

การศึกษาการแยกใยไผ่สีสุกเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบทางสิ่งทอ

**A STUDY ON THE EXTRACTION OF BAMBOO FIBER
FROM BAMBUSA BLUMEANA SCHULT TO USE
AS TEXTILE RAW MATERIAL**

ศราวุธ โตสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งทอ

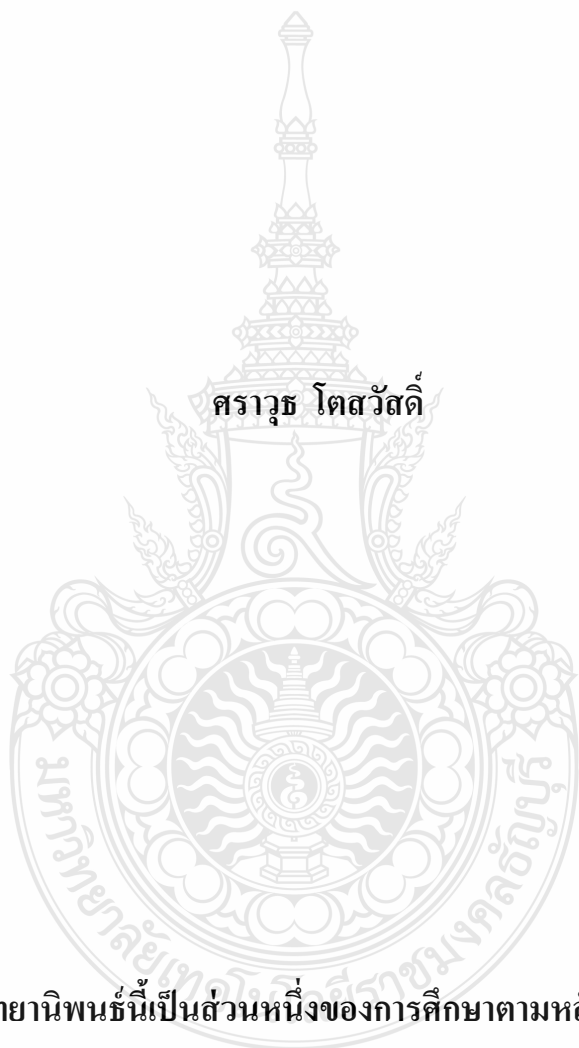
คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การศึกษาการแยกใยไฟเบอร์เพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบทางสิ่งทอ



ศราวุธ โตสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งทอ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการแยกใยไผ่สีสุกเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบทางสิ่งทอ
ชื่อ-นามสกุล	นายศราวุธ โตสวัสดิ์
สาขาวิชา	สิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ชีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

การศึกษาการแยกเส้นใยไผ่สีสุกเพื่อนำเส้นใยมาใช้เป็นวัตถุดิบทางสิ่งทอในครั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ต้องการค้นหาวัตถุดิบใหม่ๆ เพื่อใช้เป็นนวัตกรรมสิ่งทอ ที่สามารถนำมาใช้ทดแทนฝ้ายหรือลดปริมาณการใช้ฝ้ายให้น้อยลงเนื่องจากปัญหาการขาดแคลนฝ้ายในปัจจุบัน

ศึกษาสมบัติทางกายภาพของใยไผ่สีสุก จากนั้นทำการต้มแยกใยไผ่โดยการต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ด้วยเทคนิคการแยกใยแบบการทำเยื่อกระดาษ (Formacell method) โดยใช้ความเข้มข้น เวลา และอุณหภูมิที่ต่างกัน จากนั้นทำการปรับสภาพใยไผ่ที่แยกได้ด้วยการลงสารตกแต่งให้ใยนุ่ม (Softener) แล้วทำการทดสอบสมบัติของใยตามวิธีทดสอบใยทางสิ่งทอ

การศึกษานี้พบว่า ไผ่สีสุกสามารถที่จะนำมาทำการแยกเส้นใยด้วยกระบวนการทางเคมีตามกระบวนการทำเยื่อกระดาษ โดยใช้หม้อต้มความดันด้วยการต้มไม้ไผ่กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ละลายน้ำ ในอัตราส่วน 1:3 พบว่าเวลาที่ใช้ 90 นาที ความเข้มข้น 10% ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถแยกใยออกมาได้ดีที่สุด การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สามารถแยกกลุ่มของเส้นใยออกได้เท่านั้น ซึ่งยังไม่สามารถแยกเป็นใยเดี่ยวได้ จากการทดสอบสมบัติต่างๆ ของกลุ่มเส้นใยไผ่สีสุก พบว่าใยไผ่สีสุก มีความเหมาะสมทางด้านความแข็งแรงและความยาว ซึ่งสามารถนำมาทำเป็นวัตถุดิบทางสิ่งทอได้ อีกทั้งมีความโดดเด่นกว่าเส้นใยธรรมชาติที่ใช้ในเชิงอุตสาหกรรมในเรื่องการต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Anti-bacteria)

คำสำคัญ: ไม้ไผ่สีสุก การแยกเส้นใย ความเข้มข้น โซเดียมไฮดรอกไซด์ การทำเยื่อกระดาษ

Thesis Title	A Study on the Extraction of Bamboo Fiber from Bambusa Blumeana Schult to use as Textile Raw Material
Name-Surname	Mr.Saravut Tosawat
Program	Textiles
Thesis Advisor	Associate Professor Tirapong Chaichalermvong
Academic Year	2011

ABSTRACT

The research aims to create a new fiber as a textile fiber innovation. In order to replace or reduce cotton consumption. Cotton is insufficient in the present day.

The physical property of the bambusa blumeana schult was observed. The fiber was extracted with sodium hydroxide through the formacell method. The influence of chemical concentration, time and temperature were studied. After that, the separated fiber was treated with softener. The fiber property was tested using textile testing method.

It was found that the chemical process, according to formacell method, could extract fibers from bambusa blumeana schult. This was done under high pressure with the ratio of bambusa blumeana schult to the solution ratio at 1:3. The suitable condition for fiber extraction is the application of 10% chemical concentration, at 120 degree Celsius for 90 minutes. The separation technique could only separate the sample into bundle of fiber, not single fiber, yet. The fiber property test results showed the bamboo fiber was suitable to use as textile raw material in terms of fiber strength and length. In addition, the fiber had anti-bacteria property whereas other natural fibers using in textile industry does not have.

Keywords : bambusa blumeana schult, fiber extraction, concentration, solution hydroxide, formacell method.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาการแยกเส้นใยไฟลีสติกเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบทางสิ่งทอซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายและหลายหน่วยงาน จึงทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ชงไชย ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ สุจิระ ขอบจิตต์เมตต์ กรรมการ ดร.ปลื้มจิตต์ เตชธรรมรักษ์ กรรมการ ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆเพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คุณรัตนา หม่อมณี ส่วนวิจัยเยื่อกระดาษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ หัวหน้าพิธีพันธ์ หัวหน้าศูนย์พันธุ์ไม้ ปราบจันบุรี คุณจตุรงค์ บัณฑิตยารักษ์ และ คุณสุวิทย์ กองคำ บริษัทไทยอะโคลิค ไฟเบอร์ จำกัด คุณชนินธ์ จันทรพิภพ บริษัท นันยางการทอ อุตสาหกรรม จำกัด คุณปณวัตร ปราบจิตร บริษัทไทยโทเรซินเทติก จำกัด และคุณศศิณา สุขสว่าง สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และคำแนะนำในการปฏิบัติงานวิจัย

ขอขอบคุณบิดา มารดา อาจารย์ และเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจ ซึ่งมีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยจะนำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปเผยแพร่และใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป หากมีความผิดพลาดประการใดผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ศราวุธ โตสวัสดิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
1.4 ขั้นตอนการศึกษา	3
1.5 คำจำกัดความ	3
2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ความรู้เรื่องไฟ	7
2.2 การทดสอบเส้นใย	14
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35
3 วิธีการดำเนินการวิจัย	39
3.1 สถานที่ทำการทดลอง	40
3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	40
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	41
4 ผลการทดลอง	60
4.1 ผลการเลือกชนิดไฟที่ใช้ในการทำวิจัย	60
4.2 ผลการเลือกเทคนิคการแยก	61
4.3 ผลการศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบท่อการแยกใย	63
4.4 ผลกระทบของสารเคมีต่อสีและความนุ่มของใย	66

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.5 ผลการทดลองสางใยตามกระบวนการผลิตเส้นด้ายใยสั้น.....	67
4.6 ผลการทดสอบสมบัติของกลุ่มใย.....	68
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	71
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	71
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	73
รายการอ้างอิง.....	74
ภาคผนวก.....	75
ภาคผนวก ก ผลการทดสอบ.....	76
ภาคผนวก ข มาตรฐานการทดสอบ.....	80
ภาคผนวก ค งานค้นคว้าต่างประเทศ.....	94
ภาคผนวก ง ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่.....	97
ประวัติผู้เขียน.....	111



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ลักษณะการเผาไหม้เส้นใยชนิดต่างๆ.....	14
2.2 ลักษณะภายนอกของเส้นใยชนิดต่างๆ.....	15
2.3 การติดสีของเส้นใยชนิดต่างๆ.....	18
2.4 จุดหลอมเหลวของเส้นใย.....	19
2.5 ค่าความหนาแน่นของเส้นใยชนิดต่างๆ.....	23
2.6 น้ำหนักถ่วงเส้นใยในการทดสอบหาขนาดเส้นใยเดี่ยว.....	24
2.7 ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของเส้นใย.....	27
2.8 น้ำหนักถ่วงเส้นใยในการทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยเดี่ยว.....	29
2.9 ความเร็วในการทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยเดี่ยวในเส้นด้ายใยยาว.....	30
2.10 ค่าความหนาแน่นของเส้นใยชนิดต่างๆที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	31
4.1 ผลการต้มด้วยความเข้มข้น 5%.....	63
4.2 ผลการต้มด้วยความเข้มข้น 10%.....	64
4.3 ผลการต้มด้วยความเข้มข้น 15%.....	64
4.4 ผลทดสอบความแข็งแรงของเส้นใย.....	69

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ท่อนไผ่	3
1.2 เนื้อไผ่	4
1.3 ชี้นไผ่	4
1.4 กระจุกกลุ่มใย	5
1.5 กลุ่มใย	5
1.6 ใยเดี่ยว	6
2.1 ต้นไผ่	7
2.2 กอเหง้า	8
2.3 กาบหุ้มลำ	9
2.4 ดอกไผ่	10
2.5 ผลไผ่ชนิดต่างๆ	11
2.6 ไผ่สีสุก	13
2.7 เครื่องทดสอบขนาดเส้นใยเดี่ยว	24
2.8 เครื่องทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยเดี่ยว	29
2.9 การเตรียมตัวอย่างเส้นใยเดี่ยวที่ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง	30
2.10 เครื่องทดสอบความหนาแน่นด้วยการชั่งน้ำหนัก	34
3.1 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงาน	39
3.2 กล้องจุลทรรศน์	41
3.3 ไผ่สีสุกอายุ 2-3 ปี	42
3.4 เครื่องตัดไผ่ให้ได้ความยาวที่กำหนด	42
3.5 ชี้นไผ่สีสุก	43
3.6 หม้อต้มไผ่ด้วยเตาแก๊ส	43
3.7 เศษไผ่ที่เหลือใช้จากโรงงานตะเกียบ	44
3.8 นำเศษไผ่ใส่หม้อต้ม	44
3.9 ล้างเยื่อไผ่ด้วยน้ำอุ่น	45
3.10 นำเยื่อไผ่ที่ได้เข้าเครื่องสกัดเอาน้ำออก	45
3.11 เยื่อไผ่ที่ได้หลังการต้ม	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.12 นำเชื้อ ฝัที่ได้มาเข้าเครื่องตีเพื่อกระจายเชื้อ	46
3.13 นำแบบ ไม้มาซ้อนเอาเชื้อ ฝัโดยกระจายให้เต็มแบบ ไม้	46
3.14 นำแบบ ไม้ที่มีเชื้อกระจายมาตาก	46
3.15 ลอกกระจายออกจากแบบ ไม้แล้วนำไปฟุ้งลม	47
3.16 เครื่องต้มแยกเชื้อระบบปิด	47
3.17 นำชิ้น ฝัใส่หม้อต้ม	48
3.18 ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง	48
3.19 นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ใส่หม้อต้มน้ำ	49
3.20 นำน้ำกลั่นใส่หม้อต้ม	49
3.21 ปิดฝาหม้อต้ม	50
3.22 ปรับตั้งอุณหภูมิ	50
3.23 เปิดสวิทช์เดินเครื่อง	51
3.24 เปิดวาล์วลดแรงดันภายในหม้อต้ม	51
3.25 ล้างเอาต่างออกด้วยน้ำเปล่า	52
3.26 เครื่องสกัดน้ำ	52
3.27 เครื่องทำความสะอาดขนาดห้องปฏิบัติการ	53
3.28 การเติมสารเคมีทำความสะอาด	53
3.29 เครื่องสางใย	54
3.30 กลุ่มใย ฝัที่ได้หลังผ่านเครื่องสางใย	54
3.31 เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)	54
3.32 การเคลือบเส้น ใยด้วยทอง	55
3.33 ขั้นตอนการถ่ายภาพขยายใย	56
3.34 การวัดความยาวกลุ่มใย	57
3.35 เครื่อง Tensile Strength Tester	57
3.36 เครื่องทดสอบความหนาแน่น	58
3.37 การทดสอบในเชิงคุณภาพตามมาตรฐาน AATCC 147	58
3.38 การทดสอบเชิงปริมาณ ตาม มาตรฐาน AATCC 100	59

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.1 ภาพตัดตามขวาง.....	60
4.2 ภาพตัดตามยาว.....	61
4.3 ชิ้นไฟขนาด 5 เซนติเมตร × 5 เซนติเมตร.....	62
4.4 ท่อนไฟยาว 30 เซนติเมตร × 3 มิลลิเมตร.....	62
4.5 ชิ้นไฟยาว 9 เซนติเมตร × 3 มิลลิเมตร.....	63
4.6 ผลชิ้นไฟที่เป็นท่อนนุ่ม.....	65
4.7 ผลชิ้นไฟที่แยกตัวเป็นกระจุกกลุ่มใย.....	65
4.8 ผลชิ้นไฟที่เปื่อยยุ่ยเป็นใยขนาดเล็กและสั้น.....	65
4.9 ผลกระจุกกลุ่มใยไฟที่ใช้สารปรับความนุ่ม 6 กรัม.....	66
4.10 ผลกระจุกกลุ่มใยไฟที่ใช้สารปรับความนุ่ม 8 กรัม.....	66
4.11 ผลกระจุกกลุ่มใยไฟที่ใช้สารปรับความนุ่ม 10 กรัม.....	67
4.12 กระจุกกลุ่มใยไฟที่ผ่านการฟอกขาวและปรับความนุ่ม.....	67
4.13 ภาพตัดตามขวางกลุ่มใยด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด.....	68
4.14 ภาพตัดตามขวางกลุ่มใยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง.....	68
4.15 ภาพตัดความยาวกลุ่มใยด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด.....	69

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไฟเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ยั่งยืนสามารถปลูกทดแทนได้ใหม่ และมีคุณสมบัติประโยชน์มหาศาล เพราะช่วยทำให้อากาศบริสุทธิ์ ว่ากันว่าป่าไฟมีความหนาแน่นสูงทำให้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปล่อยก๊าซออกซิเจนกลับคืนสู่สิ่งแวดล้อมได้สูงกว่าต้นไม้ชนิดอื่นถึงร้อยละ 30 และสามารถเติบโตได้อย่างรวดเร็ว บางครั้งสูงได้หลายฟุตภายในเวลาเพียง 24 ชั่วโมง จึงทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตลอด ในการปลูกไฟใช้น้ำและพลังงานในการปลูกน้อย อีกทั้งไม่ต้องใช้ยาฆ่าแมลงหรือสารเคมีอื่นใด รากไฟยังช่วยฟื้นฟูปฐสภาพดินและขจัดสารพิษในดิน และสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ [1]

ในต่างประเทศเส้นด้ายจากไฟที่ใช้ในงานสิ่งทอนิยมนำไปใช้ผลิตเป็นเส้นด้ายเพื่อนำมาทำเป็นผ้าทอ หรือผ้าปัก ผ้าทอนิยมนำไปทำเป็น ผ้าปูที่นอน ปลอกหมอน ส่วนผ้าปักนิยมนำไปทำเป็นถุงเท้า ผ้าเช็ดตัว เนื่องจากสมบัติของใยไฟ ป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ทำให้ไม่เกิดเชื้อราและกลิ่นอับ สะสมบนผลิตภัณฑ์ อีกทั้งเส้นใยไฟยังมีความมันคล้ายกับเส้นใยไหม หรือขนแคชเมียร์ แต่มีราคาถูกกว่า ทนทานกว่าและดูแลรักษาได้ง่ายกว่า นอกจากนี้เมื่อนำเส้นใยไฟไปผสมกับเส้นใยที่ได้จากเกษตรอินทรีย์จะเพิ่มสมบัติความอ่อนนุ่มยิ่งขึ้นและมีน้ำหนักดี การที่นำเส้นใยไฟไปผสมกับเส้นใยฝ้าย ทำให้ไม่ระคายเคือง ต่อผิวของผู้สวมใส่จะรู้สึกเย็นสบาย แต่ในวันที่อากาศหนาวเย็นก็จจะรู้สึกอบอุ่นกว่าผ้าที่ทำจากเส้นใยอื่นประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส และดูดซับความชื้นและระบายอากาศได้ดี ซึ่งเกิดจากรูพรุนจำนวนมากภายในโครงสร้างของเส้นใย

ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าทั้งหมด 148,600 ตารางกิโลเมตรมีพื้นที่ป่าไฟประมาณ 8,100 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 5.5 ของพื้นที่ป่าทั้งหมด จังหวัดที่มีป่าไฟมากที่สุดคือ จ.กาญจนบุรี แต่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ จังหวัดที่มีการปลูกไฟเป็นอุตสาหกรรมคือ จ.ปราจีนบุรี ซึ่งมีสถิติการปลูกไฟในปี 2533 ดังนี้ ไร่ 84,353 ไร่ และไร่เลี้ยง 2,083 ไร่ [2] แต่ปัจจุบันเกษตรกรนิยมปลูกไฟเลี้ยงกันมากขึ้น โดยเฉพาะที่ จ.ปราจีนบุรี เท่านั้นแต่มีการส่งเสริมให้ปลูกกันทั่วประเทศ ซึ่งยังไม่มีการศึกษาวิจัยถึงเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ในการผลิตรองรับเลย เกษตรกรทำการปลูกกันตามธรรมชาติมีการปฏิบัติดูแลรักษาที่ถูกต้องน้อยมาก ผลผลิตของไร่เลี้ยงที่ได้จึงมีคุณภาพและปริมาณเนื้อไม้ที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งได้เนื้อไม้มากกว่า 3 ต้น/ไร่/ปี

การที่เราใช้ประโยชน์จากไม้ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อมนี้ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไม้ในประเทศถูกใช้ไปอย่างรวดเร็วและเป็นไปอย่างไม่ถูกต้อง ทำให้ป่าไม้ในธรรมชาติเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว และในอนาคตต้องขาดแคลนไม้ ไปใช้ประโยชน์อย่างแน่นอน จึงน่าที่จะมีการศึกษาการปลูกไม้ทดแทน เป็นพืชเกษตร เพื่อจะได้ปลูกไม้ทดแทนไม้ที่ถูกทำลายในธรรมชาติ หรือแนะนำส่งเสริมให้เกษตรกร ปลูกไม้เป็นอาชีพหลักเพื่อป้องกันการทำลายไม้ที่ขึ้นในธรรมชาติให้คงคู่ป่าไม้เมืองไทยต่อไป [3]

เนื่องจากที่ผ่านมามาประเทศไทยได้มีการปั่นเส้นด้ายจากฝ้ายอยู่บ้าง โดยส่วนใหญ่นำเข้าเส้นใยสั้นมาจากประเทศจีน มาปั่นเป็นเส้นด้าย โดยเส้นใยที่นำเข้า เป็นเส้นใยที่ผลิตด้วยวิธี ไลโอเซล (Lyocell process) โดยการนำไม้ไปหลอมละลายด้วยกรรมวิธีทางเคมี ให้เป็นของเหลวแล้วฉีดออกมาเป็นเส้นใยตามขนาดที่ต้องการ โดยวิธีดังกล่าวเป็นการผลิตใยประดิษฐ์ (Man-made fiber) แล้วนำเส้นใยดังกล่าว มาผลิตเป็นเส้นด้าย ซึ่งก็คือการผลิตเส้นด้าย เรยอน (Rayon)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะศึกษาความเป็นไปได้ในการแยกเส้นใย ที่ได้จากลำต้นโดยตรงด้วยวิธีฟอร์มมาเซล (Formacell process) โดยนำไม้ไปต้มกับโซดาเพื่อแยกเส้นใย แล้วทดสอบสมบัติของเส้นใยและความสามารถในการนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งฝ้ายที่นำมาวิจัยในครั้งนี้ นั้นได้ใช้ฝ้ายสีสุก เพื่อเป็นการนำทรัพยากรที่มีอยู่ และหาได้ง่าย ในประเทศมาใช้ผลิตเป็นวัตถุดิบทางสิ่งทออีกหนึ่ทางเลือก ซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งอาจลดปริมาณการนำเข้า วัตถุดิบจากต่างประเทศ รวมถึงอาจได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ทางสิ่งทอเพื่อใช้ผลิตเป็นนวัตกรรมใหม่ต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาการแยกฝ้ายสีสุกเพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ

1.2.2 ศึกษาสมบัติของใยฝ้ายที่แยกได้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการศึกษาข้อมูลและวัตถุดิบเฉพาะฝ้ายสีสุก ที่สวนพันธุ์ฝ้าย ทัศนสถาน เปิดบ้านเนินสูง กรมราชทัณฑ์ จังหวัดปราจีนบุรี โดยใช้วิธีการแยกเยื่อแบบการทำเยื่อกระดาษ (Formacell process) ที่สวนวิจัยเยื่อกระดาษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จากนั้นนำเส้นใยที่ได้ไปปรับปรุงสมบัติของเส้นใยด้วยกระบวนการทางเคมี แล้วนำเส้นใยที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆ ทางกายภาพของเส้นใย

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

- 1.4.1 ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของเส้นด้ายไฟจากแหล่งต่างๆ
- 1.4.2 ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของพันธุ์ไฟต่างๆที่มีอยู่ภายในประเทศ
- 1.4.3 จัดหาไฟสีสุก อายุประมาณ 2-3 ปีที่ได้เลือกชนิดพันธุ์ไว้มาดำเนินการวิจัย
- 1.4.4 ทำการตรวจสอบสมบัติเบื้องต้นของเนื้อไม้ด้วยกล้องจุลทรรศน์
- 1.4.5 นำไฟมาผ่านกระบวนการแยกเส้นใยด้วยกระบวนการต้มด้วยหม้อต้มระบบปิด โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามอัตราส่วน อุณหภูมิ และเวลาที่แตกต่างกัน
- 1.4.6 นำเส้นใยที่ได้มาผ่านกระบวนการปรับคุณสมบัติของเส้นใยโดยกระบวนการทำความสะอาด (Scouring) และเติมสารเพิ่มความนุ่ม (Softener)
- 1.4.7 นำเส้นใยที่ได้จากกระบวนการแยกเส้นใย มาทำการทดสอบ และบันทึกผล
- 1.4.8 นำผลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์เปรียบเทียบและสรุปผลการวิจัย

1.5 คำจำกัดความ

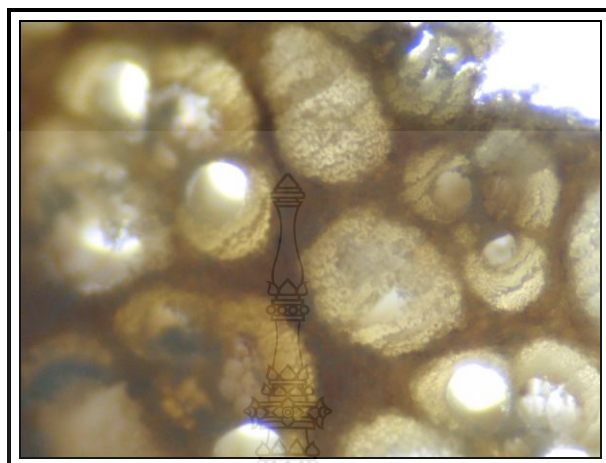
เพื่อให้สามารถเข้าใจเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ จึงจำเป็นต้องนิยามคำศัพท์บางคำดังต่อไปนี้

- 1) ท่อนไฟ คือ ไฟที่ถูกตัดให้ได้ความยาว 9 เซนติเมตร ตามความยาวของด้นไฟโดยไม่ปลอกเปลือก และจะไม่มีส่วนของข้อไฟรวมอยู่ด้วย ดังแสดงในภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 ท่อนไฟ

2) เนื้อไผ่ คือส่วนของกระจุกกลุ่มของใยที่ยึดติดกันหลายๆกลุ่มมีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตรดังแสดงในภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 เนื้อไผ่

3) ชั้นไผ่ คือท่อนไผ่ที่นำมาผ่าตามแนวตั้งให้ได้ความหนา 3 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1.3



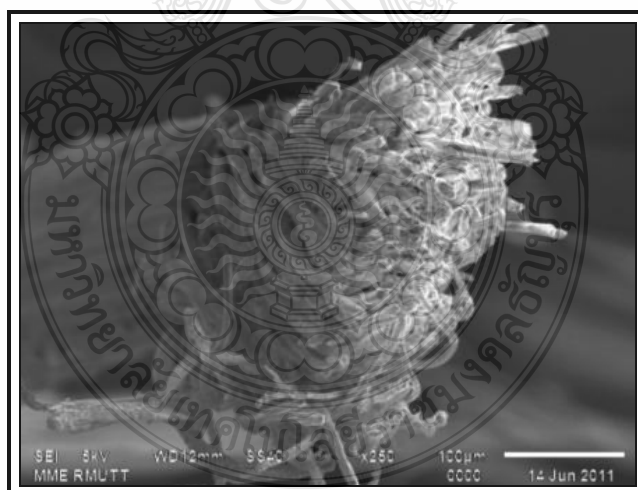
ภาพที่ 1.3 ชั้นไผ่

4) กระจุกกลุ่มใย คือกลุ่มของใยที่เกาะตัวกันเป็นกระจุก ดังแสดงในภาพที่ 1.4



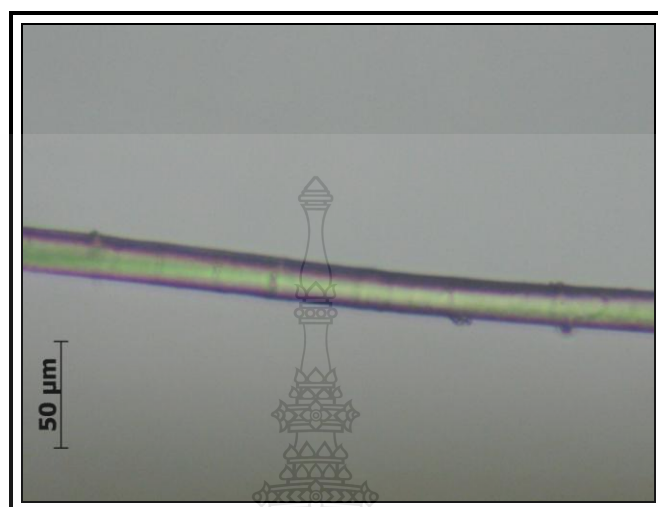
ภาพที่ 1.4 กระจุกกลุ่มใย

5) กลุ่มใย คือใยเดี่ยวจำนวนมากเกาะตัวกันเป็นกลุ่มดังแสดงในภาพที่ 1.5



ภาพที่ 1.5 กลุ่มใย

- 6) ไยเดี่ยว คือเส้นใยขนาดเล็กมีลักษณะเป็นใยเดี่ยวทรงกลมมีรูตรงกลางดังแสดงในภาพที่ 1.6



ภาพที่ 1.6 ไยเดี่ยว



บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยการศึกษาการแยกใยไฟลีสูกเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบทางสิ่งทอ ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยดังนี้

2.1 ความรู้เรื่องไฟ [2]



ภาพที่ 2.1 ต้นไฟ

ไฟเป็นพืชกอ ส่วนมากมีลำต้นกลวง เป็นปล้อง ผิวแข็ง ตามปกติพบขึ้นประปรายตามป่าเบญจพรรณ ป่าดิบ และป่าดิบเขาต่างๆ ทั่วประเทศ เมื่อขณะใดได้มีการแผ้วถางเผาป่ากัน ไฟจะแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว และปกคลุมเนื้อที่โดยกว้าง

ไฟถือว่าเป็นพืชเมืองร้อนแต่ก็สามารถเจริญเติบโตได้ทุกทวีป ไฟหลายสกุลพบมากที่สุดในประเทศร้อนทางใต้และตะวันออกเฉียงใต้ของเอเชียจากอินเดีย ไทย จีน ญี่ปุ่น เกาหลี มีน้อยสกุลที่พบในเขตอบอุ่นของโลก บางส่วนของทวีปอเมริกาก็พบมาก ในประเทศแถบอเมริกาใต้ เช่น เปรู โคริโก ชิลี อาเจนติน่า และมีอีก 2-3 ชนิด ที่พบในออสเตรเลีย

2.1.1 ชนิดของไผ่

เท่าที่รู้จักในปัจจุบันมีอยู่ 47 สกุล (Genus) แยกเป็น 1,250 ชนิด (Species) สำหรับในประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนไผ่เจริญเติบโตได้ดี เท่าที่รวบรวมหลักฐานต่างๆมีอยู่ 13 สกุล ประมาณ 60 ชนิด และยังมีอีก 35 ชนิด ที่มีผู้บันทึกไว้ว่าพบแต่ยังไม่มีการสำรวจอย่างจริงจัง หากสำรวจกันอย่างจริงจัง เชื่อว่าจะมีจำนวนมากกว่านี้

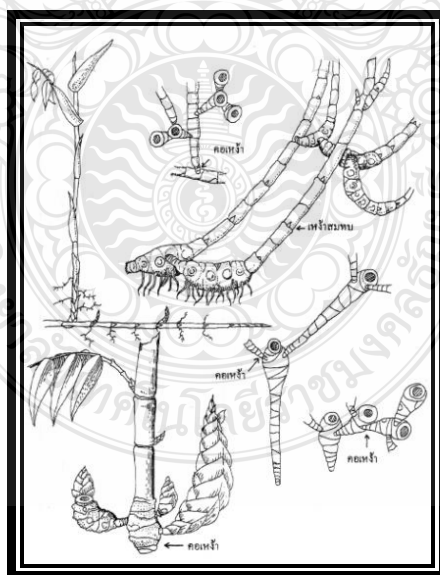
2.1.2 การจำแนกพรรณพืชของไผ่

การจำแนกพรรณพืชของไผ่นั้น ได้อาศัยลักษณะการเจริญเติบโตของเหง้า รูปลักษณะของกาบหุ้มลำและส่วนต่างๆ ของดอกเป็นเกณฑ์ ดังนั้นจำเป็นต้องรู้จักส่วนต่างๆที่อาศัยเป็นหลักเสียก่อน

1) เหง้า (Rhizome) คือ ส่วนของลำต้นที่อยู่ใต้ดิน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- ลำเหง้าเรียวยาวเจริญออกไปตามแนวระดับและมีขนาดเล็กกว่าลำที่งอกขึ้นมาจากด้านข้างของเหง้า ประการนี้เรียกว่า เหง้าโมนอเดียล (Monopodial rhizome) ส่วนโคนของแขนงที่เจริญงอกยาวออกไปจนเกือบเหมือนกับเหง้า นั้นขอเรียกว่า เหง้าสมทบ (Metamorphic axis)

- ลำเหง้าสั้น และมีขนาดใหญ่กว่าลำที่งอกขึ้นมาจากตอนปลาย ประการนี้เรียกว่า เหง้าซิมพอเดียล (Sympodial rhizome) ส่วนโคนของแขนงที่งอกออกไปจากเหง้านั้นเรียกว่า คอเหง้า (Rhizome neck)

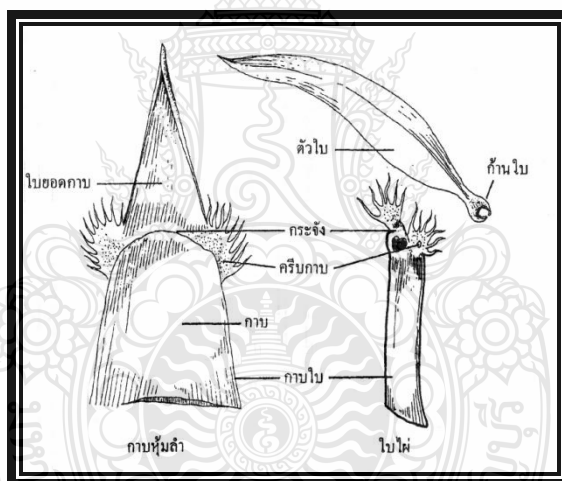


ภาพที่ 2.2 คอเหง้า (Rhizome neck) [1]

2) กาบหุ้มลำ (Culm sheath) คือ ส่วนที่หุ้มอยู่รอบลำ สำหรับป้องกันลำเมื่อยังอ่อนอยู่ กาบหุ้มนี้มักจะหลุดร่วงไปเมื่อลำเจริญเติบโตเต็มที่ แต่มีใบบางชนิดที่กาบหุ้มลำไม่หลุดร่วงไป เช่น ไม้รวก (*Thyrsostachys siamensis*) เป็นต้น กาบหุ้มลำ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- กาบ (Sheath) คือ ส่วนที่หุ้มรอบลำ อาจมีสภาพหนา แข็ง กรอบ หรือ บางอ่อน มีขน คาย หรือเกลี้ยง ไม่มีขน สั้นหรือยาว แตกต่างกันไปตามชนิดไม้ ตอนปลายกาบตรงที่ต่อกันกับใบยอด กาบจะมีส่วนที่จะขอเรียกว่า กระจัง (Ligule) กระจังนี้อาจเป็นขนยาว ๆ หรือสั้น ๆ หรือเป็นเยื่อบาง ๆ ก็ได้ นอกจากนี้แล้วตรงด้านบนทั้งสองข้างของกาบซึ่งมีลักษณะคล้ายหัวไหล่นั้น บางทีจะมีครีบหรือ ขนอยู่และจะขอเรียกรวม ๆ ว่า ครีบกาบ (Anrisle)

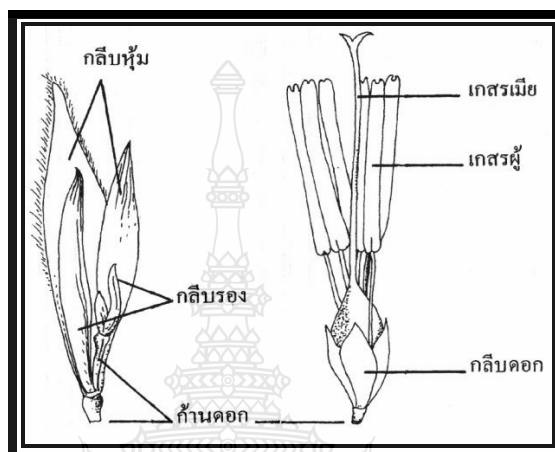
- ใบยอดกาบ (Sheath blade) ตอนปลายของกาบมีส่วนที่มีลักษณะคล้ายใบ แต่มีขนาดใหญ่และเนื้อหนากว่าใบ ยอดกาบนี้ตามปกติจะหลุดร่วงพร้อมกันกับกาบ แต่มีบางชนิดที่หลุดร่วงไปก่อน อย่างไรก็ตามใบยอดกาบจะมีรอยต่ออยู่กับกาบเสมอ มิได้เชื่อมเป็นแผ่นเดียวกัน โดยตลอด



