

การแยกเส้นใยไผ่จากตะเกียบเพื่อใช้ในการปั่นเส้นด้ายด้วยระบบวงแหวน Separation of Bamboo Fibers from Chopsticks for Yarn Production using Ring Spinning System

จำลอง สารีกานนท์^{1*}, จารุวรรณ ดอกพิกุล¹, นิชาธิศม์ นาสวาส¹, ชลธิชา สารีกานนท์¹

¹คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน: จำลอง สารีกานนท์ Email: chamlong.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแยกเส้นใยจากตะเกียบไผ่ที่เหลือใช้ สำหรับนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายด้วยระบบวงแหวน ซึ่งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มและส่งเสริมแนวคิดแฟชั่นยั่งยืนในอุตสาหกรรมสิ่งทอ กระบวนการประกอบด้วย การแยกเส้นใยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 100 กรัมต่อลิตร ที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที แล้วนำไปผ่านการบดเชิงกล จากนั้นนำเส้นใยไปฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 9 กรัมต่อลิตร ที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ซึ่งให้ระดับความขาวที่โดดเด่นและคงความแข็งแรงของเส้นใยไว้ได้ดี ตามด้วยการลดขนาดเส้นใยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส 5 กรัมต่อลิตร ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที เพื่อเพิ่มความละเอียดและความอ่อนนุ่ม ผลการทดลองปั่นเส้นด้ายด้วยระบบวงแหวน พบว่าสามารถปั่นผสมเส้นใยพอลิเอสเตอร์และเส้นใยไผ่ได้สำเร็จที่อัตราส่วน 65:35 และ 50:50 แม้ว่าความสม่ำเสมอของเส้นด้ายจะยังคงเป็นข้อจำกัดจากการขาดของเส้นใยระหว่างการสาง และไม่สามารถปั่นเส้นใยไผ่ล้วนร้อยละ 100 ได้เนื่องจากเส้นใยมีน้ำหนักมากและสั้นเกินไป แต่งานวิจัยนี้ได้พิสูจน์ให้เห็นถึงศักยภาพในการนำขยะไผ่มาหมุนเวียนใช้เป็นวัตถุดิบทางสิ่งทอ ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดในการผลิตสินค้าแฟชั่นไลฟ์สไตล์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยลดปริมาณขยะได้อย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ: เส้นใยไผ่, การสกัดเส้นใย, เอนไซม์เซลลูเลส, การปั่นด้ายระบบวงแหวน, แฟชั่นยั่งยืน, การรีไซเคิลสิ่งทอ

Abstract

This research investigates the extraction of fibers from discarded bamboo chopsticks for yarn production using a ring spinning system, aiming to add value to waste materials and promote sustainable fashion in the textile industry. The extraction process involved boiling the chopsticks in 100 g/L sodium hydroxide at 105°C for 60 minutes, followed by mechanical grinding. The extracted fibers were optimally bleached using 9 g/L hydrogen peroxide at 100°C for 60 minutes, providing excellent whiteness while maintaining structural strength. Subsequent enzymatic treatment with 5 g/L cellulase at 60°C for 90 minutes significantly improved fiber fineness and softness. For yarn spinning, blending polyester with bamboo fibers at ratios of 65:35 and 50:50 was successfully achieved using a ring spinning system. However, yarn evenness was limited due to fiber breakage during the carding process. Moreover, producing 100% bamboo yarn was not feasible, as the fibers' short length and high weight prevented proper web formation during carding.

Despite these challenges, this study demonstrates the high potential of upcycling bamboo waste into textile raw materials. The findings pave the way for eco-friendly lifestyle fashion products and contribute to the circular economy by effectively reducing natural waste.

