

การศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของเส้นใยสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย นางแลและภูแล ในเขตจังหวัดเชียงราย

A STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES IN FIBERS OF PATTAWIA, NANGLAE, AND PHULAE PINEAPPLE GROWN IN CHIANGRAI PROVINCE

ถาวร อินทโร, สุบิน ใจทา, ปภาวดี เนตรสุวรรณ*

*Taworn Intaro, Subin Jaita, Paphawadee Netsuwan**

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai.

*Corresponding author, e-mail: papa28ja@gmail.com

Received: 14 November 2023; **Revised:** 2 May 2024; **Accepted:** 28 May 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของเส้นใยจากใบสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย นางแล และภูแล ในจังหวัดเชียงราย จากการผลิตเส้นใยด้วยวิธีเชิงกลจากนั้นนำเส้นใยที่ได้ไปทดสอบและวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ เช่น ลักษณะผิว ความละเอียด ความทนต่อแรงดึง ความเหนียว และความยืดตัว เป็นต้น และสมบัติทางเคมี เช่น ธาตุประกอบและสารประกอบสำคัญของเส้นใย จากการวิจัยพบว่า เส้นใยสับปะรดปัตตาเวียและนางแลมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 77.64 ± 24.89 ไมโครเมตร และ 80.82 ± 34.79 ไมโครเมตร ตามลำดับ ส่วนเส้นใยภูแลมีค่าประมาณ 67.32 ± 22.96 ไมโครเมตร ผลการวิเคราะห์ความละเอียดของเส้นใยปัตตาเวีย นางแล และภูแลมีค่า 52 54 และ 48 ดีเนียร์ เมื่อทดสอบความเค้นดึง พบว่าเส้นใยสับปะรดปัตตาเวีย นางแล และภูแลมีค่า 317.38 ± 102.91 , 308.75 ± 62.02 และ 244.65 ± 139.68 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ค่าความเหนียวเท่ากับ 4.42 ± 0.52 , 2.99 ± 0.39 และ 4.58 ± 1.02 กรัม/ดีเนียร์ ตามลำดับ และค่าความยืดตัว เท่ากับ 4.79 ± 0.85 , 4.76 ± 0.45 และ $7.38 \pm 1.77\%$ ตามลำดับ สำหรับผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี พบว่าเส้นใยทั้งสามชนิดมีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุคาร์บอนและออกซิเจน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์สารประกอบสำคัญของเส้นใย กล่าวคือ เส้นใยปัตตาเวียและนางแลมีปริมาณเซลลูโลส 47.62 และ 42.86% ตามลำดับ ในขณะที่เส้นใยภูแลมี 35.10% เมื่อวิเคราะห์ปริมาณเอมิเซลลูโลส พบว่าเส้นใยภูแลมีปริมาณมากที่สุด 36.73% ส่วนปัตตาเวียและนางแลมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 23.81 และ 22.86% ตามลำดับ สำหรับปริมาณลิกนินในเส้นใยทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณใกล้เคียงกัน คือ ปัตตาเวีย 20.00% นางแล 17.14% และภูแล 19.35% ผลการวิจัยสรุปได้ว่า เส้นใยทั้งสามชนิดมีสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี ที่สามารถใช้เป็นเส้นใยสำหรับสิ่งทอได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นใยภูแลที่มีเส้นเล็ก เหนียวและยืดหยุ่นได้ดี ทำให้เมื่อผลิตเป็นสิ่งทอจะทำให้ผู้สวมใส่รู้สึกสบาย นุ่มและเบา

คำสำคัญ: สับปะรดนางแล; สับปะรดภูแล; เส้นใยสับปะรด; สมบัติทางฟิสิกส์; สมบัติทางเคมี

Abstract

This research aims to study the physical and chemical properties of fibers from pineapple leaves of Pattawia, NangLae, and PhuLae which growing in Chiang Rai province. The fibers were produced using a mechanical method. Then, the obtained fibers were tested and analyzed for physical properties such as surface, fineness, tensile strength, tenacity, and elongation, as well as chemical properties such as their elements and major chemical composition. The research found that Pattawia and NangLae pineapple fibers had a mean diameter of 77.64 ± 24.89 and 80.82 ± 34.79 micrometers, respectively, while PhuLae fibers had approximately of 67.32 ± 22.96 micrometers. Regarding fineness of Pattawia, NangLae, and PhuLae fibers, they were 52, 54, and 48 deniers, respectively. Their tensile strengths were 317.38 ± 102.91 , 308.75 ± 62.02 , and 244.65 ± 139.68 megapascals, respectively. The tenacities were 4.42 ± 0.52 , 2.99 ± 0.39 , and 4.58 ± 1.02 grams/denier, respectively, and the elongations were 4.79 ± 0.85 , 4.76 ± 0.45 , and $7.38 \pm 1.77\%$, respectively. In terms of chemical properties, all three types of fibers primarily consisted of carbon and oxygen, which related to the result of the major chemical composition that is Pattawia and NangLae fibers had cellulose 47.62% and 42.86%, respectively, while PhuLae fibers had 35.10%. When analyzing the hemi-cellulose content, PhuLae fibers had the highest quantity at 36.73%, while Pattawia and NangLae had closely at 23.81% and 22.86%, respectively. Regarding lignin content, all three types had similar quantities, as follows, Pattawia is at 20.00%, NangLae is at 17.14%, and PhuLae is at 19.35%. In concluding, all three types of fibers possess physical and chemical properties suitable for textile use, particularly PhuLae fibers, which have fine fineness, tenacity and elongation. They fit to make a textile product and cause to feel comfortable and lightweight.

Keywords: NangLae Pineapple; PhuLae Pineapple; Pineapple Fibers; Physical Properties; Chemical Properties

บทนำ

สับปะรดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L.) Merr. เป็นสินค้าเกษตรที่มีชื่อเสียงในด้านการส่งออกและการบริโภคของจังหวัดเชียงราย จากข้อมูลของสำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย ปี พ.ศ. 2565 มีพื้นที่ปลูกสับปะรดในจังหวัดมากกว่า 6 แสนไร่ โดยสับปะรดที่ปลูกแบ่งเป็น 3 สายพันธุ์ ได้แก่ บัตตาเวีย (มีพื้นที่ปลูกประมาณ 34,000 ไร่) ภูแล (มีพื้นที่ปลูกประมาณ 27,000 ไร่) และนางแล (มีพื้นที่ปลูกประมาณ 3,000 ไร่) ส่วนที่เหลือของสับปะรดหลังการเก็บเกี่ยวผลสดจะเป็นขยะเหลือทิ้ง ประมาณการได้ว่าในแต่ละรอบการผลิตจะมีส่วนของใบสับปะรดเหลือทิ้งมากกว่า 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเกษตรกรกำจัดด้วยวิธีการเผา ส่งผลให้ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศตามมา การนำส่วนเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์จึงเป็นวิธีหนึ่งในการลดขยะเหล่านี้