ภาพที่ 2.3 กาบหุ้มลำ (Culm sheath) [1]

3) ดอก (Floret) ดอกไฟมี ส่วนต่าง ๆ จำนวน 3 ส่วนเกือบทุกสกุล และเนื่องจากส่วนต่างๆ ของดอกอยู่ใกล้ชิดกันมากจึงมีรูปลักษณะผิดแปลกไปจากดอกพรวณไม้จำพวกหญ้าในวงศ์เดียวกัน คือ ช่อดอก (Inflorescences) หนึ่ง จะมี *กลุ่มดอก* (Spikelet) หลายกลุ่ม และกลุ่มดอกหนึ่งก็มีดอก (Floret) ดอกเดียวหรือหลายดอกที่โคนสุดของกลุ่มดอก (Spikelet) นั้นมีกลีบ (Glume) ซึ่งจะขอเรียกว่า กลีบหุ้มกลุ่มดอก ปกติมี 2 กลีบ แล้วแต่ละดอกจะมีช่วงระหว่างดอก (Rachilla) สั้น ๆ ซึ่งจะขอเรียกว่า ก้าน, ส่วนกลีบหุ้ม (Lemma) มีขนาดใหญ่และจะหุ้มกลีบต่าง ๆ ของดอกไว้เกือบโดยรอบ

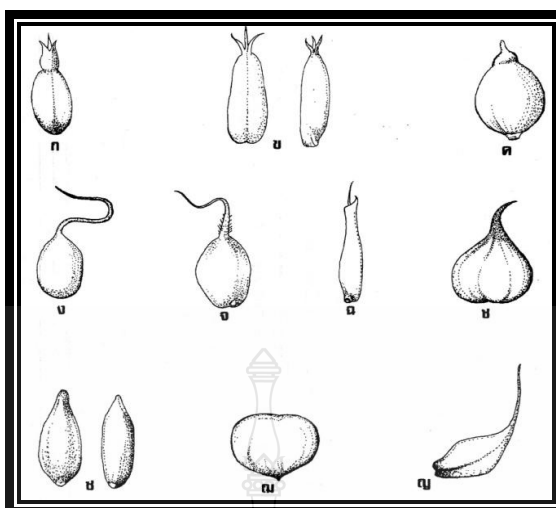
กลีบรอง (Palea) มีจำนวน 2 กลีบ, ส่วนที่เรียกว่ากลีบดอก (Lodicule) ส่วนมากมีจำนวน 3 หรือบางที่มีเพียง 2 เท่านั้น เกสรผู้ (Stamen) มีจำนวน 3 หรือ 6 ก้านเกสรเชื่อมติดกันหรือแยกกันอยู่ อับเรณู (Anther) ตรงยอด มักพองโตหรือมีขน เกสรเมีย (Pistil) มักมีขนปกคลุมและตอนปลายอันเป็นที่ตั้งของ คุ่มเกสร (Stigma) จะเป็นอันเดียวหรือแยกออกจากกัน 2 หรือ 3 แฉก



ภาพที่ 2.4 ดอกไผ่ (floret) [1]

4) ผล เป็นชนิดเนื้อนุ่มเปลือกอ่อน (Berry) หรือเนื้อแข็งเปลือกกร่อนแข็ง (Nut) หรือเนื้อแข็งเปลือกแข็งไม่ล่อน เช่น เมล็ดข้าวเปลือก (Caryopsis) แตกต่างกันไปแต่ละเผ่า แสดงในภาพที่ 2.5

- ผลไผ่สีสุก (ก)
- ผลไผ่ละลอก (ข)
- ผลไผ่สกุล *Cephalostachyum* (ค)
- ผลไผ่ตง (ง)
- ผลไผ่ชาง (จ)
- ผลไผ่ไร่ล่อ (ฉ)
- ผลไผ่ชนิด *Melocanna bambusoides* (ช)
- ผลไผ่สกุล *Pseudosasa* (ซ)
- ผลไผ่หางช้าง (ณ)
- ผลไผ่ชนิด *Schizostachyum gracile* (ญ)



ภาพที่ 2.5 ผลไผ่ชนิดต่างๆ [1]

2.1.3 ไผ่สกุลต่าง ๆ ในประเทศไทย

1) สกุล *Melocanna* มีจำนวน 1 ชนิด คือ ไผ่เกรียบ (*M. humilis* Kurz) พบทางจังหวัดสุราษฎร์ธานี

2) สกุล *Cephalostachyum* มีอยู่ 2 ชนิด คือ ไผ่ข้าวหลาม (*C. pergracile* Munro) พบในท้องที่ภาคเหนือทั่ว ๆ ไป และจังหวัดกาญจนบุรีตอนเหนือ เนื้อลำหนาและไผ่เสียะ (*C. virgatum* Kurz) พบทั่วไปตามป่าเขาทางภาคเหนือ เนื้อลำบาง

3) สกุล *Schizostachyum* มี 3 ชนิด คือ ไผ่โป หรือ ไผ่เมี่ยงไฟ (*S. zollingeri* Sterud.) และไผ่โป (*S. brachycladium* Kurz) พบในท้องที่จังหวัดภาคใต้ ส่วน ไผ่หลอด (*S. aciculare* Gamble) มีพบทั่ว ๆ ไปตามป่าดิบชื้น *S. blumei* Nees ไผ่โป, เมี่ยงไฟ

4) สกุล *Dinochloa* มี 1 ชนิด คือ ไผ่คลาน (*D. scandens*) พบขึ้นทั่ว ๆ ไปตามป่าขึ้นทางภาคใต้

5) สกุล *Teinostachyum* มีอยู่ 1 ชนิด คือ ไผ่บงเลื้อย (*T. griffithii* Munro) พบทางป่าดิบเขาภาคเหนือ

6) สกุล *Dendrocalamus* เป็นไผ่ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มี 10 ชนิด คือ ไผ่ซาง (*D. strictus* Nees), ไผ่เข็ม หรือ ซายวาย (*D. longifimbriatus* A. Camus), ไผ่หก (*D. hamiltonii* Nees), ไผ่ล้ามะลอก (*D. longispathus* Kurz) พบทางภาคเหนือ ภาคกลาง และ ภาคใต้, ไผ่ซางหม่น (*D. serceus* Munro) พบทางภาคอีสาน, ไผ่เป่าะ หรือ ไผ่หวาน (*D. giganteus* Munro) พบทางภาคเหนือ, ไผ่ตง (*D. asper*

Back.) พบทางภาคเหนือและปลูกกันทั่วไป, ไม้หางคอย (*D. membranaceus* Munro), และ ไม้บงใหญ่ (*D. brandisii* Kurz) พบทางภาคเหนือ

7) สกุล *Melocalamus* มีชนิดเดียว คือ ไม้หางช้าง หรือ ไม้ไส้ตัน (*M. compactiflorus* Benth.) พบทั่วไปตามป่าเขาทางภาคเหนือ

8) สกุล *Gigantochloa* มี 9 ชนิด คือ ไม้มัน หรือ ไม้เปาะ (*G. auriculata* Kurz), ไม้ไร่ (*G. aldociata* Munro), ไม้ไร่ร่อ (*G. nigrociliata* Kurz), ไม้เนาะ (*G. ligulata* Gamble), ไม้ตากวาง (*G. apus* Kurz), ไม้ผากมัน (*G. hasskarliand* Back. Ex Heyne) และ *G. poilanei* A. Camus, *G. densa*, *G. wrayi* ซึ่งไม่รู้จักชื่อไทยนอกจาก ไม้ไร่และ ไม้ไร่ร่อ ซึ่งพบขึ้นทั่วประเทศ ไม้ชนิดอื่นๆ ในสกุลนี้พบขึ้นแต่ในป่าดงดิบทางภาคใต้ แทบทั้งนั้น

9) สกุล *Thyrsostachys* มี 2 ชนิด คือ ไม้รวก (*T. siamensis* Oliv.) พบในป่าแล้งทั่วไป และ ไม้รวกดำ (*T. oliveri* Gamble) พบในป่าเบญจพรรณทางภาคเหนือ

10) สกุล *Bambusa* มีด้วยกัน 10 ชนิด ส่วนมากเป็น ไม้ขนาดใหญ่เนื้อลำหนา คือ ไม้บง (*B. tulda* Roxb.) พบตามป่าดงดิบน้ำทั่วไป, ไม้ป่า หรือ ไม้หนาม (*B. arundinaced* Willd.) ไม้บงป่า (*B. longispiculata* Gamble) พบทั่วไป, ไม้เหลือง หรือ ไม้บงดำ (*B. vulgaris* Schrad.), ไม้หอม (*B. polymorpha* Munro) พบทางภาคเหนือ, ไม้เลี้ยง (*B. glaucescens* Sieb.) มีขนาดเล็กปลูกกันทั่วไป, ไม้สีสุก (*B. blumeana* Schult.) พบทางภาคเหนือและภาคอีสาน ปลูกกันทั่ว ๆ ไป, ไม้บงเล็ก (*B. nutans* Wall.) พบขึ้นตามป่าดงดิบทางภาคเหนือ, ไม้ชนิด *B. flexuosa* Munro และ *B. burmanica* Gamble (ไม้บงหนาม)

11) สกุล *Pseudosasa* มีอยู่ 1 ชนิด เป็น ไม้ขนาดเล็ก พบตามเขาในท้องที่จังหวัดเพชรบูรณ์ อาจเป็นชนิดใหม่ทางวิทยาศาสตร์

12) สกุล *Arundinaria* มี 2 ชนิด เป็น ไม้ขนาดเล็ก พบตามป่าแล้งตามภาคอีสาน คือ ไม้เพ็ก (*A. pusilla* A. Chev. & A. Camus) และ ไม้โจด (*A. ciliate* A. Camus)

2.1.4 ไม้ที่ใช้ในการทำวิจัย

เนื่องจาก ไม้ในประเทศไทยมีอยู่มากมาย หลายชนิดดังนั้น ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้ ไม้สีสุก เพื่อทำการวิจัย เนื่องจากหาได้ง่าย และมีจำนวนมาก มีอยู่ทั่วไปทุกภูมิภาคของประเทศไทย

1) ไม้สีสุก (*Bambusa blumeana* schulter) [3]



ภาพที่ 2.6 ไม้สีสุก

ขึ้นอยู่ทั่วไปตามหัวไร่ปลายนาทิวทุกภาพของประเทศ แต่พบมากในภาคกลาง และภาคใต้ ชอบขึ้นในที่ที่มีลักษณะดินเหนียวปนทรายหรือดินร่วนในพื้นที่ราบต่ำๆ ริมแม่น้ำลำคลอง ในป่าธรรมชาตินั้นไม่พบว่าขึ้นปะปนกับไม้ชนิดอื่นๆ เชื่อกันว่าไม้สีสุกไม่ใช่ไม้พื้นเมืองของไทย แต่เป็นไม้พื้นเมืองของหมู่เกาะชวา สุมาตรา และบอร์เนียว ลำมีสีออกเหลืองซึ่งทำให้มีชื่อเรียกว่า “ไม้สีสุก”

2) ไม้สีสุกจัดว่าเป็นไม้ที่มีลำสูงใหญ่ความยาวของลำ 10-18 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำ 8-12 เซนติเมตร ลำต้นตรงผิวของลำแข็งเรียบเป็นมัน ปล้องยาวประมาณ 30 เซนติเมตร โดยธรรมชาติแล้ว ไม้สีสุกจะขึ้นเป็นกอแน่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณโคนกอ และในแต่ละลำจะมีการแตกกิ่งจำนวนมาก ตั้งแต่โคนลำขึ้นไป ที่สังเกตได้คือตรงบริเวณข้อของกิ่งจะมีหนาม งอโค้งแตกเป็นกลุ่มๆ ละ 3 อัน อันกลางจะมีขนาดยาวกว่าอันข้าง ๆ 2 อันปลายใบเรียวยาวแหลมโคนใบรูปด้าม ใบมักมีจำนวน 5-6 ใบที่ปลายกิ่ง ขนที่หน่อมีสีน้ำตาล หน่อใหญ่ น้ำหนักประมาณ 3-5 กิโลกรัม

3) ประโยชน์ ไม้ชนิดนี้ปลูกขึ้นง่ายชาวบ้านรู้จักดี และใช้ประโยชน์นานาประการ ลำต้นใช้ในการก่อสร้างทำส่วนต่าง ๆ ของบ้านเรือน ทำเฟอร์นิเจอร์ และ งานหัตถกรรมต่างๆ โคนใต้นิยมใช้ทำคานค้ำหีบกันมากเพราะเนื้อไม้หนาแข็งแรงทนทาน บางครั้งก็ใช้ทำเสากระทุ้ง ทำกระดาดได้ ปริมาณเนื้อเยื่อสูง หน่อมีรสดี เนื้อไม้เปรี้ยวมีสีขาวและเก็บไว้ได้นานไม่ค่อยเปื่อยง่าย กล่าวได้ว่าชาวบ้านนำไม้ชนิดนี้ไปใช้ทำประโยชน์มากที่สุด ดังนั้นในชนบทจึงนิยมปลูกไม้สีสุกไว้รอบๆ บ้าน เพื่อใช้สอยอย่างเอนกประสงค์ดังกล่าว

2.2 การทดสอบเส้นใย (Fiber Tests) [4]

2.2.1 การวิเคราะห์ชนิดของเส้นใย (Fiber identification)

การวิเคราะห์ชนิดของเส้นใย อาจทำได้ด้วยวิธีการใดวิธีหนึ่งหรือต้องใช้หลายวิธีประกอบกัน เพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้องแม่นยำ ทำให้เกิดความมั่นใจในผลที่ได้ ในการวิเคราะห์ชนิดของเส้นใยนั้นสามารถทำได้ในห้องทดลองที่มีความพร้อมด้านอุปกรณ์ และสารเคมีที่เหมาะสมให้ผลที่ถูกต้องแม่นยำ แต่สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปแล้วสามารถวิเคราะห์ชนิดของเส้นใยได้ด้วยวิธีง่าย ๆ เช่น การวิเคราะห์ชนิดของเส้นใยด้วยการเผาไหม้ การทำละลายด้วยสารเคมี และการทดลองย้อมสีเส้นใย ดังนั้นเราสามารถวิเคราะห์ชนิดของเส้นใยด้วยวิธีดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ชนิดของเส้นใยด้วยวิธีการเผาไหม้ (Burning test)

เป็นวิธีการวิเคราะห์เส้นใยที่ง่ายและสะดวกที่สุด โดยการนำเอาเส้นใยจ่อเข้าไปใกล้เปลวไฟ สังเกตพฤติกรรมการติดไฟ การลุกไหม้ คิว้นไฟ กลิ่นและเถ้าของเส้นใยดูได้จากตารางที่ 2.1 วิธีการนี้สามารถจำแนกเส้นใยได้เป็นกลุ่มใหญ่ ได้แก่ เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ เส้นใยโปรตีนและเส้นใยสังเคราะห์ แต่ไม่สามารถชี้เฉพาะลงไปได้ว่าเป็นเส้นใยชนิดใด

ตารางที่ 2.1 ลักษณะการเผาไหม้เส้นใยชนิดต่างๆ

ชนิดเส้นใย	การเผาไหม้	กลิ่น	เถ้า
ฝ้าย	ติดไฟง่าย ยังคงลุกไหม้ต่อไป หลังจากเอาเปลวไฟออก	กลิ่นคล้ายกระดาษไหม้ไฟ	มีปริมาณน้อย สีเทา เบา นุ่ม
ไหม	ติดไฟค่อนข้างช้า ลุกไหม้อย่างรวดเร็วจะดับเมื่อเอาเปลวไฟออก	กลิ่นคล้ายเส้นผมไหม้ไฟ	เถ้าสีดำและแข็งแต่เปราะ
ขนสัตว์	คล้ายไหม แต่ลุกไหม้ช้ากว่า	กลิ่นคล้ายเส้นผมไหม้ไฟ	คล้ายไหม
เรยอน	ติดไฟอย่างรวดเร็วคล้ายกระดาษไหม้ไฟ	กลิ่นคล้ายกระดาษไหม้ไฟ	คล้ายฝ้าย
ไนลอน	หลอมละลายและติดไฟ จะดับเมื่อเอาเปลวไฟออก	กลิ่นเหม็น	มีลักษณะเหนียวขณะร้อน เมื่อเย็นจะแข็ง
ไวไนลอน	หดตัวหนีไฟ จะดับเมื่อเอาเปลวไฟออก	กลิ่นเหม็น	เถ้าสีน้ำตาลดำแข็ง
พอลิเอสเตอร์	หลอมละลายขณะเผาไหม้และยังคงติดไฟต่อไปเมื่อเอาเปลวไฟออก	กลิ่นคล้ายสารเคมี	เถ้าสีดำและแข็ง
อะซิเตท	หดตัวหนีไฟ หลอมละลายและติดไฟ	กลิ่นคล้ายสารเคมี	เถ้าสีดำและแข็ง
อะคริลิก	หลอมละลายและติดไฟ	กลิ่นเหม็น	เถ้าสีดำ แข็งแต่เปราะ

2) การวิเคราะห์ชนิดของเส้นใยโดยคุณลักษณะภายนอกของเส้นใย (Visual examination)

วิธีการนี้จะตรวจสอบดูจากลักษณะภายนอกของเส้นใย เช่น สี ความยาว ความสะอาด เป็นต้น วิธีการนี้สามารถจำแนกเส้นใยเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ เส้นใยโปรตีนและเส้นใยสังเคราะห์ แต่จะไม่สามารถชี้แจงได้ว่าเป็นเส้นใยชนิดใด

3) การวิเคราะห์ชนิดเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

วิธีการนี้เป็นการดูลักษณะของเส้นใยตามภาคตัดขวาง (Cross section) และภาพตามแนวยาว (Long section) โดยเส้นใยแต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะตัวเมื่อถูกมองภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งสมบัติดังกล่าวนี้ทำให้เราสามารถจำแนกชนิดของเส้นใยได้จากลักษณะเฉพาะที่แสดงในภาคตัดขวาง (Cross section) และภาพตามยาว (Long section) ของเส้นใยชนิดต่างๆ

วิธีการนี้เป็นวิธีที่ง่ายอีกวิธีหนึ่ง เพราะก่อนที่เราจะกำหนดการหาชนิดของเส้นใยด้วยวิธีทำละลายด้วยสารเคมีนั้น เราจะต้องนำมาส่องกล้องจุลทรรศน์ก่อนว่าเป็นเส้นใยอะไร จะได้เลือกใช้สารเคมีที่ทำละลายได้ถูกต้อง

ตารางที่ 2.2 ลักษณะภายนอกของเส้นใยชนิดต่างๆ

สมบัติเส้นใย	เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ	เส้นใยโปรตีน	เส้นใยสังเคราะห์
1. ความยาวเส้นใย	เป็นเส้นใยสั้น	ขนสัตว์เป็นเส้นใยสั้นยกเว้นไหม	สามารถผลิตความยาวได้ตามความต้องการ
2. สีเส้นใย	สีเหลืองอ่อน สีขาวหม่น (off-white)	สีเหลืองอ่อน ไหมสีขาวและสีเหลือง	สีขาว สามารถใส่สีได้ตามต้องการ
3. ความสะอาด	มีสิ่งเจือปน	มีสิ่งเจือปน	สะอาด
4. ความมันเงา	มันเงาน้อย	ขนสัตว์มีความมันเงาน้อยไหมฟอกจะมีความมันเงา	สามารถกำหนดได้ตามต้องการ
5. ผิวสัมผัส	อ่อนนุ่ม	อ่อนนุ่ม	ค่อนข้างอ่อนนุ่ม
6. ความแข็งแรง	ปานกลาง	ขนสัตว์ปานกลาง ไหมจะสูงมาก	สูงและสามารถกำหนดได้ตามต้องการ

4) การวิเคราะห์ชนิดเส้นใยด้วยการทำละลายด้วยสารเคมี (Solubility test)

เนื่องจากสารเคมีจะมีผลกระทบต่อเส้นใยแต่ละชนิดในลักษณะที่ต่างกัน จึงทำให้สามารถใช้คุณสมบัติ ดังกล่าวนี้ในการทดสอบหาชนิดของเส้นใย โดยการนำเส้นใยที่ต้องการทราบไปละลายด้วยสารเคมีตามสภาวะต่างๆ ที่กำหนด เช่น ความเข้มข้น อุณหภูมิและเวลาที่ใช้วิธีการนี้เป็น

วิธีการที่ง่าย ราคาถูก สะดวก และให้ผลการวิเคราะห์ชนิดเส้นใยที่ถูกต้องแม่นยำ ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ชนิดของเส้นใยเดี่ยว (Single fiber) และเส้นใยผสม (Composite fibers)

ในการวิเคราะห์หาชนิดเส้นใยเดี่ยวโดยการละลายด้วยสารเคมีนั้น เราสามารถทำได้โดยการนำเส้นใยที่รู้ชนิดเส้นใยแล้ว มาใส่ในหลอดทดลองที่มีสารเคมีที่เป็นตัวทำลายอยู่ ถ้าเส้นใยนั้นละลายหมดแสดงว่าเป็นเส้นใยเดี่ยว เช่น เมื่อทราบว่าเป็นเส้นใยนั้นเป็นฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ ต้องการยืนยันผลด้วยวิธีการทำลายด้วยสารเคมีเราจะเลือกใช้กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำเส้นใยนั้นไปทำลาย ถ้าละลายหมดแสดงว่าเป็นเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์

ในการวิเคราะห์ชนิดเส้นใยผสม เราจะใช้การวิเคราะห์เส้นใยโดยประมาณ เมื่อวิเคราะห์ รู้ชนิดของเส้นใยแล้ว สามารถหาปริมาณได้โดยการชั่งน้ำหนักผ้าให้รู้น้ำหนักที่แน่นอน เลือกตัวทำลาย ที่เหมาะสม หรือตามที่กำหนดในมาตรฐาน จำนวนปริมาณของเส้นใยแต่ละชนิดในชิ้นทดสอบเป็นเปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักของเส้นใย

- การทดสอบเปอร์เซ็นต์การผสมของเส้นใย

เป็นการทดสอบหาว่าในเส้นด้ายหรือผืนผ้า ประกอบด้วยเส้นใยชนิดใด และคิดเป็นปริมาณกี่เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแห้ง เช่น ผ้าชิ้นหนึ่งประกอบด้วยเส้นใยฝ้ายและโพลีเอสเตอร์เราจะทดสอบหาปริมาณเส้นใยได้โดย

- อบผ้าชิ้นนั้นเพื่อไล่ความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักแห้งเป็น A กรัม
- นำไปละลายเส้นใยฝ้ายออกโดยสารละลายกรดกำมะถัน ความเข้มข้น 70%
- ล้างน้ำให้สะอาดเพื่อจำกัดใยฝ้ายที่ติดค้างอยู่กับโพลีเอสเตอร์
- นำไปอบไล่ความชื้นแล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้งเป็น B กรัม
- หาปริมาณใยฝ้ายได้เท่ากับ $[(A-B) \times 100] / A$ เปอร์เซ็นต์
- ใยโพลีเอสเตอร์ เท่ากัน $(B \times 100) / A$ เปอร์เซ็นต์

ถ้าปริมาณเปอร์เซ็นต์ที่ทดสอบได้คลาดเคลื่อนจากปริมาณที่กำหนดไว้ในผืนผ้า ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าปริมาณเส้นใยที่กำหนดในผืนผ้านั้นยอมรับได้

5) การวิเคราะห์ชนิดเส้นใยด้วยการย้อมสีเส้นใย (Shirlastain test)

เส้นใยต่างชนิดกันเมื่อนำไปย้อมสีบางชนิดจะมีการดูดซึม และติดสีย้อมแตกต่างกัน หรือติดสีเข้มและอ่อนแตกต่างกัน จากคุณสมบัติการดูดซึมและติดสีย้อมแตกต่างกัน สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ชนิดเส้นใยได้ ข้อจำกัดของการวิเคราะห์ชนิดเส้นใยวิธีนี้ คือ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการย้อมสีจะมีผลต่อการดูดซึมและติดสี ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ได้ง่าย นอกจากนี้เส้นใยที่มีโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายคลึงกัน การแยกความแตกต่างของสีที่ติดบนเส้นใยทำ

ได้ยาก สีที่ใช้ย้อมเพื่อบอกความแตกต่างของเส้นใยชนิดต่าง ๆ มีหลายชนิดด้วยกันขึ้นอยู่กับผู้ใช้ เช่น สหรัฐฯ สี ที่ใช้ย้อมเพื่อบ่งบอกถึงชนิดของเส้นใยจะเรียกว่า T.I.S identification stains หรือถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัทคูปองท์จะเรียกว่า dcu pont fiber identification stain No.4

- ในเยอรมันจะใช้ Nicocamins
- ในอังกฤษจะใช้ Shirlastain
- ในญี่ปุ่นจะใช้ Kayastain และ Q Bokenstain เป็นต้น

แต่ที่รู้จักคุ้นเคยกันดี คือ Shirlastain แบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือ

ดังนี้

- Shirlastain A C D และ E แต่ละประเภทจะใช้ในการจำแนกเส้นใยชนิดต่างๆ
- Shirlastain A ใช้สำหรับจำแนกเส้นใยธรรมชาติ เช่น ฝ้าย ขนสัตว์ เส้นใยประดิษฐ์ เช่น วิต โคสเรยอน และเส้นใยชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ยังอาจใช้ในการตรวจสอบว่าการลอกกาวไหมสมบูรณ์หรือไม่และใช้ในการบอกความแตกต่างระหว่างผ้าฝ้ายที่ผ่านและไม่ผ่านการแตกต่างกันสำเร็จด้วยอะมิโนเรซิน
- Shirlastain C ใช้ในการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างเส้นใยเซลลูโลส เช่น ฝ้าย ลินิน ไยถั่ว และปอ เป็นต้น
- Shirlastain D ใช้ในการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างฝ้ายสปันเรยอน
- Shirlastain E ใช้สำหรับวิเคราะห์ชนิดของเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ไนลอน โพลีเอสเตอร์ ไคอะซิเตท และ ไตรอะซิเตท เป็นต้น

วิธีการวิเคราะห์ ในรายละเอียดจะมีปรากฏในเอกสารคู่มือจากบริษัทผู้ผลิตสี แต่หลักการทั่วไปจะคล้ายกันคือ ตัวอย่างเส้นใยที่สะอาด (ไม่มีสารลงแป้งเรซิน) จะถูกจุ่มลงในสารละลายสีที่ร้อนเป็นระยะเวลาหนึ่งจากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำเย็นแล้วเปรียบเทียบผลการย้อมกับผ้ามัลติไฟเบอร์ ที่ผ่านการย้อมสีด้วยสารละลายนี้เส้นใยชนิดต่างๆ มีการติดสีเป็นดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การติดสีของเส้นใยชนิดต่างๆ ด้วยการใช้ Shirlastain

ชนิดเส้นใย	Shirlastain A ร้อน 2 นาที	Shirlastain D เย็น 5 นาที	Shirlastain A-D ร้อน 2 นาที	Shirlastain E ร้อน 2 นาที
ฝ้าย	สีม่วงถึงฟ้า	สีฟ้า	สีน้ำเงิน	สีชมพูจางๆ
วิสโคสเรยอน	สีม่วงอ่อน	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีชมพูจางๆ
ขนสัตว์	สีน้ำตาลทองสว่าง	-	สีน้ำตาลเข้ม	สีเขียว
เส้นใย เซลลูโลส	สีเขียว	-	-	-
ไคอะซิเตท	สีเขียวอมเหลือง	-	สีเขียว	สีส้มสว่าง
ไทรอะวิตเทท	สีเขียวอมเหลือง	-	สีเขียวอมเหลืองจางๆ	สีเหลืองสว่าง
อครีแอน	สีน้ำตาล	-	สีน้ำตาลเข้ม	สีเขียว
อครีแลน 16	สีครีม	-	สีเขียวอมสีฟ้า	สีแดง
คอเทล	สีครีม	-	สีเขียว	สีออกชมพูเหลืองๆ
ออร์ลอน 42	สีน้ำตาลแกมเหลือง	-	สีฟ้า	สีแดง
ออร์ลอน 44	สีน้ำตาลส้ม	-	สีน้ำตาลทอง	สีเขียว
เทอร์ลีน	สีน้ำตาลอมเหลือง	-	สีเทา	สีเหลืองจางๆ
ไนลอน 6.6	สีน้ำตาลออกน้ำตาล	-	สีน้ำตาลเข้ม	สีน้ำตาล
ไนลอน 6	สีน้ำตาลทอง	-	สีน้ำตาลอมดำ	สีน้ำตาลเข้ม
ไนลอน 10	สีเหลือง	-	สีน้ำตาลทอง	สีน้ำตาล
ลินิน	สีฟ้า	-	-	-
ปาน	สีแดงออกน้ำเงิน	-	-	-
เรมี	สีม่วงอ่อน	-	-	-
ปอ	สีทองแดง	-	-	-
ลิปราโมทโมเนียม	สีฟ้าจางๆ	-	-	-
ไหม	สีส้ม	-	-	-
วินยอน	สีน้ำตาลอมเหลือง	-	-	-

6) การวิเคราะห์ชนิดของเส้นใยด้วยวิธีการหาจุดหลอมเหลว (Melting point)

เนื่องจากเส้นใยแต่ละชนิดมีจุดหลอมเหลวที่แตกต่างกัน จึงสามารถนำคุณสมบัติดังกล่าวนี้มาใช้จำแนกหาชนิดของเส้นใย การทดสอบทำโดยนำเส้นใยที่ต้องการทราบไปวัดหาค่าจุดหลอมเหลวด้วยเครื่องมือวัดค่าจุดหลอมเหลว แต่วิธีการทดสอบนี้มีข้อจำกัดคือ ถ้าเส้นใยนั้นผ่าน

กระบวนการตกแต่งสำเร็จมาแล้วอาจจะได้ค่าจุดหลอมเหลวคลาดเคลื่อน โดยเฉพาะกับเส้นใยประดิษฐ์ที่มีค่าจุดหลอมเหลวใกล้เคียงกันในตารางที่ 2.6 เป็นตัวอย่างจุดหลอมเหลวของเส้นใย

ตารางที่ 2.4 จุดหลอมเหลวของเส้นใย

ชนิดของเส้นใย	จุดหลอมเหลว (°C)
อะซิเตท	250 – 260
ไทรอะซิเตท	288
ไคร์แนล โมคอะคริลิก	185 – 188
แดครอน พอลิเอสเทอร์	250 – 260
โคเคล พอลิเอสเทอร์	285 – 290
ไนลอน 6	210 – 215
ไนลอน 6,6	256 – 260
พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง	135
พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง	108 – 113
พอลิโพรพิลีน	165 – 175
พอลิไวนิลคลอไรด์	180
สเปนเด็กซ์	230 – 250
พอลิยูรีเทน	200 – 230

2.2.2 การทดสอบความยาวเส้นใย (Fiber length test)

ในการตีราคาวัสดุสิ่งทอ 2 สิ่ง ที่สำคัญคือ ความยาวเส้นใยและความละเอียดของเส้นใย ลักษณะเฉพาะของความยาวเส้นใยสั้นคือปริมาณที่คำนวณได้ โดยสามารถคำนวณได้จากตัวอย่างของเส้นใย วิธีการคำนวณความยาวเส้นใยที่สำคัญ ได้แก่ การกำหนดความยาวที่แน่นอนเหมาะสมสำหรับเส้นใยสั้นที่สามารถวัดความยาวได้ ถูกกำหนดจากอุปกรณ์ที่เส้นใยผ่านเกี่ยวข้องกับการปรับตั้งอุปกรณ์บนเครื่องจักรปั่นด้ายต่าง ๆ เช่น การตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งแต่ละคู่ของเครื่องสางใย เป็นต้น

1) การวัดความยาวเส้นใยด้วยมือวิธีที่ 1

ฝ้ายหลังการเก็บเกี่ยว จะมีวิธีการจัดเกรดฝ้ายโดยโรงหีบฝ้ายด้วยการวัดความยาวแบบง่าย ๆ โดยการใช้มือดึงและให้ฝ้ายมีการเรียงตัวกันมากที่สุดแล้ววัดความยาว ความยาวที่วัดได้เรียกว่า “Staple length”

การวัดด้วยมือเป็นวิธีที่ทำได้จะต้องอาศัยศิลปะและความชำนาญเป็นพิเศษ การวัดความยาวฝ้ายด้วยมือทำได้โดยใช้ปอยเส้นใยจำนวนประมาณ 5 - 7 กรัม ดึงเส้นใยด้วยมือให้เส้นใยเหยียดตรงและทบกันหลายๆ ครั้งจนปลายทั้งสองของเส้นใยได้ระดับตรงที่สุด แล้ววางบนพื้นเรียบสีดำ วัดระยะระหว่างขอบปลายทั้งสอง จะได้ค่า “Staple length” ค่านี้เป็นความยาวที่ปรากฏ (Appearance length) เท่านั้นใช้ความยาวสูงสุด ความยาวสั้นที่สุดหรือความยาวเฉลี่ย แต่จะเป็นค่าที่ร้อยละ 25 ของน้ำหนักเส้นใยที่ทดสอบจะมีความยาวมากกว่า Staple length ที่วัดได้และอีกร้อยละ 75 จะมีความยาวสั้นกว่า และถึงแม้ว่าความเที่ยงตรงในการวัดจะขึ้นอยู่กับศิลปะและความชำนาญของผู้ปฏิบัติ แต่วิธีนี้ก็เป็นที่ยอมรับทั่วไปมาเป็นเวลานาน

2) การวัดความยาวเส้นใยด้วยมือวิธีที่ 2

ทำการทาพาราฟินเหลวบนแผ่นพลาสติกใสให้เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ซึ่งวางอยู่บนแผ่นกัมมะหยี่สีดำ ใช้เข็มจับเส้นใยบนแผ่นพลาสติกใสให้เหยียดตรง จากนั้นวัดความยาวเส้นใยด้วยไม้บรรทัดเหล็กที่มีความละเอียดเป็นมิลลิเมตร บันทึกผลความยาวเส้นใยที่วัดได้แล้วทำการวัดความยาวเส้นใย เส้นอื่นๆ ต่อไป จนครบ 10 เส้น แล้วนำมาค่าเฉลี่ยความยาวเส้นใยเป็นมิลลิเมตร

3) ผลกระทบเนื่องจากความยาวเส้นใย

ความยาวของเส้นใยจะมีผลต่อคุณสมบัติและคุณภาพของเส้นด้ายและผ้าโดยตรงกล่าวคือ เส้นใยที่มีความยาวสูงจะนำไปผลิตเส้นด้ายที่มีคุณภาพสูงและมีขนาดเล็ก สำหรับเส้นใยประดิษฐ์เส้นใยยาวเมื่อนำไปผลิตเป็นเส้นด้ายจะมีจำนวนเกลียวน้อยหรือไม่มีเลยก็ได้ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นด้าย ดังนั้นจึงทำให้เส้นด้ายที่ผลิตมีลักษณะลื่น มีความสว่างเป็นเงามันสูงและมีความแข็งแรงสูง ส่วนเส้นด้ายที่ได้จากเส้นใยสั้นจะต้องควมเกลียวสูงกว่าเส้นใยยาว ดังนั้น เส้นด้ายที่ผลิตจะมีความทึบแสงมากกว่าเส้นด้ายใยยาว