Keywords: Bamboo fiber, Fiber extraction, Cellulase enzyme, Ring spinning, Sustainable fashion, Textile recycling

1. บทนำ

ในปัจจุบัน งานอุตสาหกรรมการแปรรูปไม้ไผ่ได้เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น เครื่องตกแต่งบ้าน, วัสดุก่อสร้าง, เฟอร์นิเจอร์ และอุปกรณ์ใช้สอย เช่น ตะเกียบไม้ไผ่ ซึ่งมีสัดส่วนของวัสดุจากไม้ไผ่สูงถึง 90% การใช้ไม้ไผ่จึงเป็นทางเลือกที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม ตะเกียบไม้ไผ่ที่ใช้แล้วมักถูกทิ้งไป เนื่องจากไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้เนื่องจากความชื้นที่ทำให้เกิดเชื้อรา ซึ่งถือเป็นการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว การศึกษาเกี่ยวกับการนำตะเกียบไม้ไผ่ที่ใช้แล้วมาแปรรูปเป็นเส้นใยธรรมชาติจึงมีความสำคัญ โดยเฉพาะในด้านการผลิตเส้นใยสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งกำลังขยายตัวอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน โดยเฉพาะในกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม [1] การแยกเส้นใยจากตะเกียบไม้ไผ่ที่มีเซลลูโลสในปริมาณมากสามารถนำมาใช้ผลิตเส้นใยธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ [2] ซึ่งจะช่วยลดปริมาณขยะจากวัสดุเหลือใช้ และส่งเสริมการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด

นอกจากนี้ การใช้กระบวนการทางเคมีและเชิงกลในการแยกเส้นใยสามารถพัฒนาเป็นนวัตกรรมใหม่ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม [3] การวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาและพัฒนาวิธีการแยกเส้นใยจากตะเกียบไม้ไผ่เพื่อผลิตเส้นด้ายด้วยระบบวงแหวน ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้ ผู้จัดทำมีความสนใจที่จะศึกษาลักษณะของตะเกียบไม้ไผ่เพื่อสร้างเป็นนวัตกรรมเกี่ยวกับเส้นใยธรรมชาติ เนื่องจากไม้ประกอบไปด้วยเซลลูโลสจำนวนมาก ซึ่งเหมาะสำหรับนำมาแยกเป็นเส้นใยเพื่อใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทางสิ่งทอ และในปัจจุบันอุตสาหกรรมสิ่งทอได้มีการพัฒนาการผลิตเส้นใยที่หลากหลายมากขึ้นทั้งด้านเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ ทางคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะนำตะเกียบไม้ไผ่มาแยกเป็นเส้นใยเพื่อใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทางสิ่งทอ ลดการย่อยสลายขยะจากวัสดุธรรมชาติในสิ่งแวดล้อมโดยอาศัยกระบวนการทางเคมีและเชิงกล

2. วิธีการศึกษา

2.1 วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี

- (1) ตะเกียบไม้ไผ่เหลือใช้จากร้านอาหารทั่วไป
- (2) เส้นใยพอลิเอสเตอร์
- (3) NaClO_2 (Sodium chlorite)
- (4) Acetic acid (CH_3COOH)
- (5) Hydrogen peroxide (H_2O_2)
- (6) Sodium hydroxide (NaOH)
- (7) Soaping agent (Sofinol XP-18)
- (8) Stabilizer (Oxytab OST)
- (9) Cellulases enzyme (Denazyme 404)

- (10) เครื่องสาวใย (Carding machine) MESDANLAB, PISIT INTERGROUPCO., LTD
- (11) เครื่องลดขนาด (Roving machine) MESDAN s.p.a ITALY, MODEL: MINISTIRALAB, TYPE: 3371, SERIAL N.21, YEAR: 2011
- (12) เครื่องปั่นด้าย (Ring Spinning machine) MESDAN LAB, PISIT INTERGROUPCO., LTD
- (13) กล้องจุลทรรศน์ Nikon SMZ1500 (NIKON COR PORATION, JAPAN)
- (14) เครื่องเพจเกจ HISAKA WORKS.LTD
- (15) เครื่องย้อมอัตโนมัติระบบอินฟาเรด Starlet-3
- (16) เครื่องบดตะเกียบ

2.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกเส้นใย

- 2.1.1 นำตะเกียบไม้ไฟตัดแบ่งให้มีขนาดความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ล้างน้ำให้สะอาด
- 2.1.2 นำตะเกียบไม้ไฟมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำโดยใช้อัตราส่วนระหว่างวัสดุต่อน้ำ (Liquor ratio, LR) ที่ 1:15
- 2.1.3 ต้มตะเกียบไม้ไฟเป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องย้อมอัตโนมัติระบบอินฟาเรด และใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 กรัมต่อลิตร
- 2.1.4 นำตะเกียบไม้ไฟมาล้างน้ำสะอาด และนำไปบดด้วยเครื่องบดให้แยกออกจากกัน และใช้มือฉีกแยกเส้นใยออก จากนั้นล้างน้ำสะอาด ตากให้แห้ง
- 2.1.5 จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการแยกเส้นใยโดยสังเกตจากลักษณะการแตกตัวของเส้นใย โดยเลือกเส้นใยที่ดีที่สุด และไม่เปียกไปดำเนินการทดลองในขั้นตอนต่อไป

