทที่ 2

2. การวิเคราะห์สมบัติเชิงกล

2.1 ผลการทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย

ผลการทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง รุ่น INSTRON 5569 ตามมาตรฐาน ASTM D3822 – 01 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้ทดสอบเส้นใยเชิงเดี่ยวสามารถทดสอบได้ทั้งเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ โดยแต่ละกลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบจำนวน 30 ตัวอย่าง ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

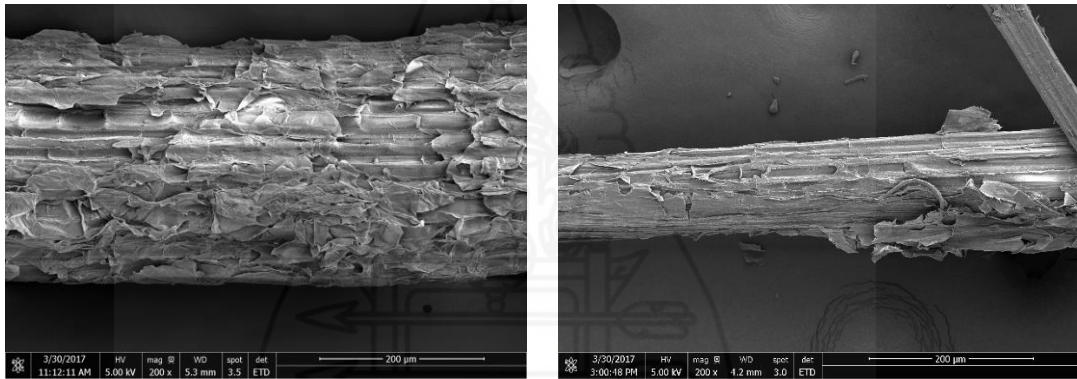


ภาพที่ 4.3 ค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยของเส้นใยปูดที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี และวิธีเชิงกล

ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ของค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยของเส้นใยปูดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเคมีที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5%, 10% 15% และ 20% โดยน้ำหนัก มีค่าการรับแรงดึงเฉลี่ย 147.28, 136.10, 135.04 และ 130.56 เซนตินิวตัน ตามลำดับ และวิธีเชิงกลที่แรงดัน 4 บาร์ เป็นเวลา 10, 15 และ 20 นาที ซึ่งมีค่า 102.45, 78.16 และ 71.42 เซนตินิวตัน ตามลำดับ

กรณีการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี พบว่าที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์มากขึ้น ทำให้ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยน้อยลง เนื่องจาก Na^+ ไอออน และ OH^- ไอออน จากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้าไปทำปฏิกิริยากับเส้นใย ทำให้ ลิกนิน กรดไขมัน และ เซลลูโลส หลุดออกจากเส้นใย ส่งผลให้เส้นใยมีความแข็งแรงลดลงนั่นเอง (Huang Gu, 2009)

กรณีการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล โดยใช้เครื่องบีบเส้นใย ที่แรงกด 4 บาร์ ระยะเวลา 10 นาที 15 นาที และ 20 นาที พบว่าเมื่อระยะเวลาการกดมากขึ้นทำให้ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยน้อยลง เพราะ เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการบีบอัดมากขึ้น ทำให้เส้นใยแยกออกจากกันมากขึ้นและมีแนวโน้มเล็กลงเรื่อยๆ ยืนยันได้จากภาพถ่าย SEM ในภาพที่ 4.4



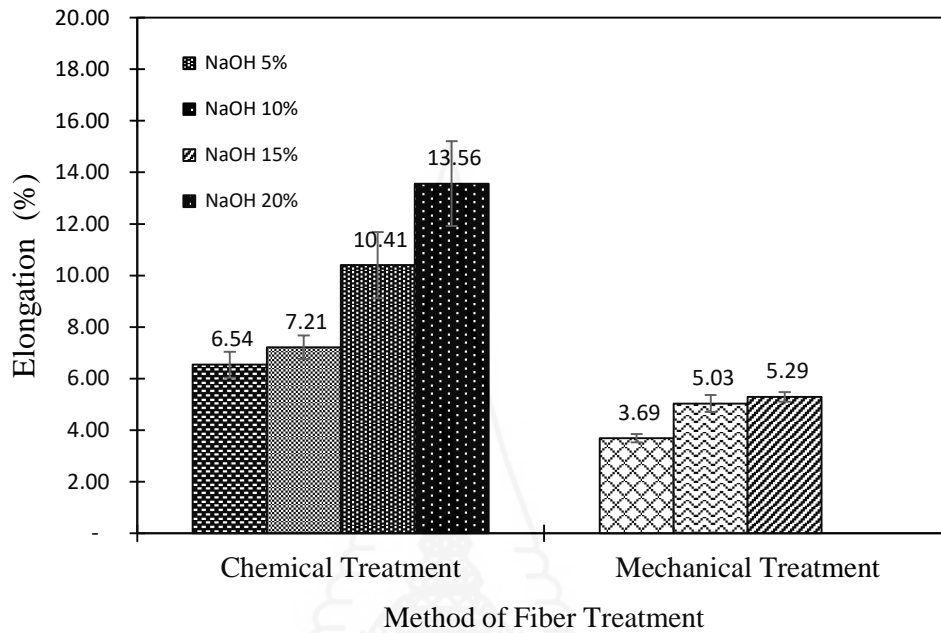
ก) เส้นใยปูดที่ไม่ผ่านการปรับปรุง

ข) เส้นใยปูดที่ปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลเป็นเวลา 20 นาที

ภาพที่ 4.4 เส้นใยปูดที่ไม่ผ่านการปรับปรุง และผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล

ภาพที่ 4.4 ก) แสดงเส้นใยปูดที่ไม่ได้ปรับปรุง เส้นใยจะมีขนาดใหญ่จากกลุ่มของเส้นใย ภาพ 4.4 ข) แสดงเส้นใยปูดที่ปรับปรุงด้วยเครื่องบีบเส้นใยที่ ความดัน 4 บาร์ เวลา 20 นาที สังเกตเห็นการแยกออกของเส้นใย และเส้นใยมีขนาดเล็กลง

2.2 ผลการทดสอบค่าความสามารถในการยืดตัวของเส้นใย



ภาพที่ 4.5 ค่าความสามารถในการยืดตัวเฉลี่ยของเส้นใยปูด

ภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ของค่าความสามารถในการยืดตัวเฉลี่ยของเส้นใยปูดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเคมีที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 5% 10% 15% และ 20% โดยน้ำหนัก และวิธีเชิงกลที่แรงดัน 4 บาร์ เป็นเวลา ระยะเวลา 10, 15 และ 20 นาที ตามลำดับ

กรณีการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี พบว่าเมื่อปรับปรุงเส้นใยปูดที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% 10% 15% และ 20% โดยน้ำหนัก ได้ค่าความสามารถในการยืดตัวจาก 6.54% 7.21% 10.41% และ 13.56% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้เส้นใยยืดตัวได้ง่ายขึ้น เนื่องจากเมื่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความเข้มข้นมากกว่า 5% จะเกิดปฏิกิริยา Mercerisation เหนียวนำให้เส้นใยมีความเป็นผลึกลดลง คือ สารละลายต่างจะแทรกซึมเข้าไปในเส้นใย ทำให้เกิดการบวมของเส้นใย (swell) เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของสายโซ่ จากรูปแบบเดิมกลายเป็นส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ (amorphous) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ส่วนที่เป็นผลึก (crystalline) ลดลง (A. El. Oudiani, 2012) ส่งผลให้มีการยืดตัวมากขึ้นนั่นเอง

กรณีการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล พบว่าการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลที่แรงดัน 4 บาร์ มีค่าความสามารถในการยัดตัวจาก 3.69%, 5.03% และ 5.29% ที่ระยะเวลา 10, 15 และ 20 นาที ตามลำดับ พบว่าเมื่อระยะเวลาการกดมากขึ้นทำให้ค่าความสามารถในการยัดตัวมีค่าเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการกดมากขึ้น จะพบเศษผง และเศษเส้นใยขนาดเล็ก หลุดออกมาจากเครื่องบีบ แสดงในภาพที่ 4.6 ซึ่งเศษผงและเศษเส้นใยดังกล่าวคาดว่าจะ เป็น ลิกนิน เฮมิเซลลูโลสและ เซลลูโลส ที่หลุดออกมาจากเส้นใยปูด ดังนั้นเส้นใยที่ผ่านการบีบอัดเป็นเวลานานจึงมีขนาดเล็กกลง และยัดตัวได้มากขึ้นนั่นเอง

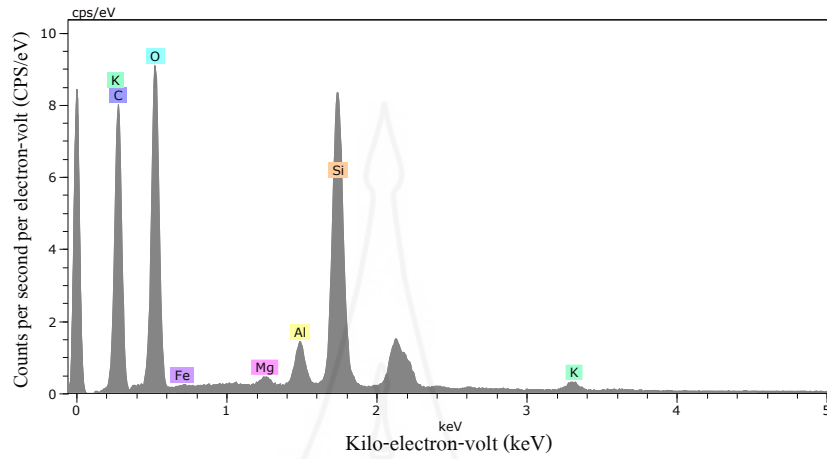


ภาพที่ 4.6 เศษผงและเศษเส้นใยขนาดเล็กที่หลุดออกมาจากเครื่องบีบเส้นใย

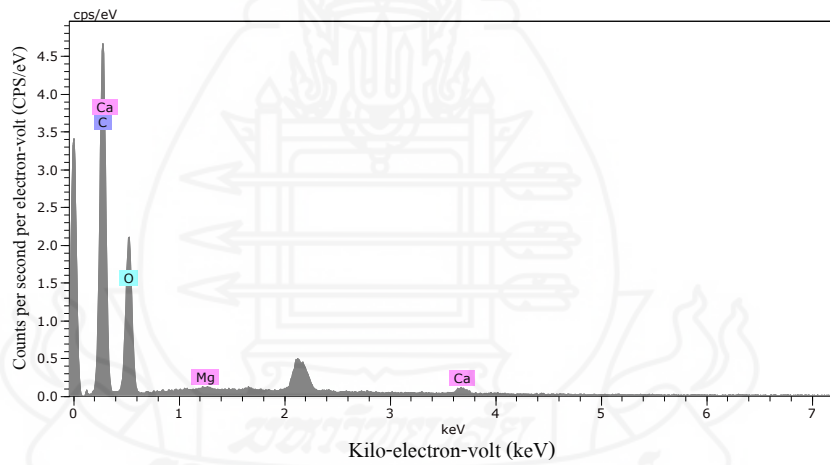
เมื่อเปรียบเทียบการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีกับวิธีเชิงกล พบว่าวิธีปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีทำให้ได้เส้นใยที่มีสมบัติเชิงกลดีกว่า การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล

3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

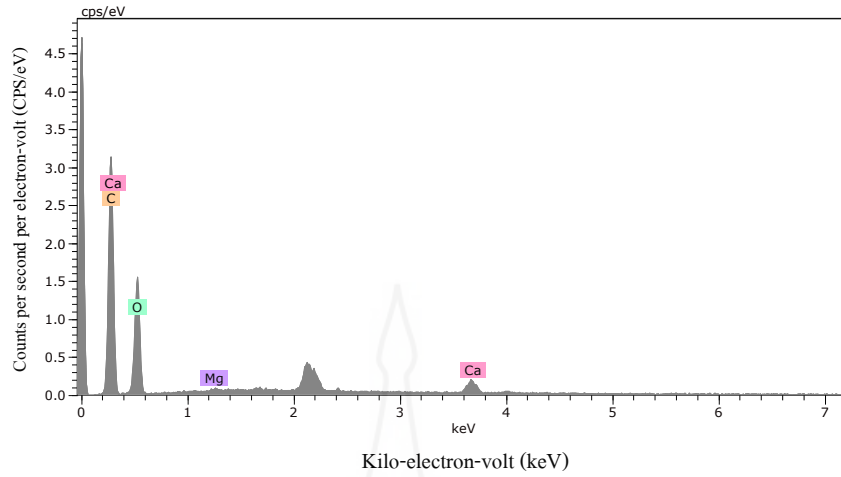
3.1 ผลการวิเคราะห์ SEM-EDS



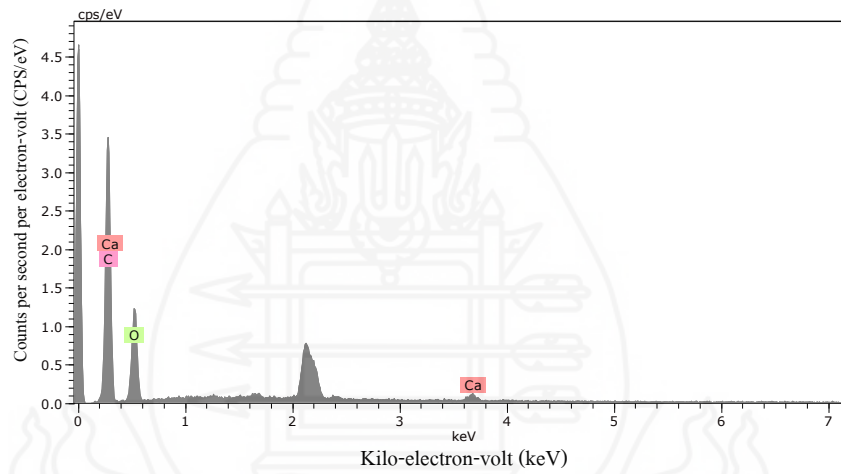
ภาพที่ 4.7 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยปุดอบแห้ง



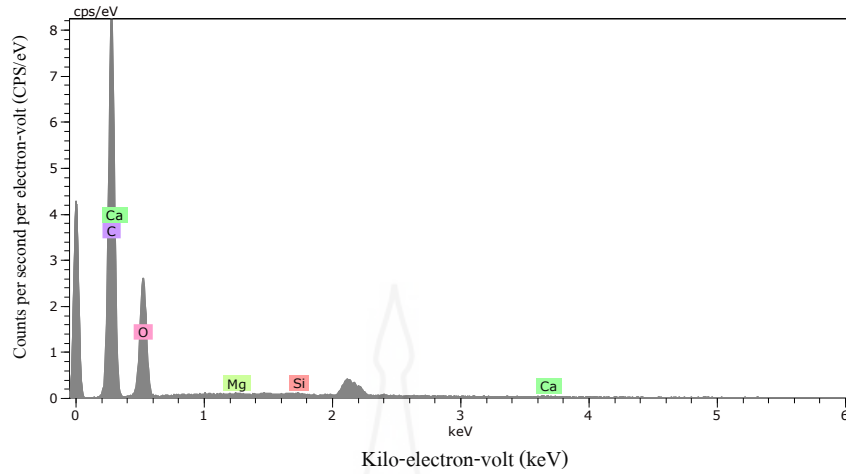
ภาพที่ 4.8 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยปุดปรับปรุงด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0% โดยน้ำหนัก



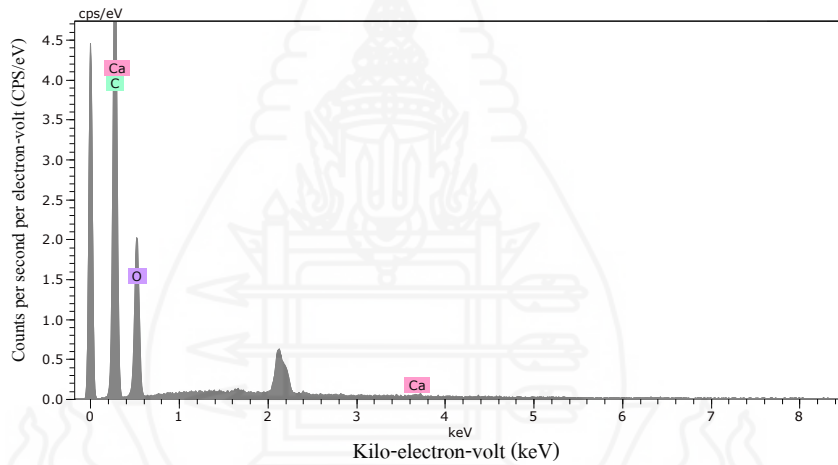
ภาพที่ 4.9 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยปลูกปรับปรุงด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก



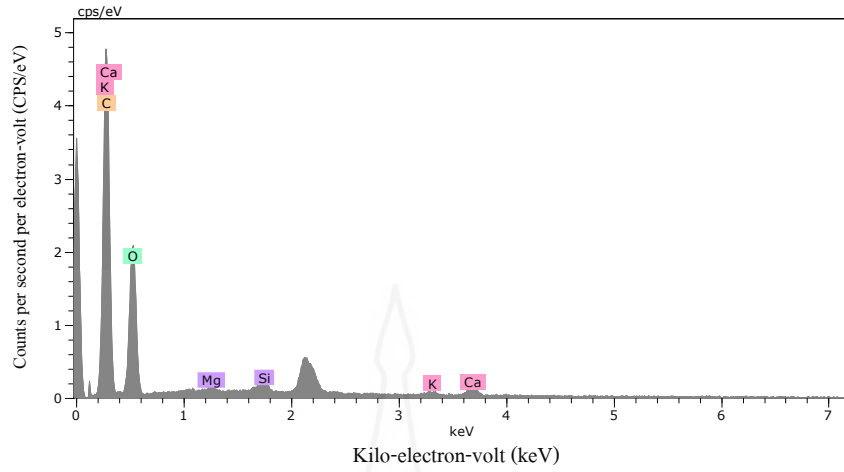
ภาพที่ 4.10 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยปลูกปรับปรุงด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10% โดยน้ำหนัก



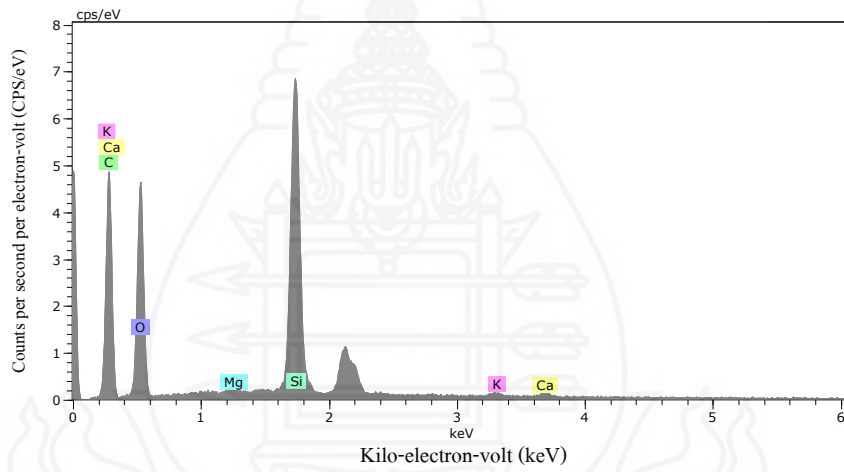
ภาพที่ 4.11 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก



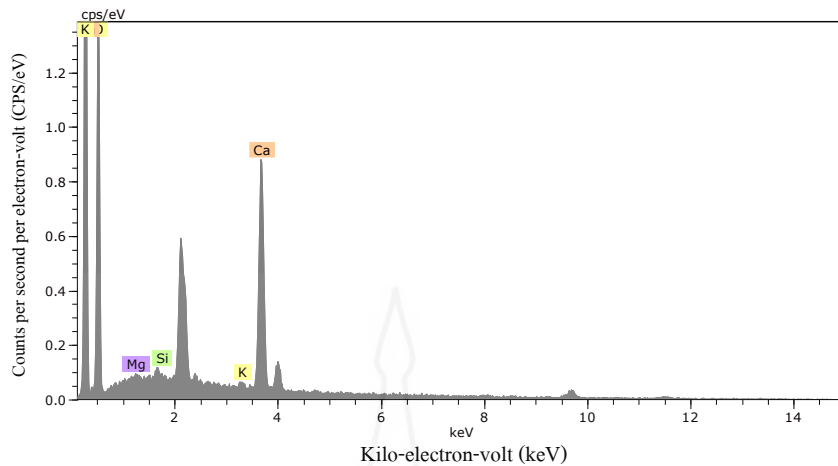
ภาพที่ 4.12 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 4.13 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยดูดปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลเป็นเวลา 10 นาที



ภาพที่ 4.14 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยดูดปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลเป็นเวลา 15 นาที



ภาพที่ 4.15 องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค SEM-EDS ของเส้นใยปลูกปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลเป็นเวลา 20 นาที