- ผ้าที่ผลิตจากเส้นด้ายใยยาวที่ไม่ผ่านการเท็กซ์เจอร์ จะมีคุณสมบัติลื่นมีความเป็นเงามันสูง แข็งกระด้างและไม่นุ่มต่อการสัมผัสซึ่งจะต่างจากผ้าที่ผลิตจากเส้นใยสั้น

- สำหรับเส้นใยสั้นด้วยตัวเองแล้ว ความยาวของเส้นใยจะเป็นตัวกำหนดขนาดและคุณภาพของเส้นด้าย เส้นใยยาวจะให้เส้นด้ายที่มีขนาดเล็กและเส้นที่มีคุณภาพสูง ดังนั้นการใช้เส้นด้ายและผ้าที่ผลิตจากเส้นใยสั้นเส้นด้ายเท็กซ์เจอร์ฟลามเมนต์หรือเส้นด้ายใยยาว จะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความอ่อนนุ่ม มีความรู้สึกดีต่อการสัมผัส และมีความอบอุ่นสูง ก็อาจจะใช้ผ้าที่ผลิตจากเส้นด้ายเท็กซ์เจอร์ สำหรับผ้าที่ต้องใช้งานหนักและมีความคงทนสูงก็อาจจะใช้ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยยาว เป็นต้น

- ความยาวและความสม่ำเสมอของเส้นใย ความยาวของเส้นใย จะเป็นคุณลักษณะที่มีความสำคัญมากในกระบวนการปั่นด้ายเพราะความยาวเส้นใย จะถูกใช้ในการกำหนดระยะห่างของลูกกลิ้งในขั้นของการรีดปุ๋ย (Roller drafting) คุณลักษณะอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับความยาว ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เส้นใยสั้น ความสม่ำเสมอของความยาว $50\% \text{ Span length}$ และ $2.5\% \text{ Span length}$ จะมีความสำคัญและมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของเส้นด้าย ได้แก่ ผลกระทบต่อความสม่ำเสมอของเส้นด้าย ดำหิและ ความบกร่องของเส้นด้าย ความแข็งแรงเส้นด้าย การเกิดขน เป็นต้น

2.2.3 ความละเอียดของเส้นใย (Fiber fineness)

ในกระบวนการปั่นด้ายนั้นปัจจัยที่สำคัญ คือ ความยาวและความละเอียดของเส้นใย ความสม่ำเสมอของเส้นด้าย ขึ้นอยู่กับการเรียงตัวของเส้นใยและการกระจายตัวของเส้นใยในเส้นด้าย ซึ่งขึ้นอยู่กับ จำนวนเส้นใยในพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้าย กล่าวคือ เส้นด้ายที่มีจำนวนเส้นใยในพื้นที่หน้าตัดมากจะมีความสม่ำเสมอสูง ส่งผลให้เส้นด้ายมีขนาดเล็กและแข็งแรงสูงด้วย

1) ความสำคัญทางด้านคุณภาพ

- การควบคุมคุณภาพของเส้นใย เราจะต้องคัดเส้นใยที่มีความละเอียดไม่เหมาะสมกับการนำไปผลิตเป็นเส้นด้ายออก

- การควบคุมคุณภาพของเส้นด้าย เมื่อเรามีการควบคุมเรื่องความละเอียดของเส้นใยให้เหมาะสมกับเบอร์ด้ายที่เราต้องการผลิตจะทำให้เส้นด้ายที่ออกมาคุณภาพดี

2) ความสำคัญทางด้านเทคนิค

- การต้านการบิดตัว (Torsion rigidity) เส้นใยที่หยาบเมื่อนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายในช่วงการตีเกลียว จะมีความต้านการบิดตัวสูง เส้นใยที่ละเอียด เมื่อนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายในช่วงการตีเกลียว จะมีความต้านการบิดตัวต่ำ

- ความแข็งแรงกระด้างของผ้า (Stiffness) เส้นใยที่หยาบจะมีความแข็งแรงกระด้างของผ้าสูงกว่าเส้นใยที่ละเอียด ถ้าผ้ามีความแข็งแรงกระด้างสูงจะทำให้ผ้าไม่ทิ้งตัว

- ลักษณะการสะท้อนแสงหรือความมันของเส้นใย (Luster) เส้นใยที่หยาบจะมีการสะท้อนแสง และมีความมันน้อยกว่าเส้นใยละเอียด ทั้งนี้เนื่องจาก เส้นใยที่ละเอียดจะมีการเรียงตัวของโมเลกุลเป็นระเบียบมากกว่าเส้นใยที่หยาบ

- การเกาะกันของเส้นใย (Cohesion) เส้นใยหยาบการเกาะกันระหว่างเส้นใยจะน้อย ทำให้เวลาที่นำมาปั่นเป็นเส้นด้ายจะต้องใช้รอบในการปั่นสูง

- เส้นใยละเอียดจะมีพื้นที่การยึดเกาะ (Friction area) มากจึงทำให้การเกาะกันระหว่างเส้นใยมีมาก เมื่อนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายไม่ต้องปั่นจำนวนรอบสูง สามารถทำเป็นเส้นด้ายขนาดเล็กได้

- ความสม่ำเสมอ (Evenness) เส้นใยที่มีความละเอียด จำให้ความสม่ำเสมอในการปั่นเป็นเส้นด้ายได้ดีกว่าเส้นด้ายที่ปั่นด้วยเส้นใยหยาบ

3) การทดสอบความละเอียดของเส้นใย

ความละเอียดของเส้นใย สามารถหาได้ โดยการวัดความหนาแน่นของเส้นใยต่อหน่วยความยาว การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของภาคตัดขวางของเส้นใยและการวัดการไหลผ่านของอากาศในกลุ่มเส้นใย (Micronaire) ซึ่งแสดงค่าเป็นไมโครกรัมต่อนิว

- การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย

การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยธรรมชาติทำได้ยาก เนื่องจากภาคตัดขวางของเส้นใยธรรมชาติไม่คงที่ และไม่ใช่วงกลมที่สมบูรณ์ รวมทั้งขนาดความกว้างไม่คงที่ เพราะคุณภาพเส้นใยธรรมชาติจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศ

สำหรับเส้นใยสังเคราะห์ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยสามารถกำหนดได้ในการผลิตโดยการเลือกใช้ขนาดของแวนกคเส้นใย (Spinneret) ทำให้ได้ขนาดของภาคตัดขวางของเส้นใย ที่คงที่ตลอดความยาวเส้นใยนั้น

● การทดสอบ

เราจะต้องถ่วงจุลทรรศน์กำลังขยายสูงเพื่อคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย โดยการคำนวณจากพื้นที่ภาคตัดขวางของเส้นใยและความหนาแน่นของเส้นใยได้จากสมการข้างล่างนี้ ส่วนความหนาแน่นของเส้นใยแสดงอยู่ในตารางที่ 2.5

เมื่อต้องการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเป็น ดีเนียร์ (Denier)

$$D = A \times B \times 900,000 \quad (2.1)$$

เมื่อ D = ขนาดเส้นใยเป็น denier (1 denier หนัก 1 กรัม ความยาว 9,000 เมตร)

A = พื้นที่ภาคตัดขวางของเส้นใย (cm²)

B = ความหนาแน่นของเส้นใย (g/cm³)

เมื่อต้องการหาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเป็น มิลลิเท็กซ์ (millitex)

$$mT = A \times B \times 10^5 \quad (2.2)$$

เมื่อ mT = ขนาดเส้นใยเป็นมิลลิเท็กซ์ (1militeX หนัก 1 กรัม ความยาว 1,000 เมตร)

A = พื้นที่ภาคตัดขวาง (cm^2)

B = ความหนาแน่นของเส้นใย (g/cm^3)

ตารางที่ 2.5 ค่าความหนาแน่นของเส้นใยชนิดต่างๆ

ชนิดเส้นใย	ความหนาแน่น (g/cm^3)
พอลิโพรพิลีน	0.90
พอลิเอทิลีน	0.95
ไนลอน 11	0.10
ไนลอน 6	1.13
ไนลอน 6,6	1.14
อะคริลิก	1.14 – 1.18
ไตรอะซิเตท	1.30
ขนสัตว์	1.31
อะซิเตท	1.33
ไหม	1.33
ฝ้าย	1.54
พอลิเอสเทอร์	1.38
วิสคอส	1.52

- การหาขนาดของเส้นใยด้วยวิธีชั่งน้ำหนักโดยตรง

วิธีการนี้จะเตรียมตัวอย่างเส้นใย 0.5 - 7.5 มิลลิกรัม ทำการสาวเส้นใยด้วยเครื่องวัดความยาวเส้นใยแบบ Comb sorter เพื่อให้เส้นใยจัดเรียงตัวและกำจัดเส้นใยสั้นออกให้หมด นำเส้นใยที่จัดเรียงตัวดีแล้วใส่เข้าเครื่องตัดยัดเส้นใยให้แน่นทำการตัดเส้นใยให้ได้ความยาวตามที่กำหนดทำการชั่งน้ำหนักกลุ่มเส้นใยด้วยเครื่องชั่งความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง แล้วทำการนับจำนวนเส้นใยในกลุ่ม เส้นใยทั้งหมดนำไปคำนวณขนาดของเส้นใย

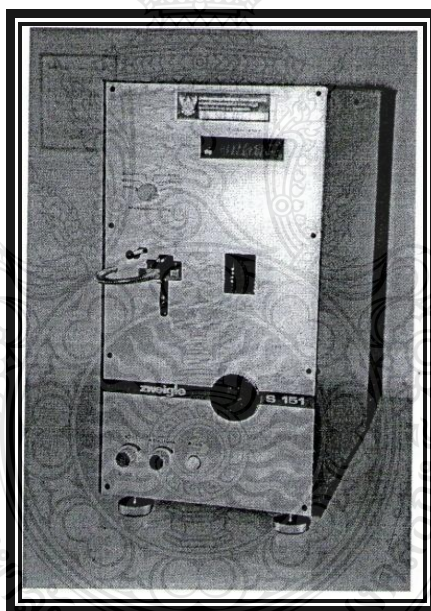
- เครื่องทดสอบขนาดเส้นใยเดี่ยว (Single fiber linear density tester)

ทดสอบเพื่อหาขนาดเส้นใยซึ่งขนาดของเส้นใย จะมีหน่วยเป็นดีนิเยร์ในการวัดความละเอียดของเส้นใยจะวัดโดยใช้เครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ เรียกว่าเครื่องทดสอบขนาดเส้น

ใยเดี่ยว (Single fibre linear density tester) ดังภาพที่ 2.7 การทดสอบนี้อาศัยหลักการปรับค่าความเข้มของแสงอัลตราไวโอเลตบนจอภาพ โดยแสงอัลตราไวโอเลตถูกฉายให้กระทบกับเส้นใยที่ทดสอบ และทำการปรับขนาดของเส้นใยที่ถูกถ่วงด้วยตุ้มน้ำหนัก ตามตารางที่ 2.6 จนกระทั่ง ได้ภาพของเส้นใยที่มีขนาดใหญ่ที่สุด จากหลักการนี้เส้นใยจะถูกทำให้เกิดการสั่น (Vibration of fibre) ด้วยความถี่ทางไฟฟ้าสถิต ทำการอ่านค่าที่ความละเอียดของเส้นใยได้จากหน้าปัทม์ซึ่งมีหน่วยการวัดเป็น เดซิเท็กซ์ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณปรับค่าให้เป็นดีเนียร์ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.6 น้ำหนักถ่วงเส้นใยในการทดสอบหาขนาดเส้นใยเดี่ยว

ขนาดเส้นใย (dtex)	0.9 – 3.5	1.8 – 7.0	2.7 – 10.5	4.5 – 17.5	6.3 – 24.5	9 - 35
น้ำหนักถ่วง (mg.)	100	200	300	500	700	1000



ภาพที่ 2.7 เครื่องทดสอบขนาดเส้นใยเดี่ยว (Single fibre linear density tester) [5]

4) ผลกระทบจากความละเอียดของเส้นใย

ความละเอียดของเส้นใยจะมีผลต่อคุณภาพของเส้นด้ายและผ้า กล่าวคือ เส้นใยที่มีความละเอียดสูงจะให้ผลผลิตเส้นด้ายที่มีขนาดเล็ก มีความแข็งแรงและมีความสม่ำเสมอ ซึ่งก็เป็นผลให้ผ้าที่ได้มีความอ่อนนุ่มต่อการสัมผัส มีการทึงตัวดี มีความแข็งแรงและมีคุณภาพสูง ความละเอียดของเส้นใยมีผลกระทบดังนี้

- ความต้านต่อการบิดตัว (Torsional rigidity)

เส้นใยใดๆ ที่มีขนาดเล็กหรือความละเอียดเพิ่มขึ้น ความต้านต่อการบิดตัวจะเพิ่มขึ้นอาจจะกล่าวได้ว่าขนาดหรือความละเอียดของเส้นใย จะมีผลต่อการควมเกลียวของเส้นใยหรือเส้นด้าย ในกระบวนการผลิตเส้นด้าย

- การสะท้อนแสง (Reflexion of light)

เส้นใยที่มีความละเอียดสูงจะสะท้อนแสงได้ดีกว่าเส้นใยที่มีขนาดใหญ่หรือหยาบ เส้นใยที่สะท้อนแสงได้ดีจะช่วยให้ผ้ามีความเงามันสูง

- การดูดซึมของเหลว (Absorption of liquids)

อัตราการดูดซึมที่เข้าไปในเส้นใยจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ของการดูดซึมน้ำสำหรับเส้นใยชนิดเดียวกันและมีคุณภาพเดียวกัน อัตราการดูดซึมจะขึ้นอยู่กับพื้นที่จำเพาะ (Specific surface) ของเส้นใยกล่าวคือ เส้นใยที่มีความละเอียดสูงจะใช้เวลาในการดูดซึมและดิสซายน้อยกว่าเส้นใยที่มีความหยาบหรือมีขนาดใหญ่ เช่นเดียวกันพื้นที่จำเพาะจะมีผลต่อการดูดซึมน้ำและไอน้ำ ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าเส้นใยที่มีความละเอียดจะดูดซึมน้ำและความชื้นได้ดี

2.2.4 ความแข็งแรงเส้นใย (Fiber strength)

1) คำจำกัดความที่เกี่ยวกับความแข็งแรง

- ความแข็งแรงของเส้นใย (Fiber strength)

เป็นการวัดค่าแรงดึงขาดของเส้นใย ซึ่งอาจอยู่ในหน่วยของแรงดึงขาดโดยตรง เช่น เซนตินิวตันและกรัม เป็นต้น

- ความเหนียว (Tenacity)

เป็นการวัดค่าแรงดึงขาดของเส้นใยต่อขนาดหรือพื้นที่หน้าตัด หน่วยที่วัดได้ ได้แก่ เซนตินิวตันต่อดีเนียร์ เซนตินิวตันต่อเดซิเท็กซ์ กรัมต่อดีเนียร์ และกรัมต่อเท็กซ์ เป็นต้น

- ความแข็งแรงของกลุ่มเส้นใย (Bundle strength)

เป็นการวัดแรงดึงของกลุ่มเส้นใยที่ถูกจัดเรียงตัวให้ขนานกัน แรงดึงขาดของกลุ่มเส้นใย จะอยู่ในหน่วยของแรงดึงขาดต่อหน่วยน้ำหนักของกลุ่มเส้นใย เช่น ปอนด์ต่อมิลลิกรัม กรัมต่อมิลลิกรัม และปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นต้น

2) ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงและการยืดตัวของเส้นใย (Effect of strength and elongation of fibers)

- น้ำหนักโมเลกุลในเส้นใย

เส้นใยใดก็ตามมีจำนวนการจัดเรียงตัวของโมเลกุลในเส้นใยมาก จะส่งผลให้เส้นใยนั้นมีน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อเส้นใยมีน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความแข็งแรงของเส้นใยเพิ่มสูงขึ้น และการยืดตัวของเส้นใยจะลดลง

- ผลกระทบจากความชื้น

ความชื้นจะมีผลกระทบอย่างมากต่อสมบัติด้านความแข็งแรงของเส้นใย กล่าวคือเส้นใยที่สามารถดูดความชื้นได้ดีจำพวกเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นจะทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเพราะปริมาณของพันธะไฮโดรเจนในเส้นใยเพิ่มมากขึ้น เมื่อเส้นใยเปียกจึงส่งผลให้เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติมีความแข็งแรงสูงขึ้นในทางตรงกันข้ามเส้นใยที่มีความสามารถในการดูดความชื้นได้น้อยจำนวนเส้นใยสังเคราะห์เมื่อเส้นใยเปียกน้ำความแข็งแรงจะลดลง

- ผลกระทบจากอุณหภูมิ

อุณหภูมามีผลกระทบต่อสมบัติด้านความแข็งแรงและการยืดตัวของเส้นใยกล่าวคือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลกระทบทำให้ความแข็งแรงของเส้นใยลดลง

จากการศึกษาของ Mr. Coplan ในการศึกษาความแข็งแรงเส้นใยที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับดังนี้

- อุณหภูมิ -57 องศาเซลเซียส สภาวะความชื้นเส้นใยอยู่ในสภาวะอิ่มตัว
 - อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส สภาวะความชื้นของเส้นใยอยู่ในความชื้นสัมพัทธ์
- ในสภาวะมาตรฐาน
- อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส สภาวะมีความชื้นของเส้นใยจะอยู่ในสภาวะอบแห้ง
 - อุณหภูมิ 117 องศาเซลเซียส สภาวะความชื้นของเส้นใยจะอยู่ในสภาวะอบแห้ง

จากการศึกษาของ Mr.Coplan พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความแข็งแรงของเส้นใยจะลดลง ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของเส้นใย

เส้นใย	อุณหภูมิ (°C)	แรงดึงขาด (กรัม/เท็กซ์)	การยืดตัว
ไนลอน 210 ดีเนียร์	-57	79	11
	21	65	13
	99	46	14
	177	26	29
ออร์ลอน 100 ดีเนียร์	-57	58	14
	21	36	14
	99	23	20
	177	3	28
แดครอน 70 ดีเนียร์	-57	78	8
	21	65	8
	99	41	10
	177	26	19
ไหม	-57	40	8
	21	31	19
	99	25	9
	177	20	10
ฝ้าย 20 S/1 เส้นด้ายหวี	-57	18	5
	21	16	9
	99	10	6
	177	8	7

- ผลกระทบจากแสงแดด

แสงแดดมีผลกระทบต่อความแข็งแรงของเส้นใย โดยเฉพาะแสงอุลตราไวโอเล็ต และแสงอินฟราเรด เมื่อเส้นใยตากแดดติดต่อกันเป็นเวลานานติดต่อกันจะทำให้เส้นใยเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีเหลืองเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้ความแข็งแรงของพันธะภายในเส้นใยเกิดการขาด ส่งผลให้ความแข็งแรงของเส้นใยลดลง

3) การทดสอบความแข็งแรงของเส้นใย

- การทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยเดี่ยว (Single fiber strength test)

• การทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยเดี่ยวที่เป็นเส้นใยสั้น

ทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงและอัตราการยืดตัวก่อนขาดของเส้นใยเดี่ยวที่เป็นเส้นใยสังเคราะห์ทำเป็นเส้นใยสั้น ในการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงและอัตราการยืดตัวก่อนขาดของเส้นใยเดี่ยวจะใช้เครื่องทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยเดี่ยว (Single fiber-strength tester) ดังภาพที่ 2.20 ซึ่งเป็นเครื่องทดสอบกึ่งอัตโนมัติโดยการควบคุมการทดสอบแรงดึงและอัตราการยืดตัวของเส้นใยด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ที่สอดคล้องกับโปรแกรม การจับเส้นใยแบบใช้อากาศอัด (Compressed air actuated clamps) โดยอาศัยหลักการที่เส้นใยถูกดึงอย่างต่อเนื่อง จนเกิดการยืดดึงออกสูงสุด แล้วเส้นใยเกิดการขาดออกจากกัน จากนั้นเครื่องทดสอบจะเคลื่อนตัวกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นโดยอัตโนมัติ และจะแสดงผลการทดสอบออกมาทางชุดบันทึกแรงดึงและการยืดตัว โดยแรงดึงที่ทำให้เส้นใยถูกดึงขาดเป็นค่าของความแข็งแรงของเส้นใย มีหน่วยเป็นเซนตินิวตันต่อเท็กซ์ (cN/Tex) และอัตราการยืดตัวก่อนขาดของเส้นใย มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

วิธีทดสอบ

ทำการแยกเส้นใยให้เป็นเส้นใยเดี่ยวบนแผ่นกัมมะหยี่สีดำ

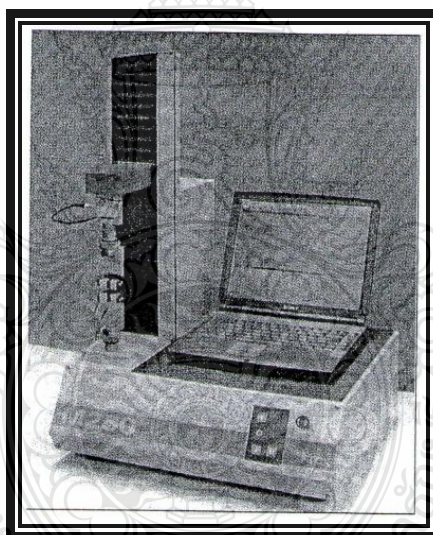
ใช้น้ำหนักถ่วงที่ปลายด้านใดด้านหนึ่งของเส้นใยเพียงด้านเดียวเท่านั้น โดยใช้น้ำหนักถ่วงจากตารางที่ 2.8 นำปลายเส้นใยที่ไม่ได้ถูกถ่วงน้ำหนัก ใส่ระหว่างตัวจับเส้นใยของเครื่องทดสอบแล้วให้จับยึดเส้นใยด้านบนไว้โดยกดที่ ปุ่มตัวจับยึดสำหรับวัด จากนั้น ยึดปลายเส้นใยด้านล่างที่มีน้ำหนักถ่วงติดอยู่โดยกดที่ ปุ่มตัวจับยึดสำหรับดึง

ทำการดึงเส้นใยโดยกดที่ปุ่มควบคุม โปรแกรม จะทำให้ปุ่มตัวจับยึดสำหรับดึงที่จับยึดเส้นใยด้านล่าง เกิดการเคลื่อนที่ลงเส้นใยจะถูกดึงยึดตัวออกจนขาดในที่สุด เครื่องทดสอบจะหยุดอัตโนมัติแล้วจะเคลื่อนที่ขึ้น จากนั้นเส้นใยจะถูกปลดออกจากตัวจับทั้งสองข้าง

ทำการบันทึกแรงที่ทำให้เส้นใยขาดจากกัน เป็นค่าความแข็งแรงของเส้นใยเดี่ยว มีค่าเป็น เซนตินิวตันเท็กซ์ (cN/Tex) และการยืดตัวก่อนขาดของเส้นใยที่ค่าเป็นเปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.8 น้ำหนักถ่วงเส้นใยในการทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยเดี่ยว

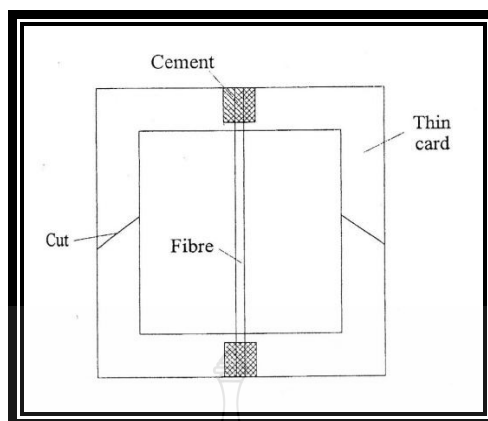
ขนาดของเส้นใย (dtex)	น้ำหนักถ่วงเส้นใย (g)
1.2	0.050
1.2 – 1.6	0.070
1.6 – 2.4	0.100
2.4 – 3.6	0.150
3.6 – 5.4	0.220
5.4 – 8.0	0.330
8.0 – 12.0	0.500
12.0 – 16.0	0.700
16.0 – 24.0	1.000
24.0 – 36.0	1.500



ภาพที่ 2.8 เครื่องทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยเดี่ยว (Single fiber strength tester) [5]

- การทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยเดี่ยวที่ได้จากเส้นด้ายใยยาว

เป็นการทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยเดี่ยวในเส้นด้ายใยยาว โดยจะทำการคลายเส้นด้ายใยยาวออก แล้วนำเส้นใยเดี่ยวในเส้นด้ายใยยาวนั้นออกมาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile strength tester) แบบอัตราการยึดตัวคงที่ โดยเส้นใยจะถูกยึดด้วยปากจับ ซึ่งอยู่ห่างกัน 75 มิลลิเมตร ใช้น้ำหนักถ่วงเส้นใยประมาณ 0.3 – 1 กรัมต่อเท็กซ์ ความเร็วในการทดสอบเป็นไปตามตารางที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 การเตรียมตัวอย่างเส้นใยเดี่ยวที่ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรง ต่อแรงดึง (Tensile strength tester)

ตารางที่ 2.9 ความเร็วในการทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยเดี่ยวในเส้นด้ายใยยาว

ประมาณการการยืดตัวของเส้นใยเมื่อขาด (%)	ความเร็วของเครื่องทดสอบ (มม./นาที)
ต่ำกว่า 8	10
8 – 100	60
มากกว่า 100	240

2.2.5 การวิเคราะห์ชนิดเส้นใยด้วยการวัดความหนาแน่นของเส้นใย (Density)

ความหนาแน่นของเส้นใย (Density) หมายถึงน้ำหนักของเส้นใยต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร โดยอาจจะอยู่ในหน่วยของกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรหรือปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต เป็นต้น

การวัดความหนาแน่นของเส้นใย ใช้หลักการของฟิสิกส์ที่ว่าสสารใดที่มีความหนาแน่นหรือความหนาแน่นสัมพัทธ์สูงกว่าน้ำ (ของเหลว) สสารนั้นจะจมน้ำ (ของเหลว) และขณะเดียวกันสสารใดที่มีความหนาแน่นหรือความหนาแน่นสัมพัทธ์ต่ำกว่าน้ำ (ของเหลว) สสารนั้นจะลอยอยู่บนผิวน้ำ (ของเหลว) จากหลักการดังกล่าวทำให้นักวิทยาศาสตร์คิดค้นวิธีการหาความหนาแน่นของเส้นใยได้ โดยนำเอาของเหลวชนิดต่างๆ และมีค่าความหนาแน่นหรือความหนาแน่นสัมพัทธ์แตกต่างกันมาผสมรวมกันในกระบอกแก้วทรงสูงของเหลวที่มีความหนาแน่นหรือความหนาแน่นสัมพัทธ์สูงจะจมอยู่ก้นกระบอกแก้ว ส่วนของเหลวที่มีความหนาแน่นหรือความหนาแน่นสัมพัทธ์ต่ำจะลอยอยู่ส่วนบนสุดของกระบอกแก้ว เช่น เพนตระคลอโรอีเทน มีความหนาแน่น 1.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จะจมอยู่ก้นกระบอกแก้ว และ ไซลีน มีความหนาแน่น 0.9 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จะลอยอยู่ส่วนบนสุดของกระบอกแก้ว จากนั้นจะนำเอาเส้นใยที่เราต้องการ

ทดสอบหาค่าความหนาแน่น หรือความหนาแน่นสัมพัทธ์จุ่มลงไป ในของเหลวชนิดต่างๆ ที่ผสมตามที่ได้กล่าวไปแล้ว เส้นใยจะจมเมื่อของเหลวนั้น มีความหนาแน่นหรือความหนาแน่นสัมพัทธ์ต่ำกว่าเส้นใย และเมื่อถึงระดับที่ของเหลวมีความหนาแน่นหรือความหนาแน่นสัมพัทธ์เท่าหรือใกล้เคียงกับเส้นใยนั้น เส้นใยก็จะลอยอยู่ในสภาพกึ่งจมนกึ่งลอย ในของเหลวนั้น เราก็จะสามารถหาค่าความหนาแน่นหรือความหนาแน่นสัมพัทธ์ของเส้นใยนั้นได้ ในตารางที่ 2.10 แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ของเส้นใยชนิดต่างๆ เมื่อเทียบกับน้ำที่ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2.10 ค่าความหนาแน่นของเส้นใยชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ชนิดเส้นใย	ความหนาแน่นสัมพัทธ์
แอสเบสตอส	2.10 - 2.80
ฝ้าย (cotton)	1.54 – 1.56
ฝ้ายผ่านการชุบมัน	1.55
ลินิน	1.50
เฮมปี	1.48
ปอ	1.48
ปานมะนิลา	1.50 – 1.60
รามิ	1.51
ไหม	1.34
ขนแกะ	1.30 – 1.32
อะครีลัน อะคริลิก	1.17
เคชลาน อะคริลิก	1.18
ออร์ลอน อะคริลิก	1.14 – 1.17
ชีฟราน อะคริลิก	1.19
ออร์จินิต	1.72
อะซิเตท	1.32
อาร์เนล 60 ไตรอะซิเตท	1.30
แก้ว	2.54
ไคร์เนล โมดอะคริลิก	1.30
เวอร์เนล โมดอะคริลิก	1.37

ตารางที่ 2.10 ค่าความหนาแน่นของเส้นใยชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ต่อ)

ชนิดเส้นใย	ความหนาแน่นสัมพัทธ์
ไนลอน 6	1.14
ไนลอน 66	1.14
ไนลอน 11.	1.05
แควิ้ล นัลทิว	1.18
พอลิเอทิลีน ความหนาแน่นต่ำ	0.92
พอลิเอทิลีน ความหนาแน่นสูง	0.95
พอลิโพรพิลีน	0.91
พอลิไวนิลแอลกอฮอล์	1.26 – 1.32
แคครอนพอลิเอสเทอร์	1.38
ฟอร์เทรล พอลิเอสเทอร์	1.38
โคเดล พอลิเอสเทอร์	1.22
ไวครอน พอลิเอสเทอร์	1.36
เทอร์ริลีน พอลิเอสเทอร์	1.38
แอนด์คริว โปรตีน	1.30
ไวก้าโปรตีน	1.25 – 1.30
ไลครา สเปนเด็กซ์	1.00
ไวเร็นซ์ สเปนเด็กซ์	1.00
วิสโคสเรยอน	1.52
คิวปราโมเนียม เรยอน	1.52
ไนเตท เรยอน	1.54
คอร์วัล เรยอน	1.46 – 1.53
ไฟเบอร์ 40 เรยอน	1.50
ซานเทรล เรยอน	1.51

2.2.6 การทดสอบความหนาแน่นด้วยวิธีการชั่ง (ชั่งในน้ำและอากาศ) [6]

ความหนาแน่น (Density) คือ มวลต่อปริมาตรของวัสดุ ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นต้น แต่โดยมากจะใช้กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร(g/cm^3) ส่วนความถ่วงจำเพาะ(Specific gravity) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density) คือ อัตราส่วนระหว่างมวลต่อปริมาตรของวัสดุ เทียบกับมวลต่อปริมาตรของน้ำกลั่นที่ปราศจากแก๊ส ณ อุณหภูมิหนึ่ง

การทดสอบความหนาแน่นด้วยวิธีการชั่ง (ชั่งในน้ำและในอากาศ)อาศัยหลักการหาน้ำหนักของวัสดุในอากาศ และหาน้ำหนักของวัสดุในน้ำ แล้วทำการหาความแตกต่างของน้ำหนักที่ชั่งในน้ำและในอากาศ

การคำนวณหาความถ่วงจำเพาะใช้สูตรดังนี้

$$\text{Specific gravity} = \frac{A}{A-R} \times \rho_0 \quad \text{g/cm}^3 \quad (2.3)$$

โดยที่ A คือ น้ำหนักของวัสดุในอากาศ

B คือ น้ำหนักของวัสดุในของเหลว

ρ_0 คือ ความหนาแน่นของของเหลว

ซึ่งของเหลวที่ใช้คือ น้ำกลั่น ที่มีความหนาแน่น (ρ_0) = 1 g/cm^3

การทดสอบที่มีความแม่นยำนั้นขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิที่บันทึกลงไปในเรื่องทดสอบขณะที่ทำการทดสอบด้วย เนื่องจากอุณหภูมิมิผลต่อความหนาแน่นของวัสดุ และน้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำกลั่นที่มีความบริสุทธิ์ เพราะจะมีความหนาแน่น (ρ_0) ที่ 1 g/cm^3 พอดี ในขณะที่ทำการหาน้ำหนักของวัสดุในน้ำนั้น ในน้ำไม่ควรจะมีฟองอากาศหรือสิ่งสกปรกเจือปนอยู่ เพราะจะทำให้ค่าความหนาแน่นที่ได้ผิดเพี้ยนไป หลักการเบื้องต้นที่สามารถสังเกตได้ คือ เมื่อนำวัสดุไปชั่งหาน้ำหนักในน้ำ แล้ววัสดุนั้นจมน้ำ แสดงว่า วัสดุนั้นมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ หรือมากกว่า 1 g/cm^3 แต่ถ้าวัสดุนั้นจมน้ำแสดงว่า วัสดุที่ทำการทดสอบนั้นมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำหรือใกล้เคียงกัน คือ มีความหนาแน่นน้อยกว่า 1 g/cm^3 นั้นเอง



ภาพที่ 2.10 เครื่องทดสอบความหนาแน่นด้วยการชั่งน้ำหนัก

2.2.7 สิ่งทอกับสารต้านแบคทีเรีย [7]

ผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่เราใช้หรือสวมใส่ นับเป็นแหล่งอาศัยของเชื้อแบคทีเรียชนิดต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีอุณหภูมิ ความชื้นและแหล่งอาหารที่เหมาะสม ทำให้เป็นสาเหตุหลักของการเกิดปัญหากลิ่นอับชื้น จุดด่างดำบนเส้นใย และอาจนำมาซึ่งเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้หรือสวมใส่ด้วยเหตุนี้ จึงมีการคิดค้นและพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอให้มีคุณสมบัติในการทำลายหรือยับยั้งการเติบโตของแบคทีเรีย เพื่อลดปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้

สารต่อต้านแบคทีเรีย คือ สารที่ทำลายหรือยับยั้งการเติบโตหรือการแพร่พันธุ์ของเชื้อแบคทีเรีย โดยสารต้านแบคทีเรียจะเข้าไปทำลายหรือยับยั้งการทำงานของโปรตีนภายในเซลล์แบคทีเรียทำให้เกิดความเสียหายต่อผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์หรือต่อสารพันธุกรรมที่เรียกว่า DNA (Deoxyribonucleic Acid) มีผลทำให้แบคทีเรียไม่สามารถแบ่งเซลล์ได้และทำให้เซลล์ตายในที่สุด ดังนั้นเมื่อเราใช้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่มีสารต่อต้านแบคทีเรียก็จะสามารถลดปัญหากลิ่นอับชื้นในผลิตภัณฑ์หรือจุดด่างดำบนเส้นใยได้

วิธีทดสอบการต้านแบคทีเรียของสิ่งทอ

การประเมินประสิทธิภาพการต้านแบคทีเรียบนผลิตภัณฑ์สิ่งทอแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1) การทดสอบเชิงคุณภาพ (Qualitative test)

ผลการทดสอบจะแสดงว่าสารต้านแบคทีเรียมีประสิทธิภาพหรือไม่

ผล Positive หมายถึง สามารถต้านเชื้อแบคทีเรียได้

ผล Negative หมายถึง ไม่สามารถต้านเชื้อแบคทีเรียได้

2) การทดสอบเชิงปริมาณ (Quantitative test)

ผลการทดสอบจะแสดงถึงประสิทธิภาพของสารต้านแบคทีเรีย โดยใช้จำนวนโคโลนีแบคทีเรีย ซึ่งจะวัดเป็น % Reduction เพื่อดูค่าการลดลงของแบคทีเรีย