จากข้อมูลพบว่าการนำใบสับปะรดมาผลิตเป็นกระดาษ [1] และมีการนำใบสับปะรดบัตตาเวียมาผลิตเป็นเส้นใยสำหรับสิ่งทอ [2] แต่การใช้ยังอยู่ในบางกลุ่มและปริมาณน้อย ทำให้มีขยะเหลือทิ้งจากใบสับปะรดอีกมากกว่าครึ่งหนึ่ง เมื่อพิจารณาการนำใบสับปะรดมาผลิตเป็นเส้นใยสำหรับสิ่งทอ พบว่ามีการใช้งานเฉพาะใบสับปะรดพันธุ์ บัตตาเวีย [2-5] ยังไม่มีการนำใบสับปะรดนางแลและภูแลมาผลิตเป็นเส้นใยสำหรับสิ่งทอ เนื่องจากยังมีข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติของเส้นใยทั้งสองน้อยมากจนทำให้ไม่มีความมั่นใจในการนำมาผลิตเป็นเส้นใยเพื่อใช้งาน จากปัญหาดังกล่าวจึงมีความน่าสนใจในการศึกษาสมบัติของเส้นใยสับปะรดนางแลและภูแลเพื่อหาแนวทางการนำเส้นใยทั้งสองมาทำให้เกิดประโยชน์มากขึ้น อันจะก่อให้เกิดการเหลือทิ้งของใบสับปะรดน้อยลง

จากการศึกษาพบว่า ไบโสบัปจะช่วยให้เส้นใยเฉลี่ยคิดเป็นประมาณ 2.7% ของน้ำหนักไบ [6] ถ้ามีการส่งเสริมการนำเส้นใยไบโสบัปนางแลและภูแลมาใช้มากขึ้น โดยใช้ข้อมูลจากงานวิจัยนี้ คาดว่าจะทำให้มีการนำไบโสบัปนางแลและภูแลมาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตเส้นใยจากธรรมชาติ ซึ่งสามารถช่วยลดขยะเหลือทิ้งได้อย่างน้อย 100 กิโลกรัมต่อไร่ [6] นอกจากนั้นเมื่อมีความต้องการไบโสบัปสำหรับผลิตเส้นใยมากขึ้น จะทำให้เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวไบขายแทนการทิ้งหรือเผา อันจะเป็นการเพิ่มรายได้อีกด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาสมบัติของเส้นใยจากไบโสบัป 3 ชนิด คือ บัตตาเวีย นางแลและภูแล ที่ปลูกในเขตจังหวัดเชียงราย ซึ่งใช้วิธีเชิงกลเพื่อแยกเส้นใยจากไบโสบัป มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความแข็งแรง สารประกอบในเส้นใย เป็นต้น ซึ่งคาดว่าสมบัติของเส้นใยสายพันธุ์ต่างกันจะมีความแตกต่างกัน เนื่องจากงานวิจัยของวัลภา และคณะ [7] ได้ศึกษาผลของสายพันธุ์พืชที่ต่างกันต่อสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ พบว่าชนิดของสายพันธุ์มีผลต่อความแข็งแรงของเส้นใย จากงานวิจัยนี้จะได้ข้อมูลที่มีประโยชน์ในการใช้ประโยชน์จากเส้นใยไบโสบัปได้ตรงตามสมบัติของแต่ละสายพันธุ์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของเส้นใยจากไบโสบัปพันธุ์บัตตาเวีย นางแลและภูแล ในเขตจังหวัดเชียงราย

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย มีดังนี้

1. การเตรียมเส้นใยไบโสบัป

เส้นใยไบโสบัปที่ใช้ในงานวิจัยนี้เตรียมโดยกลุ่มกลุ่มวิสาหกิจชุมชน A&R บ้านครึ่งใต้ ตำบลครึ่ง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกไบโสบัปที่มีอายุอย่างน้อย 18 เดือน เพื่อให้มีความแข็งแรง ไม่ขาดง่าย
2. คัดเลือกไบที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร และไม่มีรอยขาด
3. แยกเส้นใยด้วยเครื่องแยกเส้นใยด้วยวิธีเชิงกล
4. แช่เส้นใยในน้ำผสมน้ำยาล้างจาน อัตราส่วน น้ำ : น้ำยาล้างจาน เท่ากับ 10: 1 ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

เพื่อให้เศษไบที่เหลือฟองตัวและชักออกง่าย

5. ชักและผึ่งเส้นใยประมาณ 1 วัน หรือจนกว่าจะแห้ง
6. สางเส้นใยเพื่อขจัดสิ่งสกปรกหรือเศษไบที่เหลือออก

การเตรียมเส้นใยไบโสบัปแสดงขั้นตอนดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตเส้นใยสับปะรด

2. การวิเคราะห์สมบัติเส้นใย

2.1 การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์

การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของเส้นใย ดังนี้

การหาลักษณะและขนาดของเส้นใย โดยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัล (Digital Microscope USB) กำลังขยาย 500 เท่า HV-S1-30W-500X ใช้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ การทดลองใช้เส้นใยแต่ละชนิดจำนวน 50 ตัวอย่าง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

การหาลักษณะพื้นผิวและขนาดของเส้นใย ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope (SEM)) รุ่น JCM-7000 NeoScopeTMBenchtop SEM ยี่ห้อ JOEL ใช้พลังงาน 15 keV และเตรียมตัวอย่างด้วยการเคลือบด้วยทองคำก่อนการวิเคราะห์

การหาค่าความละเอียดของเส้นใย (Fiber Fineness)

ความละเอียดเส้นใย ใช้วิธีวัดน้ำหนักของเส้นใยต่อความยาวที่กำหนด เรียกว่า ค่า ดีเนียร์ (Denier) ซึ่งคือมวลเป็นกรัมของเส้นใยที่ยาว 9000 เมตร (g/9000m)

ในการวิจัยนี้ทดลองวัดค่าความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย จำนวน 50 เส้น และชั่งมวลของเส้นใยทั้งหมด จากนั้นหาความละเอียดของเส้นใยโดยการเทียบความยาวที่ 9000 เมตร

การหาความหนาแน่นของเส้นใย

ความหนาแน่น (Density, D) คือมวลต่อปริมาตรของเส้นใย

$$D = \frac{m}{V} \quad (1)$$

โดยที่ D คือ ความหนาแน่น หน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3)

m คือ มวลของเส้นใย หน่วยกรัม (g) คัดมวลรวมของเส้นใยจำนวน 50 เส้น

V คือ ปริมาตรของเส้นใย หน่วยลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) คัดจากจำนวน 50 เส้น

