รายงานการวิจัย

โครงการวิจัย เรื่อง การผลิตเส้นด้ายจากใยกัญชงด้วยระบบการผลิตเส้นด้ายแบบวงแหวน

Yarn production from hemp fibers by ring spinning process

คณะผู้วิจัย

นายมนูญ จิตต์ใจฉ่ำ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะพร คามภีรภาพพันธ์

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณเงินรายได้ปี พ.ศ. 2557

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณงบประมาณเงินรายได้ปี พ.ศ. 2557 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)

สกัดเส้นใยกัญชงจากเปลือกกัญชงด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และศึกษาส่วนประกอบทางเคมี สัณฐานวิทยา และสมบัติของเส้นใยกัญชงก่อนและหลังการสกัด จากนั้นนำเส้นใยกัญชงที่ผ่านการสกัดแล้วไปผสมกับฝ้ายในอัตราส่วน 40 ต่อ 60 เพื่อปั่นเป็นเส้นด้ายเบอร์ 20 Ne ด้วยกระบวนการปั่นด้ายแบบวงแหวน และศึกษาสมบัติของเส้นด้ายที่ผลิตได้เทียบกับเส้นด้ายฝ้าย พบว่า เส้นด้ายจากเส้นใยกัญชงผสมฝ้ายมีความทนแรงดึงต่ำกว่าเส้นด้ายฝ้าย แต่มีค่าร้อยละการยืดตัวสูงกว่าเส้นด้ายฝ้ายเล็กน้อย

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)

The hemp fibers were extracted from hemp with sodium hydroxide solution (alkali treatment). The chemical compositions, morphologies, and properties of untreated and alkali-treated hemp fibers were investigated. Then, the hemp fibers were mixed with cotton fibers in the ratio 40:60 to make hemp-cotton yarns of the counts 20 Ne by using ring spinning process. The properties of hemp-cotton yarn were compared with cotton yarn and the results showed that the hemp-cotton yarn has lower tensile strength than cotton yarn but its percentage elongation is a slightly higher than cotton yarn.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กัญชง	3
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	3
2.1.2 การปลูกกัญชงและการเก็บเกี่ยว	5
2.1.3 ประโยชน์ของกัญชง	5
2.2 การสกัดเส้นใย	6
2.3 สมบัติของเส้นใย	7
2.4 กระบวนการปั่นด้ายใยสั้น	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง	14
3.1 วัสดุและสารเคมี	14
3.2 อุปกรณ์การทดลอง	14
3.3 การสกัดเส้นใยกัญชง	14
3.4 การฟอกขาวเส้นใยกัญชง	14
3.5 การปั่นด้าย	15
3.6 การทดสอบและวิเคราะห์ตัวอย่าง	16
3.6.1 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใย	16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 การทดสอบและวิเคราะห์ตัวอย่าง (ต่อ) 16

3.6.2 การหาผลผลิตร้อยละ 16

3.6.3 สมบัติของเส้นใย 16

3.6.4 สัณฐานวิทยาของเส้นใยและขนาดของเส้นใย 17

บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปรายผล 18

4.1 ลักษณะของเปลือกกัญชง 18

4.2 ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยกัญชง 19

4.3 สัณฐานวิทยาของเส้นใยกัญชง 21

4.4 สมบัติของเส้นใยกัญชง 22

4.5 การปั่นด้ายจากเส้นใยกัญชงผสมฝ้าย 24

4.6 สมบัติการต้านเชื้อรา 26

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 28

บรรณานุกรม 29

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ขนาดของเส้นใยธรรมชาติ	8
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยกัญชงก่อนและหลังการกำจัดสิ่งสกปรก	19
4.2	องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยกัญชงก่อนและหลังการฟอก	20
4.3	สมบัติของเส้นใยกัญชง	22
4.4	สมบัติของเส้นด้ายจากใยกัญชงผสมฝ้าย	25
4.5	สมบัติการต้านเชื้อรา	26

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กัญชง	3
2.2	ลักษณะใบ	4
2.3	เส้นด้ายที่ทำจากเส้นใยสั้นและยาว	7
2.4	รูปร่างพื้นที่หน้าตัดของเส้นใย	9
2.5	พื้นผิวเส้นใย	9
3.1	กระบวนการปั่นด้ายแบบวงแหวน	15
3.2	เครื่อง USTER®	17
4.1	การตากต้นกัญชง	18
4.2	เปลือกกัญชง	18
4.3	ลักษณะทางกายภาพของเส้นใยกัญชง	20
4.4	ลักษณะทางกายภาพของเส้นใยกัญชงหลังการฟอก	21
4.5	ลักษณะตามยาวของเส้นใยกัญชง	21
4.6	ลักษณะภาคตัดขวางของเส้นใยกัญชง	22
4.7	สไลเวอร์ของใยกัญชงผสมฝ้าย ที่อัตราส่วน 40:60	24
4.8	เส้นด้ายเบอร์ 20 Ne	24
4.9	ผ้าจากเส้นด้ายจากเส้นใยกัญชงผสมฝ้าย	26

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม เป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ซึ่งเป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เดิมการผลิตเสื้อผ้าเริ่มจากการปลูกฝ้ายเพื่อทำเส้นใยและทอผ้าด้วยมือโดยใช้อุปกรณ์ทอผ้าแบบพื้นบ้าน ปัจจุบัน มีการพัฒนาสิ่งทอต่าง ๆ มากมาย ตั้งแต่วัตถุดิบ เส้นใย เทคโนโลยีการผลิต รวมถึงการตกแต่งสำเร็จ เพื่อตอบสนองต่อตลาดและความต้องการของลูกค้าที่มีอยู่หลากหลาย ให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างครอบคลุมและมีประสิทธิภาพ โดยในปี พ.ศ. 2553 ปริมาณการผลิตเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยประดิษฐ์ (เส้นใยสังเคราะห์และเส้นใยกึ่งสังเคราะห์) มีจำนวนรวม 80.8 ล้านตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.6 หรือ 6.4 ล้านตันจากปี พ.ศ. 2552 แบ่งเป็นปริมาณการผลิตเส้นใยสังเคราะห์คิดเป็นร้อยละ 56 ของปริมาณการผลิตเส้นใยทั้งหมด หรือประมาณ 45.25 ล้านตัน ส่วนปริมาณการผลิตเส้นใยธรรมชาติ คิดเป็นร้อยละ 39 หรือประมาณ 31.51 ล้านตัน และ ปริมาณการผลิตเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ร้อยละ 5 หรือประมาณ 4.04 ล้านตัน

เส้นใยฝ้ายเป็นเส้นใยธรรมชาติที่ผลิตมากที่สุด กล่าวคือ มีการผลิตร้อยละ 80 หรือประมาณ 25.21 ล้านตัน (อุษา แสงวัฒนาโรจน์, 2011) แต่เนื่องจากฝ้ายมีความอ่อนแอต่อแมลงศัตรูพืชหลายประเภท เช่น หนอนตายาสูบ หนอนเจาะสมอฝ้าย และหนอนเจาะสมอสีชมพู ทำให้ต้องมีการฉีดพ่นสารเคมีจำนวนมาก เพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืช (องค์การไอซ่า, 2002) ดังนั้นการปลูกฝ้ายในปัจจุบันจึงหันมาใช้การปลูกโดยวิธีดัดแปลงพันธุกรรม โดยใส่ยีนของแบคทีเรีย (Bacillus thuringiensis var. kurataki, B.t.k) เข้าไปในโครโมโซมของต้นฝ้าย ทำให้สามารถผลิตโปรตีน Cry 1A ซึ่งมีสมบัติในการฆ่าหนอนที่เป็นศัตรูฝ้ายได้ จากแนวโน้มกระแสรักษ์โลก และความตื่นตัวในการใช้วัสดุธรรมชาติ ปลอดสารพิษมีมากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคหันมานิยมสินค้าอินทรีย์กันมากขึ้น เส้นใยอินทรีย์จึงเป็นหนึ่งในวัตถุดิบที่สามารถนำมาผลิตเป็นสินค้าได้หลากหลาย กล่าวได้ว่า สิ่งทออินทรีย์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความสนใจจากผู้บริโภคและมีแนวโน้มความต้องการทางการตลาดที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