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 การแยกใยและการปั่นด้ายจากใยสับปะรด

อัจฉราพร ไสละสูต และคณะ [8] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การวิจัยเรื่องการผลิตเส้นใยจากใบสับปะรดและการใช้ประโยชน์ทางสิ่งทอ (The fibrilization of pine-apple leaf fiber and their usage as a textile raw material) เพื่อศึกษาวิธีการแยกใยออกจากใบสับปะรด โดยใช้ใบสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth cyanne) จากต้นซึ่งเกษตรกรตัดผลแล้วเขตจังหวัด จันทบุรี ระยะเวลาของ ประจวบศิริจันทร์และเพชรบุรี

พบว่า การขูดด้วยเครื่องซึ่งตัดแปลงจากหลักการทำงานของเครื่องขูดเส้นใยป่าน สรรายณ์เหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรมมากที่สุด เครื่องขนาดเล็กขูดใบได้ครั้งละ 2 - 3 ใบ สามารถขูดเส้นใยได้ชั่วโมงละ 0.18 กิโลกรัม จากน้ำหนักใบสด 11.1 กิโลกรัม

เส้นใยที่ขูดได้ยึดรวมกันอยู่เป็นม้วนๆ ละ 2-8 เส้น โดยสารประกอบเปกติน มีสารอื่นๆ ที่มีโซเซลลูโลสอยู่ประมาณร้อยละ 18.5 เส้นใยค่อนข้างกระด้าง การขจัดสารเหล่านี้ออกทำให้เส้นใยแยกออกเป็นเส้นเดี่ยว อ่อนตัวและมีขนาดเล็กลงกระทำได้ 3 วิธี คือ วิธีหมักด้วยแบคทีเรีย วิธีหมักด้วยสารช่วยย่อย (Enzyme) และการต้มด้วยด่าง (โซดาไฟ) ผลปรากฏว่า การหมักด้วยสารช่วยย่อย (Pectinase) เข้มข้นร้อยละ 0.04 ที่อุณหภูมิห้องนาน 240 นาที สามารถแยกเป็นเส้นใยที่ผ่านเครื่องแยกสิ่งสกปรกออกได้ร้อยละ 45 ขนาดเส้นใย 5 ไมครอน มีความต้านแรงดึง 4.26 กรัม

การกำจัดเปกตินออกโดยใช้ด่างนั้น ใช้โซดาไฟ 1-4% โซเดียมซัลไฟด์ 1-2% ในภาวะเปิดที่จุดเดือดเวลา 1.00 ชั่วโมง แล้วต้มในน้ำเปล่าที่จุดเดือดอีก 30 นาที เส้นใยที่แยกเป็นเส้นเดี่ยวมีขนาด 4 ไมครอน เส้นใยติดกันเป็นแพๆ ละ 2-8 เส้น ผ่านเครื่องทำให้นุ่มแล้ว สามารถผ่านเครื่องแยกสิ่งสกปรกได้ร้อยละ 60.9 มีความต้านแรงดึง 5.13 กรัม

ทำการปรับใยให้นุ่มโดยใช้สารทำให้นุ่ม (Softening agent) ประเภทแคทไอออน (Cationic) ผสมน้ำมันประเภท Metallic oil หรือน้ำมันซิลิโคน (Silicone oil) ให้มีสารหลงเหลืออยู่ในเส้นใยไม่เกินร้อยละ 2 หมักไว้ 5-7 วัน ตามคุณภาพเส้นใย นำมาผ่านเครื่อง Breaker หรือ Finisher card ที่ใช้ในโรงงานทอกระสอบป่าน เส้นใยอ่อนนุ่มและแยกออกเป็นเส้นเดี่ยวได้มาก เหมาะสำหรับจะนำไปปั่นเป็นเส้นด้ายโดยขบวนการปั่นด้ายฝ้าย

ทำการปั่นเป็นเส้นด้ายด้วยกระบวนการปั่นด้ายใยสั้น โดยตัดเส้นใยยาว 40-42 มม. ผสมกับใยโพลีเอสเตอร์ในอัตราส่วน 35 : 65 ปั่นเป็นเส้นด้ายขนาด 20_s โดยเครื่องปั่นด้ายขนาดทดลอง เส้นด้ายที่ได้มีความเหนียว 255 กรัม มีปม (Slub) ยาวๆ เป็นแห่งๆ สาเหตุเกิดจากต้องป้อนเส้นใยที่เครื่องสางด้วยมือ เส้นด้ายมีขนบ้างเล็กน้อย เมื่อนำไปทอด้วยเครื่องทออัตโนมัติได้ผ้ามีคุณภาพดี มีความต้านแรงดึง 47.8 กิโลกรัม ทนต่อแรงฉีกขาดได้ 1840 กรัม ยืดตัวได้ร้อยละ 16 ย้อมสีและตกแต่งเช่นเดียวกับฝ้าย

2.3.2 การแยกไฟด้วยเทคนิคปั่นบ้าน

ศาสตราจารย์ ดร. ชลสาคร [9] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การผลิตเส้นด้ายและผืนผ้าจากใยไฟ (Production of yarn and fabric from bamboo fiber) โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นใยไฟขัดผิวกายของผลิตภัณฑ์ชุมชนหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ตำบลปากกระวาน อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยศึกษากรรมวิธีการผลิตเส้นด้าย และผืนผ้าที่เหมาะสมกับใยไฟ และทดสอบสมบัติเส้นด้ายและผืนผ้าตามมาตรฐานของ ASTM ผลการศึกษาพบว่าการปรับปรุงวิธีการผลิตด้วยการนำเส้นใยมาเข้าเกลียวเป็นเส้นด้ายมี 2 วิธี คือ วิธีการปั่นเส้นด้ายแบบภูมิปัญญาไทย ได้เส้นด้าย 2 ชนิด เป็นเส้นด้ายใยไฟผสมฝ้าย 50 % และ 70 % และการเย็บเส้นด้ายด้วยจักรอุตสาหกรรม ได้เส้นด้ายใยไฟ 100 % เสร็จแล้วนำมาทอ เป็นผืนผ้าใยไฟ เพื่อใช้ประโยชน์เป็นผลิตภัณฑ์ขัดผิวกายในระดับอุตสาหกรรม

จากการศึกษาการปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นใยไฟขัดผิวกายของผลิตภัณฑ์ชุมชนหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ตำบลปากกระวาน อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยศึกษากรรมวิธีการผลิตเส้นด้าย และผืนผ้าที่เหมาะสมกับใยไฟ จากนั้นนำมาทดสอบสมบัติเส้นด้ายและผืนผ้าได้ผลการทดสอบดังนี้

ผลการทดสอบหาเบอร์ด้ายใยไฟพบว่าเส้นด้ายใยไฟ 100 % มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ เบอร์ 1,676 tex รองลงมาคือเส้นด้ายใยผสม 70 % มีเบอร์ 448 tex และเส้นด้ายขนาดเล็กที่สุดคือใยไฟผสม 50 % เบอร์ 409 tex

ผลการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงขาด พบว่าเส้นด้ายใยไฟ 100 % มีความแข็งแรงที่สุดคือ มีค่าเฉลี่ยของความต้านทานต่อแรงดึงขาด 36.5 cN/tex มีค่ายืดตัวก่อนขาด 24 % รองลงมาคือเส้นด้ายใยไฟผสม 70% มีค่าต้านทานต่อแรงดึงขาด 3.5 cN/tex มีค่ายืดตัวก่อนขาด 6% และ เส้นด้ายใยไฟผสม 50% มีค่าต้านทานต่อแรงดึงขาด น้อยที่สุด 2.8 cN/tex มีค่ายืดตัวก่อนขาด 5%

ผลการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงขาด พบว่าผืนผ้าใยไฟผสม 70 % มีความแข็งแรงที่สุดคือ 2,427.9 cN/tex มีค่ายืดตัวก่อนขาด 20.83 % รองลงมาคือ ผืนผ้าใยไฟ 100% มีค่าเฉลี่ยของ

แรงต้านทานต่อแรงดึงขนาด 1,094.9 cN/tex มีค่ายืดตัวก่อนขาด 11.6% และ ผืนผ้าใยโฝผสม 50% มีค่าต้านทานต่อแรงดึงขนาด น้อยที่สุดคือ 35.64 cN/tex มีค่ายืดตัวก่อนขาด 11%

การทดสอบหาความหนาของผ้าพบว่าผืนผ้าใยโฝ 100% มีความหนามากสุด คือมีค่าเฉลี่ย 6.69 มิลลิเมตร รองลงมาคือผืนผ้าใยโฝผสม 50% มีความหนาเฉลี่ย 2.87 มิลลิเมตร และผืนผ้าใยโฝผสม 70% มีความบางที่สุดคือ มีค่าเฉลี่ย 1.69 มิลลิเมตร

ลักษณะทางกายภาพของเส้นด้ายพบว่า เส้นด้ายใยโฝผสม 50% ช่วยการยืดเกาะตัวของเส้นใยได้ดี มีการรัดตัวและเข้าเกลียวรวมตัวของใยโฝได้ง่ายขึ้น ส่งผลทำให้เส้นด้ายมีขนาดเล็กลงเมื่อเทียบกับเส้นด้ายใยโฝผสม 70% ซึ่งมีการยืดเกาะตัวของเส้นใยน้อยกว่า ส่งผลให้เส้นด้ายมีขนาดใหญ่กว่า จึงทำให้คุณภาพความต้านทานต่อแรงดึงขนาดได้สูงกว่าเส้นด้ายใยโฝผสม 50% สำหรับเส้นด้ายใยโฝ 100% ที่ผลิตด้วยวิธีการเย็บด้วยจักรอุตสาหกรรมพบว่าการยืดรวมตัวและเข้าเกลียวของเส้นใยด้วยเทคนิคการเย็บ และมีเส้นใยปรากฏขึ้นบนผิวภายนอกของเส้นด้าย

ลักษณะทางกายภาพของผืนผ้าพบว่า ผืนผ้าที่ทอจากด้ายพุ่งเส้นใยโฝผสม 50% มีการขัดกันของเส้นด้ายง่ายขึ้น และมีปริมาณเส้นใยโฝปรากฏขึ้นมาเพียงเล็กน้อยลักษณะผิวสัมผัสของผ้านุ่ม และเนื้อผ้ามีความบาง ผืนผ้าใยโฝทอจากเส้นด้ายพุ่งใยโฝผสม 70% มีปริมาณเส้นใยโฝปรากฏขึ้นมามากขึ้นและลักษณะเนื้อผ้าหนากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผืนผ้าที่ทอจากเส้นด้ายพุ่งใยโฝผสม 50% ผืนผ้าใยโฝทอมาจากเส้นด้ายพุ่งใยโฝ 100% มีปริมาณเส้นใยโฝปรากฏขึ้นมามากที่สุด และลักษณะเนื้อผ้าหนากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผืนผ้าที่ทอจากเส้นด้ายพุ่งใยโฝผสม 50% และ 70% ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ผ้าใยโฝขัดผิว

2.3.3 การแยกใยโฝด้วยการใช้แรงดันไอน้ำเพื่อใช้ทำเสื้อผ้า[10]

ในประเทศจีนได้มีผู้วิจัยนำโฝมาวิจัยการผลิตเป็นเส้นใยและทำเป็นเส้นด้ายมาถักทอเป็นผ้าชนิดต่าง ๆ เพื่อตัดเย็บเป็นเสื้อผ้าสวมใส่ ผ้าขนหนูเช็ดตัวและอื่นๆ วิธีการ คือ นำเอาต้นโฝมาตัดเป็นท่อน ๆ มีความยาวที่พอเหมาะที่จะนำมาถักทอเป็นเส้นใย แล้วนำไปอบไอน้ำเพื่อให้เนื้อโฝอ่อนนุ่ม จากนั้นนำไปกดปั่นให้เหลือแต่เส้นใย จากนั้นนำไปปั่นเป็นเส้นด้ายเหมือนกับกรรมวิธีปั่นเส้นใยฝ้าย แต่ทว่าเส้นใยที่ได้นี้มีคุณสมบัติที่เหนือกว่าผ้าฝ้ายมากทีเดียว ผ้าที่ผลิตขึ้นจากเส้นใยโฝโฝไม่มีความยืดหยุ่นดีกว่า นุ่มกว่า มีคุณสมบัติเป็นมันวาวใกล้เคียงกับผ้าไหม สามารถกำหนดความยาวของเส้นใยได้ตามต้องการ แต่เส้นใยฝ้ายมีความยาวของเส้นใยตายตัวตามธรรมชาติ ใยโฝโฝโพร่งกว่า ถ่ายเทอากาศได้ดีกว่า เมื่อตัดเป็นเสื้อผ้าสวมใส่จะให้ความรู้สึกเย็นสบายกว่า ทั้งนี้นำมาทดสอบเปรียบเทียบได้โดยการนำเส้นใยทั้งสองชนิดมาใส่ลงในแก้วน้ำ เส้นใยโฝจะจมคั้งลงในน้ำทันที แต่กับใยฝ้ายนั้นต้องกดจุ่มแช่ไว้นานกว่าน้ำจะซึมซับเข้าไปได้ ที่เห็นเป็นไปดั่งนี้นั้น เนื่องจากโครงสร้างของเส้นใยโฝนั้นประกอบไปด้วยโครงข่ายที่เป็นรูอากาศ

2.3.4 เทคนิคการแยกใยไผ่ด้วย Formacell, Sulfate และ Soda

รัตนา หม่อมณี [11] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนของไม้ไผ่ในการผลิตเยื่อกระดาษในโรงงานอุตสาหกรรม (Sustainable utilization of bamboo for pulp and paper manufacturing)

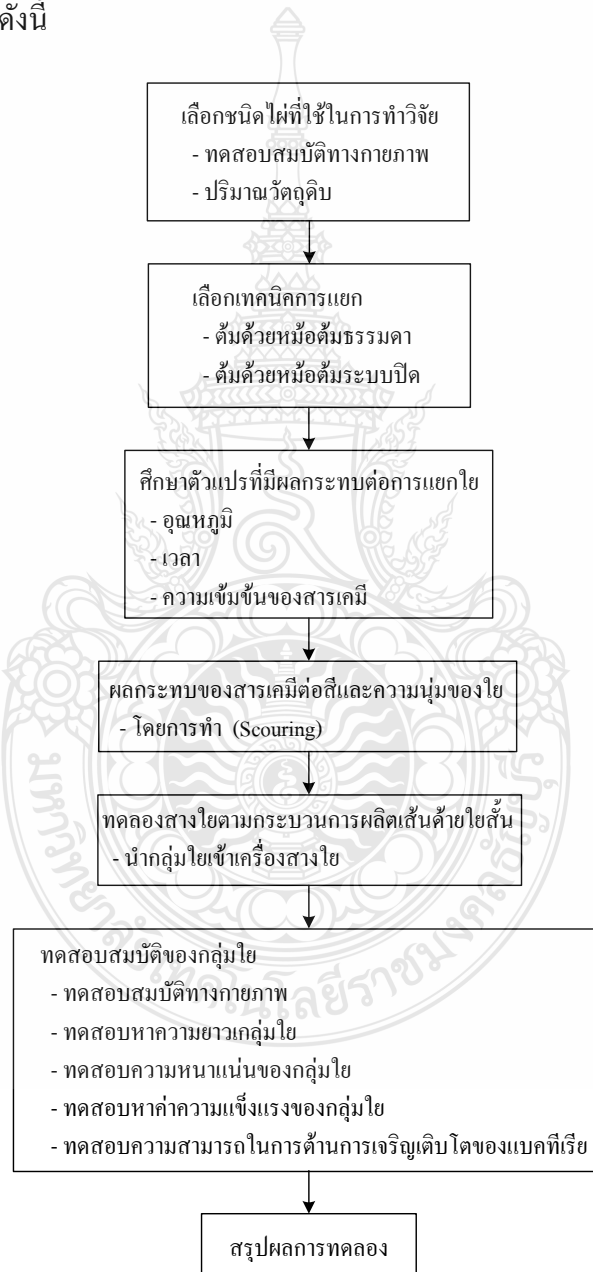
งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาการผลิตเยื่อกระดาษจากไผ่ด้วยกระบวนการ (Formacell) โดยใช้ Sulfate และ soda ในการแยกเยื่อ พบว่าการแยกเยื่อด้วย Soda ให้ผลดีกว่าการใช้ sulfate และพบว่าไผ่ทั้งหมดที่ทำการทดลอง 13 ชนิดมีอยู่ 5 ชนิด คือ ไผ่เหี้ยะ (*Cephalostachyum virgatum* Kurz) ไผ่สีสุก (*Bambusa blumeana* Schult) ไผ่ลำมะลอก (*Bambusa logispiculata* Kurz) ไผ่รวก (*Thysostachys simensis* Gamble) ไผ่ป่า (*Bambusa arundinaceus*) ให้ปริมาณเยื่อ ใย ความแข็งแรง และความขาวของ ใยสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยการศึกษาการแยกใยไผ่สีสุกเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบทางสิ่งทอ ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3.1 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 สถานที่ทำการทดลอง

- 1) สวนพันธุ์ไม้ ทัศนสถานเปิดบ้านเนินสูง กรมราชทัณฑ์ จังหวัดปราจีนบุรี
- 2) ส่วนวิจัยเชื้อกระดาษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ
- 3) ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- 4) บริษัท นันยางอุตสาหกรรม จำกัด
- 5) บริษัท Thai Toray Synthetics จำกัด
- 6) บริษัท Thai acrylic fiber จำกัด
- 7) ศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1) ไม้สีสุก อายุประมาณ 2-3 ปี
- 2) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
- 3) สบู่ (EPN)
- 4) โซเดียมไบคาร์บอเนต (Na_2CO_3)
- 5) สารเพิ่มความนุ่ม (Softener)
- 6) น้ำกลั่น
- 7) เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electronic balance)
- 8) กระจกตวง
- 9) บีกเกอร์
- 10) เลื่อยตัดไม้ไฟฟ้า
- 11) เครื่องสลัดน้ำ
- 12) หม้อต้มระบบปิดชนิดปรับอุณหภูมิและเวลาในการต้มได้
- 13) เครื่องทดสอบสมบัติเส้นใย (Fiber testing)
- 14) เครื่องสายใยเพื่อกระจายเส้นใย (Mini carding machine)
- 15) เครื่อง Microscopic slide & Cover slip
- 16) เครื่องตรวจขยายภาพตัดขวาง (Scanning electron microscope)
- 17) เครื่องทดสอบความเหนียว (Tensile strength tester)
- 18) เครื่องทดสอบความหนาแน่น (Melt Density)

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.3.1 การเลือกชนิดไม้ที่ใช้ในการทำวิจัย

1) อ้างตามผลการวิจัยของกรมป่าไม้ [11] โดยการทดสอบแยกเส้นใยเพื่อใช้ในการนำเชื้อกระดาษพบว่า มีไม้อยู่ 5 ชนิด ที่มีปริมาณของเส้นใยและความยาวของเส้นใยมีคุณภาพดีกว่าจากทั้งหมด 13 ชนิดพันธุ์ คือ

- ไม้เอี้ยะ (*Cephalostachyum virgatum* Kurz)
- ไม้สีสุก (*Bambusa blumeana* Schult)
- ไม้ลำมะลอก (*Bambusa logispiculata* Kurz)
- ไม้รวก (*Thysostachys simensis* Gamble)
- ไม้ป่า (*Bambusa arundinaceus*)

ผลการวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยได้เลือกใช้ไม้สีสุกในการทำการศึกษาการแยกใย เนื่องจากไม้สีสุกมีอยู่ทั่วไปทุกภูมิภาคของประเทศและหาได้ง่ายที่สุด

2) ศึกษาสมบัติทางกายภาพของไม้สีสุกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscopic :OM) โดยดูภาพตัดตามยาว (Cross section) และภาคตัดตามขวาง(Long section) ของไม้



ภาพที่ 3.2 กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscopic : OM)

3.3.2 เทคนิคการแยก

1) การเตรียมไม้

- ตัดไม้ไผ่สีสุก อายุ 2-3 ปี ที่ได้มาจากสวนพันธุ์ไม้ ทัศนสถานเปิดบ้านเนินสูง กรมราชทัณฑ์ จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งไม้ที่ได้มานั้นได้ตัดเอาส่วนปลายที่มีใบติดอยู่และส่วนกิ่งตามข้อ ที่มีหนามออกให้ได้ความยาวประมาณ 12-14 เมตร ตามแสดงในภาพ 3.3



ภาพที่ 3.3 ไม้สีสุกอายุ 2-3 ปี

- ใช้เลื่อยไฟฟ้าตัดลำไม้ไผ่เป็นท่อนๆ ให้ได้ความยาวท่อนละ 9 เซนติเมตร ตามความยาวของต้นไผ่โดยไม่ปลอกเปลือก และจะไม่มีส่วนของข้อไผ่รวมอยู่ด้วยตามแสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 เครื่องตัดไม้ให้้ความยาวที่กำหนด

- นำท่อนไผ่มาทำการตัดตามยาวทอนให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ตามแสดงในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ชิ้นไผ่สีสุก

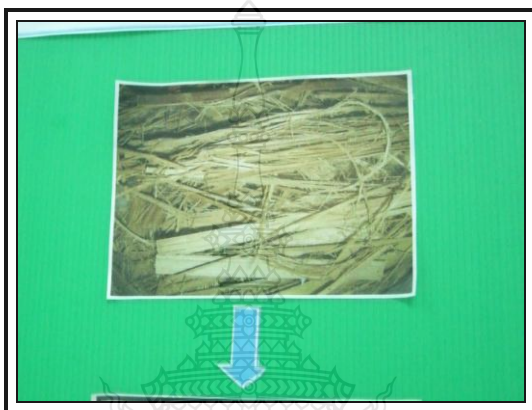
2) ทดลองต้มด้วยหม้อต้มธรรมดาโดยนำไผ่สีสุกนำมาต้มโดยใส่หม้อต้มขนาด 12 นิ้ว ซึ่งใช้เตาแก๊สเป็นตัวให้ความร้อน ในการต้มแต่ละครั้งใช้ปริมาณไผ่ 200 กรัม ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส อัตราส่วนไผ่ต่อสารละลายไซโตซินได้ด้วยอุณหภูมิ 1 : 10 และความเข้มข้นของสารละลาย ร้อยละ 5 ซึ่งใช้เวลาในการต้มประมาณ 3 ชั่วโมงไผ่ที่ต้มยังคงสภาพเดิมนิ่มลงเล็กน้อย



ภาพที่ 3.6 หม้อต้มไผ่ด้วยเตาแก๊ส

3) การแยกเส้นใยโดยกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ (Formacell process) [10]

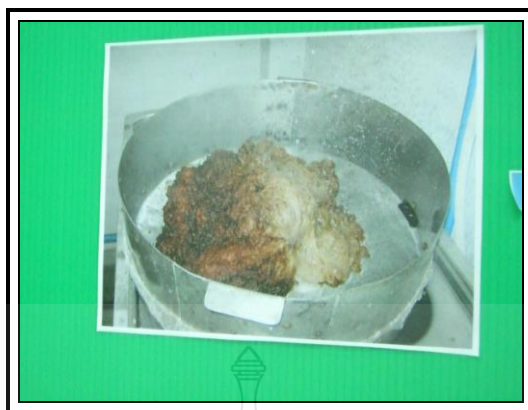
กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษของกรมป่าไม้ได้ใช้ชุดเครื่องผลิตเยื่อกระดาษขนาดทดลองประกอบไปด้วยหม้อต้มระบบปิดที่สามารถปรับอุณหภูมิในการต้มได้ถึง 300 องศาเซลเซียส เครื่องตีเยื่อกระดาษ และ เครื่องสลัดน้ำ โดยการผลิตกระดาษจากไม้ของกรมป่าไม้นั้นได้ใช้เศษไม้ที่เหลือใช้จากโรงงานทำตะเกียบ ซึ่งมีกระบวนการผลิตดังแสดงในภาพที่ 3.7 ถึงภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.7 เศษไม้ที่เหลือใช้จากโรงงานทำตะเกียบ



ภาพที่ 3.8 นำเศษไม้ใส่หม้อต้ม



ภาพที่ 3.9 ล้างเชื้อไฟด้วยน้ำอุ่น



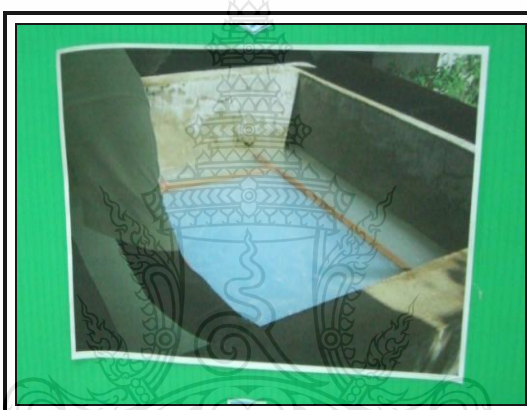
ภาพที่ 3.10 นำเชื้อไฟที่ได้เข้าเครื่องสกัดเอาน้ำออก



ภาพที่ 3.11 เชื้อไฟที่ได้หลังการต้ม



ภาพที่ 3.12 นำเยื่อไฟที่ได้มาเข้าเครื่องตีเพื่อกระจายเยื่อ



ภาพที่ 3.13 นำแบบไม้มาซ้อนเอาเยื่อไฟโดยกระจายให้เต็มแบบไม้



ภาพที่ 3.14 นำแบบไม้ที่มีเยื่อกระดาษมาตาก



ภาพที่ 3.15 ลอกกระดาษออกจากแบบไม้แล้วนำไปฟุ้งลม

3.3.3 ศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบท่อการแยกใยไฟ

โดยทำการต้มไฟกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในอัตราส่วน 1:3 เวลาที่ใช้ 90 นาที ซึ่งต้มด้วยหม้อต้มระบบปิด ดังแสดงในภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 เครื่องต้มแยกเยื่อระบบปิด

หม้อต้มเป็นชนิดที่ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าสามารถตั้งอุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 300 องศาเซลเซียส และขณะที่ต้มหม้อต้มจะหมุนตัวไปด้วยในอัตราการหมุน 3 รอบต่อนาที การต้มแยกเยื่อนี้ ได้ใช้ความเข้มข้นและอุณหภูมิที่แตกต่างกันตามกระบวนการต้มไฟ โดยจะใช้ความเข้มข้นและอุณหภูมิ ดังนี้

ไฟ	200 กรัม
สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น	5%, 10% และ 15%
อุณหภูมิ	100°C, 120°C, และ 150°C

ขั้นตอนการต้มไฟ

- 1) ทำการชั่งน้ำหนักไฟให้ได้น้ำหนัก 200 กรัม แล้วนำไฟใส่หม้อต้ม แสดงในภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.17 นำชิ้นไฟใส่หม้อต้ม

- 2) ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ และตวงน้ำกลั่นตามเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นตามที่กำหนดไว้ แสดงในภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยเครื่องชั่ง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3) นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ และน้ำกลั่นที่เตรียมใส่หม้อต้ม แสดงในภาพที่ 3.19 และภาพที่ 3.20



ภาพที่ 3.19 นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ ใส่หม้อต้มน้ำ



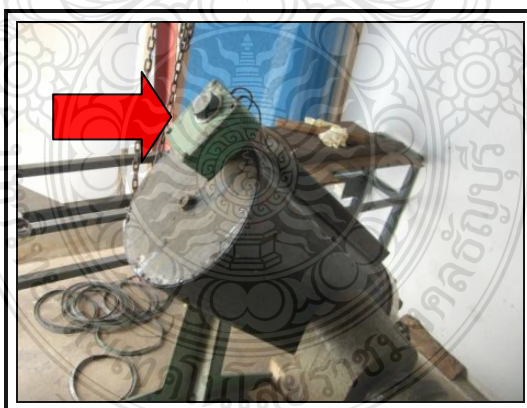
ภาพที่ 3.20 นำน้ำกลั่นใส่หม้อต้ม

4) จากนั้นปิดฝาหม้อต้มแสดงในภาพที่ 3.21



ภาพที่ 3.21 ปิดฝาหม้อต้ม

5) ทำการปรับอุณหภูมิที่ต้องการต้ม จากนั้นเปิดสวิทช์เดินเครื่องแสดงในภาพที่ 3.21 และภาพที่ 3.22



ภาพที่ 3.22 ปรับตั้งอุณหภูมิ



ภาพที่ 3.23 เปิดสวิตช์เดินเครื่อง

6) ทำการเปิดเครื่องและให้สังเกตอุณหภูมิจากเกจวัดอุณหภูมิว่าอุณหภูมิถึงระดับที่ต้องการแล้วเริ่มจับเวลาซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ควบคุมเวลาที่ 90 นาที จากนั้นจึงปิดเครื่อง

7) เปิดวาล์วลดแรงดันภายในหม้อต้มให้เท่ากับสภาวะห้องทดลอง (Room condition) จึงค่อยเปิดฝาหม้อต้มออกแสดงในภาพที่ 3.24



ภาพที่ 3.24 เปิดวาล์วลดแรงดันภายในหม้อต้ม

8) เมื่อต้มเสร็จแล้วเอาไม้ที่ได้ไปล้างเอาค้างออกด้วยน้ำเปล่า ตามแสดงในภาพที่ 3.25



ภาพที่ 3.25 ล้างเอาค้างออกด้วยน้ำเปล่า

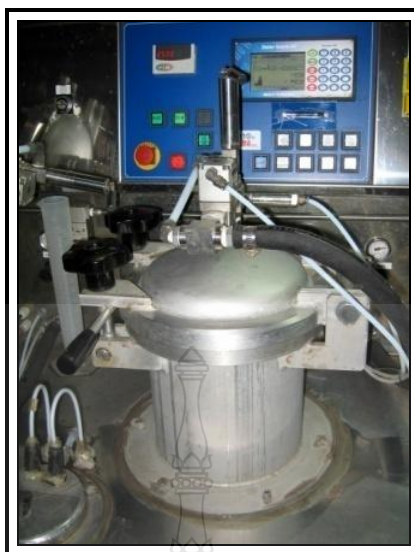
9) จากนั้นนำกระจุกกลุ่มใยที่ได้ไปทำการสลัดเอาน้ำออก ก่อนนำไปทำความสะอาดในขั้นตอนต่อไป แสดงในภาพที่ 3.26



ภาพที่ 3.26 เครื่องสลัดน้ำ

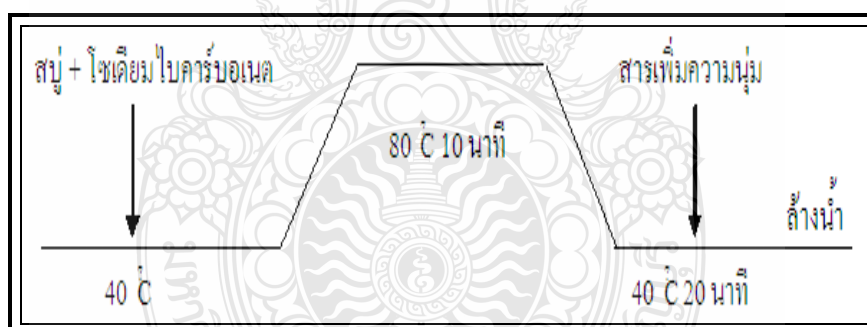
3.3.4 ผลกระทบของสารเคมีต่อสีและความนุ่มของใย

นำกระจุกกลุ่มใยที่ผ่านการต้มมาแล้ว มาทำความสะอาด โดยกระบวนการทำ Scouring ซึ่งใช้ สบู่โซเดียมไบคาร์บอเนต และสารเพิ่มความนุ่ม (Softener) ในการทำความสะอาดใยโดยใช้ กระจุกกลุ่มใย 100 กรัม ต่อ น้ำ ผสมสารละลาย 1 ลิตร และใช้ความเข้มข้นที่ต่างกัน ซึ่งใช้เครื่องทำความสะอาดเส้นใย ขนาดห้องปฏิบัติการของบริษัท นันยางการทออุตสาหกรรม แสดงในภาพที่ 3.27



ภาพที่ 3.27 เครื่องทำความสะอาด (Scouring) ขนาดห้องปฏิบัติการ

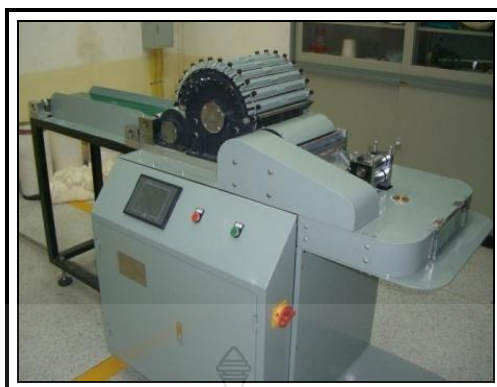
ขั้นตอนการเติมสารเคมีทำความสะอาดใยได้ใช้ปริมาณของสารเคมีแตกต่างกันดังแสดง
ในภาพที่ 3.28



ภาพที่ 3.28 การเติมสารเคมีทำความสะอาดใย

3.3.4 การทดลองวางใยตามกระบวนการผลิตเส้นด้ายใยสั้น

นำกระจุกกลุ่มใยที่ได้เข้าเครื่องวางใย (Mini carding machine) เพื่อแยกใยอีกครั้งให้ได้ขนาดของเส้นใยที่เล็กลงตามแสดงในภาพที่ 3.29 และเส้นใยหลังการวางใยแสดงในภาพที่ 3.30



ภาพที่ 3.29 เครื่องสางใย (Mini carding machine)



ภาพที่ 3.30 กลุ่มใยไฟที่ได้หลังจากเครื่องสางใย

3.3.6 การทดสอบสมบัติของใย

- 1) ทำการทดสอบทางกายภาพของเส้นใยและวัดขนาดของใยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) (SEM) ดังแสดงในภาพที่ 3.31



ภาพที่ 3.31 เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

- วิธีการทดสอบสมบัติทางกายภาพของใย

เริ่มจากการเคลือบเส้นใยด้วยทอง (Coater) ด้วยเครื่อง Auto fine coat รุ่น JFC-1600 เนื่องจากการทำงานของเครื่อง Scanning Electro Microscope ซึ่งมีการถ่ายภาพขยายได้ละเอียดถึง 2000 เท่าด้วยหลักการถ่ายภาพด้วยใช้คลื่นอิเล็กตรอนจึงจำเป็นต้องมีการเคลือบตัวอย่างเส้นใยก่อนเข้าเครื่อง Scanning Electro Microscope ดังแสดงในภาพที่ 3.32



ภาพที่ 3.32 การเคลือบเส้นใยด้วยทอง (Coater)

จากนั้นเปิดโถแก้วครอบช่องใส่ตัวอย่างออก นำตัวอย่างที่ต้องการทำการเคลือบวางบนแท่นวางตัวอย่างและปรับความสูงของหัวเคลือบให้ห่างกัน 35 มิลลิเมตร จากนั้นปิดโถแก้วครอบช่องใส่ตัวอย่าง (ดูโถแก้วให้วางในตำแหน่งสมมาตรกับยางรอง) เปิดสวิตซ์การทำงานของเครื่องและสังเกตหลอดไฟ Pa บนเครื่องหยุดนิ่ง เลือกปรับกระแสไฟ ที่ต้องการใช้งาน

เลือกปุ่ม SEC เพื่อตั้งเวลาในการเคลือบหลังจากนั้นกดปุ่ม Pa เลือกโหมดการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ (Auto) และกดปุ่ม START เครื่องจะเริ่มทำงานหลังจาก ตัวเลขของสูญญากาศต่ำกว่า 5 Pa รอจนกระทั่งเครื่องเริ่มทำงาน (สังเกตได้จากแสงขณะกำลังเคลือบ) เมื่อเคลือบเสร็จให้ปิดเครื่อง จากนั้นนำตัวอย่างออกจากช่องใส่ตัวอย่าง