หมายเหตุ ปริมาตรของเส้นใย หาจากวัดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของเส้นใย และหาปริมาตรโดยใช้สูตรปริมาตรของทรงกระบอก

$$V = \pi r^2 L \quad (2)$$

โดยที่ L คือ ความยาวรวมของเส้นใย หน่วยเซนติเมตร (cm)

r คือ รัศมีเฉลี่ยของเส้นใย หน่วยเซนติเมตร (cm)

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของเส้นใย

วิเคราะห์ความแข็งแรงของการดึงเส้นใย ด้วยเครื่อง Tensile Tester Zwick/Roell รุ่น z050 โดยใช้เส้นใยแต่ละชนิด จำนวน 5 ตัวอย่าง ระยะเวลาทดสอบของเส้นใยที่มีความยาว 5 เซนติเมตร จากนั้นนำค่าที่ได้วิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังนี้

ค่ามอดูลัสของยัง (Young's Modulus, Y)

มอดูลัสของยัง เป็นค่าบอกระดับความแข็งแรงของวัสดุ ค่ามอดูลัสของยังเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของความเค้น (Stress, σ) ต่อความเครียด (Strain, ϵ) ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ในการหาความแข็งแรงของเส้นใย โดยทดสอบระยะยืดจนกว่าจะขาดเมื่อรับแรงดึง จะได้แรงที่กระทำบนเส้นใยต่อพื้นที่หน้าตัดของเส้นใย คือค่าความเค้น

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3)$$

โดยที่ σ คือ ความเค้น หน่วย นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2)

F คือ แรง ในหน่วย นิวตัน (N)

A คือ พื้นที่หน้าตัดรับแรง ในหน่วย ตารางเมตร (m^2)

เมื่อเพิ่มแรงขึ้นจะทำให้เส้นใยยืดออก การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะทำให้เส้นใยเกิดความเครียด สามารถหาได้จากสมการที่ (4)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (4)$$

โดยที่ ϵ คือ ความเครียด

ΔL คือ ระยะที่ยืดออกของเส้นใย ในหน่วย เมตร (m)

L คือ ความยาวเริ่มต้นของเส้นใย ในหน่วย เมตร (m)

จากความสัมพันธ์ของความเค้นต่อความเครียด สามารถเขียนค่ามอดูลัสของยังได้ดังนี้

$$Y = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}} = \frac{F/A}{\Delta L/L} = \frac{F \cdot L}{A \cdot \Delta L} \quad (5)$$

โดยที่ γ คือ มอดูลัสของยัง มีหน่วยเป็น ปาสคาล (Pa) หรือ นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2)

การหาค่าความเหนียว (Tenacity)

ความเหนียว คือ ค่าความทน ณ แรงดึงขาด หาได้จากแรงดึงคงที่ที่ทำให้เส้นใย 1 ดีเนียร์ขาดออกจากกัน มีหน่วยเป็น กรัมต่อดีเนียร์

การหาค่าการยืดตัว (Elongation)

ค่าการยืดตัว คือ ระยะของการยืดออกตามทิศทางที่ได้รับแรงดึงจนกระทั่งเส้นใยขาด หรือร้อยละของการยืดเมื่อเทียบกับความยาวเดิมของเส้นใย หาได้จาก

$$\%Elongation = \frac{\Delta L}{L} \times 100 \quad (6)$$

โดยที่ ΔL คือ ส่วนที่ยืดออกของวัสดุ ในหน่วย เมตร (m)

L คือ ความยาวปกติของวัสดุ ในหน่วย เมตร (m)

2.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์ธาตุประกอบด้วยสเปกโตรเมตรีรังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive Spectroscopy) EDS detector รุ่น ULTIM® Max, Oxford

วิเคราะห์องค์ประกอบของปริมาณสารแทรก เหมิเซลลูโลส ลิกนิน และเซลลูโลส ของเส้นใย โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีการหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป ตามกระบวนการของ A. M. Mansor และคณะ [8] จาก 1 ตัวอย่าง กระบวนการเป็นดังนี้

การหาปริมาณสารแทรก (Extractives)

ผสมเส้นใยสับปะรด 1 กรัม (A) กับอะซิโตนปริมาตร 60 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ (B) จะได้ปริมาณสารแทรก ดังสมการที่ (7)

$$(A-B) = \text{ปริมาณของสารแทรก (g)} \quad (7)$$

การหาปริมาณเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose)

ผสมเส้นใยสับปะรดที่ปราศจากสารแทรก (B) ปริมาณ 1 กรัมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ (C) จากนั้นล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นจนค่า pH ประมาณ 7 ใช้สมการที่ (8) หาปริมาณของเฮมิเซลลูโลส

$$(B-C) = \text{ปริมาณของเฮมิเซลลูโลส (g)} \quad (8)$$

การหาปริมาณลิกนิน (Lignin)

ผสมเส้นใยสับปะรดหลังจากหาค่า (B) ปริมาณ 1 กรัม กับสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 98% ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ของผสมถูกกรองและใช้น้ำกลั่นชะสารตกค้างที่เป็นของแข็ง แล้วทดสอบสารละลายที่ชะล้างสารตกค้าง

ที่เป็นของแข็งด้วยสารละลายแบเรียมคลอไรด์เข้มข้น 10% จนไม่พบว่ามีซัลเฟตไอออนตกค้างในสารละลายที่ผ่านการกรอง จากนั้นอบให้แห้งที่ 105-110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ (D) หาปริมาณลิกนินจากสมการที่ (9)

$$(D) = \text{ปริมาณของลิกนิน (g)} \quad (9)$$

การหาปริมาณเซลลูโลส (Cellulose)

คำนวณปริมาณเซลลูโลส โดยจากปริมาณเส้นใย 1 กรัม ประกอบด้วยปริมาณสารแทรก (A-B) ปริมาณเฮมิเซลลูโลส (B-C) ปริมาณลิกนิน (D) และปริมาณเซลลูโลส (E) จะได้สมการที่ (10)

