การพัฒนาเส้นด้ายผสมปั่นมือจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

DEVELOPMENT OF HAND SPUN BLENDED YARN FROM SUGARCANE LEAFS FIBER AND COTTON FIBER

พรศิริ หลงหนองคูณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพัฒนาเส้นด้ายผสมปั่นมือจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

พรศิริ หลงหนองคูณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเส้นด้ายผสมปั่นมือจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย Development of Hand Spun Blended Yarn from Sugarcane Leafs Fiber and Cotton Fiber
ชื่อ - สกุล	นางสาวพรศิริ หลงหนองคูณ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร, Ph.D.
ปีการศึกษา	2560

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด.)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุทัศนีย์ บุญโญภาส, M.A.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร, Ph.D.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม, Ph.D.)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(อาจารย์จีรวัฒน์ เหรียญอารีย์, คศ.ม.)
วันที่ 18 เดือน มกราคม พ.ศ. 2561

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาเส้นด้ายผสมปั่นมือจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย
ชื่อ-นามสกุล นางสาวพรศิริ หลงหนองคูณ
สาขาวิชา เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร, Ph.D.
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี ปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม อัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม และการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

วิธีการวิจัย คือ การศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี มี 2 ปัจจัย คือ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ แปรเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4 ของน้ำหนักใบอ้อยสด และเวลาในการต้ม แปรเป็น 3 ระดับ คือ 30 60 และ 90 นาที วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD โดยวิเคราะห์ร้อยละของผลผลิตสูงสุด การศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม คือ ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แปรเป็น 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.25 และ 0.50 และนำไปวัดค่าสี L* a* b* ทดสอบความแตกต่างความสว่างของสีด้วยสถิติ T-test การศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม คือ ปริมาณเส้นใยใบอ้อย แปรเป็น 5 ระดับ คือ 10:90 20:80 30:70 40:60 และ 50:50 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design: CRD จากนั้นนำไปปั่นเส้นด้ายด้วยวิธีการปั่นมือ และการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย ด้วยมาตรฐานการทดสอบของ ASTM

ผลการวิจัย พบว่า กระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 0.4 ของน้ำหนักใบอ้อยสด และเวลาในการต้ม 90 นาที มีร้อยละของผลผลิตสูงสุดร้อยละ 0.50 ผลการศึกษาปริมาณสารฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 0.50 มีค่าความสว่างของสี 68.97 ผลการศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย พบว่า อัตราส่วนในการผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายร้อยละ 10:90 มีความเหมาะสมในการปั่นมือมากที่สุด และผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย พบว่า ความสม่ำเสมออยู่ในระดับ Grade F ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด 142.71 N การยืดตัวก่อนขาดร้อยละ 139.55 เบอร์ 4.44 Ne เกลียว 9.60 เกลียวต่อนิ้ว และความหยิกงอร้อยละ 30.02

คำสำคัญ: เส้นใยใบอ้อย เส้นใยฝ้าย ปั่นมือ เส้นด้าย สมบัติทางกายภาพ

Thesis Title Development of Hand Spun Blended Yarn from Sugarcane Leaf Fiber and Cotton Fiber

Name-Surname Miss Pornsiri Lungnongkhun

Program Home Economics Technology

Thesis Advisor Assistant Professor Srikanjana Jatuphatwarodom, Ph.D.

Thesis Co-advisor Assistant Professor Sakron Chonsakron, Ph.D.

Academic Year 2017

ABSTRACT

The objectives of this research were to study the separation process of sugarcane leaf fiber by chemical methods, the appropriate amount of bleaching, the suitable ratio of sugarcane leaf fiber and cotton fiber; and to examine the physical properties of the yarn blended with sugarcane leaf fiber and cotton fiber.

The methodology focused on the study of the separation process of sugarcane leaf fiber by chemical methods. There were two factors in the study: the amount of sodium hydroxide used 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4% of the weights of the fresh sugarcane leaves, and the boiling time 30, 60 and 90 minutes. Factorial experiment in Completely Randomized Design (CRD) was used to find the maximum percentages of products. Moreover, the appropriate amount of bleaching chemical, 0.25% and 0.50% of hydrogen peroxide, was studied. Then, the color differences of the yarn was identified using L*a*b* coordinate and the brightness of the yarn was compared using T-test. In addition, the different ratios of sugarcane leaf fiber and cotton fiber 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, and 50:50 were examined using CRD. Next, the fibers were hand spun and the blended yarn physical properties were tested based on ASTM standards.

The results revealed that the use of sodium hydroxide at 0.4% of the weights of the fresh sugarcane leaves and the 90 minute boiling time yielded the maximum percentages of products at 0.50%. The use of 0.50% hydrogen peroxide as bleaching chemical could produce the brightness level of 68.97. The most suitable ratio of sugarcane leaf fiber and cotton fiber for hand spun yarn was 10:90. The physical properties of the blended yarn were as follows: the evenness of the yarn was grade F, the yarn tensile strength was at 142.71 N, the breaking elongation of the yarn was 139.55%, the yarn number was 4.44 Ne, the yarn twist was 9.60 TPI, and the yarn crimp was 30.02%.

Keywords: sugarcane leaf fiber, cotton fiber, hand spinning, yarn, physical properties

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ ด้วยความเมตตาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ สุทัศนีย์ บุญโญภาส ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร ชลสาคร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้ทำการวิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง เพื่อนๆ ทั้งหลาย และคณะครู-อาจารย์ที่ให้การสนับสนุนให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคุณบุญสวน เหล่าลาพระ กลุ่มชาวบ้านบ้านหนองโน ตำบลหนองโน อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือในการปั่นเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย โดยใช้เครื่องปั่นเส้นด้ายฝ้ายแบบภูมิปัญญาท้องถิ่นชาวบ้าน ขอขอบคุณ บริษัท ธาราบิสสิเนส จำกัด และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือในการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน และประสิทธิ์ประสานวิชาความรู้ต่างๆ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่สนับสนุนกำลังทรัพย์และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัย สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ หากมีข้อผิดพลาด หรือไม่สมบูรณ์ประการใด ผู้วิจัยขอกราบขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

พรศิริ หลงหนองคูณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญรูป	(9)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(11)
บทที่ 1 บทนำ	12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	12
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	13
1.3 สมมติฐานการวิจัย	13
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	13
1.5 คำจำกัดความในการวิจัย	14
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	14
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
2.1 อ้อย	16
2.2 การแยกเส้นใยธรรมชาติ	24
2.3 กระบวนการผลิตเส้นด้าย	29
2.4 มาตรฐานและการทดสอบสิ่งทอ	44
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	49
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	54
3.1 วัตถุดิบ	54
3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี	54
3.3 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย	56
3.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	69
3.5 ระยะเวลาในการทดลอง	70

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 สถานที่ทำการวิจัย	70
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์	71
4.1 ผลศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีการทางเคมี	71
4.2 ผลศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม	73
4.3 ผลศึกษาอัตราส่วนผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม	75
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	83
5.1 สรุปผลการทดลอง	83
5.2 ข้อเสนอแนะ	84
บรรณานุกรม	85
ภาคผนวก	91
ภาคผนวก ก ลักษณะของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย	92
ภาคผนวก ข เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย	95
ภาคผนวก ค ความสม่ำเสมอของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย	101
ประวัติผู้เขียน	107

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของสารฟอกขาวด้วยสารต่างชนิด..... 29
ตารางที่ 2.2 ขนาดและลักษณะของเส้นด้าย..... 42
ตารางที่ 2.3 มาตรฐานการทดสอบสิ่งทอ..... 45
ตารางที่ 3.1 สิ่งทดลองในการศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี 57
ตารางที่ 3.2 สิ่งทดลองในการศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม..... 59
ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนการผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม..... 61
ตารางที่ 3.4 ระดับการประเมินผล..... 65
ตารางที่ 3.5 แรงดึงของเส้นด้ายแต่ละชนิด..... 69
ตารางที่ 4.1 ร้อยละของผลผลิตที่ได้จากการแยกเส้นใยใบอ้อยในสภาวะที่แตกต่างกัน 72
ตารางที่ 4.2 ค่าสี L* a* b* ของเส้นใยใบอ้อยที่ได้จากกระบวนการฟอกขาวในสภาวะ .....
ที่แตกต่างกัน..... 74
ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย..... 80

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 รากอ้อย 19
รูปที่ 2.2 ลำต้นอ้อย 19
รูปที่ 2.3 รูปร่างของปล้องอ้อย 20
รูปที่ 2.4 ใบอ้อย 21
รูปที่ 2.5 ดอกอ้อย 21
รูปที่ 2.6 เมล็ดอ้อย 22
รูปที่ 2.7 อ้อยเคี้ยว 23
รูปที่ 2.8 อ้อยน้ำตาล 24
รูปที่ 2.9 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของเซลลูโลส 28
รูปที่ 2.10 ฝ้ายพันธุ์สีขาวและสีเหลือง 35
รูปที่ 2.11 เส้นใยฝ้ายที่ตากแดด 36
รูปที่ 2.12 เครื่องอิ้วฝ้าย 36
รูปที่ 2.13 กระเพียด 37
รูปที่ 2.14 แป้นและไม้ล้อฝ้าย 37
รูปที่ 2.15 การเข็ดฝ้าย 38
รูปที่ 2.16 เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 38
รูปที่ 2.17 ทิศทางของเกลียวเส้นด้าย 44
รูปที่ 3.1 กระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อย 58
รูปที่ 3.2 กระบวนการฟอกขาวที่เหมาะสม 60
รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 62
รูปที่ 4.1 ลักษณะของเส้นใยใบอ้อยที่ผ่านกระบวนการทางเคมี .....
(ก) ใบอ้อยก่อนต้ม .....
(ข) ใบอ้อยหลังต้ม 73
รูปที่ 4.2 ลักษณะของเส้นใยใบอ้อย .....
(ก) ปริมาณสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 0.25 .....
(ข) ปริมาณสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 0.50 74

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.3 ลักษณะของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย .....
(ก) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 10:90.....
(ข) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 20:80.....
(ค) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 30:70.....
(ง) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 40:60 .....
(จ) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 50:50 .....
ที่กำลังขยาย 35 เท่า..... 76
รูปที่ 4.4 ความสม่ำเสมอของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย.....
(ก) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 10:90.....
(ข) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 20:80.....
(ค) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 30:70.....
(ง) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 40:60 .....
(จ) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 50:50 78

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ISO	มาตรฐานระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization)
ASTM	มาตรฐานการทดสอบของประเทศสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials)
AATCC	มาตรฐานการทดสอบของประเทศสหรัฐอเมริกา (American Association of Textile Chemist and Colorists)
มอก	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
% Yield	ค่าร้อยละผลผลิต (Percent Yield)
L*	ความสว่าง (Lightness)
a*	ค่าของสีที่จะมีทิศทางไปทางสีแดงและสีเขียว ซึ่งถ้าหากค่า a* ที่เป็น + สีที่เป็นไปในทิศทางสีแดง และค่า a* ที่เป็น - สีจะเป็นไปในทิศทางสีเขียว
b*	ค่าของสีที่จะมีทิศทางไปทางสีเหลืองและสีน้ำเงิน ซึ่งถ้าหากค่า b* ที่เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีเหลือง และค่า b* ที่เป็น - สีจะเป็นไปในทิศทางสีน้ำเงิน
CRD	การทดลองที่มีแผนแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design)
T-test	ค่าความแตกต่างหรือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม
ANOVA	วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)
DMRT	ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Duncan's New Multiple Range Test)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มของประเทศไทยในปัจจุบัน มีการแข่งขันด้านเศรษฐกิจค่อนข้างสูง โดยเฉพาะกับตลาดต่างประเทศ ได้แก่ จีน เวียดนาม และอินเดีย ซึ่งประเทศไทยจำเป็นต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านสิ่งทอ จึงมีการคิดค้นวัสดุที่หลากหลายเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม อีกทั้งการปรับโครงสร้างระบบเศรษฐกิจ ด้วยการส่งเสริมนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ เพื่อให้ครอบคลุมภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งระบบ [1] โดยเชื่อมโยงระบบตั้งแต่อุตสาหกรรมต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ได้แก่ การผลิตเส้นใย การปั่นด้าย การทอผ้าและถักผ้า การฟอกขาว และการตกแต่งสำเร็จ เช่น ในอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป [2] อีกทั้งการพัฒนาดังกล่าวจะต้องคำนึงต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์จะเป็นการสร้างคุณภาพเอกลักษณ์ที่แตกต่างของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภค และสอดคล้องกับความต้องการของตลาดโลก [3]

อ้อย (Sugarcane) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Saccharum Officinarum* Linn. ชื่ออื่นๆ ได้แก่ อ้อยขม หรืออ้อยดำ จัดเป็นเป็นพืชล้มลุกสูง 2-5 เมตร ลำต้นสีม่วงแดง มีขนสีขาวปกคลุมบริเวณข้อปล้อง ไม่มีกิ่งก้าน ใบเป็นใบเลี้ยงเดี่ยวเรียงสลับกัน กว้าง 2.5-5.0 เซนติเมตร ยาว 0.5-1.0 เมตร มีดอกเป็นช่อออกที่ปลายยอด สีขาว ผลลักษณะแห้ง ขนาดเล็ก การปลูกอ้อยเพื่อเก็บเกี่ยวโดยวิธีการตัดลำต้นออกเป็นท่อน การปลูกอ้อยมีประวัติความเป็นมาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือน [3] เนื่องจากปลูกง่ายในสภาพอากาศร้อนชื้นสามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง ในประเทศไทยมีการปลูกอ้อยกันมากในเขตพื้นที่ 48 จังหวัด ประมาณ 10,078,025 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยเพื่อส่งโรงงาน 9,234,253 ไร่และพื้นที่การปลูกอ้อยเพื่อขยายพันธุ์ 843,772 ไร่ โดยมีพื้นที่การปลูกเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2555-2556 จำนวน 590,705 ไร่ เนื่องจากมีปัจจัยที่เอื้อต่อการปลูก ทั้งในด้านราคาที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ตลอดจนสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม การผลิตอ้อยของไทยในระดับโรงงาน สามารถผลิตและส่งออกในรูปของน้ำตาลและกากน้ำตาลได้เป็นอันดับ 4 ของโลก สร้างรายได้เข้าประเทศปีละไม่ต่ำกว่า 35,000 ล้านบาท ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยกำลังประสบปัญหาในเรื่องราคาอ้อยที่ตกต่ำ มีปริมาณอ้อยล้นตลาด และปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยว และปัญหาค่าจ้างแรงงานสูงคิดเป็นร้อยละ 50 ของต้นทุนการผลิตอ้อยทั้งหมดต่อฤดูปลูก อุปสรรคต่อการขยายพื้นที่ปลูกอ้อยและการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่เกษตรกรบางส่วนคิดว่าใบอ้อยเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และยังไม่สามารถเพิ่มมูลค่าจากใบอ้อยได้ ที่ผ่านมาเกษตรกรส่วนใหญ่เผาใบอ้อย เพื่อการเก็บเกี่ยวอ้อยช่วยลดปัญหาด้านแรงงาน

และทำให้สามารถตัดอ้อยได้เร็วทันฤดูเปิดหีบของโรงงานน้ำตาล จึงเกิดปัญหาต่างๆ ตามมาทั้งในระยะสั้นและระยะยาว เช่น ปรากฏการณ์เรือนกระจกทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น โครงสร้างของดินถูกทำลาย [4]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจอย่างยิ่ง ที่จะนำใบอ้อยเป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากการเก็บเกี่ยวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการนำใบอ้อยมาแยกเส้นใยด้วยวิธีทางเคมี เพื่อนำเส้นใยไปฟอกขาว นำเส้นใยใบอ้อยที่ได้ไปผสมกับเส้นใยฝ้าย จึงนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย ผลงานวิจัยครั้งนี้เป็นการใช้ทรัพยากรที่เหลือทิ้งจากการเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุด สามารถเพิ่มมูลค่าให้ใบอ้อยและเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร อีกครั้งเป็นแนวทางในการคิดค้นเส้นใยธรรมชาติชนิดใหม่มาพัฒนาเป็นเส้นด้าย เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มของไทยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม

1.2.3 เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม

1.2.4 เพื่อศึกษาการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

1.3 สมมติฐานการวิจัย

เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่อัตราส่วนผสมแตกต่างกัน มีสมบัติทางกายภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี

1.4.1.1 ศึกษาประมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

1.4.1.2 ศึกษาเวลาที่ใช้ในการต้ม

1.4.2 ศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม

ศึกษาประมาณสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

1.4.3 ศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม

1.4.3.1 อัตราส่วนเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 10:90

1.4.3.2 อัตราส่วนเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 20:80

1.4.3.3 อัตราส่วนเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 30:70

1.4.3.4 อัตราส่วนเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 40:60

1.4.3.5 อัตราส่วนเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 50:50

1.4.4 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

1.4.4.1 การทดสอบความสม่ำเสมอของเส้นด้าย

1.4.4.2 การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้าย

1.4.4.3 การทดสอบการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย

1.4.4.4 การทดสอบเบอร์ของเส้นด้าย

1.4.4.5 การทดสอบเกลียวของเส้นด้าย

1.4.4.6 การทดสอบความหยิกงอของเส้นด้าย

1.5 คำจำกัดความในการวิจัย

1.5.1 อ้อยสายพันธุ์ขอนแก่น 3 หมายถึง อ้อยสายพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุดในเขตพื้นที่ปลูกอ้อยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีดินร่วนปนทราย ให้ผลผลิตและความหวานสูง

1.5.2 เส้นใยฝ้าย หมายถึง เส้นใยเซลลูโลสที่ได้จากเมล็ดฝ้าย ที่ใช้ในการวิจัยเป็นฝ้ายสายพันธุ์พื้นเมือง เรียกว่า “ฝ้ายจัน” เป็นฝ้ายที่ปลูกในพื้นที่บ้านหนองโน ตำบลหนองโน อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น

1.5.3 เส้นใยใบอ้อย หมายถึง เส้นใยที่ได้จากใบอ้อยของต้นอ้อย (Sugarcane)

1.5.4 เส้นด้ายใบอ้อยผสมฝ้าย หมายถึง เส้นใยใบอ้อยทำให้เกิดการบิดเกลียวหรือการปั่นด้วยมือโดยใช้เครื่องปั่นเส้นด้ายด้วยมือแบบภูมิปัญญาท้องถิ่นชาวบ้านบ้านหนองโน ตำบลหนองโน อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น ให้เส้นด้ายเกาะติดกันและต่อกันเป็นเส้นยาว

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบถึงกระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี

1.6.2 ทราบถึงปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม

1.6.3 ทราบถึงอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม

1.6.4 ทราบถึงสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเส้นด้ายผสมปั่นมือจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี ศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม ศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยผสมเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม และศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย ผู้วิจัยได้ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1 อ้อย
- 2.1.1 ความสำคัญของอ้อย
- 2.1.2 แหล่งกำเนิดของอ้อย
- 2.1.3 ความสำคัญของอ้อยกับวิถีชีวิตของคนไทย
- 2.1.4 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอ้อย
- 2.1.5 พันธุ์อ้อย

2.2 การแยกเส้นใยธรรมชาติ
- 2.2.1 กระบวนการทางเคมี
- 2.2.2 การแยกเส้นใยโดยการแช่หมัก
- 2.2.3 การแยกเส้นใยโดยการใช้ด่าง
- 2.2.4 การฟอกขาว

2.3 กระบวนการผลิตเส้นด้าย
- 2.3.1 ประเภทของการปั่นเส้นด้าย
- 2.3.2 การปั่นเส้นด้ายระบบฝ้าย
- 2.3.3 การปั่นเส้นด้ายระบบขนสัตว์
- 2.3.4 การปั่นเส้นด้ายใยสังเคราะห์
- 2.3.5 การปั่นเส้นด้ายใยสั้น
- 2.3.6 การผลิตเส้นด้ายฝ้าย
- 2.3.7 เส้นด้าย

2.4 มาตรฐานและการทดสอบสิ่งทอ
- 2.4.1 ประเภทของการทดสอบสิ่งทอ

2.4.2 หลักการทั่วไปของการวิเคราะห์เส้นใย

2.4.3 การทดสอบสิ่งทอ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อ้อย

2.1.1 ความสำคัญของอ้อย

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของคนไทย และเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมน้ำตาล ที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ จากข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลที่มีการเก็บรวบรวมได้ [5] พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั้งหมดประมาณ 8.4 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2556-2557 หรือคิดเป็นร้อยละ 5.71 ของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยในประเทศทั้งหมด [6] ในเชิงของการใช้เป็นอาหาร อ้อยนับว่าเป็นพืชสำคัญอันดับ 4 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าวเหนียว คิดตามผลผลิตเป็นน้ำหนักแห้งที่เก็บเกี่ยวได้ต่อเนื้อที่ต่อปี อ้อยเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในด้านของผลผลิต อ้อยมีปัจจัยสำหรับการเจริญเติบโต เช่น แสงแดด น้ำ อากาศ และธาตุอาหารได้มีประสิทธิภาพมากกว่า นอกจากนี้อ้อยยังเป็นพืชที่ปลูกง่าย และเมื่อปลูกครั้งแรกแล้วสามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง อ้อยชอบอากาศร้อน และชุ่มชื้นประเทศที่ปลูกอ้อยมีประมาณ 70 ประเทศ อยู่ในแถบร้อน และชุ่มชื้นอยู่ในระหว่างเส้นรุ้งที่ 35 องศาเหนือและ 35 องศาใต้ ประเทศผู้ปลูกอ้อยที่สำคัญได้แก่ ประเทศบราซิล คิวบา และอินเดีย [7]

จากผลผลิตอ้อยทั้งหมด 103.7 ล้านตันต่อปี ในปี พ.ศ. 2556-2557 หรือคิดเป็น 12.4 ตันต่อปี สามารถนำมาแปรรูปเป็นน้ำตาลได้ถึง 11.3 ล้านตัน แบ่งเป็นสัดส่วนของน้ำตาลเพื่อผู้บริโภคภายในประเทศไทย 2.4 ล้านตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 21.2 และสัดส่วนเพื่อส่งออก 8.9 ล้านตันหรือคิดเป็นร้อยละ 78.8 ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2557 ในเวทีโลกไทยมีปริมาณการส่งออกน้ำตาลเป็นอันดับสอง รองลงมาจากประเทศบราซิล ประเทศไทยมีตลาดส่งออกสำคัญ คือ ประเทศอินโดนีเซีย ญี่ปุ่น และเกาหลีใต้ นำรายได้เข้าประเทศประมาณ 5.8 หมื่นล้านบาทต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 13.9 ของมูลค่ารวมการส่งออกสินค้าเกษตร [6]

2.1.2 แหล่งกำเนิดของอ้อย [8]

แหล่งกำเนิดดั้งเดิมของอ้อยอยู่บนเกาะนิวกินี ซึ่งเป็นเกาะใหญ่ในมหาสมุทรแปซิฟิค มีหลักฐานยืนยันว่าชาวพื้นเมืองของเกาะนี้ โดยการปลูกอ้อยของชาวพื้นเมืองเพื่อสำหรับกินเล่น โดยการขยายพันธุ์ของอ้อยเกิดจากการอพยพและติดต่อค้าขาย มีข้อสันนิษฐานว่าอ้อยกระจายออกจากนิวกินีไป 3 ทาง ทางแรกไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ สู่เกาะโซโลมอน เกาะนิวเฮบริติส และนิวคาลิโดเนีย และมี

การขยายเพิ่มไปยังหมู่เกาะชวาประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และอินโดจีน ซึ่งรวมถึงประเทศไทยตลอดถึงชายฝั่งแถบอ่าวเบงกอล ประเทศอินเดีย ทางที่สองโดยการขยายมายังกลุ่มประเทศนี้มีความสำคัญมากเพราะได้ก่อให้เกิดการพัฒนาอุตสาหกรรมน้ำตาลจนมีความเจริญอย่างที่เห็นอยู่ในปัจจุบัน ทางที่สามอ้อยถูกนำสู่เกาะต่างๆ คือ ฟิจิตองกา ซามัว เกาะคุก และฮาวาย รวมทั้งเกาะเล็กเกาะน้อยในมหาสมุทรแปซิฟิค

สำหรับประเทศไทยได้มีการปลูกอ้อยมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน รวมทั้งทำน้ำตาลจากอ้อยได้เริ่มในสมัยกรุงสุโขทัยในปี พ.ศ. 1920 แหล่งผลิตสำคัญอยู่ที่จังหวัดสุโขทัย พิษณุโลก และกำแพงเพชร น้ำตาลที่ผลิตได้นั้นเป็นน้ำตาลแดง (Muscovado) หรือน้ำอ้อยงบ ซึ่งการผลิตน้ำตาลทรายขาว (Centrifugal Sugar) ได้เริ่มที่จังหวัดลำปาง เมื่อปี พ.ศ. 2480 หลังจากนั้นการผลิตน้ำตาลทรายขาวได้มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นตามนั้น จากการผลิตเพียงเพื่อทดแทนปริมาณน้ำตาลที่สั่งเข้ามาจากประเทศฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย จนกระทั่งผลิตได้พอใช้บริโภคภายในประเทศ และเหลือส่งออกต่างประเทศในปี พ.ศ. 2502-2503 ที่มียอดการส่งออกจำนวน 5,723 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 8.10 ล้านบาท และมูลค่าการส่งออกของน้ำตาลได้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และมูลค่าส่งน้ำตาลออกได้เพิ่มขึ้นเป็น 7,395 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2520 ซึ่งเป็นรายได้ที่สูงที่สุดนับตั้งแต่ประเทศไทยได้มีผลิตส่งออกน้ำตาลเป็นสินค้าส่งออกและนับเป็นรายได้อันดับ 3 รองจากข้าวเหนียว และมันสำปะหลังในปี พ.ศ. 2521 มูลค่าการส่งออกลดลงเหลือเพียง 3,972 ล้านบาท สาเหตุเนื่องจากปริมาณน้ำตาลล้นตลาด และราคาตกต่ำเป็นรายได้ 1 ใน 10 แต่รายได้จากการส่งออกน้ำตาลยังคงเป็นสินค้าส่งออกทั้งหมด จึงนับได้ว่าอ้อยเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ

2.1.3 ความสำคัญของอ้อยกับวิถีชีวิตของคนไทย [8]

อ้อยเป็นพืชที่มีความสำคัญที่ชาวไทยนำมาใช้ในพิธีต่างๆ ทั้งในงานเทศกาลหรือพิธีมงคลต่างๆ เช่น แต่งงาน โกนจุก ขึ้นบ้านใหม่ หรือเทศน์มหาชาติ และอ้อยยังเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ ในงานหมั้นหรืองานแต่งงานเพราะต้องมีต้นอ้อยแห่กับขบวนขันหมาก และนำมาผูกที่ประตูบ้านเจ้าสาว ในการไหว้พระจันทร์ของประเทศจีนก็ใช้อ้อยประดับทำซุ้มในพิธีต่างๆ ที่ต้องมีมณฑปพิธีตั้งราชวัติฉัตรธงก็ต้องประดับประดาด้วยอ้อยรวมทั้งกล้วยและมะพร้าวต่างๆ

ในตำรับยาแผนโบราณใช้อ้อยแดงมาต้มกับเครื่องยาอื่น ที่เรียกว่า อ้อยแดง เนื่องจากอ้อยชนิดนี้มีเปลือกสีแดงจนเกือบดำบางครั้งจึงมีผู้เรียกว่า อ้อยหรืออ้อยขม เนื่องจากตาและเปลือกมีรสขม

2.1.4 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอ้อย [8], [9], [10], [11]

ชื่อวิทยาศาสตร์	*Saccharum Officinarum* Linn.
วงศ์	POACEAE, GRAMINEAE
ชื่อสามัญ	Sugarcane
ชื่ออื่น	อ้อยขม อ้อยแดง อ้อยดำ
กลุ่ม	พืชใบเลี้ยงเดี่ยว

อ้อยพืชล้มลุก สูง 2-5 เมตร ลำต้นสีม่วงแดง มีไขสีขาวปกคลุม ไม่แตกกิ่งก้าน ใบเดี่ยว เรียงสลับ กว้าง 2.5-5.0 เซนติเมตร ยาว 0.5-1.0 เมตร ช่อดอกออกที่ปลายยอดมีสีขาว ผลเป็นผลแห้ง ขนาดเล็ก อ้อยมีหลายพันธุ์แตกต่างที่ความสูง ความยาวของข้อและสีของลำต้น อ้อยสามารถปลูกได้ง่ายโดยการปลูก ทำได้โดยการปลูกทำได้โดยการตัดลำต้นออกเป็นท่อนๆ ในอดีตถูกปลูกเป็นพืชสวนครัวสำหรับใช้ในครอบครัวเท่านั้นแต่ปัจจุบันอ้อยมีการเปลี่ยนแปลงจากพืชสวนครัวมาเป็นพืชไร่

ลักษณะของอ้อยมีลักษณะการปลูกแบบดั้งเดิม ตามถิ่นกำเนิดแถบหมู่เกาะนิวกินีที่เป็นต้นกำเนิดของอ้อย และมีการพัฒนาเป็นอ้อยลูกผสม (Hybrid Cane) ที่ได้จากการผสมพันธุ์อ้อยระหว่างอ้อยชนิดต่างๆ เข้าด้วยกัน

2.1.1.1 รากอ้อย

รากของอ้อยจะเป็นรากที่อยู่ใต้ดิน มีขนาดใหญ่กระจายทั่วลำต้น มีความยาวประมาณ 100 เซนติเมตร รากของอ้อยนั้นแบ่งออกเป็น 2 ชุด ทั้งรากของท่อนพันธุ์ที่ใช้ลำเลียงน้ำ และธาตุอาหารจนกว่าหน่ออ่อนเติบโต รากชนิดนี้หมดสภาพไปเอง และรากของหน่อ คือ รากขนาดใหญ่ที่เจริญออกจากปุ่มรากของหน่อที่เติบโตแล้ว รากของอ้อยนั้นมีการเติบโตทดแทนกันอย่างสม่ำเสมอ และรากเก่าก็หมดสภาพลงไปตามกาลเวลา ดังแสดงในรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 รากอ้อย
ที่มา : [5]