นำตัวอย่างไปเข้าเครื่อง Scanning Electro Microscope เพื่อดูภาพถ่ายโดยมีขั้นตอนดังนี้

การเปิดเครื่องเริ่มต้นด้วยการเปิดเครื่องทำระบบน้ำเย็น หมุนกุญแจจากตำแหน่ง O ไปตำแหน่ง I และหมุนไปตำแหน่ง START ค้างไว้ 5 วินาที หลังจากนั้นให้ปล่อยกุญแจ กุญแจจะกลับมาตำแหน่ง I รอ 30 วินาที หลังจากนั้นให้เปิดคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ “JSM-6510” รอโปรแกรมสักครู่ หลังจากนั้นจะปรากฏโปรแกรมขึ้นมาพร้อมใช้งาน

- การใส่ตัวอย่าง และ ชี้นำงาน

กดปุ่ม “VENT” หลังจากนั้นรอให้ไฟแสดงสถานะที่ตัวเครื่องติดนิ่งเปิดช่องใส่ตัวอย่างออกมอย่างช้าๆ อย่าฝืนเปิด หากมีความผิดปกติขณะเปิดช่องใส่ตัวอย่างทำการยึดตัวอย่างที่จะใช้งานกับแท่นยึดชิ้นงานให้แน่น นำแท่นยึดชิ้นงาน ไปใส่กับตัวรับแท่นยึดชิ้นงาน และยึดให้แน่น นำตัวรับแท่นยึดชิ้นงาน ไปใส่ในช่องใส่ตัวอย่างอย่างระมัดระวัง พร้อมปิดให้แน่น จากนั้นใส่ค่าความสูงของตัวอย่างที่ สูงพ้นจากขอบของ ตัวรับแท่นยึดชิ้นงาน

กดปุ่ม EVAC หลังจากนั้นรอให้ไฟแสดงสถานะ HT Ready เป็นสีน้ำเงินที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

- การเลื่อนที่ตัวอย่าง และการปรับภาพ

กดปุ่มสถานะ HT Ready ที่เป็นสีน้ำเงินหนึ่งครั้ง ปุ่มสถานะ HT Ready จะเปลี่ยนเป็น สีเขียว เพื่อแสดงให้ทราบว่ากำลังจ่ายอิเล็กตรอนอยู่ กดปุ่ม Scan 1 และ 2 สังเกตที่จอภาพจะปรากฏภาพของตัวอย่างขึ้นมา (ถ้าหากไม่มีภาพให้ทำขั้นตอน Alignment)

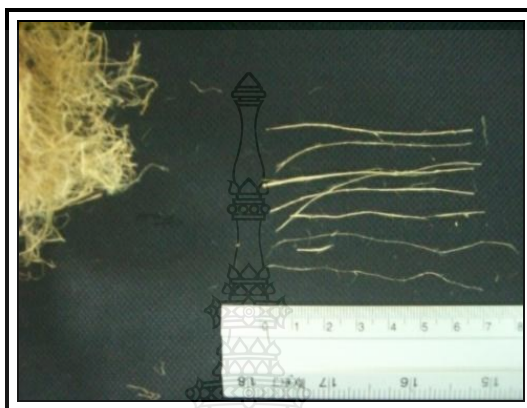
ให้เลื่อนตัวอย่างไปตามตำแหน่งที่ต้องการดู โดยการปรับเลื่อนที่แกน X , Y , Z , T , R การปรับภาพ ให้เริ่มปรับ ที่ปุ่ม Focus ก่อน โดยปรับให้ได้รูป ชัดที่สุด หลังจากนั้นปรับที่ปุ่ม Stig X และ Stig Y โดยปรับให้ได้รูป ชัดที่สุด ให้ปรับกำลังขยายของรูปที่ต้องการดู โดยปรับที่ Mag+ และ Mag- ให้ปรับ Focus และ Stig ตามข้อ 5 และ ข้อ 6 จนได้รูปที่คมชัดตามความต้องการ ปรับความสว่างและ ความเข้มของรูป ด้วยปุ่ม Contrast และ Brightness ตามต้องการ กด Scan 3 และ 4 เพื่อทำการบันทึกภาพของตัวอย่างที่ได้ ปรับเรียบร้อยแล้ว ทำการบันทึกภาพลงคอมพิวเตอร์ ตามต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 3.33



ภาพที่ 3.33 ขั้นตอนการถ่ายภาพขยาย

2) ทำการทดสอบความยาวของใย (Fiber length test)

ด้วยการวัดด้วยมือโดยทำการทาพาราฟินเหลวบนแผ่นพลาสติกใสให้เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ซึ่งวางอยู่บนแผ่นกำมะหยี่สีดำ ใช้เข็มจับกลุ่มใยบนแผ่นพลาสติกใสให้เหยียดตรง จากนั้นวัดความยาวกลุ่มใยด้วยไม้บรรทัดเหล็กที่มีความละเอียดเป็นมิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.34



ภาพที่ 3.34 การวัดความยาวกลุ่มใย

3) ทำการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของใย (Fiber strength)

โดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งแรงเส้นใยเดี่ยว (Single fiber) เป็นเครื่องทดสอบอัตโนมัติโดยควบคุมการทดสอบแรงดึงและอัตราการยืดตัวของเส้นใยด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่สอดคล้องกับโปรแกรมการจับเส้นใยแบบใช้อากาศอัด (Compressed air actuated clamps) ตามมาตรฐาน ASTM D 3822-07 เส้นใยจะถูกดึงอย่างต่อเนื่องจนขาด และจะเคลื่อนตัวกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นโดยอัตโนมัติและจะแสดงผลการทดสอบออกมาทางชุดบันทึกข้อมูลของระบบคอมพิวเตอร์ดังแสดงในภาพที่ 3.35



ภาพที่ 3.35 เครื่อง Tensile Strength Tester

4) การวัดความหนาแน่นของใย (Density)

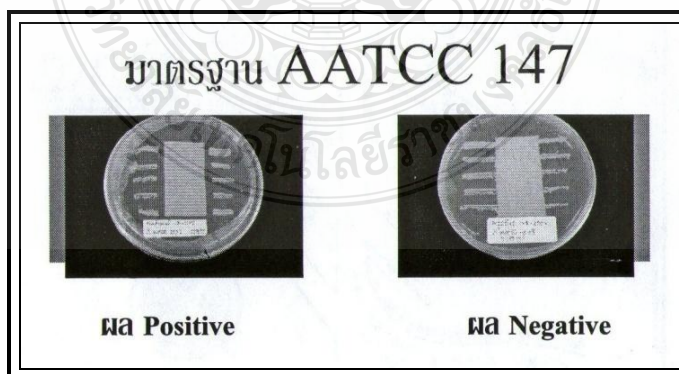
โดยการนำเส้นใยไปทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความหนาแน่น (Melt density) Meltler toledo รุ่น XP 105 DR ตามแสดงในภาพที่ 3.36



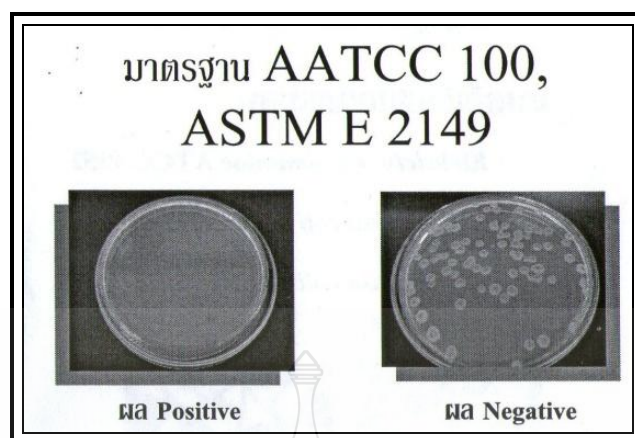
ภาพที่ 3.36 เครื่องทดสอบความหนาแน่น (Melt density)

5) การทดสอบความสามารถในการต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

การทดสอบการต้านแบคทีเรียตามมาตรฐาน AATCC 147 และการทดสอบเชิงปริมาณตามมาตรฐาน AATCC 100 โดยส่งไปทดสอบที่ศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ดังแสดงในภาพที่ 3.37 และ ภาพที่ 3.38



ภาพที่ 3.37 การทดสอบในเชิงคุณภาพตามมาตรฐาน AATCC 147



ภาพที่ 3.38 การทดสอบเชิงปริมาณตาม มาตรฐาน AATCC 100



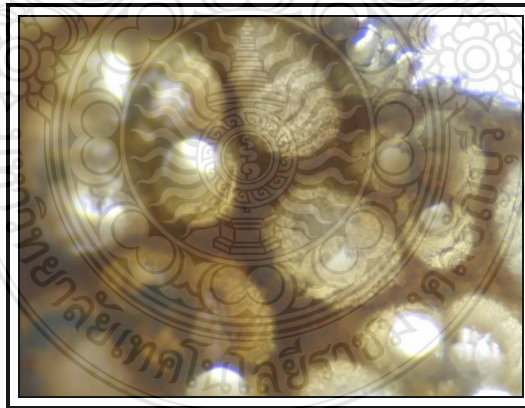
บทที่ 4

ผลการทดลอง

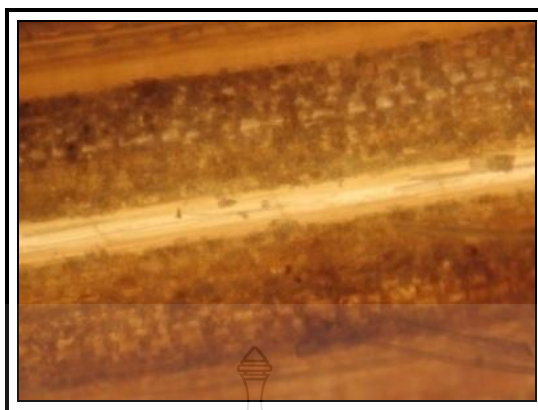
4.1 ผลการเลือกชนิดไผ่ที่ใช้ในการทำวิจัย

4.1.1 จากผลการวิจัยของกรมป่าไม้ในการทดลองแยกเส้นใย ผู้วิจัยได้เลือกไม้ไผ่สีสุกมาทำการทดลองแยกใยเนื่องจากหาได้ง่ายและอ้างถึงผลการวิจัยของกรมป่าไม้ [10] โดยการทดสอบแยกเส้นใยเพื่อใช้ในการนำเยื่อกระดาษพบว่า มีไผ่อยู่ 5 ชนิด ที่มีปริมาณของเส้นใยและความยาวของเส้นใยมีคุณภาพดีกว่าจากทั้งหมด 13 ชนิดพันธุ์ คือ ไผ่เอี้ยะ (*Cephalostachyum virgatum* Kurz) ไผ่สีสุก (*Bambusa blumeana* schult) ไผ่ลำมะลอก (*Bambusa logispiculata* Kurz) ไผ่รวก (*Thysostachys simensis* Gamble) และ ไผ่ป่า (*Bambusa arundinaceus*)

4.1.2 จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของไผ่มีลักษณะตามภาพตัดขวางแสดงให้เห็นว่าเนื้อไผ่ประกอบไปด้วยกลุ่มของใยจำนวนมากหลายๆ กลุ่ม แต่ละกลุ่มของเส้นใยมีเส้นใยขนาดเล็กเกาะตัวกันเป็นจำนวนมาก ซึ่งเส้นใยขนาดเล็กมีลักษณะเป็นทรงกลมมีรูตรงกลาง ขนาดของเส้นใยมีขนาดไม่เท่ากัน ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ภาพตัดตามขวาง (Cross Section)



ภาพที่ 4.2 ภาพตัดตามยาว (Long section)

จากภาพตัดความยาวที่แสดงให้เห็น ใยจำนวนมากเกาะตัวกันเป็นแถวตลอดความยาวของเนื้อไม้ที่ตัด

ดังนั้นจากการทดสอบสมบัติดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ใฝ่สีสุกสามารถนำมาทำการวิจัยครั้งนี้ได้

4.2 ผลการเลือกเทคนิคการแยก

4.2.1 ผลการทดลองต้มด้วยหม้อต้มธรรมดา

จากการต้มใฝ่ด้วยหม้อธรรมดาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยใช้ความเข้มข้น 10 % ในอัตราส่วนใฝ่กับสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1:10 ในการทดลองใช้เวลา 3-4 ชั่วโมงในการต้มไม่สามารถแยกใฝ่ออกมาได้

4.2.2 จากการทดลองต้มด้วยหม้อต้มเชื้อใฝ่ในกระบวนการผลิตเชื้อกระดาษของกรมป่าไม้ [10] พบว่า ต้องใช้อุณหภูมิในการต้มสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส จึงสามารถแยกใฝ่ออกได้ และพบว่าการต้มใช้ระบบหม้อต้มแบบปิด สามารถลดระยะเวลาในการต้มและลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ลงได้เป็นอัตราส่วนของใฝ่ต่อสารละลายเท่ากับ 1:3

4.2.3 จากการทดลองต้มใฝ่ในการเตรียมใฝ่ที่ใช้ในการต้มได้ทดลองตัดใฝ่ตามขนาดและความยาวที่ต่างกันเพื่อต้มดังนี้

1) ชิ้นใฝ่ขนาด 5 เซนติเมตร×5เซนติเมตร ผลการทดลอง ใฝ่ที่ต้มได้ยังมีความแข็งแรง กลุ่มของใฝ่ไม่แตกตัว และใช้เวลามากกว่า 4-5 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ชิ้นไผ่ขนาด 5 เซนติเมตร×5เซนติเมตร

2) ชิ้นไผ่ยาว 30 เซนติเมตร×3 มิลลิเมตร ผลการทดลองต้มด้วยวิธีนี้ไผ่สามารถแยกกระดูกกลุ่มไผ่ได้แต่ความยาวที่ได้มีความยาวเกินกว่าความยาวของขงใยที่ต้องการ ซึ่งต้องนำไปตัดอีกครั้งเพื่อให้ได้ความยาวที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการปั่นด้ายใยสั้น ดังแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ท่อนยาว 30 เซนติเมตร×3 มิลลิเมตร

3) ชิ้นไผ่ยาว 9 เซนติเมตร×3 มิลลิเมตร ผลการต้มไผ่สามารถแยกกระดูกกลุ่มของใยได้ตามความยาวที่ต้องการ ดังนั้นขนาดของชิ้นไผ่ที่ใช้ในการทำการทดลองครั้งนี้จึงใช้ชิ้นไผ่ที่มีความยาว 9 เซนติเมตร และความหนา 3 มิลลิเมตร จึงเหมาะสมที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ชิ้นไผ่ยาว 9 เซนติเมตร×3 มิลลิเมตร

4.3 ผลการศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการแยกใย

4.3.1 ผลการต้มชิ้นไผ่กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วน 1:3 โดยปริมาณ และใช้เวลา 90 นาที ซึ่งใช้ความเข้มข้น 5% และอุณหภูมิ 100,120 และ 150 องศาเซลเซียส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการต้มด้วยความเข้มข้น 5%

อุณหภูมิที่ใช้	ลักษณะของไม้ไผ่
100 °C	เป็นท่อนนุ่มเล็กน้อย(ดังภาพที่ 4.6)
120 °C	เป็นท่อนนุ่มเล็กน้อย(ดังภาพที่ 4.6)
150 °C	เป็นท่อนนุ่มเล็กน้อย(ดังภาพที่ 4.6)

จากผลการทดลองดังกล่าวที่อุณหภูมิที่ใช้ต้มทั้ง 100,120 และ 150 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้น 5% ยังไม่สามารถทำให้ชิ้นไผ่แตกตัวได้ เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการแตกตัวของใยได้

4.3.2 ผลการต้มชิ้นไผ่กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:3 โดยใช้เวลา 90 นาที โดยใช้ความเข้มข้น 10% และอุณหภูมิ 100,120 และ 150 องศาเซลเซียส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการต้มด้วยความเข้มข้น 10%

อุณหภูมิที่ใช้	ลักษณะของไม้ไผ่
100 °C	เป็นท่อนนุ่มเล็กน้อย (ดังภาพที่ 4.6)
120 °C	แยกตัวเป็นกระจุกกลุ่มใย (ดังภาพที่ 4.7)
150 °C	เปื่อยยุ่ยเป็นใยขนาดเล็กและสั้น (ดังภาพที่ 4.8)

จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ไม้ไผ่มีการแตกตัวออก แต่ยังคงเกาะรวมตัวกันเป็นกระจุกกลุ่มใย ด้วยความเข้มข้นนี้ทำให้เกิดการแตกตัวของใยแต่อุณหภูมิที่ใช้สูงเกินไปทำให้ใยเปื่อยเกินไป หลังจากนั้นนำกระจุกกลุ่มใยที่ได้ไปปรับปรุงสมบัติเพิ่มเติมในขั้นตอนต่อไปได้

4.3.3 ผลการต้มชิ้นไม้กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอัตรา 1:3 ใช้เวลา 90 นาที โดยใช้ความเข้มข้น 15% และอุณหภูมิ 100,120 และ 150 องศาเซลเซียส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการต้มด้วยความเข้มข้น 15%

อุณหภูมิที่ใช้	ลักษณะของไม้
100 °C	เปื่อยยุ่ยเป็นใยขนาดเล็กและสั้น (ดังภาพที่ 4.8)
120 °C	เปื่อยยุ่ยเป็นใยขนาดเล็กและสั้น (ดังภาพที่ 4.8)
150 °C	เปื่อยยุ่ยเป็นใยขนาดเล็กและสั้น (ดังภาพที่ 4.8)

จากผลการทดลองต้มด้วยความเข้มข้น 15% และอุณหภูมิ 100,120 และ 150 องศาเซลเซียส เห็นได้ว่าไม้ไผ่เปื่อยและแตกเป็นใยขนาดเล็ก อันเนื่องมาจากความเข้มข้นของสารเคมีสูงเกินไปทำให้ใยแตกตัวเกินความต้องการซึ่งไม่สามารถนำเส้นใยมาใช้ในการงานอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ แต่สามารถนำไปใช้ทำเยื่อกระดาษได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.6 ภาพที่ 4.7 และภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.6 ผลชันไม้ที่เป็นท่อนนุ่ม



ภาพที่ 4.7 ผลชันไม้ที่แยกตัวเป็นกระจุกกลุ่มใย



ภาพที่ 4.8 ผลชันไม้ที่ใยเปื่อยยุ่ยเป็นใยขนาดเล็กและสั้น

4.4 ผลกระทบของสารเคมีต่อสีและความนุ่มของใย

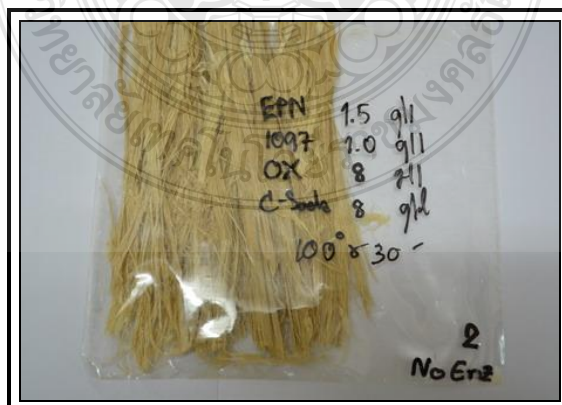
นำกระจุกกลุ่มใยที่แยกได้จากกระบวนการต้มมาทำการทำความสะอาดใยอีกครั้งด้วยกระบวนการปรับสมบัติของเส้นใย (Scouring) เห็นได้ว่ากระจุกกลุ่มของใยมีการแตกตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและสีของกระจุกกลุ่มใยขาวขึ้นและมีความนุ่มขึ้นด้วย แต่ยังคงสภาพของกระจุกกลุ่มใยดั้งเดิม ใกล้เคียงกันทั้ง 4 วิธี ดังนี้

1) ผลกระจุกกลุ่มใยไฟที่ผ่านการทำความสะอาดใยด้วย EPN 1.5 g/L, สบู่(1097) 1.5 g/L ผสมสารปรับความนุ่ม (OX) 6 g/L และ C-soda 6 g/L



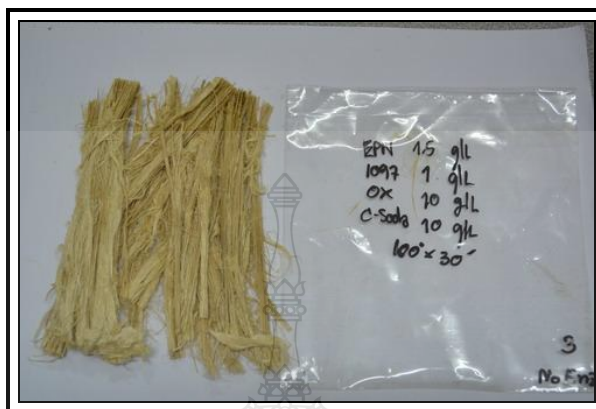
ภาพที่ 4.9 ผลกระจุกกลุ่มใยไฟที่ใช้สารปรับความนุ่ม (OX) 6 g/L และ C-soda 6 g/L

2) ผลกระจุกกลุ่มใยไฟที่ผ่านการทำความสะอาดใยด้วย EPN 1.5 g/L, สบู่(1097) 1.5 g/L ผสมสารปรับความนุ่ม (OX) 8 g/L และ C-soda 8 g/L



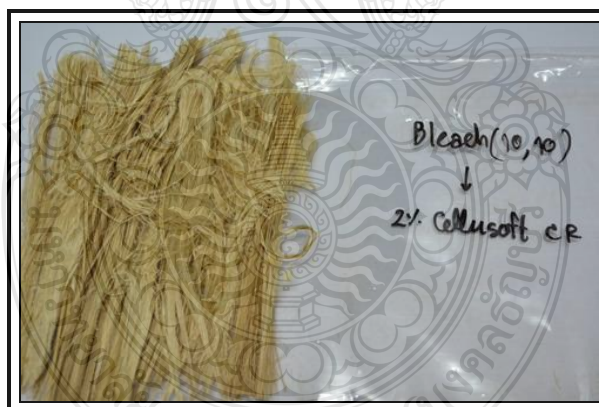
ภาพที่ 4.10 ผลกระจุกกลุ่มใยไฟที่ใช้สารปรับความนุ่ม (OX) 8 g/L และ C-soda 8 g/L

3) ผลกระทบของกลุ่มใยไฟเบอร์ที่ผ่านการทำความสะอาดใยด้วย EPN 1.5 g/L, สบู่(1097) 1.5 g/L ผสมสารปรับความนุ่ม (OX) 10 g/L และ C-soda 10 g/L



ภาพที่ 4.11 ผลกระทบของกลุ่มใยไฟเบอร์ที่ใช้สารปรับความนุ่ม (OX) 10 g/L และ C-soda 10 g/L

4) ผลกระทบของกลุ่มใยไฟเบอร์ที่ผ่านการทำการทำความสะอาดใยด้วย สารฟอกขาว (Bleaching) ความเข้มข้น 10 % และเติมสารปรับความนุ่ม (Cellusoft) 2 % กลุ่มเส้นใยแตกตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



ภาพที่ 4.12 กระทบของกลุ่มใยไฟเบอร์ที่ผ่านการฟอกขาวและปรับความนุ่มด้วย (Cellusoft)

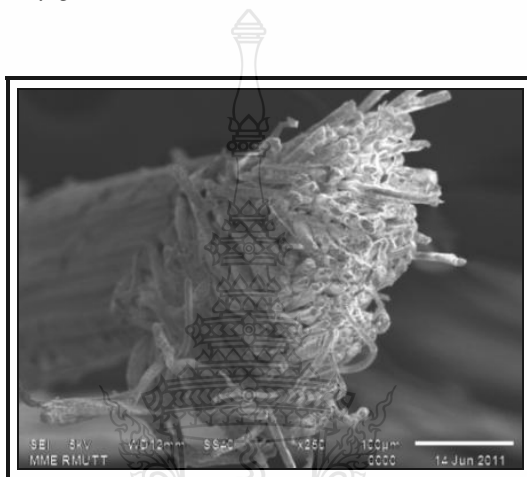
4.5 ผลการทดลองสาางใยตามกระบวนการผลิตเส้นด้ายใยสั้น

โดยนำกระทบกลุ่มใยที่แยกได้มาผ่านเครื่องสาางใย ผลที่ได้คือ กระทบกลุ่มใยที่ผ่านเครื่องสาางใยแตกตัวออกเป็นกลุ่มใยเท่านั้น ซึ่งไม่สามารถสาางเส้นใยออกมาเป็นใยเดี่ยวได้เนื่องจากเส้นใยเดี่ยวซึ่งมีขนาดเล็กยังเกาะตัวกันแน่น และกระทบของใยยังมีความแข็งกระด้าง เครื่องสาางไม่สามารถสาางใยออกได้

4.6 ผลการทดสอบสมบัติของกลุ่มใย

4.6.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกลุ่มใยไฟที่แยกได้

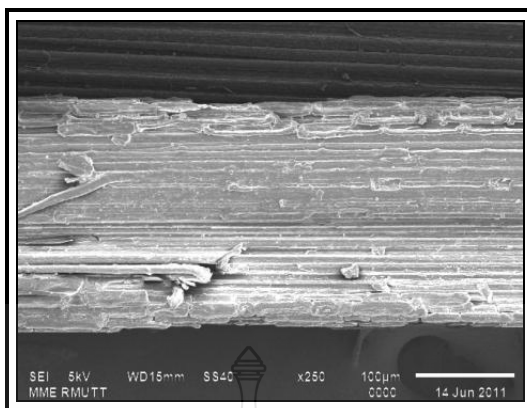
โดยส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด Scanning Electron Microscope (SEM) และกล้องจุลทรรศน์แบบแสง Optical Microscopic (OM) เห็นได้ว่าเส้นใยที่แยกได้มีลักษณะเป็นเส้นใยขนาดเล็กเกาะตัวกันเป็นกลุ่มของใย ขนาดของกลุ่มใยมีขนาดประมาณ 200 μm ดังแสดงในภาพที่ 4.13 ภาพที่ 4.14 และ ภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.13 ภาพตัดตามขวางกลุ่มใยด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด



ภาพที่ 4.14 ภาพตัดตามขวางกลุ่มใยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง



ภาพที่ 4.15 ภาพตัดตามขวางกลุ่มใยด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด

4.6.2 ผลการหาค่าความยาวของกลุ่มเส้นใย

จากการวัดความยาวด้วยมือ โดยการสุ่มวัดซึ่งใช้จำนวนตัวอย่างในการวัดเส้นใยทั้งหมด 20 ตัวอย่าง ความยาวสูงสุดที่วัดได้ 90.0 มิลลิเมตร ความยาวสั้นสุด 82.0 มิลลิเมตร ค่าความยาวเฉลี่ยที่ได้คือ 85.2 มิลลิเมตร ดังนั้นความยาวของกลุ่มเส้นใยที่แยกได้ มีความยาวเพียงพอสำหรับการนำเส้นใยไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ

4.6.3 ผลการทดสอบความแข็งแรงของกลุ่มเส้นใย

จากการทดสอบความแข็งแรงของกลุ่มเส้นใยด้วยเครื่องวัดความแข็งแรงเส้นใย Fiber strength ได้ค่าความแข็งแรงและมีอัตราการยืดตัว โดยเฉลี่ยของกลุ่มใยที่ทดสอบ จากทั้งหมด 5 ตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลทดสอบความแข็งแรงของเส้นใย (Fiber strength)

ชนิดของเส้นใย	ค่าความแข็งแรงของเส้นใย (Tenacity)	อัตราการยืดตัวของเส้นใย (Elongation)
เส้นใยไม้ไผ่	787 gf	2.5 %GL

ผลเฉลี่ยของการทดสอบว่าค่าความแข็งแรงและอัตราการยืดตัวของกลุ่มใยไม้ไผ่ที่แยกได้พบว่า กลุ่มใยที่ได้มีลักษณะ ความแข็งแรง และ อัตราการยืดตัวต่างกัน กลุ่มใยบางบางกลุ่มมีความแข็งแรงสูง แต่ อัตราการยืดตัวต่ำ และกลุ่มใยบางกลุ่มมีอัตราการยืดตัวสูง แต่ความแข็งแรงต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการที่แยกใยโดยไม่ได้กำหนดว่าเป็นใยจากลำไผ่ช่วง โคน กลาง หรือช่วงบนของลำไผ่

4.6.4 ผลการทดสอบความหนาแน่นของใย

จากการทดสอบความหนาแน่นของใยโดยการนำกลุ่มของใยไผ่มาหาค่าความหนาแน่นของกลุ่มใยด้วยเครื่องทดสอบความหนาแน่นใย Melt density ซึ่งส่งเส้นใยไปทำการทดสอบที่ห้องทดสอบของสาขาวิชาวิศวกรรมเส้นใยสังเคราะห์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ โดยการวัดความหนาแน่นด้วยการชั่งน้ำหนักเทียบกับความหนาแน่นของน้ำ ผลนั้น กลุ่มใยไผ่มีความหนาแน่น 0.368 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรดังนั้น ความหนาแน่นของกลุ่มใยมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ

4.6.5 ผลการทดสอบความสามารถในการต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรียใยไผ่

โดยการทดสอบในเชิงคุณภาพตาม มาตรฐาน AATCC 147 และ มาตรฐาน AATCC 100 โดยส่งไปทดสอบที่ ศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งผลทดสอบตาม มาตรฐาน AATCC 147 ได้ผลเป็น Positive คือสามารถต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ เนื่องจากมี อัตราการ เจริญเติบโตของแบคทีเรียต่ำมาก และการทดสอบเชิงปริมาณ ตาม มาตรฐาน AATCC 100 สามารถต้านทานการต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเชิงปริมาณ ได้ 99.81 % ซึ่งเป็นอัตราที่สูงมากเมื่อเทียบกับใยธรรมชาติอื่น เช่น ฝ้าย



บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ไฟลีสูกในการทำวิจัยเนื่องจากไฟลีสูกเป็นไฟที่หาได้ง่ายซึ่งมีอยู่ทั่วทั้งภูมิภาคของประเทศไทย และจากงานวิจัยของกรมป่าไม้ในการผลิตเยื่อกระดาษจากไฟลีสูกนั้นอยู่ในกลุ่มที่ผลการวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่ามีปริมาณเส้นใยและค่าความขาวของเส้นใยดีที่สุด 1 ใน 5 จากทั้งหมด 13 สายพันธุ์ที่ทำการวิจัย

จากการทดสอบสมบัติเบื้องต้นของไฟลีสูก โดยทดสอบสมบัติทางกายภาพด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์ พบว่าเนื้อไฟลีสูกประกอบไปด้วยกระจุกกลุ่มใยขนาดเล็กหลายๆ กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบไปด้วยใยขนาดเล็กเกาะรวมตัวกันอยู่ ซึ่งน่าจะทำการแยกใยได้และลักษณะทางกายภาพของเส้นใยมีความเหมาะสมในการนำมาทำใยเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอได้

การเลือกใช้เทคนิคการแยกเส้นใยไฟ จากการทดลองต้มไฟ ขนาดของไฟที่ทำการต้มมีผลกับการแยกตัวของใย ยิ่งท่อนไฟขนาดความยาว 9 เซนติเมตรและมีความหนา 3 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่สามารถแยกใยได้ดีที่สุดสำหรับการวิจัยนี้

การเลือกใช้วิธีการต้ม เพื่อแยกใย จากการทดลองต้มด้วยหม้อต้มธรรมดาโดยใช้เตาแก๊สเป็นตัวให้ความร้อน โดยต้มไฟที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งต้มโดยใช้เวลา 3 ชั่วโมง ใยไฟยังไม่แตกตัวออกเป็นใย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เลือกวิธีการต้มด้วยระบบปิด ซึ่งเป็นกระบวนการทำเยื่อกระดาษจากการศึกษากระบวนการผลิตจากกรมป่าไม้ และได้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การต้มของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ ส่วนวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ในการทำการทดลอง

ในการศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการแยกใย ได้ทำการต้มแยกใยโดยกำหนดอัตราส่วนไฟต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 1:3 และระยะเวลาในการต้มที่ 90 นาที แต่จะใช้ความเข้มข้นของสารละลายที่ 10% และอุณหภูมิที่ใช้ 120 องศาเซลเซียสนั้น ทำให้สามารถแยกกลุ่มของเส้นใยออกมาได้ดีที่สุด

ผลกระทบของสารเคมีต่อสีของกลุ่มใยและความนุ่มของกลุ่มใย โดยการนำกลุ่มใยผ่านกระบวนการปรับสมบัติของใย ด้วยกระบวนการทำ (Scouring) สามารถทำให้ใยมีความขาวขึ้น และนุ่มขึ้นเล็กน้อยและมีผลให้ใยแตกตัวได้ดีขึ้น

จากผลการทดลองสาธิตกลุ่มใย ด้วยเครื่องสาธิตใยตามกระบวนการปั่นด้ายใยสั้นพบว่าทำให้กลุ่มใยเกิดการแตกตัวได้ดีขึ้น แต่ยังไม่สามารถแยกใยเดี่ยวออกมาได้

จากการทดสอบสมบัติของกลุ่มใย โดยนำกลุ่มใยมาทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์ พบว่ากลุ่มใยที่แยกมีลักษณะเป็นใยขนาดเล็กรวมตัวกันเป็นกลุ่ม ซึ่งมีขนาดประมาณ 200 μm จากภาพเห็นได้ว่าใยเดี่ยวมีขนาดประมาณ 10 μm ถ้าสามารถแยกใยเดี่ยวออกมาได้ จะได้ใยเดี่ยวที่มีคุณสมบัติในการนำไปเป็นวัสดุในการปั่นด้ายใยสั้น ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยยังไม่สามารถแยกเส้นใยเดี่ยวออกมาได้

การทดสอบความยาวของกลุ่มใยที่แยกได้ โดยการวัดความยาวของกลุ่มใยด้วยมือได้ค่าความยาวเฉลี่ยที่ 85.2 มิลลิเมตร ซึ่งความยาวของกลุ่มใยที่ได้เทียบกับค่าระดับความยาวของเส้นใยฝ้ายตามมาตรฐานอเมริกัน จัดได้ว่าเป็นเส้นใยยาวพิเศษ

การทดสอบหาค่าความแข็งแรงของกลุ่มใยโดยการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความยาวของเส้นใย (Tensile strength tester) ได้ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยที่ 787 gf และมีอัตราการยืดตัวเฉลี่ยที่ 2.5 % GL

การทดสอบความหนาแน่นของใยด้วยการทดสอบความหนาแน่นด้วยการชั่งน้ำหนักได้ค่าความหนาแน่นที่ 0.368 กรัม ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

การทดสอบความสามารถในการต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโดยการทดสอบในเชิงคุณภาพตาม มาตรฐาน AATCC 147 ได้ผลเป็น positive ซึ่งสามารถต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้และการทดสอบเชิงปริมาณ ตามมาตรฐาน AATCC 100 สามารถต้านทานได้ 99.81%

งานวิจัยได้พิสูจน์ว่า ใฝ่สีสุกสามารถที่จะนำมาทำการแยกใยด้วยกระบวนการทางเคมีตามกระบวนการทำเยื่อกระดาษ โดยใช้หม้อต้มความดัน ซึ่งใช้ความเข้มข้น 10% ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถแยกใยออกมาได้ดีที่สุด การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สามารถแยกกลุ่มใยออกได้เท่านั้น ซึ่งยังไม่สามารถแยกเป็นใยเดี่ยวได้ จากการทดสอบสมบัติต่างๆ ของกลุ่มใยใฝ่สีสุก พบว่าใฝ่สีสุก มีความเหมาะสมทางด้านความแข็งแรงและความยาว ซึ่งสามารถนำมาทำเป็นวัตถุดิบทางสิ่งทอได้ อีกทั้งมีความโดดเด่นกว่าเส้นใยธรรมชาติที่ใช้ในเชิงอุตสาหกรรมในเรื่องการต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Anti-bacteria)