2.3 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกขาวเส้นใย

นำเส้นใยไม้ไฟให้ผลการแยกที่ดีที่สุดจากขั้นตอนข้างต้นมาฟอกขาวโดยการเปรียบเทียบสารฟอกด้วย โซเดียมคลอไรด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์[4-7] โดยการฟอกด้วยเครื่องย้อมอัตโนมัติระบบอินฟาเรดโดยใช้สูตรการฟอกดังต่อไปนี้

2.3.1 โซเดียมคลอไรด์

- โซเดียมคลอไรด์ใช้ความเข้มข้นที่ 10, 15, 20 และ 25 กรัมต่อลิตร
- กรดอะซิติก 2 กรัมต่อลิตร

ใช้อัตราส่วนระหว่างวัสดุต่อน้ำ (Liquor ratio, LR) ที่ 1:15 โดยใช้อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 60 นาที

2.3.2 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

- ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ใช้ความเข้มข้นที่ 5, 7, 9 และ 11 กรัมต่อลิตร
- Stabilizer 3 กรัมต่อลิตร
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กรัมต่อลิตร
- โซฟีนอล 2 กรัมต่อลิตร

ใช้อัตราส่วนระหว่างวัสดุต่อน้ำ (Liquor ratio, LR) ที่ 1:15 โดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที นำเส้นใยไม้ไฟมาล้างน้ำสะอาดอีกครั้งและนำเข้าเครื่องสไลต์น้ำและผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเปรียบเทียบผลการฟอกโดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของเส้นใยและความขาว เลือกผลการฟอกที่ดีที่สุดไปทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป

2.4 การลดขนาดเส้นใยด้วยเอนไซม์

นำเส้นใยไม้ไฟให้ผลการฟอกขาวที่ดีที่สุดมาทำการลดขนาดด้วยเอนไซม์เซลลูเลสโดยใช้สูตร ดังนี้

- 1. สารเอนไซม์เซลลูเลส (Enzyme DP-198) 5 กรัมต่อลิตร

2. กรดอะซิติก 0.5 กรัมต่อลิตร
 3. ทำการต้มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที
- นำเส้นใยไฟลางน้ำสะอาดและนำมาสไลด์น้ำหลังจากนั้นทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องจากนั้นวิเคราะห์ผล จากลักษณะทางกายภาพของเส้นใย

2.5 การปั่นผสมเส้นใย (Carding Machine)

2.5.1 การสาางใย

นำเส้นใยไฟที่ที่ดีที่สุดเข้าเครื่องสาางใยเพื่อให้เส้นใยฟูและแยกออกจากกัน จากนั้นผสมกับเส้นใยพอลิเอสเตอร์และเส้นใยด้วยอัตราส่วน 0:100, 50:50 และ 65:35 โดยทำการสาางจำนวน 3 รอบเพื่อให้เส้นใยเป็นเนื้อเดียวกันจนได้เป็นแผ่นเส้นใย (web) บ่อนเส้นใยเข้าเครื่องรีดปุยโดยทำการรีดปุย 2 รอบ จากนั้นนำเส้นสไลเวอร์ (sliver) ที่ได้จากการรีดปุยเข้าสู่ขั้นตอนลดขนาดเส้นใยด้วยเครื่องรีดปุย และบ่อนสไลเวอร์ (sliver) เข้าเครื่องเพื่อลดขนาดจะได้เป็นเส้นโรฟวิ่ง (roving) ที่พันเข้าหลอดโรฟวิ่ง (roving bobbin) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เส้นสไลเวอร์เข้าสู่ขั้นตอนลดขนาดเส้นใยด้วยเครื่องรีดปุย