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยปลูกโดยเทคนิค SEM-EDS

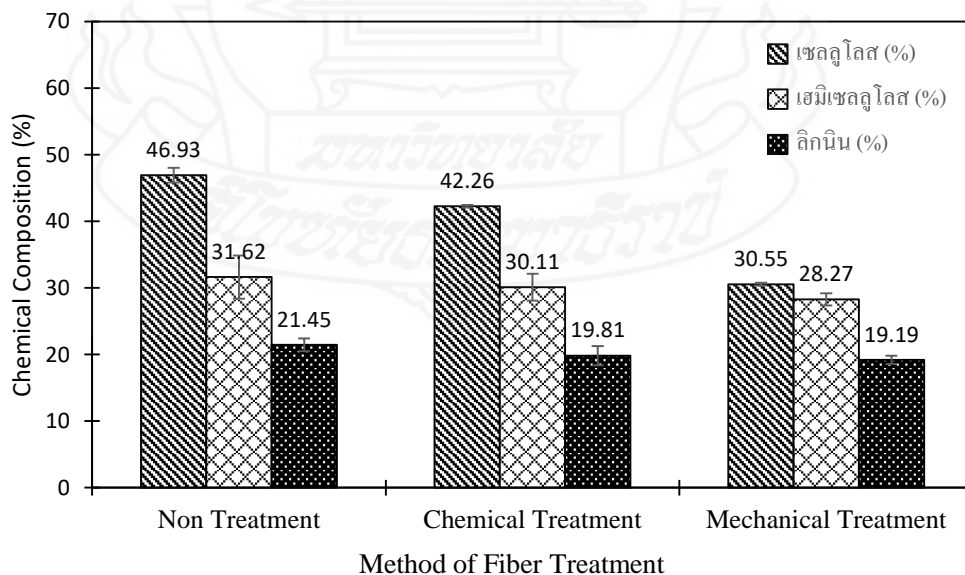
Method of Fiber Treatment	Mass (%)							
	C	O	Mg	Al	Si	K	Fe	Ca
Non Treatment	34.50	42.21	0.26	1.58	21.12	0.92	0.38	-
Chemical Treatment	NaOH 0%	55.19	43.72	0.34	-	-	-	0.92
	NaOH 5%	52.43	44.91	0.47	-	-	-	2.42
	NaOH 10%	55.05	42.91	-	-	-	-	2.04
	NaOH 15%	59.34	40.07	0.37	-	0.44	-	0.38
	NaOH 20%	57.54	42.15	-	-	-	-	0.31
Mechanical Treatment 4 Bar	10 Min	54.42	43.71	0.30	-	0.47	0.48	1.01
	15 Min	52.18	38.17	0.27	-	16.26	0.60	0.65
	20 Min	47.91	42.96	0.38	-	0.69	0.63	8.29

จากภาพที่ 4.7 ถึง 4.15 และตารางที่ 4.2 แสดงค่าองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยปลูกอบแห้ง และเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเคมีที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 5% 10% 15% และ 20% และวิธีเชิงกลที่แรงดัน 4 บาร์ เป็นเวลา ระยะเวลา 10, 15 และ 20 นาที ตามลำดับ

จากผลการทดลองพบว่า มีธาตุคาร์บอน ออกซิเจน แมกนีเซียม อลูมิเนียม ซิลิกอน โปตัสเซียม เหล็ก และแคลเซียม ในเส้นใยปุด โดยพบธาตุคาร์บอนมากที่สุด รองลงมาเป็นธาตุ ออกซิเจน โดยพบธาตุเหล็กและแมกนีเซียมเล็กน้อย ที่เป็นเช่นนั้นเพราะ ธาตุคาร์บอน และ ออกซิเจน ที่พบมากเพราะเป็นธาตุที่มีอยู่ในองค์ประกอบทางเคมีหลักของพืช ซึ่งก็คือเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน สำหรับธาตุเหล็ก แมกนีเซียม แคลเซียม อยู่ในกลุ่มธาตุอาหารรองที่พืชดูดซึม มาใช้ในการเติบโตจึงสามารถพบในโครงสร้างของพืชได้ ทั้งนี้องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยปุด ที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกลจะมีสัดส่วนของธาตุคาร์บอน ออกซิเจน ที่เป็น องค์ประกอบของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน สูงกว่าเส้นใยที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง โดย พบว่าสัดส่วนของปริมาณธาตุคาร์บอน ออกซิเจน จะส่งผลต่อสมบัติเชิงกล เช่น ค่าการรับแรงดึง ของเส้นใย จากวิธีเชิงกลที่แรงดัน 4 Bar เป็นเวลา ระยะเวลา 20 นาที ซึ่งมีสัดส่วนของปริมาณธาตุ คาร์บอน ออกซิเจน น้อยที่สุด จะมีค่าการรับแรงดึงของเส้นใยน้อยที่สุด ดังภาพที่ 4.3

3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในเส้นใยปุด

ในการวิจัยได้เลือกตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่ม เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยพิจารณาจาก ค่าการรับแรงดึงสูงสุดของ 3 กลุ่มตัวอย่าง คือ 1) เส้นใยปุดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง 2) เส้นใยปุดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเคมี สารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% โดยน้ำหนัก และ 3) เส้นใยปุดที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล ที่แรงกด 4 Bar ระยะเวลา 10 นาที แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.16 ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในเส้นใยปุด

ภาพที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในเส้นใยปูดที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง (Non Treatment) ปรับปรุงด้วยวิธีเคมีที่ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% และวิธีเชิงกลที่แรงกด 4 Bar ระยะเวลา 10 นาที ตามลำดับ โดยพิจารณาเลือกจากค่าความต้านทานแรงดึงที่ดีที่สุดของแต่ละวิธี จากผลการทดลองพบว่าปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในเส้นใยปูดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง 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 พบว่าเส้นใยปูดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุงมีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินสูงกว่าเส้นใยปูดที่ปรับปรุงด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกล

กรณีการปรับปรุงเส้นใยปูดด้วยวิธีเคมี พบว่าปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับเส้นใยปูดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ (Hydrolyzed) เฮมิเซลลูโลสบางส่วนออกไป ส่วนลิกนินจะเกิดปฏิกิริยา Depolymerized เกิดเป็นน้ำตาลและสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งสารดังกล่าวสามารถละลายน้ำได้ กรณีการลดลงของปริมาณเซลลูโลส เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงแบบ (transformation) ของสายโซ่พอลิเมอร์ และกระบวนการ Mercerization (A. El. Oudiani, 2012)

กรณีการปรับปรุงเส้นใยปูดด้วยวิธีเชิงกล พบว่าปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับเส้นใยปูดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง เนื่องจากแรงบีบของชุดลูกกลิ้งทำให้เส้นใยถูกบีบอัด เกิดการแยกออกจากกัน (แสดงในภาพที่ 4.2) จะพบเศษผง และเศษเส้นใยขนาดเล็ก หลุดออกมาจากเครื่องบีบอัดเส้นใย (แสดงในภาพที่ 4.6) ซึ่งเศษผงดังกล่าว คาดว่าจะเป็น ลิกนิน เฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส ที่หลุดออกมาจากเส้นใยปูดนั่นเอง

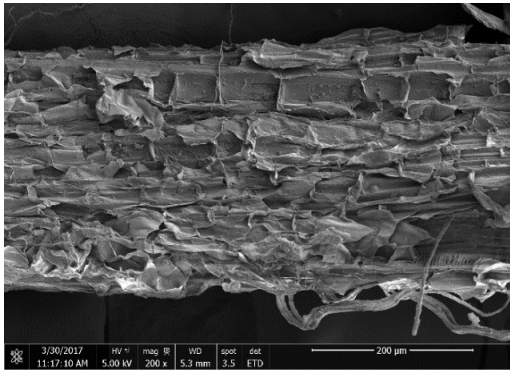
เมื่อเปรียบเทียบการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีกับวิธีเชิงกล พบว่าวิธีปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีทางเคมีทำให้ได้เส้นใยที่มีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส สูงกว่าเมื่อเทียบกับวิธีเชิงกล ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของเส้นใยที่จะนำมาใช้ประโยชน์

4. การวิเคราะห์สมบัติสัณฐานวิทยา

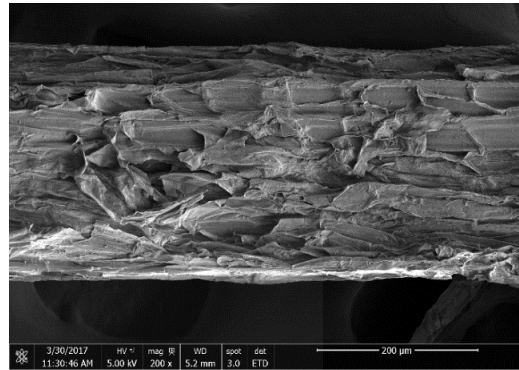
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

การวิเคราะห์ทางกายภาพของเส้นใย ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) กับกลุ่มตัวอย่างเส้นใยปุด จำนวน 9 ตัวอย่าง ประกอบด้วย

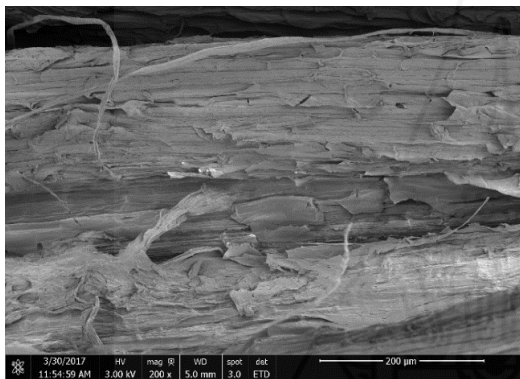
- 1) เส้นใยปุด ที่ผ่านการตีแยกเส้นใย และอบแห้ง ยังไม่ผ่านการปรับปรุง (Non Treatment)
- 2) เส้นใยปุด ที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0% โดยน้ำหนัก หรือเทียบเท่าการแช่หมักในน้ำธรรมดา
- 3) เส้นใยปุด ที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก
- 4) เส้นใยปุด ที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 10% โดยน้ำหนัก
- 5) เส้นใยปุด ที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก
- 6) เส้นใยปุด ที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก
- 7) เส้นใยปุด ที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล โดยผ่านเครื่องนวดเส้นใย ที่ขนาดแรงกด 4 บาร์ เป็นเวลา 10 นาที
- 8) เส้นใยปุด ที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล โดยผ่านเครื่องนวดเส้นใย ที่ขนาดแรงกด 4 บาร์ เป็นเวลา 15 นาที
- 9) เส้นใยปุด ที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล โดยผ่านเครื่องนวดเส้นใย ที่ขนาดแรงกด 4 บาร์ เป็นเวลา 20 นาที



ก) เส้นใยปูดไม่ผ่านการปรับปรุง



ข) เส้นใยปูดปรับปรุงด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0%



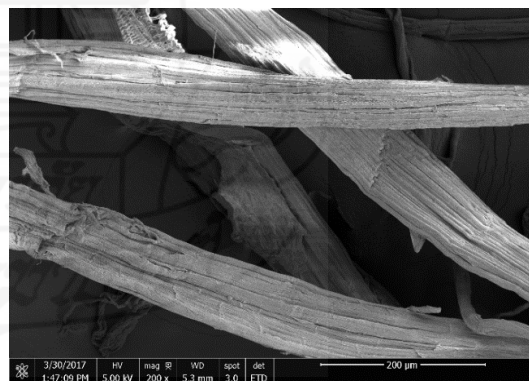
ค) เส้นใยปูดปรับปรุงด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5%



ง) เส้นใยปูดปรับปรุงด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10%

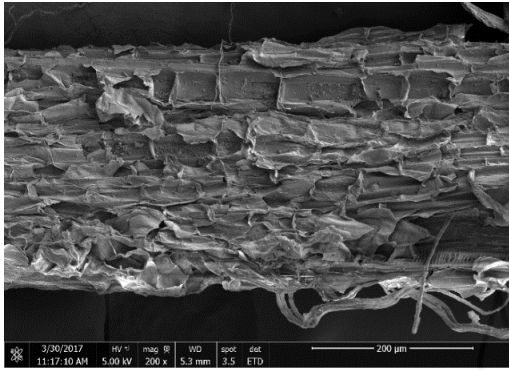


จ) เส้นใยปูดปรับปรุงด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 15%

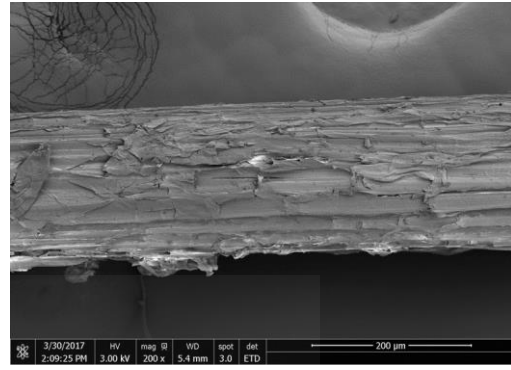


ฉ) เส้นใยปูดปรับปรุงด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 20%

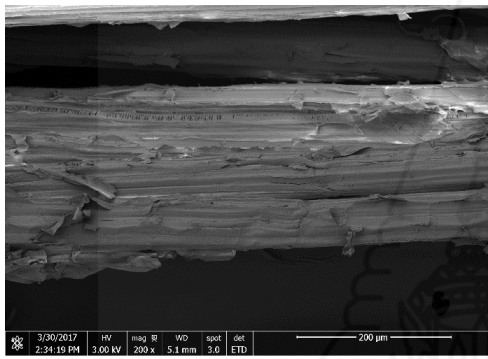
ภาพที่ 4.17 ลักษณะวิทยาของเส้นใยปูดปรับปรุงด้วยวิธีเคมีที่ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า



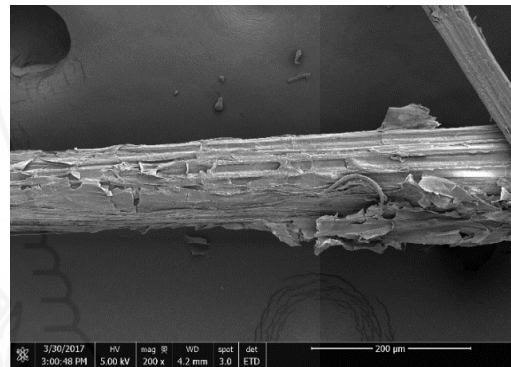
ก) เส้นใยปูดไม่ผ่านการปรับปรุง



ข) เส้นใยปูดปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลที่
แรงดัน 4 บาร์ เป็นเวลา 10 นาที



ค) เส้นใยปูดปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลที่
แรงดัน 4 บาร์ เป็นเวลา 15 นาที



ง) เส้นใยปูดปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลที่
แรงดัน 4 บาร์ เป็นเวลา 20 นาที

ภาพที่ 4.18 สัณฐานวิทยาของเส้นใยปูดปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกลที่ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า

ภาพที่ 4.17 ถึง ภาพที่ 4.18 แสดงสัณฐานวิทยาของเส้นใยปูดดีแยกเส้นใยและ
อบแห้ง และเส้นใยปูดที่ผ่านการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
เข้มข้น 0%, 5%, 10%, 15% และ 20% โดยน้ำหนัก และวิธีเชิงกลที่แรงดัน 4 บาร์ เป็นเวลา 10, 15
และ 20 นาที ตามลำดับ

กรณีการปรับปรุงเส้นใยปูดด้วยวิธีเคมี พบว่าเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ
สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น เส้นใยมีขนาดเล็กลง ที่เป็นเช่นนั้นเพราะสารละลาย
โซเดียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งด่างจะกำจัดลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส ไซ และกรดไขมัน
ของเส้นใยออกบางส่วน (A. El. Oudiani, 2012) ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง

กรณีการปรับปรุงเส้นใยไปด้วยวิธีเชิงกล เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการบีบอัด ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง ที่เป็นเช่นนั้นเพราะแรงบีบอัดของชุดลูกกลิ้ง จะไปแยกเส้นใยให้ออกจากกัน ทำให้ขนาดของเส้นใยมีขนาดเล็กลง



บทที่ 5

สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปการวิจัย

1.1 สรุปผลการวิจัยเพื่อศึกษาสมบัติของเส้นใยจากต้นปุดที่ปรับปรุงด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกล

1.1.1 ผลการวิเคราะห์และทดสอบ พบว่า เส้นใยจากปุดที่ได้จากการปรับปรุงด้วยวิธีเคมี และวิธีเชิงกล มีลักษณะของการแยกออกเป็นเส้นใยที่มีขนาดลดลง

1.1.2 การใช้วิธีเคมี เส้นใยจะมีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล วิธีทางเคมีจะใช้ระยะเวลาสั้น และอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการปรับปรุงเส้นใย

1.1.3 การใช้วิธีเชิงกล ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยจะต่ำกว่าวิธีเคมี โดยค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยของเส้นใยจากวิธีเชิงกลที่มากที่สุดได้จากขนาดแรงกด 4 บาร์ เป็นเวลา 10 นาที มีค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยที่ 102.45 cN วิธีเชิงกลให้ความสะดวกรวดเร็วในการปรับปรุงเส้นใย และไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากสารเคมี

1.2 สรุปผลการวิจัยเพื่อความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เส้นใยปุดในงานด้านสิ่งทอ

1.2.1 ลักษณะความละเอียดของเส้นใยปุดจากวิธีเคมีและวิธีเชิงกล เปรียบเทียบกับค่าความละเอียดเส้นใยฝ้าย มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 8 ไมโครเมตร จัดอยู่ในกลุ่มเส้นใยหยาบ เทียบได้กับเส้นใยธรรมชาติจาก ดาหลา และ ผักตบชวา ซึ่งเป็นการนำเส้นใยจากส่วนของลำต้นหรือก้านมาใช้ประโยชน์ เส้นใยปุดจากวิธีเคมีและวิธีเชิงกล ทั้งสองวิธีสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นเส้นใยในงานสิ่งทอได้ โดยพิจารณาเลือกวิธีการปรับปรุงเส้นใยให้เหมาะสมกับงานด้านสิ่งทอที่จะนำเส้นใยไปใช้ เช่น ในงานเคหะสิ่งทอที่ไม่ต้องการขนาดของเส้นใยที่เล็ก ประเภทผ้าปูที่นอน ผ้าห่มเฟอร์นิเจอร์ อาจพิจารณาเลือกใช้วิธีเชิงกลที่ใช้ระยะเวลาสั้นและต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าวิธีเคมี หากเลือกใช้ในงานด้านเคหะสิ่งทอที่ต้องการความละเอียดมากขึ้น เช่น ผ้าปูที่นอน ผ้าคลุม อาจพิจารณาเลือกใช้การปรับปรุงด้วยวิธีทางเคมี ที่ได้เส้นใยขนาดเล็กและมีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่า เป็นต้น

1.2.2 การนำเส้นใยปุดไปใช้งานในลักษณะของเคหะสิ่งทอ สามารถใช้งานในลักษณะของเคหะสิ่งทอได้ เช่น ผ้าปูที่นอน ผ้าห่มเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

1.2.3 การนำเส้นใยปูดไปใช้กับสิ่งทอเครื่องนุ่งห่ม สามารถใช้กับสิ่งทอเครื่องนุ่งห่มได้ โดยควรผสมเส้นใยปูดกับเส้นใยฝ้ายในสัดส่วนที่น้อย เช่น เส้นใยปูด 1%-5% โดยน้ำหนัก เป็นต้น เพื่อป้องกันปัญหาผ้าหายบวมกระด้าง หรือระคายเคืองจากความหยาบของเส้นใยปูดที่มากกว่าเส้นใยฝ้ายที่เป็นเส้นใยละเอียด

2. อภิปรายผล

2.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

2.1.1 ผลการวิเคราะห์ขนาดของเส้นใย

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีความสัมพันธ์ต่อขนาดเส้นใย เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ขนาดของเส้นใยจะเล็กลง และเริ่มคงที่เมื่อสารละลายมีความเข้มข้นตั้งแต่ 10% ขึ้นไป เพราะสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งด่างจะกำจัดลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส ไซ และกรดไขมันของเส้นใยออกบางส่วน (A. El. Oudiani, 2012) ขนาดของเส้นใยที่ลดลงโดยเฉลี่ยจะมีขนาด 0.06 มิลลิเมตร

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล โดยใช้เครื่องบีบเส้นใย ระยะเวลาในการบีบอัดมีความสัมพันธ์ต่อขนาดเส้นใย เมื่อมีการบีบอัดด้วยระยะเวลาที่นานขึ้นเส้นใยมีขนาดเล็กลง เพราะแรงกดจากการบีบของลูกกลิ้ง จะไปกระทำต่อเส้นใยที่ยึดเกาะกันอยู่ให้แยกออกจากกัน ทำให้ขนาดของเส้นใยมีขนาดเล็กลง โดยขนาดของเส้นใยที่ได้จากการบีบอัดนาน 20 นาที มีขนาดเส้นใยโดยเฉลี่ยที่ 0.09 มิลลิเมตร

2.1.2 ผลการวิเคราะห์ความละเอียดของเส้นใย

ความละเอียดของเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีค่าความละเอียดของเส้นใยมากกว่า 8 ไมโครเนียร์ ซึ่งอยู่ในกลุ่มเส้นใยที่มีความหยาบสูง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของเส้นใยที่ได้จากลำต้นปูด การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ไม่สามารถปรับปรุงให้เส้นใยปูดให้มีความละเอียดได้น้อยกว่า 8 ไมโครเนียร์ได้

2.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงกล

2.2.1 ผลการทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี พบว่า ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยน้อยลงเมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มากขึ้น เนื่องจาก Na^+ ไอออน และ OH^-

ไอออน จากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้าไปทำปฏิกิริยากับเส้นใย ทำให้ลิกนิน กรดไขมัน และ เซลลูโลส หลุดออกจากเส้นใย ส่งผลให้เส้นใยมีความแข็งแรงลดลง (Huang Gu, 2009)

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล โดยใช้เครื่องบีบเส้นใย ระยะเวลาการบีบอัดมากขึ้น ทำให้ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยลดลง เพราะ เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการบีบอัดมากขึ้น ทำให้เส้นใยแยกออกจากกันมากขึ้นและมีแนวโน้มเล็กลงเรื่อยๆ ค่าการรับแรงดึงของเส้นใยจึงลดลง

ทั้งนี้การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี เส้นใยจะมีค่าการรับแรงดึงของเส้นใยสูงกว่าเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล

2.2.2 ผลการทดสอบค่าความสามารถในการยึดตัวของเส้นใย

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี พบว่า เมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มากขึ้น ค่าความสามารถในการยึดตัวของเส้นใยโดยเฉลี่ยมากขึ้น เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความเข้มข้นมากกว่า 5% จะเกิดปฏิกิริยา Mercerisation เหนี่ยวนำให้เส้นใยมีความเป็นผลึกลดลง คือ สารละลายต่างจะแทรกซึมเข้าไปในเส้นใย ทำให้เกิดการบวมของเส้นใย (swell) เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของสายโซ่ จากรูปแบบเดิม คือ Cellulose I กลายเป็น Cellulose II ซึ่งมีส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ (amorphous) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ส่วนที่เป็นผลึก (crystalline) ลดลง (A. El. Oudiani, 2012)