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยพบว่าตัวแปรอื่นๆ ที่น่าจะมีผลกับงานวิจัยครั้งนี้คือ

1) ไม้สีสุกที่ใช้ในการทำวิจัย ผู้วิจัยไม่สามารถกำหนดอายุของไม้เจาะจงลงไปได้ว่าใช้เฉพาะไม้ อายุกี่ปี เนื่องจากต้องปลุกและกำหนดระยะเวลาในการตัด ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำไม้ที่ได้รับ ความอนุเคราะห์จากสวนพันธุ์ไม้ ทักษสถานเปิดบ้านเนินสูง กรมราชทัณฑ์ จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งอายุ ของไม้ที่ทำการตัดมานั้น เป็นการประมาณจากความชำนาญของผู้ปลุก ซึ่งควรใช้ไม้ที่มีการกำหนด อายุอย่างชัดเจน เพราะมีผลต่อขนาดและความสมบูรณ์ของใยไม้

2) การเตรียมไม้ที่ใช้ในการวิจัย เนื่องจากลักษณะภายนอกของไม้จะเห็นได้ว่าขนาดของลำไม้จะมีขนาดใหญ่มากไปหาเล็ก จากโคนถึงยอด ดังนั้นการตัดช่วงลำไม้ที่นำมาใช้นั้นเป็นการตัดผู้วิจัยไม่ได้ กำหนดช่วงการตัดไว้ เนื่องจากเวลาที่ทำการวิจัยจำกัด จึงเพียงแต่ตัดเอาข้อออกเท่านั้น ท่อนไม้แต่ละ ท่อนที่ตัดจะมีความหนาแน่นของเนื้อไม้ต่างกันมาก ทำให้ยากต่อการแยกขนาดเส้นใยไม้ที่ได้ ถ้า สามารถคัดขนาดและกำหนดช่วงการตัดได้ ผลที่ได้จะมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3) การต้มแยกใยผู้วิจัยเพียงแต่ศึกษาว่าไม้สีสุกนั้นสามารถที่จะแยกเส้นใยเพื่อนำเส้นใยมาใช้ในการ อุตสาหกรรมสิ่งทอเท่านั้น จึงไม่ได้คำนึงถึงปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ และน้ำเสียที่ เกิดขึ้น ควรมีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าวเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจ

4) กลุ่มใยไม้สีสุกที่ผู้วิจัยแยกได้นั้นยังมีขนาดใหญ่อยู่ซึ่งยังไม่สามารถแยกใยเดี่ยวออกมาได้ ผู้วิจัยคาดว่าน่าจะแยกเส้นใยเดี่ยวออกมาได้ ผู้วิจัยหวังว่าถ้ามีผู้สนใจนำไปทำต่อก็น่าจะสามารถแยก เส้นใยเดี่ยวออกมาได้

รายการอ้างอิง

- [1] เต็ม สมิตินันท์,หุมนศรี ชัยอนันต์, “การจำแนกพรรณไม้ไผ่ในประเทศไทย,” กรมป่าไม้, 2549. หน้า 109-129.
- [2] รองศาสตราจารย์ รัชฎพิสิษฐ์ พวงจิก, “โครงการปลูกไผ่ในศูนย์ศึกษาพันธุ์ไผ่ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์พัทยา,” มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์พัทยา, 2551.
- [3] สุทัศน์ เดชวิสิทธิ์, “ความรู้เกี่ยวกับการปลูกไม้ไผ่,” ฝ่ายพัฒนาผู้ต้องขังทัณฑสถานเปิดบ้านเนินสูง สวนพันธุ์ไผ่ปราจีนบุรี กรมราชทัณฑ์ กระทรวงยุติธรรม, 2548. หน้า 2-30.
- [4] ชีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์, “การปั่นด้าย,” ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ปทุมธานี, 2549. หน้า 28-31.
- [5] พรรณราย รักภัยงาร, “การทดสอบทางสิ่งทอ **Textile Testing**,” ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, 2548. หน้า 49-144.
- [6] นที ศรีสวัสดิ์, “เอกสารประกอบการเรียนวิชา **Synthetic Material Testing and Characterization**,” 2553.
- [7] ศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, “การทดสอบการต้านแบคทีเรียของสิ่งทอ,” แผ่นพับห้องทดสอบจุลชีววิทยา, 2553.
- [8] ศาสตราจารย์(พิเศษ) อัจฉราพร ไสละสูต, “การผลิตเส้นใยจากใยสับปะรดและการใช้ประโยชน์ทางสิ่งทอ,” วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา, 2525. หน้า 10-46.
- [9] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาคร ชลสาคร, “การผลิตเส้นด้ายและผืนผ้าจากใยไผ่,” *Textile Diget*, Peer Reviewed, 2552. หน้า 55-58.
- [10] Organic_Clothing : Bamboo , “**Facts Behiwdthe Fiber**,” (On Line), 2010 Availavle: http://Organicclothing.Blogs.com/My_Weblog/2007/09/Bamboo-facts.html, (18 Feb 2010).
- [11] Ratana Mormanee, “**Sustainable Utilization of Bamboo for Pulp and Paper Manufac Turing**,” Forest Research and Development Bureau Royac Forest Department, 2552.
- [12] Bamboo, “**Fiber Organics**,”(On Line), 2010. Available: <http://WWW.tiberorganics.com/organicfibers/bamboo.thml>, (18 Feb 2010).
- [13] Bamboo, “**Fiber Bamboo Tex**,” (On Line), 2010, Availavle: <http://WWW.bambrotex.com> (29 Jan 2010).

ภาคผนวก



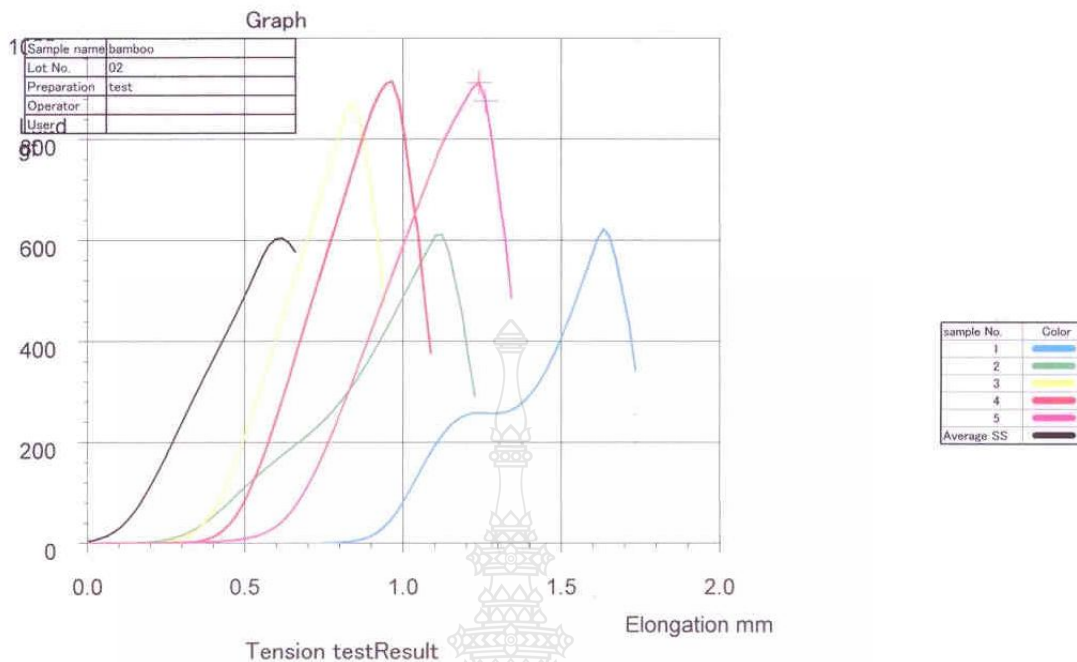
ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบ



ตารางที่ ก.1 ผลการหาค่าความยาวเส้นใย (Fiber Length test)

ครั้งที่	ความยาวเส้นใยไม้ไผ่ (มิลลิเมตร)
1	82.7
2	85.5
3	90.0
4	86.6
5	84.1
6	85.2
7	84.9
8	86.9
9	84.1
10	82.0
11	89.4
12	84.3
13	85.3
14	85.0
15	82.9
16	83.0
17	85.6
18	86.4
19	85.1
20	85.0
รวม	1,704.00
ค่าเฉลี่ย	85.2 มิลลิเมตร



Machine name	RTG	Test type	Tension
Strain input 1	Not used	Test speed	100.0 mm/min
Chart speed	OFF	Machine rigidity	0 mm/kgf
Point data(Load)	0 0 0	Point data(Strain)	0 0 0
N	0 0 0	%GL	0 0 0
Elastic modulus anal.	Interval 1 50	Initial sample length	Distance 30 mm
Pitch	1 %max	Origin of elongation	Init. load 3.06 gf
Elong adjust	No	Break point measurem	0.5 N
Save SS curve	Yes		

Test date	2011/07/08	Temperature	20 C
Humidity	65 %RH	Sample name	bamboo
Lot No.	02	Preparation	test
Operator		User	
Comment 1		Comment 2	

TestID=816	DryTenacity	DryElongatio
Test No	Load	Strain
	gf	%GL
1	622	2.6
2	611	3.0
3	875	1.9
4	915	2.1
5	912	2.7
Min.	611	1.9
Max.	915	3.0
Average	787	2.5
Range	304	1.1
Standard Deviation(n-1)	156	0.5

รายงานผลการทดสอบความหนาแน่นของเส้นใย (Density) ของเส้นใยไผ่ลี้สุก

--- METTLER TOLEDO ---
 ใช้ใยไผ่ลี้สุก 100%
 --- METTLER TOLEDO ---
 ----- Density -----
 Density 0.368 g/cm³
 =====

F-017T Rev.12, 14 ก.พ. 54, 1/1



Foundation for Industrial Development
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center
 Soi Trimit, Rama 4 Road, Phrakonong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.
 Tel: (66) 2713 5492-9 Fax: (66) 2712 4527 www.thaitextile.org

รายงานผลการทดสอบ

ผู้ขอรับบริการ: โครงการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษสิ่งทอและผ้าเส้นใย
 ด้วยเทคโนโลยีฟอกย้อมตกแต่งสำเร็จ
 (นายศราวุธ โคสวัตต์ 43 ซอยอนามัยงามเจริญ 25 แยก 4
 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150)
 วันที่รับตัวอย่าง: 01/09/54
 วันที่ทดสอบ: 05/09/54- 14/09/54
 หมายเลขตัวอย่าง: ชื่อ/รายละเอียดตัวอย่าง (ตามผู้ขอรับบริการระบุ)
 TP-PP 011-1/54 เส้นใย ANTI-BACTERIAL BAMBOO

หมายเลขรายงานผล: TP-PP 011/54
 หมายเลขใบคำขอทดสอบ: 11337
 วันที่ออกรายงาน: 14/09/54
 หน้า: 1/1

ANTIBACTERIAL FINISHES ON TEXTILE MATERIALS: AATCC TM 100: 2004	
CONTACT TIME (HOUR)	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538 (CFU/SAMPLE)
- 0 HOUR (B)	6.8×10^5
- 24 HOURS (A)	1.3×10^3
% REDUCTION (R)	99.81%

หมายเหตุ: -น้ำหนักชิ้นทดสอบที่ใช้ : 2.0 กรัม
 -ชิ้นทดสอบผ่านการทำให้เชื้อด้วยหม้อนึ่งอ autoclave ก่อนการทดสอบที่ 121 องศาเซลเซียส 15 ป้อนต์/ตารางนิ้ว 15 นาที
 - CFU/SAMPLE = COLONY FORMING UNIT PER SAMPLE
 - % REDUCTION (R) = $100 (B-A)/B$
 WHERE (A) = THE NUMBER OF BACTERIA RECOVERED FROM THE INOCULATED TEST SPECIMEN SWATCHES IN THE JAR AFTER "24 HOURS" CONTACT TIME
 (B) = THE NUMBER OF BACTERIA RECOVERED FROM THE INOCULATED TEST SPECIMEN SWATCHES IN THE JAR AT "0 HOUR" CONTACT TIME

ผู้จัดทำและตรวจสอบ

(นางจุฑามาศ โคนนไทย)
 (นักวิทยาศาสตร์)

ผู้อนุมัติ

(ดร. นราพร รังสิมันต์กุล)
 (ผู้เชี่ยวชาญ)

44198



ภาคผนวก ข

มาตรฐานการทดสอบ

Antibacterial Finishes on Textile Materials: Assessment of

Developed in 1961 by AATCC Committee RA31; revised 1965, 1981, 1988 (with title change), 1993, 1999; editorially revised 1969, 1971, 1974, 1985; reaffirmed 1977, 1981, 1989, 1998; editorially revised and reaffirmed 1986, 2004.

1. Purpose and Scope

1.1 This test method provides a quantitative procedure for the evaluation of the degree of antibacterial activity. Assessment of antibacterial finishes on textile materials is determined by the degree of antibacterial activity intended in the use of such materials. If only bacteriostatic activity (inhibition of multiplication) is intended, a qualitative procedure which clearly demonstrates antibacterial activity as contrasted with lack of such activity by an untreated specimen may be acceptable. However, if bactericidal activity is intended or implied, quantitative evaluation is necessary. Quantitative evaluation also provides a clearer picture for possible uses of such treated textile materials.

2. Principle

2.1 Swatches of test and control textile materials are tested qualitatively for antibacterial activity by AATCC Method 147. Those showing activity are evaluated quantitatively. Test and control swatches are inoculated with the test organisms. After incubation, the bacteria are eluted from the swatches by shaking in known amounts of neutralizing solution. The number of bacteria present in this liquid is determined, and the percentage reduction by the treated specimen is calculated.

3. Terminology

3.1 **activity**, *n.*—of an antibacterial agent, a measure of effectiveness of the agent.

3.2 **antibacterial agent**, *n.*—in textiles, any chemical which kills bacteria (bactericide) or interferes with the multiplication, growth or activity of bacteria (bacteriostat).

4. Safety Precautions

NOTE: These safety precautions are for information purposes only. The precautions are ancillary to the testing procedures and are not intended to be all inclusive. It is the user's responsibility to use safe and proper techniques in handling materials in this test method. Manufacturers MUST be consulted for specific

details such as material safety data sheets and other manufacturer's recommendations. All OSHA standards and rules must also be consulted and followed.

4.1 Both the qualitative and quantitative tests should be carried out by persons with training and experience in the use of bacteriological techniques. The U.S. Department of Health and Human Services publication, *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories*, should be consulted (see 13.1).

4.2 CAUTION: Some of the bacteria used in this test are capable of infecting humans and producing disease. Therefore, every necessary and reasonable precaution must be taken to eliminate this risk to the laboratory personnel and to personnel in the associated environment. Wear protective clothing and respiratory protection that prevents penetration by the bacteria.

4.3 Good laboratory practices should be followed. Wear safety glasses in all laboratory areas.

4.4 All chemicals should be handled with care.

4.5 An eyewash/safety shower should be located nearby for emergency use.

4.6 Sterilize all contaminated samples and test materials prior to disposal.

4.7 Exposure to chemicals used in this procedure must be controlled at or below levels set by government authorities (e.g., Occupational Safety and Health Administration's [OSHA] permissible exposure limits [PEL] as found in 29 CFR 1910.1000 of January 1, 1989). In addition, the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Threshold Limit Values (TLVs) comprised of time weighted averages (TLV-TWA), short term exposure limits (TLV-STEL) and ceiling limits (TLV-C) are recommended as a general guide for air contaminant exposure which should be met (see 13.2).

5. Limitations

5.1 For a qualitative, relatively quick and easily executed method to determine residual antibacterial activity of textile materials, refer to AATCC Method 147, Antibacterial Activity Assessment of Textile Materials: Parallel Streak Method.

6. Test Organisms

6.1 Test bacteria.

6.1.1 *Staphylococcus aureus*, American Type Culture Collection No. 6538. Gram positive organism (see 13.10).

6.1.2 *Klebsiella pneumoniae*, Ameri-

can Type Culture Collection No. 4352. Gram negative organism (see 13.10).

6.1.3 Other suitable species can also be used.

7. Culture Medium

7.1 Suitable broth/agar media are Nutrient, Trypticase Soy and Brain-Heart Infusion.

Nutrient Broth:

Peptone (Bacto-peptone)	5 g
(see 13.3)	3 g
Beef extract (see 13.4)	to 1000 mL
Distilled water	

7.2 Heat to a boil to disperse ingredients. Adjust to pH 6.8 ± 0.1 with 1N sodium hydroxide (NaOH) solution. (This is not necessary if prepared, dehydrated medium is used.)

7.3 Dispense in 10 mL amounts in conventional bacteriological culture tubes (i.e., 125 × 17 mm). Plug and sterilize at 103 kPa (15 psi) for 15 min.

7.4 Nutrient agar. Add 1.5% bacteriological agar to nutrient (or appropriate) broth (see 7.1). Heat to boiling. Check pH and adjust to 7.1 ± 0.1 using NaOH solution if necessary. Dispense in 15 ± 1 mL amounts in conventional bacteriological culture tubes. Plug and sterilize at 103 kPa (15 psi) for 15 min. (May be sterilized in 1000 mL borosilicate glass flasks and petri dishes poured from this.)

7.5 Slurry Inoculum Carrier (for hydrophobic fabrics) (see 7.2 and 7.3):

Sodium Chloride	8.5 g
Agar	3.0 g
Distilled Water	1000 mL

8. Maintenance of Culture of Test Organisms

8.1 Using a 4 mm inoculating loop, transfer the culture daily in nutrient (or appropriate medium) broth for not more than two weeks. At the conclusion of two weeks, make a fresh transplant from stock culture. Incubate cultures at $37 \pm 2^\circ\text{C}$ ($99 \pm 3^\circ\text{F}$) or other optimal temperature.

8.2 Maintain stock cultures on nutrient or appropriate agar slants. Store at $5 \pm 1^\circ\text{C}$ ($41 \pm 2^\circ\text{F}$) and transfer once a month to fresh agar (see 13.5).

9. Qualitative Test (Screening or Presumptive Test)

9.1 For detection of bacteriostatic activity use AATCC Method 147 on a test specimen and control specimen using the organisms referred to above. For demonstration of bactericidal activity, proceed to the quantitative test described below.

10. Quantitative Test (Reference or Confirmatory Test)

10.1 Preparation. The following description will be in terms of fabric swatches. Textile materials not in fabric form can likewise be tested with the appropriate modification.

10.1.1 Size and shape of treated swatches: Cut circular swatches 4.8 ± 0.1 cm (1.9 ± 0.03 in.) in diameter, from the test fabric (preferably with a steel die). Stack the swatches in a 250 mL wide-mouth glass jar with screw cap. The number of swatches to be used is dependent on the fiber type and fabric construction. Use that amount of fabric which will absorb the 1.0 ± 0.1 mL of inoculum, and leave no free liquid in the jar. For example, 4 swatches of cotton print cloth will absorb 1 mL. The number of swatches used per jar should be reported.

10.1.2 Controls. Swatches of the same fiber type and fabric construction as test sample but containing no antibacterial finish (negative control).

10.1.3 Sterilization of samples. This is optional. The method to be used depends on the type of fiber and finish. Cotton, acetate and many manmade fibers can be sterilized in the autoclave. Wool can be sterilized by ethylene oxide or by intermittent (fractional) sterilization in flowing steam. The latter is also least damaging to certain finishes. Report method of sterilization, if used.

10.1.4 Size of inoculum per sample. Apply 1.0 ± 0.1 mL of an appropriate dilution of a 24 h broth culture of the test organism so that recovery from (1) untreated control fabric swatches or (2) treated test fabric swatches at "0" contact time (plated as soon as possible after inoculation) will show counts of $1-2 \times 10^8$ organisms. The dilution of the test organism should be made in nutrient (or appropriate) broth (see 7.1, 7.5 and 13.6).

10.2 Procedure.

10.2.1 Inoculation of fabrics. When using *Staphylococcus aureus*, shake a 24 h culture and let stand for 15-20 min before preparing the inoculum.* Place the swatches separately in sterile petri dishes and use a microliter pipette to inoculate them making sure that there is even distribution of the inoculum (see 13.7). Transfer these swatches aseptically to the jar. Screw the jar tops on tightly to prevent evaporation.

10.2.2 As soon as possible after inoculation ("0" contact time), add 100 ± 1 mL

of neutralizing solution to each of the jars containing the inoculated untreated control swatches, the inoculated treated test swatches and the uninoculated treated test swatches.

10.2.3 The neutralizing solution should include ingredients to neutralize the specific antibacterial fabric treatment and to take care of any pH requirements of the fabrics (from finishes, antibacterial agents, etc.). The neutralizing solution employed should be reported (see 13.8).

10.2.4 Shake the jars vigorously for one minute. Make serial dilutions with water and plate (in duplicate) on nutrient (or appropriate) agar. Dilutions of 10^0 , 10^1 , 10^2 are usually suitable.

10.2.5 Incubation over contact periods. Incubate additional jars containing inoculated untreated control swatches and jars containing inoculated treated test swatches at $37 \pm 2^\circ\text{C}$ ($99 \pm 3^\circ\text{F}$) for 18-24 h. Similar jars may be incubated over other periods (e.g., 1 or 6 h) to provide information about the bactericidal activity of the treatment over such periods.

10.2.6 Sampling of inoculated and incubated swatches. After incubation, add 100 ± 1 mL of neutralizing solution to jars containing untreated control swatches and to jars containing treated test swatches. Shake the jars vigorously for one minute. Make serial dilutions and plate (in duplicate) on nutrient (or appropriate) agar. Dilutions of 10^0 , 10^1 , 10^2 are usually suitable for treated test fabrics. Several different dilutions may be required for untreated control fabrics depending on the incubation period.

10.2.7 Incubate all plates for 48 h at $37 \pm 2^\circ\text{C}$ ($99 \pm 3^\circ\text{F}$) or other optimal temperature.

11. Evaluation

11.1 Report bacterial counts as the number of bacteria per sample (swatches in jar) not as the number of bacteria per mL of neutralizing solution. Report "0" counts at 10^0 dilution as "less than 100."

11.2 Calculate percent reduction of bacteria by the specimen treatments by one of the following formulas:

$$1) \quad 100(B - A)/B = R$$

where:

R = % reduction

A = the number of bacteria recovered from the inoculated treated test specimen swatches in the jar incubated over the desired contact period

B = the number of bacteria recovered from the inoculated treated test specimen swatches in the jar immediately after inoculation (at "0" contact time)

$$2) \quad 100(C - A)/C = R$$

where:

C = the number of bacteria recovered from the inoculated untreated control specimen swatches in the jar immediately after inoculation (at "0" contact time)

If " B and C " are not similar, the larger number should be used. If " B " and " C " are not significantly different, $(B + C)/2$ should be used as follows:

$$3) \quad 100(D - A/D) = R$$

where:

$$D = (B + C)/2$$

11.3 If an untreated control is not available, use the following calculation which allows for any background organisms that might interfere with the test.

$$Bg = 100[(B - E) - (A - F)/B - E]$$

where:

A, B = (see 11.2)

E = the number of bacteria initially recovered from the uninoculated treated test sample (existing background organisms)

F = The number of bacteria recovered from the uninoculated, pre-wet treated test sample after incubation in the jar over the desired contact period (existing background organisms after contact period)

Bg = background organisms

11.4 For a valid test there should be: (1) "0" colonies of test organism recovered from the uninoculated treated test specimen swatches and (2) a significant increase in the numbers of bacteria recovered from the inoculated untreated control specimen swatches incubated for the specified contact time over the numbers of bacteria recovered from the inoculated untreated specimen swatches at "0" contact time (immediately after inoculation). This applies only if dilution was made in broth (see 10.1.4 and 13.6).

11.5 Report percent reduction of bacteria by the specimen treatment against each test organism.

11.6 The criterion for passing the test must be determined by the interested parties.

11.7 Report the dilution medium used.

12. Precision and Bias

12.1 Studies (see 13.9) indicate the following *within-laboratory* precision of the Standard Plate Count (SPC) Test: (a) *among-analyst* variation of 18% and (b) *within-analyst* variation of 8%.

13. Notes and References

13.1 Publication available from U.S. Department of Health and Human Services CDC/

*Using a 1 mL pipette, pad the inoculum carefully onto the fabric. If a strain of *Pseudomonas* that forms a pellicle is used, avoid including fragments of the pellicle in the inoculum.

NIH-HHS Publication No. (CDC) 84-8395.

13.2 Booklet available from Publications Office, ACGIH, Kemper Woods Center, 1330 Kemper Meadow Dr., Cincinnati OH 45240; tel: 513/742-2020.

13.3 Bacto-Peptone may be obtained from Difco Laboratories, 920 Henry St., Detroit MI 48201.

13.4 Beef extract may be obtained from Baltimore Biological Laboratories, 250 Schilling Cir., Cockeysville MD 21030; Difco Laboratories (address above); or Oxoid (USA) Ltd., 9017 Red Branch Rd., Columbia MD 21045.

13.5 Consistent and accurate testing requires maintenance of a pure, uncontaminated,

nonmutant test culture. Avoid contamination by use of good sterile technique in plating and transferring. Avoid mutation by strict adherence to monthly stock transfers. Check culture purity by making streak plates periodically and observing for single species-characteristic type of colonies.

13.6 The dilution of the test organism may be prepared in sterile 0.85% saline solution or suitable buffer if a steady-state culture is desired during the contact period with a fabric or in the slurry inoculum carrier when hydrophobic fabrics are being tested.

13.7 A surfactant may be added to the dilution medium to enhance wetting of hydrophobic fabrics. The surfactant must be shown not

to cause a reduction in bacterial numbers, by prior testing at the intended use concentration. Report the use and concentration of surfactant used.

13.8 If sterile distilled water is used in the place of a neutralizing solution, there will always be the possibility that some of the biocide will be carried over.

13.9 Peeler, J. T.; Leslie, J. W.; Messer, J. W. Replicate counting errors by analysts and bacterial colony counters. *J. Food Protection*, Vol. 45, 1982, pp 238-240.

13.10 Available from American Type Culture Collection (ATCC), P.O. Box 1549, Manassas VA 20108; tel: 703/365-2700; fax: 703/365-2701.





Designation: D 3822 – 07

Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers¹

This standard is issued under the fixed designation D 3822; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript letter (e) indicates an editorial change since the last revision or approval.

Scope

1.1 This test method covers the measurement of tensile properties of natural and man-made single textile fibers of sufficient length to permit mounting test specimens in a tensile testing machine.

1.2 This test method is also applicable to continuous (filament) and discontinuous (staple) fibers or filaments taken from yarns or tow. When the fibers to be tested contain crimp, or if the yarns or tows have been subjected to bulging, crimping, or setting process, the tensile properties are determined after removal of the crimp.

Note 1—Testing of filaments taken from yarns or tow, included in this test method was originally covered in Test Method D 2101, that is discontinued.

1.3 The words “fiber” and “filament” are used interchangeably throughout this test method.

1.4 This test method is also applicable to fibers removed from yarns, or from yarns processed further into fabrics. It should be recognized that yarn and manufacturing processes can influence or modify the tensile properties of fibers. Consequently, tensile properties determined on fibers taken from yarns, or from yarns that have been processed into fabrics, may be different than for the same fibers prior to being subjected to yarn or fabric manufacturing processes.

1.5 This test method provides directions for measuring the breaking force and elongation at break of single textile fibers and for calculating breaking tenacity, initial modulus, chord modulus, tangent modulus, tensile stress at specified elongation, and breaking toughness.

1.6 Procedures for measuring the tensile properties of both conditioned and wet single fibers are included. The test method is applicable to testing under a wide range of conditions.

1.7 As the length of the test specimen decreases, the tensile strength is likely to increase, but the accuracy of the tensile properties determined may decrease, which may require the need to increase the number of test specimens. This is particularly true for those properties dependent on the mea-

surement of elongation, since the shorter lengths increase the relative effect of slippage and stretching of the test specimens within the jaws of either clamp.

1.8 The values stated in either acceptable metric units or in other units shall be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other, without combining values in any way.

1.9 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- D 36 Specification for Tensile Testing Machines for Textiles
- D 123 Terminology Relating to Textiles
- D 629 Test Methods for Quantitative Analysis of Textiles
- D 1577 Test Methods for Linear Density of Textile Fibers
- D 1776 Practice for Conditioning and Testing Textiles
- D 2101 Test Method for Tensile Properties of Single Man-Made Fibers Taken from Yarns and Tow³
- D 2258 Practice for Sampling Yarn for Testing
- D 3333 Practice for Sampling Manufactured Staple Fibers, Sliver, or Tow for Testing
- D 4849 Terminology Relating to Yarns and Fibers
- E 175 Practice for Dealing With Outlying Observations

3. Terminology

3.1 For all terminology relating to D13.58, Yarns and Fibers, refer to Terminology D-4849.

3.1.1 The following terms are relevant to this standard: breaking force, breaking tenacity, breaking toughness, chord modulus, corresponding elongation, corresponding force, elongation, elongation at break, elongation at specified force, fiber, filament, filament yarn, force at specified elongation, initial

¹This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D13 on Textiles and is the direct responsibility of Subcommittee D.13.58 on Yarns and Fibers. Current edition approved Jan. 1, 2007. Published February 2007. Originally approved in 1979. Last previous edition approved in 2001 as D 3822-01.

²For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

³Withdrawn.

D 3822 - 07

modulus, linear density, secant modulus, tangent modulus, tenacity, tow, yield point.

3.2 For all other terminology related to textiles, refer to Terminology D 123.

4. Summary of Test Method

4.1 Single-fiber specimens are broken on a constant-rate-of-extension (CRE) type tensile testing machine at a predetermined gage length and rate of extension. Using the force-extension curve, the breaking force and elongation at break are determined. The force-elongation curve and linear density are used to calculate breaking tenacity, initial modulus, chord modulus, tangent modulus, tensile stress at specified elongation, and breaking toughness.

5. Significance and Use

5.1 Test Method D 3822 using test specimens having gage lengths of 10 mm (0.4 in.) or greater is considered satisfactory for acceptance testing of commercial shipments since the test method has been used extensively in the trade for acceptance testing. Critical differences noted in Tables 1 and 2 were obtained on man-made fibers having a gage length of 25.4 mm (1.0 in.) and 254 mm (10 in.). Natural fibers or fibers having lesser or greater gage lengths may provide different values and may require comparative testing. (See 5.1.1.)

5.1.1 In cases of a dispute arising from differences in reported test results when using Test Method D 3822 for acceptance testing of commercial shipments, the purchaser and the supplier should conduct comparative tests to determine if there is a statistical bias between their laboratories. Competent statistical assistance is recommended for the investigation of bias. As a minimum, the two parties should take a group of test specimens which are as homogeneous as possible and which are from a lot of material of the type in question. The test specimens should then be randomly assigned in equal numbers to each laboratory for testing. The average results from the two laboratories should be compared using Student's *t*-test for unpaired data and an acceptable probability level chosen by the two parties before the testing begins. If a bias is found, either its cause must be found and corrected or the purchaser and the supplier must agree to interpret future test results for that material in view of test results with consideration to the known bias.

5.2 The breaking tenacity, calculated from the breaking force and the linear density, and the elongation are fundamental properties that are widely used to establish limitations on fiber processing or conversion and on their end-use applications. Initial modulus is a measure of the resistance of the fiber to extension at forces below the yield point. The tangent modulus and tensile stress at specified elongation may be used to differentiate between the probable performance of fibers in processing and end-use performance. The breaking toughness is an indication of the durability of materials produced from the fiber.

5.3 It is recognized that computerized results are used extensively in the industry. When comparing results from two laboratories using computerized tensile testers, the algorithms

TABLE 1 Fiber Tensile Properties Using 25.4 mm (1 in.) Gage Length
Critical Differences for the Conditions Noted^A

Properties, Limits of Measure and Materials	Number of Observations in Each Average	Single-Operator Precision	Within-Laboratory Precision	Between-Laboratory Precision
Breaking Tenacity, gf/tex:				
Acetate	1	0.17	0.18	0.24
	10	0.05	0.08	0.18
	20	0.04	0.07	0.18
	40	0.03	0.06	0.16
Aramid	1	14.05	14.05	14.05
	10	4.44	4.44	4.44
	20	3.14	3.14	3.14
	40	2.22	2.22	2.22
Nylon	1	0.78	0.78	0.82
	10	0.24	0.27	0.37
	20	0.17	0.21	0.32
	40	0.12	0.17	0.30
Polyester	1	0.53	0.53	0.57
	10	0.17	0.17	0.28
	20	0.12	0.12	0.25
	40	0.08	0.08	0.21
Initial Modulus, gf/tex:				
Acetate	1	7.32	11.01	16.64
	10	2.31	8.55	15.12
	20	1.64	8.39	15.03
	40	1.16	8.31	14.99
Aramid	1	266.1	283.8	367.1
	10	84.2	129.5	266.5
	20	59.5	115.1	259.7
	40	42.1	107.1	256.8
Nylon	1	6.26	8.47	15.54
	10	1.98	6.04	14.36
	20	1.40	5.88	14.29
	40	0.99	5.79	14.26
Polyester	1	21.84	28.52	38.89
	10	6.91	21.35	33.03
	20	4.88	18.99	32.66
	40	3.45	18.67	32.48
Elongation at Break, %				
Acetate	1	7.29	7.65	8.64
	10	2.30	3.28	5.18
	20	1.63	2.84	4.92
	40	1.15	2.60	4.78
Aramid	1	1.25	1.25	1.59
	10	0.39	0.39	0.97
	20	0.28	0.28	0.93
	40	0.20	0.20	0.91
Nylon	1	17.93	18.36	22.43
	10	5.67	6.92	14.63
	20	4.01	5.64	14.01
	40	2.84	4.87	13.78
Polyester	1	14.97	15.09	17.82
	10	4.73	5.10	10.75
	20	3.35	3.85	10.23
	40	2.37	3.04	9.95

^A The critical differences were calculated using $t = 1.960$, which is based on infinite degrees of freedom.

used to derive results must be examined for parity, that is, how the maximum slope and specimen failure or rupture are determined.

5.4 The breaking strength of wet fibers tested in air may be different from wet fibers tested while immersed.

5.4.1 Tests on wet specimens are usually made only on fibers which show a loss in breaking force when wet or when exposed to high humidity, for example, yarns made from animal fibers and man-made fibers based on regenerated and modified cellulose. Wet tests are made on flax fiber to detect adulteration by failure to show a gain in breaking force.


D 3822 - 07
TABLE 2 Fiber Tensile Properties Using a 254 mm (10 in.) Gage Length
Critical Differences for the Conditions Noted^A

Properties, Limits of Measure and Materials	Number of Observations in Each Average	Single-Operator Precision	Within-Laboratory Precision	Between-Laboratory Precision
Breaking Tenacity, gf/tex				
Acetate	1	0.19	0.21	0.23
	10	0.06	0.10	0.13
	20	0.04	0.09	0.13
Aramid	1	8.73	9.27	9.68
	10	2.76	4.15	5.01
	20	1.95	3.67	4.61
Nylon	1	0.69	0.74	0.83
	10	0.22	0.33	0.51
	20	0.15	0.29	0.49
Polyester	1	0.69	0.78	0.79
	10	0.22	0.42	0.43
	20	0.15	0.39	0.40
Initial Modulus, gf/tex				
Acetate	1	4.02	4.82	5.29
	10	1.27	2.95	3.67
	20	0.90	2.81	3.56
Aramid	1	191.8	191.8	243.7
	10	60.6	60.6	162.2
	20	42.9	42.9	156.4
Nylon	1	4.85	7.08	10.71
	10	1.53	5.38	9.67
	20	1.08	5.27	9.60
Polyester	1	12.25	15.66	17.11
	10	3.87	10.50	12.56
	20	2.74	10.13	12.26
Elongation at Break, %	1	8.23	8.65	8.82
	10	2.60	3.72	4.10
	20	1.84	3.24	3.66
Aramid	1	0.64	0.73	0.77
	10	0.20	0.41	0.48
	20	0.14	0.39	0.46
Nylon	1	14.80	16.20	16.20
	10	4.68	8.09	8.09
	20	3.31	7.38	7.38
Polyester	1	13.77	13.87	15.35
	10	4.36	4.65	8.05
	20	3.08	3.49	7.44
Elongation at Break, %	1	2.18	2.72	7.11

^AThe critical differences were calculated using $t = 1.960$, which is based on infinite degrees of freedom.