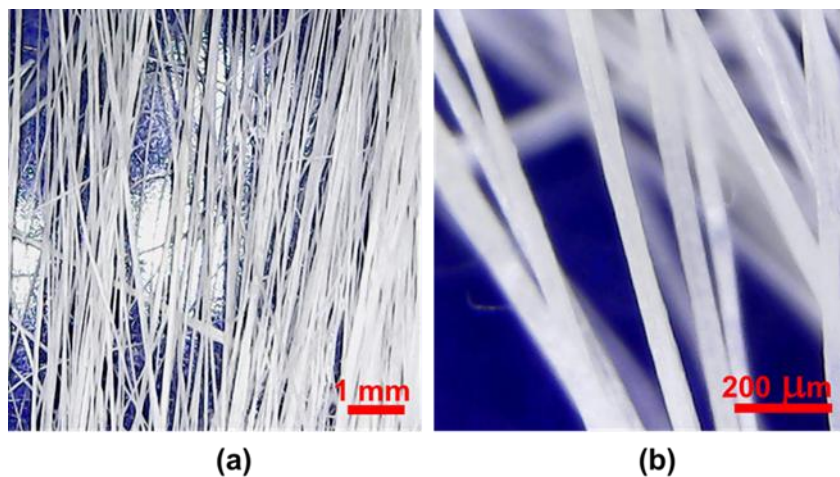
$$(A-B) + (B-C) + D + E = 1 \text{ กรัม (g)} \quad (10)$$

ผลการวิจัย

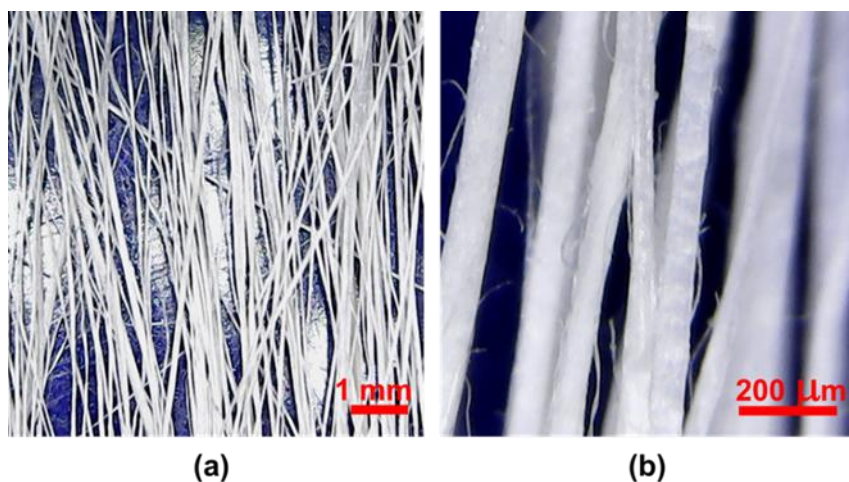
1. สมบัติทางฟิสิกส์ของเส้นใย

1.1 การหาลักษณะผิวและขนาดของเส้นใย

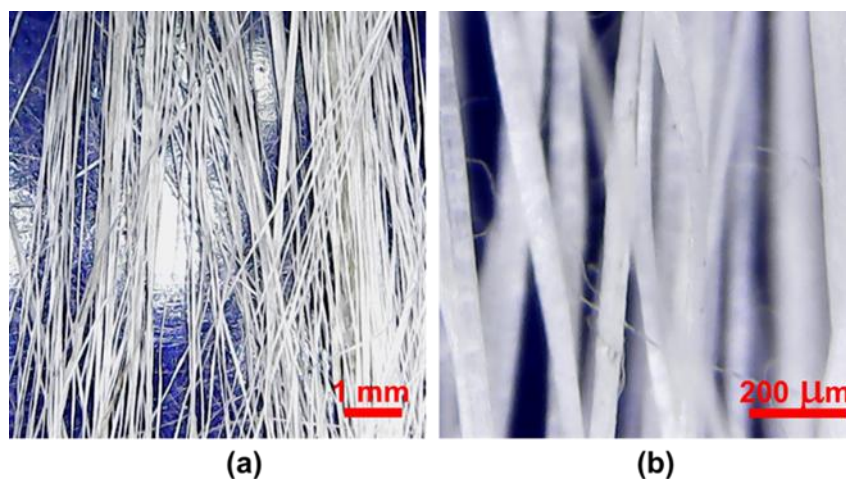
เมื่อวัดขนาดเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล ได้ลักษณะเส้นใยดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2 เส้นใยจากโสมปีระดปัตตาเวีย (a) กำลังขยาย x50 และ (b) กำลังขยาย x500



ภาพที่ 3 เส้นใยจากโสมปีระดนางแล (a) กำลังขยาย x50 และ (b) กำลังขยาย x500



ภาพที่ 4 เส้นใยจากใบสับปะรดภูแล (a) กำลังขยาย x50 และ (b) กำลังขยาย x500

ภาพที่ 2-4 เป็นภาพจากการถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล พบว่าเส้นใยทั้ง 3 ชนิด มีการแยกออกจากกันและมีลักษณะเส้นใยเดี่ยว เส้นใยมีสีขาวขุ่น การแยกกันเป็นขั้นตอนหนึ่งในการเตรียมเส้นใยก่อนการนำไปใช้งานต่อ โดยใช้แปรงสางเส้นใยที่ติดกันให้แยกออกจากกัน เพื่อให้สามารถนำเส้นใยไปปั่นเป็นเส้นด้ายได้ เมื่อวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว ความหนาแน่น ความละเอียด และความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง สรุปได้ตามตารางที่ 1

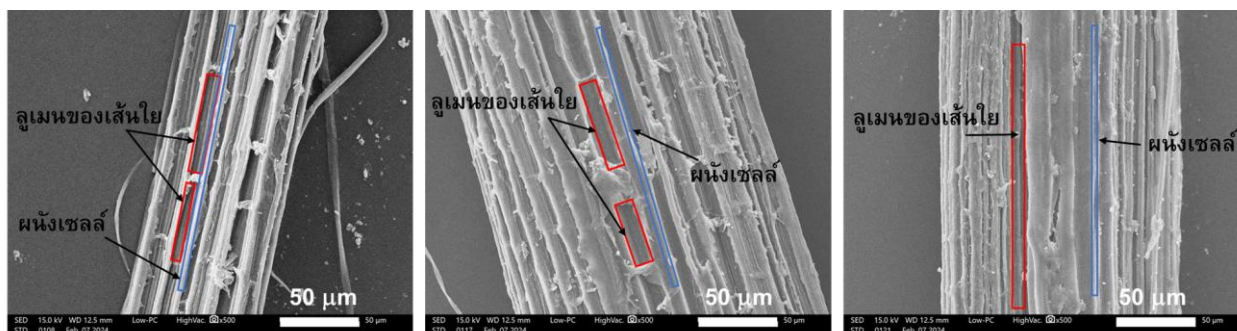
ตารางที่ 1 แสดงค่าสมบัติทางกายภาพของเส้นใยสับปะรด

ชนิดเส้นใย	เส้นผ่านศูนย์กลาง (μm)	ความยาว (cm)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ค่าความละเอียด (Denier)	ความยาวต่อเส้น ผ่านศูนย์กลาง
ปัตตาเวีย	77.64 ± 24.89	58.40 ± 10.42	1.22	52	~7521
นางแล	80.82 ± 34.79	45.45 ± 8.65	1.51	54	~5623
ภูแล	67.32 ± 22.96	35.67 ± 8.37	1.50	48	~5298

จากตารางที่ 1 พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนางแลและปัตตาเวียมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่เส้นใยภูแลมีขนาดเล็กที่สุด เมื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักจะได้ค่าความละเอียด (ดีเนียร์) และหาความหนาแน่นของเส้นใยแต่ละชนิด พบว่าเส้นใยภูแลมีค่าความละเอียดน้อยที่สุด สอดคล้องกับขนาดเส้นเล็กที่สุดจากการวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ในขณะที่ความหนาแน่นของเส้นใยนางแลและภูแลมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ความหนาแน่นของเส้นใยปัตตาเวียมีค่าน้อยที่สุด ทำให้สรุปได้ว่าเส้นใยปัตตาเวียมีมวลน้อยกว่าเส้นใยนางแลและภูแล

อย่างไรก็ตามการพิจารณาความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเป็นอีกปัจจัยในการพิจารณาเพื่อศึกษาการใช้เส้นใย โดยมาตรฐานเส้นใยสำหรับสิ่งทอจะต้องมีค่าความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 100 เท่า [9] จากผลการทดลองพบว่า เส้นใยทั้งสามชนิดมีค่าความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 100 เท่า ดังนั้นเส้นใยทั้งสามชนิดสามารถนำไปใช้สำหรับสิ่งทอได้

เมื่อศึกษาลักษณะผิวและภาคตัดขวางของเส้นใย ผลแสดงในภาพที่ 5-6

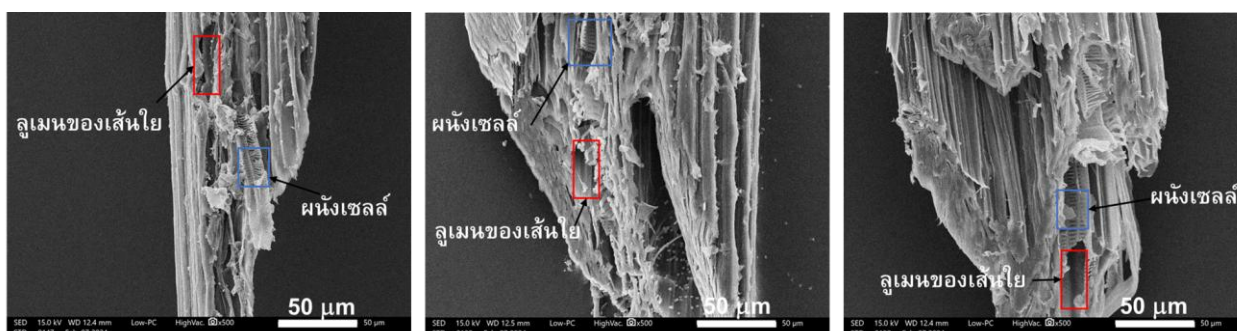


(a)

(b)

(c)

ภาพที่ 5 ภาพจาก SEM ของเส้นใยปัตตาเวีย (a), นางแล (b) และภูแล (c) (กำลังขยาย x500)



(a)

(b)

(c)

ภาพที่ 6 ภาพจาก SEM ภาคตัดขวางของเส้นใยปัตตาเวีย (a), นางแล (b) และภูแล (c) (กำลังขยาย x500)

ภาพที่ 5 เป็นผลการวิเคราะห์ลักษณะเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าเส้นใยปัตตาเวียและนางแลมีลักษณะคล้ายกัน คือ เส้นใยมีลักษณะเป็นช่อง เรียกว่า ลูเมนของเส้นใย โดยมีผนังเซลล์กั้นระหว่างช่อง ในขณะที่เส้นใยภูแลมีช่องลูเมนแต่มีลักษณะยาวต่อเนื่องกันมากกว่า พบผนังเซลล์ที่กั้นระหว่างลูเมนน้อยกว่าปัตตาเวียและนางแล ซึ่งผนังเซลล์จะเป็นส่วนของลิกนินที่ทำหน้าที่ยึดเส้นใยให้รวมกัน [10] เมื่อเส้นใยโดนแรงในขั้นตอนการเตรียมเส้นใยโดยการสาว จะทำให้มีการแยกจากกันของเส้นใยย่อยและมีผนังเซลล์หรือส่วนของผนังเซลล์เหลืออยู่ พิจารณาภาพที่ 6 แสดงภาคตัดขวางของเส้นใยทั้งสามชนิด พบว่าสามารถสังเกตเห็นลูเมนของเส้นใยได้โดยมีลักษณะเป็นช่องตั้งในรูป โดยทั่วไปถ้าผนังเซลล์หนาหรือมากขึ้น จะทำให้ความแข็งแรงและค่ามอดูลัสของยังมากขึ้น [11] ดังนั้นสรุปได้ว่าเส้นใยปัตตาเวียและนางแลจะมีความแข็งแรงมากกว่าภูแล ซึ่งสามารถทดสอบความแข็งแรงโดยใช้การทดสอบเชิงกล

1.2 การทดสอบทางกลของเส้นใย

การทดสอบทางกลของเส้นใยทั้ง 3 ชนิด และเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบสมบัติทางกลของเส้นใยสับปะรด