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล พบว่า เมื่อระยะเวลาการบีบอัดมากขึ้นทำให้ค่าความสามารถในการยึดตัวของเส้นใยโดยเฉลี่ยมากขึ้น เพราะเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการบีบอัด ลิกนิน เฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส ที่เป็นองค์ประกอบในผนังเส้นใยจะหลุดออกมาจากเส้นใย มากขึ้น โดยจะพบในลักษณะของเศษผงละเอียดจากการบีบอัด เส้นใยที่ผ่านการบีบอัดเป็นเวลานานจึงมีขนาดเล็กลงและยึดตัวได้มากขึ้น

2.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

2.3.1 การวิเคราะห์ SEM-EDS

ผลการทดลองพบว่า เส้นใยมีธาตุคาร์บอน และออกซิเจน เป็นจำนวนมาก เพราะเป็นธาตุที่มีอยู่ในองค์ประกอบทางเคมีหลักของพืช ซึ่งก็คือเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน และพบธาตุเหล็กและแมกนีเซียมซึ่งเป็นธาตุอาหารรองที่พืชดูดซึมมาใช้ในการเจริญเติบโตในสัดส่วนเล็กน้อย

2.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในเส้นใยปุด

ผลการทดลองพบว่าเส้นใยปุดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุงมีปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน สูงกว่าเส้นใยปุดที่ปรับปรุงด้วยวิธีเคมีและวิธีเชิงกล

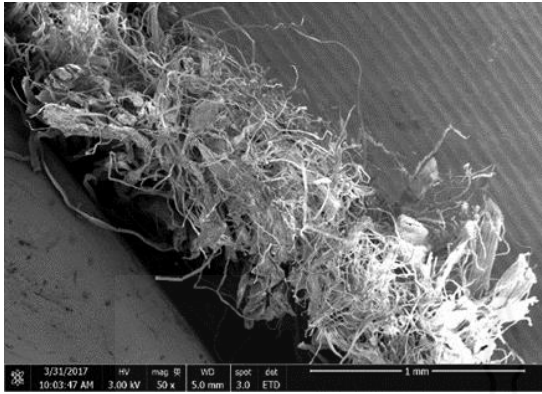
การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี พบว่าปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับเส้นใยปุดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง เนื่องจากสารละลาย โซเดียม ไฮดรอกไซด์ จะทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ (Hydrolyzed) เฮมิเซลลูโลสบางส่วนออกไป ส่วนลิกนินจะเกิดปฏิกิริยา Depolymerized เกิดเป็นน้ำตาลและสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งสารดังกล่าวสามารถละลายน้ำได้ กรณีการลดลงของปริมาณเซลลูโลส เกิดจากการเปลี่ยนโครงสร้าง (transformation) ของสายโซ่พอลิเมอร์ และกระบวนการ Mercerization (A. El. Oudiani, 2012)

การปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล พบว่าปริมาณ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับเส้นใยปุดอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง เนื่องจากการบีบอัดลิกนิน เฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส ที่เป็นองค์ประกอบในผนังเส้นใยจะหลุดออกมาจากเส้นใย โดยจะพบในลักษณะของเศษผงละเอียดจากการบีบอัด

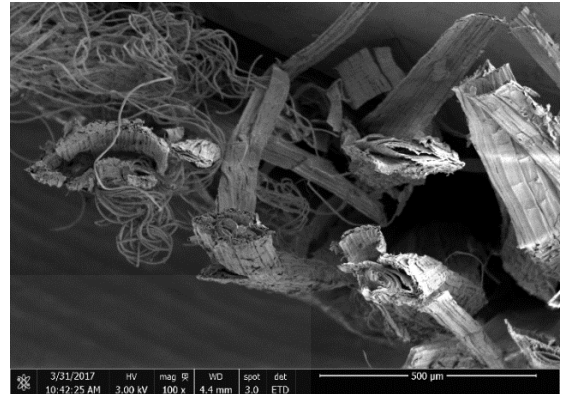
เมื่อเปรียบเทียบการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมีกับวิธีเชิงกล พบว่าวิธีปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีทางเคมีทำให้ได้เส้นใยที่มีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส สูงกว่าเมื่อเทียบกับวิธีเชิงกล ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของเส้นใยที่จะนำมาใช้ประโยชน์

2.4 ผลการวิเคราะห์สมบัติสัณฐานวิทยา

2.4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) พบว่า ลักษณะของเส้นใยจากการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเคมี เมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น เส้นใยมีขนาดเล็ก เพราะสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งจะกำจัดลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส ไซ และกรดไขมัน ของเส้นใยออกบางส่วน (A. El. Oudiani, 2012) ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง ลักษณะเส้นใยจากการปรับปรุงเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล ทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการบีบอัด เพราะแรงบีบอัดของชุดลูกกลิ้ง จะไปแยกเส้นใยให้ออกจากกัน ทำให้น้ำหนักของเส้นใยมีขนาดเล็กลง ดังแสดงในภาพที่ 5.1



(ก) เส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเคมี



(ข) เส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีเชิงกล

ภาพที่ 5.1 ลักษณะการแยกของเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุง

3. ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาเส้นใยปุดเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ สามารถศึกษาเพิ่มเติมเพื่อสร้างโอกาสจากวิธีการปรับปรุงคุณภาพเส้นใย และสมบัติของเส้นใย ดังเช่น

3.1 การศึกษาเพิ่มเติมถึงสถานะที่เหมาะสมที่สุดจากการปรับปรุงด้วยวิธีเคมีเกี่ยวกับปริมาณสารเคมีที่จะใช้ และระยะเวลาในการแช่ปรับปรุงเส้นใย และวิธีเชิงกลเกี่ยวกับขนาดของแรงกด และระยะเวลาในการบีบอัดเส้นใยของชุดลูกกลิ้ง เพื่อให้ได้สมบัติของเส้นใยปุดที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์

3.2 การศึกษาการปรับปรุงเส้นใยวิธีอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อลดขนาดของเส้นใย และมีสมบัติของเส้นใยที่ดีขึ้น

3.3 การปรับปรุงเครื่องจักรในการบีบเส้นใย เพื่อให้เส้นใยมีค่าการรับแรงดึงเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์จากเส้นใยปุดมีความคงทนสูงขึ้น

3.4 การใช้ร่วมกับเส้นใยจากธรรมชาติอื่นๆ เพื่อให้มีสมบัติในการใช้งานสิ่งทอ และมีการผสมผสานเพื่อสร้างความเป็นเอกลักษณ์ให้กับเส้นใยเพิ่มเติม เช่น การผสมกับเส้นใยจากข้าว คา หลา ที่เป็นกลุ่มพืชตระกูลเดียวกัน เป็นต้น

3.5 การศึกษาการใช้ร่วมกับวัสดุอื่นๆ เพื่อให้มีสมบัติในการใช้งานนอกกลุ่มสิ่งทอ เช่น การใช้เป็นวัสดุประกอบในแผ่นรับแรง แผ่นกันกระแทก เป็นต้น



ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

สภามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

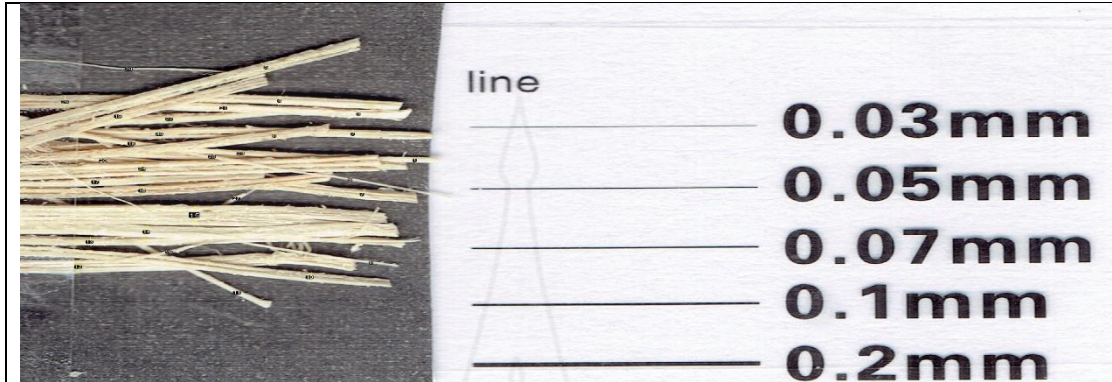


ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์ขนาดเส้นใย

การทดสอบเส้นใยด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

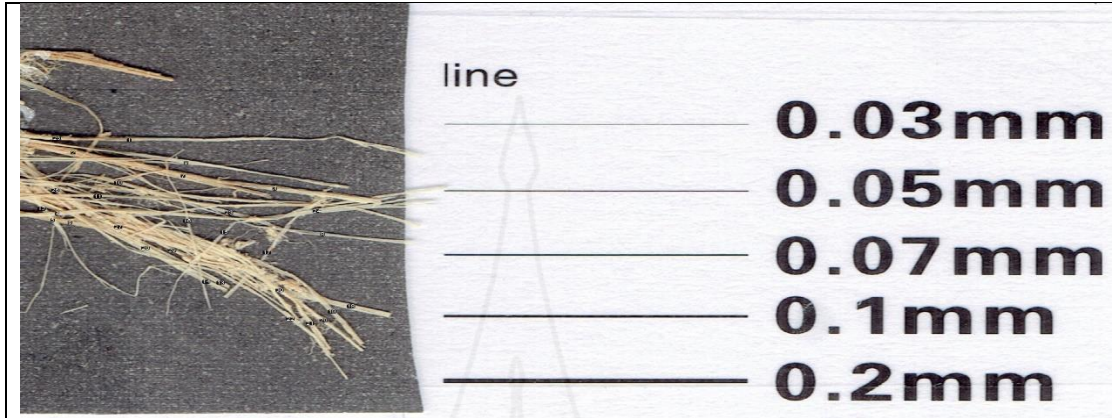
กลุ่มตัวอย่าง เส้นใยปุคอบแห้ง (Original before Treatment)



Label	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
Origin.1	0.007	190.038	47	242.286	-85.914	0.3
Origin.2	0.008	206.526	132.296	241.5	-93.366	0.356
Origin.3	0.009	220.556	139	244.333	-90	0.385
Origin.4	0.01	199.792	40.556	242.667	-98.531	0.431
Origin.5	0.011	178.626	16.333	226.265	-59.036	0.511
Origin.6	0.01	181.85	80.741	220.881	-73.301	0.45
Origin.7	0.011	194.434	124.333	236.062	-111.801	0.474
Origin.8	0.004	164.034	94.667	216.405	-98.13	0.145
Origin.9	0.004	165.333	98.111	220.833	-105.945	0.162
Origin.10	0.011	184.617	101.63	227.368	-98.13	0.461
Origin.11	0.006	189.275	97.889	223.181	34.992	0.254
Origin.12	0.014	194.941	124.778	220.291	-88.025	0.613
Origin.13	0.01	176.697	50.13	234.01	-87.138	0.442
Origin.14	0.013	206.549	118.889	241.13	-98.427	0.576
Origin.15	0.021	210.89	81.667	243.192	-88.698	0.941
Origin.16	0.01	197.519	116.111	233.467	-87.138	0.428
Origin.17	0.008	203.813	77.667	242.107	-90	0.37
Origin.18	0.007	186.006	14.63	224.281	-120.256	0.293
Origin.19	0.011	198.845	31.667	227.928	-50.528	0.467
Origin.20	0.003	157.851	82	213.307	-101.31	0.104
Origin.21	0.009	199.008	71.667	240.017	-96.009	0.414
Origin.22	0.01	184.385	89.111	224.455	-75.964	0.439
Origin.23	0.006	187.195	134.074	221.864	-94.764	0.257
Origin.24	0.014	198.052	122.963	242.608	-90	0.613
Origin.25	0.004	193.127	150.741	226.963	-119.745	0.178
Origin.26	0.004	149.792	21.333	207.333	-50.194	0.174
Origin.27	0.004	193.421	114.778	225.444	-38.66	0.141
Origin.28	0.006	161.417	102.055	199.241	-124.992	0.269
Origin.29	0.013	184.223	154.444	203.37	-90	0.57
Origin.30	0.01	202.754	160.852	225.382	-83.991	0.417
Mean	0.009	188.719	93.07	227.939	-85.167	0.388
SD	0.004	16.51	41.757	12.369	30.194	0.179
Min	0.003	149.792	14.63	199.241	-124.992	0.104
Max	0.021	220.556	160.852	244.333	34.992	0.941

การทดสอบเส้นใยด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

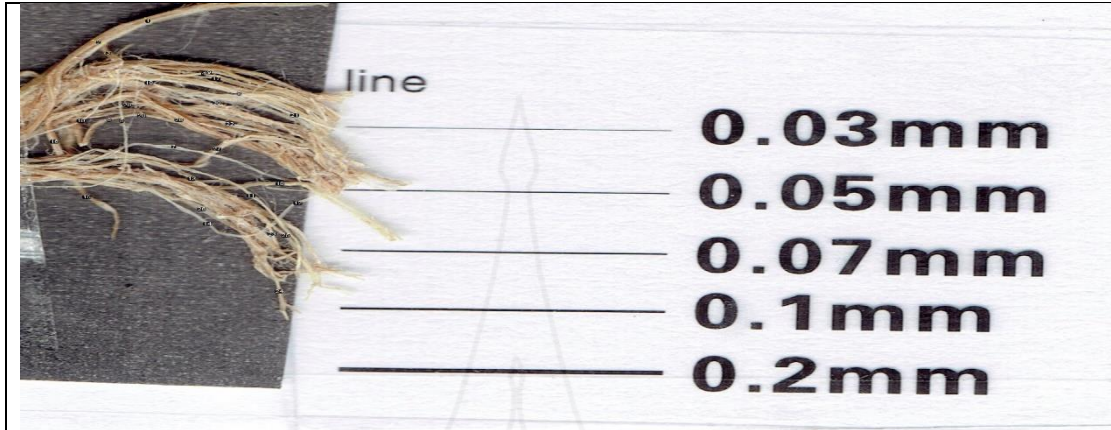
กลุ่มตัวอย่าง เส้นใยปูดผ่านการปรับปรุงด้วย NaOH 0%



Label	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
NaOH_0%.1	0.004	139.881	83.889	167.44	-81.87	0.144
NaOH_0%.2	0.007	161.336	103.333	192.333	-123.69	0.306
NaOH_0%.3	0.005	151.244	66.778	203.487	-95.711	0.228
NaOH_0%.4	0.004	179.208	111.333	208.514	-75.964	0.186
NaOH_0%.5	0.004	187.182	161.556	209.382	12.529	0.192
NaOH_0%.6	0.005	165.98	94.519	190.593	-108.435	0.206
NaOH_0%.7	0.006	165.622	94.778	201.889	-116.565	0.253
NaOH_0%.8	0.004	146.227	71.667	180.721	-105.945	0.144
NaOH_0%.9	0.004	175.973	127	188.815	-110.556	0.184
NaOH_0%.10	0.004	134.262	61.296	173.3	-130.601	0.201
NaOH_0%.11	0.004	164.901	137.148	192.111	-90	0.17
NaOH_0%.12	0.004	148.568	38.667	198.833	23.199	0.165
NaOH_0%.13	0.004	168.454	66.111	203.236	-129.806	0.173
NaOH_0%.14	0.004	159.719	87.778	191.451	-135	0.18
NaOH_0%.15	0.003	147.751	80.111	182.295	-36.87	0.114
NaOH_0%.16	0.002	147.059	102.037	175.963	0	0.085
NaOH_0%.17	0.004	157.463	94.333	206.317	-45	0.15
NaOH_0%.18	0.005	173.653	29.333	217.495	-113.962	0.215
NaOH_0%.19	0.004	164.682	62	195.889	20.556	0.165
NaOH_0%.20	0.004	168.579	86.667	214.183	-129.806	0.161
NaOH_0%.21	0.004	168.12	98.778	215.619	-161.565	0.192
NaOH_0%.22	0.004	164.991	62.333	204.365	-129.806	0.15
NaOH_0%.23	0.004	151.006	46.444	186.38	-123.69	0.161
NaOH_0%.24	0.004	173.423	122	189.93	-71.565	0.192
NaOH_0%.25	0.004	153.561	55.259	207.638	-97.125	0.184
NaOH_0%.26	0.004	182.597	141.667	212.056	29.745	0.177
NaOH_0%.27	0.003	198.718	161.667	220.951	-116.565	0.126
NaOH_0%.28	0.007	180.856	146.778	207.331	-135	0.32
NaOH_0%.29	0.003	152.989	89.815	205	-128.66	0.13
NaOH_0%.30	0.006	158.254	50.889	214.025	-145.008	0.252
Mean	0.004	163.075	91.199	198.585	-88.425	0.184
SD	0.001	14.627	35.506	13.901	55.34	0.051
Min	0.002	134.262	29.333	167.44	-161.565	0.085
Max	0.007	198.718	161.667	220.951	29.745	0.32

การทดสอบเส้นใยด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

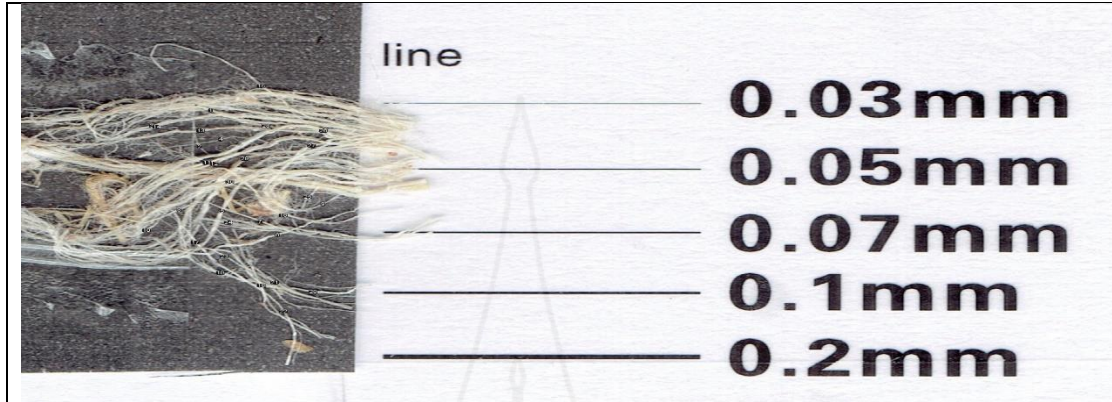
กลุ่มตัวอย่าง เส้นใยปุดผ่านการปรับปรุงด้วย NaOH 5%



Label	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
NaOH_5%.1	0.007	155.131	93.333	186.124	-59.744	0.289
NaOH_5%.2	0.009	148.089	64.667	194.027	-26.565	0.428
NaOH_5%.3	0.004	95.924	59	114.368	-153.435	0.174
NaOH_5%.4	0.002	158.875	119.5	181.042	-45	0.09
NaOH_5%.5	0.002	146.233	104.667	169	14.036	0.087
NaOH_5%.6	0.003	151.788	117	169.24	-36.87	0.097
NaOH_5%.7	0.002	181.299	154.75	201.917	-108.435	0.067
NaOH_5%.8	0.001	182.472	169.833	198.75	-116.565	0.047
NaOH_5%.9	0.002	155.431	112	183.722	-71.565	0.064
NaOH_5%.10	0.003	160.619	116.667	208.917	-80.538	0.13
NaOH_5%.11	0.003	155.829	111.167	168.319	30.964	0.118
NaOH_5%.12	0.003	159.945	129.5	173.333	-30.964	0.12
NaOH_5%.13	0.002	148.72	94.167	179.469	26.565	0.08
NaOH_5%.14	0.002	154.889	138.333	166	18.435	0.067
NaOH_5%.15	0.003	135.214	111.333	156.387	21.801	0.1
NaOH_5%.16	0.005	149.102	58.667	180.574	10.305	0.227
NaOH_5%.17	0.002	131.49	86.333	163.458	-123.69	0.082
NaOH_5%.18	0.002	162.884	127.5	199.815	-146.31	0.067
NaOH_5%.19	0.002	154.985	61	221.083	-45	0.082
NaOH_5%.20	0.003	145.802	98.833	172.5	-99.462	0.116
NaOH_5%.21	0.001	197.028	182.583	212.333	-135	0.038
NaOH_5%.22	0.002	164.767	57.667	216.167	-104.036	0.087
NaOH_5%.23	0.003	156.419	71.5	206.204	0	0.116
NaOH_5%.24	0.003	150.941	95.833	177.396	9.462	0.116
NaOH_5%.25	0.003	153.066	111.667	174.6	21.801	0.104
NaOH_5%.26	0.004	146.878	109.583	158.056	-130.601	0.194
NaOH_5%.27	0.004	159.348	93	193.609	-45	0.179
NaOH_5%.28	0.006	159.705	138.824	181.964	41.987	0.283
NaOH_5%.29	0.003	146.772	119.833	161.6	-68.199	0.108
NaOH_5%.30	0.002	139.648	90.75	173.843	-135	0.067
Mean	0.003	153.643	106.65	181.461	-52.221	0.127
SD	0.002	17.168	31.699	21.866	62.158	0.085
Min	0.001	95.924	57.667	114.368	-153.435	0.038
Max	0.009	197.028	182.583	221.083	41.987	0.428

การทดสอบเส้นใยด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

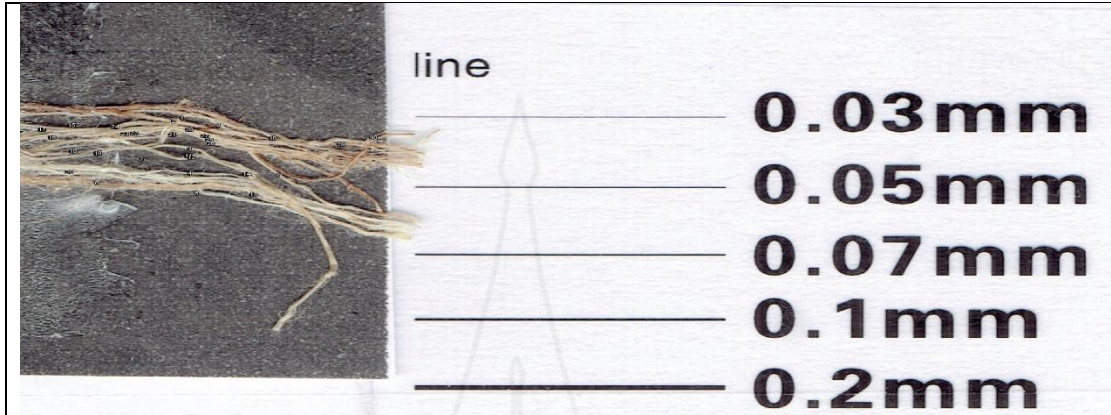
กลุ่มตัวอย่าง เส้นใยปูดผ่านการปรับปรุงด้วย NaOH 10%