กัญชงเป็นพืชที่ไม่ต้องใช้สารกำจัดศัตรูพืชและยาฆ่าแมลง ใช้เพียงปุ๋ยและน้ำในปริมาณที่เหมาะสมเท่านั้น และการปลูกกัญชงยังเป็นการช่วยปรับปรุงคุณภาพของดินอีกด้วย (องค์การสวนพฤกษศาสตร์, 2553) ปัจจุบันผ้าทอจากใยกัญชงได้รับความนิยมอย่างมากในตลาดต่างประเทศ จากสมบัติของเส้นใยกัญชงที่มีความแข็งแรงสูง ต้านทานเชื้อรา และป้องกันรังสียูวีได้ นอกจากนี้

ลักษณะ เส้นใย กัญชงที่มีรูพรุนยังทำให้เส้นใยนี้ดูดซึมน้ำได้มากขึ้น สามารถรักษาสีย้อมได้ดีกว่าผ้าชนิดอื่นรวมทั้งผ้าฝ้าย และสามารถช่วยควบคุมอุณหภูมิได้ (hemptraders, 2012) แต่สำหรับในประเทศไทยนั้น ยังไม่มีการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพัฒนากระบวนการปั่นด้ายและทอผ้าใยกัญชงในระดับอุตสาหกรรม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่มีเอกลักษณ์จากธรรมชาติสอดคล้องกับศักยภาพของตลาดโลก สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบอินทรีย์จากประเทศไทยให้สามารถแข่งขันได้ และสร้างทางเลือกสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งทอให้กับผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาการสกัดเส้นใยกัญชงและศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของเส้นใยกัญชง
2) เพื่อศึกษากระบวนการปั่นด้ายแบบวงแหวนจากใยกัญชง
3) เพื่อทราบสมบัติเส้นด้ายจากใยกัญชงผสมฝ้าย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) การศึกษาสภาวะในการสกัดเส้นใยกัญชง เนื่องจากเส้นใยกัญชงเป็นเส้นใยจากเปลือกไม้ มีลักษณะเป็นกลุ่ม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสกัดเส้นใยออกเป็นเส้นใยเดี่ยว โดยมีตัวแปรที่ศึกษา คือ ความเข้มข้น และเวลาที่ใช้ในการสกัด
2) ตรวจสอบสมบัติของเส้นใยที่สกัดได้ เช่น ความยาว ความละเอียดของเส้นใย องค์ประกอบทางเคมี
3) ศึกษาการปั่นด้ายจากใยกัญชงด้วยระบบการผลิตเส้นด้ายแบบวงแหวนและศึกษาสมบัติของเส้นด้าย เช่น ความแข็งแรง ขนาดเส้นด้าย ความสม่ำเสมอ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้สภาวะในการสกัดเส้นใยกัญชง
2) ทราบสมบัติทางกายภาพ เชิงกลของเส้นด้ายจากใยกัญชงผสมฝ้าย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กัญชง

กัญชง (ภาพที่ 2.1) เป็นพืชที่เดิมนักวิทยาศาสตร์ได้จัดให้อยู่ในวงศ์ตำแย (Urticaceae) แต่ต่อมาภายหลังพบว่ามีสมบัติและลักษณะเฉพาะหลายประการที่ต่างออกไปมากจากพืชในกลุ่มตำแย จึงได้รับการจำแนกออกเป็นวงศ์เฉพาะ คือ Cannabidaceae

ภาพที่ 2.1 กัญชง
ที่มา: Kathy, 2012.

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

กัญชงเป็นพืชล้มลุกมีอายุเพียงปีเดียว ลำต้นตั้งตรงสูงประมาณ 1-6 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยว ขอบใบเป็นฟันเลื่อยและเว้าลึกจนถึงโคนใบ ก้านใบยาว 2-7 เซนติเมตร ดอกมีขนาดเล็กสีขาวออกเป็นช่อ ผลเป็นเมล็ดแห้ง สีเทา รูปไข่ ขนาดประมาณ 3-4 มิลลิเมตร ส่วนปลายเป็นมุมแหลมกว้าง ผิวเรียบเป็นมันและมีลายประสีน้ำตาล

เนื่องจากกัญชงและกัญชามีชื่อทางวิทยาศาสตร์เหมือนกัน คือ Cannabis sativa แต่ต่างกันตรง Subspecies (กัญชา Subspecies. Indica (Lam.) และกัญชง Subspecies. Sativa) ดังนั้นพืชสองชนิดนี้จึงมีลักษณะทางกายภาพคล้ายกัน อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษาโดยละเอียดจะมีความแตกต่างกันในหลายด้าน ดังนี้ (Hemp กัญชง, 2555)

ลำต้น ต้นกัญชงจะสูงใหญ่กว่าต้นกัญชา มีความสูงมากกว่า 2 เมตร ส่วนกัญชา ลำต้นมักสูงน้อยกว่า บางชนิดเป็นพุ่มเตี้ย ทรงพุ่มฐานกว้างและเรียวแหลมขึ้นไป

การแตกกิ่ง กัญชงแตกกิ่งก้านน้อยกว่ากัญชา

การเรียงตัวของใบ กัญชงมีใบขนาดใหญ่ การเรียงตัวของใบบนลำต้นและกิ่งก้านจะค่อนข้างห่างทำให้ทรงพุ่มมีความโปร่งแสง ส่วนกัญชามีลักษณะใบแคบเรียว การเรียงตัวของใบจะชิดกัน ลักษณะทรงพุ่มแน่นทึบไม่โปร่งแสง (ภาพที่ 2.2)

(ก) (ข)

ภาพที่ 2.2 ลักษณะใบ (ก) ใบกัญชา (ข) ใบกัญชง

ที่มา: การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกัญชากับกัญชง, ม.ป.ป.

ช่อดอก สำหรับกัญชงเมื่อออกดอก มียางที่ช่อดอกไม่มาก เมื่อสูบจะมีกลิ่นหอมน้อย และทำให้ผู้เสพปวดหัว แต่กัญชา เมื่อออกดอก ยางที่ช่อดอกมีมาก เมื่อนำมาจุดไฟจะมีกลิ่นคล้ายหญ้าแห้ง มีฤทธิ์หลอนประสาท

เมล็ด เมล็ดของกัญชงมีขนาดใหญ่กว่าเมล็ดจากต้นกัญชา

ขนาดท่อลำเลียงน้ำ ท่อลำเลียงน้ำของกัญชงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่ากัญชา

เปลือก สำหรับกัญชง เปลือกกับลำต้นแยกชั้นกัน ลอกง่าย เส้นใยยาว มีคุณภาพสูง แต่กัญชา การลอกเปลือกออกจากลำต้นนั้นทำได้ยาก เส้นใยสั้น มีคุณภาพต่ำ

ปริมาณสารเสพติด (THC) กัญชงมีสาร THC ต่ำกว่าร้อยละ 0.3 ในขณะที่กัญชามีสาร THC ร้อยละ 1-10

2.1.2 การปลูกกัญชงและการเก็บเกี่ยว

กัญชง ขึ้นได้ในดินทุกชนิดสามารถเติบโตได้ดีในทุกสภาพอุณหภูมิ แต่ขึ้นได้ดีที่สุดในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงและอุณหภูมิระหว่าง 14-27 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาเพาะปลูก 6 สัปดาห์แรกต้นกล้ามีความต้องการปริมาณน้ำหรือน้ำฝนจึงจะเจริญเติบโตได้ดี โดยกัญชงจะปลูกระหว่างต้นเดือนมีนาคมถึงปลายเดือนพฤษภาคม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพื้นที่และปริมาณน้ำฝนในแต่ละภูมิภาค โดยทั่วไปกัญชงจะทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ในระดับหนึ่ง แต่หากมีความแห้งแล้งมากจะทำให้ผลผลิตน้อยลง เมล็ดขึ้นได้ในดินร่วนซุย และมีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ ความลึกของการฝังเมล็ดที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 2-4 เซนติเมตร โดยมีระยะห่างระหว่างแถว 6-15 เซนติเมตร จะงอกขึ้นได้ภายใน 8-14 วัน จากนั้นต้นกล้าจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เพียง 90-120 วัน ก็จะให้ดอกติดเมล็ดสามารถเก็บเกี่ยวนำไปใช้ประโยชน์ได้

การเก็บเกี่ยวกัญชงของชาวเขาทางภาคเหนือ นิยมใช้เส้นใยจากลำต้นของต้นเพศผู้ที่ออกดอกใหม่ มีอายุระหว่าง 3-4 เดือน เนื่องจากจะเป็นช่วงที่เส้นใยมีความเหนียวที่สุด เบาและเป็นสีขาวเหมาะสำหรับการใช้เป็นเส้นใยทอผ้า ผลผลิตของเส้นใยโดยเฉลี่ยคือ 45 กิโลกรัมต่อไร่ บางรายอาจได้ 150-200 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้เนื่องจากชาวเขาจะเลือกเฉพาะลำต้นที่สวยงามเพื่อนำไปลอกเส้นใย และเว้นบางส่วนเพื่อเก็บไว้เป็นเมล็ดพันธุ์ (เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์, 2549)