2.1.1.2 ลำต้นอ้อย

ลำต้นขนาดใหญ่ของอ้อย ประกอบด้วยข้อปล้องจำนวนมาก ปล้องยาวหรือสั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ได้รับ ยิ่งมีน้ำมากปล้องยาว และทำให้ลำต้นสูงใหญ่ตาม อ้อยที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 12 เดือน อาจมีลำต้นสูงประมาณ 2-3 เมตร และเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5-5.0 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับพันธุ์ สภาพแวดล้อม และการปฏิบัติรักษาของชาวไร่ [12] ดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 ลำต้นอ้อย
ที่มา : [5]

2.1.1.3 รูปร่างของปล้องอ้อย

รูปร่างของปล้องอ้อยมีความแตกต่างกันหลายรูปทรง ได้แก่ เป็นรูปทรงกระบอก (Cylindrical) ทรงมัดข้าวต้ม (Tumescent) ทรงกลางคอด (Bobbin-Shaped) ทรงโคนใหญ่ (Conoidal) ทรงโคนเล็ก (Obconoidal) และทรงโค้ง (Curved) เป็นต้น ข้อและปล้องเหล่านี้ มีส่วนประกอบมากกว่าสิบอย่างด้วยกัน เช่น ตา บริเวณเกิดราก (Root Band, Rootring or Root Zone) หรืออาณาเขตที่อยู่ระหว่างรอยกาบและวงเจริญ ปุ่มราก (Root Primordia or Root Initials) หรือจุดที่รากเจริญออกมาวงเจริญหรือวงแหวน (Growth Ring) รอยกาบ (Leaf Scar or Sheath Scar) เป็นรอยที่เกิดขึ้นหลังจากกาบใบหลุดวงไข (Wax Ring) ส่วนที่มีไขเกาะมากกว่าส่วนอื่นๆ รอยแตกตื้น หรือรอยแตกลายงา (Corky Cracks)รอยแตกเล็กๆ บริเวณผิวเปลือกรอยแตกลึก (Growth Crack or Rind Crack) รอยแตกขนาดใหญ่ตามความยาวของลำต้นลึกเข้าไปในเนื้ออ้อยรอยตกสะเก็ด (Corky Patch) และร่องตา (Bud Furrow or Bud Groove) [13] ดังแสดงในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 รูปร่างของปล้องอ้อย
ที่มา : [5]

2.1.1.4 ใบอ้อย

ใบอ้อยเหมือนใบข้าวมีขนาดใหญ่ขึ้น ใบอ้อยมี 2 ส่วน คือ กาบใบ และแผ่นใบ

1) กาบใบ คือ ส่วนที่โอบรอบลำต้นสลับซ้าย ขวาไปมาจากต้นถึงปลายลำต้น

2) แผ่นใบ เป็นส่วนที่ถัดเข้าไปจากกาบใบ มีแกนตรงกลางที่ทำให้แผ่นใบมีลักษณะแข็งตั้งตรงได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 ใบอ้อย
ที่มา : [5]

2.1.1.5 ดอกอ้อย

ดอกของอ้อยนั้นเป็นดอกขนาดเล็ก ติดกันเป็นคู่ๆ แต่ในหนึ่งคู่ก็แยกออกเป็นดอก มีก้าน และไม่มีก้านแต่ละดอกมีขนสีขาวอยู่ที่รอบฐาน เมื่อดอกบานขนเหล่านี้ก็กางออกรอบๆ เป็นรัศมีเล็กๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 ดอกอ้อย
ที่มา : [5]

2.1.1.6 เมล็ดอ้อย

เมล็ดอ้อย คือ ผลที่มีเมล็ดเดี่ยว มีส่วนของเปลือก และเยื่อหุ้มเมล็ดติดกัน เรียกว่า คาไรออพซิส (Caryopsis) รูปร่างของเมล็ดเป็นรูปไข่ สีน้ำตาลออกเหลืองอ่อน มีลักษณะคล้ายเมล็ดข้าว มีขนาดเล็กลงมาหลายเท่า และติดอยู่กับตัวดอกอย่างแน่น เรียกเมล็ดอ้อย ฟัซซ์ หรือ ฟลัฟฟ์ (Fuzz or Fluff) และนำเมล็ดเหล่านี้ไปเพาะใหม่ต่อไป ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ก็งอกเป็นอ้อยต้นใหม่ภายใน 7-14 วัน [14] ดังแสดงในรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 เมล็ดอ้อย
ที่มา : [13]

2.1.5 พันธุ์อ้อย [14]

พันธุ์อ้อยที่นิยมปลูกมากในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ อ้อยเคี้ยว และอ้อยสำหรับทำน้ำตาล

2.1.5.1 อ้อยเคี้ยว

อ้อยเคี้ยวมีลักษณะที่มีเปลือกและชานนิ่ม มีความหวานในระดับปานกลางถึงระดับสูง ปลูกเพื่อนำน้ำอ้อยไปบริโภคโดยตรง หรือใช้สำหรับรับประทานสด อ้อยเคี้ยวที่นิยมปลูกกันมีหลายพันธุ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 อ้อยเคี้ยว
ที่มา : [14]

1) อ้อยสิงคโปร์ หรืออ้อยสำลี มีลักษณะชานนิ่ม ลำต้นสีเหลืองอมเขียวนำมาทำเป็นน้ำอ้อยเพราะมีสีสวย น่ารับประทาน

2) อ้อยพันธุ์มอริเชียส ลำต้นสีม่วงแดง อ้อยพันธุ์นี้ไม่เหมาะสำหรับนำมาทำน้ำอ้อย จึงใช้สำหรับการบริโภคโดยตรงแทน อ้อยพันธุ์นี้นิยมปลูกในจังหวัดราชบุรี และนครปฐม

3) อ้อยพันธุ์บาดิลาสีม่วงดำ เป็นอ้อยเคี้ยว แต่ไม่ค่อยนิยมปลูกเพราะอ้อยพันธุ์นี้เจริญเติบโตช้า และมีปล้องที่สั้นมาก

อ้อยทั้ง 3 พันธุ์นี้จัดเป็นอ้อยพันธุ์ดั้งเดิม ซึ่งมีถิ่นกำเนิดแถบเกาะนิวกินี นอกจากนี้ยังมีอ้อยน้ำผึ้งและอ้อยขาไก่ ซึ่งยังมีปลูกบ้างในบางพื้นที่และอ้อยชนิดอื่นๆ นอกจากที่กล่าวมานี้สามารถใช้เป็นอ้อยเคี้ยวได้ หากมีความหวานที่มากพอ และไม่แข็งจนเกินไป

2.1.5.2 อ้อยน้ำตาล

อ้อยน้ำตาลเป็นอ้อยลูกผสม ซึ่งเกิดขึ้นโดยนักผสมพันธุ์อ้อยของประเทศต่างๆ ทั่วโลก สำหรับประเทศไทยได้มีการนำพันธุ์อ้อยลูกผสมเข้ามาจากต่างประเทศ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน รวมประมาณ 220 พันธุ์ ในจำนวนนี้มีเพียง 20 พันธุ์ ที่ปลูกเป็นการค้าอยู่ในภาคต่างๆ เช่น บี 4098 ซีบี 38-22 และซีโอ 419 เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 อ้อยน้ำตาล
ที่มา : [14]

2.2 การแยกเส้นใยธรรมชาติ [15]

การวิจัยครั้งนี้สิ่งสำคัญในการแยกเส้นใยจากใบอ้อย เพื่อนำเส้นใยไปใช้ประโยชน์ คือ การใช้ส่วนใบของต้นอ้อยที่ไม่ใช้ประโยชน์ นำมาแยกเป็นเส้นใยที่มีสมบัติเหนียว และยืดหยุ่นเหมาะสมกับการแปรรูปเพื่อไปทำผลิตภัณฑ์เส้นใยที่มีคุณภาพ โดยการแยกเส้นใยได้จากส่วนลำต้นจะได้เส้นใยที่มีความยาวมีความแข็งแรงนุ่มเหนียวจากการแยกเส้นใย ส่วนปลายใบจะได้เส้นใยที่มีความยาวค่อนข้างสั้นและกระด้าง ซึ่งกระบวนการแยกเส้นใยเป็นกระบวนการที่สำคัญของการผลิตเส้นใย โดยหลายวิธีแตกต่างกันดังต่อไปนี้

2.2.1 กระบวนการทางเคมี

กระบวนการทางเคมีเป็นวิธีทำให้เยื่อที่ได้มีความสะอาดมาก เพราะถูกต้มด้วยน้ำยาเคมีในหม้อต้มจนกระทั่งเส้นใยแยกออกจากกัน เส้นใยที่ผ่านกระบวนการนี้มีความละเอียดเยื่อที่มีความนุ่มและฟอกให้ขาวได้ง่าย หลักการของกระบวนสารเคมีเป็นกรรมวิธีการผลิตเยื่อที่ใช้สารเคมี ละลายสารในเยื่อไม้ที่เป็นตัวยึดเส้นใยที่จับตัวกันไว้ให้ออกมา วิธีการนี้เป็นวิธีการนำวัตถุดิบมาต้มกับสารเคมีความเข้มข้นสูงในหม้อต้มเยื่อ (Digrster) เยื่อจากกระบวนการนี้มีปริมาณเซลลูโลสสูง มีลิกนินและสารอินทรีย์อื่นๆ ปนอยู่น้อยมาก และมีความเหนียวมาก

2.2.2 การแยกเส้นใยโดยการแช่หมัก

การแยกเส้นใยโดยการแช่หมักเป็นการแช่หมักโดยแบคทีเรีย ซึ่งแบคทีเรียจะทำลายเนื้อเยื่อให้เน่าเปื่อย แล้วจึงแยกเส้นใยออกจากผิวและเนื้อใบ แบคทีเรียทำปฏิกิริยาสลายเนื้อเยื่อที่ยึดเส้นใยอยู่กับผิว ทำให้เนื้อใบออกจากกันเส้นใย ซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลส การแช่หมักทำให้การแยก

เส้นใยทำได้อย่างสม่ำเสมอ เนื้อเยื่อสลายตัวได้ดี ซึ่งการแยกเส้นใยควรเตรียมชิ้นส่วนของพืชที่เตรียมไว้ควรมัดพอหลวมตัดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร ในแต่ละมัด นำไปวางเรียงในบ่อหมักหรือลำธารที่มีน้ำความลึกไม่ต่ำกว่า 90 เซนติเมตร ใช้เวลานานประมาณ 5-12 วัน ซึ่งต้องให้ชิ้นส่วนของพืชจมใต้น้ำตลอดเวลาการแช่หมัก และอาจใช้วัตถุที่มีน้ำหนักทับไว้ข้างบน เพื่อให้ใบอยู่ใต้ผิวน้ำตลอดเวลาที่แช่หมัก ถ้าแช่หมักในทางน้ำไหลจะได้ช่วยให้สีของเส้นใยสวยขึ้น และไม่มีกลิ่นเหม็น ควรตรวจสอบว่าเส้นใยที่แช่หมักไว้สามารถแยกเส้นใยออกได้หรือไม่และต้องตรวจดูอย่างสม่ำเสมอ หลังจากการแช่หมักไปแล้วระยะหนึ่ง เมื่อเส้นใยที่แช่หมักสามารถที่แยกเส้นใยได้ตามที่ต้องการแล้วให้นำใบไปล้างออก โดยจับโคนใบที่มัดไว้แล้วส่ายในน้ำสะอาดไปมาแรงๆจนกว่าผิวและเนื้อเยื่อใบหลุดออกทั้งหมดจนเหลือแต่เส้นใย แล้วนำเส้นใยไปล้างในน้ำสะอาดอีกครั้ง และนำไปผึ่งแดดให้แห้ง สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide) หรือโซดาไฟ (Caustic Soda) เป็นด่างแก่ที่ละลายได้ในน้ำ เป็นที่รู้จักทั่วไปในท้องตลาดว่า คอสติกโซดา ซึ่งมีสูตรทางเคมีว่า NaOH เป็นสารเคมีประเภทหนึ่งที่ออกฤทธิ์เป็นด่างอย่างรุนแรง เมื่ออยู่ในสารละลายมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 11-12 มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวอยู่ในรูปเป็นเม็ดแผ่นหรือสารละลาย ถ้าทิ้งไว้ในบรรยากาศสามารถดูดความชื้นจากอากาศจนกลายเป็นสารละลายได้ ค่าความถ่วงจำเพาะ 2.14 จุดหลวมเหลว 318 องศาเซลเซียส สามารถละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์ และเกลือคลอรีน สารโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นวัตถุดิบในการผลิตอุตสาหกรรมประเภทอื่น เช่น ผงชูรส สบู่ ผงซักฟอก ทอผ้า ฟอกย้อม และกระดาษ ใช้อุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมันตลอดจนใช้ในการฟอกล้าง และสกัดสิ่งสกปรก

2.2.3 การแยกเส้นใยโดยการใช้ด่าง

การแยกเส้นใยโดยการใช้ด่างมีกระบวนการคล้ายกับการแยกเส้นใยโดยการแช่หมัก แต่ใช้ด่างแทนจุลินทรีย์ ซึ่งด่างจะช่วยย่อยสลายเนื้อเยื่อแทนแบคทีเรีย โดยการทำให้พืชที่ต้องการแยกเส้นใยเกิดการพองตัว และโซเดียมไฮดรอกไซด์ย่อยสลายเนื้อเยื่อส่วนที่หลุดออกมา โดยจะเหลือส่วนที่เป็นเส้นใยที่ต้องการ การแยกเส้นใยโดยการใช้ด่างเพราะไม่ส่งกลิ่นเหม็น และใช้เวลาน้อยกว่า แต่ถ้าใช้ปริมาณความเข้มข้นของด่างมากเกินไป มีผลทำให้ของเส้นใยเปื่อยและแตกขาดได้ง่ายและสมบัติของเส้นใยลดลง เนื่องจากสารที่เข้มข้นไปทำลายโครงสร้างภายในเส้นใย

2.2.4 การฟอกขาว [16], [17]

การฟอกขาวของเส้นใย สามารถใช้สารเคมีในการฟอกขาวได้หลายชนิด ได้แก่

2.2.4.1 สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นสารออกซิไดซ์ที่นิยมใช้ในการฟอกขาวเส้นใยมากที่สุด เพราะสามารถแตกตัวได้ดีในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีค่า pH 11.5 ซึ่งสามารถปรับ

ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนตสำหรับฝ้าย แอมโมเนียและเตตราโซเดียมไพโรฟอสเฟต สำหรับเส้นใยขนสัตว์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน และเพอร์ไฮดรอกซิลไอออน (HOO^-) แต่การฟอกขาวนี้ทำให้ฝ้ายเกิดความเสียหายได้ การใช้สารกลุ่มเพอร์แอซิด เช่น กรดเพอร์อะซีติก ช่วยในการฟอกขาวและกรดซัลฟุริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาความขาวของเส้นใยฝ้ายด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้ที่อุณหภูมิต่ำ [18] ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ดังสมการที่ (2.1)

$$H_2O_2 + CH_3COOH \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3CO\text{-}O\text{-}OH + H_2O \qquad (2.1)$$

2.2.4.2 สารประกอบไฮโปคลอไรท์

สารประกอบไฮโปโปคลอไรท์ เป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรง ใช้ฟอกสารได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ มีความเสถียรที่ pH 10 โซเดียมคลอไรท์อยู่ในรูปของเหลว แคลเซียมคลอไรท์อยู่ในรูปของแข็งสารประกอบคลอไรท์แตกตัวให้ก๊าซคลอรีน และไฮดรอกซิลไอออนที่ทำให้เกิดการฟอกขาวได้ การเติมกรดเพื่อลดค่า pH ให้อยู่ในช่วง 5.0-8.5 ทำให้เกิดกรดไฮโปคลอรัส การฟอกขาวด้วยสารประกอบไฮโปคลอไรท์ทำให้เส้นใยเปื่อยง่าย และมีสีเหลือง โดยเฉพาะกับเส้นใยโปรตีนหรือไนลอน หลังการฟอกต้องล้างคลอรีนที่ตกค้างออกด้วยสารรีดิวซ์ เช่น โซเดียมไบซัลไฟท์ โซเดียมไทโอซัลเฟต ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แล้วปรับสภาพให้ผ้ามีความเป็นกลาง เรียกว่า การต้านคลอรีน (Anti-Chlor) เกิดปฏิกิริยาขึ้นระหว่างแอคทีฟคลอรีน และคลอรามีน (RNHCl เกิดปฏิกิริยาขึ้นจากการที่เส้นใยโปรตีนทำปฏิกิริยากับสารไฮโปคลอไรท์) กับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ดังสมการที่ (2.2-2.8)

$$NaOCl + H_2O_2 \longrightarrow NaCl + H_2O + O_2 \qquad (2.2)$$

$$RNHCl + H_2O_2 \longrightarrow R\text{-}NH_2 + HCl + O_2 \qquad (2.3)$$

ปฏิกิริยาการฟอกขาวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

$$H_2O_2 \longrightarrow H_2O + O^* + X \text{ kcal} \quad \text{การสลายตัวตามปกติ} \qquad (2.4)$$

$$H_2O_2 \rightleftharpoons H^+ + HOO^- \quad \text{การแตกตัวในน้ำ} \qquad (2.5)$$

$$HOO^- \longrightarrow OH^- + O^* \quad \text{ปลดปล่อยแอคทีฟออกซิเจนในการฟอกขาว} \qquad (2.6)$$

$$NaHO_2 \rightleftharpoons Na^+ + HOO^- \quad \text{ปลดปล่อยสารฟอกขาวในสภาวะด่าง} \qquad (2.7)$$

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2 \quad \text{การสลายตัวให้ก๊าซออกซิเจนไม่เกิดการฟอกขาว} \qquad (2.8)$$

ที่ค่า pH 10.5-11.5 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะแตกตัวกลายเป็นออกซิเจนได้อย่างรวดเร็วทำให้ผ้าฝ้ายเสียหายต้องเติมสารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) เช่น EDTA หรือโซเดียมซิลิเกต หรือกรดอะซิติกที่มีกรดซัลฟุริกเป็นตัวเร่ง เพื่อให้ปฏิกิริยาการแตกตัวเกิดช้าลง โดยทั่วไปใช้สารเพิ่มความคงตัวร้อยละ 10-20 ของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

2.2.4.3 สารประกอบคลอไรท์

สารประกอบคลอไรท์ เช่น โซเดียมคลอไรท์ มีลักษณะเป็นของแข็ง สามารถก่อให้เกิด คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) ที่สลายตัวง่ายแล้วทำให้เกิดการฟอกขาวขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ดังสมการที่ (2.9-2.11)

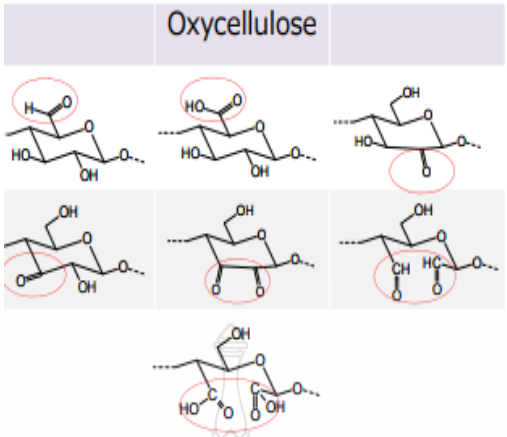
$$NaOCl_2 + H^+ \rightarrow HClO_2 + Na^+ \quad (2.9)$$

$$5HClO_2 \rightarrow 4ClO_2 + HCl + 2H_2O \quad (2.10)$$

$$ClO_2 + 4H+ + 5e^- \rightarrow Cl^- + 2H_2O \quad (2.11)$$

2.2.4.4 คลอรีนไดออกไซด์

คลอรีนไดออกไซด์ เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการฟอกขาวเป็นสารอันตรายกัดกร่อนโลหะ ที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องจักรได้ การฟอกขาวด้วยโซเดียมคลอไรท์ทำได้ที่ pH 3.5-4.0 ในสารละลายบัฟเฟอร์ เช่น โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต การฟอกฝ้ายที่ pH 1.76-6.05 ที่ 20 องศาเซลเซียส การฟอกขาวด้วยคลอรีนไดออกไซด์ทำให้เกิด ออกซีเซลลูโลส (Oxycellulose) ได้ง่าย ออกซีเซลลูโลสเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของเซลลูโลส เมื่อฟอกขาวด้วยสารกลุ่มออกซิแดนท์เช่นกัน ทำให้หมู่ไฮดรอกซิล ของเซลลูโลสกลายเป็นหมู่อัลดีไฮด์ คีโตน และคาร์บอกซิล ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของเซลลูโลส

ที่มา : [16]

สามารถตรวจสอบการเกิดออกซีเซลลูโลสได้จากการลดของความหนืดของสารละลาย การลดของความแข็งแรงของเส้นใย การเพิ่มขึ้นของจำนวนหมู่คาร์บอนิล

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการฟอกขาวด้วยสารต่างชนิด

สารฟอกขาว	ข้อดี	ข้อเสีย
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	ผ้าเกิดการเหลือง (Yellowing)	ทำให้ผ้าเป็นรู (Pinholes) ได้ถ้าน้ำที่ใช้ฟอกมีไอออนของเหล็กปนอยู่
	ใช้กับเส้นใยโปรตีนได้	กัดกร่อนผิวหนัง
	ไม่มีพิษปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม	ทำได้เกิดการติดไฟได้
สารประกอบไฮโปคลอไรท์	ราคาถูก	ให้ก๊าซที่เป็นพิษที่กัดกร่อนโลหะเนื้อเยื่อร่างกาย
	ประสิทธิภาพการฟอกสูง	ใช้เส้นใยโปรตีนไม่ได้
	ใช้งานง่าย	เกิดจากสลายตัวอย่างรวดเร็วในขณะการเก็บรักษา
สารประกอบคลอไรท์	ไม่ทำให้ผ้าเป็นรู	มีกลิ่นฉุน
	ไม่ทำลายเส้นใยเซลลูโลส	ใช้กับเส้นใยโปรตีนไม่ได้
	ประสิทธิภาพการฟอกสูง	ให้ก๊าซที่เป็นพิษที่กัดกร่อนโลหะเนื้อเยื่อร่างกายสูงมาก
	ใช้งานในสภาวะกรด	เกิดมลภาวะจากก๊าซคลอรีน

ที่มา: [16], [17]

2.3 กระบวนการผลิตเส้นด้าย

เส้นด้าย หมายถึง ใยสิ่งทอที่รวมอยู่ด้วยกันเป็นเส้นยาว ซึ่งมีความแข็งแรงพอที่จะนำไปทอถัก หรือทำการผลิตเส้นด้ายโดยวิธีอื่นๆ เพื่อผลิตเป็นสิ่งทอเส้นด้ายมีด้วยกันหลายชนิด โดยมีลักษณะที่แตกต่างกันแล้วแต่กระบวนการผลิตและกระบวนการตกแต่งต่างๆ [19] การผลิตเส้นด้าย มีเทคนิคและกรรมวิธีการผลิตได้หลากหลายวิธี ซึ่งในแต่ละวิธีนั้นจำเป็นต้องศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อเส้นด้าย คือ เบอร์ของเส้นด้าย เกลียวของเส้นด้าย อัตราส่วนการผสมและการพันกันของเส้นใย [20]

เส้นด้ายประกอบด้วยเส้นใยสั้นๆ รวมกัน และต่อกันเป็นเส้นยาว จนเป็นเส้นด้ายที่ใช้ทอผ้าและนำมาผลิตเป็นผ้าหรือสิ่งทอ ซึ่งต้องเป็นรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ดังต่อไปนี้

1) เส้นใยสั้นจำนวนหนึ่งที่นำมาเข้าเกลียวรวมกันและต่อกันเป็นเส้นยาว
2) เส้นใยยาวจำนวนหนึ่งที่นำมารวมกันโดยไม่ได้เข้าเกลียว

3) เส้นใยยาวจำนวนหนึ่งที่นำมารวมกันแล้วเข้าเกลียวหลวมๆ หรือเข้าเกลียวแน่น

4) เส้นใยยาวเดี่ยว

5) ริ้วของวัสดุที่ตัดเป็นเส้นยาว หรือแผ่นยาว เช่น ด้ายโลหะ [21]

การปั่นเส้นใยให้เส้นด้ายสามารถทำได้หลายวิธี การปั่นจากเส้นใยเป็นการปั่นโดยวิธีเชิงกล (Mechanical Spinning) และการปั่นด้ายใยยาว เรียกว่า การปั่นทางเคมี (Chemical Spinning)

กระบวนการปั่นเส้นด้าย เส้นด้ายที่ปั่นจากเส้นใยสั้น (Spun Yarn) การปั่นโดยระบบฝ้าย (Cotton System) หรือระบบขนสัตว์ [22]

2.3.1 ประเภทของการปั่นเส้นด้าย [23]

การผลิตเส้นด้ายมีหลายชนิด เช่น การผลิตด้ายเดี่ยว ด้ายรวม ด้ายเคเบิ้ล ด้ายเชือก ด้ายเย็บผ้า และด้ายพิเศษ เป็นต้น กระบวนการผลิตเส้นด้ายมี 2 แบบ ดังต่อไปนี้

2.3.1.1 กระบวนการเชิงกล (Mechanical Spinning)

กระบวนการเชิงกล ใช้สำหรับปั่นเส้นใยสั้นมีเครื่องจักรหลายแบบ สามารถทำติดกันจนกระทั่งได้เส้นด้ายยาวตามต้องการ

2.3.1.2 กระบวนการทางเคมี (Chemical Spinning)

กระบวนการทางเคมี ใช้สำหรับเส้นใยยาว เมื่อกดเส้นใยสังเคราะห์ออกมาแล้วทำให้แข็ง แล้วปั่นเป็นเส้นด้ายทันทีไม่ว่าจะเป็นใยสั้นใยยาวหรือใยผสม

เส้นด้ายเป็นผลผลิตที่มาจากกระบวนการผลิต ที่เรียกว่า การปั่นด้าย (Spinning) ซึ่งในหลักการผลิตทั่วไป แบ่งออกได้ 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ เส้นด้ายจากการปั่นด้ายใยสั้น (Staple Fiber Spinning) และเส้นด้ายจากการปั่นด้ายโดยการฉีดพ่นเป็นเส้น (Extrusion) ซึ่งในแต่ละรูปแบบยังให้ผลผลิตที่มีคุณลักษณะ และสมบัติที่แตกต่างกันตามรายละเอียดการผลิต

2.3.1.3 เส้นด้ายจากการปั่นด้ายจากเส้นใยสั้น (Staple Fiber Spinning)

เส้นด้ายจากการปั่นด้ายจากเส้นใยสั้น หมายถึง เส้นด้ายที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยใช้เส้นใยสั้น (Staple) จากเส้นใยธรรมชาติหรือเส้นใยประดิษฐ์ ที่มนุษย์สร้างขึ้นเป็นวัตถุดิบในการผลิตโดยที่เส้นใยสั้นนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1) เส้นใยสั้นขนาด 1-2½ นิ้ว (Short Staple) เช่น ฝ้าย เส้นใยพืชบางชนิด เส้นใยประดิษฐ์ตัดสั้นให้ความยาวใกล้เคียงกับฝ้าย เป็นต้น

2) เส้นใยสั้นขนาด 3-12 นิ้ว (Long Staple) เช่น ขนแกะ ขนสัตว์บางชนิด เส้นใยพืชบางชนิด และเส้นใยประดิษฐ์ตัดสั้นให้ความยาวใกล้เคียงขนแกะ เป็นต้น

2.3.1.4 เส้นด้ายจากการปั่นด้ายโดยการฉีดพ่นเป็นเส้น (Extrusion)

เส้นด้ายจากการปั่นด้ายโดยการฉีดพ่นเป็นเส้น โดยทั่วไปเส้นด้ายใยลักษณะนี้หมายถึง เส้นด้ายจากเส้นใยประดิษฐ์ (Man Made Fiber) ในอุตสาหกรรมสิ่งทอทั่วไปใช้อยู่ประมาณ 4 ชนิดหลักๆ คือ โพลีเอสเตอร์ (Polyester) เรยอน (Rayon) อะครีลิค (Acrylic) และไนลอน (Nylon) เส้นด้ายในรูปแบบนี้มีความยาวต่อเนื่องกันอย่างมากเรียกว่า Filament โดยขนาดภาคตัดขวางถูกกำหนดได้จากขนาดของรูฉีด ซึ่งมีรูปร่างแตกต่างกันไปตามแบบที่กำหนดไว้

กระบวนการผลิตหลังจากที่เส้นใยหรือเส้นด้ายที่ถูกพ่นฉีดออกมา นำไปผ่านกระบวนการดึงรีด (Drawing) อีกครั้งเป็นการเสริมความเหนียวของเส้นด้ายให้สูงขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของเส้นด้ายด้วยวิธีการทางฟิสิกส์หรือเคมี

2.3.2 การปั่นเส้นด้ายระบบฝ้าย [24] มีขั้นตอนการผลิต 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

2.3.2.1 การคัดเลือกและการผสมเส้นใย (Sorting and Blending) เริ่มจากการคัดเลือกด้ายฝ้ายที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน และมีขนาดความยาวเท่ากัน โดยแกะห่อฝ้ายที่มาเป็นฟ่อนๆ ใส่รวมกันในเครื่องผสม (Blending Machine) เพื่อผสมเส้นใยให้เข้ากัน

2.3.2.2 การทำแผ่นเส้นใย (Picking) เครื่องนี้ช่วยทำความสะอาดเส้นใยอีกครั้ง และทำให้เส้นใยให้เป็นแผ่นหนาประมาณ 2-3 นิ้ว กว้างประมาณ 45 นิ้ว มีลักษณะเหมือนม้วนสำลี

2.3.2.3 การสางเส้นใย (Carding) เส้นใยเข้าเครื่องสางเพื่อสางเส้นใย และทำความสะอาดโดยสางเส้นใยสั้นๆ ออก แล้วจัดเรียงเส้นใยให้ขนานกันเป็นแนวยาวเส้นใยแผ่เป็นแผ่นบางๆ และเรียบสม่ำเสมอกัน

2.3.2.4 การหวีเส้นใย (Combing) เป็นขั้นตอนทำเพื่อให้เส้นใยเรียบอีกครั้งหนึ่ง และเอาเส้นใยสั้นๆ ออกให้หมดเหลือแต่เส้นใยที่มีคุณภาพแล้วจัดเส้นใยให้เรียง และขนานกันอย่างเป็นระเบียบเรียกว่า สไลด์เวอร์

2.3.2.5 การดึง (Drawing) ขึ้นอยู่กับสภาพเส้นด้ายที่ต้องการทำหลังจากล้างแล้ว โดยต้องนำเส้นใยมาดึงด้วยเครื่องดึง (Drawing Machine) เครื่องดึงออกมาเป็นสไลด์เวอร์ให้มีขนาดเล็กลงกว่าเดิม