Label	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
NaOH_10%.1	0.001	182.179	154.889	207.642	-123.69	0.063
NaOH_10%.2	0.001	136.901	110.222	162.407	18.435	0.053
NaOH_10%.3	0.002	161.863	80.444	217.222	-71.565	0.067
NaOH_10%.4	0.001	153.741	129.074	167	-45	0.035
NaOH_10%.5	0.002	203.143	161.407	226.778	0	0.075
NaOH_10%.6	0.001	172.657	113.667	216.893	-63.435	0.059
NaOH_10%.7	0.001	170.355	125.593	206.72	-108.435	0.05
NaOH_10%.8	0.002	150.456	52.333	214.278	-56.31	0.066
NaOH_10%.9	0.001	134.202	88.667	171.967	-56.31	0.059
NaOH_10%.10	0.001	168.151	81	216.975	-45	0.058
NaOH_10%.11	0.002	196.459	152	228.444	-71.565	0.067
NaOH_10%.12	0.001	171.115	134.111	199.156	-45	0.062
NaOH_10%.13	0.002	166.467	116	199.111	-63.435	0.067
NaOH_10%.14	0.002	159.933	123.111	189.5	-56.31	0.066
NaOH_10%.15	0.001	173.87	137.556	194.667	26.565	0.042
NaOH_10%.16	0.001	200.444	174.556	219.667	63.435	0.045
NaOH_10%.17	0.002	176.4	140.667	214.63	14.036	0.081
NaOH_10%.18	0.002	185.474	145.037	209.444	0	0.075
NaOH_10%.19	0.001	187.159	140	212.551	-123.69	0.059
NaOH_10%.20	0.001	172.057	137.667	206.835	-90	0.064
NaOH_10%.21	0.002	147.657	82.519	192.039	-135	0.102
NaOH_10%.22	0.001	140.033	105.778	170.35	14.036	0.064
NaOH_10%.23	0.001	147.861	135.333	160.605	45	0.058
NaOH_10%.24	0.001	185.114	170	200.938	-108.435	0.065
NaOH_10%.25	0.001	158.176	115.222	188.259	-18.435	0.062
NaOH_10%.26	0.002	214.511	177.333	232.111	-153.435	0.08
NaOH_10%.27	0.002	185.406	149.778	217.667	-45	0.075
NaOH_10%.28	0.001	161.079	117.074	187.136	-90	0.052
NaOH_10%.29	0.002	139.068	113.556	166.699	-36.87	0.099
NaOH_10%.30	0.002	202.106	190.333	211.074	-63.435	0.082
Mean	0.002	170.135	128.498	200.292	-49.628	0.065
SD	2.71E-04	21.354	31.892	20.676	54.869	0.015
Min	0.001	134.202	52.333	160.605	-153.435	0.035
Max	0.002	214.511	190.333	232.111	63.435	0.102

การทดสอบเส้นใยด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

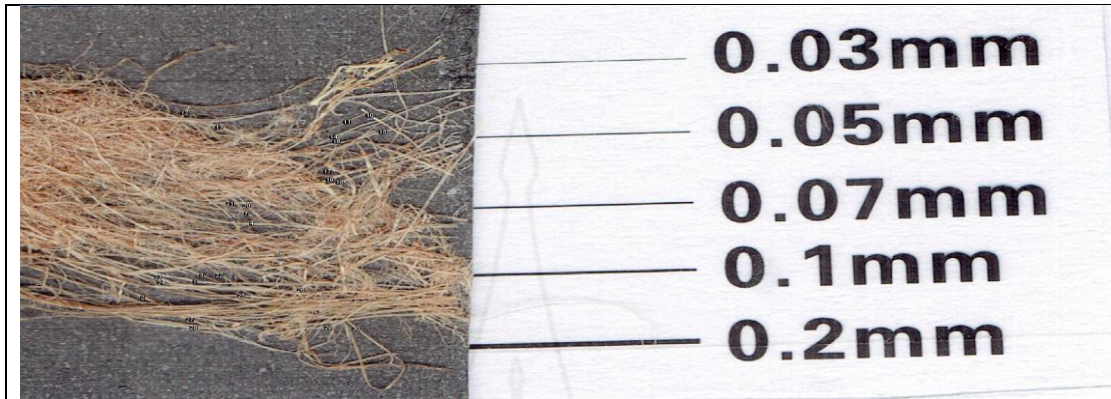
กลุ่มตัวอย่าง เส้นใยปูดผ่านการปรับปรุงด้วย NaOH 15%



Label	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
NaOH_15%.1	0.002	166.61	102.292	201.562	-33.69	0.075
NaOH_15%.2	0.001	181.014	177.833	184	-45	0.032
NaOH_15%.3	0.002	157.141	95.083	205.537	-101.31	0.097
NaOH_15%.4	0.002	133.113	24.417	203.694	-90	0.065
NaOH_15%.5	0.002	129.562	97	156.556	-45	0.051
NaOH_15%.6	0.001	161.823	140.125	175.417	-26.565	0.043
NaOH_15%.7	0.001	118.208	97.333	129.458	-116.565	0.041
NaOH_15%.8	0.002	182.161	155.021	199.806	-135	0.06
NaOH_15%.9	0.002	151.183	88.333	189.194	-161.565	0.065
NaOH_15%.10	0.002	142.653	77.417	183.443	-161.565	0.083
NaOH_15%.11	0.002	132.137	106.667	152.796	-26.565	0.053
NaOH_15%.12	0.002	150.768	117.833	179.724	-33.69	0.078
NaOH_15%.13	0.002	158.234	111.333	187.25	-146.31	0.064
NaOH_15%.14	0.002	168.219	110.25	201.458	-161.565	0.067
NaOH_15%.15	0.001	106.014	92.125	127	-135	0.042
NaOH_15%.16	0.002	159.899	123.208	189.5	-56.31	0.063
NaOH_15%.17	0.002	160.367	102.167	197.213	-104.036	0.065
NaOH_15%.18	0.002	113.264	81.833	132.542	-45	0.05
NaOH_15%.19	0.002	156.995	129.167	177.759	-71.565	0.061
NaOH_15%.20	0.002	157.301	137.708	167.333	-45	0.061
NaOH_15%.21	0.002	149.076	125.583	168.278	-56.31	0.069
NaOH_15%.22	0.001	183.342	168.125	203.318	-45	0.049
NaOH_15%.23	0.001	172.873	160.083	180.333	-63.435	0.043
NaOH_15%.24	0.002	136.354	109.125	162	-45	0.064
NaOH_15%.25	0.002	171.06	151.25	192.818	-123.69	0.071
NaOH_15%.26	0.002	162.451	123.75	183.528	-123.69	0.051
NaOH_15%.27	0.002	193.339	162.542	211.833	-108.435	0.062
NaOH_15%.28	0.002	160.453	117.417	193.63	-123.69	0.065
NaOH_15%.29	0.002	144.581	108.25	171.812	-90	0.075
NaOH_15%.30	0.002	105.231	45.625	150.81	-45	0.053
Mean	0.002	152.181	114.63	178.653	-85.518	0.061
SD	2.87E-04	22.623	34.191	23.059	44.967	0.014
Min	0.001	105.231	24.417	127	-161.565	0.032
Max	0.002	193.339	177.833	211.833	-26.565	0.097

การทดสอบเส้นใยด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

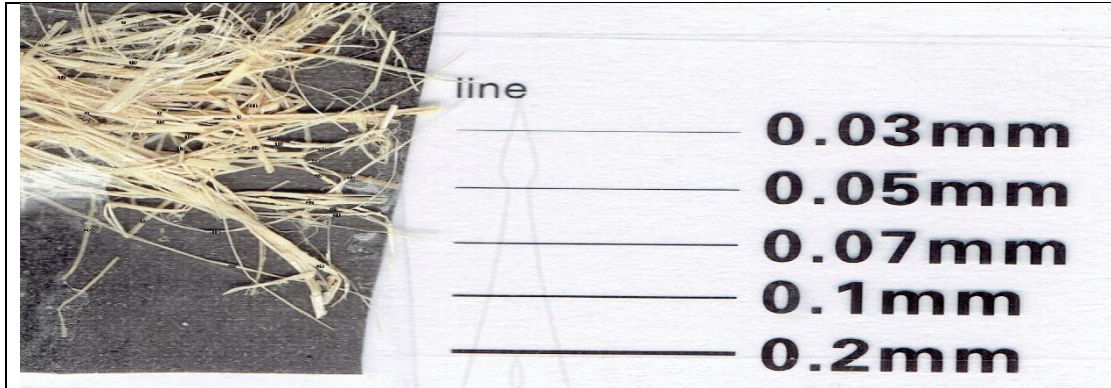
กลุ่มตัวอย่าง เส้นใยปูดผ่านการปรับปรุงด้วย NaOH 20%



Label	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
NaOH_20%.1	0.002	140.275	76.833	191.792	-116.565	0.085
NaOH_20%.2	0.002	148.16	131.75	164.389	-135	0.06
NaOH_20%.3	0.002	123.097	93	146.5	-108.435	0.061
NaOH_20%.4	0.002	160.827	116.667	190.469	-90	0.056
NaOH_20%.5	0.002	134.753	96.778	158.605	26.565	0.053
NaOH_20%.6	0.002	166.381	138.778	191.082	-63.435	0.063
NaOH_20%.7	0.002	133.642	106	149.099	-135	0.055
NaOH_20%.8	0.001	116.756	99.963	125.639	-45	0.041
NaOH_20%.9	0.002	108.747	85	122.481	0	0.057
NaOH_20%.10	0.002	145.607	112.556	182.481	33.69	0.08
NaOH_20%.11	0.001	124.272	94.778	140.704	-45	0.051
NaOH_20%.12	0.002	112.315	78.667	131.786	-45	0.057
NaOH_20%.13	0.002	139.972	97.889	164.222	63.435	0.055
NaOH_20%.14	0.001	149.673	142.556	158.315	-63.435	0.035
NaOH_20%.15	0.002	151.009	120.444	175.642	-71.565	0.06
NaOH_20%.16	0.002	119.674	96.37	139.424	0	0.057
NaOH_20%.17	0.001	129.741	110.444	141	-26.565	0.047
NaOH_20%.18	0.002	160.734	125.63	184.444	-63.435	0.057
NaOH_20%.19	0.002	142.595	76.444	187.333	-45	0.06
NaOH_20%.20	0.002	161.111	140.778	178.621	33.69	0.057
NaOH_20%.21	0.002	131.435	78.778	161.432	-71.565	0.064
NaOH_20%.22	0.002	127.704	90.111	148.519	45	0.065
NaOH_20%.23	0.001	142.185	118	172.926	63.435	0.051
NaOH_20%.24	0.002	106.878	69.185	146.778	-108.435	0.076
NaOH_20%.25	0.002	140.87	114.037	164.815	-90	0.063
NaOH_20%.26	0.001	104.312	70.778	122.519	-26.565	0.041
NaOH_20%.27	0.002	160.244	132.407	176.481	-135	0.055
NaOH_20%.28	0.002	155.895	126.185	177	-90	0.056
NaOH_20%.29	0.002	141.356	99	172.025	-71.565	0.06
NaOH_20%.30	0.002	143.364	123.667	163.679	-135	0.055
Mean	0.002	137.453	105.449	161.007	-50.525	0.058
SD	2.43E-04	17.429	21.811	21.028	60.946	0.01
Min	0.001	104.312	69.185	122.481	-135	0.035
Max	0.002	166.381	142.556	191.792	63.435	0.085

การทดสอบเส้นใยด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

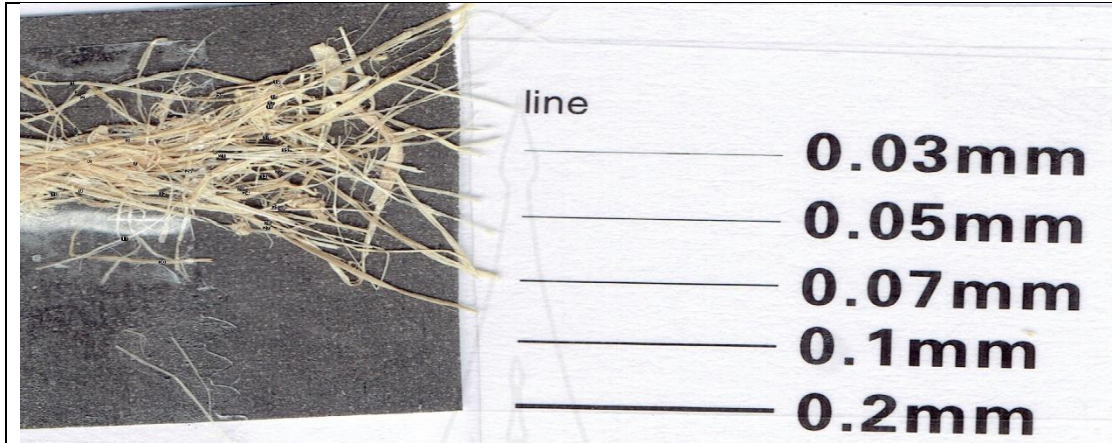
กลุ่มตัวอย่าง เส้นใยปุดผ่านการปรับปรุงด้วย เครื่องบีบเส้นใย 10 นาที



Label	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
Mechanical 10M.1	0.003	217.426	187.333	239.544	63.435	0.134
Mechanical 10M.2	0.002	203.072	184	220.4	-111.801	0.108
Mechanical 10M.3	0.002	199.958	180.667	216.021	-45	0.078
Mechanical 10M.4	0.004	218.645	188.75	234.417	-90	0.15
Mechanical 10M.5	0.002	192.772	158.5	217.733	-36.87	0.094
Mechanical 10M.6	0.003	150.822	117.833	170.942	-59.036	0.121
Mechanical 10M.7	0.006	192.391	130.167	213.051	-50.711	0.284
Mechanical 10M.8	0.005	163.066	96.667	181.054	-26.565	0.21
Mechanical 10M.9	0.003	183.506	130	198.714	-116.565	0.13
Mechanical 10M.10	0.007	197.423	132.167	214.346	-104.931	0.313
Mechanical 10M.11	0.006	177.583	130.5	195.131	-8.13	0.275
Mechanical 10M.12	0.003	203.96	145	240.476	-98.13	0.143
Mechanical 10M.13	0.003	156.938	79.167	186.75	0	0.14
Mechanical 10M.14	0.006	195.656	137.833	216.207	14.931	0.301
Mechanical 10M.15	0.004	209.105	145.667	242.815	-110.556	0.177
Mechanical 10M.16	0.004	168.75	46.333	209.83	-130.601	0.186
Mechanical 10M.17	0.003	200.991	162.333	216.229	45	0.127
Mechanical 10M.18	0.004	155.976	108.167	190.083	-23.962	0.192
Mechanical 10M.19	0.002	152.521	89.5	204.125	-63.435	0.085
Mechanical 10M.20	0.003	153.827	129	169.429	0	0.13
Mechanical 10M.21	0.003	180.976	113.333	222.417	-90	0.11
Mechanical 10M.22	0.003	202.554	123.5	235.262	-26.565	0.13
Mechanical 10M.23	0.004	189.912	95.833	217.25	-150.255	0.161
Mechanical 10M.24	0.002	195.017	171.5	209.733	-101.31	0.104
Mechanical 10M.25	0.002	183.86	148.333	212.16	-116.565	0.098
Mechanical 10M.26	0.006	210.438	140.5	230.497	41.987	0.269
Mechanical 10M.27	0.004	190.676	88.068	227.782	-82.875	0.171
Mechanical 10M.28	0.002	192.811	158.833	212.033	11.31	0.104
Mechanical 10M.29	0.002	186.06	145.333	211.611	108.435	0.054
Mechanical 10M.30	0.002	160.469	54	212.9	126.87	0.1
Mean	0.004	186.239	130.627	212.298	-41.063	0.156
SD	0.001	20.075	37.057	19.079	71.063	0.07
Min	0.002	150.822	46.333	169.429	-150.255	0.054
Max	0.007	218.645	188.75	242.815	126.87	0.313

การทดสอบเส้นใยด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

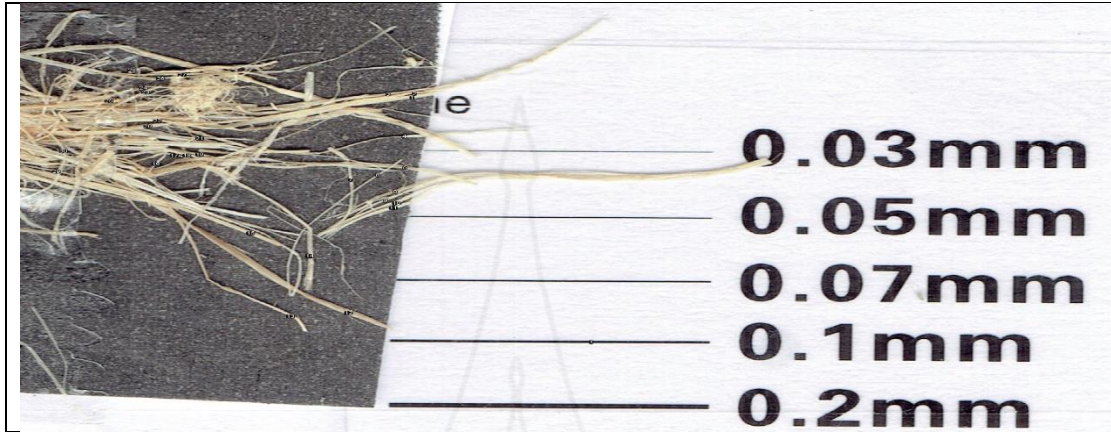
กลุ่มตัวอย่าง เส้นใยปุดผ่านการปรับปรุงด้วย เครื่องบีบเส้นใย 15 นาที



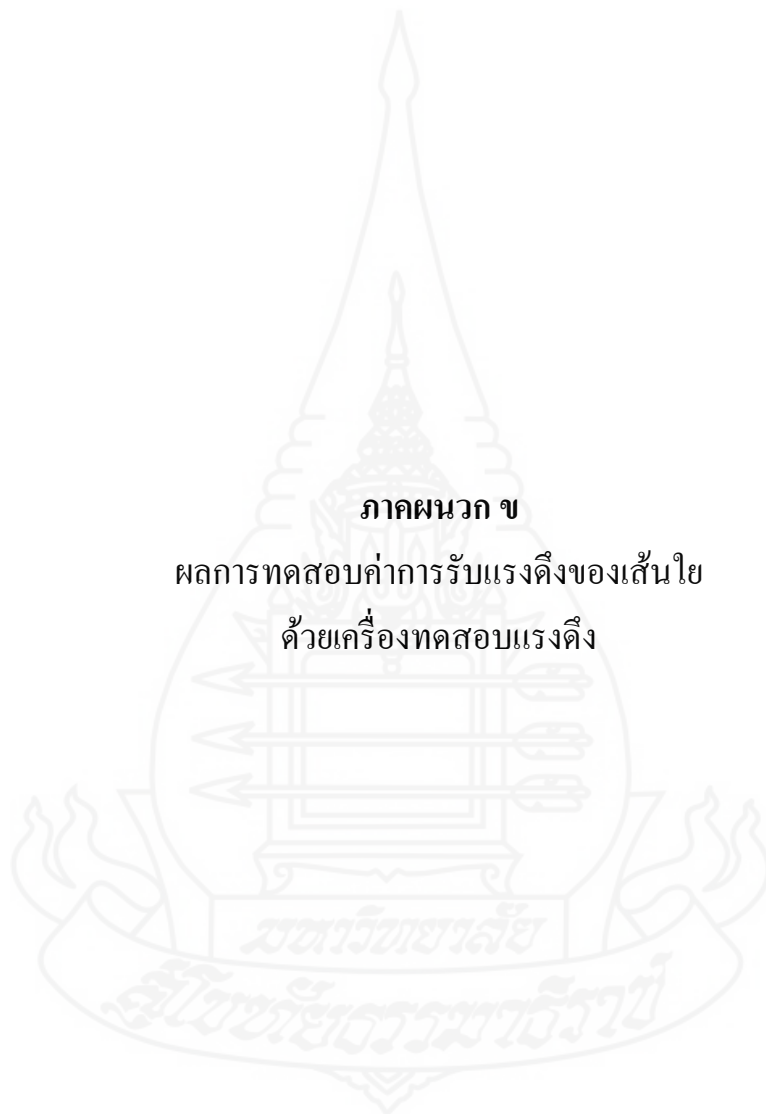
Label	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
Mechanical 15M.1	0.003	158.54	110.833	201.778	-80.538	0.122
Mechanical 15M.2	0.004	162.168	65.667	203.88	-63.435	0.184
Mechanical 15M.3	0.002	135.523	66.333	179.198	-36.87	0.086
Mechanical 15M.4	0.002	154.817	129.917	167.833	33.69	0.072
Mechanical 15M.5	0.003	179.029	164	194.037	-68.199	0.121
Mechanical 15M.6	0.004	188.861	172.667	205	-45	0.17
Mechanical 15M.7	0.003	179.672	153.167	207.722	36.87	0.114
Mechanical 15M.8	0.002	162.444	84	214	-26.565	0.058
Mechanical 15M.9	0.004	188.32	130.667	214.141	-129.806	0.158
Mechanical 15M.10	0.002	193.417	178.667	205.75	-56.31	0.072
Mechanical 15M.11	0.002	191.116	165.583	210.713	-56.31	0.064
Mechanical 15M.12	0.002	154.042	60.667	214.208	-90	0.07
Mechanical 15M.13	0.002	150.189	95.167	191.193	59.036	0.108
Mechanical 15M.14	0.003	205.667	190.167	223.667	-80.538	0.122
Mechanical 15M.15	0.001	186.042	171.667	205.875	-90	0.041
Mechanical 15M.16	0.002	211.492	193.167	228.833	-45	0.078
Mechanical 15M.17	0.002	221.19	205.833	234.903	-45	0.099
Mechanical 15M.18	0.002	224.569	214.167	231	-63.435	0.054
Mechanical 15M.19	0.002	181.527	118.333	219.458	-33.69	0.078
Mechanical 15M.20	0.002	152.158	74.333	202.25	-63.435	0.081
Mechanical 15M.21	0.004	192.036	130.167	219.067	-95.711	0.201
Mechanical 15M.22	0.002	175.125	114.583	202.333	-90	0.1
Mechanical 15M.23	0.002	188.088	121.333	224.917	-71.565	0.073
Mechanical 15M.24	0.002	184.222	145	210.333	-90	0.1
Mechanical 15M.25	0.002	170.567	61	217.253	-45	0.106
Mechanical 15M.26	0.002	184.467	128.333	230	-75.964	0.082
Mechanical 15M.27	0.005	171.582	89.667	194.512	-142.125	0.222
Mechanical 15M.28	0.002	162.427	103.333	198.507	-104.036	0.092
Mechanical 15M.29	0.003	190.823	169.167	198.917	0	0.12
Mechanical 15M.30	0.003	157.112	139.512	176.881	-90	0.13
Mean	0.003	178.574	131.57	207.605	-58.298	0.106
SD	8.49E-04	21.32	44.895	16.13	45.404	0.044
Min	0.001	135.523	60.667	167.833	-142.125	0.041
Max	0.005	224.569	214.167	234.903	59.036	0.222