2.1.3 ประโยชน์ของกัญชง

<u>ด้านอาหาร</u>

น้ำมันจากเมล็ดกัญชงเป็นที่นิยมในยุโรปเหนือและอเมริกาเหนือ เนื่องจากมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงมากประมาณร้อยละ 75 ซึ่งประกอบด้วย กรดโอเลอิก (Oleic acid) ร้อยละ 10-16 กรดไลโนเลอิก (Linoleic acid) ร้อยละ 50-60 แอลฟา-กรดไลโนเลอิก (α-linoleic acid) ร้อยละ 20-25 และแกมมา-กรดไลโนเลอิก (γ-linoleic acid) ร้อยละ 2-5 กรดไขมันชนิดไลโนเลอิกและแอลฟา-ไลโนเลอิกในน้ำมันกัญชงมีอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ อัตราส่วน 3 ต่อ 1 ซึ่งร่างกายต้องการและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้แกมมา-กรดไลโนเลอิกยังมีฤทธิ์ลดการอักเสบ ลดการเกิดโรคผิวหนัง และมีประโยชน์ต่อระบบหลอดเลือดหัวใจด้วย

<u>ด้านการแพทย์</u>

คณะนักวิจัยศึกษาการใช้กัญชงกับผู้ป่วยมะเร็งที่ผ่านการรักษาทางเคมี (Chemotherapy) แล้วพบว่า กัญชงสามารถลดความรู้สึกอาเจียน ลดความเจ็บปวดและกระตุ้นความอยากอาหารได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของกฎหมายในอังกฤษ ทำให้การใช้กัญชงในทางการแพทย์ถูกห้ามใช้ในการแพทย์ใด ๆ

ด้านเส้นใย

เส้นใยกัญชงเป็นเส้นใยที่มีคุณภาพสูง มีความยืดหยุ่น แข็งแรงและทนทานสูง สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์จากเส้นใยได้กว่า 5,000 ชนิด ตั้งแต่เชือกจนถึงเส้นใยที่ละเอียด ส่วนเส้นใยคุณภาพต่ำหรือกากเส้นใย ซึ่งประกอบไปด้วยเซลลูโลสมากกว่าร้อยละ 77 นั้น สามารถใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ กว่า 25,000 ชนิด นับตั้งแต่เป็นส่วนผสมของดินระเบิด หรือไดนาไมต์ จนถึงการทำแผ่นเยื่อบางเซลโลเฟน อย่างไรก็ตาม ความต้องการของตลาดเส้นใยกัญชงในปัจจุบันนี้มีอยู่ 2 ประการ คือ ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผ้าและกระดาษ

ในการเปรียบเทียบปริมาณเส้นใยจากการปลูกกัญชงและการปลูกฝ้ายในระยะเวลา 1 ปี เท่า ๆ กัน พบว่า การปลูกกัญชง 10 ไร่ จะให้ผลผลิตผลเส้นใยเท่ากับการปลูกฝ้าย 20-30 ไร่ ซึ่งเส้นใยจากกัญชงนี้จะมีคุณภาพดีกว่าเส้นใยจากฝ้าย โดยเส้นใยกัญชงจะยาวเป็น 2 เท่าของเส้นใยฝ้าย มีความแข็งแรง และความนิ่มของเส้นใยมากกว่าฝ้าย จากข้อดีของเส้นใยกัญชงจะเห็นได้ว่า ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเส้นใยกัญชงล้วน เช่น เสื้อเชิ้ต กางเกง กระเป๋า

2.2 การสกัดเส้นใย

วิธีการแยกเส้นใยออกจากต้นพืช มีหลายวิธี ดังนี้ (How is fiber extracted from plants? 2006 และ ปอแก้ว. 2554)

1) การแยกเส้นใยด้วยมือ (Scraping) มักใช้ในอุตสาหกรรมภายในครอบครัวเป็นส่วนมาก

2) การแยกโดยปฏิกิริยาของแบคทีเรียและความชื้น (Retting) เป็นกระบวนการกำจัดเนื้อเยื่อและกัมออกจากบริเวณรอบเส้นใยพืช เมื่อสารเหล่านี้ถูกกำจัดออกไป เส้นใยสามารถแยกออกจาก stem ได้ง่าย กระบวนการนี้สามารถใช้น้ำหรือใช้จุลินทรีย์ก็ได้

3) การแยกโดยเครื่องจักรกล (Decorticating machine) การเส้นใยโดยใช้มือนั้น เปลืองแรงงานและทำได้ช้ามาก ต่อมาจึงพัฒนาใช้เครื่องจักรแทน ซึ่งนับว่าสะดวกและทุ่นแรงได้มากแต่คุณภาพของเส้นใยชนิดนี้จะด้อยกว่าการแยกโดยปฏิกิริยาของแบคทีเรียและความชื้น

4) การแยกโดยใช้สารเคมี (Chemical extraction) เป็นวิธีการสกัดเส้นใยโดยใช้สารเคมีต่าง ๆ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคลอไรด์ วิธีนี้ใช้เวลาน้อยกว่าการแยกเส้นใยโดยปฏิกิริยาของแบคทีเรียและความชื้น และประหยัดแรงงานด้วย

2.3 สมบัติของเส้นใย

สมบัติของเส้นใยมีผลโดยตรงต่อสมบัติของผ้าที่ทำจากเส้นใยนั้น ๆ ผ้าที่ทำจากเส้นใยที่แข็งแรงจะมีความแข็งแรงทนทาน เส้นใยที่สามารถดูดซึมน้ำได้ดีจะส่งผลให้ผ้าดูดซึมน้ำและความชื้นได้ดี เหมาะสำหรับใช้เป็นผ้าเช็ดตัว ผ้าเช็ดหน้า ดังนั้นการเข้าใจสมบัติของเส้นใยจะช่วยทำนายสมบัติของผ้า รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่มีเส้นใยเหล่านี้เป็นองค์ประกอบได้

ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของเส้นใย มีดังนี้

ความยาว (Length)

เส้นใยธรรมชาติจะมีความยาวที่ค่อนข้างแตกต่างกันจากอิทธิพลของธรรมชาติ ความยาวของเส้นใยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เส้นใยสั้น (Staple fiber) วัดความยาวเป็นนิ้วหรือเซนติเมตร มีความยาวตั้งแต่ 2-46 เซนติเมตรและเส้นใยยาว (Filament) วัดความยาวเป็นไมล์หรือกิโลเมตร (ภาพที่ 2.3)

(ก) (ข)

ภาพที่ 2.3 เส้นด้ายที่ทำจากเส้นใยสั้นและยาว (ก) เส้นด้ายจากเส้นใยสั้น (ข) เส้นด้ายจากเส้นใยยาว

ที่มา: Hatch, 1993

เส้นใยธรรมชาติทุกชนิดเป็นเส้นใยสั้น ยกเว้นไหมเป็นเส้นใยธรรมชาติเพียงชนิดเดียวที่เป็นเส้นใยยาว ส่วนการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ทุกชนิด เส้นใยที่ผลิตได้เป็นเส้นใยยาวและสามารถตัดเป็นเส้นใยสั้นในตอนหลังได้ เส้นใยยาวที่ออกมาจากหัวฉีด (Spinneret) จะมีลักษณะเรียบคล้ายเส้นใยไหม หากต้องการลักษณะเส้นใยที่มีความหยิก (Crimp) ต้องนำไปผ่านกระบวนการทำหยิก เส้นใยที่ได้จะมีลักษณะคล้ายเส้นใยฝ้ายหรือขนสัตว์ ซึ่งส่วนมากเส้นใยที่ทำหยิกมักจะนำไปตัดเพื่อทำเป็นเส้นใยสั้น

ขนาดของเส้นใย (Fiber size)

ขนาดของเส้นใยมีผลต่อการใช้งานและความรู้สึกสัมผัส เส้นใยที่มีความละเอียดมาก (ขนาดเล็ก) จะนุ่ม จัดเข้ารูปได้ง่ายกว่า (Drape) ส่วนเส้นใยขนาดใหญ่จะแข็งกระด้างและมีความแข็งแรงมากกว่าเส้นใยละเอียด การวัดความละเอียดมักวัดจาก เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยด้วยกล้อง