2.3.2.6 การดึงขนาด (Roving) คือ การดึงเส้นใยให้เล็กลงเหลือเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/4-1/8 ของขนาดสไลด์เวอร์เดิม หรือให้ได้ขนาดตามความต้องการ และบิดเกลียวเล็กน้อย

2.3.2.7 การบิดเกลียว (Spinning) เป็นกระบวนการขั้นสุดท้ายของการปั่นเส้นด้าย โดยการบิดเกลียวเส้นด้ายให้เส้นด้ายแน่น และเหนียวแล้วกรอกเข้าหลอด

2.3.3 การปั่นเส้นด้ายระบบขนสัตว์ [24]

การผลิตที่ต้องทำการชำระล้างเอาสิ่งสกปรก และไขมันออกก่อน ซึ่งมีการปั่นที่คล้ายกับระบบฝ้าย ดังต่อไปนี้

2.3.3.1 การเลือกและจำแนกเส้นใย (Sorting) ต้องแบ่งเส้นใยออกเป็นพวกๆ คือ ชนิดดีใช้ผลิตผ้าเนื้อบาง ใช้ทำด้าย Worsted ชนิดปานกลางใช้ทำด้าย Woolen และชนิดยาวมาก และสั้นมากใช้ทอเป็นผ้าเนื้อหยาบและพรม

2.3.3.2 การทำความสะอาด (Scouring) เมื่อแยกชนิดของเส้นใยแล้ว นำไปทำความสะอาดด้วยน้ำอุ่นล้างให้สะอาด

2.3.3.3 การสางและหวี (Carding and Combing) โดยนำเส้นใยที่สะอาดแล้วเข้าเครื่องล้างเพื่อให้เศษวัสดุที่หลงเหลืออยู่หลุดออกไปเหลือแต่ใยที่สะอาด เพื่อให้ใยเรียงติดกันได้ดี

2.3.3.4 การบิดเกลียว (Spinning) การปั่นเส้นใยขนสัตว์ ทำได้ทั้งแบบ Ring และ Mule การปั่นแบบ Ring ได้ผลและปริมาณที่รวดเร็ว คุณภาพดีส่วนการปั่นแบบ Mule เส้นด้ายนุ่มจำนวนเกลียวต่ำเส้นด้ายเล็ก

2.3.4 การปั่นเส้นด้ายใยสังเคราะห์ [24] สามารถทำได้ 3 วิธี คือ

2.3.4.1 การปั่นเส้นด้ายเปียก (Wet Spinning) เป็นวิธีการปั่นเส้นด้าย คือ เมื่อได้สารผสมที่เป็นสารละลาย (Solution) ของเหลวแล้วก็บรรจุในแว่น หรือหัวฉีด Spinneret เส้นใยถูกฉีดผ่านอ่างของเหลวหรืออ่างกรด (Acid Bath) เพื่อทำให้แข็งตัว การปั่นแบบเปียกมักใช้ผลิตเส้นใยเรยอน ใยอะคริลิคชนิดสั้น เช่น อะคริแลน เครสแลนไนทริล มอดอะคริลิค และไวเนล เป็นต้น ต้องนำไปซักและฟอกก่อนนำไปใช้

2.3.4.2 การปั่นเส้นด้ายแห้ง (Dry or Solvent Spinning) เมื่อได้วัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นเส้นใย แล้วต้องทำให้ละลายด้วยสารละลายใยถูกแผลออกสู่ไอร้อนทำให้เส้นใยแข็งตัว

2.3.4.3 การปั่นเส้นด้ายหลอม (Melt) เป็นการปั่นหรือผลิตเส้นใยที่เร็วที่สุดลงทุนน้อยเป็นกระบวนการผลิตที่ง่ายไม่ซับซ้อน ไม่ต้องใช้ตัวทำละลายรูปร่างของเส้นใยเหมือนรูปหัวฉีด ได้แก่ ใยไนลอน โพลีเอสเตอร์ ซาแรน และโอเลฟิน เป็นต้น

2.3.5 การปั่นเส้นด้ายใยสั้น (Spinning of Spun Yarn) [25]

ใยสั้น Spun Yarn หมายถึง เส้นด้ายที่ทำจากใยสั้น ได้แก่ ฝ้าย และขนแกะ ซึ่งทั้งสองชนิดเข้าสู่กระบวนการปั่นเส้นด้ายที่ใช้เครื่องจักรเฉพาะระบบของเส้นใยแต่ละชนิด คือ ระบบฝ้าย (Cotton System) หรือระบบขนแกะ (Woolen System) ทั้งสองระบบนี้ มีขั้นตอนการปั่นคล้ายๆ กัน

แต่ต่างกันที่การทำงานของเครื่องจักรแต่ละระบบที่ออกแบบมาให้ทำงานเหมาะกับคุณสมบัติของเส้นด้ายที่ต่างกัน การปั่นด้ายใยสั้นมี 4 วิธี ดังต่อไปนี้

2.3.5.1 การปั่นแบบวงแหวน (Ring Spinning) [25], [26] เป็นวิธีการปั่นด้ายที่ทำกันมานานและนิยมใช้มากที่สุดในงานอุตสาหกรรมทำเส้นด้าย เป็นระบบที่มีการทำงานของเครื่องจักรบางขั้นตอนต่อเนื่องกัน เป็นวิธีที่ใช้เวลามากในการผลิตเมื่อเทียบกับระบบปลายเปิด

1) การเปิดและผสมเส้นใย (Opening Blending) เป็นเริ่มจากการเปิดห่อเส้นใยฝ้ายแล้วปล่อยไว้ในห้องเปิดห่ออย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อปรับสภาพเส้นใยเข้าสู่สภาวะธรรมชาติให้ได้มากที่สุด แล้วจึงนำเส้นใยจากมัดต่างๆ ส่งเข้าสู่ระบบเครื่องจักร ซึ่งทำหน้าที่เปิดกลุ่มเส้นใยให้กระจายตัวออก และแยกสิ่งสกปรกออกเส้นใยจะถูกปั่น และตีให้กระจายเป็นกลุ่มย่อย และผสมผสานกัน ในขณะเดียวกันสิ่งสกปรกมีน้ำหนักมากกว่า เส้นใยแยกตัวตกลงข้างล่าง เส้นใยถูกพ่นออกไปสู่เครื่องทำแผ่นเส้นใยและเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ

2) การสางใย (Carding) แผ่นเส้นใยจากขั้นตอนที่ 1 ถูกส่งเข้าไปสู่เครื่องสางใยเพื่อแยกกลุ่มเส้นใยออกจากกัน และแยกเส้นใยสั้นออก ทำให้สิ่งสกปรกที่เล็กละเอียดแยกออกจากกัน เส้นใยที่ผ่านออกมามีการเรียงตัวขนานกันมากขึ้น เครื่องสางส่งกลุ่มเส้นใยที่สางแล้วออกเป็นม้วนเส้นใยยาวต่อเนื่องกัน เรียกว่า Carded Silver ส่งออกไปบรรจุลงถัง เพื่อนำไปเข้าเครื่องรีดปุยอีกต่อไป

3) การรีดปุย (Drawing) สไลเวอร์ที่ผ่านขั้นสางใยมีเส้นใยที่ยังเรียงตัวขนาดกันไม่มากนัก ขนาดของเส้นใยสไลเวอร์ต่างกันมีขนาดไม่เท่ากัน ในขั้นตอนการรีดปุยเป็นการนำเอาสไลเวอร์หลายๆ เส้นมาเข้าเครื่องรีดปุยลูกกลิ้งในเครื่องรีดสไลเวอร์หลายๆ เส้นให้รวมเป็นเส้นเดียวกัน เรียกว่า (Drawing Silver) การเรียงตัวของเส้นใยดีขึ้น เส้นใยจากสไลเวอร์ต่างๆ ผสมผสานกันอย่างสม่ำเสมอ การผสมเส้นใยต่างชนิดกัน (Blending) ก็นิยมทำในขั้นตอนนี้ โดยสไลเวอร์ที่ผสมของเส้นใยในอัตราส่วนที่ต้องการผสมเข้าไปในเครื่องรีดเป็นสไลเวอร์เดียวกัน

4) การหวี (Combing) สไลเวอร์ที่ผ่านขั้นตอนการรีดปุยแล้ว ถูกส่งไปทำแผ่นเส้นใยอีกครั้ง เพื่อส่งเข้าเครื่องหวีเส้นใย ซึ่งเป็นขั้นตอนทำให้เส้นใยเรียงตัวขนานเหยียดตรงมากที่สุด และถูกส่งออกมาเป็นสไลเวอร์ เพื่อส่งไปเข้าเครื่องลดขนาดสไลเวอร์ต่อไป

5) การลดขนาดสไลเวอร์ (Roving) สไลเวอร์ถูกส่งไปยังเครื่องดึงยืดสไลเวอร์เพื่อลดขนาดสไลเวอร์ให้เล็กลงในขนาดเหมาะที่ทำเป็นเส้นด้ายขนาดต่างๆ ในขณะที่สไลเวอร์ยืดตัวออกเส้นใยขนานกันมากขึ้น ดังนั้นในช่วงนี้ต้องเข้าเกลียวหลวมๆ เพื่อให้เส้นใยยึดเกาะกันแล้วจึงพันเข้าหลอดโรฟวิ่ง

6) การปั่นด้าย (Spinning) เป็นขั้นตอนการทำให้เส้นด้ายจากหลอดโรฟวิ่งผ่านลูกกลิ้ง เพื่อรีดให้มีขนาดเล็กลงตามความต้องการ บิดเกลียว ควบคุมขนาด และจำนวนเกลียวต่อนิ้วให้เป็นไปตามความต้องการ สำหรับเครื่องปั่นด้ายวงแหวนมีส่วนประกอบสำคัญของเครื่อง คือ ส่วนป้อนเส้นสไลเวอร์ส่วนดึงรีดให้สไลเวอร์มีขนาดเล็กลง ซึ่งเป็นชุดลูกกลิ้งส่วนเข้าเกลียวด้าย ซึ่งเป็นส่วนสำคัญประกอบด้วยตัวส่งเส้นด้าย ซึ่งหมุนได้และตั้งอยู่กับขอบรางแหวน การหมุนของตัวส่งทำให้เส้นด้ายบิดพันเป็นเกลียว เมื่อตัวส่งหมุนหนึ่งรอบได้เกลียวด้ายหนึ่งรอบเกลียวเส้นด้ายที่ถูกบิดเกลียว ถูกม้วนเข้าหลอดซึ่งหมุนได้ หลอดนี้สวมติดกับแกนยึดม้วนด้าย และตั้งอยู่ตรงกลางรางวงแหวนเครื่องที่ขึ้นลงได้ตลอดเวลาที่มีการปั่นด้าย ทำให้หลอดม้วนด้ายที่บิดเกลียวแล้วได้ตามรูปร่างหลอด และตามขนาดที่ต้องการ

7) การกรอด้าย (Winding) เป็นขั้นตอนการนำหลอดด้ายจากเครื่องปั่นเส้นด้ายไปกรอด้ายเข้าหลอดด้ายที่ใหญ่ขึ้น และสะดวกกับการใช้งาน เนื่องจากหลอดด้ายจากเครื่องปั่นด้ายมีขนาดเล็ก นอกจากนั้นการกรอด้ายยังเป็นการขจัดสิ่งบกพร่องต่างๆ ของเส้นด้าย เช่น ส่วนหนา ปมด้าย และรอยต่อของเส้นด้าย เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในการนำไปใช้งาน

2.3.5.2 การปั่นด้ายแบบปลายเปิด (Open-End Spinning) [25] เป็นการปั่นด้าย โดยวิธีการที่ต่างจากแบบวงแหวน ซึ่งลดเวลาและต้นทุนการผลิตไม่ต้องใช้พื้นที่การปฏิบัติงานมากเท่าแบบการปั่นแบบวงแหวน เนื่องจากไม่มีขั้นตอนการลดขนาดสไลเวอร์ (Roving) ขั้นตอนม้วนเข้าโรฟวิ่งขั้นปั่นเกลียววงแหวน การปั่นแบบปลายเปิดมีการเตรียมเส้นใยจนถึงขั้นสางใย ทำเป็นม้วนสไลเวอร์ เช่นเดียวกับขั้นตอนแรกๆ ของการปั่นแบบวงแหวน แล้วจึงพ่นกระแสอากาศพร้อมเส้นใยจากม้วนสไลเวอร์เข้าไปในเครื่องปั่นโรเตอร์ (Rotor Spinning) ซึ่งมีลักษณะเป็นห้องกลมด้านหน้า และส่วนท้ายตีบลงเปิดเป็นท่อคล้ายหางด้านหลัง เครื่องนี้หมุนอยู่ตลอดเวลา เส้นใยที่ถูกพ่นเข้าไป ในห้องโรเตอร์ถูกหมุนเหวี่ยง ทำให้เรียงตัวที่ผนังข้างหน้าด้านในของห้องโรเตอร์เครื่องหมุนอยู่ตลอดเวลา ทำให้เส้นใยเรียงตัวบิดเกลียวเป็นเส้นด้ายแล้ว จึงถูกส่งออกไปทางท่อด้านหลังของเครื่องซึ่งเส้นด้ายที่ผลิตโดยวิธีปั่นปลายเปิดมีลักษณะพองมีขนมากกว่าด้ายที่ปั่น โดยวิธีปั่นวงแหวนผ้าที่ผลิตจากวิธีนี้จึงมีผิวสัมผัสนุ่ม ให้ความอบอุ่นดีแต่ความแข็งแรงน้อยกว่าผ้าที่ผลิตจากด้ายที่ปั่นด้วยวิธีการปั่นวงแหวน การปั่นด้ายแบบปลายเปิดเป็นระบบที่สามารถปั่นได้เร็วขึ้นมากแต่มีต้นทุนสูงขึ้น และเหมาะเฉพาะกับเส้นด้ายเบอร์หยาบๆ เท่านั้น คือ ตั้งแต่เบอร์ 40 ลงไป

2.3.5.3 การปั่นแบบเกลียวกลับในตัว (Selftwist Spinning) เป็นวิธีการปั่นเส้นด้ายแบบเดี่ยว ทำโดยการส่งเส้นใย และยังไม่ได้บิดเกลียวไปยังลูกกลิ้ง 2 ชุด ชุดที่ 1 อยู่ข้างล่างของเส้นด้าย ส่วนชุดที่ 2 อยู่ข้างบนเคลื่อนส่ายไปมาในแนวแกนของลูกกลิ้งขณะที่หมุนการเคลื่อนส่าย และหมุนทำให้แรงบิดเกลียว

เส้นด้ายที่ผ่านลูกกลิ้งไป เมื่อลูกกลิ้งเปลี่ยนทิศทางการส่าย แนวเกลียวที่เกิดขึ้นเปลี่ยนด้วย ตรงจุดที่เปลี่ยนแนวเกลียวเป็นจุดอ่อนของเส้นด้าย แต่ก็ไม่ใช่ปัญหาสำคัญเพราะเส้นด้ายนำไปทำเส้นด้ายรวมต่อไป ข้อดีของการผลิตเส้นด้ายแบบนี้ คือ ลดพื้นที่การผลิตลดค่าแรงงานลง และเพิ่มอัตราการผลิตขึ้นได้ [15]

2.3.5.4 การปั่นแบบไร้สาย (Twistless Spinning) เป็นวิธีการปั่นเส้นด้ายไร้เกลียวที่เริ่มคิดค้นจากประเทศฮอลแลนด์ นำเส้นใยที่ผ่านขั้นตอนสางใย และลดขนาดของสไลเวอร์ให้เล็กลงจนถึงขนาด ที่เป็นเส้นด้ายผ่านไปทำให้เปียกให้ชุบลงในแป้งดิบ บิดเกลียวหลวมๆ เพื่อทำให้เส้นใยรวมตัวกัน แล้วม้วนด้ายเข้าแกนไว้นำไปนึ่งให้สุก ทำให้แป้งยึดเส้นด้ายไว้ เมื่อนำไปทอเป็นผืนผ้า แล้วกำจัดแป้งออกเส้นด้ายที่หมดแป้ง แล้วยังคงเป็นเส้นด้ายอยู่ด้วยกันการสานขัดกันของด้ายยืนและด้ายพุ่ง เมื่อมาผลิตเป็นผ้าจะทำให้ผ้ามีความอ่อนนุ่ม มีความเป็นมันเพราะด้ายไม่มีเกลียว ย้อมสีได้ดี ทึบแสง ใช้ประโยชน์ได้ดีสำหรับทำเสื้อเชิ้ต เสื้อกันฝน เต็นท์ การผลิตเส้นด้ายไร้เกลียวยังมีวิธีการโดยใช้สารเรซินเชื่อมเส้นใยสั้นที่อยู่รอบเส้นใยยาวทำให้เป็นปลอกหุ้มรอบเส้นใยยาวที่เป็นแกนกลาง ทำให้เส้นด้ายแข็งแรงดี [15]

2.3.6 กระบวนการผลิตเส้นด้ายฝ้าย [27]

กระบวนการผลิตเส้นด้ายฝ้าย มีความแตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่น ไม่ว่าจะทอด้วยวิธีใดจะต้องความจำเป็นต้องมีการวางแผนการผลิต เพื่อให้ผ้ามีคุณภาพและไม่มีรอยตำหนิ เพราะการผลิตทุกขั้นตอนส่วนมากทำด้วยมือโดยตลอดซึ่งต้องใช้ความชำนาญ ดังนั้นเครื่องมือต่างๆ ควรอยู่ในสภาพดีเพื่อพร้อมในการใช้งาน

2.3.6.1 การเตรียมวัตถุดิบก่อนเป็นเส้นด้ายฝ้าย [28]

1) ฝ้ายออกดอกสีขาวหรือสีเหลืองตามสายพันธุ์ เมื่อดอกโรยจนติดเป็นสมอแก่ เมื่อสมอแก่จัดสมอแตกออกและกลายเป็นปุยฝ้าย ดังแสดงในรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 ฝ้ายพันธุ์สีขาวและสีเหลือง
ที่มา : [28]

2) เมื่อเก็บปุยฝ้ายแล้วคัดเอาปุยที่สมบูรณ์มีเม็ดลีบแบน เก็บเปลือกสมอ เมล็ดก้าน เศษใบ และสิ่งสกปรกออก

3) นำฝ้ายไปตากแดดให้แห้ง งานในขั้นตอนทั้งหมดเรียกว่า “ตูนฝ้าย” ดังแสดงในรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 เส้นใยฝ้ายที่ตากแดด
ที่มา : [28]

2.3.6.2 การทำเส้นด้ายจากฝ้าย [29], [30]

1) นำปุยฝ้ายที่แห้งสนิมแยกเม็ดฝ้ายออกจากปุยฝ้ายที่เรียกว่า “อิ้วฝ้าย” โดยใช้ “เครื่องอิ้ว” ดังแสดงในรูปที่ 2.12

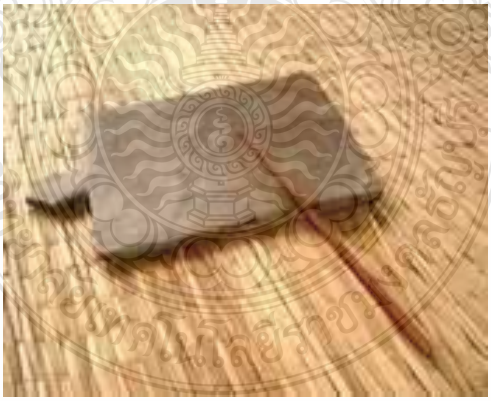
รูปที่ 2.12 เครื่องอิ้วฝ้าย
ที่มา : [28]

2) นำไปแยกเป็นชนิดฝ้ายปุยใหญ่ให้เส้นใยยาว สำหรับทำเส้นด้ายฝ้ายปุยเล็กให้เส้นใยสั้น สำหรับทำผ้าห่ม พรม เบาะ

3) นำไปดีดให้ฟองฟูโดยใช้ “กงดีดฝ้าย” หรือ “กงฝ้าย” มีลักษณะคล้ายคันธนูเล็กๆ ทำด้วยไม้ไผ่ขนาดสั้นๆ โดยดีดใน “กระเพียด” ดังแสดงในรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 กระเพียด
ที่มา : [28]

4) นำฝ้ายไปทำให้มีแท่งกลมที่เรียกว่า “ล้อฝ้าย” หรือ “ล้อมฝ้าย” บนกระดานล้อฝ้าย ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แป้นและไม้ล้อฝ้าย
ที่มา : [28]

5) คลึงจนปุยฝ้ายกลม แล้วดึงแท่งไม้ล้อออก คลึงเป็นรูปแท่งกลมๆ เรียกว่า “ติ้ว” หรือ “ลูกหมู”

6) นำติ้วมาทำ “เส้นด้าย” ขึ้นนี้เรียกว่า “การเข็นฝ้าย” หรือ “ปั่นฝ้าย” ดังแสดงในรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 การเข็ดฝ้าย
ที่มา : [28]

7) นำด้ายที่ปั่นม้วนพันที่เหล็กใน แล้วนำไปถอดออกและรวมกันสี่ไนไปเข้าไม้ขาเปียเรียกว่า “เปียด้าย” เส้นด้ายทั้งหมดรวมเข้าเป็น “หนึ่งไจ” หรือ “หนึ่งเข็ด” ดังแสดงในรูปที่ 2.16

รูปที่ 2.16 เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

2.3.7 เส้นด้าย [15]

ปัจจุบันเส้นด้ายที่นำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ มีลักษณะและสมบัติของเส้นด้ายแต่ละชนิดที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากเส้นด้ายแต่ละชนิดที่นำมาใช้นั้น มีความแตกต่างกัน ในหลายๆ ด้านในกระบวนการผลิตเส้นด้าย เช่น เครื่องมืออุตสาหกรรมในการนำมาใช้ในการปั่นเส้นด้ายรวมทั้งลักษณะของเส้นใย มีผลทำให้เส้นด้ายมีความแตกต่าง และคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป

2.3.7.1 ลักษณะโครงสร้างและรูปร่างของเส้นด้าย

โครงสร้างและรูปร่างของเส้นใยมีผลต่อเส้นด้าย หรือผืนผ้าที่ผลิตจากเส้นใยเหล่านั้น ลักษณะของผิวของขนแกะคล้ายกับเกล็ดปลา ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของเส้นด้ายในด้าน (Felting) และการหดตัว (Shirnkage)

ฝ้ายมีลักษณะรูปร่างที่คล้ายแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่บิดตัวไปมา สามารถช่วยให้เส้นใยอิสระแต่ละเส้นจับตัวกันเป็นเส้นด้ายได้อย่างดี เส้นใยที่มีผิวเรียบมันใสให้ผลิตภัณฑ์มีความมันเงาสวยงาม เช่น ไนลอน และใยประดิษฐ์อื่นๆ

รูปร่างของภาคตัดขวาง (Cross-Section Shape) ของเส้นใยมีผลกระทบต่อผืนผ้าที่ทอเช่นกัน เส้นใยที่มีภาคตัดขวางเป็นวงกลม เช่น ขนแกะ เมื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอให้สัมผัสที่ดีกว่าเส้นใยที่มีภาคตัดขวางคล้ายแถบผ้า เช่น ฝ้าย เป็นต้น

2.3.7.2 ลักษณะและสมบัติการยืดออก และการหดกลับเส้นด้าย

1) ความแข็งแรง (Tensile Strength) หมายถึง ความแข็งแรงของวัสดุหรือความแข็งแรงในขณะที่วัสดุถูกดึงให้ขาด โดยทั่วไปใช้เป็นแรงต่อพื้นที่หน้าตัดของวัสดุนั้นๆ เช่น ไดน์ (Dyne) ต่อตารางเซนติเมตร หลักการนี้สามารถนำไปใช้หาความเหนียวของเส้นใย และเส้นด้ายได้เช่นกัน

2) ความเหนียว การนำเส้นด้ายเดี่ยวมาพิจารณาหาค่าความเหนียวของ (Tenacity) เป็นการหาค่าของ (Specific Stress) ที่จุดเริ่มต้นถูกดึงขาดของเส้นด้าย 2 ชนิด อาจมีค่าของ (Tenacity) ที่เท่ากันแต่อาจมีค่าของแรงดึงก่อนขาด (Tensile Strength) ไม่เหมือนกัน เพราะอาจมีความหนาแน่นของวัสดุไม่เท่ากัน ทำให้พื้นที่หน้าตัดขวางของเส้นด้ายไม่เท่ากันด้วย

3) การยืดตัวออก เส้นด้ายมีแรงยืดมากเป็นการทำจำนวนหนึ่ง เส้นด้ายนั้นยืดตัวออกไประยะหนึ่ง เรียกว่า Elongation or Extention มักหาค่านี้ด้วยการหาค่าเปรียบเทียบกับความยาวเดิมของเส้นด้ายนั้นๆ และคำนวณออกเป็นร้อยละ โดยปกติความเหนียวของเส้นด้ายมีค่าเท่าไหร่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ชนิดของเส้นใยและเบอร์เส้นด้าย

4) ความไม่สม่ำเสมอของเส้นด้าย (Yarn Irregularity) เกิดจากความเปลี่ยนแปลงของเส้นด้ายในระหว่างกระบวนการผลิต โดยปกติแสดงค่าทางสถิติเป็นค่าร้อยละ CV หรือร้อยละ U

สามารถทำได้โดยการวัดขนาดของเส้นด้ายในแต่ละช่วงความยาว และคำนวณค่าออกมาโดยอาศัยหลักพื้นฐานทางสถิติ

5) คุณสมบัติของการยืดออก และหดตัวกลับของเส้นด้าย เมื่อเส้นด้ายถูกดึงออกด้วยแรงเพียงเล็กน้อย เส้นด้ายจะหดตัวกลับมาตำแหน่งเดิม เรียกว่า เส้นด้ายนั้นมี (Elastic Recovery) แต่ถ้าเส้นด้ายถูกแรงมากกระทำด้วยขนาดของแรงที่มากขึ้น การหดตัวหลับอาจไม่สามารถกระทำได้ร้อยละ 100 เหมือนกรณีแรก ซึ่งเส้นด้ายมีการเปลี่ยนรูปได้

6) ขนบนเส้นด้าย เส้นด้ายเกิดการปั่นเส้นใยสั้น มีลักษณะอย่างหนึ่งที่ไม่เหมือนด้ายฟิลาเมนท์ คือ การเกิดขนบนตัวเส้นด้าย หมายถึง เส้นใยอื่นโผล่ออกมาจากตัวโครงสร้างเส้นด้าย การกำหนดค่าบนเส้นขนในทางปฏิบัติ หมายถึง จำนวนขนที่ยื่นออกมาต่อระยะความยาวระยะหนึ่ง ซึ่งปัจจุบันมีเครื่องมือนับจำนวนขนนี้ได้ และแสดงค่าออกมาอย่างอัตโนมัติการเกิดขนบนเส้นด้ายมีผลต่อคุณสมบัติที่สำคัญของด้าย เพราะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของเส้นด้ายสาเหตุของการเกิดขน อาจเกิดจากหลายองค์ประกอบตั้งแต่วัตถุดิบกระบวนการผลิต เครื่องจักร และอุปกรณ์

7) ความคงทนต่อการขัดถูของเส้นด้าย เส้นด้ายเมื่อนำมาทอหรือมาผลิตเป็นสิ่งทอในรูปแบบต่างๆ พบว่าต้องสัมผัสกับวัตถุอื่นๆ ซึ่งเส้นด้ายมีความคงทนต่อการขัดถูได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ชนิดของเส้นใย และโครงสร้างเส้นด้าย เป็นต้น

8) การฟูพองตัวของเส้นด้าย ลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งของเส้นด้ายมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตขั้นต่อไปอย่างมาก เช่น รูปร่างที่ปรากฏของผืนผ้าที่การทอผ้าหรือถักผ้า การดูดซึมสีที่กระบวนการย้อมสี เป็นต้น องค์ประกอบที่ทำให้การพองตัวของเส้นด้ายเป็นแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับระบบการปั่นด้ายเป็นหลัก

9) ผลกระทบจากความชื้นเส้นใย หรือเส้นด้ายเกือบทุกชนิด มีสมบัติการดูดซึมความชื้นได้ ปริมาณการดูดซึมความชื้นที่ดูดขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ (Relative Humidity) เส้นด้ายเมื่อดูดความชื้นแล้ว มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติหลายอย่างของเส้นใยแต่ละชนิด มีความสามารถในการดูดความชื้นที่แตกต่างกัน และด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตในขั้นตอนการย้อมสี (Dyestuffs) สามารถแทรกซึมในเส้นใยที่ดูดซึมความชื้นได้ดีมากกว่าเส้นใยที่ไม่ดูดซึมความชื้น

10) ผลกระทบจากความร้อนของเส้นด้ายทุกชนิด ปฏิกิริยาต่อความร้อนสูงมาก แต่ลักษณะการเกิดปฏิกิริยาแตกต่างกันออกไป เช่น ขนแกะ แปลสภาพเปลี่ยนไปหากได้รับความร้อนสูงโดยไม่มีการหลอมละลายก่อนของเส้นด้ายพอลิเอทิลิน (Polyethylene) หรืออะซิเตด (Accetate) การอ่อนตัวและหลอมละลายก่อนการเปลี่ยนแปรสภาพ ดังนั้นผลของความร้อนมีความสำคัญอย่างยิ่งในการนำมาใช้งานหากนำมาผลิตเป็นสิ่งทอควรคำนึงถึงสิ่งนี้เป็นสำคัญ

11) ผลกระทบจากแสงแดด แสงแดดมีผลกระทบต่อเส้นด้ายเกือบทุกชนิด เนื่องจากเส้นด้ายแต่ละชนิด มีการแปรสภาพเปลี่ยนไปและชำรุดเสียหายอย่างรวดเร็ว เมื่อเจอแสงแดด ซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียความเหนียวในเส้นด้ายหรือผืนผ้าและสีเปลี่ยน

12) คุณสมบัติทางไฟฟ้า ผืนผ้าที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า เป็นวัสดุที่สำคัญในการนำไปใช้งานด้านการป้องกันกระแสไฟฟ้าอุตสาหกรรมเกี่ยวกับไฟฟ้า และยังมีอิทธิพลต่อปริมาณประจุไฟฟ้าสถิตย์ ที่สะสมอยู่ในเส้นด้ายหรือผืนผ้าในระหว่างการผลิต หรือการสวมใส่ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นส่งผลให้เส้นใยเกิดการพันกันหรือแยกออกจากกัน ในขณะที่เครื่องจักรทำงานอยู่ และปริมาณการเกิดไฟฟ้าสถิตลดลง เมื่อเส้นด้ายหรือผืนผ้าเหล่านั้นมีความชื้นหรือเปียก [31]

2.3.7.3 ชนิดของเส้นด้าย [15], [32]

เส้นด้ายที่ใช้ทอผ้าในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด และหลากหลายรูปแบบ จึงสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้ คือ เส้นด้ายธรรมดา และเส้นด้ายพิเศษ

1) เส้นด้ายธรรมดา (Simple Yarn) คือ เส้นด้ายที่มีขนาดเท่ากัน จำนวนเกลียวสม่ำเสมอกันตลอดทั้งเส้น จำแนกออกได้ดังนี้

(1) เส้นด้ายเดี่ยว (Single Yarn) เส้นด้ายที่มีเส้นด้ายเพียงเส้นเดี่ยวเข้าเกลียวแน่น หรือหลวมก็ได้ มีหลายขนาด

(2) เส้นด้ายรวม (Ply Yarn) คือ เส้นด้ายเดี่ยวรวมกันตั้งแต่ 2 เส้นขึ้นไปแล้วนำมาเข้าเกลียวรวมกัน

(3) เส้นด้ายเชือก (Cord Yarn) คือ เป็นการนำเส้นด้ายรวมมาเข้าเกลียวเป็นคู่ๆ จึงนำมาเข้าเกลียวรวมกันอีกครั้งได้เส้นด้ายที่มีความเหนียว และทนทานมาก

2) เส้นด้ายพิเศษ หมายถึง เส้นด้ายที่มีลักษณะไม่เรียบ มีขนาดไม่เท่ากันตลอดทั้งเส้น บางตอนเข้าเกลียวแน่น บางตอนเข้าเกลียวหลวมหรือมีลักษณะเป็นห่วงเป็นปุ่มปม และเส้นใยอาจมีสีต่างกัน การผลิตด้ายชนิดนี้ เพื่อต้องการให้เกิดความแตกต่างกันเกิดความแปลกสวยงามทนทานและมีประโยชน์การใช้สอดแบบกว้างๆ โครงสร้างของเส้นด้ายพิเศษประกอบด้วย

(1) เส้นด้ายหลัก (Cord Yarn) เป็นเส้นด้ายหลักหรือเส้นด้ายแกนสำหรับให้ด้ายอื่นๆ พันทับอีกครั้ง

(2) เส้นด้ายพิเศษ (Fancy or Special Effect Yarn) เป็นเส้นด้ายที่มีลักษณะเป็นปุ่ม เป็นปมห่วง หรือเป็นขน พันทับลงเส้นด้ายหลักอย่างหลวมๆ

(3) เส้นด้ายพัน (Binder or Tie Yarn) เป็นเส้นด้ายที่ใช้พับยึดเส้นด้ายพิเศษให้ติดกับด้ายหลัก

2.3.7.4 ขนาดและเกลียวเส้นด้าย (Yarn Twist) [15]

ขนาดและเกลียวเส้นด้าย เกลียวในเส้นด้ายเกิดจากการพันเพื่อให้เส้นใยภายในเส้นด้ายจับยึด มีความสำคัญและจำเป็นเป็นอย่างมากต่อการปั่นเส้นใยสั้น ทำให้เส้นด้ายมีความแข็งแรงต่อแรงดึงมีคุณสมบัติที่จำเป็นอย่างมากของเส้นด้าย และยังจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการที่ถัดจากนี้ เช่น กระบวนการทอ ถัก ย้อม และการตกแต่ง รวมไปถึงผลิตภัณฑ์ การวัดจำนวนเกลียวในเส้นด้ายทำการวัดเป็นจำนวนเกลียวต่อหน่วยความยาว (Turn Per Unit Length) เช่น เกลียวต่อนิ้ว (Turn or Twist Per Inch) หรือเกลียวต่อเมตร (Turn or Twist Per Meter) เป็นต้น

เส้นด้ายที่มีจำนวนเกลียวต่อความยาวขึ้นเรื่อยๆ จะมีความแข็งแรงมากขึ้น แต่ถ้าหากเกลียวสูงเกินไปจะทำให้เส้นด้ายนั้นเกิดความแข็งกระด้าง และเมื่อเกลียวสูงขึ้นระดับหนึ่งความแข็งแรงของเส้นด้ายจะค่อยๆ ลดลงจนขาดออกจากกัน เนื่องจากเส้นใยภายในเส้นด้ายจะขาดเพราะไม่สามารถยืดตัวต่อได้จากแรงบิดในการเข้าเกลียว การปั่นเส้นด้ายทำให้เส้นด้ายมีจำนวนเกลียวที่เหมาะสมจึงสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งที่โรงงานปั่นเส้นด้ายจะตรวจสอบและกำหนดขนาดจำนวนเกลียวของเส้นด้ายเพื่อให้ได้เส้นด้ายที่มีคุณภาพตามต้องการ

1) ขนาดของเส้นด้าย ในระบบของการปั่นด้ายจากใยสั้น การกำหนดขนาดหรือความละเอียดของด้ายปั่น มักใช้วิธีการกำหนดขึ้นตามความสัมพันธ์ระหว่างเส้นใยหนึ่งหน่วยน้ำหนักต่อความยาวของเส้นด้ายที่ดึงให้ยาวได้จากวัตถุดิบนั้น หากปั่นด้ายยิ่งยาวเส้นด้ายจะมีความละเอียดมากขึ้นตามไปด้วย ระบบนี้ เรียกว่า ระบบผกผัน (Indirect System) ใช้หน่วยเป็นเบอร์เส้นด้าย เช่น ในเบอร์ 1 หรือ NeC1 หรือเขียนสั้นๆ เป็น Ne ถ้าเส้นด้ายจำนวน 1 ปอนด์ ปั่นเส้นด้ายออกมาได้เส้นใยที่ยาวเป็น 2 เท่าของ 840 หลา หรือ 1680 หลา แสดงว่าเส้นด้ายมีความละเอียดมากขึ้น จัดเป็นยาวต่อน้ำหนัก แต่ถ้าชนิดของเส้นใยเปลี่ยนไป มาตรฐานของการกำหนดความยาวก็ต่างกันไปด้วย ประเทศไทยการผลิตด้ายปั่นส่วนมากเป็นด้ายฝ้ายและด้ายผสม จึงคุ้นเคยกับเบอร์ด้ายฝ้ายเป็นหลัก ด้ายเบอร์ยิ่งสูงก็ยิ่งมีความละเอียดมาก ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขนาดและลักษณะของเส้นด้าย

ขนาดเส้นด้าย	ลักษณะของเส้นด้าย
เส้นด้ายต่ำกว่าเบอร์ 20 ลงมา	เป็นเส้นด้ายหยาบ
เบอร์ 20-60	เป็นเส้นด้ายละเอียดปานกลาง
เบอร์ 60-100	เป็นเส้นด้ายละเอียด

ที่มา: [15]

2) เกลียวของเส้นด้าย (Yarn Twist) คือ จัดเรียงเส้นใยบิดพันรอบแกนของเส้นด้าย ทำได้โดยการหมุนปลายหนึ่งของมัดเส้นใย ขณะที่อีกด้านหนึ่งถูกยึดให้คงที่ไว้ เกลียวทำหน้าที่ให้เส้นใยยึดเกาะกัน เพื่อสร้างความแข็งแรงให้กับเส้นด้าย ซึ่งการตีเกลียวเส้นด้ายมีผลโดยตรงกับราคาของเส้นด้าย เพราะการตีเกลียวที่สูงขึ้นจำทำให้ความเร็วในการผลิตลดลง ต้นทุนการผลิตมากขึ้น

เกลียวของเส้นด้ายจะมีแนวเกลียวได้ 2 ลักษณะ คือ แนวเกลียวแบบ S ซึ่งมีแนวเกลียวขนานกับเส้นกลางตัวอักษร S หรือแบบ Z ก็มีแนวเกลียวขนานกับเส้นกลางตัวอักษร Z ทิศทางแนวเกลียวเป็นแบบ Z หรือแบบ S ก็ไม่มีผลด้านความแข็งแรงที่แตกต่างกัน แต่มันนิยมทำเกลียวด้ายลินินและฝ้ายในแนว Z ด้ายขนแกะในแนว S การบิดเกลียวในเส้นด้ายเกิดแรงบิดภายในเกลียว เรียกว่า (Torque) ทุกๆ เกลียว มีแรงบิดเท่าๆ กัน เส้นด้ายที่มีจำนวนรอบของเกลียวต่อนิ้ว (Turn per inch: tip) เท่ากันมีแรงบิดเท่ากันเพราะแรง (Torque) คิดโดยประมาณเกือบเอาเท่ากับจำนวนรอบของเกลียวต่อนิ้ว แรงบิดจึงคิดจากจำนวนรอบของเกลียวต่อนิ้ว เช่น เส้นด้ายมีรอบเกลียวต่อนิ้ว เส้นด้ายมีรอบเกลียว 10 รอบต่อนิ้ว แรงบิดคิดเป็น 10 รอบต่อนิ้ว

แนวของการบิดเกลียวเส้นด้ายเส้นใหญ่ที่เกิดจากการนำเส้นด้ายเดี่ยว หรือเส้นด้ายขนาดเล็กมาบิดเกลียวจึงมีความสำคัญ โดยต้องบิดแนวเกลียวต่างจากแนวเกลียวของเส้นด้ายที่นำมารวมกัน เพื่อให้ได้เส้นด้ายที่สมดุลไม่มีปัญหาการบิดตัวหรือเป็นปุ่มปม ซึ่งเป็นสาเหตุให้ด้ายพุ่งพันกันในเครื่องจักร หรือทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ไม่สมบูรณ์ได้ [33]

จำนวนเกลียวบนเส้นด้ายแปรผันไปตามความยาวของเส้นใยขนาดของเส้นใยและวัตถุประสงค์ในการใช้งาน การเพิ่มจำนวนเกลียวมากขึ้นเท่ากับเป็นการเพิ่มจุดสัมผัสระหว่างผิวของเส้นใย เพิ่มความเสียดทานทำให้ความแข็งแรงของเส้นใยดีขึ้น แต่ถ้าเพิ่มเกลียวมากเกินไปเส้นใยถูกบิดตัวมากเกินไป ทำให้ความแข็งแรงของเส้นใยลดลง หน่วยวัดที่ใช้วัดจำนวนเกลียววัดเป็นจำนวนรอบต่อความยาวของเส้นด้าย 1 นิ้ว ด้ายหวีที่ประกอบด้วยเส้นใยยาวไม่ต้องการ การตีเกลียวมากเท่ากับด้ายสาง ซึ่งใช้เส้นใยที่สั้นกว่า เนื่องจากเส้นใยยาวมีจุดสัมผัสระหว่างเส้นใยสูง ทำให้เส้นด้ายมีความแข็งแรงมากกว่าแม้มีจำนวนเกลียวเท่ากันก็ตาม เส้นด้ายละเอียดต้องตีเกลียวมากกว่าเส้นด้ายหยาบ ขณะที่เส้นด้ายสำหรับถักผ้าจำนวนเกลียวน้อยกว่าเส้นด้ายพุ่งที่ใช้ทอผ้า เส้นด้ายยืนจำเป็นต้องตีเกลียวสูงกว่าเส้นด้ายพุ่ง 7 พุ่ง เนื่องจากต้องการความแข็งแรงทนทานต่อแรงดึงในเครื่องทอ และการเสียดสีจากกระสวยที่ใช้ทอ

โดยทั่วไปจำนวนเกลียวขึ้นอยู่กับชนิดของผ้าที่ต้องการทอด้วย คือ

1) ด้ายที่ต้องการใช้ผลิตผ้าที่มีผิวนุ่มใช้ด้ายที่มีการตีเกลียวอ่อนๆ เท่านั้น

2) ด้ายที่ต้องการใช้ผลิตผ้าผิวเรียบพวกที่มีเกลียวสูง ทำให้มีความแข็งแรง ความเรียบของผิว การยืดหยุ่นตัวดี และทนต่อการยับ

3) ด้ายที่ใช้ผลิตผ้า เป็นด้ายที่ต้องมีจำนวนเกลียวมากที่สุด นอกจากจำนวนเกลียวแล้ว ทิศทางการเข้าเกลียวก็เป็นเรื่องที่น่าสนใจด้วย โดยทั่วไปมีสองชนิดเรียกตามทิศทางเกลียวในทางเดียวกันกับการเขียนตัวอักษรมี 2 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2.17 คือ

(1) ชนิดแบบ S (S-Turn) คือ การบิดเกลียวจากซ้ายมือมาทางขวามือ

(2) ชนิดแบบ Z (Z-Turn) คือ การบิดเกลียวจากขวามือมาทางซ้ายมือ ที่เป็นเกลียวมาตรฐานสำหรับเส้นด้ายทอ [34]

รูปที่ 2.17 ทิศทางของเกลียวเส้นด้าย
ที่มา : [35]

2.4 มาตรฐานและการทดสอบสิ่งทอ [35]

การทดสอบคุณภาพสิ่งทอ ตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงวัตถุสำเร็จรูป จำเป็นต้องมีอ้างอิงวิธีการทดสอบ เพื่อให้ผลที่ได้จากการทดสอบเป็นที่ยอมรับจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะการทดสอบผลิตภัณฑ์สิ่งที่เป็นข้อโต้แย้ง หรือเพื่อการยอมรับตรวจรับเพราะการทดสอบบางครั้งอาจมีการดำเนินการในหลายๆ ห้องปฏิบัติการซึ่งผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการต่างๆ แตกต่างกันออกไปดังนั้นในอ้างอิงมาตรฐานและวิธีการทดสอบ ทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์หาสาเหตุของความผิดพลาด และความแตกต่างที่เกิดขึ้น การทดสอบสิ่งทอต้องทดสอบภายใต้มาตรฐานที่กำหนดในแต่ละประเทศ ซึ่งในแต่ละประเทศก็เรียกชื่อ

ที่แตกต่างกันออกไป และในการใช้มาตรฐานการทดสอบสิ่งทอนั้น ต้องพิจารณาถึงสินค้าสิ่งทอที่ส่งออกไปยังประเทศนั้นๆ ด้วย เพื่อสิ่งทอเหล่านั้นที่ได้สอดคล้องกับมาตรฐานของประเทศนั้นๆ ด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานการทดสอบสิ่งทอ

ชื่อประเทศ	ชื่อมาตรฐาน	ตัวย่อ
มาตรฐานระหว่างประเทศ	International Organization for Standardization	ISO
แคนาดา	Canadian General Standards Board	CAN/CGSB
ฝรั่งเศส	Association Francaise de Normalisation	NF
อังกฤษ	British Standards Intitution	BS/BS,EN/BS,EN,ISO
สหรัฐอเมริกา	American Society for Testing and Materials	ASTM
	American Association of Textile Chemist and Colorists	AATCC
ญี่ปุ่น	Japanese Industrial Standards	JIS
เยอรมัน	Deutsches Intitut for Normung	DIN/DIN,EN,ISO
ออสเตรเลีย/นิวซีแลนด์	Standards Association of Austraia	AS
	International Wool Standards	IWS
ไทย	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	มอก

ที่มา: [36], [37], [38]

2.4.1 ประเภทของการทดสอบสิ่งทอ [39]

โดยปกติการทดสอบสิ่งทอสามารถแบ่งได้ 2 วิธี คือ

2.4.1.1 การทดสอบทางกายภาพ (Physical Testing) เป็นการทดสอบเกี่ยวกับความแข็งแรงและความเหมาะสมในการใช้งานด้านต่างๆ โดยใช้เครื่องมือทดสอบประเภทต่างๆ เช่น ความคงทนต่อแรงดึงขาด (Tensile Strength) ความคงทนต่อการฉีกขาด (Tear Strength) ความคงทนต่อการขัดถู (Abrasion Resisitant) และการตรวจสอบเบอร์เส้นด้าย (Yarn Count) เป็นต้น

2.4.1.2 การทดสอบทางเคมี (Chemical Testing) เป็นการทดสอบที่มีสารเคมีมาเกี่ยวข้อง โดยมีการทดสอบในหลายๆ หัวข้อ เช่น ความคงทนของสีต่อการซักล้าง ซักแห้ง ฟอกขาว เหงื่อ และแสงแดด การหาปริมาณอัตราส่วนผสมของเส้นใย และการหาปริมาณฟอร์มาลดิไฮด์บนวัสดุสิ่งทอ เป็นต้น

การวิเคราะห์เส้นใยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ นับตั้งแต่ลักษณะตัวอย่างที่ทดสอบประสบการณ์ของผู้วิเคราะห์ ตลอดจนไปถึงเครื่องมือทดสอบที่ใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาการเกิดเส้นใยใหม่ และการปรับปรุงสมบัติของเส้นใยประดิษฐ์ให้ดีมากขึ้นอยู่ตลอดเวลายิ่งทำให้การวิเคราะห์เส้นใยมีความสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้นมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ดีประเทศที่พัฒนาแล้วส่วนใหญ่มีกฎหมายบังคับให้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอทุกประเภท ต้องแสดงส่วนประกอบของเส้นใยในผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน

2.4.2 หลักการทั่วไปของการวิเคราะห์เส้นใย [39] จำเป็นในการเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายๆ วิธีรวมกัน เพื่อนำไปสู่ความมั่นใจในการสรุปผลนั้นขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้วิเคราะห์เป็นอย่างมาก มี 6 วิธี คือ

2.4.2.1 การทดสอบด้วยสายตา (Visual Inspection)

การตรวจสอบด้วยการสังเกตผลิตภัณฑ์รวมไปถึงการใช้มือสัมผัสเป็นวิธีการขั้นตอนแรกเสมอ เป็นวิธีการที่ค่อนข้างหยาบประหยัดเวลาแต่ต้องการอาศัยประสบการณ์ของผู้วิเคราะห์อย่างแท้จริง วิธีการนี้เคยใช้ได้ผลค่อนข้างดี โดยเฉพาะกับผลิตภัณฑ์เส้นใยธรรมชาติ เช่น ผ้าฝ้าย เป็นต้น แต่ในปัจจุบันเส้นใยประดิษฐ์ได้เลียนแบบ เพื่อใช้ทดแทนธรรมชาติมากขึ้น ทำให้ยากต่อการสรุปผลหรืออาจได้ผลสรุปที่ผิดไป

2.4.2.2 การทดสอบด้วยการเผาไหม้ (Burning Test)

วิธีการนี้สามารถบอกได้ถึงชนิดของเส้นใยกลุ่มใหม่ๆ ได้ เช่น เส้นใยธรรมชาติหรือเส้นใยประดิษฐ์ ไปจนกระทั่งถึงอาจบอกส่วนประกอบทางเคมีกว้างๆ ของเส้นใยชนิดนั้นๆ หากนำผลที่ได้ประกอบเข้ากับผลการตรวจสอบด้วยสายตา ก็อาจทำให้ชัดเจนขึ้น เช่น การเผาไหม้แล้วทราบว่าเป็นเซลลูโลส และลักษณะของเส้นใยเป็นเส้นใยยาว สรุปได้ว่าน่าเป็นเส้นใยประดิษฐ์ ประเภทเส้นใยเซลลูโลส เช่น เรยอน เป็นต้น

2.4.2.3 การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ความรู้การศึกษาโครงสร้างของเส้นใย ดูจากกล้องจุลทรรศน์ช่วยเข้าใจความแตกต่างของเส้นใยชนิดต่างๆ ได้มากขึ้น วิธีนี้ให้ผลดีในการศึกษาเส้นใยธรรมชาติมีความถูกต้องสูง ในขณะที่ค่อนข้างจำกัดต่อการศึกษาเส้นใยประดิษฐ์ การทดสอบมักกระทำที่กำลังขยายต่ำประมาณ 50-60 เท่า

ดูโครงสร้างตามยาว และพื้นที่หน้าตัด จากนั้นดูลายละเอียดที่กำลังสูงขึ้น ในกรณีของเส้นใยประดิษฐ์ต้องอาศัยหลักการทางกล้องโพลาไรซ์ ไมโครสคอพพิค (Polarizing Microscopic) เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่าง (Birefringence) ของเส้นใยก็ทำให้ผลถูกต้องยิ่งขึ้น

การตรวจสอบพื้นหน้าตัดของตัวอย่างเส้นใย ให้ใช้วิธีการตรวจสอบมาตรฐานโดยอาศัยเทคนิควิธีการเตรียมตัวอย่าง ตามวิธีของ American Association of Textile Chemist and Colorists (AATCC) Method 20-1973 or American Society for Testing and Materials (ASTM) Test Method D-276-60T

2.4.2.4 การทดสอบความสามารถในการละลาย (Solubility)

ประโยชน์จากการทดสอบความสามารถในการละลาย คือ ทดสอบว่าเป็นเส้นใยชนิดใด มีส่วนประกอบของเส้นใยอะไรบ้าง และเป็นการยืนยันผลการทดสอบด้วยวิธีการอื่นๆ ประกอบด้วย หลักการทั่วไป คือ การสังเกตปฏิกิริยาเส้นใยธรรมชาติที่มีต่อกรด-ด่าง หรือสารเคมีเฉพาะอย่าง ซึ่งแตกต่างกันแต่ในกรณีของเส้นใยประดิษฐ์นั้น การทดสอบอาจสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

ผลการทดสอบมีความถูกต้องเมื่อปฏิบัติตามวิธีการที่ถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาวะในระหว่างการทดสอบ หลังจากนั้นแล้วก็ให้นำผลการทดสอบที่ได้เปรียบเทียบกับความสามารถในการละลายของเส้นใยที่สรุปเป็นข้อมูลอ้างอิง

2.4.2.5 การทดสอบการเกิดสี (Staining Test)

วิธีการทดสอบสีมักเป็นวิธีการทำเพื่อยืนยันผลการทดสอบด้วยวิธีการอื่นมาแล้ว เป็นวิธีการที่ต้องการทดสอบอย่างรวดเร็ว สะดวก และสำเร็จรูป โดยอาศัยสีที่เตรียมมาเพื่อวัตถุประสงค์นี้โดยเฉพาะบริษัทผู้ผลิตสีหลายแห่งได้ผลิตสี เพื่อการทดสอบพร้อมมาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบด้วยการทาบดู ใช้ทดสอบได้กับเส้นใยสีขาวหรือสีอ่อนเท่านั้น และยาวต่อการแยกชนิดของเส้นใยด้วยด้ายผสม โดยทั่วไปมักไม่สรุปจากการทดสอบ โดยใช้สีของบริษัทใดบริษัทหนึ่ง เพื่อสร้างความมั่นใจในผลสรุปที่ได้

การทดสอบในลายละเอียดมีปรากฏในเอกสารคู่มือจากบริษัทผู้ผลิตสี แต่หลักการทั่วไปคล้ายกัน คือ ตัวอย่างเส้นใยถูกทำให้เปียกด้วยน้ำร้อนก่อนทำการย้อมสี จากนั้นจุ่มเส้นใยลงในสีย้อมตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต นำตัวอย่างนี้มาแล้วล้างออกด้วยปล่อยให้แห้งแล้ว จึงนำไปประเมินผล ตัวอย่างของสีที่มีในการใช้ในการทดสอบดังกล่าว คือ ที่ผลิตโดย บริษัท ดูปองท์ ของสหรัฐอเมริกา ชื่อเรียกว่า Du Pont Fiber Identification Stain No. 4

2.4.2.6 การทดสอบค่าความหนาแน่นของเส้นใย (Fiber Density Test)

ความหนาแน่นของเส้นใยแต่ละชนิด มีค่าแตกต่างกันเฉพาะตัวเป็นค่าที่บ่งบอกถึงน้ำหนักของเส้นใย โดยหลักการทั่วไปความหนาแน่นมีความหมายถึงอัตราส่วนของมวล

ต่อปริมาตรซึ่งที่หน่วยที่ใช้ คือ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ในบางครั้งมีการนำไปเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของน้ำที่มีค่าเท่ากับ 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าเป็นความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ที่ไม่มีค่าหน่วยวัด ในบางกรณีมีการนำเสนอเป็นสัดส่วนกลับกันของความหนาแน่น เพื่อประโยชน์ของการใช้งานบางลักษณะ โดยกำหนดให้เป็นค่าของปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume) หน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม

2.4.3 การทดสอบสิ่งทอ [40] การทดสอบสิ่งทอด้วยใดๆ มาตรฐานควรมีลักษณะที่ทำได้ง่าย ให้ความแม่นยำสูงทำซ้ำได้ และมีสภาวะการทดสอบใกล้เคียงกับการใช้งานจริง การทดสอบสิ่งทอซึ่งเป็นมาตรฐานจำเป็นต้องมีองค์ประกอบต่อไปนี้

2.4.3.1 ห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน ห้องปฏิบัติการทดสอบต้องมีขีดความสามารถทางวิชาการ และระบุคุณภาพการทดสอบที่เป็นมาตรฐาน สำหรับในประเทศไทย ห้องปฏิบัติการสิ่งทอของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรมเป็นห้องปฏิบัติการ ที่สำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ใช้ทดสอบสิ่งทอเพื่อรับรองคุณภาพมาตรฐาน สำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบของโรงงานผู้ผลิตหรือของเอกชน ถือได้ว่ามาตรฐานต้องได้รับรองจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรมเสียก่อน สามารถแบ่งได้ดังนี้

1) ห้องควบคุมสภาวะ (Conditioning Room) เป็นห้องต้องควบคุมสภาวะอุณหภูมิและความชื้นให้เป็นตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน มาตรฐานที่ต่างกันอาจกำหนดไว้ในมาตรฐาน มาตรฐานที่ต่างกันกำหนดสภาวะไว้แตกต่างกัน ตัวอย่างสภาวะมาตรฐาน ISO และ BS ควบคุมต้องให้มีความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 65+2 และอุณหภูมิที่ 27 องศาเซลเซียส ห้องควบคุมสภาวะที่ใช้เป็นห้องทดสอบเพื่อวิเคราะห์เส้นใยทดสอบผ้าในเรื่องโครงสร้างความหนา น้ำหนัก เบอร์ด้าย ความเหนียว ความคงทนต่อการขัดถู การหดภายหลังการซัก และคุณสมบัติกายภาพอื่นๆ

2) ห้องทดสอบทางเคมี ใช้สำหรับทั่วไปทางเคมี เช่น การทดสอบการย้อมสี การตกแต่งสำเร็จ การวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใย ภายในห้องควรมีตู้ดูดควัน และจัดให้มีลักษณะเฉพาะสำหรับการทดสอบทางเคมี

3) ห้องทดสอบอื่นๆ เช่น ห้องมืด เพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงระดับสีห้องซักผ้าเพื่อทดสอบความคงทนตัวของผ้า หรือความคงทนของสีต่อการซัก หรือห้องทดสอบการทนไฟของผ้าเป็นต้น

2.4.3.2 เครื่องทดสอบและอุปกรณ์ในการทดสอบ เครื่องทดสอบและอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สำหรับตรวจ วัด และทดสอบ ต้องเลือกใช้ชนิดตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน และต้องมีความแม่นยำ

และเที่ยงตรง สามารถสอบเทียบให้มีค่าสัมพันธ์กับมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ การเลือก การใช้ และการดูแลรักษาเครื่องทดสอบจึงเป็นสำคัญยิ่ง

2.4.3.3 วิธีการทดสอบที่เป็นมาตรฐาน การทดสอบในแต่ละครั้งเลือกใช้วิธีการทดสอบที่เป็นมาตรฐาน และเป็นที่ยอมรับในวิธีทดสอบมาตรฐาน มีรายละเอียดตามหัวข้อต่อไปนี้

1) จุดประสงค์ และขอบข่าย
2) บทนิยาม
3) เครื่องทดสอบ
4) การชักตัวอย่าง การเลือก และจำนวนชิ้นทดลอง
5) การปรับภาวะขั้นต้น และการปรับภาวะขณะทดสอบ
6) การทดสอบ
7) การคำนวณ
8) การรายงานผล

การทดสอบต้องทำตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในวิธีการทดสอบมาตรฐานที่ใช้ การแสดงมาตรฐานต้องอ้างอิงถึงวิธีการทดสอบที่ใช้ เช่น อ้างอิงถึงวิธีการทดสอบของ AATCC ควรระบุชื่อของวิธีทดสอบนั้นว่าเป็นวิธีใด เช่น AATCC Test Method 93-1978 หรืออ้างอิงถึงวิธีของ ASTM ระบุว่าเป็นวิธีใด เช่น ASTM D 1682-Grab Method เป็นต้น

2.4.3.4 ผู้ปฏิบัติการในห้องทดสอบ ต้องเป็นผู้ปฏิบัติที่ความรู้ความสามารถความชำนาญในงานที่รับผิดชอบ และเป็นที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อได้ปฏิบัติงานที่ต้องการความเที่ยงความถูกต้องและรายงานความเป็นจริงทุกประการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเส้นด้ายปั่นมือผสมจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี ศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม ศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม และศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย มีวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.5.1 ทรงพล เจริญรักษา และคณะ [39] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการแยกเส้นใยจากหญ้าแฝก ซึ่งโครงการนี้ต้องการศึกษา 3 วิธี คือ การขูดสด หมักในน้ำในเวลาที่แตกต่างกัน และต้มในโซดาไฟที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เพื่อต้องการหาว่าวิธีใดสามารถแยกเส้นใยหญ้าแฝกออกจากต้นได้มากที่สุด จากการศึกษา พบว่า วิธีที่สามารถแยกเส้นใยหญ้าแฝกได้ง่ายที่สุด คือ วิธีการต้ม

ด้วยโซดาไฟที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ใช้เวลา 2 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณเส้นใยมากที่สุดเท่ากับ 1.35 กรัม วิธีการหมักในน้ำ 20 วันได้ปริมาณเส้นใยเท่ากับ 0.48 กรัม และวิธีการแยกเส้นใยด้วยวิธีการขูดสดเป็นวิธีที่แยกเส้นใยได้น้อยที่สุดเท่ากับ 0.30 กรัม ลักษณะภาพตัดขวางของเส้นใยหญ้าแฝกมีลักษณะกลม คล้ายแมล็ดถั่ว มีรูอยู่ตรงกลาง และภาพตามยาวเป็นทรงกระบอกกลม มีเส้นตรงกลาง มีสีดำอยู่ภายในเส้นใย ลักษณะเส้นใยที่ได้มีเส้นใยหลายๆ เส้นเกาะอยู่บนเส้นใย หญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ต้มด้วยโซดาไฟร้อยละ 0.5 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 3 ชั่วโมง มีความแข็งแรงมากที่สุดเท่ากับ 5.634 g/den เส้นใยหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่หมักในน้ำ 20 วัน มีความยาวมากที่สุดเท่ากับ 21.4 เซนติเมตร ความละเอียดของเส้นใยหญ้าแฝก มีความละเอียดน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยปอ

2.5.2 ปฏิญญ์ อิ่มกระจ่าง และคณะ [40] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ทำการศึกษาสมบัติของเส้นใยจากกาบปาล์มน้ำมัน สามารถแบ่งการแยกเส้นใยได้ 3 วิธี คือ การหมักที่เวลาต่างกัน การแช่ในน้ำร้อนที่เวลาต่างกัน และการต้มด้วยสารละลายโซดาไฟที่มีความเข้มข้นต่างกันและเวลาต่างกัน จากการทดลองพบว่า วิธีที่สามารถแยกเส้นใยได้ดีที่สุด คือ การต้มด้วยสารละลายโซดาไฟ เพราะว่าสามารถที่กำจัดสิ่งสกปรกออกจากเส้นใยได้ดีกว่าการแยกเส้นใยชนิดอื่นๆ ทำให้มีสมบัติของเส้นใยดีขึ้น เช่น การดูดซึมความชื้นและการติดสี แต่ก็มีสมบัติของเส้นใยลดลงเมื่อแยกเส้นใยด้วยการต้มด้วยโซดาไฟ คือ ความแข็งแรง ความยาวของเส้นใย เส้นใยจากกาบปาล์มน้ำมันมีความหยาบมาก ภาคตัดขวางของเส้นใย มีลักษณะที่คล้ายกับเส้นใยฝ้าย ภาคตัดตามยาวของเส้นใยมีการบิดตัวคล้ายกับริบบิ้น

2.5.3 อรรถพล สุวรรณมัย และสมบูรณ์ ทรัพย์ประเสริฐ [41] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษาสมบัติของเส้นใยจากเปลือกต้นตะขบไทย และตะขบควายใช้วิธีการแยกเส้นใย 3 กรรมวิธี คือ การขูดสด การต้มในอุณหภูมิน้ำเดือดที่เวลาแตกต่างกัน และการต้มด้วยสารละลายโซดาไฟที่ความเข้มข้นและเวลาแตกต่างกัน พบว่า การแยกเส้นใยจากเปลือกต้นตะขบไทยใช้วิธีการแยกวิธีที่ 1 ให้ผลดีที่สุด ส่วนตะขบควายใช้วิธีการแยกวิธีที่ 3 ให้ผลดีที่สุดจากการทดลอง พบว่า เส้นใยจากเปลือกต้นตะขบไทยมีความแข็งแรงเฉลี่ย 3.00 g/den มีความยาวเฉลี่ย 93.43 มิลลิเมตร มีความละเอียดมากกว่า 8 และมีลักษณะภาพตัดขวางเป็นวงรีจนถึงลักษณะรูปหลายเหลี่ยม ส่วนลักษณะภาพตามยาวมีลักษณะ เป็นทรงกระบอก และมีเส้นตรงสีดำอยู่ภายในเส้น ในกรณีของเส้นใยจากเปลือกต้นตะขบควายมีความแข็งแรง เฉลี่ย 2.57 g/den มีความยาวเฉลี่ย 84.96 มิลลิเมตร มีความละเอียดมากกว่า 8 และมีลักษณะภาพตัดขวางเป็นวงรี ไปจนถึงลักษณะรูปหลายเหลี่ยม ส่วนลักษณะภาพตามยาวมีลักษณะเป็นทรงกระบอก และมีเส้นตรงสีดำอยู่ภายในเส้นใย

2.5.4 สถิต ชนไฮ และคณะ [42] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยธรรมรักษาจากใบธรรมรักษานี้ สามารถแบ่งแยกกรรมวิธีการแยกเส้นใยได้ 3 กรรมวิธี คือ การขูดสด การต้มในน้ำเดือดที่เวลาแตกต่างกัน และการหมักด้วยสารละลายโซดาไฟ (NaOH) ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน เพื่อต้องการ

หาว่าวิธีใดสามารถแยกเส้นใยธรรมรักษาออกจากใบธรรมรักษาได้ดีที่สุด จากการทดลอง พบว่า วิธีที่สามารถแยกเส้นใยธรรมรักษาออกจากใบธรรมรักษาได้ดีที่สุดมีอยู่ 2 วิธี คือ วิธีการขูดสด วิธีการต้มในน้ำเดือดที่เวลา 90 นาที โดยวิธีการขูดสดได้จำนวนเส้นใย 14.5 กรัม ต่อใบสด 1 กิโลกรัม โดยใช้เวลาขูด 1 ชั่วโมงสมบัติของเส้นใยที่ได้ มีความนุ่มและละเอียด ส่วนวิธีการต้มในน้ำเดือดที่เวลา 90 นาที ได้จำนวนเส้นใยมากที่สุด คือ 25.5 กรัม ต่อใบสด 1 กิโลกรัม โดยใช้เวลาขูด 1 ชั่วโมง ลักษณะภาคตัดขวางเหมือนเส้นใยลินิน และภาพตามยาวเป็นทรงกระบอกมีเส้นตรงสีดำอยู่ภายในเส้นใย ความแข็งแรงของเส้นใยที่ได้จากการหมักด้วยโซดาไฟความเข้มข้นร้อยละ 6 เวลา 1 ชั่วโมง มีความแข็งแรงเท่ากับ 11.7 ปอนด์ ความยาวเส้นใยที่ได้จากการขูดสดมีความยาว 113 มิลลิเมตร ความละเอียดของเส้นใยที่ได้มีลักษณะหยาบมาก

2.5.5 พงศ์พันธุ์ จึงอยู่สุข และคณะ [43] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การทดลองนำเปลือกต้นปอสาจากแปลงศึกษาพันธุ์ปอสาเบื้องต้น จำนวน 26 ตัวอย่าง มาศึกษาคุณภาพของเปลือก ปริมาณสี และขนาดของเส้นใย หลังการต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และฟอกสีด้วยแคลเซียมโฮโปคลอไรท์ จากการศึกษาปรากฏว่า ในจำนวนตัวอย่างทั้งหมด สามารถจัดให้เป็นชั้นคุณภาพ A 9 ตัวอย่าง ชั้นคุณภาพ B 1 ตัวอย่าง และชั้นคุณภาพ C 16 ตัวอย่าง ภายหลังจากการต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 และฟอกสีด้วยแคลเซียมไฮโปคลอไรด์ร้อยละ 1.5 แล้วสีของเส้นใยปอทุกชั้นคุณภาพคล้ายคลึงกัน และปริมาณเส้นใยก่อนฟอกร้อยละ 46 หลังฟอกเหลือร้อยละ 42 ของน้ำหนักเปลือกแห้ง มีขนาดเส้นใย 10-27 ไมครอน หรือ 18 ไมครอนโดยเฉลี่ยจากสีปริมาณ และขนาดของเส้นใยที่วัดได้ยังไม่สามารถทำให้เห็นความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในระหว่างปอสาในกลุ่มคุณภาพ A B และ C

2.5.6 ณัฏฐนนท์ เงินสีเหม และคณะ [44] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษาผลกระทบของจำนวนเกลียวที่มีผลกระทบต่อคุณภาพผ้าถัก และการติดสี ได้จัดทำขึ้นมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจำนวนเกลียวที่มีผลกระทบต่อคุณภาพผ้าถัก และการติดสี เพื่อเป็นข้อมูลการผลิตสำหรับข้อมูลการปั่นด้ายและการเลือกใช้สำหรับโรงงานผ้าถัก การดำเนินงานทดลองปั่นเส้นด้ายโดยใช้เส้น (Roving Cotton) ร้อยละ100 น้ำหนัก 185 เกรน 30 หลา เส้น (Roving) ดังกล่าว ได้ผ่านขั้นตอนด้วยเครื่องจักรอุตสาหกรรมที่ได้มาตรฐานทั้งหมด แล้วนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นด้ายแบบวงแหวนขนาด 6 แกน (Ring Spinning) โดยปรับค่า (Draft) และจำนวนเกลียวตามแผนงานวิจัยที่ได้กำหนดไว้ เส้นด้ายทั้งหมด ผ่านการทดสอบคุณภาพด้วยเครื่องทดสอบมาตรฐานสากล เพื่อศึกษาถึงเบอร์ด้าย ความแข็งแรง การยืดตัว ขนของเส้นด้ายและความไม่สม่ำเสมอก่อนที่นำไปถัก (Knitting) และการย้อมสี เพื่อวิเคราะห์คุณภาพผ้าถักและการติดสีจากเส้นด้ายที่มีเกลียวต่างกัน และทำการทดสอบคุณภาพผ้าถักตามขอบเขตที่กำหนด โดยใช้เครื่องทดสอบตามมาตรฐานสากลในการศึกษาผลกระทบของจำนวนเกลียวที่มีผลกระทบต่อคุณภาพผ้าถัก

และการติดสี จึงเป็นแนวทางสำคัญในการผลิตเส้นด้ายและผ้าถักให้มีคุณภาพ เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนการสอน และประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

2.5.7 ชุติมา จวงมาลา และคณะ [45] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงแหวนกับคุณภาพของเส้นด้าย ได้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการเลือกใช้วงแหวนในการปั่นด้ายได้อย่างเหมาะสม ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองปั่นเส้นด้ายซึ่งใช้เส้นโรวิ่งฝ้ายร้อยละ 100 ที่น้ำหนัก 185 เกรน 30 หลา แล้วนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นด้ายแบบวงแหวนขนาด 6 แกน โดยปั่นเส้นด้าย 2 เบอร์ คือ เบอร์ 20 S ใช้ค่าลดขนาด 14.81 และเบอร์ 32 S ใช้ค่าลดขนาด 23.70 และใช้วงแหวนที่มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางตามที่กำหนดไว้ 2 ขนาด คือ วงแหวนขนาด 42 มิลลิเมตร และ 45 มิลลิเมตร จากนั้นนำเส้นด้ายที่ได้จากการปั่นไปทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบสมบัติและคุณภาพของเส้นด้าย ผลจากการศึกษา พบว่า เส้นด้ายเบอร์ 20 S ที่ปั่นด้ายวงแหวนขนาด 42 มิลลิเมตร มีผลดังนี้ Strength 22.78 CN/Tex ผลผลิตที่ได้ร้อยละ U 8.58 การเกิดขน 6.36 Nep 95 km การขาดของเส้นด้าย 32 ครั้ง 6 ชั่วโมง และปั่นด้วยวงแหวนขนาด 45 มิลลิเมตร มีผลดังนี้ คือ Strength 21.40 CN/Tex ผลผลิตที่ได้ร้อยละ U 8.91 การเกิดขน 6.53 Nep 8.0 km การขาดของเส้นด้าย 23 ครั้ง 6 ชั่วโมง และเส้นด้ายเบอร์ 32 ที่ปั่นด้วยวงแหวนขนาด 42 มิลลิเมตร มีผลดังนี้ คือ Strength 16.18 CN/Tex ผลผลิตที่ได้ร้อยละU 10.58 การเกิดขน 6.90 Nep 17.9 km การขาดของเส้นด้าย 19 ครั้ง 6 ชั่วโมง และปั่นด้ายวงแหวนขนาด 45 มิลลิเมตร มีผลดังนี้ คือ Strength 15.56 CN/Tex ผลผลิตที่ได้ร้อยละ U 10.65 การเกิดขน 6.94 Nep 16.3 km การขาดของเส้นด้าย 20 ครั้ง 6 ชั่วโมง สรุปผลจากการทดลองครั้งนี้ พบว่า เส้นด้ายที่มีคุณภาพดีที่สุด คือ เบอร์ 20 S วงแหวนขนาด 42 มิลลิเมตร

2.5.8 วรนุช ภู่ระหงษ์ และอัครวุฒิ บุญบำรุง [46] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขนสุนัขมาปั่นเป็นเส้นด้าย พบว่าสุนัขพันธุ์พูเด้ลมิเนียเจอร์ (Miniature) สามารถนำมาตัดขนได้ปีละ2-3 ครั้ง ซึ่งขนสุนัขที่ทำการตัดแล้วทางร้านนำไปทิ้งโดยไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์อะไร ด้วยเหตุนี้คณะผู้จัดทำจึงได้เกิดแนวความคิดที่ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขนสุนัขมาปั่นเป็นเส้นด้าย เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าขนสุนัขและนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางด้านสิ่งทอ จากการศึกษาและทดสอบสมบัติขนสุนัข เพื่อหาความเป็นไปได้ในการนำมาปั่นเป็นเส้นด้าย พบว่าขนสุนัขมีขนาดเท่ากับ 19.40 ไมครอน แสดงให้เห็นว่าขนสุนัขมีความละเอียดปานกลาง โดยมีภาพตามยาวเป็นเกล็ดคล้ายคลึงกับขนสัตว์ชนิดอื่นๆ ซึ่งบ่งบอกถึงการดูดซึมน้ำ ส่วนภาพตัดขวางมีลักษณะกลมรี แสดงให้เห็นว่าขนสุนัขมีความมันเงา การทดลองปั่นด้ายเริ่มจากการตัดขนสุนัขให้มีความยาวประมาณ 1-2 นิ้ว จากนั้นนำสุนัขมาสางใยเพื่อให้เส้นใยเรียงตัวขนานกันด้วยเครื่องสางใยขนาดทดลอง (Carding Miniature) ได้ขนสุนัขที่เรียงตัวกันเป็นแผ่น นำแผ่นขนสุนัขที่ได้มาม้วนเข้าด้วยกัน เรียกว่า ลูกหลี แล้วนำไปปั่นด้ายด้วยมือ เรียกว่า เมดเดลรี จักรา

จากนั้นจึงนำเส้นด้ายไปทำความสะอาด (Scouring) เพื่อล้างสิ่งสกปรก และลดกลิ่น ทำให้เส้นด้ายมีความนุ่มและมีความเรียบมากขึ้นจากการศึกษาทดลอง พบว่าสามารถนำขนสุนัขมาปั่นเป็นเส้นด้ายได้ตามวัตถุประสงค์ โดยสามารถปั่นเป็นเส้นด้ายเบอร์ 3.86 Ne มีจำนวนเกลียวเฉลี่ย 10 เกลียวต่อ 1 นิ้ว ความแข็งแรงต่อแรงดึงโดยเฉลี่ย 236 กรัม เท็กซ์ และการยืดตัวก่อนขาดโดยเฉลี่ยร้อยละ 6.78 นอกจากนั้นยังสามารถนำเส้นด้ายจากขนสุนัขไปทำเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทออื่นๆ ได้ เช่น ถุงมือ และผ้าพันคอ เป็นต้น

2.5.9 ไวยากรณ์ ตรีอภิชาต และชัชชัย เขียวขจร [47] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษาข้อมูลของเครื่องปั่นด้ายแบบวงแหวนแบบปลายเปิด และแบบใช้ลมในเรื่องของกำลังการผลิต และในเรื่องคุณภาพเส้นด้ายวิธีการศึกษาข้อมูลต่างๆ ศึกษาจากข้อมูลที่หามาได้จากวารสารต่างประเทศ เทคโนโลยีสารสนเทศ และเอกสารที่ใช้ประกอบการเรียนต่างๆ เกี่ยวกับการปั่นด้ายรวมไปถึงห้องสมุดภาค เกี่ยวกับการทำงานของเครื่องชิ้นส่วนที่สำคัญๆ ของแต่ละเครื่อง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการแล้วก็นำข้อมูลมาเปรียบเทียบในเรื่องของกำลังการผลิต และคุณภาพเส้นด้ายต่อไป ผลที่ได้จากการศึกษาข้อมูลของเครื่องปั่นด้ายแบบวงแหวนปลายปิด และแบบใช้ลมเกี่ยวกับกำลังการผลิต และคุณภาพเส้นด้ายพอที่สรุปได้ว่า ระบบการปั่นด้ายแบบวงแหวนยังมีแนวโน้มที่ครองความเป็นหนึ่งในด้านคุณภาพเส้นด้ายในขณะเดียวกันกับการพัฒนาจุดต่างๆ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเส้นด้ายผสมปั่นมือจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี ศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม ศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม และศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ใบอ้อยสด พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่มีอายุ 8 เดือน หลังจากการเก็บเกี่ยวอ้อยเข้าสู่บริษัท น้ำตาลขอนแก่น จำกัด (มหาชน) สาขาน้ำพอง ตั้งอยู่ในพื้นที่อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น

3.1.2 เส้นใยฝ้าย เป็นใยฝ้ายพื้นเมือง ชาวบ้านเรียกว่า “ฝ้ายจัน” อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น กรมวิชาการเกษตรตั้งชื่อ ฝ้ายตากฟ้า 4 ฝ้ายสีพันธุ์พัฒนาขึ้นมาใหม่ “ตากฟ้า 84-4” และ “ตากฟ้า 86-5” [48]

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย สามารถแบ่งได้ 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.2.1 ขั้นตอนการศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี

3.2.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

1) เครื่องชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ยี่ห้อ Plastic Spring Scale
2) เตาแก๊สแรงดันสูงหรือหัวฟู่ ยี่ห้อ TMN รุ่น KB5
3) หม้อก๋วยเตี๋ยวสเตนเลสปลอดสารตะกั่ว 2 ช่อง ขนาด 16 นิ้ว
4) เทอร์โมมิเตอร์
5) พายไม้ เบอร์ 8
6) กะละมังสแตนเลส ขนาด 60 เซนติเมตร
7) บีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร
8) ตะแกรงสแตนเลสขนาด 20 Mesh บริษัท ชัยวัฒนา สามเอ จำกัด
9) ถุงมือยางสีส้ม ขนาด 12 นิ้ว บริษัท วินเกรท จำกัด
10) ผ้าขาวบาง

11) เชือกฟาง

12) มีดแกะสลักผักผลไม้ ตรากีวี

13) กรรไกรตราม้าขนาด 8 นิ้ว รุ่น H-505

14) ผ้าปิดจมูกแบบสาลู 3 ชั้น ห้างหุ้นส่วนจำกัด ธิดารัตน์ อินเตอร์ ซัพพลาย

3.2.1.2 สารเคมี

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น บริษัท ชัยจักรเพชร 2010 จำกัด

3.2.2 ขั้นตอนการศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม

3.2.2.1 วัสดุและอุปกรณ์

เครื่องวัดค่ายี่ห้อ Hunter Lab Machine รุ่น Colorflex EZ

3.2.2.2 สารเคมี

1) สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หรือสารฟอกขาว บริษัท ศิริบัญชา จำกัด

2) น้ำยาปรับผ้านุ่ม บริษัท พรอคเตอร์ แอนด์ แกมเบิล เทรดดิ้ง (ประเทศไทย) จำกัด

3.2.3 ขั้นตอนการศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม

3.2.3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1) หลาปั่นฝ้าย

2) หลอดด้ายสำหรับกรอด้าย

3) เทียนไข

4) กะเพดและคันดีดด้าย

5) แป้นล้อฝ้ายและไม้ล้อฝ้าย

6) เครื่องเปียฝ้าย

7) เครื่องกวักฝ้าย

8) แป้งมันสำปะหลัง บริษัท อุตสาหกรรมแป้งไทย จำกัด

3.2.4 ขั้นตอนการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายใบอ้อยผสมฝ้าย

3.2.4.1 วัสดุและอุปกรณ์

1) เครื่องทดสอบลักษณะของเส้นด้าย (Microscopical-Section Examination) ด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงแบบ Scanning Electron Microscope (SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-6510

2) เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้าย ยี่ห้อ Test Strength Tester รุ่น KR5K, LLOYD

3) เครื่องทดสอบการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย ยี่ห้อ Test Strength Tester รุ่น KR5K, LLOYD

4) เครื่องทดสอบเบอร์ของเส้นด้าย ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ METTLER TOLEO รุ่น PG603-S

5) เครื่องทดสอบเกลียวของเส้นด้าย ยี่ห้อ Twist Tester

6) เครื่องทดสอบความหยิกงอของเส้นด้าย ยี่ห้อ Crimp Tester

3.3 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเส้นด้ายผสมปั่นมือจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี ศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม ศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม และศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย มีขั้นตอนดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

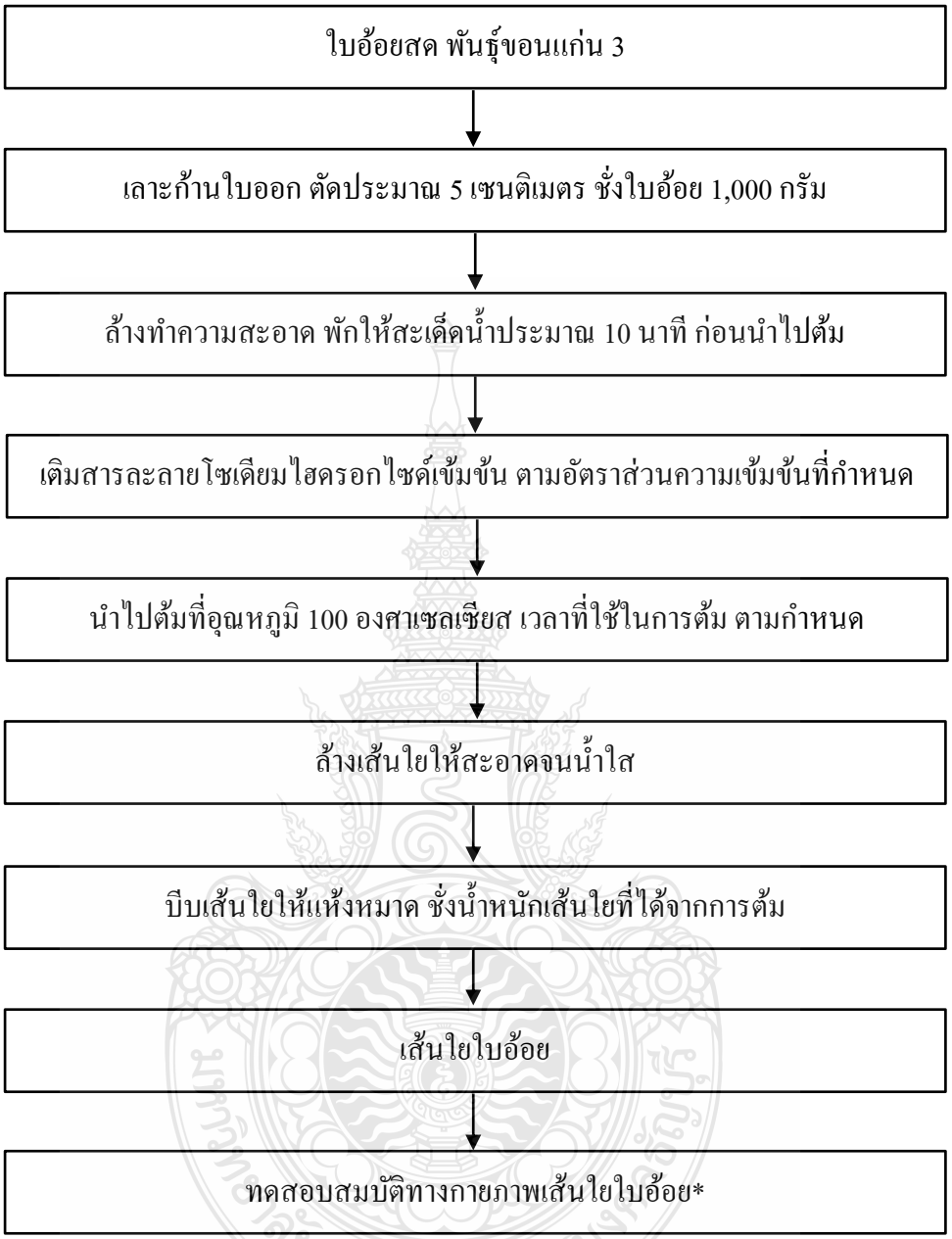
3.3.1 การศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี

การศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี ปัจจัยที่ทำการศึกษามี 2 ปัจจัย คือ ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น โดยแปรเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4ของน้ำหนักใบอ้อยสด และเวลาที่ใช้ในการต้ม โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ 30 60 และ 90 นาที อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ดัดแปลงจากสุเมธ และคณะ [49] ทำการจัดสิ่งทดลองแบบ Factorial in CRD ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 12 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 แล้วทำการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมีตามกระบวนการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สิ่งทดลองในการศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี

สิ่งทดลอง	สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น (ร้อยละ)	เวลาที่ใช้ในการต้ม (นาที)
1	0.1	30
2	0.2	30
3	0.3	30
4	0.4	30
5	0.1	60
6	0.2	60
7	0.3	60
8	0.4	60
9	0.1	90
10	0.2	90
11	0.3	90
12	0.4	90

ที่มา : ดัดแปลงจาก [50]



รูปที่ 3.1 กระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อย

ที่มา : ดัดแปลงจาก [49]

นำเส้นใยใบอ้อยที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การหาค่าร้อยละผลผลิต (% Yield) สูงสุด การคำนวณผลผลิตที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาเคมี (Percent Yield) ดังสมการที่ (3.1)

$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = \frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100 \qquad (3.1)$$

ที่มา : [51], [52]

ผลผลิตจริง คือ เส้นใยใบอ้อยที่ได้จากการทดลอง หรือจากการเกิดปฏิกิริยา

ผลผลิตตามทฤษฎี คือ เส้นใยใบอ้อยที่ได้จากการคำนวณตามสมการเคมี เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ ผลผลิตร้อยละจะได้ไม่ถึงร้อยละ 100 เนื่องจากผ่านกระบวนการทดลอง จะเกิดปฏิกิริยาข้างเคียง อาจจะทำให้เกิดสารชนิดอื่นๆ ได้ นอกจากนี้สารตั้งต้นอาจมีสารชนิดอื่นปนอยู่ด้วย

3.3.2 การศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกขาวเส้นใยใบอ้อย ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น โดยแปรเป็น 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.25 และ 0.50 ดัดแปลงจากเสาวนีย์ และคณะ [53] ทดสอบการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสีด้วยวิธี T-test ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 2 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.2 แล้วทำการฟอกขาวเส้นใยใบอ้อยตามกระบวนการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 สิ่งทดลองในการศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม

สิ่งทดลองที่	**สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น (ร้อยละ)**
1	0.25
2	0.50

ที่มา : ดัดแปลงจาก [53]

รูปที่ 3.2 กระบวนการฟอกขาวที่เหมาะสม

ที่มา : ดัดแปลงจาก [53]

นำเส้นใยใบอ้อยที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าสี [54], [55] โดยวัดค่าสี L* a* b* ของเส้นใยใบอ้อยที่ได้จากกระบวนการสกัดเส้นใยใบอ้อย โดยใช้เครื่อง Hunter Lab Machine รุ่น Colorflex EZ โดยกำหนดให้ L* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0-100

L*	แสดงว่า	ความมืด-สว่าง มีค่าตั้งแต่ 0-100
a*	แสดงว่า	สีแดง-สีเขียว (+a* = สีแดง : -a* = สีเขียว)
b*	แสดงว่า	สีเหลือง-สีน้ำเงิน (+b* = สีเหลือง : -b* = สีน้ำเงิน)

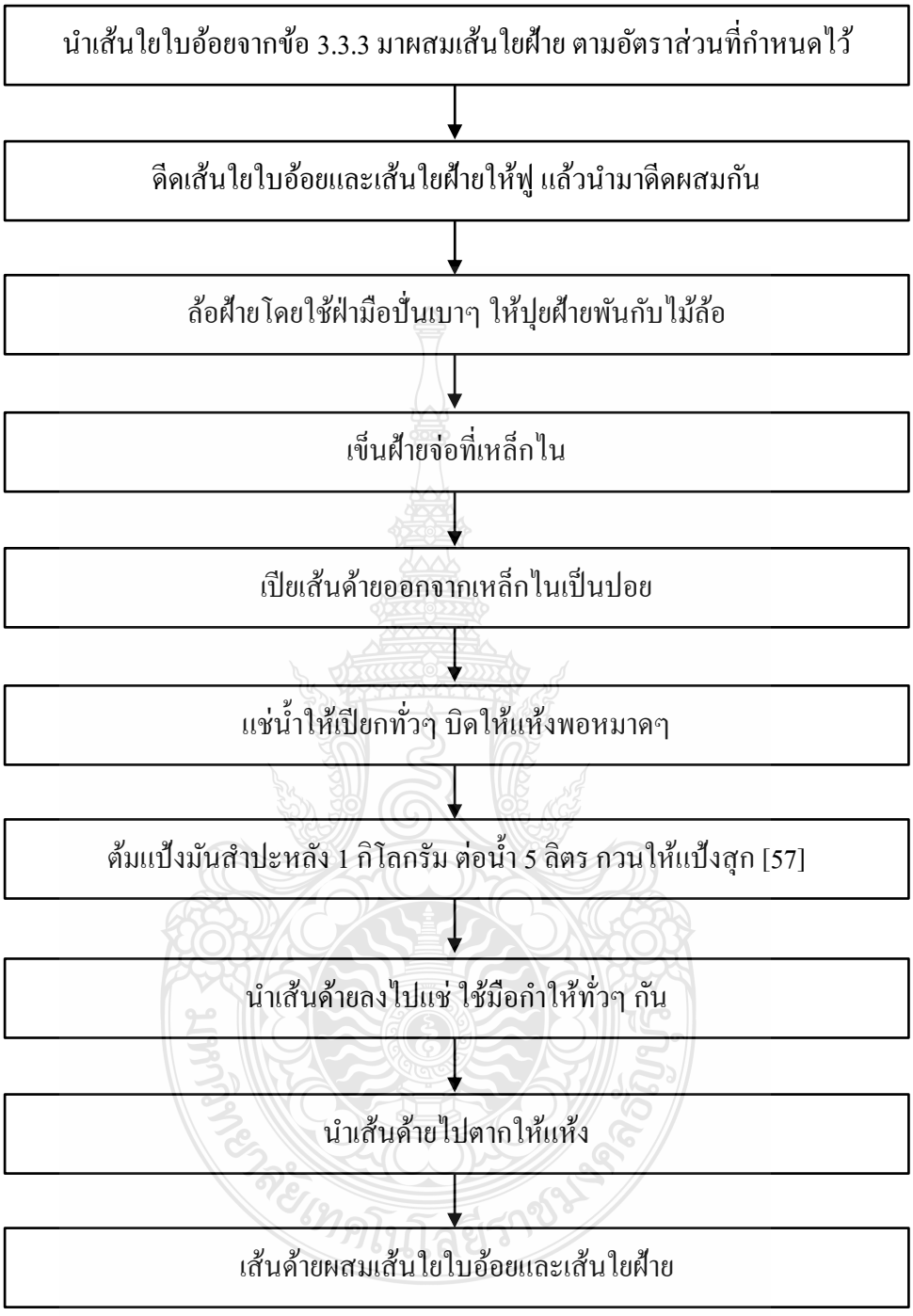
3.3.3 การศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม

การศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม ดำเนินการวิจัยครั้งนี้นำเส้นใยที่ได้จากใบอ้อยเข้าสู่กระบวนการปั่นเส้นด้ายด้วยวิธีการปั่นมือ โดยใช้เครื่องปั่นเส้นด้ายฝ้ายแบบภูมิปัญญาท้องถิ่นชาวบ้าน การศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม โดยแปรเป็น 5 ระดับ คือ อัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 10:90 20:80 30:70 40:60 และ 50:50 ดัดแปลงจากเสาวนีย์ และคณะ [53] วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 5 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.3 แล้วทำการผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายตามกระบวนการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนการผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม

สิ่งทดลองที่	เส้นใยใบอ้อย (ร้อยละ)	เส้นใยฝ้าย (ร้อยละ)
1	10	90
2	20	80
3	30	70
4	40	60
5	50	50

ที่มา : ดัดแปลงจาก [56]



รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

ที่มา : ดัดแปลงจาก [27], [28], [29]

นำเส้นด้ายใบอ้อยที่ได้มาทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย มีดังต่อไปนี้

3.3.3.1 ลักษณะของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

1) หลักการทดสอบ

การทดสอบลักษณะของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่ได้จำนวน 5 สิ่งทดลอง ตามมาตรฐานในการทดสอบของ AATCC Test Method 20-2005 (Fiber Analysis : Quantitative) ดังแสดงในตารางที่ 3.3 เครื่องทดสอบลักษณะภาพตามยาวของเส้นด้าย (Microscopical-Section Examination) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงแบบ Scanning Electron Microscope (SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-6510 [58]

2) วิธีการทดสอบ

(1) การเคลือบเส้นใยด้วยทอง (Coater) ด้วยเครื่อง Auto Fine Coater รุ่น JFC-1600 เนื่องจากการทำงานของเครื่อง Scanning Electron Microscope ซึ่งมีการถ่ายภาพขยายได้ละเอียดถึง 2000 เท่า ด้วยหลักการถ่ายภาพด้วยใช้คลื่นอิเล็กตรอนจึงจำเป็นต้องมีการเคลือบตัวอย่างเส้นใยก่อนเข้าเครื่อง Scanning Electron Microscope

(2) เปิดโถแก้วครอบช่องใส่ตัวอย่างออก นำตัวอย่างที่ต้องการเคลือบวางบนแท่นวางตัวอย่างและปรับความสูงของผิวตัวอย่างกับหัวเคลือบให้ห่างกัน 35 มิลลิเมตร จากนั้นเปิดโถแก้วครอบช่องใส่ตัวอย่าง (ดูโถแก้วให้วางในตำแหน่งสม่ำเสมอกับยางรอง) เปิดสวิทช์การทำงานของเครื่องและสังเกตหลอดไฟ Pa บนเครื่องหยุดนิ่ง เลือกปรับกระแสไฟที่ต้องการใช้งาน

(3) เลือกปุ่ม SEC เพื่อตั้งเวลาในการเคลือบหลังจากนั้นกดปุ่ม Pa เลือกโหลดการทำงานแบบอัตโนมัติ (Auto) และกดปุ่ม Start เครื่องจะเริ่มทำงานหลังจากนั้นตัวเลขของสุญญากาศต่ำกว่า 5 Pa รอจนกระทั่งเครื่องเริ่มทำงาน (สังเกตได้จากแสงขณะกำลังเคลือบ) เมื่อเคลือบเสร็จให้ปิดเครื่อง จากนั้นนำตัวอย่างออกจากช่องใส่ตัวอย่าง

(4) นำตัวอย่างเข้าเครื่อง Scanning Electron Microscope เพื่อดูภาพขยาย โดยมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

(ก) การเปิดเริ่มต้นด้วยการเปิดเครื่องทำระบบน้ำเย็น หมุนกุญแจจากตำแหน่ง O ไปตำแหน่ง I และหมุนไปตำแหน่ง Start ค้างไว้ 5 วินาที หลังจากนั้นให้ปล่อยกุญแจจะกลับมาตำแหน่ง I รอ 30 วินาที หลังจากนั้นให้เปิดคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ “JSM-6510” รอโปรแกรมสักครู่ หลังจากนั้นจะปรากฏโปรแกรมขึ้นมาพร้อมใช้งาน

(ข) การใส่ตัวอย่างและชิ้นงาน กดปุ่ม “VENT” หลังจากนั้นรอไฟแสดงสถานะที่ตัวเครื่องติดนิ่งเปิดช่องใส่ตัวอย่างออกมาอย่างช้าๆ อย่าฝืนเปิด หากมีความฝืนขณะเปิดช่องใส่ตัวอย่างทำการยึดตัวอย่างที่จะใช้งานกับแท่นยึดชิ้นงานให้แน่น นำแท่นยึดชิ้นงานไปใส่กับตัวรับแท่นยึดชิ้นงาน และยึดให้แน่นนำตัวยึดชิ้นงานไปใส่ในช่องตัวอย่างอย่างระมัดระวังพร้อมปิดให้แน่น จากนั้นใส่ค่าความสูงของตัวอย่างสูงพ้นจากขอบของตัวรับแท่นยึดชิ้นงาน

(ค) กดปุ่ม EVAC หลังจากนั้นรอให้ไฟแสดงสถานะ HT Ready เป็นสีน้ำเงินที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

(ง) การเลื่อนที่ตัวอย่างและการปรับสภาพ กดปุ่มสถานะ HT Ready ที่เป็นสีน้ำเงินหนึ่งครั้ง ปุ่มสถานะ HT Ready เปลี่ยนเป็นสีเขียว เพื่อแสดงให้ทราบว่ากำลังจ่ายอิเล็กตรอนอยู่กดปุ่ม Scan 1 และ 2 สังเกตที่หน้าจอจะปรากฏภาพของตัวอย่างขึ้นมา (ถ้าหากไม่มีภาพให้ทำขั้นตอน Alignment) ให้เลื่อนตัวอย่างไปตามตำแหน่งที่ต้องการดู โดยการปรับเลื่อนที่แกน X Y Z T และ R การปรับภาพให้เริ่มที่ปุ่ม Focus ก่อน โดยการปรับให้ได้รูปชัดที่สุด หลังจากนั้นปรับที่ปุ่ม Stig X และ Stig Y โดยปรับ Focus และ Stig จนได้รูปที่คมชัดตามความต้องการ โดยปรับความสว่างและความเข้มของรูปด้วยปุ่ม Contrast และ Brightness ตามต้องการกด Scan 3 และ 4 เพื่อทำการบันทึกภาพของตัวอย่างที่ได้ปรับเรียบร้อย ทำการบันทึกภาพลงคอมพิวเตอร์ตามต้องการ

3.3.3.2 การทดสอบความสม่ำเสมอของเส้นด้าย

การทดสอบความสม่ำเสมอของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่ได้จำนวน 5 สิ่งทดลอง ตามมาตรฐานในการทดสอบของ ASTM D 2255-2002 (Standard Test Method for Grading Spun Yarns for Appearance) [59]

1) หลักการทดสอบ

เส้นด้ายที่จะถูกตรวจจะพันบนแผ่นกระดานแข็งสีดำ เส้นด้ายบนกระดานนี้กับรูปภาพที่เป็นเส้นด้ายที่บอกเกรดของเส้นด้าย A B C D E และ F ดังแสดงในตารางที่ 3.4 การแบ่งเกรดของเส้นด้ายขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของขนาดเส้นด้ายจำนวนและขนาดของ Nep ขนาดเส้นด้ายและสิ่งแปลกปลอมเจือปนในเส้นด้าย

ตารางที่ 3.4 ระดับการประเมินผล

Grade	ความละเอียดของเส้นด้าย
A	เป็นเส้นด้ายที่มีความละเอียดมากที่สุด
B	เป็นเส้นด้ายที่มีความละเอียดมาก
C	เป็นเส้นด้ายที่มีความละเอียดปานกลาง
D	เป็นเส้นด้ายที่มีความละเอียดน้อย
E	เป็นเส้นด้ายที่หยาบ กระด้างน้อย
F	เป็นเส้นด้ายที่หยาบ กระด้างมากที่สุด

ที่มา : ดัดแปลงจาก [50]

2) วิธีการทดสอบ

(1) ตัดกระดาษแข็งสีดำขนาด 14 x 23 เซนติเมตร วัดด้านข้างซ้าย-ขวาเข้ามา 0.5 เซนติเมตร

(2) นำเส้นด้ายมาพันรอบกระดาษแข็งสีดำ ระยะห่างของแต่ละเส้นประมาณ 1 มิลลิเมตร แผ่นหนึ่งได้ประมาณ 100 เส้น

3.3.3.3 การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้าย

การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่ได้จำนวน 5 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ด้วยเครื่อง Test Strength Tester ตามมาตรฐานในการทดสอบของ ASTM D 2256-2002 (Standard Test Method for Tensile Properties of Yarns by the Single-Strand Method) [60]

1) หลักการทดสอบ

เส้นด้ายจะถูกยึดไว้กับปากจับ (Jaw) ทั้งด้านบนและด้านล่าง เมื่อมีแรงดึงของเส้นด้ายจะถูกยืดตัวออกจนขาดแรงที่ใช้ดึงให้ชิ้นทดสอบขาด เรียกว่า แรงดึงขาด (Breaking Load)

2) วิธีการทดสอบ

(1) ตัดชิ้นงานขนาด 65 มิลลิเมตร หรือ 50 มิลลิเมตร แล้วเพิ่มเส้นด้ายเข้าไปอีกจำนวน 20 เส้น

(2) จากนั้นต้องให้เส้นด้ายทั้งสองข้างให้เท่ากัน ต้องให้กว้าง 50 มิลลิเมตร ความยาวต้องไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร

3.3.3.4 การทดสอบการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย

การทดสอบการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่ได้จำนวน 5 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ด้วยเครื่อง Test Strength Tester ตามมาตรฐานในการทดสอบของ ASTM D 2256-2002 (Standard Test Method for Tensile Properties of Yarns by the Single-Strand Method) [61]

1) หลักการทดสอบ

เส้นด้ายจะถูกยึดไว้กับปากจับ (Jaw) ทั้งด้านบนและด้านล่าง เมื่อมีแรงดึงของเส้นด้ายจะถูกยืดตัวออกจนขาด ความยาวที่เพิ่มขึ้นขณะที่ชิ้นทดสอบขาดคิดเป็นร้อยละของความยาวเดิมเรียกว่า การยืดตัวก่อนขาด (Breaking Extension or Elongation at Break)

2) วิธีการทดสอบ

(1) ตัดชิ้นงานขนาด 65 มิลลิเมตร หรือ 50 มิลลิเมตร แล้วเพิ่มเส้นด้ายเข้าไปอีกจำนวน 20 เส้น

(2) จากนั้นต้องให้เส้นด้ายทั้งสองข้างให้เท่ากัน ต้องให้กว้าง 50 มิลลิเมตร ความยาวต้องไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร

3.3.3.5 การทดสอบเบอร์ของเส้นด้าย

การทดสอบเบอร์ของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่ได้จำนวน 5 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง ตามมาตรฐานในการทดสอบของ ASTM D 1059-2001 (Standard Test Method for Yarn Number Based on Short-Length Specimens) [62]

1) หลักการทดสอบ

เส้นด้ายจะทราบความยาวทำการชั่งน้ำหนัก และคำนวณเบอร์ของเส้นด้ายที่มีหน่วยเป็นระบบตรงหรือระบบอ้อม

2) วิธีการทดสอบ

(1) ทำการหาเบอร์ของเส้นด้ายเบื้องต้นเป็นระบบเท็กซ์ (Tex) เพื่อใช้ในการหาน้ำหนัก (กรัม) มีดังต่อไปนี้

(ก) นำเส้นด้าย 1 กลุ่มต่อ 10 เส้น

(ข) นำเส้นด้ายในกลุ่มชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง

(ค) ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 2-3 สำหรับเส้นด้ายที่เหลืออยู่

(ง) นำมาคำนวณหาค่า Tex เบื้องต้น เพื่อจะใช้ในการหาค่าน้ำหนัก (เซนตินิวตัน: cN) ที่ต้องดึงยืดเส้นด้ายให้เหยียดตรง คำนวณตามสมการ ดังต่อไปนี้

$$\text{Tex} = \frac{\text{น้ำหนักของเส้นด้าย (กรัม) x 1,000}}{\text{จำนวนเส้นด้าย (10 เส้น) x ความยาวเฉลี่ยของเส้นด้ายที่เหยียดตรง (เมตร)}} \quad (3.2)$$

(2) ทำการทดลองซ้ำให้ครบ 5 สิ่งทดลอง ทดสอบชิ้นงานละ 10 เส้นด้าย

3.3.3.6 การทดสอบเกลียวของเส้นด้าย

การทดสอบเกลียวของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่ได้จำนวน 5 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ด้วยเครื่อง Twist Tester เพื่อหาเกลียวของเส้นด้ายของตัวอย่างทดสอบตามมาตรฐานในการทดสอบของ ASTM D 1423-1999 (Standard Test Method for Twist in Yarns by Direct-Counting) [63]

1) หลักการทดสอบ

เส้นด้ายจะถูกคลายตัว เพื่อหาทิศทางและจำนวนเกลียวของเส้นด้าย

2) วิธีการทดสอบ

(1) นำเส้นด้าย 1 กลุ่มต่อ 10 เส้น

(2) นำเส้นด้ายในกลุ่มออกมา 1 เส้น และสอดเข้าไปใน เครื่อง Twist Tester และใช้ (Grips) ที่อยู่หัวท้ายของเครื่องจับเส้นด้ายเอาไว้ จากนั้นทำการดึงเส้นด้ายให้ตึงพอประมาณ พร้อมกับ (Lock Grip) ที่อยู่ด้านล่างเอาไว้

(3) หมุนหาเกลียวของเส้นด้ายและทิศทางของเส้นด้าย

(4) ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 2-3 สำหรับเส้นด้ายที่เหลืออยู่

3.3.3.7 การทดสอบความหยิกงอของเส้นด้าย

การทดสอบความหยิกงอของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่ได้จำนวน 5 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ด้วยเครื่อง Crimp Tester ตามมาตรฐานในการทดสอบของ ISO 7211/3-1984 (Textiles-Woven Fabrics-Construction-Method of Analysis-Part 3: Determination of Crimp of Yarn in Fabric) [64]

1) หลักการทดสอบ

เส้นด้ายความยาวเริ่มต้น (L_0) จากนั้นใช้แรงดึง ซึ่งคำนวณได้จากเบอร์ของเส้นด้ายที่มีหน่วยเป็นเท็กซ์ (Tex) เพื่อทำให้รอย (Crimp) ยืดกลายเป็นเส้นตรง และทำการวัดความยาวของเส้นด้ายนี้ (L) และคำนวณค่าออกเป็นร้อยละ

2) วิธีการทดสอบ

(1) ทำการหาเบอร์เส้นด้ายเบื้องต้น เป็น Tex เพื่อใช้ในการหาน้ำหนัก (เซนตินิวตัน: cN) ที่ต้องดึงยืดเส้นด้ายให้เหยียดตรง มีดังต่อไปนี้

(ก) นำเส้นด้าย 1 กลุ่มต่อ 10 เส้น

(ข) นำเส้นด้ายในกลุ่มออกมา 1 เส้น และสอดเข้าไปในเครื่อง (Crimp Tester) และใช้ (Grips) ที่อยู่หัวท้ายของเครื่องจับเส้นด้ายเอาไว้ จากนั้นทำการดึงเส้นด้ายให้ตึงพร้อมกับ (Lock Grip) ที่อยู่ด้านล่างเอาไว้

(ค) ทำการวัดความยาวของเส้นด้ายที่ยืดเหยียดตรงระหว่าง (Grips) ทั้งสองออกมา และเก็บรวมรวมไว้เป็นกลุ่มๆ

(ง) ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1.2-1.3 สำหรับเส้นด้ายที่เหลืออยู่

(จ) นำเส้นด้ายทั้ง 10 เส้น ในแต่ละกลุ่มที่ถูกตัดออกมาภายหลังจากเส้นด้ายที่ยืดเหยียดตรงไปทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนักที่ได้ (กรัม)

(ช) นำมาคำนวณหาค่า Tex เบื้องต้น เพื่อจะใช้ในการหาน้ำหนัก (เซนตินิวตัน: cN) ที่ต้องดึงยืดเส้นด้ายให้เหยียดตรง คำนวณตามสมการ ดังต่อไปนี้

$$\text{Tex} = \frac{\text{น้ำหนักของเส้นด้าย (กรัม) x 1,000}}{\text{จำนวนเส้นด้าย (10 เส้น) x ความยาวเฉลี่ยของเส้นด้ายที่เหยียดตรง (เมตร)}} \qquad (3.3)$$

(ซ) นำค่า Tex ที่คำนวณได้มาคำนวณหาค่า น้ำหนักที่ต้องใช้ดึงยืดเส้นด้ายให้เหยียดตรง (Straightening Tension) ดังแสดงในตารางที่ 3.5

(2) วัดความยาวของเส้นด้ายแต่ละเส้นที่ทำการ (Mark) หัวและท้าย และบันทึกค่าที่ได้ (L_o) ลงในตารางบันทึกผลในหน่วยมิลลิเมตร

(3) นำเส้นด้าย 1 เส้น สอดเข้าเครื่อง (Crimp Tester) และใช้ (Grips) หนีบหัวและท้ายของเส้นด้ายตรงรอย (Mark)

(4) ทำการดึงเส้นด้ายด้วยแรงดึงตามตารางด้านล่าง หลังจากนั้นให้ทำการ (Lock Grip) และเปรียบเทียบค่าแรงดึง ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แรงดึงของเส้นด้ายแต่ละชนิด

ประเภทเส้นด้าย	ความหนาแน่นเชิงเส้นด้าย	ความตึงเครียด (cN)
ผ้าขนสัตว์และผ้าเนื้อละเอียด	15-60 Tex	(0.2 x Tex) + 4
	61-300 Tex	(0.07 x Tex) + 12
ฝ้าย	7 Tex หรือ ละเอียด	0.75 x Tex
	หยาบกว่า 7 Tex	(0.2 x Tex) + 4
เส้นด้ายเส้นใยที่มนุษย์สร้างขึ้นอย่างต่อเนื่อง	ทั้งหมด	0.5 x Tex

ที่มา : ดัดแปลงจาก [50]

(5) วัดความยาวของเส้นด้ายระหว่าง (Grips) ทั้งสองและบันทึกค่าที่ได้ (L) ลงในตารางบันทึกผลในหน่วยมิลลิเมตร

(6) ทำการทดลองซ้ำให้ครบ 5 สิ่งทดลอง ทดสอบชิ้นงานละ 10 เส้นด้าย

3.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี ปัจจัยที่ศึกษา มี 2 ปัจจัย คือ ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น โดยแปรเป็น 4 ระดับ คือ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4 ของน้ำหนักใบอ้อยสด และเวลาที่ใช้ในการต้ม โดยแปรเป็น 3 ระดับ 30 60 และ 90 นาที อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทำการจัดสิ่งทดลองแบบ Factorial in CRD ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกขาวเส้นใยใบอ้อย ปัจจัยที่ศึกษา คือ สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น โดยแปรเป็น 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.25 และ 0.50 ทดสอบการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสีด้วยวิธี T-test ศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม โดยแปรเป็น 5 ระดับ คือ อัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อย 10:90 20:80 30:70 40:60 และ 50:50 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติคำนวณค่าความแตกต่าง เพื่อทดสอบหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีการ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

3.5 ระยะเวลาในการทดลอง

ระยะเวลาเริ่มต้นตั้งแต่ เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560

3.6 สถานที่ทำการวิจัย

3.6.1 ห้องปฏิบัติการทดสอบสิ่งทอ ได้แก่ เบอร์ของเส้นด้าย เกลียวของเส้นด้าย และความหยิกงอของเส้นด้าย เป็นต้น สาขาวิชาการออกแบบแฟชั่นและเครื่องแต่งกาย คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.6.2 ห้องปฏิบัติการทดสอบสิ่งทอ ได้แก่ ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้าย และการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตรสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.6.3 สถานที่เส้นด้ายปั่นมือแบบภูมิปัญญาท้องถิ่นชาวบ้าน หมู่บ้านหนองโน ตำบลหนองโน อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น

3.6.4 สถานที่ทดสอบเส้นด้าย บริษัท (TARA BUSINESS) จำกัด หมู่บ้านพฤกษา 12 ตำบลคลองสามอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเส้นด้ายผสมปั่นมือจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี ศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม ศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม และสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย มีผลการทดลองและการวิจารณ์ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีการทางเคมี

จากการศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีการทางเคมี ปัจจัยที่ทำการศึกษามี 2 ปัจจัย คือ ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น โดยแปรเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4 ของน้ำหนักใบอ้อยสด และเวลาที่ใช้ในการต้ม โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ 30 60 และ 90 นาที อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.1 ร้อยละของผลผลิตที่ได้จากการแยกเส้นใยใบอ้อยในสภาวะที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ)	เวลาที่ใช้ในการต้ม (นาที)	ร้อยละผลผลิต (% Yield)
1	0.1	30	0.42
2	0.2	30	0.43
3	0.3	30	0.43
4	0.4	30	0.44
5	0.1	60	0.45
6	0.2	60	0.45
7	0.3	60	0.45
8	0.4	60	0.47
9	0.1	90	0.48
10	0.2	90	0.48
11	0.3	90	0.49
12	0.4	90	0.50

ที่มา : ดัดแปลงจาก [50]

จากตารางที่ 4.1 ร้อยละของผลผลิตที่ได้จากการแยกเส้นใยใบอ้อย พบว่า การศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีการทางเคมี ในปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.4 เวลาที่ใช้ในการต้ม 90 นาที ได้ร้อยละผลผลิตจากการแยกเส้นใยใบอ้อยมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.50 ซึ่งเส้นใยใบอ้อยที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นเส้นใยสั้น จับตัวกันเป็นก้อนๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 จากการทดลองพบว่า การแยกเส้นใยใบอ้อยโดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาและปริมาณสารที่แตกต่างกันนั้น ทำให้ได้ลักษณะของเส้นใยใบอ้อยที่แตกต่างกัน โดยการเพิ่มปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้มีความเข้มข้นสูง และระยะเวลาในการต้มที่นานจะช่วยให้เส้นใยแยกตัวได้เพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้ได้ร้อยละผลผลิตที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของทรงพล [39] ได้กล่าวว่า เมื่อปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ร้อยละของผลผลิตที่ได้จากการต้มด้วยสารเคมีจะเพิ่มขึ้นอีกด้วย และการใช้ซึ่งลักษณะเส้นใยใบอ้อยที่ผ่านการแยกสกัดด้วยสารเคมีนั้น มีสภาพที่เปลี่ยนแปลงไปจากลักษณะเดิมของเส้นใยใบอ้อย ก่อนการแยกและเส้นใยมีความนุ่ม สอดคล้องกับสาคร [65] กล่าวว่า ภายหลังการปรับปรุงคุณภาพของเส้นใยพืช อาจทำให้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะ

หรือสมบัติทางกายของเส้นใยพืช โดยเฉพาะทำให้ชั้นแมทริกซ์ของวัสดุลิกโนเซลลูโลสถูกทำลาย เซลลูโลสหรือกลุ่มเส้นใยที่มัดรวมกันอยู่เป็นก้อนถูกสลายลงจนกลายเป็นเส้นใยละเอียดหรือเส้นใยเดี่ยว

(ก) (ข)

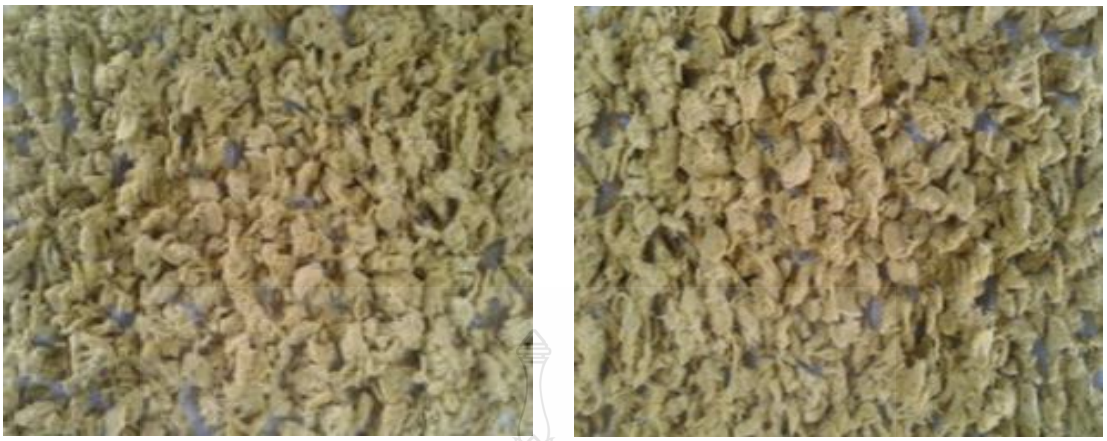
รูปที่ 4.1 ลักษณะของเส้นใยใบอ้อยที่ผ่านกระบวนการทางเคมี (ก) ใบอ้อยก่อนต้ม (ข) ใบอ้อยหลังต้ม

จากรูปที่ 4.1 ลักษณะของเส้นใยใบอ้อยที่ผ่านกระบวนการทางเคมี ใบอ้อยก่อนต้มเลาะก้านใบออก ตัดประมาณ 5 เซนติเมตร ส่วนใบอ้อยหลังต้ม เมื่อนำไปต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ใบอ้อยจะมีสภาพกระจายตัว และเกิดการแยกตัวของเส้นใยใบอ้อย มีลักษณะเป็นเส้นใยสั้น จับตัวกันเป็นก้อนๆ และมีสีเขียวอ่อน

4.2 ผลการศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม

4.2.1 การศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม

จากการศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม ปริมาณสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น โดยแปรเป็น 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.25 และ 0.50 ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.2



(ก) (ข)

รูปที่ 4.2 ลักษณะของเส้นใยใบอ้อย (ก) ปริมาณสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 0.25 (ข) ปริมาณสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 0.50

จากรูปที่ 4.2 ลักษณะเส้นใยใบอ้อย ที่ผ่านการฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทำให้ได้เส้นใยใบอ้อยที่มีลักษณะเป็นเส้นใยสั้น และมีการจับตัวกันเป็นก้อน

4.2.2 การวัดค่าสี L* a* b* ของเส้นใยใบอ้อย

การวัดค่าสี L* a* b* ของเส้นใยใบอ้อย ที่ได้จากกระบวนการฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น โดยเลือกสิ่งทดลองที่มีค่าความสว่าง (L*) มากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าสี L* a* b* ของเส้นใยใบอ้อยที่ได้จากกระบวนการฟอกขาวในสภาวะที่แตกต่างกัน

สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น	**ค่าสี**		
(ร้อยละ)	**(L*)***	**(a*)^{ns}**	**(b*)^{ns}**
0.25	60.36^{b}	7.29	23.55
0.50	68.97^{a}	6.01	22.21

หมายเหตุ : * ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันในแนวดิ่ง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าความสว่างของปริมาณสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.50 มีค่าความสว่างมากที่สุด (L*) เท่ากับ 68.97 ค่า (a*) เท่ากับ 6.01 เป็นไปในทิศทางสีแดง และค่า (b*) 22.21 เป็นไปในทิศทางสีเหลือง ซึ่งเส้นใยมีลักษณะเป็นเส้นใยสั้น และสีเหลืองอ่อน โดยการเพิ่มปริมาณสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นมากขึ้น ทำให้ความสว่างของเส้นใยเพิ่มมากขึ้น และเพิ่มความนุ่มของเส้นใย สอดคล้องกับสาคร [65] กล่าวว่า เมื่อนำเส้นใยที่ผ่านการแยกและนำมาฟอกด้วยสารฟอกขาวทำให้เส้นใยมีความละเอียดและอ่อนนุ่มกว่าเส้นใยที่ไม่ได้ฟอกขาว

4.3 ผลการศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม

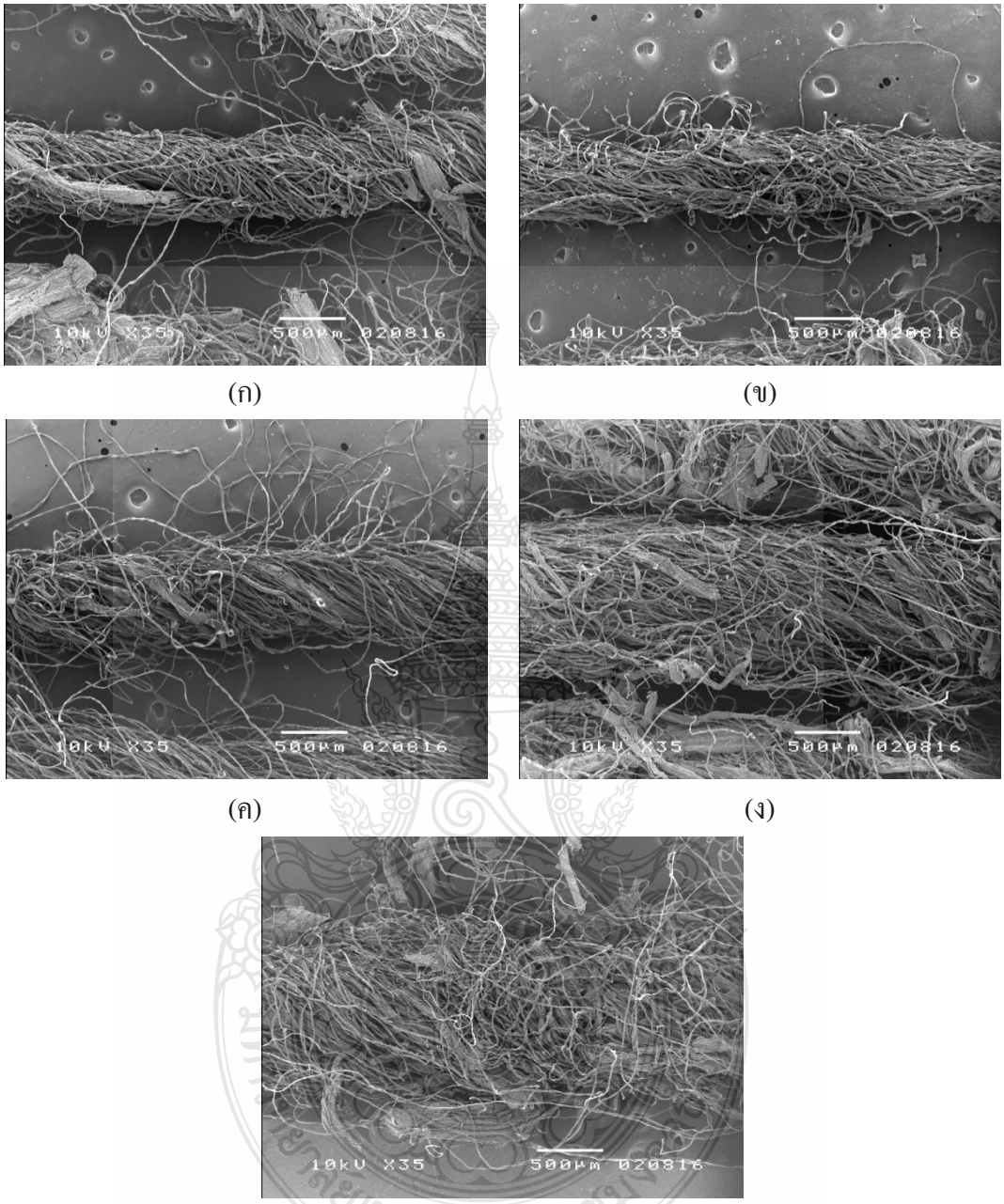
จากการศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม พบว่า ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ อัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยผสมเส้นใยฝ้าย โดยแปรเป็น 5 ระดับ คือ ร้อยละ 10:90 20:80 30:70 40:60 และ 50:50 อัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยผสมเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยผสมเส้นใยฝ้าย 10:90 ของน้ำหนักใบอ้อยสด

4.3.1 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย ได้แก่ ลักษณะของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย การทดสอบความสม่ำเสมอของเส้นด้าย การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้าย การทดสอบการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย การทดสอบเบอร์ของเส้นด้าย การทดสอบเกลียวของเส้นด้าย การทดสอบความหยิกงอของเส้นด้าย ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.3.1.1 การศึกษาลักษณะของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

จากการศึกษาลักษณะของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย ตามมาตรฐานในการทดสอบของ AATCC Test Method 20-2005 (Fiber Analysis : Quantitative) [58] ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.3



(ก) (ข)

(ค) (ง)

(จ)

รูปที่ 4.3 ลักษณะของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

(ก) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 10:90

(ข) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 20:80

(ค) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 30:70

(ง) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 40:60

(จ) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 50:50 ที่กำลังขยาย 35 เท่า

จากรูปที่ 4.3 พบว่า ลักษณะของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย (ก) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 10:90 มีลักษณะการบิดตัวของเส้นด้ายที่หยาบกระด้าง และปุ่มปมได้มากที่สุด (ข) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 20:80 มีลักษณะการบิดตัวของเส้นด้ายที่หยาบกระด้าง และปุ่มปมได้ดี (ค) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 30:70 มีลักษณะการบิดตัวของเส้นด้ายที่หยาบกระด้าง และปุ่มปมได้เล็กน้อย (ง) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 40:60 มีลักษณะการบิดตัวของเส้นด้ายที่หยาบกระด้าง และปุ่มปมได้น้อย (จ) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 50:50 มีลักษณะการบิดตัวของเส้นด้ายที่หยาบกระด้าง และปุ่มปมได้น้อยที่สุด

4.3.2.2 การทดสอบความสม่ำเสมอของเส้นด้าย

จากการทดสอบความสม่ำเสมอของเส้นด้าย ตามมาตรฐานในการทดสอบของ ASTM D 2255-2002 (Standard Test Method for Grading Spun Yarns for Appearance) [59] ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 ความสม่ำเสมอของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

(ก) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 10:90

(ข) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 20:80

(ค) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 30:70

(ง) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 40:60

(จ) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 50:50

จากรูปที่ 4.4 พบว่า ความสม่ำเสมอของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย (ก) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 10:90 มีลักษณะการเรียงตัวและความหยิกงอของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายได้มากที่สุด (ข) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 20:80 มีลักษณะการเรียงตัวและความหยิกงอของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายได้ดี (ค) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 30:70 มีลักษณะการเรียงตัวและความหยิกงอของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายได้เล็กน้อย (ง) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 40:60 มีลักษณะการเรียงตัวและความหยิกงอของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายได้น้อย (จ) เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 50:50 มีลักษณะการเรียงตัวและความหยิกงอของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายได้น้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ในการปั่นเส้นด้ายจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายนั้นทำได้ยาก เนื่องจากเส้นใยใบอ้อยเป็นเส้นใยพืช ซึ่งเส้นใยพืชมีผนังเซลล์ที่ประกอบด้วยลิกนินเป็นจำนวนมาก [66] แม้จะผ่านกระบวนการแยกสกัดเส้นใยด้วยการปรับปรุงคุณภาพของเส้นใยแล้ว แต่ก็ไม่สามารถขจัดลิกนินออกไปได้หมด ดังนั้นเมื่อนำเส้นใยใบอ้อยมาปั่นรวมกับเส้นใยฝ้ายทำให้เส้นด้ายที่ได้นั้นมีความไม่สม่ำเสมอ เป็นปุ่มปม และมีการแยกตัวของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายตลอดแนวของเส้นด้าย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุชาดา และคณะ [67] ได้กล่าวว่า สำหรับสมบัติความสม่ำเสมอในการปั่นเส้นด้ายด้วยมือจากเส้นใยสับปะรด ซึ่งเป็นเส้นใยจากพืช พบว่า การที่มีเส้นใยสับปะรดผสมมากขึ้นทำให้เส้นด้ายมีความไม่สม่ำเสมอ มีพื้นที่หนาบางไม่เท่ากัน มีปุ่มปม และขึ้นขนเพิ่มขึ้น และเป็นสาเหตุที่ทำให้เส้นด้ายมีสมบัติลดลง เพราะว่าเส้นใยสับปะรดเป็นเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีขนาดใหญ่และเป็นเส้นตรง มีความหยิกงอ ทำให้การเกาะเกี่ยวกับเส้นใยอื่นทำได้น้อย ดังนั้นความแข็งแรงจะมีค่าลดลงตามไปด้วย และการที่เส้นใยใหญ่เมื่อนำมาเข้าเกลียวทำให้เส้นใยมีการแตกตัวกระจายตัวในเส้นด้ายที่ปั่นรวมกัน และปลายหลุดออกมาจากเส้นด้าย ทำให้ความสม่ำเสมอลดลง

4.3.2.3 สมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย ได้แก่ การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้ายและการทดสอบการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย ตามมาตรฐานในการทดสอบของ ASTM D 2256-2002 (Standard Test Method for Tensile Properties of Yarn by the Single-Strand Method) [61] การทดสอบเบอร์ของเส้นด้าย ตามมาตรฐานในการทดสอบของ ASTM D 1059-2001 (Standard Test Method for Yarn Number Based Short-Length Specimens) [62] การทดสอบเกลียวของเส้นด้าย ตามมาตรฐานในการทดสอบของ ASTM D 1423-1999 (Standard Test Method for Twist in Yarn by Direct-Counting) [63] การทดสอบความหยิกงอของเส้นด้าย ตามมาตรฐาน

ในการทดสอบของ ISO 7211/3-1984 (Textiles-Woven Fabrics-Construction-Method of Analysis-Part 3: Determination of Crimp of Yarn in Fabric) [64] ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

อัตราส่วนเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยใบฝ้าย (ร้อยละ)	ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด (นิวตัน)	การยืดตัวก่อนขาด (ร้อยละ)	เบอร์ (Ne)	เกลียว^{ns} (เกลียวต่อนิ้ว)	ความหยิกงอ^{ns} (ร้อยละ)
10:90	142.71^{a}	139.55^{a}	4.44^{a}	9.60	30.02
20:80	116.85^{a}	86.80^{ab}	3.97^{b}	9.40	30.20
30:70	77.37^{b}	68.40^{b}	4.41^{a}	9.30	30.22
40:60	80.37^{b}	62.40^{b}	3.69^{b}	9.00	30.24
50:50	63.70^{b}	93.60^{ab}	3.82^{b}	9.20	30.28

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันในแนวดิ่ง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

จากตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย ได้ผลการทดสอบดังนี้

1) การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงก่อนขาดของเส้นด้ายและการทดสอบการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย

การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงก่อนขาดของเส้นด้ายและการทดสอบการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย พบว่า อัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 10:90 มีความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้ายมากที่สุด คือ 142.71 นิวตัน และอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 50:50 มีความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้ายน้อยที่สุด คือ 63.70 นิวตัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอัชชา และคณะ [67] ได้กล่าวว่า ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงก่อนขาดของเส้นด้าย มีผลมาจากอัตราส่วนปริมาณเส้นใยฝ้าย ซึ่งเมื่อมีการผสมเส้นใยฝ้ายในปริมาณที่มาก จะทำให้เส้นด้ายมีความแข็งแรงต่อแรงดึงก่อนขาดมากเนื่องจากฝ้ายมีคุณสมบัติเหนียวและยืดหยุ่นได้ดี ซึ่งผลการทดสอบ พบว่า เส้นด้ายพิเศษจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากสิ่งทอเศษเส้นด้าย

ไหมผสมฝ้ายสามารถทนต่อแรงดึงสูงสุดมากกว่าถึง 8.0 นิวตัน แสดงให้เห็นว่าเส้นด้ายทั้งสองชนิดนี้มีความแข็งแรงของเส้นด้ายอยู่ในระดับดี และเส้นด้ายพิเศษจากเศษวัสดุสิ่งทอเหลือทิ้งจากเศษเส้นด้ายไหมผสมฝ้าย มีการยืดตัวขณะขาดของเส้นด้ายมากกว่า ถึงร้อยละ 1.25 แสดงให้เห็นว่าเส้นด้ายทั้งสองชนิดนี้ มีความแข็งแรงสามารถการยืดตัวขณะขาดได้ในระดับปานกลาง และการทดสอบการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย คือ อัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 10:90 การยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้ายมากที่สุด คือ ร้อยละ 139.55 อัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 40:60 การยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้ายน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 62.40 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีการยืดตัวขณะขาดของเส้นด้ายมากกว่าถึงร้อยละ 1.25 แสดงให้เห็นว่าเส้นด้ายทั้งสองชนิดนี้ มีความแข็งแรงสามารถการยืดตัวขณะขาดได้ในระดับปานกลาง

2) การทดสอบเบอร์ของเส้นด้าย

การทดสอบเบอร์ของเส้นด้ายพบว่า อัตราส่วนผสมของเส้นด้ายและเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 10:90 มีขนาดเบอร์ด้ายเล็กที่สุด คือ 4.44 Ne และอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 40:60 มีขนาดเบอร์เส้นด้ายใหญ่ที่สุด คือ 3.69 Ne มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุชาดา และคณะ [67] ได้กล่าวว่าเส้นใยสั้น 40 มิลลิเมตร เพื่อนำมาผสมกับเส้นใยฝ้ายที่อัตราส่วนต่างๆ คือ 0:100 25:75 35:65 และ 50:50 ทำให้เบอร์ของเส้นด้าย คือ 4-8 Ne ในระดับหัตถอุตสาหกรรมและเบอร์ของเส้นด้าย 5 10 14 และ 22 Ne ในระดับอุตสาหกรรมเพื่อการผลิตเส้นด้ายและผ้าทอ

3) การทดสอบเกลียวของเส้นด้าย

การทดสอบเกลียวของเส้นด้าย พบว่า อัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 10:90 มีเกลียวของเส้นด้ายมากที่สุด คือ 9.60 เกลียวต่อนิ้ว อัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 40:60 มีเกลียวของเส้นด้ายน้อยที่สุด คือ 9.00 เกลียวต่อนิ้ว ทิศทางการเข้าเกลียวแบบ Z-turn ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพิศุทธิ์ [69] ได้กล่าวว่าเส้นด้ายไหมทั้งสองประเภทมีจำนวนเกลียวต่อนิ้วใกล้เคียงกัน เนื่องจากการปรับตั้งความเร็วและระยะห่างของลูกกลิ้งของเครื่องปั่นด้ายแบบวงแหวนเท่านั้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของอรวิภา [70] ได้กล่าวว่าจำนวนเกลียวเพิ่มขึ้น ความสามารถในการคืนตัวของเส้นด้ายจะสูงขึ้น โดยจำนวนเกลียวที่เท่ากันเส้นด้ายตีเกลียว Z (Z-Turn) ขวามือมาทางซ้ายมือ และ S (S-Turn) ซ้ายมือมาทางขวามือ ซึ่งโดยทั่วไปการเข้าเกลียวในด้าน Z (Z-Turn) ขวามือมาทางซ้ายมือจะมีความแข็งแรงมากกว่า

4) การทดสอบความหยิกงอของเส้นด้าย

การทดสอบความหยิกงอของเส้นด้ายพบว่า อัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 50:50 มีความหยิกงอของเส้นด้ายมากที่สุด คือ 30.28 อัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 10:90 มีความหยิกงอของเส้นด้ายน้อยที่สุด คือ 30.02 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย ทำให้ทราบถึงลักษณะของเส้นด้ายและความสม่ำเสมอของเส้นด้าย และสมบัติทางกายภาพของเส้นด้าย ซึ่งจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพในด้านเกลียว และความหยิกงอของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย มีความสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย คือ เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย ที่มรอัตราส่วนผสมแตกต่างกัน มีสมบัติทางกายภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ในขณะที่การทดสอบสมบัติทางกายภาพในด้านความแข็งแรงต่อแรงดึงก่อนขาด การยืดตัวก่อนขาด และเบอร์ของเส้นด้าย ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย กล่าวคือ ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด การยืดตัวก่อนขาด และเบอร์ของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย ที่มีอัตราส่วนผสมแตกต่างกัน มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเส้นด้ายผสมปั่นมือจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี ศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม ศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม และศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย มีสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สรุปผลการศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี

จากการศึกษากระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยวิธีทางเคมี โดยปริมาณสารละลายโซเดียมไฮโดรออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.4 เวลาที่ใช้ในการต้ม 90 นาที ได้ร้อยละของผลผลิตจากการแยกเส้นใยใบอ้อยมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.50 ของน้ำหนักใบอ้อยสด ซึ่งเส้นใยที่ได้มีลักษณะที่เป็นเส้นใยสั้น จับตัวกันเป็นก้อน และมีสีเหลืองอ่อน ซึ่งเส้นใยใบอ้อยนี้สามารถนำไปเกาะเกี่ยวกับเส้นใยอย่างอื่นได้

5.1.2 สรุปผลการศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม

จากการศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสม เส้นใยใบอ้อยที่ฟอกขาวโดยปริมาณสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 มีค่าความสว่างมากที่สุด (L*) เท่ากับ 68.97 ค่า (a*) เท่ากับ 6.01 เป็นไปในทิศทางสีแดง และค่า (b*) 22.21 เป็นไปในทิศทางสีเหลือง

5.1.3 สรุปผลการศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม

จากการศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายที่เหมาะสม ในอัตราส่วนเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย 10:90 สามารถตีเกลียวรวมกันได้กับเส้นใยทั้ง 2 ชนิด จัดเป็นเส้นด้ายขนาดใหญ่เนื่องจากเส้นใยใบอ้อยมีพื้นผิวของเส้นใยไม่เรียบ จึงสามารถเกาะเกี่ยวกับเส้นใยฝ้ายได้ในปริมาณน้อย

5.1.4 สรุปผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย ได้แก่ ลักษณะของเส้นด้าย การทดสอบความสม่ำเสมอของเส้นด้าย การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้ายและการทดสอบการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย การทดสอบเบอร์ของเส้นด้าย การทดสอบเกลียวของเส้นด้าย และการทดสอบความหยิกงอของเส้นด้าย ลักษณะของเส้นด้าย พบว่า ลักษณะภาพ

ตามยาวของเส้นด้ายใบอ้อยมีลักษณะการบิดเกลียว เส้นใยสามารถรวมตัวกันก่อให้เกิดเป็นเส้นด้ายที่มีอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เส้นด้ายที่หยาบ กระด้าง มีความไม่สม่ำเสมอ มีปุ่มปม และความสม่ำเสมอของเส้นด้ายอยู่ในระดับ Grade F จัดเป็นเส้นด้ายประเภท Grade 6 ใน ASTM GRADES ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้าย คือ 142.71 นิวตัน การยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย คือ ร้อยละ 139.55 เบอร์ของเส้นด้าย คือ 4.44 Ne เกลียวของเส้นด้าย และความหยิกงอของเส้นด้าย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

5.2.1.1 ควรมีการศึกษาลักษณะและสมบัติของเส้นด้ายพิเศษ และวิธีการผลิตเส้นด้ายพิเศษจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย เพื่อนำไปใช้งานเฉพาะในของอุตสาหกรรมสิ่งทอ

5.2.1.2 ควรมีการศึกษากระบวนการผลิตผืนผ้าจากเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย เพื่อเป็นการพัฒนาสิ่งทอให้มีนวัตกรรมใหม่ๆ

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.2.2.1 ควรเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยละเส้นใยฝ้ายไปใช้ประโยชน์ในการทำผลิตภัณฑ์เคหะสิ่งทอ เพื่อให้เกิดความหลากหลายและเป็นอาชีพเสริมให้กับชุมชน และช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่ม

5.2.2.2 ควรมีการศึกษากรรมวิธีการผลิตเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย โดยนำภูมิปัญญาชาวบ้านจากภาคอื่นๆ ของประเทศไทย เพื่อให้ได้วิธีที่เหมาะสมและเป็นการเผยแพร่ให้เป็นเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายเป็นวัตถุดิบชนิดใหม่

5.2.2.3 ควรอนุรักษ์ภูมิปัญญาชาวบ้านการทอผ้าฝ้าย โดยจัดอบรมถ่ายทอดวิธีการพัฒนาผ้าทอมือจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย เพื่อเป็นการสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการทอผ้าให้แก่คนอนุชนรุ่นหลังสืบต่อไป

บรรณานุกรม

[1] สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. วิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์เคหะสิ่งทอและผืนผ้าด้วยเทคโนโลยีฟอกย้อมตกแต่งสำเร็จ (ออนไลน์), 2554, สืบค้นได้จาก: http://www.thaitextile.org, (17 เมษายน 2558).

[2] วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา และปราณี รัตนวลีดิโรจน์. อุตสาหกรรมสิ่งทอไทยกับกลยุทธ์ของการวิจัยและพัฒนา. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2540.

[3] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 5. อ้อย. (ออนไลน์), สืบค้นได้จาก: http://kanchanapisek.ro.th, (7 พฤศจิกายน 2557).

[4] ละอองดาว แสงหล้า, "ผลกระทบจากการเผาใบอ้อยและแนวทางแก้ไข," *วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม*. ปีที่ 2, หน้า 85-102, 2548.

[5] อ้อย. (ออนไลน์), สืบค้นได้จาก: http://www.rspg.or.th/plants_data/kp_bot_garden/sugar_cane.htm, (17 พฤษภาคม 2559).

[6] คณะเศรษฐศาสตร์ และคณะเกษตร มหาลัยวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. คุณูปการงานวิจัยด้านอ้อยของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ห้างหุ้นส่วนจำกัด สันสวย. 2558.

[7] อัสวิทย์ ปัทมะเวณุ, ตามรอยน้ำตาล. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ที.พี.พริ้นท์ จำกัด. 2484.

[8] อภิชาต ศรีสอาด และทองพลู วรรณโพธิ์. แนวคิดและแบบอย่างการเพิ่มผลผลิต อ้อยเงินล้าน...รับตลาด AEC. กรุงเทพมหานคร: บริษัท นาคา อินเตอร์มีเดีย จำกัด. 2556.

[9] ลักษณะทั่วๆ ไป และลักษณะทางพฤกษศาสตร์. (ออนไลน์), สืบค้นได้จาก: http://canethai.blogspot.com/, (17 พฤษภาคม 2559).

[10] ลักษณะทั่วๆ ไป และลักษณะทางพฤกษศาสตร์. (ออนไลน์), สืบค้นได้จาก: http://guru.sanook.com/689/, (17 พฤษภาคม 2559).

[11] รวมบทความทางวิชาการเนื่องในโอกาสครบรอบ 43 ปี กลุ่มบริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด 2499-2542, สหวิทยาการของอ้อยและน้ำตาล. บริษัท โรงพิมพ์ตะวันตก จำกัด (มหาชน). 2542.

[12] กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, เอกสารวิชาการ เล่มที่ 12 การจำแนกพันธุ์อ้อย. กรุงเทพมหานคร: คุรุสภาลาดพร้าว. 2533.

[13] กระทรวงอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) ๘บทบันทึกแห่งอ้อยและน้ำตาลทรายไทย. กรุงเทพมหานคร: บริษัท สันติภาพ แพ็คพริ้นท์ จำกัด, (ม.ป.ป.).

[14] พันธุ์อ้อย. (ออนไลน์), สืบค้นได้จาก: http://guru.sanook.com/701/, (17 พฤษภาคม 2559).

บรรณานุกรม (ต่อ)

[15] นวลแข ปาลิวนิช, ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2542.

[16] อรุณี คงดี อัลเดรด, เอกสารประกอบการสอน คม 262 กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ. 2558.

[17] อภิชาติ สนธิสมบัติ, กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 2545.

[18] เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล, การควบคุมคุณภาพงานเตรียมสิ่งทอเพื่อการย้อม พิมพ์. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ประชาชน จำกัด. 2537.

[19] จรูญ คล้ายจ้อย, วัสดุผลิตภัณฑ์สิ่งทอ TEXTILE PRODUCT MATERIALS. กรุงเทพมหานคร: โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์. 2558.

[20] มณฑา จันทร์เกตุเลี้ยด, วิทยาศาสตร์สิ่งทอเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด หอรัตนชัยการพิมพ์. 2541.

[21] สมนึก สังข์หนู, โครงสร้างและสมบัติ. ปทุมธานี: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2548.

[22] วิมลรัตน์ ศรีจรัสสิน, เทคโนโลยีสิ่งทอเบื้องต้น.กรุงเทพมหานคร: มหาลัยศิลปากร. 2550.

[23] สายหลุด อุตะปะละ, ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใยเบื้องต้น. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้, 2537.

[24] เทพธิดา อารักษ์, “ลักษณะและสมบัติของเส้นด้ายปอทะเล,” ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2554.

[25] อัจฉราพร ไศละสูต, ความรู้เรื่องผ้า. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ต้นไทรการพิมพ์ จำกัด. 2539.

[26] ธีรพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์, การปั่นด้าย SPINNING. ปทุมธานี: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2548.

[27] สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ตำราเรียนด้วยตัวเอง : กระบวนการผลิตทางสิ่งทอ กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2543.

[28] การผลิตเส้นใยฝ้าย. (ออนไลน์), สืบค้นได้จาก: http://thaigoodview.com/node/115521, (22 พฤษภาคม 2560).

บรรณานุกรม (ต่อ)

[29] ขั้นตอนการทอผ้าไทยพวนศรีสัชนาลัย. (ออนไลน์), สืบค้นได้จาก: http://www.sathorngoldtextilemuseum.com/thai-phuan-weaving-process.html, (22 พฤษภาคม 2560).

[30] พนิดา สมประกอบ และบุญเรือง สมประกอบ. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ผ้าฝ้ายย้อมครามของกลุ่มทอผ้าฝ้ายย้อมครามบ้านเชิงดอย จังหวัดสกลนคร ในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์," ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2550-2556, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพมหานคร, 2551.

[31] สนั่น บุญลา, ความรู้เรื่องผ้าทอ. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. 2553.

[32] ดิสนีย์ สิงหวรเศรษฐ์, @ออกแบบสิ่งทอ. กรุงเทพมหานคร: บริษัท โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส. 2552.

[33] สาคร ชลสาคร, ชวลิต แสงสวัสดิ์, เจษฎาภรณ์ ปลื้มปรีดี และอารีย์ จุ้ยศรีแก้ว. "การผลิตเส้นด้ายและผืนผ้าจากใยไผ่," สนับสนุนทุนการวิจัยโดยสำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรมโครงการ โครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี (IRPUS) ประจำปี 2550, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2550.

[34] สุจิระ ขอจิตต์เมตต์, การปั่นเส้นด้าย 2 (Spinning 2). กรุงเทพมหานคร: บริษัท ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น จำกัด. 2556.

[35] B P Saville, Physical Tesing of Textiles. Woodhead Publishing Limited. Cambridge England. n.d.

[36] รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, วิธีการทดสอบความคงทนของสิ่งทอตามมาตรฐาน. กรุงเทพมหานคร: แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2549.

[37] การทดสอบและวิเคราะห์สิ่งทอ. (ออนไลน์), สืบค้นได้จาก: http://www.textiles.rmutk.ac.th/images/textile_raw_material_control/textile_raw_material_control.pdf, (18 มิถุนายน 2559).

[38] ธีรพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์, เทคโนโลยีสิ่งทอ Textile Technology. ปทุมธานี: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2548.

[39] ทรงพล เจริญรักษา, อภิชาต กสิกพันธุ์ และอัฐตพล กรานสำราญ. "การศึกษาความเป็นไปได้ในการแยกเส้นใยจากหญ้าแฝก," ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2546.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[40] ปฏิญญ์ อิ่มกระจ่าง, ประยุทธ สิงหพันธ์ และเสฏฐวิชญ์ ปุรินทราภิบาล. “การศึกษาสมบัติของเส้นใยจากกากปาล์มน้ำมัน,” ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2548.

[41] อรรถพล สุวรรณมัย และสมบูรณ์ ทรัพย์ประเสริฐ. “ทำการศึกษาสมบัติของเส้นใยจากเปลือกต้นตะขบไทย,” ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2546.

[42] สถิต ชนไฮ, เชาวลิต อยู่เกิด, ธนรัตน์ พงษ์พันธ์เดชา และสลักจิตร จันจร. “การศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยธรรมรักษาจากใบธรรมรักษา,” ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2544.

[43] พงศ์พันธุ์ จึงอยู่สุข, เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์ และอำไพ เจริญวงศ์. “การศึกษาปริมาณและคุณภาพของเส้นใยปอสาบางสายพันธุ์,” รายงานวิจัยศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถานที่ทดลองพืชไร่สีสำโรง สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เชียงใหม่. 2536.

[44] ณัฏฐนนท์ เงินสีเหม, ณัฐพงศ์ นาคมี, ภัทระ วรศิริ และปองกมล สินธุวงสานนท์. “ทำการศึกษาผลกระทบของจำนวนเกลียวที่มีผลกระทบต่อคุณภาพผ้าถักและการติดสี,” ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2546.

[45] ชุติมา จวงมาลา, ทิพย์ชนก โพธิ์น้อย, วาสนา วงษ์วาส และศิริพร แซ่คู. “ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงแหวนกับคุณภาพของเส้นด้าย,” ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2548.

[46] วรนุช ภู่ระหงษ์ และอัครวุฒิ บุญบำรุง. “ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขนสุนัขมาปั่นเป็นเส้นด้าย,” ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2548.

[47] ไวยากรณ์ ตรีอภิชาต และชัชชัย เขียวขจร. “ทำการศึกษาข้อมูลของเครื่องปั่นด้ายแบบวงแหวนแบบปลายเปิดและแบบใช้ลม,” ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2546.

[48] P. Seburuang, “Thai Cotton Innovation for Thai Agriculture,” *Colourway the Leading Creative and Informative Textile Journal.* Vol. 20, pp 28-33, May-June 2014.

[49] สุเมธ พรมจักร, ปาริตา เขื่อนเพชร, และจุฑามาศ ฟูคำ. “การพัฒนาเส้นด้ายจากฟางข้าวไทย,” ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2556.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[50] พรศิริ หลงหนองคูณ, ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม และสาคร ชลสาคร, "การพัฒนากระบวนการผลิตเส้นด้ายจากใบอ้อย," สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ในรายงานการประชุมทางวิชาการของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จัดการประชุมวิชาการระดับชาติ The TNI Academic Conference 2017 ครั้งที่ 4, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร: 2560, หน้า 59-63.

[51] ชิดชัย ปัญญาสวรรค์, "การพัฒนาไซรปเข้มข้นจากกล้วยหอมทองโดยการใช้เอนไซม์," ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2547.

[52] มะลิวัลย์ คุตะโค, ทนงศักดิ์ โตเจริญ, มลฤดี สนธิ, รชนิมุข หิรัญสัจจาเลิศ และจันทร์จรัส วัฒนะโชติ. "ปริมาณผลผลิตและรูปแบบโปรตีนคอลลาเจนจากเกล็ดปลากระบอกดำ (Liza subviridis) ที่สกัดด้วยเปปซินความเข้มข้นแตกต่างกัน," *วารสารแก่นเกษตร*. ปีที่ 43, ฉบับพิเศษ 1, หน้า 562-567, 2558.

[53] เสาวนีย์ อารีจงเจริญ, นฤพน ไพศาลตันติวงศ์, รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ และสาคร ชลสาคร. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากเส้นใยตะไคร้," งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ 2556, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพมหานคร, 2556.

[54] สิริการ หนูสิงห์ และวรางคณา สมพงษ์. "การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดและการทำแห้งต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของกัมเมล็ดมะขาม," *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. ปีที่ 23, ฉบับที่ 1, หน้า 43-58, 2558.

[55] โสภิดา วิศาลศักดิ์กุล, อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, กุลวดี สังข์สนิท, สุภา จุฬคุปต์ และสุทัศนีย์ บุญโญภาส. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งเมล็ดขนุน," *วารสารวิทยาศาสตร์บรูพา*. ปีที่ 21, ฉบับที่ 2, หน้า 216-228, 2559.

[56] สมพร สาสะสิริ, "ผืนผ้าจากเส้นใยผักตบชวาผสมด้ายฝ้าย," *วารสารศิลปกรรมศาสตร์วิชาการวิจัยและงานสร้างสรรค์*. ปีที่ 2, ฉบับที่ 1, หน้า 210-227, 2558.

[57] ยศวัต ตั้งฐานานุศักดิ์, "คุณลักษณะของเส้นด้ายฝ้ายที่ลงแป้งโดยใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปร," ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2553.

[58] AATCC Test Method 20-2005 Fiber Analysis : Quantitative.

[59] ASTM D 2255-2002 Standard Test Method for Grading Spun Yarns for Appearance.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[60] สุชาดา อุชชิน, รังสิมา ชลคุป และวนิดา ผาสุกดี, “สมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายและผ้าเส้นใยสับปะรดผสมฝ้าย” การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 กรุงเทพมหานคร, 2549.

[61] ASTM D 2256-2002 Standard Test Method for Tensile Properties of Yarn by the Single-Strand Method.

[62] ASTM D 1059-2001 Standard Test Method for Yarn Number Based Short-Length Specimens.

[63] ASTM D 1423-1999 Standard Test Method for Twist in Yarn by Direct-Counting.

[64] ISO 7211/3-1984 Textiles-Woven Fabrics-Construction-Method of Analysis-Part 3: Determination of Crimp of Yarn in Fabric.

[65] สาคร ชลสาคร, ลักษณะของเส้นใยพืชที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ. (ออนไลน์), สืบค้นได้จาก: http://www.thaitextile.org/index.php/blog/2016/12/refining7ม (18 มีนาคม 2561).

[66] การจำแนกเส้นใยพืช Conventional plant fibres. (ออนไลน์), สืบค้นได้จาก: http://www.thaitextile.org/index.php/blog/2016/05/eco.plant2.1, (18 มีนาคม 2561).

[67] สุชาดา อุชชิน, รังสิมา ชลคุป, วิบูลย์ น้อยใจบุญ, สงคราม เสนากุล, พรชัย ตุลพิจิตร, วนิดา ผาสุกดี, จันทรา สวัสดิบุตร และวิชัย หฤทันธนาสันติ์. การผลิตเส้นใยสับปะรดและงานสิ่งทอ นิทรรศการงานวิจัย บนเส้นทางงานวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในงานวันเกษตรแฟร์. (ออนไลน์), สืบค้นได้จาก: http://www3.rdi.ku.ac.th/exhibition/49_1/Plant/p_02/p_02.htm, (30 พฤษภาคม 2559).

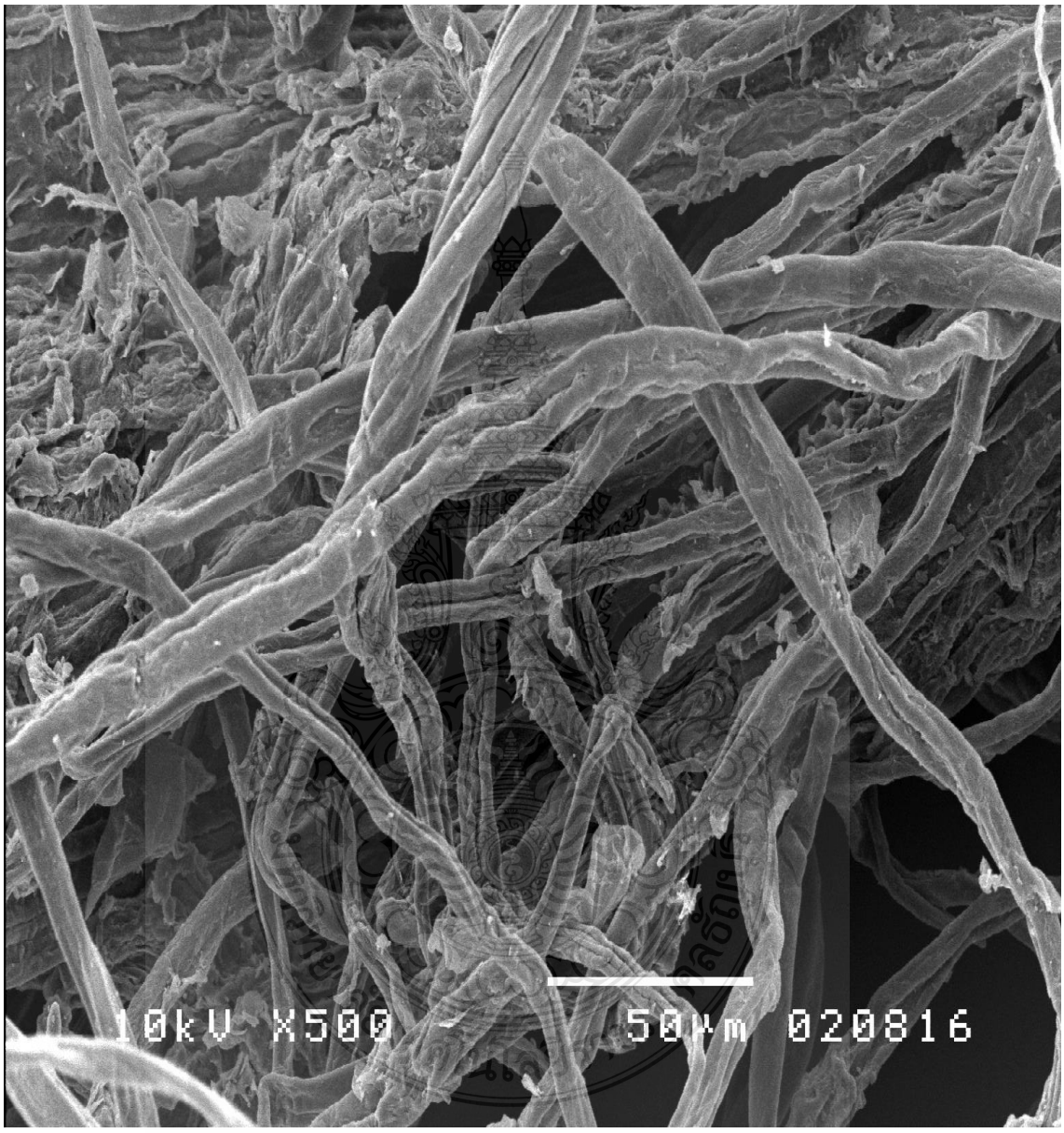
[68] อัชชา หัทยานานนท์, บุษรา สร้อยระย้า และประพาศภรณ์ ธีรมงคล. “การพัฒนาผืนผ้าด้วยเส้นด้ายพิเศษจากเศษวัสดุสิ่งทอเหลือทิ้ง,” งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2556, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพมหานคร, 2556.

[69] พิศุทธิ์ จันทร์คำ. การผลิตเส้นด้ายจากเศษไหมในกระบวนการทอผ้า วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

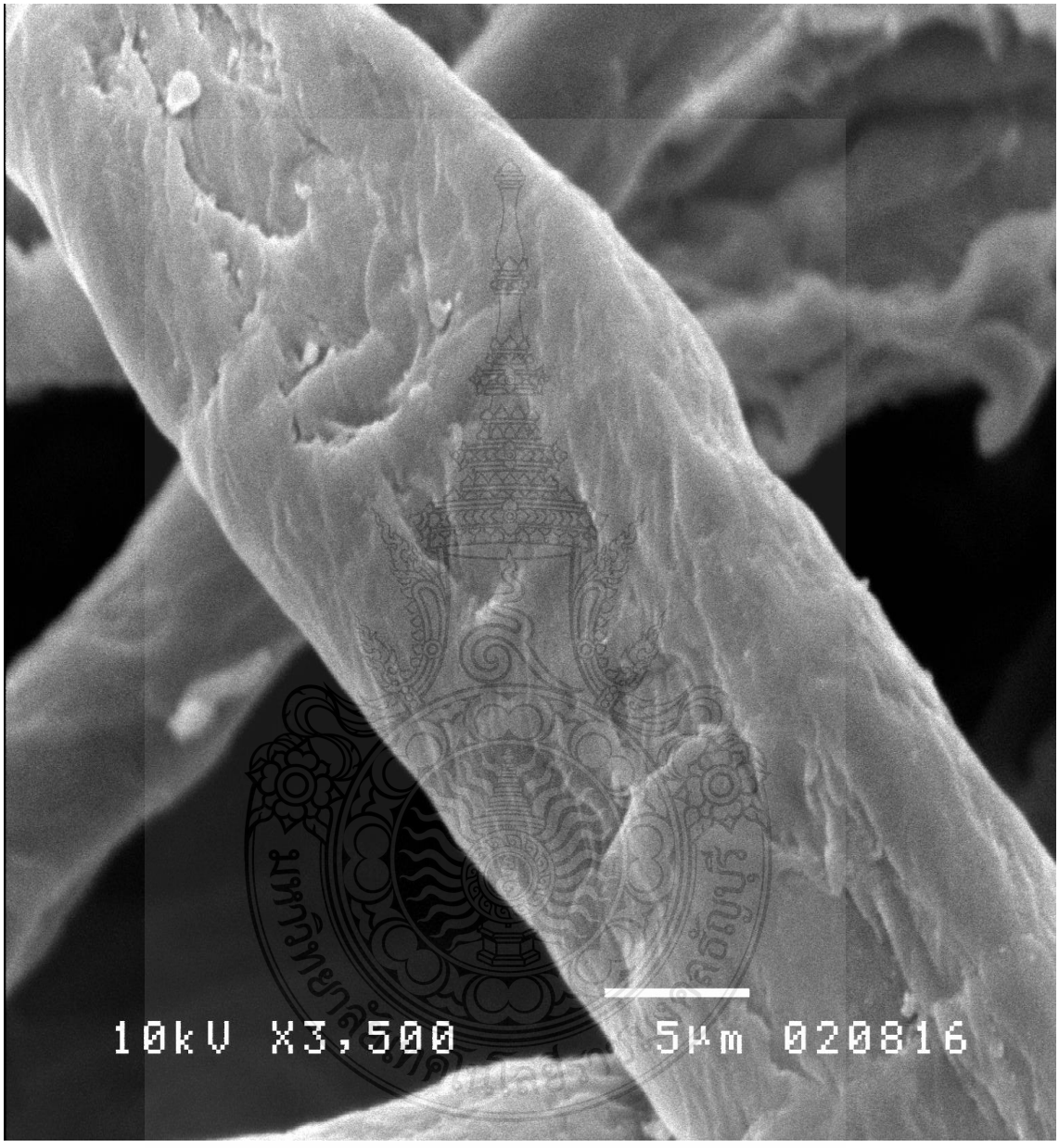
[70] อรวิภา ไชยรัตนตรัย. การศึกษาผลกระทบของทิศทางและจำนวนเกลียวเส้นลินินแบบ S on Z และ Z on Z ที่มีผลต่อสมบัติผ้าทอลายขัด วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ลักษณะของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

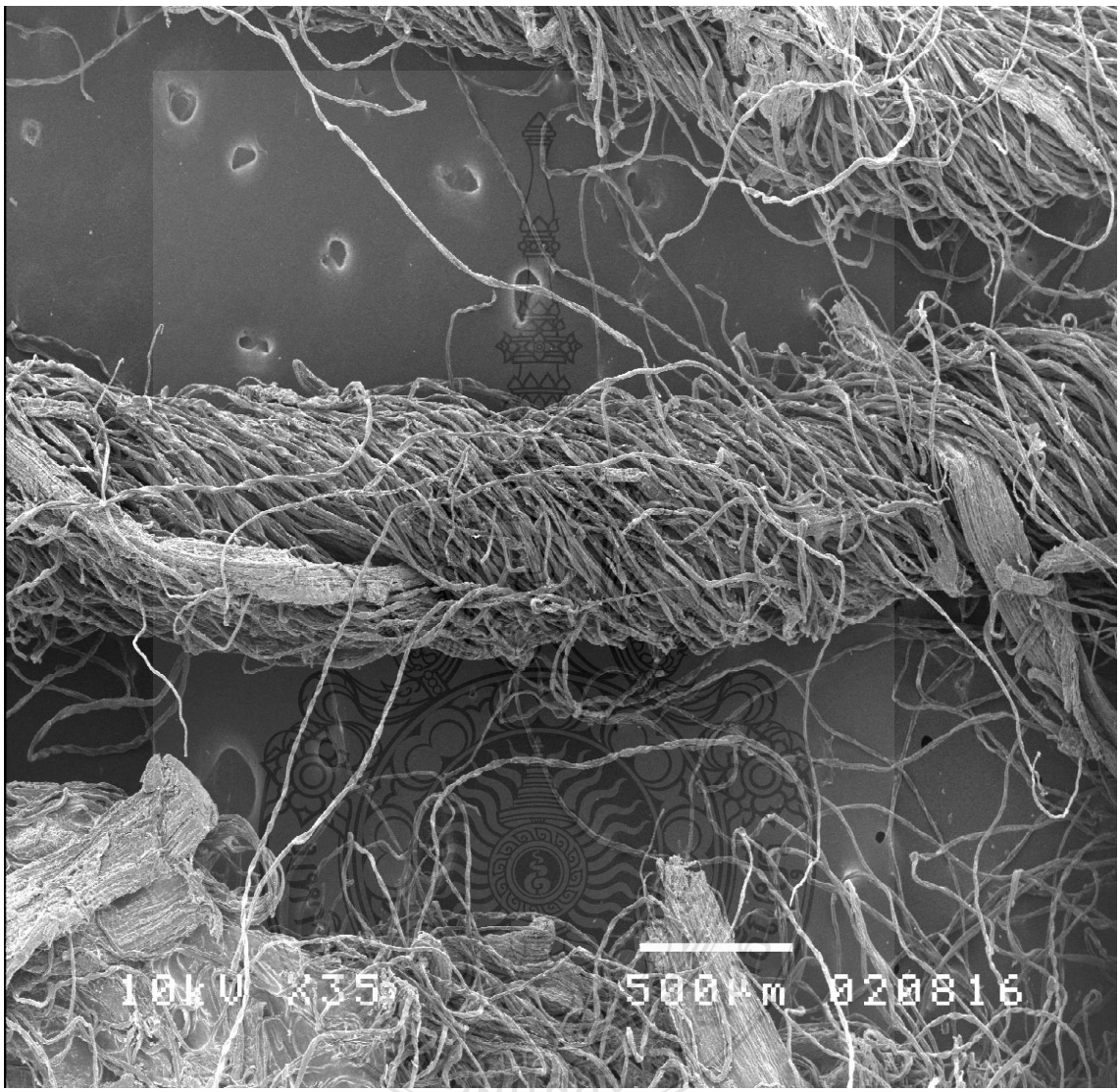


รูปที่ ก.1 ลักษณะของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 10:90 ที่กำลังขยาย 500 เท่า

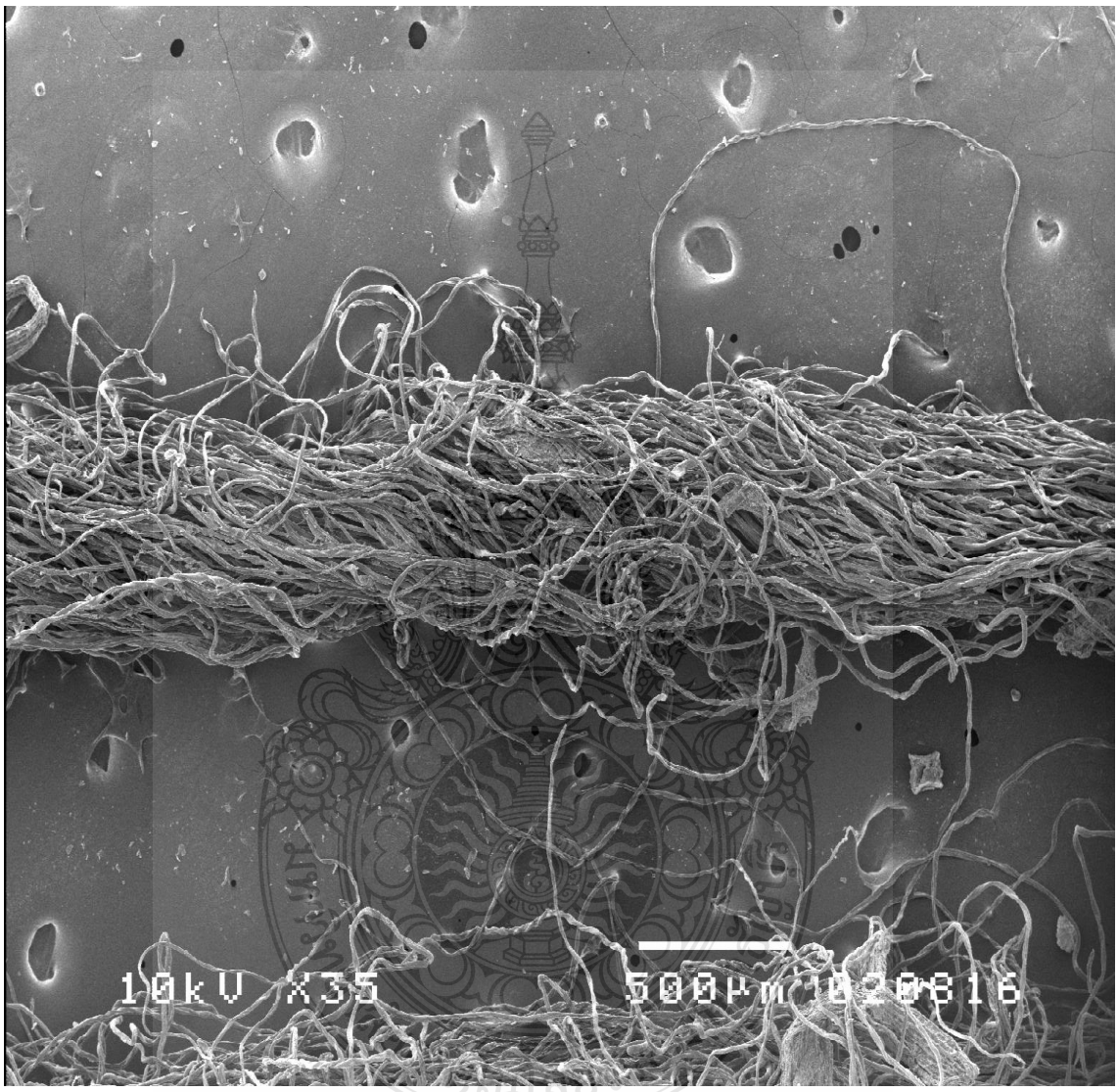


รูปที่ ก.2 ลักษณะของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 10:90 ที่กำลังขยาย 3,500 เท่า

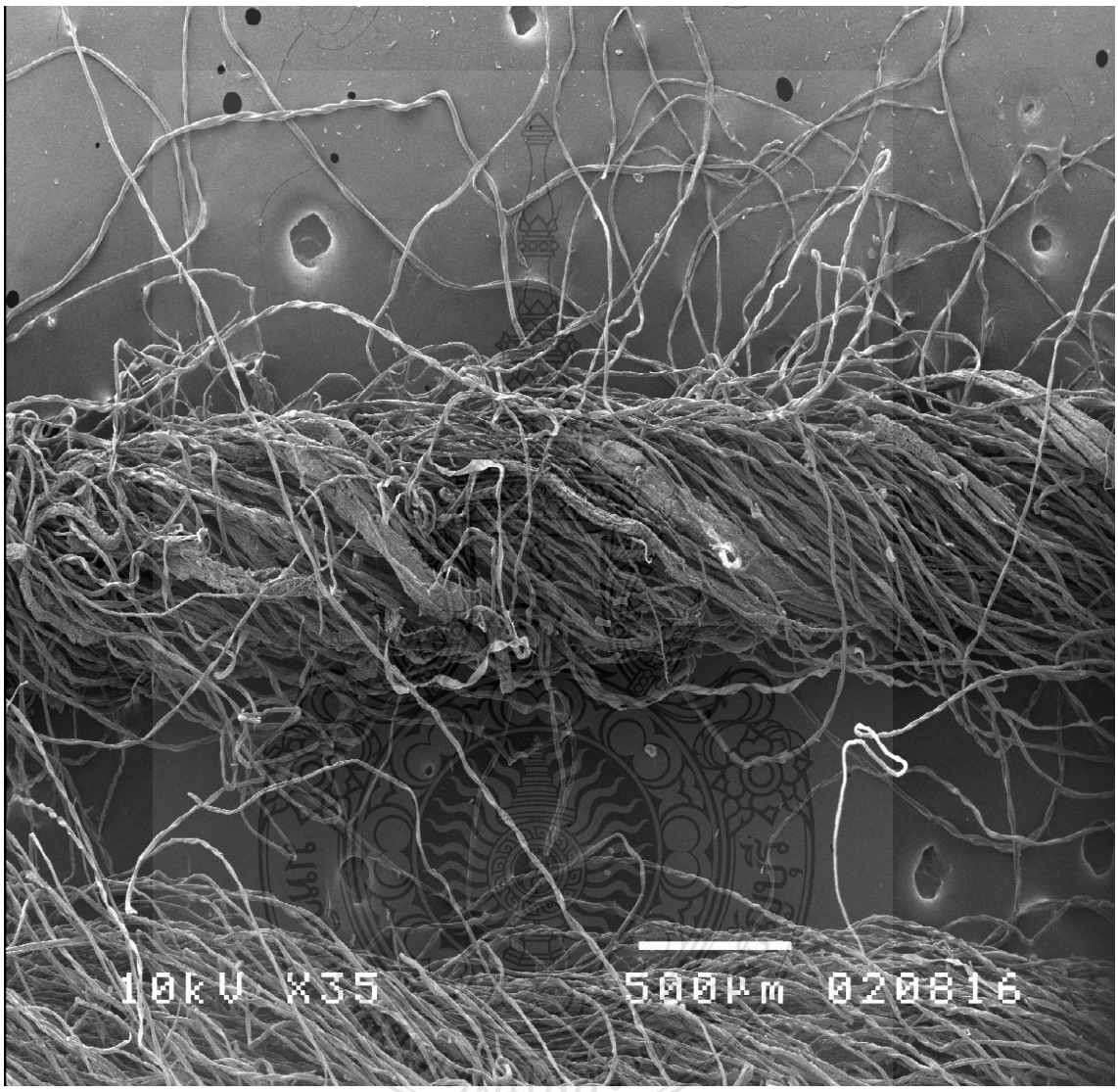
ภาคผนวก ข
ลักษณะของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย



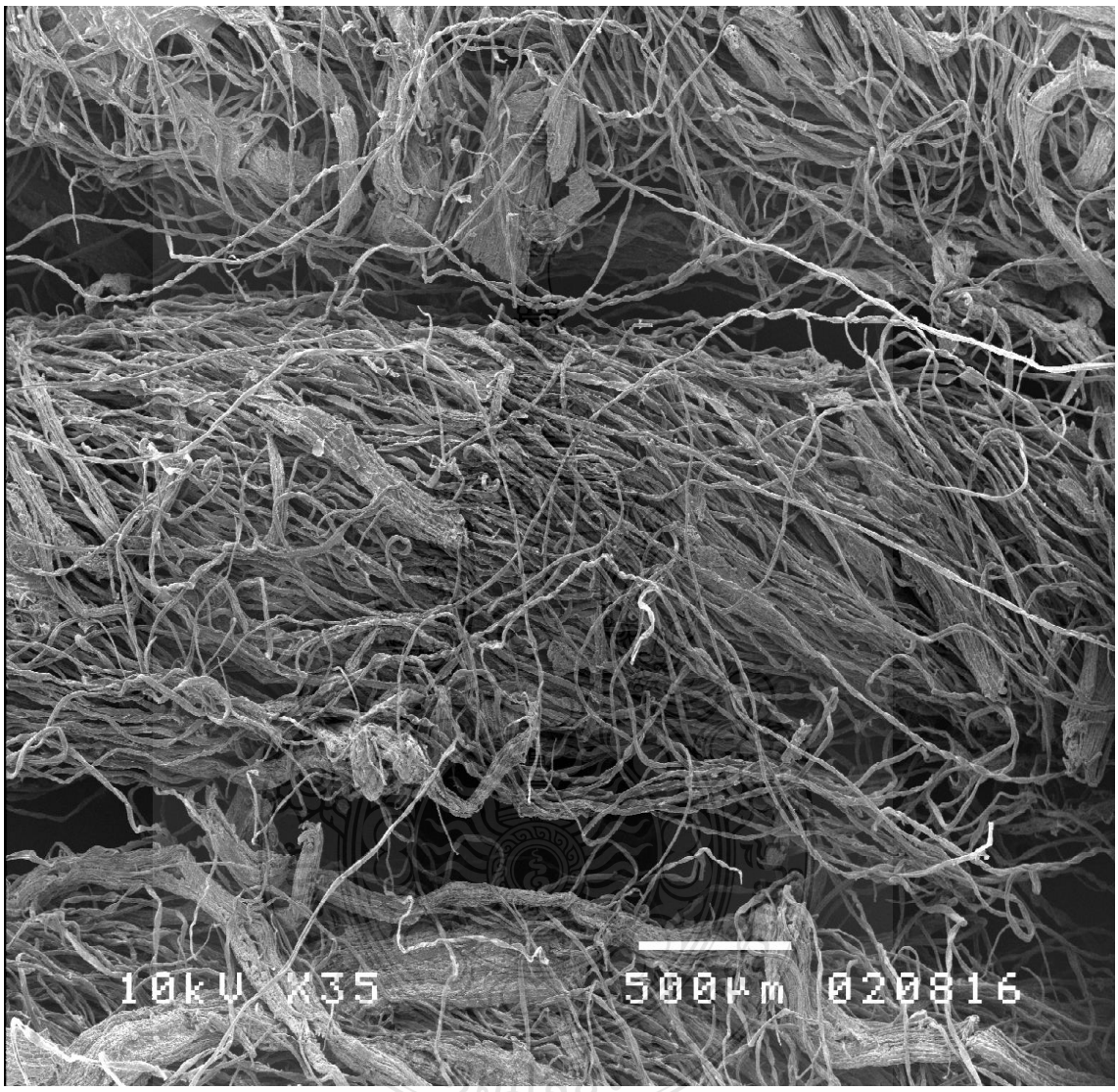
รูปที่ ข.1 เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 10:90



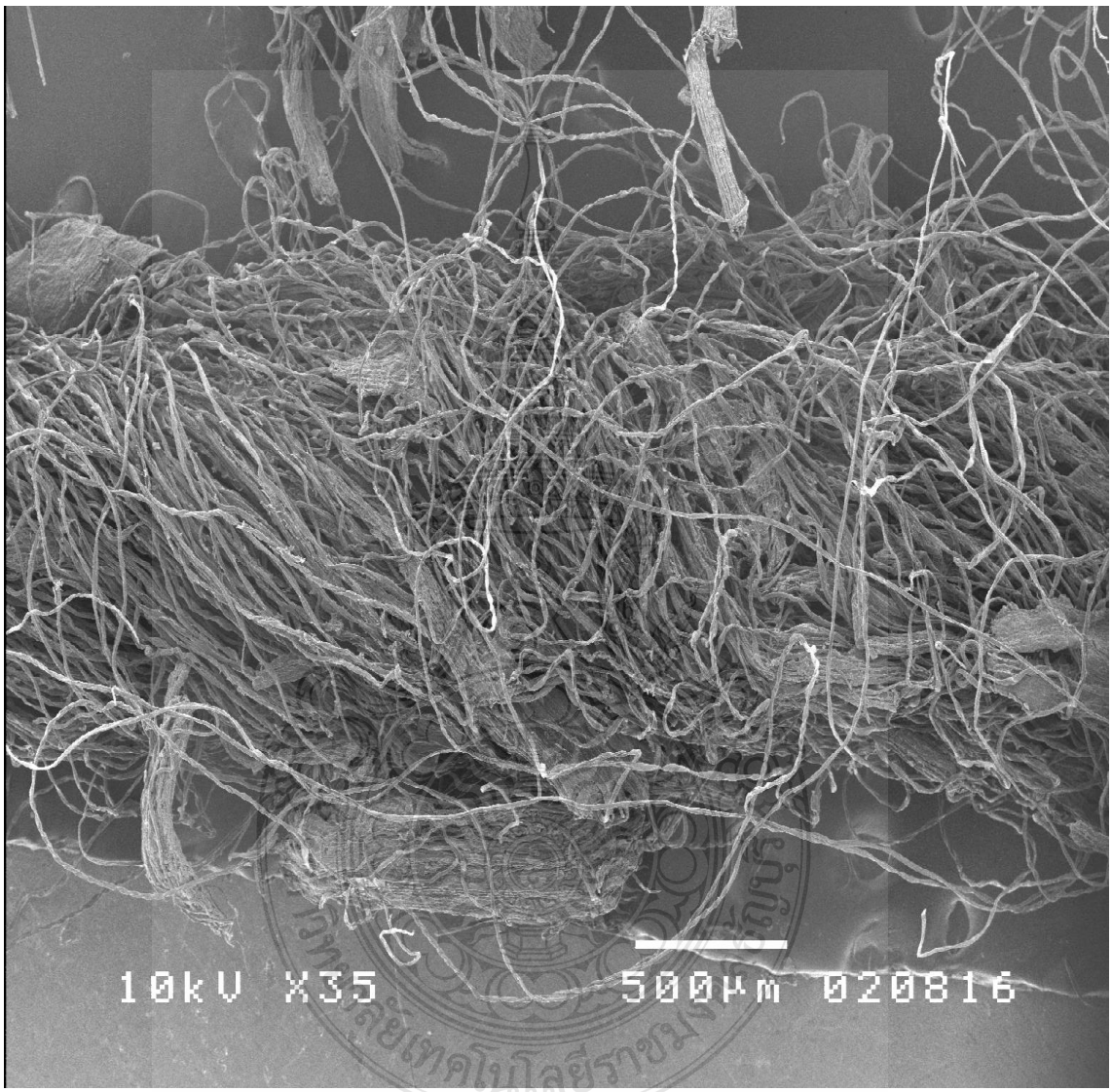
รูปที่ ข.2 เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 20:80



รูปที่ ข.3 เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 30:70



รูปที่ ข.4 เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 40:60



รูปที่ ข.5 เส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 50:50

ภาคผนวก ค
ความสม่ำเสมอของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย

รูปที่ ค.1 ความสม่ำเสมอของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 10:90

รูปที่ ค.2 ความสม่ำเสมอของเส้นด้ายเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 20:80

รูปที่ ค.3 ความสม่ำเสมอของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 30:70

รูปที่ ค.4 ความสม่ำเสมอของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตรา 40:60

รูปที่ ค.5 ความสม่ำเสมอของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายอัตราส่วน 50:50

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวพรศิริ หลงหนองคูณ
วัน เดือน ปีเกิด	วัน จันทร์ ที่ 18 พฤศจิกายน 2534
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 20 หมู่ที่ 7 บ้านหนองอ้อน้อย ตำบลกุดน้ำใส อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น 40310
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2556	สำเร็จการศึกษาระดับคหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
เบอร์โทรศัพท์	089-053-3450
อีเมล์	pornsiri_l@mail.rmutt.ac.th