6. Apparatus and Reagents

6.1 **Constant-Rate-of-Extension (CRE) Type Tensile Testing Machine**, conforming to Specification D 76, having adequate response characteristics to properly record the characteristics of the force-elongation curve, or the stress-strain curve of the fibers under test at the rate of extension specified in Table 3. The capacity of the machine must be selected for the break on the recorded curve to fall within 20 to 90 % of full scale, preferably within 50 to 90 % of full scale. It is permissible to use tensile testing machines that have a means of calculating

TABLE 3 Rate of Extension^A

Estimated Elongation at Break of Specimen, %	Rate of Extension, % of Initial Specimen Length/min
Under 8	10
8 to 100, incl.	60
Over 100	240

^A For the optimum degree of comparability, tensile properties of filaments should be measured at the same rate of extension.

and displaying the required results without the use of an autographic recorder. The tensile testing machine must be equipped with a tank to provide for breaking fibers immersed in a liquid, if tests on wet immersed specimens are required.

NOTE 2—Special force-measuring systems may be used to directly record the tenacity in cN/tex.

6.2 **Clamps**, with flat jaws for gripping the fiber specimens and designed to minimize slippage in the clamps during the test.

6.2.1 **Tabs**, when required, of thin plastic or other material for use with cementing techniques (See Annex A1); and
 6.2.2 **Cement or Adhesive**—The adhesive must be capable of binding the tabs to the fibers without affecting the moisture content of the specimen.

NOTE 3—For wet testing, the tabs and adhesive must be waterproof.

6.3 **Container**, separate from the testing machine for wetting out specimens to be tested without immersion.

6.4 **Auxiliary Equipment**—The testing machine may be equipped with auxiliary equipment to permit the automatic recording of data or the calculation of any required tensile property. The auxiliary equipment must be capable of recording data and performing calculations in a manner consistent with the definitions and instructions for calculations as described in this test method.

6.5 **Area-Measuring Device**—An integrating accessory to the tensile testing machine or a planimeter. The device shall measure area with an accuracy of $\pm 1\%$.

6.6 **Jig**, to aid in accurately mounting test specimens on tabs at the specified gage length.

6.7 **Distilled or Deionized Water**, for use in wet specimen testing.

6.8 **Wetting Agent, Nonionic**—For wet specimen testing, for example, Triton X-100⁴ to make 0.1 % aqueous solution using water described in 6.7.

7. Sampling

7.1 **Lot Sampling**—As a lot sample for acceptance testing, take at random the number of shipping containers directed in the applicable material specification or other agreement between the purchaser and supplier, such as an agreement to use Practice D 3333 or Practice D 2258. Consider shipping containers to be the primary sampling units.

NOTE 4—An adequate specification or other agreement between the purchaser or supplier requires taking into account the variability between shipping units, between packages, ends or other laboratory sampling unit within a shipping unit if applicable, and with specimens from a single

⁴ Triton-X 100 is a registered trademark of Rohm & Haas.

 D 3822 - 07

package, end or other laboratory sampling unit to provide a sampling plan with a meaningful producer's risk, consumer's risk, acceptable quality level, and limiting quantity level.

7.2 Laboratory Sample—As a laboratory sample for acceptance testing, take at random from each shipping container in the lot sample the number of laboratory sampling units as directed in an applicable material specification or other agreement between purchaser and supplier such as an agreement to use Practice D 3333 or Practice D 2258. Preferably, the same number of laboratory sampling units are taken from each shipping container in the lot sample. If differing numbers of laboratory sampling units are to be taken from shipping containers in the lot sample, determine at random which shipping containers are to have each number of laboratory units drawn.

7.2.1 For Staple Fiber—Take 50 g samples from laboratory sampling units.

7.2.2 For Sliver (or Top) or Tow—Take 1 m (1 yd) from the leading end which has a clean, uniform appearance from each laboratory sampling unit.

7.2.3 For Yarns—Take at least a 1 m (1 yd) length from each laboratory sampling unit.

7.3 Test Specimens—From each laboratory sampling unit, take 20 fiber specimens at random. If the standard deviation determined for the 20 specimens is more than a value agreed upon between the purchaser and supplier prior to testing, continue testing in groups of 20 specimens from the same laboratory sampling unit until the standard deviation for all specimens tested is not more than the agreed-to value or, by agreement, stop testing after a specified number.

7.3.1 Carefully remove twist before taking specimens from yarn. Using tweezers and grasping each specimen at one end, gently remove the required number of specimens from the laboratory sampling units for testing. In some cases, if specimens are not to be tested immediately, place them on a short-pile or plush surface for storage until ready to test.

8. Preparation of Test Specimens

8.1 Measure the linear density of each specimen as directed in Test Methods D 1577.

8.2 If fibers are to be tabbed, select a technique from Annex A1 or some other technique agreed upon by the purchaser and supplier.

8.3 For testing wet specimens without immersion, place the specimens in a container and submerge in a 0.1 % aqueous solution of a nonionic wetting agent in distilled or deionized water at ambient temperature until thoroughly soaked. (See 8.3.1 and 8.3.2.)

8.3.1 The time of immersion must be sufficient to completely wet out the specimens, as indicated by no significant changes in breaking force, or elongation at break when followed by longer periods of immersion.

8.3.2 When desizing treatments are specified prior to wet testing, use desizing treatments that will not effect the normal physical property of the material as directed in Test Methods D 629.

8.4 For wet specimens tested while immersed, proceed as directed in 11.2.2.

9. Preparation of Test Apparatus

9.1 Select the appropriate force range for the fiber to be tested.

9.2 Verify that the tensile tester is within calibration as specified in the manufacturer's instructions.

9.3 Adjust the distance between the clamps to obtain the selected nominal gage length of at least 10 mm (0.4 in.) and, when applicable, 250 mm (10 in.) or more. The most common gage lengths are 10, 20, 25, and 250 mm (0.4, 0.4, 1.0 and 10 in.).

NOTE 5—The results obtained are normally subject to less error if the gage length is selected to be as large as possible, consistent with the length of fibers to be tested. When comparisons are to be made between different fibers or where it is necessary to obtain comparable results in different laboratories, it is advisable to use the same gage length for all tests, selecting it to accommodate the shortest fibers of interest.

9.3.1 If the fiber specimen is mounted on tabs before being placed in the testing machine, the distance between tabs defines the nominal gage length (See Annex A1).

9.4 Set the extension speed to provide the rate of elongation specified in Table 3 for the gage length selected.

9.5 When using microprocessor automatic data gathering systems, set the appropriate parameters as defined in the manufacturer's instruction.

10. Conditioning

10.1 Precondition the specimens by bringing them to approximate moisture equilibrium in the standard atmosphere for preconditioning textiles as directed in Practice D 1776.

10.2 After preconditioning, bring the test specimens to moisture equilibrium for testing in the standard atmosphere for testing textiles as directed in Practice D 1776 or, if applicable, in the specified atmosphere in which the testing is to be performed.

11. Procedure

11.1 Test the conditioned specimens in the standard atmosphere for testing textiles, which is $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ($70 \pm 2^\circ\text{F}$) and $65 \pm 2\%$ relative humidity.

11.2 Mount a test specimen in the jaws of the clamps, removing slack without stretching the specimen. The specimen must be straight within the jaws and extreme care must be taken to ensure that the fiber specimen lies on the line of action between the force-measuring device and the point where the fiber leaves the moving jaw face. Any misalignment that tends to produce transverse motion of the clamps and jaws will introduce errors in measurements of elongation and may contribute to premature fiber failure.

11.2.1 For testing wet specimens without immersion, remove a specimen from the water and immediately mount it in the clamps as directed in 11.1 and 11.2. Perform the test within two minutes after removal of the specimen from the water.

11.2.2 For testing wet specimens while immersed, secure the specimens into the clamps of the tensile tester and submerge in the tank containing a 0.1 % aqueous solution of a nonionic wetting agent in distilled or deionized water at ambient temperature until thoroughly soaked. (See 8.3.1 and 8.3.2.) Test while the specimens are immersed in the water bath.

 D 3822 - 07

Note 6—In general, it will be found that no one type of fiber mounting will be suitable for all types and sizes of fibers and experience may show that some mounting techniques are much more efficient than others. Experience and operator preferences have been found to be of importance in selecting the most satisfactory mounting methods for a given laboratory.

11.3 For specimens having crimp, use a pretension of 0.3 to 0.5 cN/tex (0.03 to 0.11 gf/d) to remove the crimp while the fiber is placed in the clamps. If certain fibers with a high degree of crimp require greater pretensioning than the amount specified, determine the minimum pretension as directed in Appendix XI of Test Method D 1577. If, by visual examination, the crimp is not completely removed even at these greater force applications, record this fact.

11.4 Start the tensile testing machine and any associated auxiliary equipment, extending the fiber specimen to break at the selected extension speed and record the data of interest. For fibers of low stiffness, it may be advisable to first back off the moving jaw of the testing machine to allow the fiber to be slack at the time the testing machine is started.

11.5 After breaking the specimen, return the testing machine to its starting condition and remove all remains of the broken specimen from the clamp faces. Pieces of broken fiber remaining in the jaws may adversely affect the ability of the jaws to properly hold the succeeding specimens.

11.6 Test successive specimens as directed in 11.1-11.5 until the remaining specimens have been broken. If the number of fiber specimens failing at the jaw-fiber interface exceeds 5 % of the number tested, repeat the test after adjusting the jaw faces and clamping mechanism as described in 11.6.1-11.6.3.

11.6.1 If a specimen slips in the jaws, breaks at the edge or in the jaws, or, if for any reason attributable to faulty machine operation the result falls 20 % below the average of the breaking force for the set of specimens, discard the result and test another specimen. Continue until the required number of acceptable breaks have been obtained.

11.6.2 The decision to discard the results of a break shall be based on observation of the specimen during the test and upon the inherent variability of the fiber. It is difficult to determine the precise reason for certain specimens breaking near the edge of the jaws. If a jaw break is caused by damage to the specimen by the jaws, then the results should be discarded. If, however, it is merely due to randomly distributed weak places, it is a perfectly legitimate result. Refer to Practice E 178 for treatment of outlying data points.

11.6.3 If a fiber manifests any slippage in the jaws or if more than 25 % of the specimens break at a point within 3 mm (1/8 in.) of the edge of the jaw, then (1) the jaws may be padded, (2) the fiber may be coated under the jaw face area, or (3) the surface of the jaw face may be modified. If any of the modifications listed above are used, state the method of modification in the report.

11.7 Obtain the elongation data by means of a suitable recording device, or computer, at the same time as the breaking force is determined unless otherwise agreed upon, as provided for in an applicable material specification.

12. Calculation

12.1 *Breaking Force*—Record the breaking force of individual specimens to three significant digits as read directly from the tension testing machine expressed in cN (gf).

12.2 *Breaking Tenacity*—Calculate the breaking tenacity of individual specimens to three significant digits, using Eq 1:

$$Y = F / D_L \quad (1)$$

where:

Y = breaking tenacity in mN/tex (gf/den),
 F = breaking force in cN (gf), and
 D_L = linear density in tex (denier).

12.3 *Effective Specimen Length*—Calculate the effective specimen length of individual specimens to three significant digits, using Eq 2: (See Annex A2 and Figs. X1.1 and X1.2.)

$$L_e = L_i + \Delta L_c \quad (2)$$

where:

L_e = effective specimen length, mm (in.),
 L_i = initial distance between clamps (gage length), mm (in.), and
 ΔL_c = additional specimen length corresponding to the clamp error as determined in A2.2, when required.

12.4 *Elongation*—From XY type recorders, calculate the elongation at break, or other specified elongation, of individual specimens to three significant digits using Eq 3:

$$\epsilon_s = (\Delta L \times R_s \times 100) / (C_s \times L_e) \quad (3)$$

where:

ϵ_s = elongation percent, at the specified force,
 ΔL = distance along the zero-stress axis from the point corresponding to the point where the tangent line to the initial straight-line section of the stress-strain curve intersects the zero-stress axis, to a point corresponding to the breaking stress, or other specified stress, mm (in.),
 R_s = testing speed rate, mm/min (in./min),
 C_s = recording chart speed, mm/min (in./min), and
 L_e = effective specimen length, mm (in.).

12.5 *Initial Modulus*—Locate the maximum slope and draw a line tangent to the stress-strain curve between the tangent point for this tangent line and the proportional elastic limit and through the zero-stress axis. Measure the stress and the corresponding elongation with respect to the stress axis. Calculate initial modulus in cN/tex (gf/d) to three significant digits, using Eq 4 (see Appendix X2 and Figs. X1.1 and X1.2):

$$J_i = S / \epsilon_p \quad (4)$$

where:

J_i = initial modulus, cN/tex (gf/den),
 S = determined stress on the drawn tangent line cN/tex (gf/den), and
 ϵ_p = corresponding strain with respect to the drawn tangent line and determined stress.

12.6 *Chord Modulus*—Determine the stress for a specified elongation, such as 10 %, and label that point on the stress-strain curve as P_2 . Likewise, label a second point, P_1 at a specified elongation, such as 0 % elongation. Draw a straight line through points P_1 and P_2 intersecting the zero-stress axis.

D 3822 - 07

Other elongation values may be used, for example, when provided for in an applicable material specification. Calculate chord modulus in cN/tex (gf/d) to three significant digits, using Eq 5 (see Appendix X2 and Fig. X2.1):

$$J_{ch} = S/\epsilon_p \tag{5}$$

where:

- J_{ch} = chord modulus between specified elongations, cN/tex (gf/den),
- S = determined stress on the constructed line, cN/tex (gf/den), and
- ϵ_p = corresponding strain with respect to the constructed line and determined stress.

12.7 **Breaking Toughness**—When using the stress-strain curves, draw a line from the point of breaking force of each specimen perpendicular to the extension axis. Measure the area bounded by the curve, the perpendicular and the extension axis by means of an integrator or a planimeter, or cut out the area of the chart under the stress-strain curve, weigh it, and calculate the area under the curve using the mass of the unit area.

12.7.1 When determining the breaking toughness of fibers that exhibit slack caused by crimp or design, the area under the stress-strain curve which precedes the initial modulus line represents the work to remove this slack. Automatic area measuring equipment may or may not include this area in measuring breaking toughness, and therefore, such information should be reported along with the value obtained for the breaking toughness.

12.7.2 Calculate the breaking toughness to three significant digits for each specimen when using XY-type recorders using Eq 6 or when using automatic area measuring equipment using Eq 7:

$$T_u = (A_c \times F_f \times R_s) / (W_c \times C_s \times D_L \times L_e) \tag{6}$$

$$T_u = (I_r \times F_f \times R_s) / (I_c \times D_L \times L_e) \tag{7}$$

where:

- T_u = breaking toughness, I/g (gf/den),
- A_c = area under the stress-strain curve, mm²,
- F_f = full scale force range, cN (gf),
- R_s = testing speed rate, mm/min (in./min),
- W_c = recording chart width, mm (in.),
- C_s = recording chart speed, mm/min (in./min),
- D_L = linear density, dtex (denier),
- L_e = effective specimen length, mm (in.),
- I_r = integrator reading, and
- I_c = integrator constant, per minute, determined as directed by the manufacturer.

12.8 **Average Values**—Calculate the average values for breaking force, breaking tenacity, elongation at break, initial modulus, chord modulus, tangent modulus, tensile stress at specified elongation, and breaking toughness for each laboratory sampling unit and the lot.

12.9 **Computer Generated Data**—When data is automatically computer generated, calculations are generally contained in the associated software. In any event, it is recommended that computer generated data be verified against known property values, or by manual calibration.

TABLE 4 Fiber Tensile Properties Using a 25.4 mm (1 in.) Gage Length
Components of Variance Expressed as Standard Deviations

Properties, Limits of Measure and Materials	Grand Average	Single-Operator Component	Within-Laboratory Component	Between-Laboratory Component
Breaking Tenacity, gf/tex:				
Acetate	1.38	0.06	0.02	0.06
Aramid	28.24	5.07	0.00	0.00
Nylon	4.63	0.28	0.04	0.03
Polyester	4.20	0.19	0.00	0.03
Initial Modulus gf/tex:				
Acetate	35.82	2.64	2.97	4.50
Aramid	670.58	96.03	35.53	84.02
Nylon	23.97	2.26	2.06	4.70
Polyester	77.31	7.88	6.62	9.89
Elongation at Break, %				
Acetate	30.45	2.63	0.84	1.45
Aramid	4.20	0.45	0.00	0.32
Nylon	66.80	6.47	1.43	4.65
Polyester	53.14	5.40	0.69	5.42

^A The square roots of the components of variance are being reported to express the variability in the appropriate units of measure rather than as the squares of those units of measure.

TABLE 5 Fiber Tensile Properties Using a 254 mm (10 in.) Gage Length
Components of Variance Expressed as Standard Deviations

Properties, Limits of Measure and Materials	Grand Average	Single-Operator Component	Within-Laboratory Component	Between-Laboratory Component
Breaking Tenacity, gf/tex				
Acetate	1.25	0.07	0.03	0.03
Aramid	21.61	3.15	1.12	1.09
Nylon	4.22	0.25	0.09	0.14
Polyester	3.80	0.25	0.13	0.03
Initial Modulus gf/tex				
Acetate	39.66	1.45	0.96	0.79
Aramid	839.86	69.20	0.00	154.28
Nylon	25.04	1.75	1.86	2.90
Polyester	95.09	4.42	3.52	2.49
Elongation at Break, %				
Acetate	25.15	2.97	0.96	0.62
Aramid	2.55	0.23	0.13	0.09
Nylon	52.54	5.34	2.38	0.03
Polyester	38.30	4.97	0.59	2.37

^A The square roots of the components of variance are being reported to express the variability in the appropriate units of measure rather than as the squares of those units of measure.

12.10 If requested, also calculate the standard deviation or the coefficient of variation, or both, for the properties of interest.

13. Report

13.1 State that the specimens were tested as directed in ASTM Test Method D 3822. Describe the material or product sampled and the method of sampling used.

13.2 Report the following information for both, the laboratory sampling units and the lot average as applicable to a material specification or contract order.

- 13.2.1 Average breaking force.
- 13.2.2 Average breaking tenacity or tenacity at a specific elongation.
- 13.2.3 Average elongation at break or other specified force.
- 13.2.4 Average initial modulus.
- 13.2.5 Average chord modulus and the two elongations used in the calculation.


D 3822 - 07

13.2.6 Average tangent modulus and the point on the stress-strain curve at which it was calculated.

13.2.7 Tensile stress and the specified elongation.

13.2.8 Breaking toughness, and whether or not the work-to-remove crimp is included in the value.

13.2.9 Standard deviation, coefficient of variation, or both, for each property, if calculated.

13.2.10 Effective specimen length, when applicable.

13.2.11 Testing temperature and percent relative humidity if the test was performed on specimens conditioned at other than the standard conditions for testing textiles.

13.2.12 For wet specimens, whether specimens were tested wet in air, or while immersed, and the temperature of the water.

13.2.13 If requested, include a force-elongation curve, with chart axis-units and speed indicated, as part of the report.

13.2.14 Number of specimens tested.

13.2.15 Pretension applied, if any.

13.2.16 Make and model of tensile testing machine.

13.2.17 Type of clamps used.

13.2.18 Type of padding used in jaws, technique for tabbing of specimens gripped in the jaws, or modification of jaw faces used.

13.2.19 Nominal gage length, clamp error, rate of specimen extension and full scale force range used for testing.

13.2.20 For computer derived data, identify how slope and breaking points were determined and identify the program (software) used.

14. Precision and Bias⁵

14.1 *Interlaboratory Test Data*—An interlaboratory test was run in 1981 in which randomly-drawn samples of four mate-

rials were tested in each of six laboratories. Two operators in each laboratory each tested ten specimens of each material using both a 10-in. gage length and a 1-in. gage length. The components of variance for tenacity, initial modulus and elongation at break expressed as standard deviations were calculated to be the values listed in Table 4 for gage lengths of 1 in. and Table 5 for gage lengths of 10 in. The four classes of fibers were: 4.2 denier low tenacity acetate; 3.0 denier medium tenacity, low modulus nylon; 5.0 denier medium tenacity, high modulus polyester; and 1.5 denier high tenacity, high modulus aramid.

14.2 *Precision*—For the components of variance reported in Tables 4 and 5, two averages of observed values should be considered significantly different at the 95 % probability level if the difference equals or exceeds the critical differences listed in Tables 1 and 2, respectively.

NOTE 7—The tabulated values of the critical differences should be considered to be a general statement, particularly with respect to between-laboratory precision. Before a meaningful statement can be made about two specific laboratories, the amount of statistical bias, if any, between them must be established, with each comparison being based on recent data obtained on specimens taken from a lot of material to the type being evaluated so as to be as nearly homogeneous as possible and then randomly assigned in equal numbers to each of the laboratories.

14.3 *Bias*—The values of the tenacity, initial modulus, and elongation at break can only be defined in terms of a specific test method. Within this limitation, the procedures in Test Method D 3822 for measuring these properties has no known bias.

15. Keywords

15.1 tension (tensile) properties/tests; textile fiber

ASTM Research Report No. RR: D13-1088. A copy is available from ASTM headquarters.

ANNEXES

(Mandatory Information)

A1. TABBING TECHNIQUE FOR FIBER

A1.1. Scope

A1.1.1 Due to the inherent nature of some fibers, a means is required to protect or cushion the ends of the fiber that lay in the clamp to minimize clamp breaks. The procedure described below has been used successfully to minimize the occurrence of jaw breaks.

A1.2. Summary of Tabbing Technique

A1.2.1 A single fiber is secured to a cardboard substrate by means of an epoxy resin. This assembly is placed centrally in the clamps of a tensile tester. Cardboard material is removed from the assembly in the gage area without making contact with the fiber.

A1.3. Materials

A1.3.1 *Poster Board*, or equivalent.

A1.3.1.1 The colors of the board and cardboard (A1.3.2) should contrast and be different from the color of the fiber for ease of viewing.

A1.3.2 *Sub 65 Grade Cardboard*, or equivalent. (See A1.3.1.1.)

A1.3.3 *Paper Cutter*.

A1.3.4 *Steel Rule*, 0.25 mm (0.01 in.) graduations.

A1.3.5 *Cutting Die*, 14 ± 0.25 mm (0.55 ± 0.01 in.) diameter.

A1.3.6 *Bonding Resin* (See A1.1).

NOTE A1.1—A mixture by weight of 60 parts Ciba Geigy 6004 Epoxy Resin[®] and 40 parts General Mills Versimid 125 polyamide resin[®] has been found suitable for this purpose. Other mixtures can be used providing specimen damage does not occur or that specimens do not break or slip at the jaw faces.

A1.3.7 *Tweezers*.

D 3822 - 07

A1.3.8 *Surgical Shears*, or alternately, a needle nose solder gun.

A1.3.9 *Lighted Magnifying Glass Stand*, at least 8× power to aid in positioning specimens while tabbing.

A1.4 Specimen Preparation

A1.4.1 Using the paper cutter, prepare a sufficient number of cardboard squares having dimensions of 25 mm by 25 mm (1 in. by 1 in.).

A1.4.1.1 Die cut 14 mm (0.55 in.) diameter holes approximately in the center of the 25 mm by 25 mm (1 in. by 1 in.) cardboard squares.

A1.4.2 Place a piece of poster board on a flat table or bench top. (This is used as background material for convenience in viewing the specimens during preparation.)

A1.4.3 Prepare a sufficient amount of bonding resin to accommodate the number of specimens that are to be prepared.

A1.4.4 Separate and place the required number of die cut cardboard squares on the poster board, in turn, under the lighted magnifying glass. This magnification provides for ease of viewing the fiber during resin mounting to the cardboard square.

A1.4.5 Apply a small amount of bonding resin centrally to each of the required die-cut squares at two opposite locations beginning at the inside edge and extending outward to the outer edge. Apply the resin such that it is on an imaginary line parallel with one of the other two edges but not on the absolute edges.

A1.4.6 Using tweezers without grasping the fiber in the gage area, position the fiber across the areas of resin on the cardboard square. Do this for all specimens. Do not touch the segment of the fiber within the gage length at any time during the specimen preparation.

A1.4.7 Allow the resin to cure 12 to 16 h in a protected area.

A1.4.8 Using the paper cutter, carefully trim the outer edges of the cardboard parallel to the fiber until approximately 1 mm (0.05 in.) of cardboard remains on each side of the fiber.

A1.4.9 The specimen preparation is completed after the specimen is centrally placed in the clamps of the tensile tester. At this time, the 1 mm (0.05 in.) width of cardboard is severed at both sides of the fiber by means of either surgical shears or solder gun without touching the fiber.

A2. EFFECTIVE SPECIMEN LENGTH

A2.1 The effective specimen length can be determined by adding the initial length between the clamp faces (nominal gage length) and adding the length contributed by the clamp error (see Fig. A2.1).

A2.1.1 The fiber clamps used in tensile testing can affect the apparent fiber properties observed. The customary method of determining specimen elongation, by measuring clamp separation, assumes that the stresses applied to the specimen during the test are confined by the clamps to the original specimen length. Most fiber clamps do not completely confine the stresses, and therefore, an erroneously high elongation may be indicated as the result of being based on a nominal gage length which is shorter than the effective gage length.

A2.1.2 Clamp errors may occur in nondestructive testing, such as tests for elastic performance, modulus, etc., as well as in destructive testing. In all cases, the procedure for estimation of effective gage length should employ stresses comparable to those experienced in the corresponding tensile testing.

A2.1.3 The magnitude of the error determined for any one clamping system may vary according to the surface characteristics, linear density, test environment, breaking force, and extensibility of the material. Accordingly, changes in any of these factors will require a re-evaluation of the error.

A2.2 Determine the clamp error as follows:

A2.2.1 Mount the fibers in the clamps in the normal manner using a pretension of 10 to 50 cN/tex (0.01 to 0.05 gf/d). (See Note A2.1.)

Note A2.1—The use of a pretension eliminates slack in the mounted specimen. Any slack would be erroneously computed as clamp error by the testing procedure.

A2.2.2 Mark the recorder chart to locate the crosshead in reference to chart position (Note A2.2).

Note A2.2—The marking of the crosshead position in reference to the chart position allows observance of any slack caused by the extrusion of the fiber specimen from the clamp during tightening of the clamp.

A2.2.3 Break the representative groups of fibers at three or more different nominal gage lengths (Note A2.3). Maintain the same rate of extension at each gage length.

Note A2.3—Limits within which the gage lengths are chosen will be dictated by the accuracy with which the shortest gage length can be determined, and in the case of a destructive test, the maximum length of specimen which will not be affected by flaw distribution. The latter point is of importance when, by increasing the gage length, the probability of including a major flaw (causing premature fiber failure) in the test length is increased. Flaw inclusion may be suspected when the average elongation does not increase proportionately with increase in gage length. This will be indicated when the straight line plot (Fig. A2.1) curves toward the abscissa at longer gage lengths.

A2.2.4 Break ten specimens in each representative group of fibers. If the variation in average breaking tenacity among data

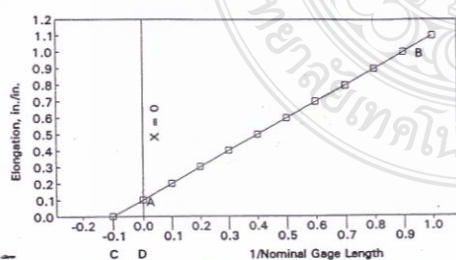


FIG. A2.1 Example of Plot to Determine Clamp Error

D 3822 - 07

obtained at different gage lengths is greater than ± 3 percent, break additional specimens until the variation in average breaking tenacity among groups does not exceed ± 3 percent.

A2.2.5 Calculate the average apparent elongation at break in denominated units, for each nominal gage length. Plot the apparent elongation versus the nominal gage length (for example see Fig. A2.1). Draw a straight line (Note Note A2.4) through the plotted points to the nominal gage length axis, point C, and extrapolate to zero elongation (BC, Fig. A2.1). The distance between the intersection of this line and zero

nominal gage length, along the gage length axis (CD), represents the average clamp error.

NOTE A2.4—The preferred procedure for drawing the line is by means of the least squares method, although in many cases visual inspection is adequate.

A2.3 Calculate the Effective Gage Length as follows:

$$\text{Effective Gage Length} = \text{(clamp error length + nominal gage length)} \quad (\text{A2.1})$$

APPENDICES

(Nonmandatory Information)

X1. INITIAL MODULUS

X1.1 In the case of a fiber exhibiting a region that obeys Hooke's law (Fig. X1.1), a continuation of the linear region of the stress-strain curve is constructed through the zero-stress axis. This intersection point B is the zero extension point from which strain is measured.

X1.1.1 The initial modulus can be determined by dividing the stress at any point along the line BD (or its extension) by the strain at the same point (measured from point B, defined as zero-strain). Point C, the point where line BD first touches the stress-strain curve is the tangent point.

X1.2 In the case of a fiber that does not exhibit any linear region (Fig. X1.2), a tangent K'B' is constructed to the maximum slope and its extension intersecting the zero-stress axis at point B'. This intersection point B' is the zero point from which strain is measured. Point C', the point where line K'B' first touches the stress-strain curve, is the tangent point.

X1.2.1 The initial modulus may be determined by dividing the stress at any point along line B'K' (or its extension) by the strain at the same point (measured from point B', defined as zero-strain).

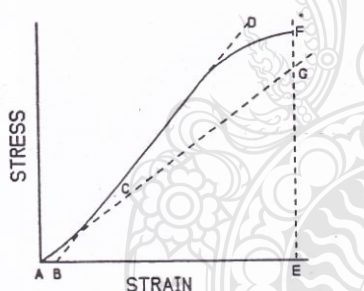


FIG. X1.1 Example of Material with Hookean Region

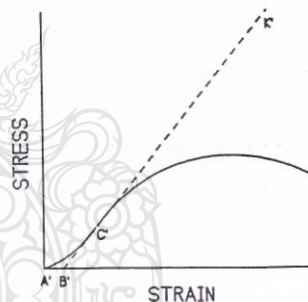


FIG. X1.2 Example of Material with No Hookean Region

X2. CHORD MODULUS

X2.1 In a typical stress-strain curve (Fig. X2.1), a straight line is constructed through the zero-stress axis, such as zero strain point A'' and a second point, such as 10 % strain, point M''. The intersection point A'' is the zero strain point from which the specimen strain is measured.

X2.1.1 The chord modulus may be calculated by dividing the stress at any point along line A''M'' (or its extension) by the specimen stress at the same point (measured from point A'', defined as zero strain).

X2.1.2 Fig. X2.1 also represents a straight line constructed through any two specified points, point Q'' and point R'', other than zero and 10 % strain. In this case, the line extends through the zero stress axis at point B''. This intersection is the zero strain point from which specimen strain is measured. The chord modulus can be determined by dividing the stress at any point along the Q''R'' (or its extension) by the specimen stress at the same point (measured from point B'', defined as zero strain).

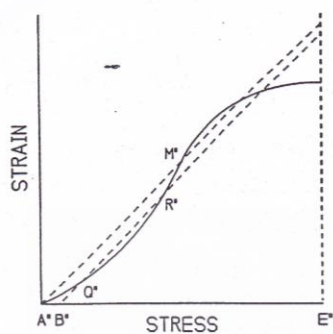
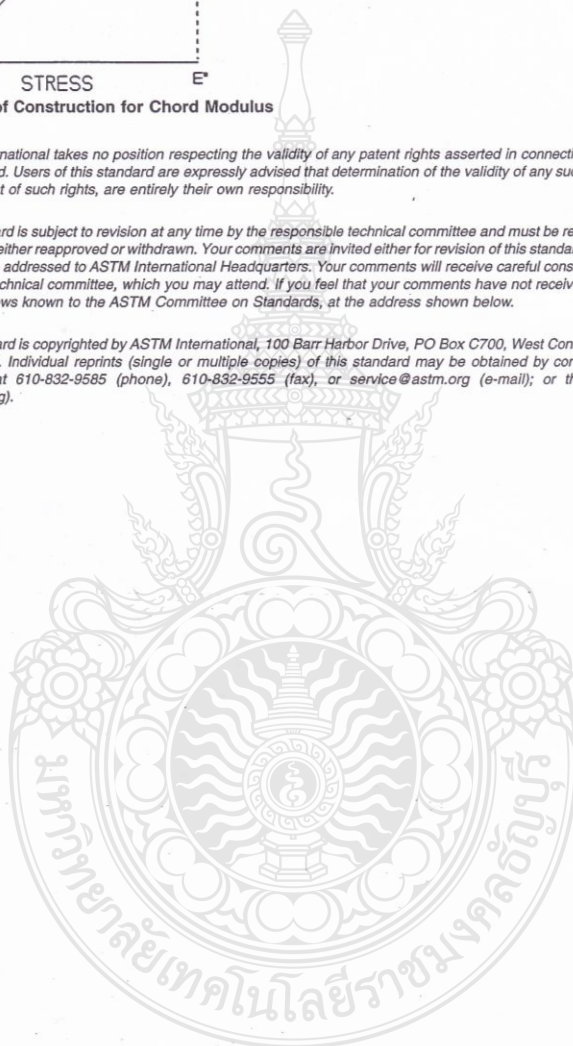



FIG. X2.1 Example of Construction for Chord Modulus

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).