จุลทรรศน์ ในหน่วยของไมโครเมตร โดยเส้นใยธรรมชาติมักมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ดังตัวอย่างขนาดของเส้นใยธรรมชาติในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขนาดของเส้นใยธรรมชาติ

ชนิดของเส้นใย	ขนาดของเส้นใย (ไมโครเมตร)
ฝ้าย	16-20
ไหม	11-12
ขนสัตว์ (แกะ)	10-50
ลินิน	12-16

ที่มา: วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา, 2542

สำหรับเส้นใยประดิษฐ์ ขนาดของเส้นใยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ขนาดของรูในหัวฉีด (Spinneret holes) การดึงยืดขณะที่ปั่นเส้นใยและหลังการปั่นเส้นใย รวมไปถึงปริมาณและความเร็วของการอัดพอลิเมอร์ผ่านหัวฉีด กระบวนการผลิตเส้นใย ประดิษฐ์สามารถควบคุมความสม่ำเสมอได้ดีกว่าเส้นใยธรรมชาติ แต่ก็ยังพบส่วนที่ไม่สม่ำเสมอบ้างเนื่องจากความไม่คงที่ของกระบวนการผลิต หน่วยที่ใช้วัดความละเอียดของเส้นใยประดิษฐ์ คือ ดีเนียร์ (Denier) และเท็กซ์ (Tex)

Denier คือ น้ำหนักเป็นกรัมต่อความยาวเส้นใย 9,000 เมตร

Tex คือ น้ำหนักเป็นกรัมต่อความยาวเส้นใย 1,000 เมตร

ทั้งหน่วยดีเนียร์และเท็กซ์เป็นระบบผันตรง คือ ตัวเลขน้อย เส้นใยมีความละเอียดสูง

<u>รูปร่างพื้นที่หน้าตัดของเส้นใย (Cross-sectional shape)</u>

เส้นใยทุกชนิดมีลักษณะใกล้เคียงกันเมื่อมองด้วยตาเปล่า แต่เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์ตรวจสอบลักษณะเส้นใยจะพบความแตกต่างกัน (ภาพที่ 2.4) สำหรับรูปทรงของเส้นใยธรรมชาติจะถูกกำหนดตามสภาพการเจริญเติบโต น้ำ อาหารที่ได้รับ แต่สำหรับเส้นใยประดิษฐ์ รูปทรงของเส้นใยสามารถกำหนดได้โดยรูปร่างของรูในหัวฉีด เช่น วงกลม ทรงคล้ายกระดูก รูปร่างพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยและพื้นผิว มีผลต่อความมันและผิวสัมผัสของเส้นใย ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลต่อการใช้งานของผ้า

ภาพที่ 2.4 รูปร่างพื้นที่หน้าตัดของเส้นใย
ที่มา: ดัดแปลงจาก วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. 2542: 28

<u>พื้นผิวเส้นใย (Fiber surface)</u>

เส้นใยแต่ละชนิดมีพื้นผิวแตกต่างกัน ได้แก่ พื้นผิวเรียบ มีร่องตื้น หรือ ร่องลึก เช่น ขนสัตว์มีลักษณะพื้นผิวเป็นเกล็ด ไหมมีลักษณะพื้นผิวเรียบ ซึ่งลักษณะนี้มีผลต่อความมันวาว ผิวสัมผัสเนื้อผ้าและการเปื้อนง่ายหรือยาก เส้นใยที่เป็นทรงกลม พื้นผิวเรียบ (ภาพที่ 2.5 (ก)) จะสะท้อนแสงในทิศทางเดียว ทำให้มองเห็นพื้นผิวเงามัน ส่วนเส้นใยที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่แน่นอน (ภาพที่ 2.5 (ข)) จะสะท้อนแสงได้หลาย ๆ ทิศทาง ซึ่งทำให้มองเห็นพื้นผิวไม่เงามันหรือด้าน (Dull)

(ก) (ข)

ภาพที่ 2.5 พื้นผิวเส้นใย (ก) เส้นใยที่มีผิวเรียบ (ข) เส้นใยที่มีผิวไม่เรียบ

<u>ความหยิก (Crimp)</u>

ความหยิกในเส้นใยช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะระหว่างเส้นใย ทำให้สามารถคืนตัวจากแรงอัดได้ดี ทนต่อแรงเสียดสี มีความยืดหยุ่นและความอบอุ่น แต่ก็ทำให้ความเงามันลดลง ความหยิกบนเส้นใยหาได้จากอัตราส่วนของผลต่างของเส้นใยที่ถูกยืดคลายออกจนเป็นเส้นตรงกับความยาวเดิมของเส้นใยที่มีความหยิกอยู่ เทียบกับความยาวเดิม

$$\text{Crimp} = \frac{l - l_o}{l_o} = \frac{\Delta l}{l_o}$$

กำหนด

l_o คือ ความยาวเส้นใยที่มีความหยิก

l คือ ความยาวเส้นใยที่เป็นเส้นตรง

Δl คือ ผลต่างของความยาวเส้นใยที่เป็นเส้นตรงกับความยาวเส้นใยที่มีความหยิก

ความแข็งแรงของเส้นใย (Fiber strength)

เส้นใยต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายและถักทอเป็นผืนผ้า ความแข็งแรงหาได้จากการวัดปริมาณแรงดึงคงที่ที่ทำให้เส้นใยขาดจากกัน ถ้าต้องการเปรียบเทียบความแข็งแรงระหว่างเส้นใยต่อเส้นใย หน่วยที่วัดต้องเป็นหน่วยสัมพัทธ์ คือ คำนวณปริมาณแรงดึงให้ขาดต่อความละเอียดของเส้นใย หน่วยเป็นกรัมต่อดีเนียร์ (gpd) เช่น เส้นใย A ทนแรงดึง 10 กรัม เส้นใย B ทนแรงดึง 5 กรัม ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าเส้นใย A แข็งแรงกว่า เส้นใย B ต้องบอกขนาดของเส้นใยด้วย เช่น เส้นใย A มีขนาด 2 ดีเนียร์ เส้นใย B มีขนาด 0.5 ดีเนียร์ เมื่อคำนวณเป็นหน่วยสัมพัทธ์ พบว่า เส้นใย A มีความแข็งแรง 5 gpd ขณะที่ B มีความแข็งแรง 10 gpd จึงสรุปได้ว่า เส้นใย B มีความแข็งแรงกว่าเส้นใย A

ความสามารถในการรับการดัดงอ (Flexibility)

ความสามารถในการรับการดัดงอ หมายถึง เส้นใยสามารถดัดงอได้โดยไม่เกิดการแตกหัก ซึ่งสมบัตินี้ส่งผลโดยตรงต่อความทนทานและความสวยงามของผ้า เช่น การทิ้งตัวและความสบายในการสวมใส่

ความสามารถในการปั่นเป็นเส้นด้าย (Spinnability)

ความสามารถในการปั่นเป็นเส้นด้ายเป็นความสามารถของเส้นใยในการเกาะเกี่ยวซึ่งกันและกันเพื่อให้อยู่ในรูปของเส้นด้าย ซึ่งความสามารถนี้ขึ้นกับโครงสร้างพื้นผิวและโครงสร้างภายในของเส้นใย

ความสม่ำเสมอ (Uniformity)

เส้นใยธรรมชาติทุกชนิดมีความสม่ำเสมอไม่ดี เนื่องจากการได้รับอาหาร อากาศ และน้ำในระหว่างการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน การปรับปรุงเพื่อลดความไม่สม่ำเสมอในเส้นใยธรรมชาติ คือ การผสมเส้นใยเข้าด้วยกัน ซึ่งช่วยให้เกิดการทดแทนและเสริมซึ่งกันและกันหรือสางเส้นใยสั้น

ออกไป ส่วนเส้นใยประดิษฐ์จะมีความสม่ำเสมอดีมาก เพราะควบคุมกระบวนการผลิตเส้นใยได้แน่นอน

ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่น คือ มวลต่อปริมาตรของวัสดุ เส้นใยทุกชนิดยกเว้นเส้นใยโอเลฟินส์จะมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ เส้นใยที่มีความหนาแน่นต่ำจะมีความสามารถในการคืนตัวกลับได้ดีกว่าเส้นใยที่มีความหนาแน่นสูงและมีผลโดยตรงต่อน้ำหนักของผ้าด้วย

ความมัน (Luster)