2.6 การปั่นเส้นด้ายด้วยระบบวงแหวน

นำเส้นใยที่ได้จากการโรฟวิ่งนำมาเข้าเครื่องปั่นเส้นด้าย (Spinning machine) โดยหลอดโรฟวิ่งจะห้อยอยู่ตอนบนของเครื่องจากนั้นปรับสภาวะในการปั่นให้เหมาะสมด้วยระบบวงแหวน

3. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

การศึกษากการแยกเส้นใยไฟจากตะเกียบเพื่อใช้ในการปั่นเส้นด้ายด้วยระบบวงแหวนนี้ ครอบคลุมขอบเขตการศึกษาได้แก่ กระบวนการแยกเส้นใย กระบวนการฟอกขาว การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดขนาดเส้นใยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส ตลอดจนอัตราส่วนในการผสมเส้นใย

3.1 ผลการศึกษาการแยกเส้นใยไฟ

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีต่อการแยกตัวและลักษณะทางกายภาพของเส้นใยจากตะเกียบไม้ไฟ เพื่อประเมินความเหมาะสมก่อนนำไปเข้าสู่กระบวนการบดแยกเส้นใยต่อไป ผลการทดสอบได้แสดงไว้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ต่อการแยกตัวและลักษณะทางกายภาพของเส้นใยผ้า

ความเข้มข้นของ โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) อุณหภูมิ 105 °C เวลา 60 นาที	ภาพลักษณะเส้นใย	ลักษณะเส้นใยผ้า
20		ตะเกียบไผ่ยังคงความแข็ง ไม่อ่อนตัว และไม่สามารถนำไปดแยกเป็นเส้นใยได้
40		ตะเกียบยังคงความแข็ง เมื่อผ่านเครื่องบดแล้วเส้นใยไม่สามารถแตกตัวหรือแยกออกจากกันได้
60		ตะเกียบเริ่มมีความอ่อนนุ่มลง แต่ยังไม่เพียงพอต่อการนำไปดแยกเส้นใยด้วยเครื่องบด
80		ตะเกียบมีความอ่อนนุ่มลง สามารถใช้เครื่องบดแยกเส้นใยได้ (แต่ไม่สามารถแยกด้วยมือเปล่า) อย่างไรก็ตาม เส้นใยยังคงเกาะตัวและแยกออกจากกัน得不สมบูรณ์
100		ตะเกียบมีความอ่อนนุ่มมากจนสามารถแยกได้ด้วยมือ เมื่อผ่านเครื่องบดเส้นใยสามารถแยกตัวออกจากกันได้ดีมาก เส้นใยที่ได้มีความละเอียดและมีความยาวสม่ำเสมอ
120		ตะเกียบอ่อนตัวมากเกินไป เมื่อผ่านเครื่องบดเส้นใยเกิดการเปื่อยยุ่ยและสูญเสียความแข็งแรง ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการต่อไปได้

จากผลการทดลองในตารางที่ 1 พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ 100 กรัมต่อลิตร เป็นสถานะที่เหมาะสมที่สุดในการแยกเส้นใย เนื่องจากโครงสร้างของไผ่มีความอ่อนนุ่มและสามารถแยกตัวออกจากกันได้ดี เมื่อผ่านเครื่องบด อีกทั้งเส้นใยที่ได้ยังมีความละเอียดและมีความยาวสม่ำเสมอ จึงถูกคัดเลือกเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการฟอกขาวในขั้นตอนต่อไป

3.2 ผลการศึกษาหาสถานะที่เหมาะสมในการฟอกขาวเส้นใย

3.2.1 ผลของการฟอกขาวด้วยโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ [7] จากการเปรียบเทียบลักษณะของเส้นใยหลังผ่านกระบวนการฟอกขาว ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะของเส้นใยไหม่หลังผ่านการฟอกขาวด้วยโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นของ โซเดียมคลอไรด์ (NaClO_2) g/l ที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 60 นาที	ภาพลักษณะ เส้นใย	ลักษณะเส้นใยไหม่
10		สีและระดับความขาวของเส้นใย ไม่มีความแตกต่างจากเส้นใยก่อนผ่านการฟอกอย่างชัดเจน
15		เส้นใยมีความขาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เริ่มพบการเปื่อยยุ่ยของเส้นใย
20		เส้นใยมีความขาวเพิ่มมากขึ้น แต่พบการเปื่อยยุ่ยอย่างเห็นได้ชัด
25		เส้นใยมีความขาวในระดับที่ดีมาก แต่เกิดการเปื่อยยุ่ยและสูญเสียความแข็งแรงของเส้นใย

3.2.2 ผลของการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ จากการเปรียบเทียบลักษณะของเส้นใยหลังผ่านกระบวนการฟอกขาว ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะของเส้นใยไหม่หลังผ่านการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นของ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) g/l ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 60 นาที	ภาพลักษณะ เส้นใย	ลักษณะเส้นใยไหม่
5		ระดับความขาวของเส้นใยไม่มีความแตกต่างจากเส้นใยก่อนผ่านการฟอก
7		เส้นใยเริ่มมีความขาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับก่อนการฟอก
9		เส้นใยมีความขาวเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และยังคงสภาพความแข็งแรงไว้ได้ดี

ความเข้มข้นของ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(H_2O_2) g/L ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 60 นาที	ภาพลักษณะ เส้นใย	ลักษณะเส้นใยไฟ
11		ระดับความขาวของเส้นใยไม่แตกต่างจากที่ ความเข้มข้น 9 กรัมต่อลิตร อย่างเด่นชัด และ เส้นใยยังคงความแข็งแรง

จากตารางที่ 3 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการฟอกขาวคือ การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 9 กรัมต่อลิตร เนื่องจากเป็นจุดที่เส้นใยมีความขาวเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดและยังคงความแข็งแรงไว้ได้ดีเยี่ยม การเพิ่มความเข้มข้นเป็น 11 กรัมต่อลิตรไม่ได้ทำให้ระดับความขาวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดสารเคมีและลดผลกระทบต่อโครงสร้างเส้นใยในระยะยาว จึงเลือกความเข้มข้นที่ 9 กรัมต่อลิตร เพื่อนำไปศึกษาในกระบวนการลดขนาดด้วยเอนไซม์ต่อไป

3.3 ผลการศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมในการลดขนาดเส้นใยด้วยเอนไซม์

นำเส้นใยที่ฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 9 กรัมต่อลิตร ที่ให้ความขาวอยู่ในระดับดีและยังคงความแข็งแรงของเส้นใยมาทำการลดขนาดด้วยเอนไซม์เซลลูเลสเพื่อลดขนาดเส้นใยเพิ่มความอ่อนนุ่ม โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส (Denazyme 404) 5 กรัมต่อลิตร กรดอะซิติก 0.5 กรัมต่อลิตร และทำการต้มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที แสดงผลการศึกษาดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลของระยะเวลาในการใช้เอนไซม์เซลลูเลสต่อลักษณะทางกายภาพของเส้นใยไฟ

ระยะเวลา(นาที)	ภาพลักษณะเส้นใย	ลักษณะเส้นใยไฟ
30		เส้นใยเริ่มมีความอ่อนนุ่มขึ้นเล็กน้อย และยังคงระดับความแข็งแรงไว้ได้
60		เส้นใยมีความอ่อนนุ่มเพิ่มขึ้นจากสภาวะ 30 นาทีอย่างเห็นได้ชัด โดยยังคงรักษาระดับความแข็งแรงไว้ได้ดี
90		เส้นใยมีความละเอียดและอ่อนนุ่มมากที่สุดเมื่อเทียบกับทุกสภาวะ โดยยังคงความแข็งแรงเพียงพอต่อการนำไปใช้งาน

จากตารางที่ 4 พบว่าความละเอียดและความอ่อนนุ่มของเส้นใยแปรผันตรงกับระยะเวลาการต้ม โดยสภาวะที่ 90 นาที มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากโครงสร้างเส้นใยแยกตัวได้ดี ทำให้มีความละเอียดและอ่อนนุ่มเด่นชัดกว่าสภาวะอื่น ๆ โดยที่ยังรักษาระดับความแข็งแรงไว้ได้เพียงพอต่อการนำไปปั่นเป็นเส้นด้าย

3.4 ผลการศึกษาการปั่นเส้นด้าย (Carding Machine)

จากการนำเส้นใยไฟเบอร์ผ่านการลดขนาดมาผสมกับเส้นใยพอลิเอสเตอร์ด้วยเครื่องสายใย โดยใช้อัตราส่วนพอลิเอสเตอร์ต่อเส้นใยไฟเบอร์ร้อยละ 0:100, 65:35 และ 50:50 พบว่าในระหว่างกระบวนการ เส้นใยไฟเบอร์บางส่วนเกิดการขาดและติดสะสมที่เครื่องสายใย สำหรับอัตราส่วนร้อยละ 0:100 (เส้นใยไฟเบอร์ล้วน) ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นเส้นใยได้ เนื่องจากเส้นใยมีน้ำหนักมากและขาดความสามารถในการเกาะเกี่ยวกัน (Cohesion) อย่างไรก็ตาม ที่อัตราส่วนร้อยละ 65:35 เส้นใยสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ดีและมีการกระจายตัวเข้ากันได้ดีกว่าอัตราส่วนร้อยละ 50:50 ต่อมาเมื่อนำแผ่นเส้นใยไปผ่านเครื่องรีดปุ๋ยเพื่อผลิตเป็นเส้นสลิเวอร์ (sliver) และเส้นโรฟวิ้ง (roving) ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพพบว่า เส้นโรฟวิ้งจากอัตราส่วนผสมร้อยละ 65:35 (ดังรูปที่ 2(ก)) มีความสม่ำเสมอของเส้นใยดีกว่าอัตราส่วนผสมร้อยละ 50:50 (ดังรูปที่ 2(ข))



(ก) อัตราส่วนผสม 65:35



(ข) อัตราส่วนผสม 50:50

รูปที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของเส้นโรฟวิ้ง (roving) จากเส้นใยพอลิเอสเตอร์ผสมเส้นใยไฟเบอร์

การนำเส้นโรฟวิ้งเข้าสู่กระบวนการปั่นเป็นเส้นด้ายด้วยระบบวงแหวน (Ring spinning system) แสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนพอลิเอสเตอร์ต่อเส้นใยไฟเบอร์ร้อยละ 65:35 (ดังรูปที่ 3(ก)) สามารถขึ้นรูปเส้นด้ายได้สม่ำเสมอมาก โดยปริมาณพอลิเอสเตอร์ที่สูงช่วยให้การเกลียวแน่นและได้เส้นด้ายขนาดเล็ก อย่างไรก็ตาม ยังพบความไม่สม่ำเสมอของขนาดเส้นด้าย (Thick and thin places) และลักษณะขนเส้นด้าย (Hairiness) จากเส้นใยไฟเบอร์ ซึ่งสร้างมิติบนผิวสัมผัสแต่อาจลดความเรียบเนียนของผืนผ้าเมื่อนำไปทอ สำหรับอัตราส่วนร้อยละ 50:50 (ดังรูปที่ 3(ข)) สามารถขึ้นรูปเส้นด้ายได้เช่นกัน แต่มีระดับความสม่ำเสมอต่ำ เนื่องจากการเพิ่มสัดส่วนของเส้นใยไฟเบอร์ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าพอลิเอสเตอร์ ส่งผลให้เกิดปม (Neps) หรือความหนาไม่สม่ำเสมอตลอดความยาวเส้นด้ายอย่างเห็นได้ชัด



(ก) อัตราส่วนผสม 65:35

(แสดงความสม่ำเสมอของเส้นด้าย)



(ข) อัตราส่วนผสม 50:50

(แสดงลักษณะปมบนเส้นด้าย)

รูปที่ 3 ลักษณะของเส้นด้ายที่ผ่านกระบวนการปั่นด้วยระบบวงแหวน

4. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องการแยกเส้นใยไผ่จากตะเกียบเพื่อใช้ในกระบวนการปั่นเส้นด้ายระบบวงแหวน ได้ครอบคลุมถึงการหาสภาวะที่เหมาะสมในขั้นตอนต่าง ๆ ตลอดจนการประเมินศักยภาพการนำไปใช้จริง ผลการทดลองพบว่า ตะเกียบไผ่ที่ผ่านการทำความสะอาดและตัดให้มีความยาว 5 เซนติเมตร สามารถแยกเส้นใยได้ดีที่สุดเมื่อผ่านการต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 100 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ควบคู่กับการบดเชิงกล ซึ่งให้ผลลัพธ์เส้นใยที่มีความละเอียดและมีความสม่ำเสมอของความยาวอยู่ในเกณฑ์ดี