การทดสอบเส้นใยด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

กลุ่มตัวอย่าง เส้นใยปุดผ่านการปรับปรุงด้วย เครื่องบีบเส้นใย 20 นาที



Label	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
Mechanical 20M.1	0.003	182.084	106.167	210.852	-63.435	0.118
Mechanical 20M.2	0.002	155.354	70	197.958	-63.435	0.073
Mechanical 20M.3	0.002	141.239	62.133	193.767	101.31	0.093
Mechanical 20M.4	0.001	214.185	182.667	230.13	-90	0.046
Mechanical 20M.5	0.003	148.007	92.083	172.321	-105.945	0.135
Mechanical 20M.6	0.002	144.542	96.833	182.667	-56.31	0.071
Mechanical 20M.7	0.002	157.534	125.5	181.693	-14.036	0.082
Mechanical 20M.8	0.002	160.217	124.167	180.296	-51.34	0.116
Mechanical 20M.9	0.001	187.954	130.333	220.87	-45	0.051
Mechanical 20M.10	0.002	182.561	77.333	217.333	-45	0.097
Mechanical 20M.11	0.002	204.772	168	222.833	-68.199	0.094
Mechanical 20M.12	0.003	168.615	116.833	203.864	-122.005	0.164
Mechanical 20M.13	0.002	176.113	131.5	213.083	56.31	0.071
Mechanical 20M.14	0.003	164.438	90	190.762	0	0.118
Mechanical 20M.15	0.003	171.58	53.333	208.976	-120.964	0.119
Mechanical 20M.16	0.001	164.681	125.667	191.148	-18.435	0.049
Mechanical 20M.17	9.91E-04	183.819	176.25	191.542	-135	0.029
Mechanical 20M.18	0.002	177.578	112.667	211.2	-116.565	0.086
Mechanical 20M.19	0.002	132.452	6.667	181.889	-135	0.109
Mechanical 20M.20	0.002	175	147.333	190.167	-80.538	0.112
Mechanical 20M.21	0.001	161.104	123.25	193.25	-90	0.055
Mechanical 20M.22	0.002	203.579	145.583	229.042	-90	0.064
Mechanical 20M.23	0.002	175.518	146.167	192.833	-30.964	0.104
Mechanical 20M.24	9.91E-04	168.5	127.333	206.167	-63.435	0.041
Mechanical 20M.25	0.002	179.422	143.667	208.933	-68.199	0.098
Mechanical 20M.26	0.002	123.839	97	152.958	-78.69	0.102
Mechanical 20M.27	0.002	171.981	110.083	205.99	-90	0.064
Mechanical 20M.28	0.001	155.778	113	183	-18.435	0.057
Mechanical 20M.29	0.001	138.812	89	171.25	-123.69	0.061
Mechanical 20M.30	0.002	138.876	73.667	188.94	0	0.082
Mean	0.002	167.005	112.141	197.524	-60.9	0.085
SD	5.58E-04	21.443	37.959	18.127	54.581	0.031
Min	9.91E-04	123.839	6.667	152.958	-135	0.029
Max	0.003	214.185	182.667	230.13	101.31	0.164



ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย

ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง

ผลการทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย

ตัวอย่าง เส้นใยปูด วิธีเคมี (NaOH) 5%

sample	Maximum Load (cN)	Extension at Break (mm)	Elongation (%)
1	211.47	2.15	8.60
2	204.61	1.60	6.40
3	72.40	1.50	6.01
4	142.49	1.00	4.00
5	153.04	1.20	4.80
6	65.78	6.17	24.67
7	106.67	1.55	6.20
8	109.92	1.30	5.20
9	127.13	1.35	5.40
10	183.04	1.25	5.00
11	55.05	1.15	4.60
12	214.86	1.85	7.40
13	152.57	1.30	5.20
14	117.79	1.40	5.60
15	165.13	2.10	8.40
16	117.85	0.75	3.00
17	232.74	0.95	3.80
18	260.49	1.10	4.40
19	203.26	1.90	7.60
20	144.51	2.86	11.46
21	271.25	0.95	3.80
22	75.39	1.35	5.40
23	55.15	2.90	11.60
24	224.46	2.15	8.60
25	160.34	0.70	2.80
26	64.05	2.76	11.05
27	178.49	0.70	2.80
28	243.02	1.15	4.60
29	61.48	1.10	4.40
30	96.86	0.85	3.40
Average	147.28	1.63	6.54
s.d	65.62	1.05	4.21

มาตรฐาน ASTM D3822 - 01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers

ระยะทดสอบ 25 มิลลิเมตร ความเร็วทดสอบ 30 มิลลิเมตร/นาที ขนาด Load Cell 10 N

ผลการทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย

ตัวอย่าง เส้นใยปูด วิธีเคมี (NaOH) 10%

sample	Maximum Load (cN)	Extension at Break (mm)	Elongation (%)
1	350.40	9.95	39.80
2	72.51	2.45	9.82
3	217.12	1.15	4.60
4	124.80	1.00	4.00
5	217.53	1.15	4.60
6	75.49	4.10	16.40
7	88.01	1.35	5.40
8	190.18	1.40	5.60
9	173.87	0.30	1.20
10	203.65	1.35	5.40
11	47.85	1.15	4.60
12	227.24	2.65	10.60
13	111.16	5.80	23.20
14	69.65	1.29	5.17
15	58.43	2.57	10.27
16	153.19	1.44	5.78
17	147.07	1.05	4.20
18	208.21	1.05	4.20
19	83.61	0.95	3.80
20	174.15	0.70	2.80
21	85.50	0.90	3.60
22	181.58	1.40	5.60
23	117.31	1.20	4.80
24	295.67	0.95	3.80
25	128.58	0.75	3.00
26	140.01	1.00	4.00
27	134.75	1.15	4.60
28	37.17	1.55	6.20
29	69.57	1.60	6.40
30	85.54	0.75	3.00
Average	136.10	1.80	7.21
s.d	74.58	1.88	7.54

มาตรฐาน ASTM D3822 - 01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers

ระยะทดสอบ 25 มิลลิเมตร ความเร็วทดสอบ 30 มิลลิเมตร/นาที ขนาด Load Cell 10 N

ผลการทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย

ตัวอย่าง เส้นใยปูด วิธีเคมี (NaOH) 15%

sample	Maximum Load (cN)	Extension at Break (mm)	Elongation (%)
1	56.91	2.25	9.00
2	62.68	1.55	6.20
3	167.10	3.30	13.20
4	137.76	1.48	5.92
5	49.25	0.85	3.40
6	286.71	1.45	5.80
7	75.71	2.00	8.00
8	55.64	2.85	11.40
9	35.70	1.02	4.08
10	172.44	2.15	8.60
11	57.51	2.21	8.84
12	153.04	1.24	4.96
13	183.04	1.90	7.60
14	92.78	2.30	9.20
15	182.55	1.15	4.60
16	48.53	6.20	24.80
17	100.62	2.85	11.40
18	179.05	9.15	36.60
19	73.17	2.60	10.40
20	161.90	2.55	10.20
21	27.54	1.02	4.08
22	351.97	1.93	7.72
23	231.85	1.20	4.80
24	108.45	2.25	9.00
25	214.00	1.85	7.40
26	188.36	1.70	6.80
27	250.95	1.95	7.80
28	165.13	1.15	4.60
29	255.25	12.20	48.80
30	87.45	1.75	7.00
Average	135.04	2.60	10.41
s.d	82.97	2.44	9.77

มาตรฐาน ASTM D3822 - 01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers

ระยะทดสอบ 25 มิลลิเมตร ความเร็วทดสอบ 30 มิลลิเมตร/นาที ขนาด Load Cell 10 N

ผลการทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย

ตัวอย่าง เส้นใยปูด วิธีเคมี (NaOH) 20%

sample	Maximum Load (cN)	Extension at Break (mm)	Elongation (%)
1	68.79	1.52	6.10
2	93.86	1.10	4.40
3	76.34	1.85	7.40
4	137.76	1.75	7.00
5	99.84	5.15	20.60
6	113.64	2.80	11.20
7	67.79	7.91	31.63
8	72.14	2.05	8.20
9	33.25	1.89	7.56
10	96.55	1.05	4.20
11	343.85	3.40	13.60
12	109.04	0.80	3.20
13	213.00	3.15	12.60
14	176.15	2.75	11.00
15	171.81	1.70	6.80
16	223.24	2.65	10.60
17	332.05	14.50	58.00
18	133.22	1.65	6.60
19	129.79	1.95	7.80
20	34.97	4.75	19.00
21	126.87	4.35	17.40
22	208.20	4.05	16.20
23	75.89	0.90	3.60
24	193.90	1.75	7.00
25	51.79	1.25	5.00
26	61.15	4.70	18.80
27	70.24	1.85	7.42
28	210.83	1.95	7.80
29	117.89	1.40	5.60
30	294.84	15.15	60.60
Average	130.56	3.39	13.56
s.d	83.44	3.48	13.92

มาตรฐาน ASTM D3822 - 01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers

ระยะทดสอบ 25 มิลลิเมตร ความเร็วทดสอบ 30 มิลลิเมตร/นาที ขนาด Load Cell 10 N

ผลการทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย

ตัวอย่าง เส้นใยปุด วิธีเชิงกล 4 บารี่ 10 นาที

sample	Maximum Load (cN)	Extension at Break (mm)	Elongation (%)
1	78.57	0.40	1.60
2	84.87	1.05	4.20
3	47.86	0.79	3.17
4	71.27	0.45	1.80
5	78.72	0.40	1.60
6	87.76	0.55	2.20
7	202.74	0.75	3.00
8	169.58	0.70	2.80
9	71.55	0.77	3.08
10	343.95	2.55	10.20
11	311.95	0.70	2.80
12	230.24	0.60	2.40
13	28.65	0.89	3.56
14	27.11	0.70	2.80
15	52.57	2.40	9.60
16	27.91	0.75	3.00
17	35.92	0.79	3.17
18	100.93	0.70	2.80
19	45.58	0.90	3.60
20	31.11	0.78	3.11
21	274.94	0.55	2.20
22	127.91	0.40	1.60
23	174.64	0.50	2.00
24	52.30	0.90	3.60
25	37.88	4.30	17.20
26	106.98	0.60	2.40
27	49.31	0.99	3.95
28	183.61	0.65	2.60
29	102.16	0.50	2.00
30	135.99	0.70	2.80
Average	102.45	0.92	3.69
s.d	87.38	0.80	3.20

มาตรฐาน ASTM D3822 - 01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers

ระยะทดสอบ 25 มิลลิเมตร ความเร็วทดสอบ 30 มิลลิเมตร/นาที ขนาด Load Cell 10 N

ผลการทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย

ตัวอย่าง เส้นใยปุด วิธีเชิงกล 4 บารี่ 15 นาที

sample	Maximum Load (cN)	Extension at Break (mm)	Elongation (%)
1	39.30	5.35	21.40
2	54.62	0.90	3.60
3	34.48	0.81	3.26
4	30.88	0.77	3.06
5	67.42	4.83	19.34
6	185.44	0.70	2.80
7	75.25	0.95	3.80
8	82.02	0.68	2.73
9	104.10	0.50	2.00
10	12.12	2.89	11.57
11	80.34	2.20	8.80
12	155.47	0.55	2.20
13	176.48	0.45	1.80
14	112.56	0.45	1.80
15	57.62	1.37	5.50
16	108.93	0.35	1.40
17	47.39	1.05	4.20
18	14.13	0.75	3.00
19	78.45	0.75	3.00
20	53.58	0.72	2.86
21	116.62	1.10	4.40
22	104.65	0.70	2.80
23	45.86	0.70	2.80
24	109.04	0.35	1.40
25	90.05	0.65	2.60
26	57.07	2.99	11.94
27	49.97	0.75	3.00
28	28.23	0.72	2.88
29	71.74	1.65	6.60
30	177.61	1.10	4.40
Average	78.16	1.26	5.03
s.d	47.17	1.23	4.93

มาตรฐาน ASTM D3822 - 01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers

ระยะทดสอบ 25 มิลลิเมตร ความเร็วทดสอบ 30 มิลลิเมตร/นาที ขนาด Load Cell 10 N

ผลการทดสอบค่าการรับแรงดึงของเส้นใย

ตัวอย่าง เส้นใยปลูก วิธีเชิงกล 4 บารี่ 20 นาที

sample	Maximum Load (cN)	Extension at Break (mm)	Elongation (%)
1	145.39	0.55	2.20
2	112.68	0.55	2.20
3	58.58	0.90	3.60
4	55.17	0.79	3.16
5	93.71	0.60	2.40
6	51.16	1.00	4.00
7	36.16	1.81	7.24
8	60.30	0.98	3.92
9	80.54	0.80	3.20
10	31.64	3.95	15.80
11	42.26	2.35	9.40
12	37.39	3.65	14.60
13	90.96	1.30	5.20
14	71.08	0.70	2.80
15	55.98	0.80	3.20
16	46.10	0.95	3.80
17	27.81	4.92	19.68
18	58.75	0.93	3.72
19	115.18	0.70	2.80
20	99.03	0.65	2.60
21	87.18	0.68	2.72
22	62.75	0.87	3.48
23	52.10	0.93	3.72
24	109.47	0.70	2.80
25	26.44	3.87	15.48
26	104.59	0.50	2.00
27	52.28	0.98	3.92
28	145.58	0.60	2.40
29	72.37	0.88	3.52
30	119.58	0.76	3.04
Average	73.41	1.32	5.29
s.d	33.68	1.18	4.73

มาตรฐาน ASTM D3822 - 01 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers

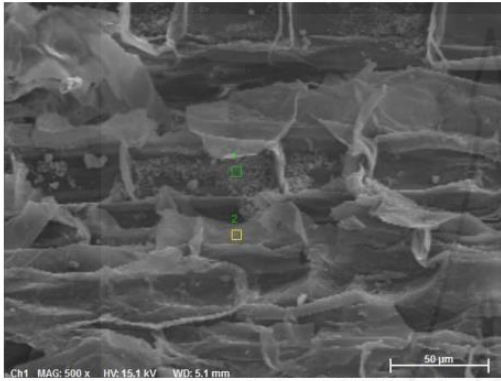
ระยะทดสอบ 25 มิลลิเมตร ความเร็วทดสอบ 30 มิลลิเมตร/นาที ขนาด Load Cell 10 N

ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์ EDS

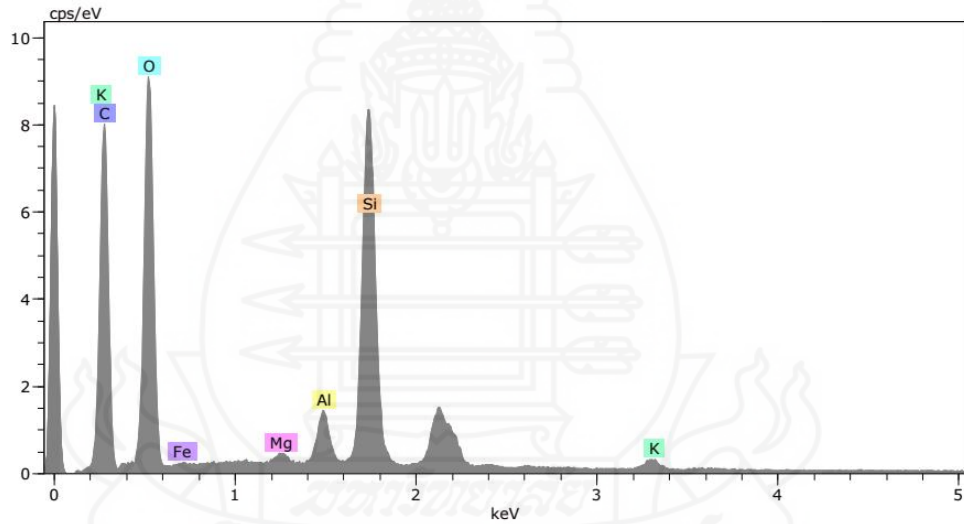


Application Note

Company / Department



Name: *Achasma macrocheilos* Griff (Original)
 Date: 3/30/2017 11:10:21 AM
 Image size: 318 x 238 Mag: 500x HV: 15.1kV



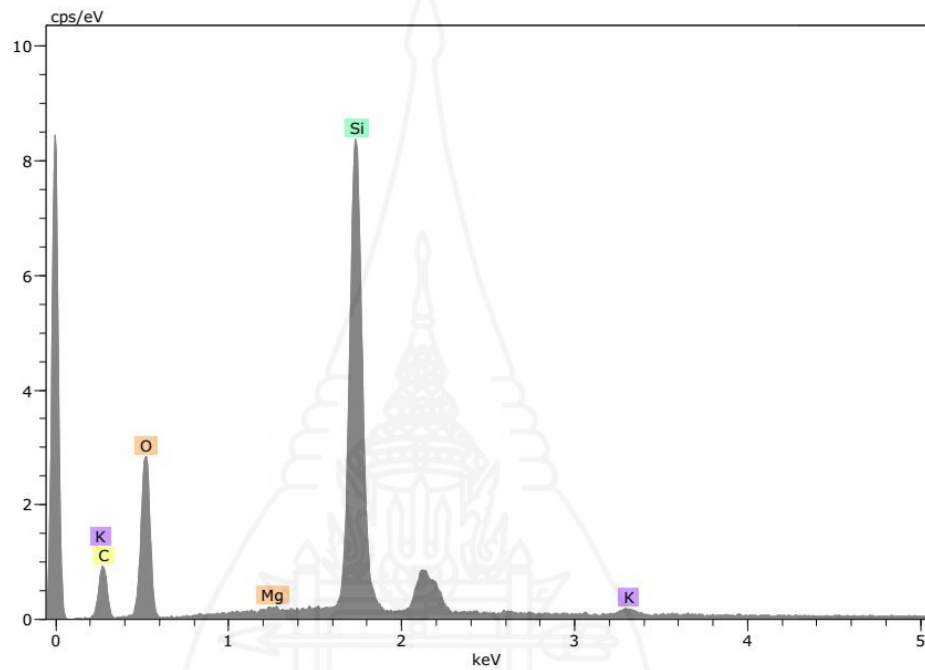
1 Date: 3/30/2017 11:11:27 AM HV: 15.1kV Puls th.: 2.04kcps
 2 Date: 3/30/2017 11:13:03 AM HV: 15.1kV Puls th.: 3.07kcps

Mass percent (%)

Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	K	Fe
1	26.99	38.12	0.28	-	33.53	1.08	-
2	42.00	46.30	0.25	1.58	8.72	0.77	0.38
Mean value:	34.50	42.21	0.26	1.58	21.12	0.92	0.38
Sigma:	10.61	5.78	0.02	0.00	17.54	0.22	0.00
Sigma mean:	7.51	4.09	0.01	0.00	12.41	0.16	0.00

Application Note

Company / Department

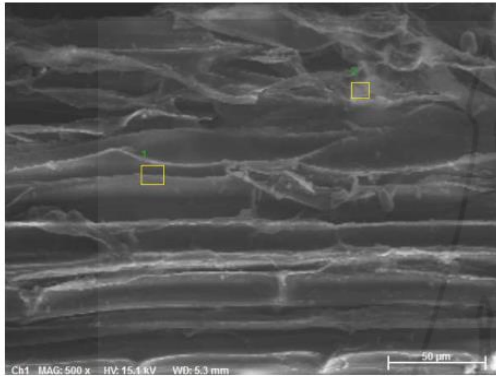


Spectrum: 1

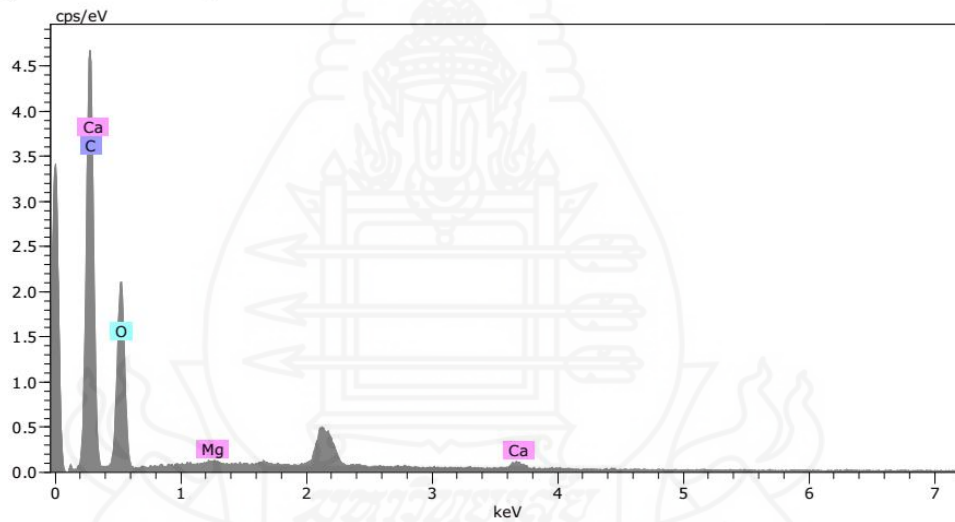
El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	12.68	26.99	38.33	2.05
O	8	K-series	17.91	38.12	40.64	2.39
Mg	12	K-series	0.13	0.28	0.19	0.04
Si	14	K-series	15.75	33.53	20.36	0.68
K	19	K-series	0.51	1.08	0.47	0.05
Total:			46.99	100.00	100.00	

Application Note

Company / Department



Name: *Achasma macrocheilos* Griff (NaOH-0%)
 Date: 3/30/2017 11:30:25 AM
 Image size: 318 x 238 Mag: 500x HV: 15.1kV



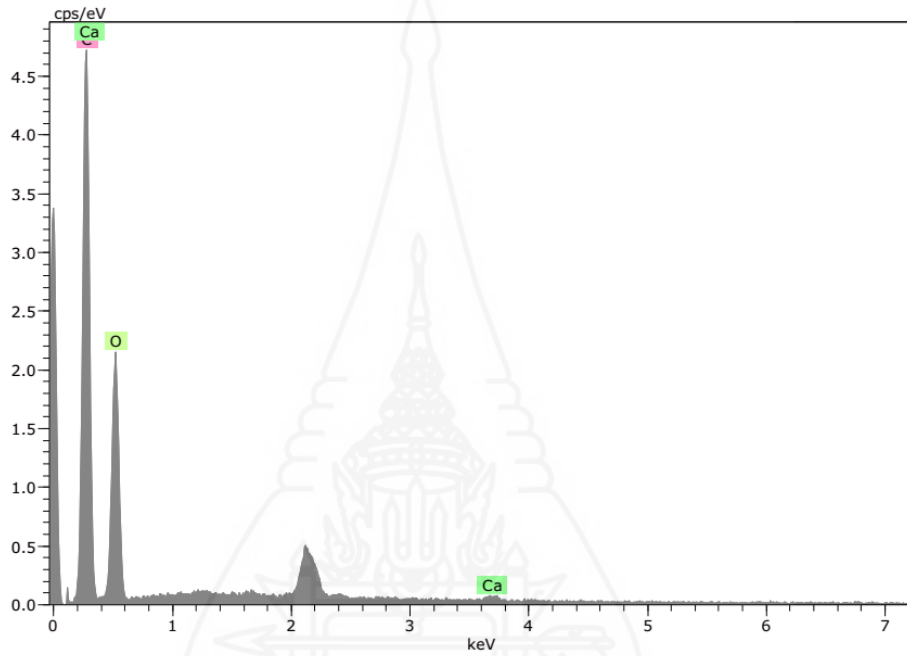
1 Date: 3/30/2017 11:30:55 AM HV: 15.1kV Puls th.: 1.07kcps
 2 Date: 3/30/2017 11:32:33 AM HV: 15.1kV Puls th.: 0.96kcps

Mass percent (%)

Spectrum	C	O	Mg	Ca
1	54.89	44.65	-	0.47
2	55.50	42.80	0.34	1.37
Mean value:	55.19	43.72	0.34	0.92
Sigma:	0.43	1.31	0.00	0.64
Sigma mean:	0.31	0.93	0.00	0.45

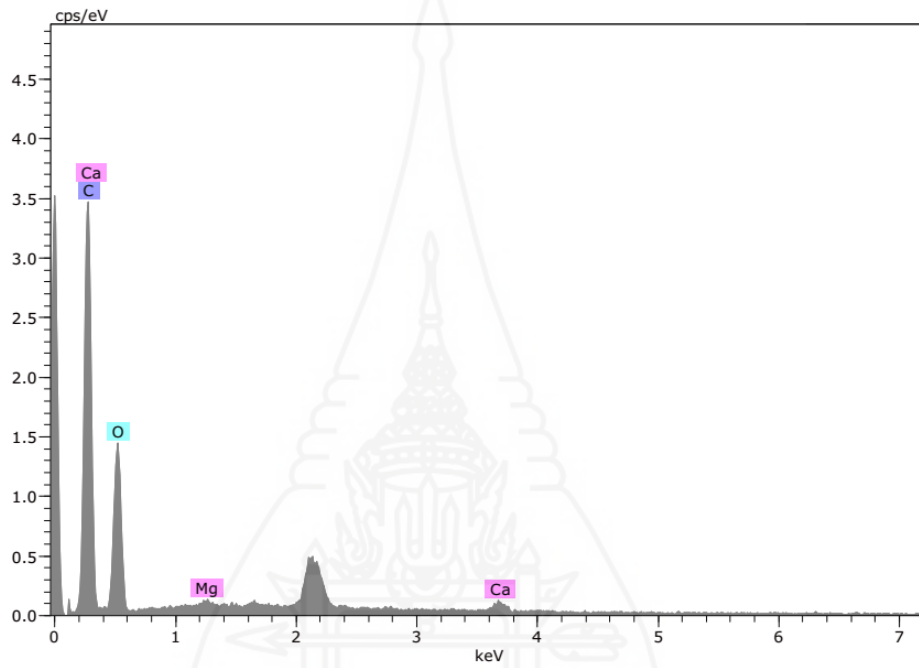
Application Note

Company / Department



Spectrum: 1

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	54.89	54.89	61.99	6.85
O	8	K-series	44.65	44.65	37.85	6.05
Ca	20	K-series	0.47	0.47	0.16	0.05
Total:			100.00	100.00	100.00	

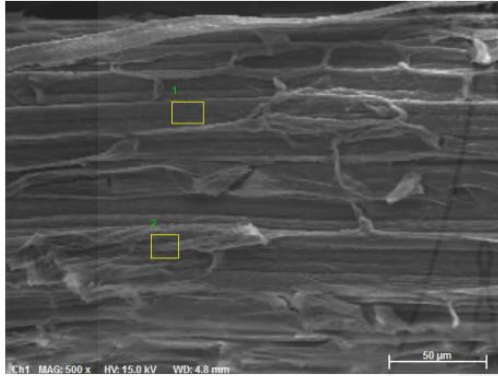


Spectrum: 2

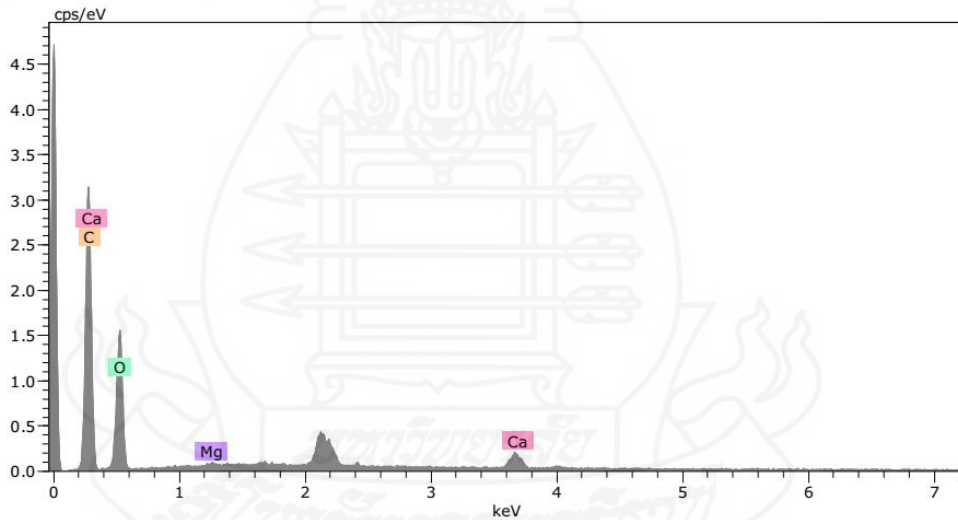
El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	55.50	55.50	62.92	7.09
O	8	K-series	42.80	42.80	36.42	6.05
Mg	12	K-series	0.34	0.34	0.19	0.05
Ca	20	K-series	1.37	1.37	0.46	0.09
Total:			100.00	100.00	100.00	

Application Note

Company / Department



Name: *Achasma macrocheilos* Griff (NaOH-5%)
 Date: 3/30/2017 11:49:09 AM
 Image size: 318 x 238 Mag: 500x HV: 15.0kV



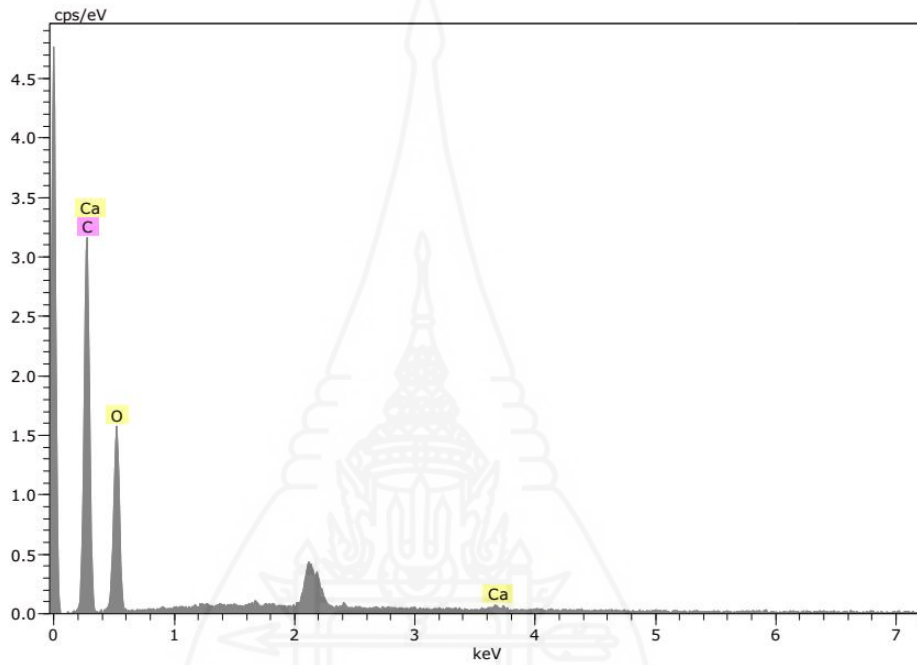
1 Date: 3/30/2017 11:49:40 AM HV: 15.0kV Puls th.: 0.79kcps
 2 Date: 3/30/2017 11:50:56 AM HV: 15.0kV Puls th.: 0.74kcps

Mass percent (%)

Spectrum	C	O	Mg	Ca
1	52.87	46.55	-	0.58
2	52.00	43.28	0.47	4.26
Mean value:	52.43	44.91	0.47	2.42
Sigma:	0.62	2.32	0.00	2.60
Sigma mean:	0.44	1.64	0.00	1.84

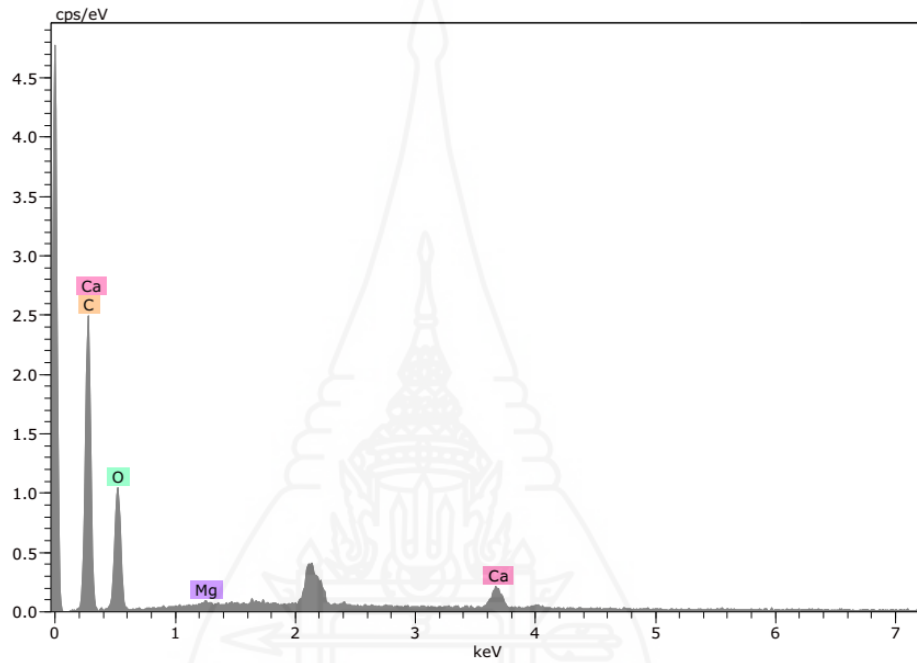
Application Note

Company / Department



Spectrum: 1

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	52.87	52.87	60.09	7.33
O	8	K-series	46.55	46.55	39.72	7.07
Ca	20	K-series	0.58	0.58	0.20	0.07
Total:			100.00	100.00	100.00	

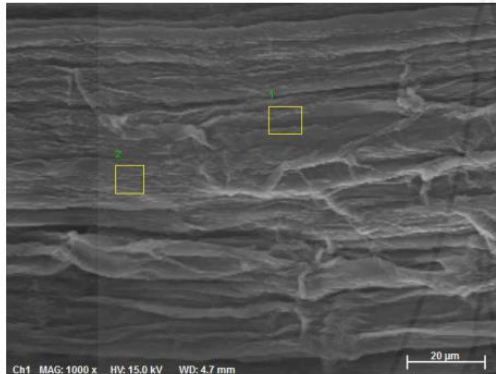


Spectrum: 2

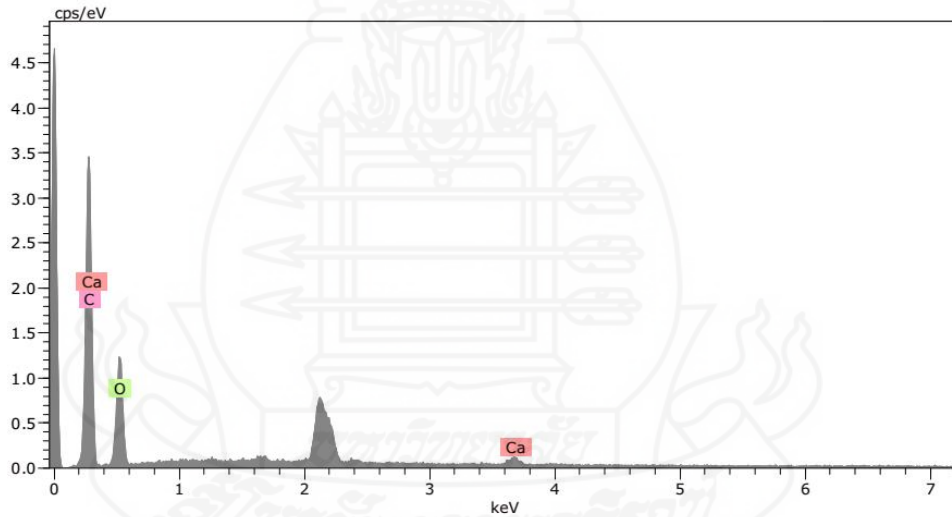
El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	52.00	52.00	60.47	7.08
O	8	K-series	43.28	43.28	37.78	6.57
Mg	12	K-series	0.47	0.47	0.27	0.07
Ca	20	K-series	4.26	4.26	1.48	0.19
Total:			100.00	100.00	100.00	

Application Note

Company / Department



Name: *Achasma macrocheilos* Griff (NaOH-10%)
 Date: 3/30/2017 12:11:47 PM
 Image size: 318 x 238 Mag: 1000x HV: 15.0kV



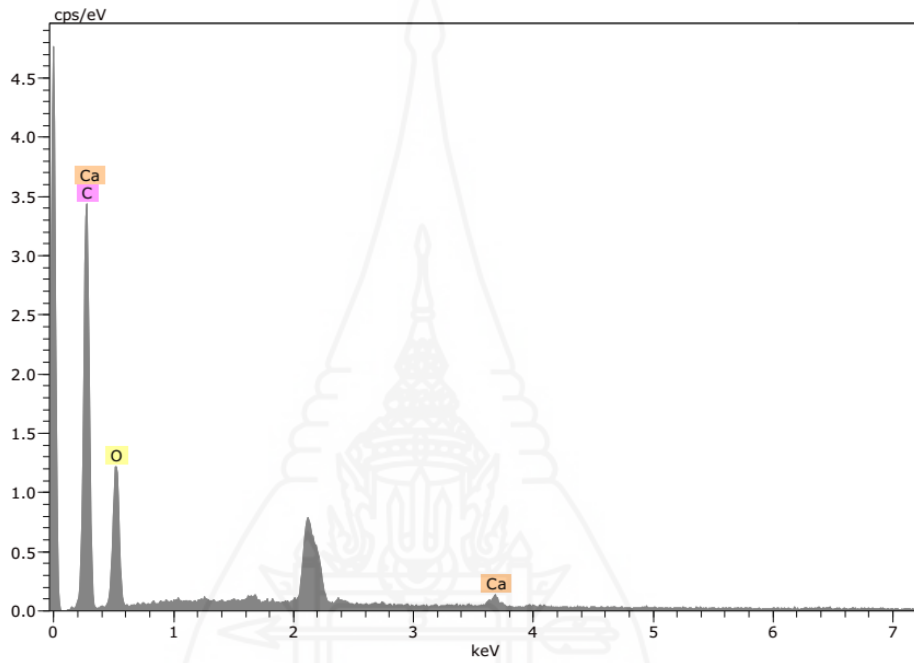
1 Date: 3/30/2017 12:12:15 PM HV: 15.0kV Puls th.: 0.92kcps
 2 Date: 3/30/2017 12:13:53 PM HV: 15.0kV Puls th.: 0.75kcps

Mass percent (%)

Spectrum	C	O	Ca
1	56.67	41.66	1.68
2	53.43	44.17	2.40
Mean value:	55.05	42.91	2.04
Sigma:	2.29	1.78	0.51
Sigma mean:	1.62	1.26	0.36

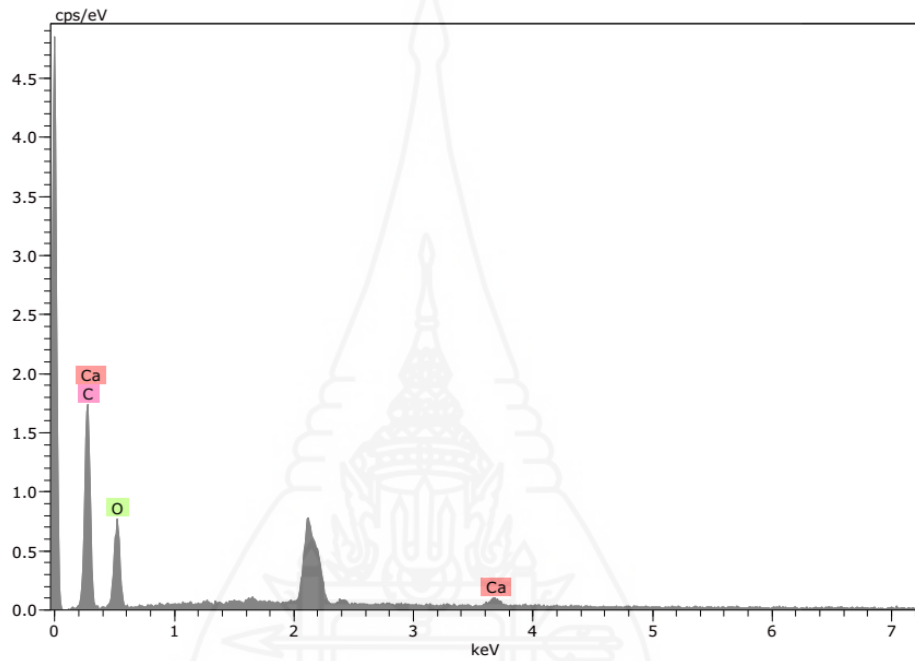
Application Note

Company / Department



Spectrum: 1

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	56.67	56.67	64.07	7.50
O	8	K-series	41.66	41.66	35.36	6.27
Ca	20	K-series	1.68	1.68	0.57	0.11
Total:			100.00	100.00	100.00	

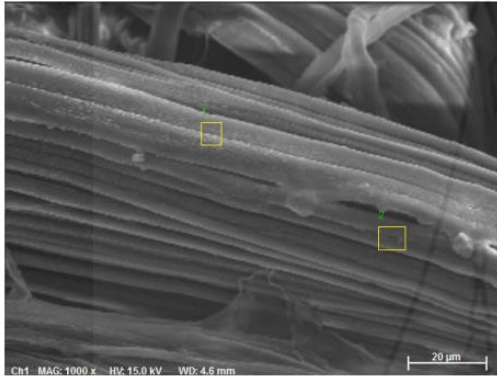


Spectrum: 2

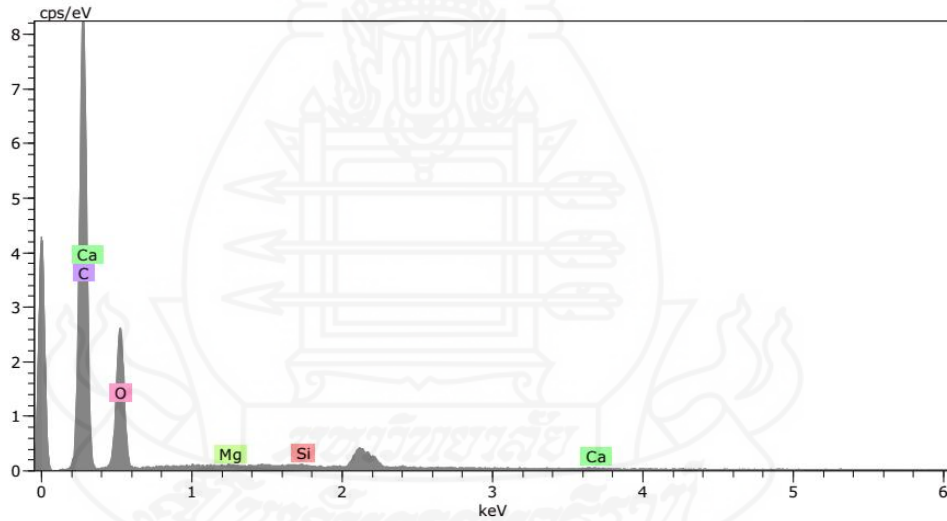
El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	53.43	53.43	61.20	7.77
O	8	K-series	44.17	44.17	37.98	7.29
Ca	20	K-series	2.40	2.40	0.82	0.15
Total:			100.00	100.00	100.00	