ความมัน คือ ปริมาณของแสงที่สะท้อนออกจากผิวของเส้นใยสู่สายตาผู้มองเส้นใยที่สะท้อนแสงกลับออกมากจะมีความมันวาวมาก โดยสมบัตินี้ขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของเส้นใย สารเติมแต่ง และโครงสร้างของผ้า เส้นใยธรรมชาติ เช่น ไหม มีความเงามันสูง ในขณะที่ฝ้ายและขนสัตว์มีความเงามันต่ำกว่า ในกรณีของเส้นใยประดิษฐ์ ความมันของเส้นใยควบคุมได้จากลักษณะพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยและการเติมสารลดความมัน

การดูดซึมความชื้น (Absorbency)

โดยปกติความสามารถในการดูดซึมความชื้นจะคำนวณเป็นร้อยละของความชื้นที่เพิ่มขึ้นในเส้นใย โดยทำการทดลองภายใต้อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 (วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา, 2542) เส้นใยที่สามารถดูดซึมความชื้นได้ง่าย เรียกว่า เส้นใยที่ชอบน้ำ (Hydrophilic fibers) ได้แก่ เส้นใยธรรมชาติทุกชนิด รวมทั้งเส้นใยจากสัตว์และเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ 2 ชนิด คือ เรยอนและ แอซีเทต ส่วนเส้นใยที่สามารถดูดซึมความชื้นได้ปริมาณเล็กน้อย เรียกว่า เส้นใยไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic fibers) ได้แก่ เส้นใยสังเคราะห์ทุกชนิด ความสามารถในการดูดซึมความชื้นมีผลต่อการใช้งานในด้านต่าง ๆ เช่น ความสบายของผิว การเกิดไฟฟ้าสถิต การคงขนาดรูปทรงในน้ำ การกำจัดสิ่งสกปรก และสมบัติสะท้อนน้ำ

สภาพยืดหยุ่น (Elasticity)

สภาพยืดหยุ่นเป็นสมบัติของเส้นใยที่สามารถยืดออกและคืนกลับสู่ขนาดเดิมภายหลังจากที่ได้รับแรงยืดดึงแล้ว

การคืนตัวจากแรงอัด (Resiliency) และความสามารถในการรับแรงอัด (Compressibility)

เส้นใยที่มีความอ่อนนุ่มมากมีความสามารถในการรับแรงอัดได้ดี ภายหลังจากการอัดแล้วเส้นใยจะมีการคืนตัวในระดับหนึ่ง เช่น นุ่น

2.4 กระบวนการปั่นด้ายใยสั้น

กระบวนการปั่นด้ายใยสั้น (Staple fiber) คือ การนำเส้นใยสั้นมารวมกันเป็นเส้นยาวโดยยึดกันอยู่ด้วยการบิดเกลียว มีความแข็งแรงคงทนต่อแรงดึงและแรงกระทบในกระบวนการทอได้ กระบวนการปั่นด้ายจะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของเส้นด้าย ชนิดของวัตถุดิบหรือคุณภาพที่ต้องการ ในการผลิตเส้นด้ายแต่ละชนิดมีกระบวนการผลิตมีลักษณะที่คล้ายกัน มีเพียงเครื่องจักรในบางขั้นตอนเท่านั้นที่ไม่เหมือนกัน

การเปิดและการผสมเส้นใย (Blow room)

วัตถุประสงค์ของการเปิดและผสมเส้นใย คือ การทำให้เส้นใยกระจายตัวดีและทำความสะอาดเส้นใยด้วย โดยทั่วไปเส้นใยสั้นจะถูกอัดแน่นเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดใหญ่ เรียกว่า เบล (Bale) เส้นใยจะถูกตีแยกให้กระจายตัวเป็นก้อนเล็ก ๆ เพื่อทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่ติดมากับเส้นใย เครื่องจักรที่ใช้ ได้แก่ เครื่องป้อนและผสมเส้นใย (Blending feeder) เครื่องแยกและทำความสะอาดใย (Opening and cleaning machine) เมื่อกำจัดสิ่งสกปรกในเส้นใยออกแล้ว เส้นใยเหล่านี้จะถูกม้วนเก็บเป็นแผ่นหรือถูกส่งไปตามท่อด้วยระบบลมเพื่อไปยังกระบวนการต่อไป

การสางใย (Carding)

หลังจากเส้นใยผ่านกระบวนการผสมเส้นใยแล้ว เส้นใยจะถูกส่งมาที่เครื่องสางใย แต่เนื่องจากเส้นใยยังสกปรกอยู่ จึงต้องแยกกลุ่มของเส้นใยที่สกปรกให้หลุดออก และให้สิ่งสกปรกอื่น ๆ เช่น เปลือก ใบ เมล็ด ที่ติดค้างอยู่หลุดออกไป นอกจากนี้กระบวนการนี้ยังเป็นการกำจัดเส้นใยที่สั้นเกินไปออกด้วย จากนั้นเส้นใยที่ผ่านกระบวนการสางจะรวมตัวเป็นเส้นยาว เรียกว่า เส้นสไลเวอร์ (Sliver) ที่มีขนาดรูปร่างตามต้องการและเหมาะสมกับการนำไปผลิตในขั้นตอนต่อไป

การรีดปุย (Drawing)

เนื่องจากเส้นใยในเส้นสไลเวอร์ยังไม่เหยียดตรงและไม่ขนานกันตามแนวยาวของเส้นสไลเวอร์ และขนาดของเส้นสไลเวอร์ที่มาจากเครื่องสางใยมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องรีดปุยเส้นใยเพื่อให้เส้นสไลเวอร์มีความสม่ำเสมอและมีขนาดเล็กลงตามที่ต้องการ

การหวี (Combing)

เส้นใยในสไลเวอร์ยังมีการเรียงตัวที่ไม่ดีพอถึงแม้จะผ่านการสางมาแล้ว ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องนำเส้นใยเหล่านี้ไปผ่านการหวี เพื่อกำจัดเส้นใยสั้นมาก ๆ ออก ทำให้ค่าเฉลี่ยความยาวของเส้นใยดีขึ้น และเส้นใยที่ได้จะเหยียดตรงและเรียงตัวขนานกัน

การโรฟวิ่ง (Roving)

วัตถุประสงค์ของการโรฟวิ่ง คือ เพื่อลดขนาดเส้นสไลเวอร์ให้เล็กลงและทำให้เส้นใยเรียงขนานกันมากขึ้น ในขณะเดียวกันก็บิดเกลียวให้เส้นโรฟวิ่งมีความเหนียวที่เหมาะสมก่อนพันเข้าหลอด

การปั่นด้าย (Spinning)

การปั่นด้ายเป็นการนำเส้นโรฟวิ่งมาลดขนาดให้เล็กลงเพื่อให้ได้เบอร์ด้ายตามที่ต้องการ พร้อมทั้งทำเกลียวให้เหมาะสมกับการใช้งาน

การกรอด้าย (Winding)

กระบวนการนี้เป็นการนำเส้นด้ายมาต่อให้มีความยาว น้ำหนัก และรูปร่างตามที่ต้องการ รวมทั้งกำจัดข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเส้นด้าย เพื่อให้เส้นด้ายมีคุณภาพดีขึ้น บางครั้งมีการเคลือบ Wax เพื่อช่วยหล่อลื่นเส้นด้ายในระหว่างการทอ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 วัสดุและสารเคมี

1) เปลือกกัญชง
2) โซเดียมไฮดรอกไซด์
3) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
4) สารควบคุมการแตกตัว (Organic stabilizer)
5) สารช่วยเปียก
6) กรดแอซีติก

3.2 อุปกรณ์การทดลอง

1) อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น ขวดรูปชมพู่ บิกเกอร์ แท่งแก้วคน ขวดใส่สารเคมี กระจกสไลด์
2) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3) เครื่องย้อมบรรยากาศ

3.3 การสกัดเส้นใยกัญชง

ชั่งเปลือกแห้ง 2 กรัมในขวดรูปชมพู่ เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5-15 โดยน้ำหนักที่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันอย่างสมบูรณ์แล้วลงในขวดรูปชมพู่ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร จากนั้นนำขวดรูปชมพู่เข้าเครื่องย้อมบรรยากาศที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-90 นาที จากนั้นนำเส้นใยออกมาล้างด้วยน้ำ 3-4 ครั้ง และทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายกรดแอซีติกความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก และตากเส้นใยให้แห้ง

3.4 การฟอกขาวเส้นใยกัญชง

การฟอกขาวเส้นใยกัญชง ใช้สูตรดังต่อไปนี้

- สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 50 — 9 กรัมต่อลิตร
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ — 6 กรัมต่อลิตร
- สารควบคุมการแตกตัว (Organic stabilizer) — 3 กรัมต่อลิตร
- สารช่วยเปียก — 1 กรัมต่อลิตร