ภาคผนวก ค

มาตรฐานของเส้นด้ายไม้ไผ่และขั้นตอนการผลิตเส้นได้ไม้ไผ่ของจีน



F01-15B, Feng Lin Lv Zhou, Datun Road, ChaoYang District, Beijing, P.R China
 Http:// www.bambrotex.com TEL: 86-10-64867890 FAX: 86-10-64844812

Testing condition: Temperature : 20°C Relative humidity: 66%

Item	Reference data
Dry tensile strength (cN/tex)	2.30
Wet tensile strength (cN/tex)	1.29
Dry elongation at break (%)	22.9
Linear density percentage of deviation (%)	-2.99
Percentage of length deviation (%)	+3.4
Over length staple fiber (%)	0.3
Over cut fiber(mg/100g)	4.0
Residual sulfur(mg/100g)	12.5
Defect(mg/100g)	4.6
Oil-stained fiber(mg/100g)	0
Coefficient of dry tenacity variation (CV)(%)	15.32
Whiteness (%)	72.0
Oil content (%)	0.24
Moisture regain (%)	11.60
date	15 th Oct. 2006

ภาพที่ ค.1 มาตรฐานของเส้นด้ายไม้ไผ่ [12]



ภาพที่ ค.2 ขั้นตอนการผลิตเส้นไผ่ของจีน [13]



การศึกษาการแยกเส้นใยไผ่สีสุกเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบทางสิ่งทอ

A Study Of Separate Bamboo Fiber from Bambusa blumeana Schultze for Textile Raw Material

ศรารุช โตสวัสดิ์* ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์*

^{1,2}* ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

E-mail: saravut221@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

ในการศึกษาการแยกเส้นใยไผ่สีสุกเพื่อนำเส้นใยมาใช้เป็นวัตถุดิบทางสิ่งทอ ผู้วิจัยได้มีแนวคิดในการค้นหาวัตถุดิบใหม่ๆ เพื่อใช้ในโรงงานผลิตสิ่งทอโดยสามารถนำมาใช้ทดแทนฝ้ายหรือลดปริมาณการใช้ฝ้ายให้น้อยลงเนื่องจากปัญหาการขาดแคลนฝ้ายในปัจจุบัน

โดยการแยกเส้นใยไผ่สีสุกนี้ใช้วิธีการต้มแบบระบบปิดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งใช้ความเข้มข้น เวลา และอุณหภูมิที่ต่างกัน เพื่อศึกษาว่าวิธีใดสามารถแยกเส้นใยได้ดีที่สุด จากนั้นทดสอบสมบัติของเส้นใยเพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของเส้นใยว่าสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบทางสิ่งทอได้หรือไม่

จากการแยกเส้นใยด้วยวิธีการต้มไม่ไผ่กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในอัตราส่วน 1:3 เวลาที่ใช้ 90 นาที โดยใช้ความเข้มข้น 10% ที่อุณหภูมิ 120°C สามารถแยกเส้นใยได้ดีที่สุด ซึ่งสามารถแยกเส้นใยได้ในระดับที่น่าพึงพอใจและนำเส้นใยที่ได้มาทำการดัดแปลงสมบัติของเส้นใยก่อนนำไปทอลงป็นเส้นด้าย

คำหลัก การแยกเส้นใย, เส้นใยไม่ไผ่, ความเข้มข้น, ไม่ไผ่สีสุก

1. บทนำ

ไม่ไผ่เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ยั่งยืนสามารถปลูกทดแทนได้ใหม่ และมีคุณสมบัติเหมาะสมหลายประการ เพราะช่วยทำให้อากาศบริสุทธิ์ ว่ากันว่าไม่ไผ่มีความหนาแน่นสูงทำให้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปล่อยก๊าซออกซิเจนกลับคืนสู่สิ่งแวดล้อมได้สูงกว่าต้นไม้ชนิดอื่นถึงร้อยละ 30 และสามารถเติบโตอย่างรวดเร็ว บางครั้งสูงได้หลายฟุตภายในเวลาเพียง 24 ชั่วโมง จึงทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตลอด ในการปลูกไม่ไผ่ใช้น้ำและพลังงานในการปลูกน้อย อีกทั้งไม่ต้องใช้ยาฆ่าแมลงหรือสารเคมีอื่นใด รากไม่ไผ่ยังช่วยฟื้นฟูสภาพดินและขจัดสารพิษในดิน และสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ [1]

ในต่างประเทศเส้นด้ายไม่ไผ่ที่ใช้ในงานสิ่งทอมักจะใช้กระบวนการผลิตแบบฉีดเป็นเส้นใยยาวต่อเนื่องแล้วนำไปใช้ผลิตเป็นเส้นด้ายเพื่อนำมาทำเป็นผ้าทอ หรือผ้าถัก ผ้าทอนิยมนำไปทำเป็นผ้าที่ได้จากผ้าฝ้ายเช็ดตัว ผ้าปูที่นอนปลอกหมอน ส่วนผ้าถักนิยมนำไปถักเป็นถุงเท้า เนื่องจากสมบัติของไม่ไผ่ซึ่งป้องกัน

การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ทำให้ไม่เกิดเชื้อรา และกลิ่นอับสะสมบนผลิตภัณฑ์ อีกทั้งเส้นใยไม่ไผ่ยังมีความมันคล้ายกับเส้นใยไหมและขนแคชเมียร์ แต่มีราคาที่ถูกกว่าทอานกว่าและดูแลรักษาได้ง่ายกว่า นอกจากนี้เมื่อนำเส้นใยไม่ไผ่ไปผสมกับเส้นใยฝ้ายที่ได้จากเกษตรกรอินทรีย์จะเพิ่มสมบัติความอ่อนนุ่มยิ่งขึ้นและมีน้ำหนักดี โดยมากมักนำไปผสมกับเส้นใยฝ้าย ทำให้ไม่ระคายเคือง ต่อผิวของผู้สวมใส่จะรู้สึกเย็นสบาย แต่ในวันที่อากาศหนาวเย็นก็รู้สึกอบอุ่นกว่าผ้าที่ทำจากเส้นใยอื่นประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส และดูดซับความชื้นและระบายอากาศได้ดี ซึ่งเกิดจากรูพรุนจำนวนมากภายในโครงสร้างของเส้นใย

ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าทั้งหมด 148,600 ตารางกิโลเมตร มีพื้นที่ป่าไม่ไผ่ประมาณ 8,100 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 5.5 ของพื้นที่ป่าทั้งหมด จังหวัดที่มีป่าไม่ไผ่มากที่สุดคือ จ.กาญจนบุรี แต่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ จังหวัดที่มีการปลูกไม่ไผ่เป็นอุตสาหกรรมคือ จ.ปราจีนบุรี ซึ่งมีสถิติการปลูกไม่ไผ่ในปี 2533 ดังนี้ ไร่ 84,353 ไร่ และไม่ไผ่เลี้ยง 2,083 ไร่ แต่ปัจจุบันเกษตรกรนิยมปลูกไม่ไผ่เลี้ยงกันมากขึ้นไม่เฉพาะที่ จ.ปราจีนบุรี เท่านั้น แต่มีการส่งเสริมให้ปลูกกันทั่วประเทศ ซึ่งยังไม่มีการศึกษาวิจัยถึงเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ในการผลิตรองรับเลย เกษตรกรทำการปลูกกันตามธรรมชาติมีการปฏิบัติดูแลรักษาที่ถูกต้องน้อยมาก ผลผลิตของไม่ไผ่เลี้ยงที่ได้จึงมีคุณภาพและปริมาณเนื้อไม้ที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐานคือ ได้เนื้อไม้มากกว่า 3 ตัน/ไร่/ปี การที่เราใช้ประโยชน์จากไม่ไผ่ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อมนี้ จึงเป็นสาเหตุอย่างหนึ่งที่ทำให้ไม่ไผ่ในประเทศไทยใช้ไปอย่างรวดเร็วและเป็นไปอย่างไม่ถูกต้อง ทำให้ป่าไม่ไผ่ในธรรมชาติที่ถูกนำไม่ไผ่มาใช้ประโยชน์ดังกล่าวเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน และในอนาคตต้องขาดแคลนไม่ไผ่อย่างแน่นอน จึงน่าที่จะมีการศึกษาการปลูกไม่ไผ่ทดแทนเป็นพืชเกษตร หรือแนะนำส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกไม่ไผ่เป็นอาชีพหลักเพื่อป้องกันการทำลายไม่ไผ่ที่ขึ้นในธรรมชาติให้คงอยู่ป่าไม้เมืองไทยต่อไป [2]

เนื่องจากที่ผ่านมามีประเทศไทยได้มีการปั่นเส้นด้ายไม่ไผ่อยู่บ้าง โดยส่วนใหญ่นำเข้าเส้นใยเส้นมาจากประเทศจีน มาปั่นเป็นเส้นด้าย โดยเส้นใยที่นำเข้าเป็นเส้นใยที่ผลิตด้วยวิธี ไลโอเซลล์ (Lyocell process) โดยการนำไม่ไผ่ไปหลอมละลายด้วยกรรมวิธีทางเคมี ให้เป็นของเหลวแล้วฉีดออกมาเป็นเส้นใยยาวตามขนาด

ที่ต้องการ โดยวิธีดังกล่าวเป็นการผลิตใยประดิษฐ์ (Man-made Fiber) แล้วนำเส้นใยดังกล่าวมาผลิตเป็นเส้นด้าย ซึ่งก็คือกระบวนการผลิตเส้นด้ายเรยอน (Rayon)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะศึกษาความเป็นไปได้ในการแยกเส้นใยที่ได้จากลำต้นโดยตรงแล้วทดสอบสมบัติของเส้นใย และความสามารถในการนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งไม้ไผ่ที่นำมาวิจัยในครั้งนี้จะใช้ไม้ไผ่สีสุก เพื่อเป็นการนำทรัพยากรที่มีอยู่ และหาได้ง่าย ในประเทศมาใช้ผลิตเป็นวัตถุดิบทางสิ่งทออีกหนึ่งทางเลือก ซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งสามารถลดปริมาณการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ รวมถึง อาจได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆทางสิ่งทอเพื่อใช้ผลิตเป็นนวัตกรรมใหม่ต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

ศึกษาการแยกเส้นใยไม้ไผ่สีสุกที่ได้จากลำต้นของไม้ไผ่ แล้วทดสอบสมบัติเส้นใยและความสามารถในการนำไปใช้งานอุตสาหกรรมสิ่งทอ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับไม้ไผ่

ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับไม้ไผ่ที่จะนำมาใช้ในการทำวิจัยที่สวนพันธุ์ไม้ปราจีนบุรีและวิธีการการต้มแยกเยื่อไม้ไผ่ที่สวนวิจัยเยื่อกระดาษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ



รูปที่ 1 สวนพันธุ์ไม้ปราจีนบุรี



รูปที่ 2 สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

3.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของไม้ไผ่

โดยใช้กล้องจุลทรรศน์เพื่อดูโครงสร้างภายในทั้งภาพตัดตามขวาง (Cross Section) และภาพตัดตามยาว (Long Section) ของเนื้อไม้ไผ่สีสุกที่ใช้ในการวิจัย



รูปที่ 3 เครื่อง Microscopic slide & cover slip

3.3 การแยกเส้นใย

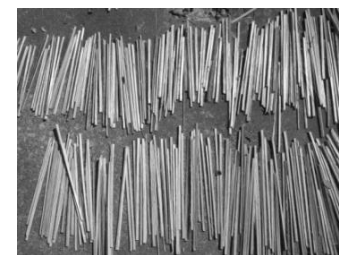
1. ตัดไม้ไผ่สีสุก อายุ 2-3 ปี ที่เตรียมไว้มาตัดให้ได้ขนาดความยาว 90 มิลลิเมตร แล้วหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร โดยใช้เฉพาะส่วนที่เป็นลำต้น ส่วนที่เป็นข้อตัดออก



รูปที่ 4 ไม้ไผ่สีสุกอายุ 2-3 ปี



รูปที่ 5 เครื่องตัดไม้ไผ่ให้มีความยาวที่กำหนด



รูปที่ 6 ชั้นไม้ไผ่สีสุก



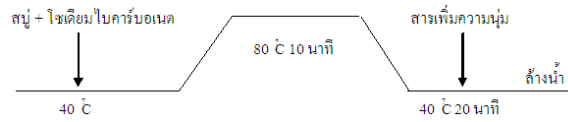
2. ทำการต้มไม้ไผ่กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในอัตราส่วน 1:3 เวลาที่ใช้ 90 นาที โดยหม้อต้มระบบปิด ด้วยความเข้มข้นและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

กระบวนการต้มไม้ไผ่จะใช้ความเข้มข้นและอุณหภูมิ ดังนี้

ไม้ไผ่	200 กรัม
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	5%, 10% และ 15%
อุณหภูมิ	100°C, 120°C, และ 150°C



รูปที่ 7 หม้อต้มแรงดัน



รูปที่ 10 เครื่องทำความสะอาด (Scouring)

เมื่อต้มเสร็จแล้วเอาไม้ไผ่ที่ได้ไปล้างเอาต่างออกด้วยน้ำเปล่า จากนั้นเข้าเครื่องสลัดน้ำเพื่อเอาน้ำออก



รูปที่ 8 ล้างเอาต่างออกด้วยน้ำเปล่า



รูปที่ 11 เส้นใยไม้ไผ่ที่ได้หลังทำความสะอาด

4. นำเส้นใยที่ได้เข้าเครื่องสางใยเพื่อแยกเส้นใยอีกครั้งให้ได้ขนาดของเส้นใยที่เล็กลง



รูปที่ 9 เครื่องสลัดน้ำ



รูปที่ 12 เครื่องสางใย (Carding)

3. การทำความสะอาด (Scouring)

กระบวนการทำความสะอาด (Scouring) จะใช้ปริมาณสาร, อุณหภูมิและเวลาดังนี้

สบู่	1 กรัม/ลิตร
โซเดียมไบคาร์บอเนต (Na ₂ CO ₃)	1 กรัม/ลิตร
สารเพิ่มความนุ่ม (Softener)	3 %



รูปที่ 13 เส้นใยไม้ไผ่ที่ได้หลังจากผ่านเครื่องสางใย

3.4 การทดสอบสมบัติของเส้นใยหลังจากการแยกเส้นใย

1. การทดสอบทางกายภาพของเส้นใยและวัดขนาดของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์



รูปที่ 14 เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

2. การหาค่าความละเอียดของเส้นใย (Fiber fitness) และค่าความแข็งแรงของเส้นใย (Fiber Strength) โดยใช้เครื่องทดสอบ Tenacity & Elongation Machine



รูปที่ 15 เครื่อง Tenacity & Elongation Machine

3. การวัดความหนาแน่นของเส้นใย (Density) โดยหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ของเส้นใย เมื่อเทียบกับน้ำที่ 4 องศาเซลเซียส

4. การทดสอบความยาวของเส้นใย (Fiber length test) ด้วยการวัดด้วยมือโดยทำการทาพาราฟินเหลวบนแผ่นพลาสติกใสให้เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ซึ่งวางอยู่บนแผ่นกั้นหีบี่สีดำ ใช้คีมจับเส้นใยบนแผ่นพลาสติกใสให้เหยียดตรง จากนั้นวัดความยาวเส้นใยด้วยไม้บรรทัดเหล็กที่มีความละเอียดเป็นมิลลิเมตร

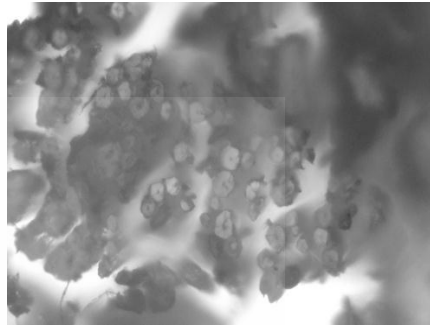
5. การทดสอบความสามารถในการดูดซึ่มความชื้น MMT

6. การทดสอบความสามารถในการต้านการเจริญเติบโต ของแบคทีเรีย

4. ผลการทดลอง

4.1 จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของไม้ไผ่

โดยใช้กล้องจุลทรรศน์เพื่อดูโครงสร้างภายในทั้งภาพตัดตามขวาง (Cross Section) และ ภาพตัดตามยาว (Long Section) ของเนื้อไม้ไผ่สีสุกพบว่าเส้นใยมีการรวมกันเป็นกลุ่ม มีลักษณะคล้ายกลุ่มของเส้นใยไหม ซึ่งสามารถแยกตัวเป็นเส้นใยเดี่ยวได้



รูปที่ 16 ภาพตัดตามขวาง (Cross Section)



รูปที่ 17 ภาพตัดตามยาว (Long Section)

4.2 จากการทดลองแยกเส้นใย

ด้วยการต้มไม้ไผ่กับโซเดียม ไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในอัตราส่วน 1:3 เวลาที่ใช้ 90 นาที โดยใช้ความเข้มข้นและอุณหภูมิที่ต่างกันได้ผลดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงผลการต้มด้วยความเข้มข้น 5%

อุณหภูมิที่ใช้	ลักษณะของไม้ไผ่
100 °C	เป็นท่อนแข็งคงสภาพเดิม
120 °C	เป็นท่อนแข็งคงสภาพเดิม
150 °C	เป็นท่อนนุ่มเล็กน้อย

ตารางที่ 2 แสดงผลการต้มด้วยความเข้มข้น 10%

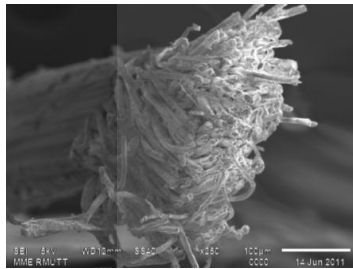
อุณหภูมิที่ใช้	ลักษณะของไม้ไผ่
100 °C	เป็นท่อนนุ่ม
120 °C	แยกตัวเป็นเส้นอ่อนนุ่ม
150 °C	เปื่อยยุ่ยเป็นเส้นใยขนาดเล็ก

ตารางที่ 3 แสดงผลการต้มด้วยความเข้มข้น 15%

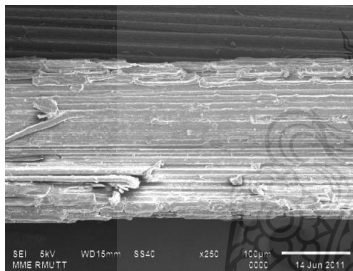
อุณหภูมิที่ใช้	ลักษณะของไหมไผ่
100 °C	เปื่อยยุ่ยเป็นเส้นใยขนาดเล็ก
120 °C	เปื่อยยุ่ยเป็นเส้นใยขนาดเล็ก
150 °C	เปื่อยยุ่ยเป็นเส้นใยขนาดเล็ก

4.3 จากการทดสอบทางกายภาพของเส้นใยไหมไผ่ที่แยกได้

โดยส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ซึ่งใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) เห็นได้ว่าเส้นใยที่แยกได้มีลักษณะเป็นกลุ่มเส้นใยขนาดเล็กเกาะตัวกันเป็นแผง ขนาดของเส้นใยมีขนาดประมาณ 200 µm



รูปที่ 18 ภาพตัดตามขวางของเส้นใย (Cross Section)



รูปที่ 19 ภาพตัดตามยาวของเส้นใย (Long Section)

4.4 จากการหาค่าความละเอียดของเส้นใย

(Fiber fitness) และค่าความแข็งแรงของเส้นใย (Fiber Strength) โดยใช้เครื่องทดสอบ Tenacity & Elongation Machine ได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 4.ผลการทดสอบเส้นใยไหมไผ่

การทดสอบ	เส้นใยไหมไผ่
1. ความยาว(มิลลิเมตร)	87.40
2. ความละเอียด(Denier)	4.21
3. ความหยิกงอ(Cn/Ci)	0.4/0.4
4. การยืดตัวก่อนขาด (Elongation%)	3.13
5. ความเหนียว (Tenacity (g/den))	3.6

4.5 จากการวัดความหนาแน่นของเส้นใย (Density)

โดยหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ของเส้นใยไหมไผ่ มีความหนาแน่น 1.38 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

4.6 จากการทดสอบความยาวของเส้นใย (Fiber length test)

ด้วยการวัดด้วยมือได้ความยาวเส้นใยเฉลี่ย 85.2 มิลลิเมตร

4.7 จากการทดสอบความสามารถในการดูดซึ่มความชื้นของเส้นใยไหมไผ่

Moisture regain (%) = 11.60

4.8 ผลการทดสอบความสามารถในการต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเส้นใยไหมไผ่

สามารถต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ดี

5. ทดลองปั่นเป็นเส้นด้าย

นำเส้นใยไหมไผ่ที่ได้มาทดลองปั่นเป็นเส้นด้ายโดยนำไปผสมกับเส้นใยอะคริลิกด้วยวิธีการปั่นด้ายแบบวงแหวน(Ring Spinning)



รูปที่ 20 เครื่องปั่นด้ายแบบวงแหวน (Ring Spinning)



รูปที่ 21 เส้นด้ายไหมไผ่ผสมอะคริลิก 50:50

6. สรุปผลการวิจัย

จากการแยกเส้นใยด้วยการต้มไหมไผ่กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในอัตราส่วน 1:3 เวลาที่ใช้ 90 นาที โดยใช้ความเข้มข้น 10% ที่อุณหภูมิ 120°C สามารถแยกเส้นใยได้ดีที่สุด ซึ่งสามารถ



แยกเส้นใยได้ในระดับที่นำฟิงพอใจจากนั้นนำเส้นใยที่ได้มาทำการตกแต่งสมบัติของเส้นใยก่อนนำไปทดลองปั่นเป็นเส้นด้ายจากการทดลองปั่นเป็นเส้นด้ายโดยผสมกับเส้นใยอะคริลิก ในอัตราส่วน 50:50 ซึ่งสามารถปั่นเป็นเส้นด้ายได้ แต่ยังไม่สามารถปั่นเป็นเส้นด้ายจากเส้นใยไม้ไผ่ 100% เนื่องจากเส้นใยที่แยกได้ยังมีขนาดใหญ่ ถ้าสามารถแยกเส้นใยให้มีขนาดเล็กลงไปกว่านี้ได้ซึ่งเส้นใยน่าจะสามารรถแตกตัวได้อีก จะทำให้ได้เส้นใยที่มีคุณภาพดีกว่านี้ และอาจปั่นเป็นเส้นด้ายไม้ไผ่ 100% ก็เป็นไปได้

กิตติกรรมประกาศ

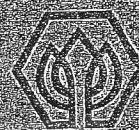
งานวิจัยนี้เป็นการนำทรัพยากรที่มีอยู่ และหาได้ง่าย ในประเทศมาใช้ผลิตเป็นวัตถุดิบทางสิ่งทออีกหนึ่งทางเลือก ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากหลายหน่วยงาน ซึ่งทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณรัตนา หม่อมณี ส่วนวิจัยเยื่อกระดาษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ ในการใช้สถานที่ต้มแยกเส้นใย หัวหน้าพิธีพันธ์ หัวหน้าสวนพันธุ์ไม้ปราจีนบุรี

เอกสารอ้างอิง

- [1] เต็ม สมิตินันท์, ชุมศรี ชัยอนันต์. 2549. การจำแนกพรรณไม้ไผ่ในประเทศไทย. กรมป่าไม้. หน้า 109-129.
- [2] สุทัศน์ เดชวิสิทธิ์. 2548. ความรู้เกี่ยวกับการปลูกไม้ไผ่. ฝ่ายพัฒนาผู้ต้องขัง ทณฑสถานเปิดบ้านเนินสูง, สวนพันธุ์ไม้ปราจีนบุรี, กรมราชทัณฑ์, กระทรวงยุติธรรม, หน้า 2-30.
- [3] ศาสตราจารย์ (พิเศษ) อัจฉราพร ไสละสุต. 2525. การผลิตเส้นใยจากใยสับปะรดและการใช้ประโยชน์ทางสิ่งทอ. วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา. หน้า 10-46.
- [4] พรรณราย รักษ์งาร. 2548. การทดสอบทางสิ่งทอ TEXTILE TESTING., ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลหน้า 49-144
- [5] Ratana Mormanee., 2552. Sustainable Utilization of Bamboo for Pulp and Paper Manufac Turing. Forest Research and Development Bureau Royac Forest Department.
- [6] Bamboo., Fiber Organics ,(On Line), แหล่งที่มา <http://WWW.fiberorganics.com/organicfibers/bamboo.html>, 18 Feb 2010
- [7] Bamboo Fiber Bamboo Tex, (On Line), แหล่งที่มา <http://WWW.bambrotex.com> ., 29 Jan 2010
- [8] OrganicClothing: Bamboo., Facts Behiwd the Fiber, (OnLine) แหล่งที่มา http://Organicclothing.Blogs.com/My_Weblog/2007/09/Bamboo-facts.html, 18 Feb 2010

ภาคผนวก ง
ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่





รวมบทความ
การประชุมวิชาการข่ายงาน
วิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554
IE NETWORK CONFERENCE 2011

20 - 21 ตุลาคม 2554
โรงแรมแอมบาสเตอร์ซิตี จอมเทียน พัทยา จังหวัดชลบุรี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ
การประชุมข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รศ.ดร.จิตรา รุ่งกิจการพานิช
ผศ.ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย
ผศ.ดร.ประมวล สุธีจาร์วัฒน์

รศ.ดร.ปารเมศ ชูติมา
ผศ.ดร.ดาริชา สุธีวงศ์
ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.ปฎิภาณ จุ้ยเจิม
ดร.สุตารัตน์ วงศ์กักรเกียรติ

ดร.ปณณมี สัจจกมล
ดร.สุวิษกรณ์ วิชกุล

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

ดร.ชัยวัฒน์ นุ่มทอง
ดร.ศิริรัตน์ หมื่นวณิชกุล
อ.จันจิรา คงชื่นใจ

ดร.เพ็ญสุตา พันธุ์ธำ
ดร.สิรางค์ กลั่นคำสอน

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

ผศ.ชานนท์ มุลวรรณ
อ.ประภาพรรณ เกษราพงศ์

ดร.ศักดิ์ชาย รักการ
อ.จักรินทร์ กลั่นเงิน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รศ.ดร.พรเทพ ขอบขยายเกียรติ
ผศ.ดร.ชาญณรงค์ สายแก้ว
ผศ.ดร.วิโรจน์ เศรษฐ์สมบูรณ์
ดร.ปาพจน์ เจริญอภิบาล

รศ.ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล
ผศ.ดร.दनัยพงศ์ เชษฐโชติศักดิ์
ดร.ธนา ราษฎร์ภักดี

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รศ.ดร.วิชัย ฉัตรหินวัฒน์
ผศ.ดร.คมกฤต เล็กสกุล
ผศ.ดร.สรรฐติชัย ชิวสุทธิศิลป์
ผศ.ดร.อรรถพล สมทุคปดี
ดร.ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์
ดร.อนิรุท ไชยจาร์วนิช

รศ.ดร.วิมลทิน เหล่าศิริถาวร
ผศ.ดร.วิสันัย วรธนังนริยา
ผศ.ดร.อภิชาติ โสภางแดง
ดร.กรกฎ ไยบัวเทศ ทิพย์าวงศ์
ดร.วสวัชร นาคเขียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รศ.คมสัน จิระภัทรศิลป์

รศ.ดร.สิทธิชัย แก้วเกื้อกุล

ผศ.ดร. เจริญชัย โขมพิตรภรณ์

ผศ.พจมาน เตยวัฒนรัฐติกาล

ดร.วิศิษฐ์ศรี วิยะรัตน์

อ.ปรัชญา เพ็ญสุระ

รศ.ดร.บวรโชค ผู้พัฒน์

รศ.สันติรัฐ นันสะอาจ

ผศ.ดร.เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์

ดร.ช่อแก้ว จตุรานนท์

ดร.อิศรทัต พึ่งอัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รศ.วันชัย แผลมหลักสกุล

ดร.กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รศ.ดร.กรรณชัย กัลยาศิริ

ผศ.ดร. สกนธ์ คล่องบุญจิต

ดร. อุดม จันทร์จรัสสุข

ดร.ชุมพล ยวงใย

รศ.ดร. ฤดี มาสุขจันทร์

ผศ.ดร.สิทธิพร พิมพัสกุล

ดร.พิชญ์วดี กิตติปัญญางาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ผศ.พิชัย จันทร์มณี

ผศ.วิชาญ ช่วยพันธ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล

ผศ.ณัฐศักดิ์ พรพุมศิริ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ดร.นเรศ อินต๊ะวงศ์

ดร.ภาคภูมิ จารุภูมิ

ดร.บรรเจิด แสงจันทร์

ผศ.มนวิภา อาวิพันธ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

รศ.สุชาติ เอ็นวิเศษ

ผศ.สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์

ผศ.เดช เหมือนขาว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผศ.ดร.พรศิริ จงกล

ดร.ปภากร สุวานนท์

อ.นรา สมัตตภาพงษ์

ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย

ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
 รศ.ดร.จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์
 ผศ.ดร.วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร
 ผศ.ดร.สวัสดิ์ ภาระราช.

รศ.ดร.จิรศิริพงษ์ เจริญภัณฑารักษ์
 ผศ.ดร.วรารัตน์ กังสัณฤทธิ์
 ผศ.ดร.เสมอจิตร์ หอมรสสุนธ์

มหาวิทยาลัยนเรศวร
 ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ
 ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง
 ดร.ภาณุ บุรณจารุกร
 อ.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์

ผศ.ศิขญา สิมารักษ์
 ดร.สมศักดิ์ วรรณฤมล
 อ.ธณิกานต์ ธงชัย

มหาวิทยาลัยปทุมธานี
 ดร. ภาสพิรุฬห์ ศรีสำเร็จ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป
 ผศ.ดร.บพิช บุปผโชติ
 ดร.นิตา ชัยมูล

ผศ.ดร.สุดสาคร อินธิเดช
 ดร.อรอุมา ลาสุนนท์

มหาวิทยาลัยมหิดล
 รศ.ดร.ดวงพรรณ ศฤงคารินทร์
 ดร.จิรพรรณ เลียงโรคาพาธ

ผศ.ดร.วเรศรา วีระวัฒน์
 ผศ.ศุภชัย นาทะพันธ์

มหาวิทยาลัยรังสิต
 ผศ.ดร.ธนวรรณ อัสวไพบูลย์
 ผศ.ลีนี สุขกรมใส
 อ.ศิลปชัย วัฒนเสย
 อ.พรรคพงษ์ แก่นณรงค์

ผศ.ดร.เพ็ญจันทร์ จริงจิตร
 ดร.พิชญ มนัสปิติ
 อ.ต่อศักดิ์ อุทัยไขฟ้า
 อ.สายสุนีย์ พงษ์พัฒนศึกษา

มหาวิทยาลัยรามคำแหง
 ผศ.ดร. กฤษดา พิศัลย์บุตร
 อ.นุกูล อุบลบาน

ดร.เลิศเลขา ธนะชัยพันธ์
 อ.นันทวรรณ อ้าเอี่ยม

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 รศ.ธนรัตน์ แต้ววัฒนา
 ผศ.ดร.นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์
 ดร.สิริเดช ขาดินิยม

ผศ.ดร.ทศพล เกียรติเจริญผล
 ดร.ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ
 ดร.พงษ์เพ็ญ จันทนะ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
 ผศ.พัฒน์พงศ์ อริยสิทธิ์
 อ.จักรพันธ์ กัณหา
 อ.ธนิน ศรีวะรมย์
 อ.วรพจน์ พันธุ์คง

ดร.ธรีณี มณีศรี
 อ.ชวลิต มณีศรี
 อ.พิสุทธิ์ รัตน์แสนวงษ์
 อ.สุพัฒตรา เกษราพงศ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร
 ผศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร
 ผศ.ปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ
 ผศ.สุชุม ไชยิตชัยมงคล
 ดร.กัญจนา ทองสนิท
 ดร.สิทธิชัย แซ่แหล่ม

ผศ.จันทร์เพ็ญ อนุรัตนานนท์
 ผศ.วันชัย ลีลากวีวงศ์
 ผศ.สุวัฒน์ เนรมโต
 ดร.ณัฐพล ศิริสว่าง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 รศ.ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล
 รศ.สมชาย ชูโฉม
 ผศ.ดร.เจษฎา วรรณสินธุ์
 ผศ.ดร.นภิสพร มีมงคล
 ผศ.ดร.รัญชนา สิ้นชวาลัย
 ผศ.ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์
 ผศ.เจริญ เจตวิจิตร
 ผศ.ยอดดวง พันธุ์นรา

รศ.วนิดา รัตนมณี
 ผศ.ดร.กลางเดือน โพชนา
 ผศ.ดร.ธเนศ รัตน์วิไล
 ผศ.ดร.ประภาส เมืองจันทร์บุรี
 ผศ.ดร.สุภาพรรณ ไชยประพัทธ์
 ผศ.ดร.อรุณ สังข์พงศ์
 ผศ.พิเชฐ ตระการชัยศิริ
 ผศ.สงวน ตั้งโพธิธรรม

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
 อ.จิตลดา ชิมเจริญ
 อ.วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฏ์
 อ.อรอุมา กอสนาน

อ.นิศากร สมสุข
 อ.อัญชลี สุพิทักษ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
 ผศ.ดร.คณิศร ภูนิคม
 ผศ.ดร.นุชสรุา เกரியกรกฎ
 ผศ.ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส
 ผศ.ดร.สุขอังคณา ลี
 ดร.จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์

ผศ.ดร.นลิน เพียรทอง
 ผศ.ดร.ปรีชา เกரியกรกฎ
 ผศ.ดร.สมบัติ สิ้นธุเชาวน์
 ดร.ธารชุตตา พันธุ์นิกุล
 ดร.สันต์ โอฬาพิริยะกุล

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
 ดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์

ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
 ผศ.ชัยพฤกษ์ อากาศเวท
 อ.เจษฎา วงศ์อ่อน

ผศ.ประยูร สุรินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รศ.ดร.ชัยยุทธ ช่างสาร
 ผศ.ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงศ์
 ผศ.ดร.ณฐา คุปต์ชะเอียง
 ผศ.ดร.ศิวกร อ่างทอง
 ผศ.ดร.สมหมาย ผิวสะอาด
 ดร.กุลชาติ จุลเพ็ญ
 ดร.ณรงค์ชัย โอเจริญ
 ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีย์
 ผศ.สุรัตน์ ตริยวนพงศ์

รศ.มานพ ตันตระกูลบัณฑิตย์
 ผศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์
 ผศ.ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์
 ผศ.ดร.ศิริชัย ต่อสกุล
 ผศ.ชวลิต แสงสวัสดิ์
 ดร.ชัยยะ ปราณีตพลกรัง
 ดร.ระพี กาญจนะ
 ดร.สุนนมาลย์ เนียมกลาง



สารบัญ (ต่อ)

MPM127	การศึกษาการแยกเส้นใยไผ่สีสุกเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบทางสิ่งทอ ศราวุธ โตสวัสดิ์ ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์	241
MPM128	การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษไหมจากกระบวนการทอผ้าไหมมาปั่นเป็น เส้นด้าย พิศุทธิ์ จันทร์คำ ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์	242
MPM129	ระบบละอองน้ำสำหรับดับไฟในกระบวนการเผาขนผ้า สุวิทย์ อมรปัติกวิน สมจินต์ อักษรธรรม	243
MPM130	การศึกษากรรมวิธีการเชื่อมประสานด้วยไฟเบอร์เลเซอร์ใน Inconel 617 และ เหล็กแผ่นรีดร้อน จงกล เอี่ยมมี จิรเดช นาคเงินทอง นิรุจน์ นาคสุข	244
MPM131	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของงานกัดตัวอักษรบนไม้ตาลโตนดด้วย เครื่องกัดควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ จักรนรินทร์ ฉัตรทอง สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์ ธีระพงษ์ ทิพย์อักษร	245
MPM132	High Density Polyethylene Powder as a Binder in Coconut Pulp Particleboard Compared with Urea-Formaldehyde Montip Lawsuriyonta Chuntip Kumnuantip Tawatchai Meekeaw Siriwan Pheansila Suwadee Longsaman	246
MPM133	แผ่นวัสดุก่อสร้างอาคารที่ผลิตจากเส้นใยมะพร้าวผสมผงคอนกรีตกับซีเมนต์ ประยูร สุรินทร์ ชัยพฤกษ์ อาภาเวท เจษฎา วงษ์อ่อน	247
MPM134	การศึกษาอิทธิพลรูปทรงของดรอว์บีตในการลากขึ้นรูปโลหะแผ่นโดย วิธีการ วิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ สุรียา ประสมทอง ศิริชัย ต่อสกุล	248
MPM135	Mechanical Properties of Textile Reinforced LLDPE in Rotational Molding Narongchai O-Charoen Natee Srisawat Hiroyuki Hamada	249

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายศราวุธ โตสวัสดิ์
วัน เดือน ปีเกิด	17 กันยายน 2514
ที่อยู่	99/649 หมู่ 8 ตำบลบางรักพัฒนา อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี 11110
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมสิ่งทอ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปี พ.ศ. 2538
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ. 2539 - พ.ศ. 2552 ตำแหน่งผู้จัดการฝ่ายขาย บริษัท ทีอินเตอร์เทรด จำกัด พ.ศ. 2552 - ปัจจุบัน ตำแหน่งกรรมการผู้จัดการ บริษัท เคลฟเวอร์ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด