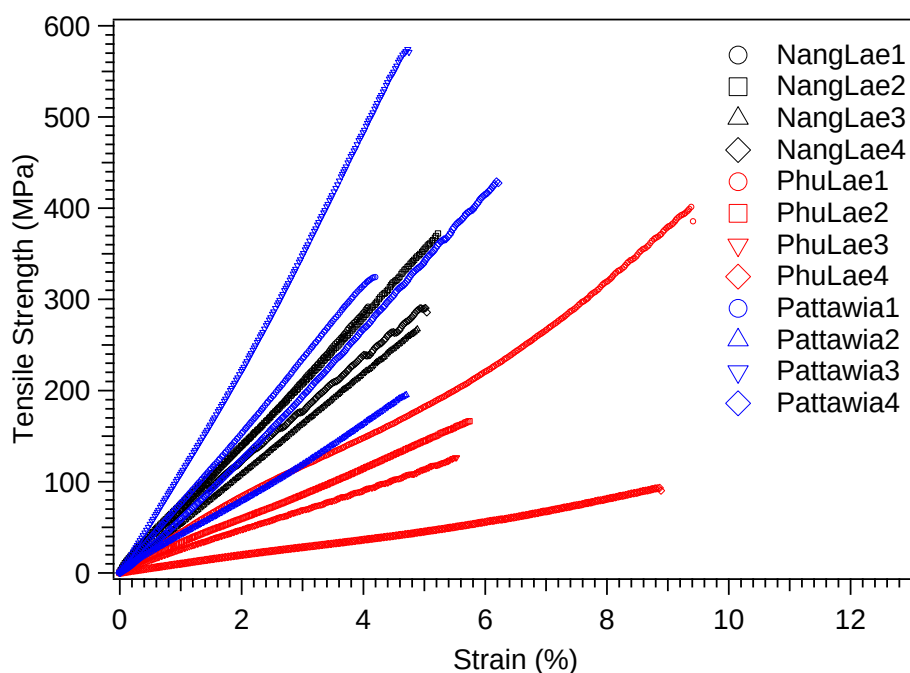
สมบัติ	งานวิจัยอื่น		งานวิจัยนี้		
	George et al. [12]	Arib et al. [13]	(ปัตตาเวีย)	(นางแล)	(ภูแล)
ความทนต่อแรงดึง (MPa)	170	126.6	317.38±102.91	308.75±62.02	244.65±139.68
มอดุลัสของยัง (MPa)	6260	4405	6631.01±993.90	6494.30±799.70	3241.46±1036.84
ความเหนียว (g/denier)	3.33-5.67	-	4.42±0.52	2.99±0.39	4.58±1.02
ความยืดตัว (%)	2.50-3.50	2.20	4.79±0.85	4.76±0.45	7.38±1.77

ผลการทดลองในตารางที่ 3 พบว่าเส้นใยปัตตาเวียและนางแลมีความทนต่อแรงดึงใกล้เคียงกัน มีค่าเท่ากับ 317.38±102.91 และ 308.75±62.02 MPa ตามลำดับ ในขณะที่เส้นใยภูแลมีความทนต่อแรงดึงน้อยกว่า มีค่าประมาณ 244.65±139.68 MPa แสดงว่าเส้นใยปัตตาเวียและนางแลทนแรงดึงขาดได้ดีกว่าภูแล ขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบค่ามอดุลัสของยัง พบว่าผลการทดลองมีค่าในทิศทางเดียวกัน และเมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ [12-13] ซึ่งศึกษาเส้นใยปัตตาเวีย พบว่าสมบัติทางกลใกล้เคียงกัน

การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เส้นใยที่เหมาะสมสำหรับผลิตสิ่งทอควรมีความเหนียวอย่างต่ำ 2.5 กรัมต่อดีเนียร์ [9] ซึ่งผลการทดลองพบว่า ค่าความเหนียวของเส้นใยทั้งสามชนิด มีค่ามากกว่าความเหนียวอย่างต่ำสำหรับสิ่งทอโดยปัตตาเวียและภูแลมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 4.42±0.52 และ 4.58±1.02 กรัมต่อดีเนียร์ ตามลำดับ และนางแลมีค่าน้อยกว่า คือ 2.99±0.39 กรัมต่อดีเนียร์

สำหรับค่าความยืดตัวซึ่งบอกการยืดของเส้นใยก่อนขาด พบว่าเส้นใยภูแล (7.38±1.77 %) มีค่ามากกว่าปัตตาเวีย (4.79±0.85 %) และนางแล (4.76±0.45 %) ทำให้สรุปได้ว่าเส้นใยภูแลมีความยืดหยุ่นและยืดก่อนขาดดีกว่าเส้นใยปัตตาเวียและนางแล

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบสมบัติทางกลโดยการหาค่าความแข็งแรง และความเครียดของเส้นใยแต่ละชนิด แสดงในภาพที่ 7



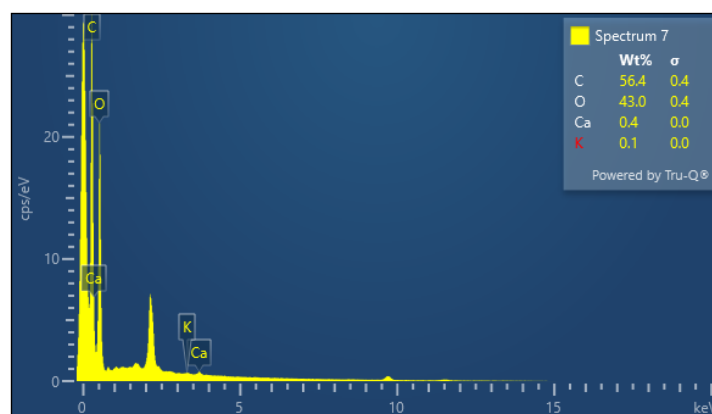
ภาพที่ 7 ผลทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยปัตตาเวีย นางแลและกุแล

ภาพที่ 7 พบว่าเส้นใยปัตตาเวียและนางแลมีเส้นกราฟอยู่ในกลุ่มร่วมกัน ความความทนต่อแรงดึงขาดจึงมีค่าใกล้เคียงกัน โดยเส้นใยสามารถรับแรงได้มากกว่ากุแลเนื่องจากมีค่าความเค้นดึงมากกว่า อย่างไรก็ตามพบว่า เส้นใยกุแลมีค่าความเครียด (Strain) มากกว่าทั้งเส้นใยปัตตาเวียและนางแล ซึ่งค่าความเครียดบอกถึงระยะยืดที่เปลี่ยนไปก่อนขาดเทียบกับความยาวเดิม ดังนั้นสรุปได้ว่าเส้นใยกุแลสามารถยืดได้ดีกว่า และมีความยืดหยุ่นมากกว่าเส้นใยปัตตาเวียและนางแล