ชั่งเส้นใยกัญชงที่ได้จากหัวข้อ 3.3 ต่อสารละลายสำหรับการฟอกขาวข้างต้นที่อัตราส่วน 1 ต่อ 30 ใช้สภาวะการฟอกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที พร้อมทั้งคนเส้นใยอย่างสม่ำเสมอระหว่างกระบวนการ เมื่อครบกำหนดเวลา นำเส้นใยมาล้างน้ำนานประมาณ 15 นาที จากนั้นทำเส้นใยให้เป็นกลางด้วยสารละลายกรดแอซีติกความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก และตากเส้นใยให้แห้ง

3.5 การปั่นด้าย

นำเส้นใยกัญชงที่ผ่านการสกัดและฟอกที่สภาวะที่เหมาะสม ไปปั่นเป็นเส้นด้ายด้วยระบบการปั่นด้ายแบบวงแหวน (Ring spinning) ที่บริษัท เอราวัณสิ่งทอ จำกัด โดยผ่านขั้นตอนดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 กระบวนการปั่นด้ายแบบวงแหวน

3.6 การทดสอบและวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.6.1 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใย

การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (Ash)

วิเคราะห์หาปริมาณเถ้าโดยใช้มาตรฐาน AOAC. 2000. Official Methods of Analysis: Ash of Animal Feed (942.05). 17th edn., Association of Official Analytical Chemists. EUA.

การวิเคราะห์ Acid Detergent Fiber (ADF) และเซลลูโลส

วิเคราะห์หา Acid Detergent Fiber (ADF) และเซลลูโลส ตามมาตรฐาน AOAC. 2000. Official Methods of Analysis : Fiber (Acid Detergent) and Lignin in Animal Feed. (973.18). Association of Official Analytical Chemists. EUA.

วิธีวิเคราะห์หา Amylase Neutral Detergent Fiber (NDF)

Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some application). Research Service. Handbook number 379 as modified by D.R. Mertens 1992, Personal Communication).

3.6.2 การหาผลผลิตร้อยละ (% yield)

$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นใยหลังการสกัด}}{\text{น้ำหนักเส้นใยก่อนการสกัด}} \times 100$$

3.6.3 สมบัติของเส้นใย

สมบัติของเส้นใย เช่น ความละเอียด ความยาว ความแข็งแรงสามารถวัดได้จากเครื่อง USTER® HVI 1000 (ภาพที่ 3.2) ที่บริษัท เอราวัณสิ่งทอ จำกัด

ภาพที่ 3.2 เครื่อง USTER® HVI 1000

3.6.4 สัณฐานวิทยาของเส้นใยและขนาดของเส้นใย

ศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยกัญชงก่อนและหลังการสกัดโดยใช้การถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) รุ่น JSM-6400 ผลิตโดยบริษัท Joel Ltd. ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยมีขั้นตอนดังนี้ ตัดเส้นใยแนวยาวและภาคตัดขวาง ติดลงบนเทปกาวสองหน้าเพื่อยึดตัวอย่างกับแท่นรองรับซึ่งทำจากอะลูมิเนียม (Aluminium stub) จากนั้นเคลือบทองลงบนผิวของเส้นใยเพื่อให้มีสมบัติการนำไฟฟ้า แล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

4.1 ลักษณะของเปลือกกัญชง

เมื่อต้นกัญชงอายุครบ 90-120 วัน ก็จะถูกตัดและตากให้แห้ง (ภาพที่ 4.1) จากนั้นนำลำต้นไปลอกเปลือกออกดังภาพที่ 4.2 (ก) จากนั้นตัดเปลือกกัญชงให้มีขนาดยาวประมาณ 5 เซนติเมตร (ภาพที่ 4.2 (ข))

ภาพที่ 4.1 การตากต้นกัญชง
ที่มา: ชุติมา อธิคมธร. ม.ป.ป.

ภาพที่ 4.2 เปลือกกัญชง (ก) ก่อนตัด (ข) หลังตัด
ที่มา: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2554.

4.2 ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยกัญชง

เนื่องจากเส้นใยกัญชงเป็นเส้นใยที่ได้จากเปลือกของลำต้นกัญชง ซึ่งเปลือกนั้นมีองค์ประกอบหลากหลาย เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน น้ำมัน และไขมัน ซึ่งองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เซลลูโลสเหล่านี้ ทำให้เส้นใยติดกันเป็นกลุ่ม ไม่ดูดซึมน้ำและแข็งกระด้าง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำจัดสิ่งเจือปนเหล่านี้ออกเสียก่อน ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการเตรียมสิ่งทอ โดยในการทดลองนี้ทำการกำจัดสิ่งสกปรกบนเส้นใยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาแตกต่างกัน องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยกัญชงก่อนและหลังการกำจัดสิ่งสกปรกแสดงในตารางที่ 4.1 นอกจากนี้ลักษณะทางกายภาพของเส้นใยกัญชงหลังการกำจัดสิ่งสกปรกแสดงในภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยกัญชงก่อนและหลังการกำจัดสิ่งสกปรก

รายละเอียด	ร้อยละตามน้ำหนักแห้ง			
	เซลลูโลส	เฮมิเซลลูโลส	ลิกนิน	เถ้า
ก่อนการสกัด	80.4	14.1	2.8	1.1
5% 30min	98.1	2.7	0.2	0.3
5% 45min	99.4	4.7	0.1	0.2
5% 60min	98.9	3.3	0.2	0.3
5% 75min	98.7	3.8	0.2	0.1
5% 90min	98.1	4.0	1.2	0.3
10% 30min	98.6	5.4	0.2	0.1
10% 45min	97.2	4.4	1.8	0.1
10% 60min	97.7	3.7	1.1	0.2
10% 75min	99.7	3.6	0.4	0.1
10% 90min	100.3	4.3	0.3	0.1
15% 30min	100.7	3.4	0.2	0.2
15% 45min	99.3	5.0	0.4	0.0
15% 60min	97.8	6.9	0.3	0.1
15% 75min	98.2	5.4	0.7	0.1
15% 90min	98.5	4.7	0.3	0.2

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 พบว่า สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถสกัดเส้นใยได้ โดยเส้นใยหลังการสกัดในทุก ๆ สูตร มีปริมาณร้อยละของเซลลูโลสสูงขึ้น และมีปริมาณร้อยละเฮมิเซลลูโลสและลิกนินต่ำลงเมื่อเทียบกับเส้นใยก่อนการสกัด เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้นสามารถสกัดลิกนิน เฮมิเซลลูโลสและสิ่งสกปรกต่าง ๆ ออกจากเส้นใยได้ดีขึ้น และหลังจากการกำจัดสิ่งสกปรกออกจากเส้นใยในทุก ๆ สภาวะ พบว่า เส้นใยมีลักษณะนุ่มและมีสีเทาดำ (ภาพที่ 4.3)

การใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเวลาที่ต่างกัน ไม่ได้ส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของกัญชงหลังสกัดอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงขึ้น เส้นใยที่สกัดได้มีสีเทาดำเข้มขึ้นเมื่อเทียบกับเส้นใยที่ใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่ำกว่าในการสกัด (ภาพที่ 4.3)

ภาพที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของเส้นใยกัญชง (ก) สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5 (ข) สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 (ค) สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 15

เนื่องจากเส้นใยกัญชงที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกแล้วมีสีเทาดำ ดังนั้นจึงนำเส้นใยที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 นาน 60 นาทีไปฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยกัญชงก่อนและหลังการฟอก

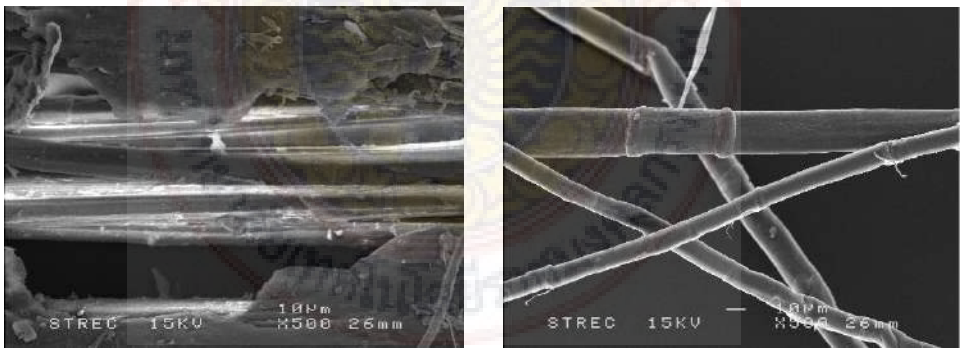
รายละเอียด	ร้อยละตามน้ำหนักแห้ง			
	เซลลูโลส	เฮมิเซลลูโลส	ลิกนิน	เถ้า
หลังการกำจัดสิ่งสกปรก	97.7	3.7	1.1	0.2
หลังการฟอกขาว	98.3	1.7	0.3	0.3