Application Note

Company / Department



Name: *Achasma macrocheilos* Griff (NaOH-15%)
 Date: 3/30/2017 12:33:53 PM
 Image size: 318 x 238 Mag: 1000x HV: 15.0kV



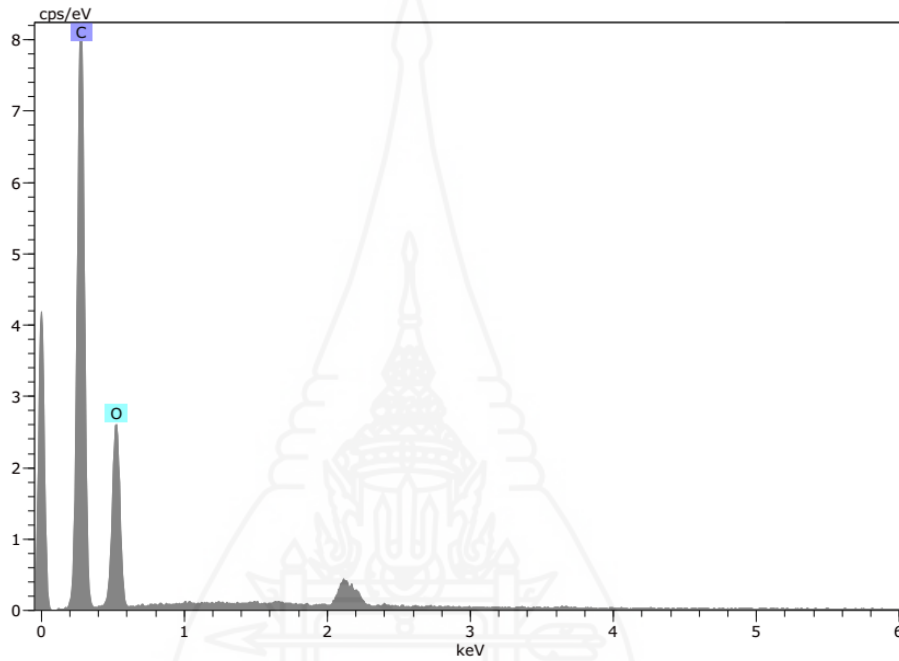
1 Date: 3/30/2017 12:34:34 PM HV: 15.0kV Puls th.: 1.22kcps
 2 Date: 3/30/2017 12:36:18 PM HV: 15.0kV Puls th.: 0.77kcps

Mass percent (%)

Spectrum	C	O	Mg	Si	Ca
1	60.77	39.23	-	-	-
2	57.90	40.92	0.37	0.44	0.38
Mean value:	59.34	40.07	0.37	0.44	0.38
Sigma:	2.03	1.20	0.00	0.00	0.00
Sigma mean:	1.44	0.85	0.00	0.00	0.00

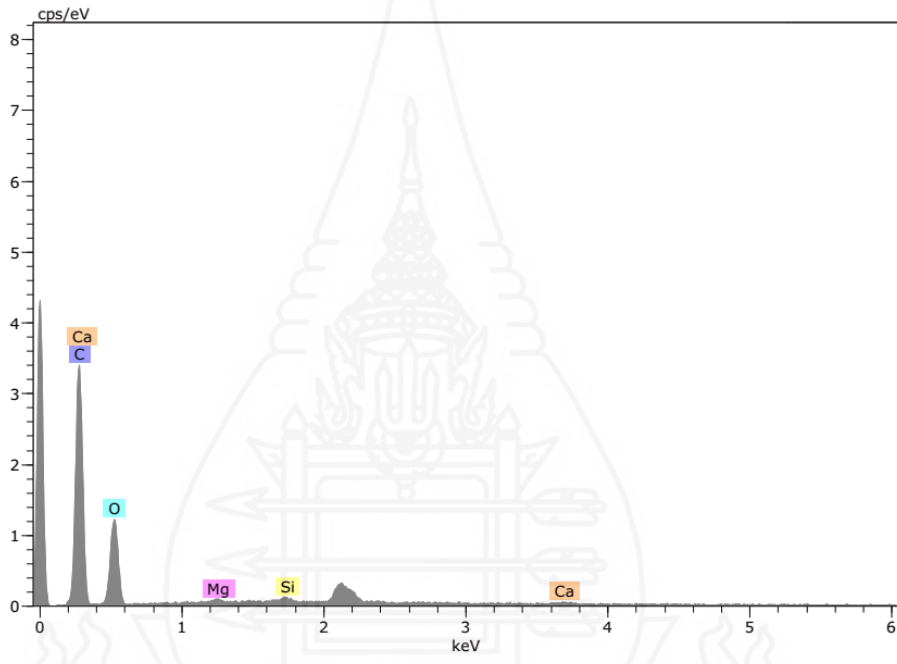
Application Note

Company / Department



Spectrum: 1

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	60.77	60.77	67.36	7.24
O	8	K-series	39.23	39.23	32.64	5.20
Total:			100.00	100.00	100.00	

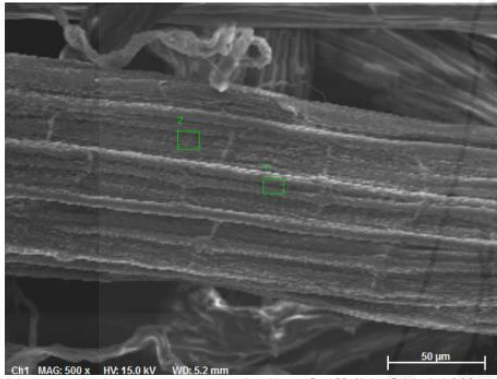


Spectrum: 2

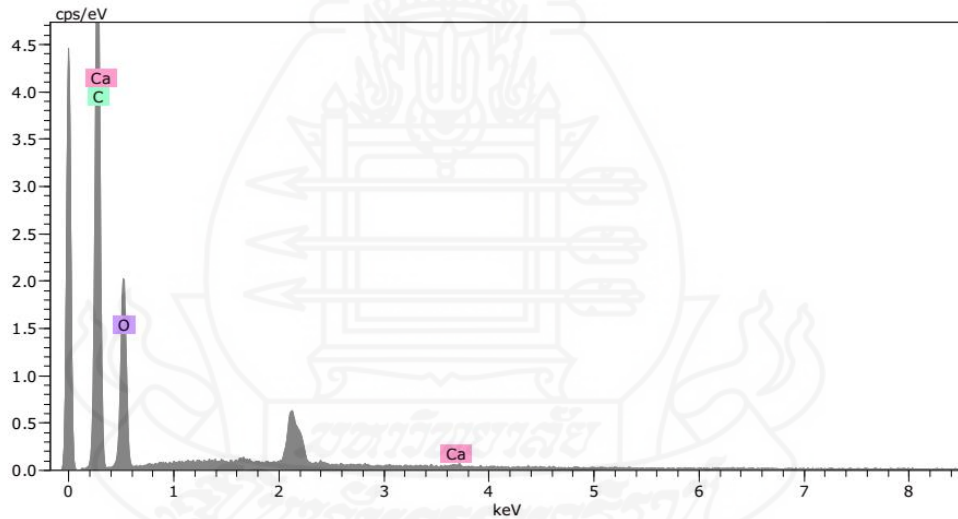
El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	57.90	57.90	64.99	7.52
O	8	K-series	40.92	40.92	34.47	6.00
Mg	12	K-series	0.37	0.37	0.20	0.06
Si	14	K-series	0.44	0.44	0.21	0.06
Ca	20	K-series	0.38	0.38	0.13	0.05
Total:			100.00	100.00	100.00	

Application Note

Company / Department



CH1 MAG:500x HV:15.0kV Wt:5.2mm
 Name: *Achasma macrocheilos* Griff (NaOH-20%)
 Date: 3/30/2017 1:49:00 PM
 Image size: 318 x 238 Mag: 500x HV: 15.0kV



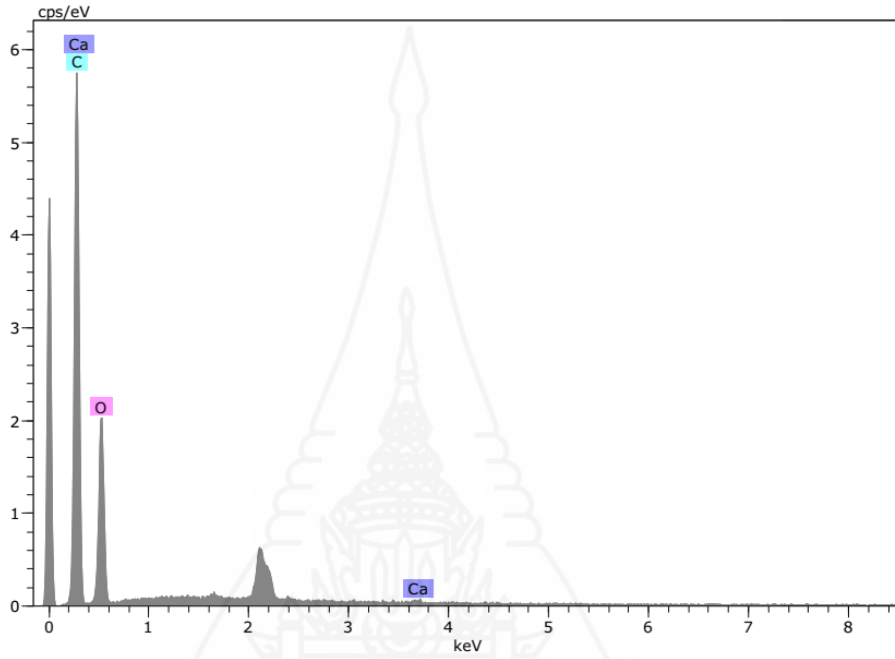
1 Date: 3/30/2017 1:49:45 PM HV: 15.0kV Puls th.: 1.07kcps
 2 Date: 3/30/2017 1:51:10 PM HV: 15.0kV Puls th.: 0.88kcps

Mass percent (%)

Spectrum	C	O	Ca
1	57.88	41.85	0.27
2	57.19	42.46	0.35
Mean value:	57.54	42.15	0.31
Sigma:	0.49	0.43	0.06
Sigma mean:	0.35	0.31	0.04

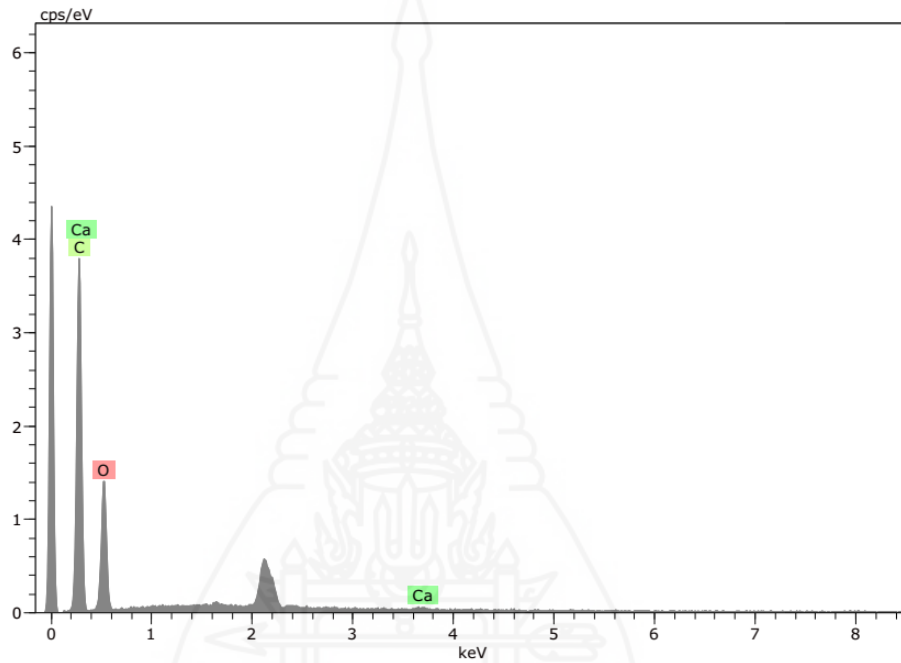
Application Note

Company / Department



Spectrum: 1

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	57.88	57.88	64.76	7.31
O	8	K-series	41.85	41.85	35.15	5.91
Ca	20	K-series	0.27	0.27	0.09	0.05
Total:			100.00	100.00	100.00	

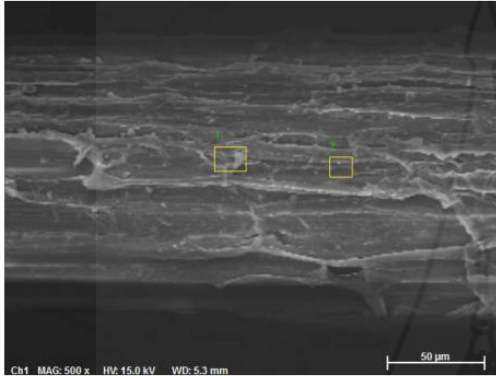


Spectrum: 2

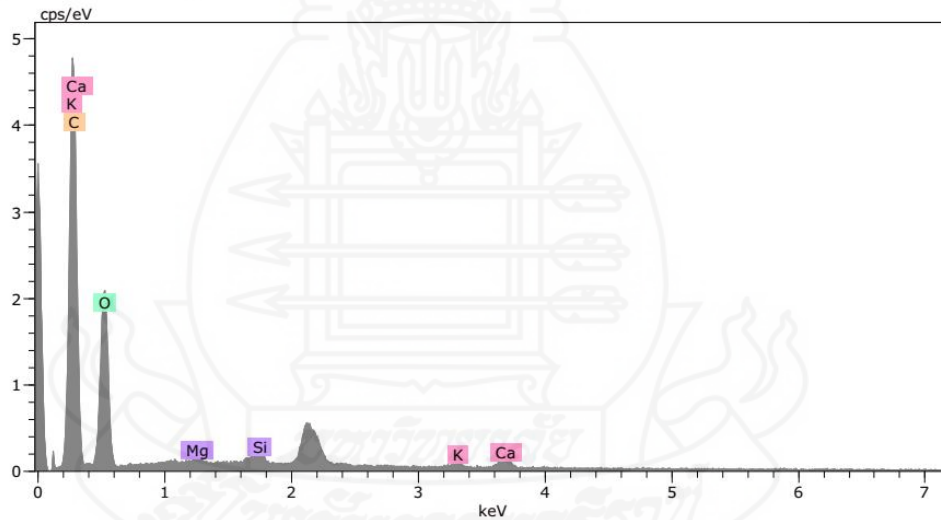
El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	57.19	57.19	64.14	7.39
O	8	K-series	42.46	42.46	35.75	6.15
Ca	20	K-series	0.35	0.35	0.12	0.05
Total:			100.00	100.00	100.00	

Application Note

Company / Department



Name: *Achasma macrocheilos* Griff (Mc-10m)
 Date: 3/30/2017 2:12:07 PM
 Image size: 318 x 238 Mag: 500x HV: 15.0kV



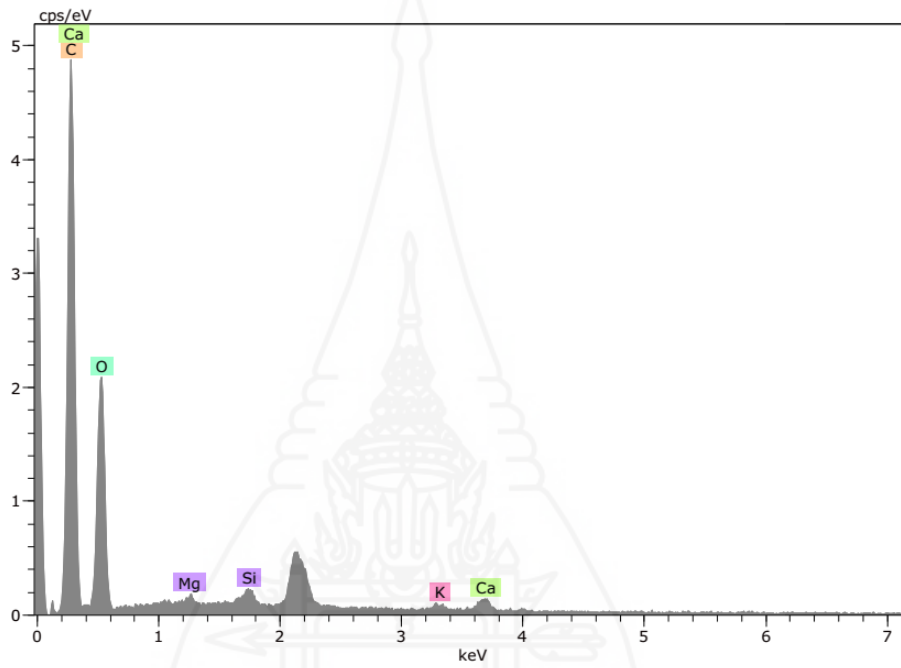
1 Date: 3/30/2017 2:12:38 PM HV: 15.0kV Puls th.: 1.16kcps
 2 Date: 3/30/2017 2:14:18 PM HV: 15.0kV Puls th.: 1.02kcps

Mass percent (%)

Spectrum	C	O	Mg	Si	K	Ca
1	54.32	42.96	0.30	0.55	0.48	1.40
2	54.53	44.47	-	0.39	-	0.61
Mean value:	54.42	43.71	0.30	0.47	0.48	1.01
Sigma:	0.15	1.07	0.00	0.11	0.00	0.56
Sigma mean:	0.11	0.76	0.00	0.08	0.00	0.40

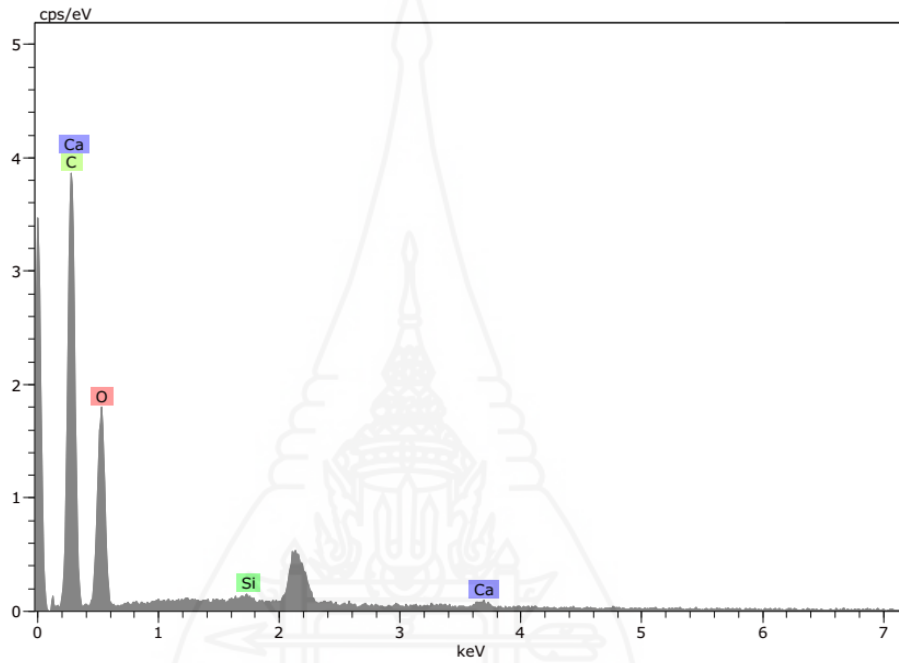
Application Note

Company / Department



Spectrum: 1

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	54.32	54.32	62.07	6.73
O	8	K-series	42.96	42.96	36.85	5.78
Mg	12	K-series	0.30	0.30	0.17	0.05
Si	14	K-series	0.55	0.55	0.27	0.06
K	19	K-series	0.48	0.48	0.17	0.05
Ca	20	K-series	1.40	1.40	0.48	0.09
Total:			100.00	100.00	100.00	

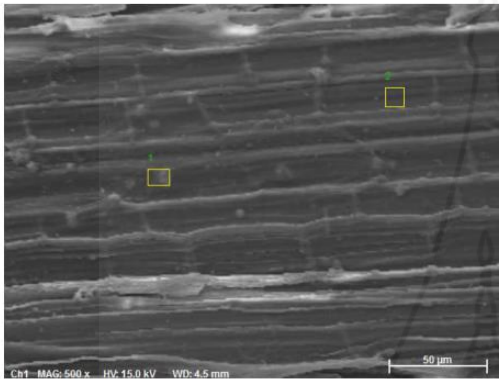


Spectrum: 2

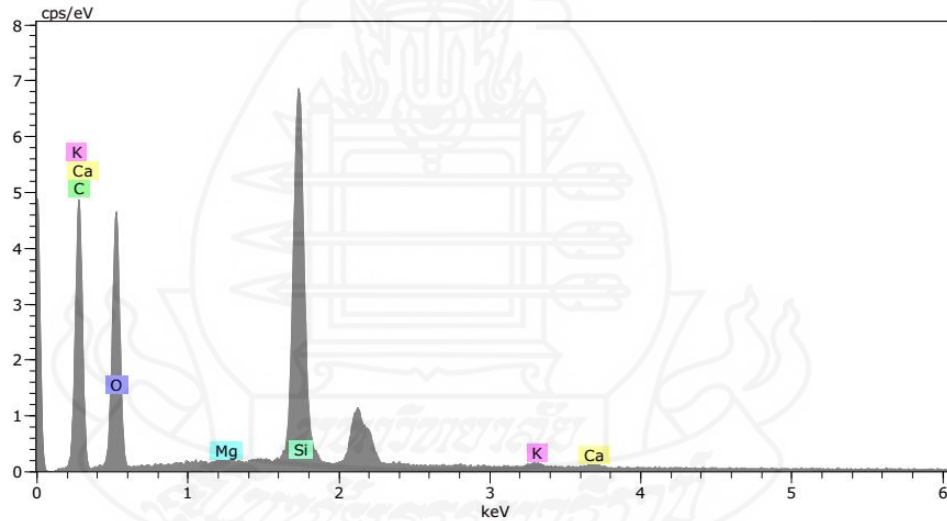
El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	54.53	54.53	61.78	7.22
O	8	K-series	44.47	44.47	37.83	6.48
Si	14	K-series	0.39	0.39	0.19	0.06
Ca	20	K-series	0.61	0.61	0.21	0.07
Total:			100.00	100.00	100.00	

Application Note

Company / Department



Name: *Achasma macrocheilos* Griff (Mc-15m)
 Date: 3/30/2017 2:41:03 PM
 Image size: 318 x 238 Mag: 500x HV: 15.0kV



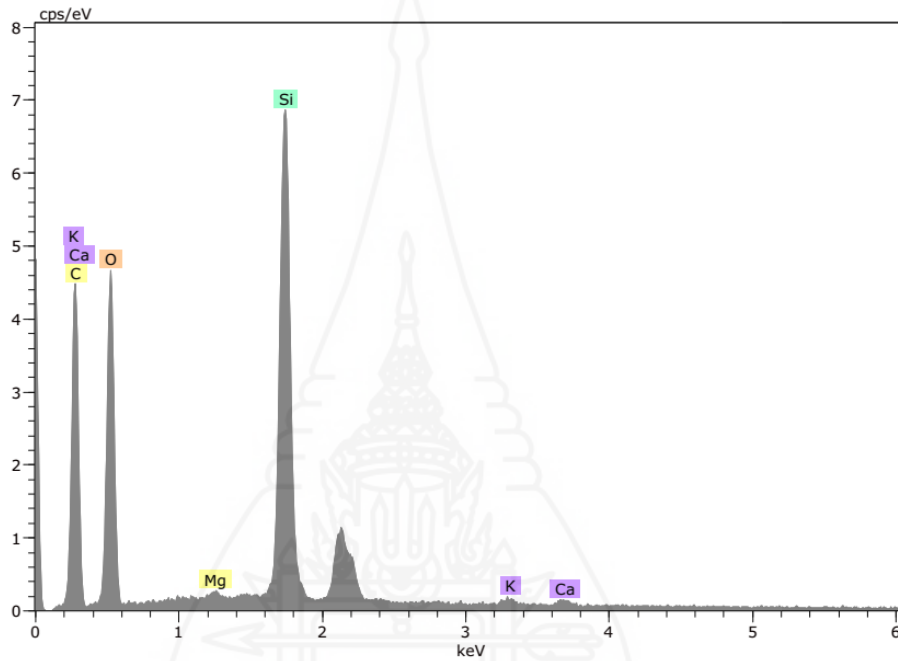
1 Date: 3/30/2017 2:41:47 PM HV: 15.0kV Puls th.: 2.14kcps
 2 Date: 3/30/2017 2:42:57 PM HV: 15.0kV Puls th.: 1.20kcps

Mass percent (%)

Spectrum	C	O	Mg	Si	K	Ca
1	43.44	39.09	0.22	16.26	0.46	0.53
2	60.92	37.25	0.33	-	0.74	0.76
Mean value:	52.18	38.17	0.27	16.26	0.60	0.65
Sigma:	12.36	1.30	0.08	0.00	0.20	0.16
Sigma mean:	8.74	0.92	0.06	0.00	0.14	0.11

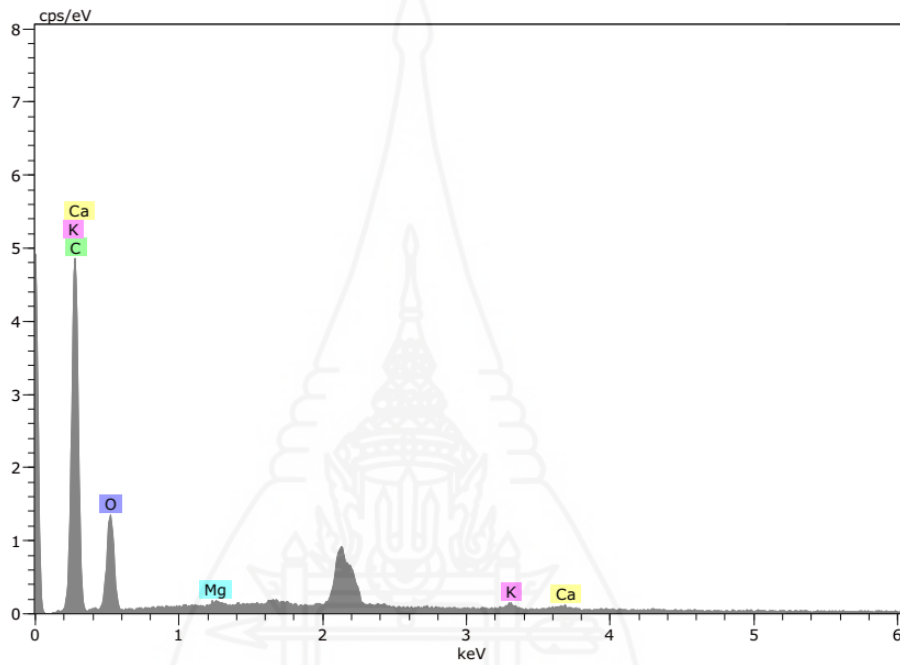
Application Note

Company / Department



Spectrum: 1

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	28.99	43.44	54.20	3.89
O	8	K-series	26.09	39.09	36.61	3.43
Mg	12	K-series	0.15	0.22	0.14	0.04
Si	14	K-series	10.85	16.26	8.67	0.48
K	19	K-series	0.31	0.46	0.18	0.04
Ca	20	K-series	0.36	0.53	0.20	0.05
Total:			66.74	100.00	100.00	

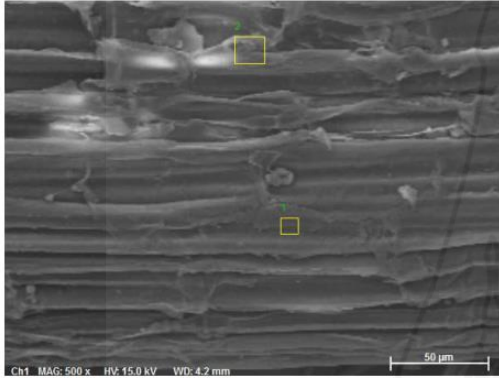


Spectrum: 2

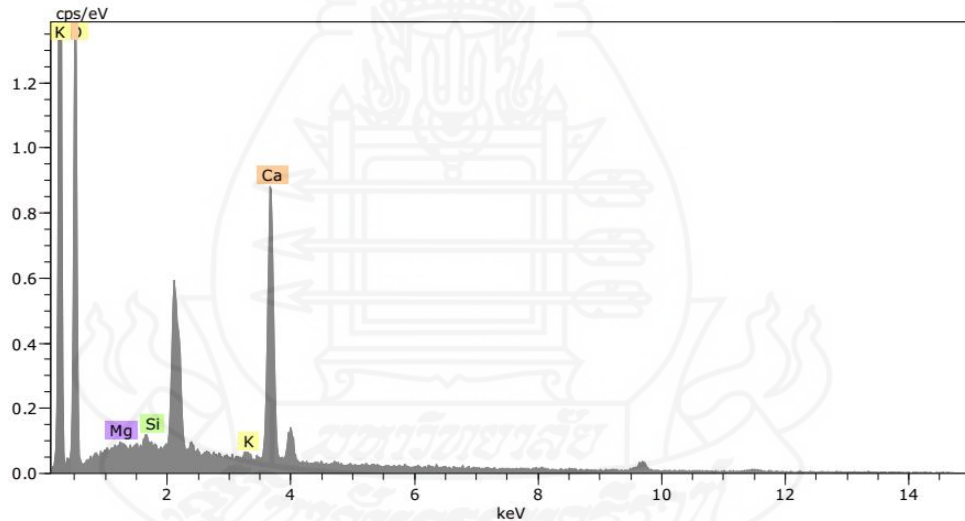
El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	60.92	60.92	68.06	7.72
O	8	K-series	37.25	37.25	31.25	5.51
Mg	12	K-series	0.33	0.33	0.18	0.06
K	19	K-series	0.74	0.74	0.25	0.07
Ca	20	K-series	0.76	0.76	0.26	0.07
Total:			100.00	100.00	100.00	

Application Note

Company / Department



Name: *Achasma macrocheilos* Griff (Mc-20m)
 Date: 3/30/2017 3:07:13 PM
 Image size: 318 x 238 Mag: 500x HV: 15.0kV



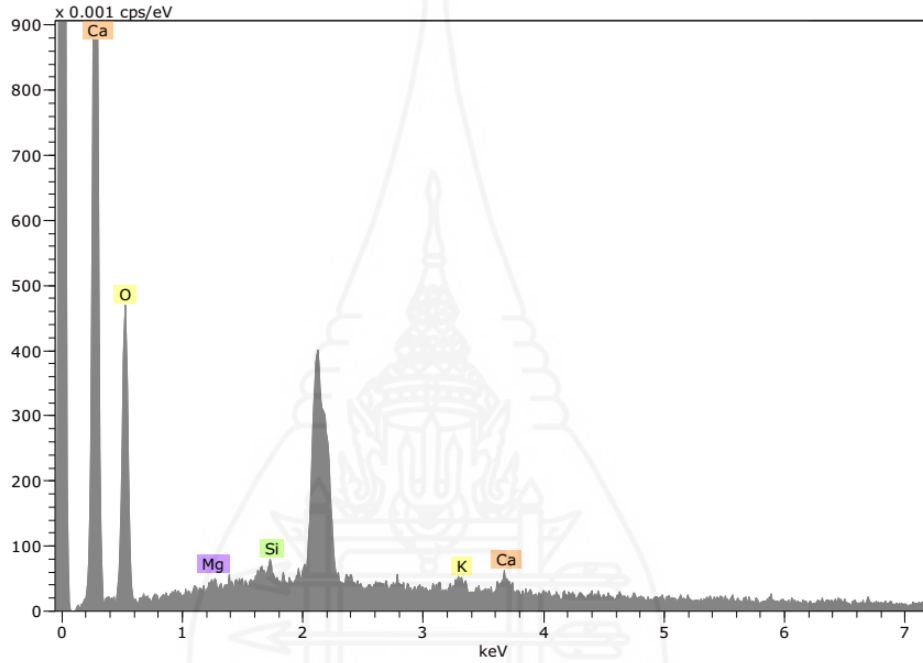
1 Date: 3/30/2017 3:08:12 PM HV: 15.0kV Puls th.: 0.58kcps
 2 Date: 3/30/2017 3:10:51 PM HV: 15.0kV Puls th.: 0.96kcps

Mass percent (%)

Spectrum	C	O	Mg	Si	K	Ca
1	57.46	39.69	0.38	0.69	0.63	1.17
2	38.36	46.24	-	-	-	15.40
Mean value:	47.91	42.96	0.38	0.69	0.63	8.29
Sigma:	13.51	4.63	0.00	0.00	0.00	10.07
Sigma mean:	9.55	3.28	0.00	0.00	0.00	7.12

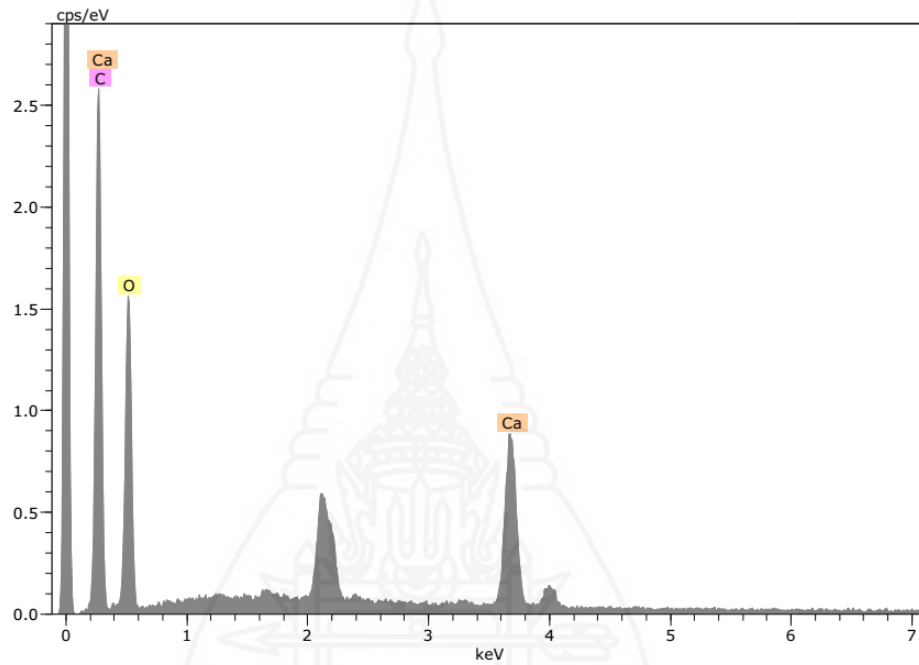
Application Note

Company / Department



Spectrum: 1

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	57.46	57.46	65.09	8.13
O	8	K-series	39.69	39.69	33.75	6.61
Mg	12	K-series	0.38	0.38	0.21	0.07
Si	14	K-series	0.69	0.69	0.33	0.08
K	19	K-series	0.63	0.63	0.22	0.07
Ca	20	K-series	1.17	1.17	0.40	0.10
Total:			100.00	100.00	100.00	



Spectrum: 2

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	23.02	38.36	49.37	3.05
O	8	K-series	27.76	46.24	44.68	3.84
Ca	20	K-series	9.25	15.40	5.94	0.32
Total:			60.02	100.00	100.00	

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส





รายงานผลการวิเคราะห์ลิกนิน เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส

วันที่ส่งตัวอย่าง : 12 มิถุนายน 2560

วันที่รายงานผล : 20 มิถุนายน 2560

ตัวอย่าง*	เซลลูโลส (%)**	เฮมิเซลลูโลส (%)**	ลิกนิน (%)**
ปุด (ปกติ)	46.93±1.10	31.62±0.19	21.45±0.22
ปุด (กล)	30.55±0.97	28.27±1.44	19.19±0.64
ปุด (เคมี)	42.26±3.24	30.11±2.01	19.81±0.93
ดาหลา (ปกติ)	47.15±2.06	36.45±0.19	22.32±0.86
ดาหลา (กล)	41.91±1.17	30.34±0.58	16.34±0.41
ดาหลา (เคมี)	35.24±2.72	27.22±1.16	19.89±0.28

*แต่ละตัวอย่างทำการทดลอง 2 ซ้ำ

**วิธีวิเคราะห์ไฮโดรเซลลูโลสใช้วิธี acid chlorite ตามวิธีของ Browing (1963); เซลลูโลสใช้วิธี TAPPI (1999) ในการวิเคราะห์; ลิกนินใช้วิธี TAPPI (2002)

ผู้วิเคราะห์

นางสาว สิริวงษ์ชัย

(นางสาว สิริวงษ์ชัย)

อาจารย์

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กนกวรรณ มหารัชมมงคล. (2558). การตัดแปลงพื้นผิวเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวด้วยไซเลน เพื่อใช้เป็นสารเสริมแรงในอีพอกซีเรซิน. กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- จรรยาวรรณ จรรยาธรรม, และประทีป ใจศึกษา. (2555). การพัฒนาเส้นใยของต้นจากเพื่อใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์. วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 3(1) , 94-104.
- จิรัชญา ปรีดาสกุล. (2557). การศึกษาสมบัติเชิงความร้อน เชิงกลและทางกายภาพของวัสดุเสริมองค์ประกอบพอลิแลคติกแอซิด เสริมแรงด้วยเส้นใยธูปฤๅษี. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. (2552) วัลลือภักขบุปผชาติ ตามรอยพระบาทบรราราชกุมารี. สงขลา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- ชัยยุทธ ช่างสาร และคณะ. (2536) เส้นใยจากต้นธูปฤๅษีเพื่อนำมาใช้ในการงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ. ปทุมธานี:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ชาญชัย สิริเกษมเลิศ. (2554). เส้นใยข้าว วัตุดิบใหม่ของสิ่งทอ. สืบค้นจาก <http://www.ttistextiledigest.com/articles/new-products/item/3214-เส้นใยข้าว-วัตถุดิบใหม่ของสิ่งทอ.html>.
- จิตติมา คำไชยใหญ่ และคณะ. (2554). การปรับสภาพต้นข้าวโพดด้วยไอน้ำและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางเพื่อผลิตเอทานอล. การประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21, สงขลา.
- ดาริกา ดาวจันอัด, อนันต์ อักษรสร และคณะ. (2558) การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับดาหลาในเชิงพาณิชย์ด้วยการสกัดเส้นใยจากลำต้นดาหลาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการทอผ้าในจังหวัดนราธิวาส. ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2558, 4, 123-136.
- ทศพร ศรีวรกุล และคณะ. (2559) การเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากเส้นใยมะพร้าวด้วยกระบวนการเคมีเพื่อใช้เป็นสารเสริมแรง. *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University Volume 3 Number 5 September– October2016.*

- ชวรัตน์ ตรี้อยทอง. (2556). *วัสดุคอมโพสิตด้วยเส้นใยธรรมชาติสำหรับการใช้งานด้านบรรจุภัณฑ์*. กรุงเทพมหานคร : ฐานข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานภาครัฐด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- บุญศรี คู่สุขธรรม, และมบุญ จิตต์ใจนำ. (2556). *การผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา*. กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
- พรรณี รัตนชัยสิทธิ์, และกฤษฎา บุญนิล. (2538). การผลิตผ้าจากเส้นใยต้นธูปฤาษี. *วารสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33*, 33, 288-295.
- พุดพิงศ์ พันธมนัสโสภา. (2557). *ความคงทนและสมบัติของเส้นใยปอกระเจาที่ปรับปรุงผิวผสมในวัสดุยางคอมโพสิต*. กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และนิธิยา รัตนานพนธ์. (2553) *Cellulose / เซลลูโลส*. สืบค้นจาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0612/cellulose-เซลลูโลส>.
- พิรพงษ์ จันทร. (2554). *ศึกษาการนำเส้นใยเขาคอนมาเป็นวัตถุดิบในการปั่นด้าย*. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.
- รัชพล พะวงศ์รัตน์. (2558). กระบวนการปรับสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทลิกโนเซลลูโลส. *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University*, 2(1), 143-157.
- วิทยา อินทร์สอน, สุขอังคณา แดลงกันท์, และปัทมาพร ท่อชู. นวัตกรรมอุตสาหกรรมสิ่งทอสีเขียว (Eco-Industrial Innovative Textiles). *Industrial Technology Review*, สืบค้นจาก <http://www.thailandindustry.com/onlinemag/view2.php?id=322§ion=37&issues=23>.
- ศศิประภา รัตนดิถก ฅ ภูเก็ต, เส้นใยธรรมชาติจากกาบไผ่. *โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก*. สืบค้นจาก <http://www3.rdi.ku.ac.th/?p=32694>.
- ศูนย์วิจัยความหลากหลายทางชีวภาพ เฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา บรมราชินีนาถ. (2557). *พรรณไม้ในเส้นทางศึกษาธรรมชาติหุบเขาลำพญา*. ยะลา:มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- สาคร ชลสาคร. (2559). *ความสำคัญของการปรับปรุงคุณภาพเส้นใยพีช*. สืบค้นจาก <http://www.thaitextile.org/index.php/blog/2016/11/refining2.1>.
- สาคร ชลสาคร.(2560) *เทคโนโลยี และ นวัตกรรมเพื่อการพัฒนาเส้นใยธรรมชาติจากพีช เล่มที่ 1 การปรับปรุงคุณภาพเส้นใยพีช*. กรุงเทพมหานคร:สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ.

- สาธิต เหล่าวัฒนพงษ์, และสิทธิชัย สมานชาติ. (2555) การศึกษาวิเคราะห์เส้นใยจากพืชตระกูลกล้วยทางภาคเหนือเพื่อใช้ประโยชน์ในการสร้างผลิตภัณฑ์. *วารสารวิชาการและวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร*, 6(1), 120-130.
- สาธิต ศรีวงษ์ชัย. (2559) การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากการปรับสภาพก้อนเชื้อเห็ดแก่ด้วยความร้อนชื้น. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, กรุงเทพมหานคร.
- สุปราณี แก้วภิรมย์, และศิริเดช บุญแสง. (2557). *คอมโพลีเมอร์สังเคราะห์จากพอลิแลคติกแอซิดและเส้นใยสับปะรด*. กรุงเทพมหานคร :มหาวิทยาลัยบูรพา.
- เสาวณีย์ อาริวงเจริญ, นฤพน ไพบาลตันติวงศ์, รัตนพล มงคลรัตนสิทธิ และสาคร ชลสาคร. (2556). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากเส้นใยตะไคร้*. กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- อนุศักดิ์ ศรีสรกำพล. (2538). สารต้านเชื้อราจากข่า (*Languas galanga Linn.*) พืชสกุลปุด (*Achrasma sp.*) และสะค้าน (*Piper ribesoides Wall.*). (วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- อ้อยทิพย์ ผู้พัฒนา และคณะ. (2553) การศึกษาวิธีการแยกเส้นใยจากก้านใบบัวหลวงสายพันธุ์พระราชินีและความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยมาผลิตเป็นเส้นด้าย. ปทุมธานี:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- อัปสร บุญยัง. (2559) *FESEM กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด* เพื่องานวิจัยและงานภาคอุตสาหกรรม. สืบค้นจาก <https://www.wu.ac.th/th/news/91382/> ผู้ช่วยศาสตราจารย์-ดร.อัปสร--บุญยัง--FESEM-กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด-เพื่องานวิจัยและงานภาคอุตสาหกรรม.
- A. El Oudiani, Yassin Chaabouni, Slah MsahliSlah FaouziSakli. (2012) Morphological and crystalline characterization of NaOH and NaOCl treated *Agave americana L.* fiberMarch, *Industrial Crops and Products* 36(1).
- Huang Gu (2009) Tensile behaviours of the coir fibre and related composites after NaOH treatment, *Materials and Design*, 30(9), 3931-3934.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายกิตติพงษ์ พัฒนไพศาลสิน
วัน เดือน ปีเกิด	2 เมษายน พ.ศ. 2514
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช พ.ศ. 2558 บริหารธุรกิจบัณฑิต มหาวิทยาลัยรามคำแหง พ.ศ. 2535
สถานที่ทำงาน	237 หมู่บ้านวิเศษสุขนคร ซอยประชาอุทิศ79 ถนนประชาอุทิศ แขวงทุ่งครุ เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร
ตำแหน่ง	-