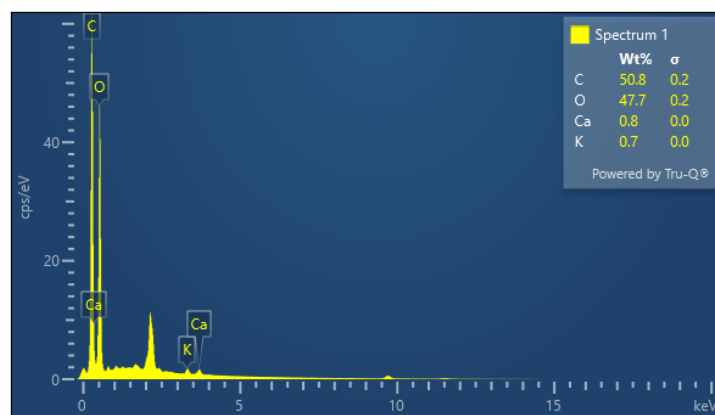
2. สมบัติทางเคมีของเส้นใย

2.1 การหาธาตุองค์ประกอบ

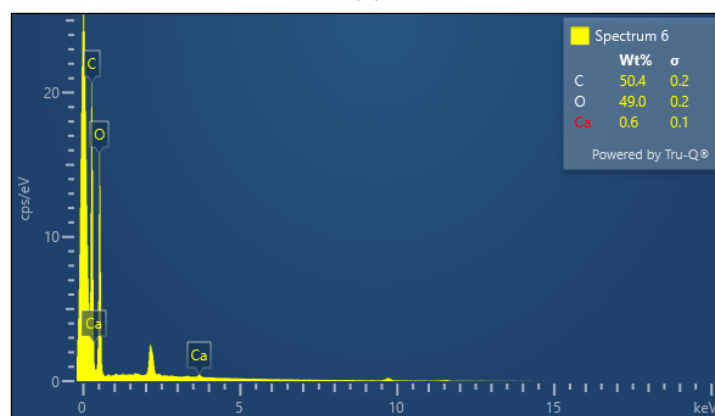
สมบัติของเส้นใยธรรมชาติประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งองค์ประกอบหลักคือคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน ผลการหาธาตุองค์ประกอบในเส้นใยด้วยสเปกโตรเมตรีรังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงานแสดงดังภาพที่ 8



(a)



(b)



(c)

ภาพที่ 8 EDS สเปกตรัมของเส้นใยปัดดาเวีย (a) นางแล (b) และภูแล (c)

พบว่าเส้นใยทั้งสามชนิดมีองค์ประกอบของคาร์บอนและออกซิเจนเป็นหลัก ซึ่งปริมาณของธาตุคาร์บอนและออกซิเจนจะแสดงโครงสร้างที่ประกอบเป็นเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน และเมื่อทดลองหาปริมาณสารต่าง ๆ ของเส้นใยทั้งสามชนิดด้วยวิธีทางเคมี ผลแสดงในตารางที่ 3

2.2 การหาองค์ประกอบทางเคมี

ผลการหาองค์ประกอบทางเคมีโดยวิเคราะห์ค่าปริมาณสารแทรก เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ด้วยวิธีคิดเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (wt%) แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมี (wt%) ของเส้นใยสับปะรดแต่ละชนิดเทียบกับการทดลองอื่น

ปริมาณ	A.M. Mansor et	M.E.R. Pardo et	งานวิจัยนี้		
	al. [8]	al. [14]	ปัดดาเวีย	นางแล	ภูแล
ปริมาณสารแทรก	11	-	8.57	17.14	8.82
เฮมิเซลลูโลส	37	21.88	23.81	22.86	36.73
ลิกนิน	22	13.88	20.00	17.14	19.35
เซลลูโลส	30	43.53	47.62	42.86	35.10

ผลการทดลองพบว่า สอดคล้องกับการหาธาตุส่วนประกอบในเส้นใย โดยองค์ประกอบหลักของเส้นใยคือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ซึ่งเซลลูโลสจะแปรผันตรงกับความแข็งแรงของเส้นใย ส่วนเฮมิเซลลูโลสเกี่ยวข้องกับการย่อยสลายและการดูดซึมน้ำ [15] ในขณะที่ลิกนินเป็นส่วนยึดเส้นใยและมีผลต่อความต้านแรงดึงและการยืดตัวของเส้นใยเดี่ยว โดยปริมาณลิกนินลดลงแปรผันตรงกับความต้านทานแรงดึงของเส้นใยเดี่ยว [16] จากผลการทดลองในตารางที่ 3 พบว่า เส้นใยปัตตาเวียมีปริมาณเซลลูโลสมากที่สุด (47.62 wt%) รองลงมา คือ นางแล 42.86 wt%) และเส้นใยกล้วยแลน้อยที่สุด (35.10%) แสดงว่าเส้นใยปัตตาเวียมีความแข็งแรงมากที่สุดและเส้นใยกล้วยแลแข็งแรงน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการทดสอบเชิงกลและค่าที่ได้ใกล้เคียงกับการทดลองของ M. E. R. Pardo และคณะ [14] เมื่อทดลองหาปริมาณเฮมิเซลลูโลส พบว่าเส้นใยปัตตาเวียและนางแลมีค่าใกล้เคียงกัน (23.81 และ 22.86%) แต่เส้นใยกล้วยแลมีค่ามากที่สุด (36.73%) แสดงว่าเส้นใยกล้วยแลสามารถดูดความชื้นได้ดีกว่า ซึ่งความสามารถในการดูดความชื้นของเส้นใยจะมีผลต่อการย้อมสี โดยถ้าเส้นใยมีความชื้นสูงจะทำให้สามารถย้อมสีติดได้ง่ายขึ้น

สำหรับปริมาณลิกนิน เมื่อวิเคราะห์ปริมาณลิกนิน พบว่าเส้นใยทั้งสามชนิดมีปริมาณใกล้เคียงกัน นั่นคือ ปัตตาเวีย (20.00 wt%) นางแล (17.14 wt%) และกล้วยแล (19.35 wt%) จากผลการวิเคราะห์สารทั้งหมดในเส้นใยทั้งสามชนิด สรุปได้ว่า เส้นใยทั้งสามมีปริมาณเซลลูโลสแตกต่างกัน สอดคล้องกับค่าความแข็งแรงที่ได้จากการทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์ ในขณะที่เส้นใยกล้วยแลมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสมากที่สุดซึ่งส่งผลต่อการนำเส้นใยไปใช้สำหรับสิ่งทอ

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลองพบว่า เส้นใยปัตตาเวียและนางแลมีขนาดเส้นใยใหญ่กว่าเส้นใยกล้วยแล เมื่อทดสอบความแข็งแรงของเส้นใย พบว่าเส้นใยปัตตาเวียและนางแลมีความทนต่อแรงดึงและค่ามอดูลัสของยังมากกว่ากล้วยแล เมื่อเปรียบเทียบความเหนียว พบว่าเส้นใยปัตตาเวียและกล้วยแลมีความเหนียวมากกว่าเส้นใยนางแล อย่างไรก็ตามจากค่าที่ได้เส้นใยทั้งสามชนิดสามารถนำไปใช้สำหรับสิ่งทอได้เนื่องจากมีค่าความเหนียวมากกว่าค่าต่ำสุดที่เหมาะสมสำหรับผลิตเป็นสิ่งทอ เช่น ผืนผ้า เครื่องนุ่งห่ม เป็นต้น และมีความเหนียวใกล้เคียงกับเส้นใยฝ้ายที่มีค่าความเหนียวประมาณ 3-5 กรัมต่อดีเนียร์ [17] เมื่อพิจารณาการยืดตัวก่อนขาด พบว่าเส้นใยกล้วยแลมีการยืดตัวก่อนขาดมากที่สุด พิจารณาผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี พบว่าเส้นใยปัตตาเวียและนางแลมีองค์ประกอบของเซลลูโลสมากกว่ากล้วยแล ทำให้สามารถทนต่อแรงดึงขาดได้ดีกว่า อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปริมาณเฮมิเซลลูโลส พบว่าเส้นใยกล้วยแลมีค่ามากที่สุด ทำให้เส้นใยกล้วยแลมีการดูดซึมน้ำและยืดตัวได้ดีกว่าเส้นใยปัตตาเวียและนางแล เมื่อเปรียบเทียบสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี พบว่ามีความสอดคล้องกัน