เมื่อนำเส้นใยหลังการกำจัดสิ่งสกปรกแล้วไปฟอก พบว่า ปริมาณเซลลูโลสในเส้นใยจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนเฮมิเซลลูโลสและลิกนินในเส้นใยมีปริมาณลดลง (ตารางที่ 4.2) ทั้งนี้เนื่องจากสารเคมีในการฟอกขาวทำหน้าที่ในการกำจัดสิ่งสกปรกในเส้นใยออกรวมทั้งสีธรรมชาติด้วย ซึ่งลักษณะเส้นใยหลังจากการฟอกขาว มีสีขาวนวล ดังภาพที่ 4.4

ภาพที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพของเส้นใยกัญชงหลังการฟอก

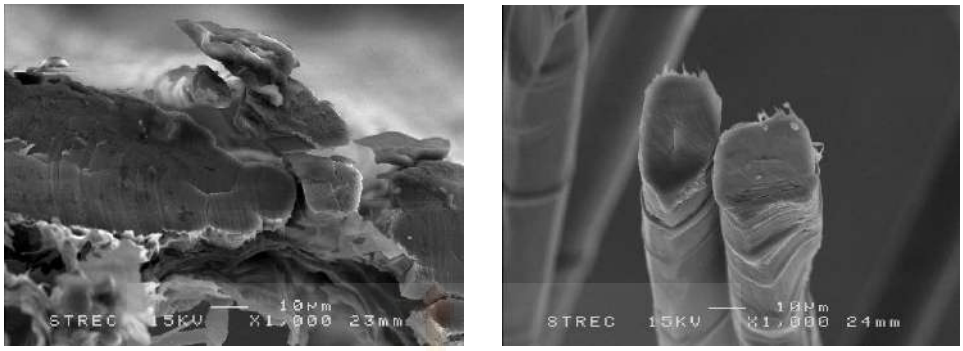
4.3 สัณฐานวิทยาของเส้นใยกัญชง

ตรวจสอบสัณฐานวิทยาของเส้นใยกัญชงก่อนและหลังการสกัดและการฟอกขาวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 4.5-4.6



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.5 ลักษณะตามยาวของเส้นใยกัญชง (ก) ก่อนการสกัด (ข) หลังการสกัด



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.6 ลักษณะภาคตัดขวางของเส้นใยกัญชง (ก) ก่อนการสกัด (ข) หลังการสกัด

เส้นใยกัญชงก่อนและหลังการสกัดและการฟอกขาวในภาพที่ 4.5-4.6 มีขนาดเส้นใยประมาณ 15- 25 ไมโครเมตร เส้นใยกัญชงมีลักษณะเป็นข้อปล้อง โดยก่อนการกำจัดสิ่งสกปรกและการฟอกขาว พบว่า เส้นใยติดกันเป็นกลุ่มก้อนโดยมีสารบางอย่างเคลือบไว้ แต่หลังการสกัดพบว่าเส้นใยอยู่เดี่ยว ๆ และไม่พบสารที่เคลือบบนเส้นใย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ เส้นใยที่ว่าเส้นใยหลังการสกัดมีปริมาณร้อยละของเฮมิเซลลูโลสและลิกนินต่ำลง แต่ปริมาณร้อยละของเซลลูโลสสูงขึ้น

4.4 สมบัติของเส้นใยกัญชง

สมบัติของเส้นใยมีความสำคัญและมีอิทธิพลอย่างมากทั้งต่อกระบวนการปั่นด้ายและคุณภาพของเส้นด้าย ดังนั้นจึงต้องทดสอบสมบัติของเส้นใยกัญชงในทุก ๆ สภาวะการเตรียมเส้นใย ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สมบัติของเส้นใยกัญชง

รายละเอียด	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความแข็งแรง (gForce)	การยืดตัว (%)	ความละเอียดของเส้นใย (micronaire)
ฝ้าย	29-33	27-32	4-6	3.5-4.9
5% 30min	32.2	> 60	n.d.	8.52
5% 45min	33.4	> 60	n.d.	8.53
5% 60min	31.8	> 60	n.d.	8.55
5% 75min	34.5	> 60	n.d.	8.51
5% 90min	33.7	> 60	n.d.	8.55
10% 30min	33.7	> 60	n.d.	8.56
10% 45min	34.5	> 60	n.d.	8.08
10% 60min	35.1	> 60	n.d.	8.56
10% 75min	32.8	> 60	n.d.	8.53
10% 90min	32.7	> 60	n.d.	8.53
15% 30min	32.4	> 60	n.d.	8.54
15% 45min	31.8	> 60	n.d.	8.52
15% 60min	33.2	> 60	n.d.	8.54
15% 75min	33.4	> 60	n.d.	8.54
15% 90min	32.8	> 60	n.d.	8.56

จากสมบัติของเส้นใยกัญชงในตารางที่ 4.3 พบว่า เส้นใยกัญชงมีความแข็งแรงมากกว่า 60 gForce ในทุก ๆ สภาวะการเตรียม เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเครื่องมือที่ไม่สามารถอ่านค่าที่มากกว่า 60 ได้ จึงทำให้อ่านค่าการยืดตัวของเส้นใยไม่ได้ด้วย อย่างไรก็ตามค่าความแข็งแรงของเส้นใยกัญชงมีค่าสูงกกว่าฝ้ายมาก

เส้นใยกัญชงที่เตรียมได้มีขนาดเส้นใยที่ใหญ่กว่าฝ้ายและการใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเวลาที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อขนาดของเส้นใยอย่างมีนัยสำคัญ ในด้านความยาวของเส้นใย เส้นใยกัญชงมีความยาวใกล้เคียงกับฝ้าย ซึ่งทำให้สามารถนำเส้นใยนี้ไปปั่นในระบบการปั่นด้ายฝ้ายได้

4.5 การปั่นด้ายจากเส้นใยกัญชงผสมฝ้าย

สกัดเส้นใยกัญชงด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที ล้างน้ำให้สะอาด ทำให้เส้นใยเป็นกลาง และตากให้แห้ง จากนั้นนำเส้นใยกัญชงผสมกับฝ้ายในอัตราส่วน 40 ต่อ 60 และผ่านเข้ากระบวนการปั่นด้ายแบบวงแหวนที่บริษัท เอราวัณสิ่งทอ จำกัด เพื่อปั่นเส้นด้ายเบอร์ 20 Ne ลักษณะสไลเวอร์และเส้นด้ายจากเส้นใยหมากผสมฝ้ายแสดงในภาพที่ 4.7-4.8

ภาพที่ 4.7 สไลเวอร์ของใยกัญชงผสมฝ้าย ที่อัตราส่วน 40:60

ภาพที่ 4.8 เส้นด้ายเบอร์ 20 Ne

นำเส้นด้ายจากเส้นใยกัญชงผสมฝ้ายไปทดสอบสมบัติของเส้นด้าย เช่น ความสม่ำเสมอ ความแข็งแรง การยืดตัว ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สมบัติของเส้นด้ายจากใยกัญชงผสมฝ้าย

สมบัติ	เส้นด้ายจากใยกัญชงผสมฝ้าย	เส้นด้ายฝ้าย
ความสม่ำเสมอ (%)	19.39	12.32
ความแข็งแรง (gf)	426.7	466.50
การยืดตัว (%)	5.91	5.70
ปุ่มปม (ปริมาณ Nep ต่อความยาว 1 กิโลเมตร)	4872	240