ในส่วนของการปรับปรุงคุณภาพเส้นใย การฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 9 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ให้ประสิทธิภาพด้านความขาวที่สูงกว่าการฟอกด้วยโซเดียมคลอไรด์ โดยที่เส้นใยยังคงรักษาความแข็งแรงของโครงสร้างไว้ได้โดยไม่เกิดการเปื่อยยุ่ย นอกจากนี้ เมื่อนำเส้นใยมาลดขนาดด้วยเอนไซม์เซลลูเลส ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที พบว่าเส้นใยมีความละเอียดเพิ่มขึ้น และมีความอ่อนนุ่มมากกว่าเส้นใยที่ไม่ผ่านกระบวนการปรับปรุงด้วยเอนไซม์อย่างชัดเจน

สำหรับการขึ้นรูปเป็นเส้นด้ายด้วยระบบวงแหวน พบว่าสามารถปั่นเส้นใยผสมระหว่างพอลิเอสเตอร์และเส้นใยไผ่ได้สำเร็จที่อัตราส่วน 65:35 และ 50:50 อย่างไรก็ตาม ความสม่ำเสมอของเส้นด้ายยังอยู่ในระดับที่ต้องพัฒนาต่อ เนื่องจากเส้นใยไผ่เกิดการขาดในช่วงการสาวเส้นใย (Carding) ทำให้มีความยาวที่แตกต่างจากเส้นใยพอลิเอสเตอร์ ทั้งนี้ การปั่นเส้นใยไผ่บริสุทธิ์ร้อยละ 100 ไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจากเส้นใยมีน้ำหนักมากและมีความยาวสั้นเกินไป ทำให้ไม่สามารถยืดเกาะกันเป็นแผ่นเส้นใย (Web) ได้ในขั้นตอนการสาว โดยเส้นใยจะร่วงหล่นที่บริเวณหลังเครื่อง

งานวิจัยนี้ถือเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญในการสนับสนุนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และการพัฒนาแฟชั่นยั่งยืน (Sustainable Fashion) ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ การเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้อย่างตะเกียบไผ่ ซึ่งมักถูกทิ้งและก่อให้เกิดปัญหาเชิงอรา ให้กลายเป็นเส้นใยทางเลือก ช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติใหม่และลดปริมาณขยะได้อย่างเป็นรูปธรรมในอนาคต เส้นด้ายพอลิเอสเตอร์ผสมเส้นใยไผ่ที่ได้จากกระบวนการนี้ สามารถนำไปต่อยอดในการทอผ้าเพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ไลฟ์สไตล์ (Lifestyle Products) ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ สามารถทำการศึกษาเพิ่มเติมในการปรับปรุงเทคนิคการสาวเพื่อลดการขาดของเส้นใย หรือทดลองปั่นผสมกับวัสดุธรรมชาติอื่น ๆ เพื่อเพิ่มความสม่ำเสมอของเส้นด้าย ซึ่งจะช่วยยกระดับนวัตกรรมสิ่งทอรักษ์โลกให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและตอบสนองต่อความต้องการของอุตสาหกรรมแฟชั่นยุคใหม่ได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Smith, J. (2020). Sustainable Bamboo Products: A Comprehensive Overview. *Journal of Environmental Materials*, 15(3), 45-60.
- [2] Chen, L., & Zhang, Y. (2021). Cellulose Extraction from Bamboo: Methods and Applications. *International Journal of Textile Science*, 12(2), 120-134.
- [3] Kumar, R., & Singh, P. (2022). Innovations in Textile Manufacturing: Eco-friendly Approaches. *Textile Research Journal*, 92(10), 1896-1907.
- [4] Hussin, M. H., & Muda, N. (2019). "Bleaching of Bamboo Fibers: A Review." *Journal of Natural Fibers*.
- [5] Saha, S., & Karmakar, S. (2020). "Eco-Friendly Bleaching of Natural Fibers: A Review." *Textile Research Journal*.
- [6] Zhou, G., & Wang, Y. (2017). "Bamboo Fiber: A New Source of Renewable Raw Material." *Journal of Cleaner Production*.

- [7] Yuan, Y., & Zhang, C. (2021). "Sustainable Bleaching of Natural Fibers with Hydrogen Peroxide." Sustainability.