ดังนั้นในการวิจัยนี้สรุปได้ว่าการวิจัยเพื่อหาสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของเส้นใยทั้งสามชนิด เส้นใยปัตตาเวียและนางแลมีสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีที่ใกล้เคียงกันในด้านของความละเอียด ความทนต่อแรงดึงขาด และการยืดตัว สำหรับเส้นใยกล้วยแลมีสมบัติที่ดีกว่าในด้านความละเอียด ความเหนียวและความยืดตัว สรุปได้ว่า เส้นใยทั้งสามสามารถใช้เป็นเส้นใยสำหรับสิ่งทอได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นใยกล้วยแลที่มีความยืดตัวที่ดี และเส้นเล็ก เหมาะกับสิ่งทอที่ต้องการความละเอียด อย่างไรก็ตาม จากการวิจัยพบว่า ขั้นตอนการผลิตเส้นใยปัตตาเวียและนางแลสามารถผลิตได้ไม่ยุ่งยากและได้เส้นใยที่มีขนาดยาวและแข็งแรง จึงมีศักยภาพในการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ด้านเส้นใยสำหรับสิ่งทอได้ง่ายกว่า ในขณะที่เส้นใยกล้วยแลยังมีข้อจำกัดในการผลิตเนื่องจากมีหนามรอบ ๆ ขอบใบ ต้องมีความระมัดระวังตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บ การเลือกใบและเตรียมเส้นใย ซึ่งปัญหาเหล่านี้มีผลต่อการทำงานของผู้ผลิตรวมทั้งเพิ่มเวลาในกระบวนการผลิต ดังนั้นต้องหาวิธีลดปัญหาดังกล่าวเพื่อนำใบสับประดงกล้วยแลมาใช้มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2565 สัญญาเลขที่ 2565FF122 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Khambunreang, J. (2019). *Pineapple fiber paper, local products "NangLae"*. Retrieved from <https://www.chiangmainews.co.th/page/archives/931679/>
- [2] Kantarod, P., and Boonmee, N. (2023). *From pineapple leaves to weaving fibers Linking tourism and lifestyle*. Retrieved from <https://www.cmthainews.com/archives/25383>
- [3] Prachakul, U., Kumsook, K., and Musikan, R. (2019). The Study and development of silk and pineapple fiber textiles for lifestyle fashion products: A Case study of silk weavers group, baan ta ruea, nawa district, nakhon phanom province. *Proceedings of the 9th national SMARTS conference: SMARTS IX*, pp. 189-202.
- [4] Mungkhetklang, K., and Charoenlarp, K. (2020). Pretreatment of pineapple fibers from mechanical separation by water and chemicals. *UTK Research Journal*, 14(2), 67-77.
- [5] Surawattanawises, W., Chonsakorn, S., and Mongkholrattanasit, R. (2017). Physical properties of pineapple fiber and mechanical testing for scrub pads application. *SDU Res. J.*, 10(3), 87-103.
- [6] Amornsakchai, T., and Kengkhetkit, N. (2014). Pineapple leaf: Source of natural fiber that should not be ignored. *Srinakharinwirot Science Journal*, 30(2), 1-10.
- [7] Tamthong, W., Kraisuwan, S., and Piromthamsiri, K. (2021). The effects of corn varieties, layers of corn husks and fiber extraction methods on chemical and mechanical properties of corn husk fibers. *Srinakharinwirot University Journal of Sciences and Technology*, 13(26), 91-105. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/swujournal/article/view/246245>
- [8] Mansor, A. M., Lim, J. S., Ani, F. N., Hashim, H., and Ho, W. S. (2019). Characteristics of cellulose, hemicellulose and lignin of md2 pineapple biomass. *Chemical Engineering Transactions*, 72, 79-84.
- [9] Mbugua, G. W. (2009). Determination of fibre properties of Agave Americana leaves as a textile fibre from Mbaruk, Nakuru District [Unpublished master's thesis]. Kenyatta.
- [10] Pereira P. H. F., Arantes V., Pereira B., Ornaghi Jr., H. L., de Oliveira D. M., Santagneli, S. H., and Cioffi, M. O. H. (2022). Effect of the chemical treatment sequence on pineapple peel fiber: Chemical composition and thermal degradation behavior. *Cellulose*, 29, 8587-8598.
- [11] Fidelis M. E. A., Pereira T. V. C., Gomes O. F. M., Silva F. A., and Filho R. D. T. (2013). The Effect of fiber morphology on the tensile strength of natural fibers. *Journal of Materials Research and Technology*, 2(2), 149-157.
- [12] George, J., Bhagawan, S. S., Prabhakaran, N., and Thomas, S. (1995). Short pineapple-leaf-reinforced low-density polyethylene composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 57, 843-864.
- [13] Arib, R. M. N., Sapuan, S. M., Ahmad, M. M. H. M., Paridah, M. T., and Khairul Zaman, H. M. D. (2006). Mechanical properties of pineapple leaf fibre reinforced polypropylene composites. *Materials and Design*, 27, 391-396.

- [14] Pardo, M. E. S., Cassellis, M. E. R., Escobedo, R. M., and García, E. J. (2014). Chemical Characterisation of the Industrial Residues of the Pineapple (*Ananas comosus*). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 3, 53-56.
- [15] Sweygers, N., Depuydt, D. E. C., Eyley, S., Thielemans, W., Mosleh, Y., Ivens, J., Dewil, R., Appels, L., and Van Vuure, A. W. (2022). Prediction of the equilibrium moisture content based on the chemical composition and crystallinity of natural fibres. *Industrial Crops and Products*, 186, Article number 115187.
- [16] Zhang, S. Y., Fei, B. H., Yu, Y., Cheng, H. T., and Wang, C. G. (2013). Effect of the amount of lignin on tensile properties of single wood fibers. *Forest Science and Practice*, 15, 56-60.
- [17] Rana, S., Pichandi, S., Parveen, S., and Figueiro, R. (2014). Natural plant fibers: Production, processing, properties and their sustainability parameters. In S. Muthu (Ed.) *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing*. Textile Science and Clothing Technology. Springer, Singapore.