สมบัติของเส้นด้ายเบอร์ 20 Ne ทั้งจากฝ้ายล้วนและเส้นใยกัญชงผสมฝ้าย พบว่า เส้นด้ายจากใยกัญชงผสมฝ้ายมีความแข็งแรงน้อยกว่าเส้นด้ายจากฝ้ายล้วนเล็กน้อย แต่ร้อยละการยืดตัวของเส้นด้ายจากใยกัญชงผสมฝ้ายมีค่าสูงกว่าเส้นด้ายฝ้ายล้วนเล็กน้อย ในด้านความสม่ำเสมอของเส้นด้ายนั้น พบว่าเส้นใยกัญชงผสมฝ้ายมีค่าความสม่ำเสมอมากกว่าเส้นด้ายจากฝ้ายล้วน ค่าความสม่ำเสมอนี้ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of variation) ซึ่งหมายถึงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ย ดังนั้นค่าความสม่ำเสมอยิ่งน้อย แสดงว่า มีการเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยน้อย เส้นด้ายจึงมีความสม่ำเสมอมาก จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 จึงสามารถสรุปได้ว่าเส้นด้ายจากฝ้ายล้วนมีความสม่ำเสมอมากกว่าเส้นด้ายจากเส้นใยกัญชงผสมฝ้าย ส่วนปริมาณปุ่มปมของเส้นด้าย พบว่า เส้นด้ายจากเส้นใยกัญชงผสมฝ้ายมีปริมาณปุ่มปมมากกว่าเส้นด้ายจากฝ้ายล้วน ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติของเส้นใยกัญชงมีความแตกต่างจากเส้นใยฝ้าย เช่น ด้านความนุ่มและขนาดของเส้นใย ดังนั้นเมื่อนำเส้นใยกัญชงผสมกับเส้นใยฝ้าย จึงไม่สามารถรวมตัวเข้ากันได้ดีเมื่อเทียบกับเส้นใยฝ้ายล้วน ปริมาณปุ่มปมบนเส้นด้ายจึงมีมากกว่า อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาสมบัติของเส้นด้ายจากเส้นใยกัญชงผสมฝ้ายในด้านความแข็งแรง (มากกว่า 200) และร้อยละการยืดตัว (มากกว่าร้อยละ 4) แล้วนั้น พบว่าสมบัติของเส้นด้ายมีความเหมาะสมในการนำไปทอได้ ซึ่งผ้าจากเส้นด้ายจากเส้นใยกัญชงผสมฝ้ายแสดงในภาพที่ 4.9

ภาพที่ 4.9 ผ้าจากเส้นด้ายจากเส้นใยกัญชงผสมฝ้าย

4.5 สมบัติการต้านเชื้อรา

ทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อราชนิด *Aspergillus* niger ของกัญชงเทียบกับฝ้าย ที่ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สมบัติการต้านเชื้อรา

เชื้อรา	ตัวอย่าง	เกรด	ภาพ
Aspergillus niger	ผ้าฝ้าย	5	
	กัญชง	2	

หมายเหตุ		
	ไม่มีการเจริญเติบโต	เกรด 0
	พบการเจริญภายใต้กล้องจุลทรรศน์	เกรด 1
	เห็นการเจริญเติบโตด้วยตาเปล่า น้อยกว่าร้อยละ 10	เกรด 2
	เห็นการเจริญเติบโตด้วยตาเปล่า ร้อยละ 10-30	เกรด 3
	เห็นการเจริญเติบโตด้วยตาเปล่า ร้อยละ 30-60	เกรด 4
	เห็นการเจริญเติบโตด้วยตาเปล่า มากกว่าร้อยละ 60	เกรด 5

เมื่อทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อราของผ้าฝ้ายเทียบกับกัญชง (ตารางที่ 4.5) พบว่า กัญชงสามารถต้านทานเชื้อราได้ดีกว่าฝ้ายมาก ซึ่งเป็นสมบัติเด่นข้อหนึ่งของผ้าชนิดนี้ที่เหนือกว่าฝ้าย ผ้าชนิดนี้จึงเหมาะกับประเทศไทยที่เป็นประเทศร้อนชื้น ที่มีโอกาสเกิดเชื้อราบนผ้าได้ง่าย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการผลิตเส้นด้ายจากใยกัญชงด้วยระบบการผลิตเส้นด้ายแบบวงแหวน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. เส้นใยกัญชงที่สกัดได้มีความแข็งแรงสูงมาก
2. ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเวลาที่ใช้ในการสกัดเส้นใยไม่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและเชิงกลอย่างมีนัยสำคัญ
3. ใช้เส้นใยกัญชงผสมฝ้ายในอัตราส่วน 40 ต่อ 60 ในระบบการปั่นด้ายแบบวงแหวนเพื่อปั่นเส้นด้ายเบอร์ 20 Ne ได้
4. เส้นด้ายจากเส้นใยกัญชงผสมฝ้ายมีความแข็งแรงต่ำกว่า แต่มีร้อยละการยืดตัวสูงกว่าเส้นด้ายจากฝ้ายล้วนเล็กน้อย

บรรณานุกรม

“การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกัญชากับกัญชง” ม.ป.ป. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www1.oncb.go.th/document/article05041901.htm (วันที่สืบค้น 8 กุมภาพันธ์ 2557)

ชุติมา อธิคมธร. ม.ป.ป. “มารู้จักกัญชงกันเถอะ” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.tak.doae.go.th/KM%20Pobpra01.pdf (วันที่สืบค้น 9 กุมภาพันธ์ 2557)

ประภัสสร ทิพย์รัตน์ พิภพ ชำนิวิกัยพงศ์ สิโรตม์ ชูติวัตร. 2551. ปริมาณสารสำคัญในกัญชง. รายงานการวิจัย. เสนอต่อ สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด. 66 หน้า.

ประภัสสร ทิพย์รัตน์ และชัยพัฒน์ ธิตะจารี. 2550. การวิเคราะห์สาร THC และCBD และการศึกษาอัตราส่วนของ THC และCBD ในเฮมพ์. รายงานการวิจัย เสนอต่อสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 27 หน้าพระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ พ.ศ.2522

ปอแก้ว 2554. [ออนไลน์] http://www.rakbankerd.com/agriculture/open.php?id=524&s=tblplant (เข้าถึงเมื่อ 8 กันยายน 2555)

เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์. 2549. ม่าง (กัญชง) กับภูมิปัญญาของชาวไทยเผ่าม้ง. รายงานการวิจัย ในโครงการวิจัยและพัฒนาพืชกัญชงเพื่ออุตสาหกรรมกระดาษและสิ่งทอปี 2546-2548. 23 หน้า.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2554. “เภสัช มช. วิจัยแยกกัญชงจากกัญชา พัฒนาพืชเส้นใยสู่สุขภาพและความงาม” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.prcmu.cmu.ac.th/perin_detail.php?perin_id=277 (วันที่สืบค้น 9 กุมภาพันธ์ 2557)

วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. 2542. วิทยาศาสตร์เส้นใย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วุฒิ บุญญานพคุณ. 2010. “แนวโน้มตลาดผลิตภัณฑ์สิ่งทออินทรีย์” ฝ่ายอุตสาหกรรมเชิงเศรษฐนิเวศ สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.nia.or.th/innolinks/page.php?issue=201011&section=6 (วันที่สืบค้น 8 กุมภาพันธ์ 2557)

อุษา แสงวัฒนาโรจน์. 2011. “อุตสาหกรรมเส้นใยและเส้นด้ายในตลาดโลก”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ttistextiledigest.com/articles/industry-outlook/item/3923 (วันที่สืบค้น 3 กุมภาพันธ์ 2557)

องค์การสวนพฤกษศาสตร์. 2553. “การศึกษากัญชงเพื่อพัฒนาเป็นพืชเศรษฐกิจ”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.qsbg.org/ABSTRACT/Hemp/Hemp.pdf (วันที่สืบค้น 3 กุมภาพันธ์ 2557)

องค์การไอซ่า. 2002. “ฝ้ายบีทีมีผลต่อการลดลงของสารกำจัดแมลงศัตรูพืชอย่างเด่นชัด”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://library.uru.ac.th/webdb/images/article009.htm (วันที่สืบค้น 9 กุมภาพันธ์ 2557)

Hatch, Kathryn L. 1993. Textile Science. Minneapolis/Saint Paul: West Pub

“Hemp กัญชง” 2555. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://hempchiangmaithailand.blogspot.com/2012/02/hemp.html (วันที่สืบค้น 8 กุมภาพันธ์ 2557)

“Hemp textile properties” 2012. [online]. Avaiable: http://www.hemptraders.com/Hemp-Textile-Properties-s/1881.htm (Retrived January 11, 2014).

How is fiber extracted from plants? 2006. [online] Available: http://www.wisedude.com/science_engineering/fiber.htm (Retrieved September, 8 2011)

Kathy. 2012. “Linen and hemp”. [online]. Avaiable: http://valleysock.com/uncategorized/linen-and-hemp/ (Retrived March 11, 2013)