5

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษเหลือต้นครามจากกระบวนการหมักสีธรรมชาติมาผลิตเป็นกระดาษหัตถกรรม

The Feasibility Study on Using Indigo Residues from the Natural Dye Extraction Process to Produce Handicraft Paper

5

จารวี เล็กสุขศรี[1*], ก่อพงศ์ หงษ์ศรี[1], ธีรัตว์ อาจสำอางค์[2]
Jarawee Leksuksri[1*], Korpong Hongsri[1], Theerat Ardsamang[2]
รับบทความ: 13 ธันวาคม 2565 แก้ไขบทความ: 24 มกราคม 2566 ยอมรับตีพิมพ์: 21 มีนาคม 2566

บทคัดย่อ

ต้นครามจัดเป็นพืชตระกูลถั่ว มีลักษณะเป็นไม้พุ่มชอบน้ำน้อยและแดดจัด นิยมปลูกทางภาคเหนือและ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นิยมนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการย้อมผ้า เนื่องจากให้สีสวยงามและคงทน หลังกระบวนการผลิตครามจะก่อให้เกิดเศษเหลือทิ้งของต้นครามหลังการหมัก (สกัดสี) งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษเหลือต้นครามหลังกระบวนการหมักสีธรรมชาติมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษหัตถกรรม เพื่อลดปริมาณและเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือต้นคราม โดยมีขั้นตอนดังนี้ เริ่มจากศึกษาองค์ประกอบเคมีของเศษต้นครามหลังการหมัก นำไปผลิตเป็นเยื่อครามด้วยกระบวนการผลิตเยื่อวิธีโซดา และปรับปรุงคุณภาพเยื่อด้วยการบด เพื่อให้เหมาะสมสำหรับขึ้นรูปแผ่นกระดาษหัตถกรรม จากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์และทัศนศาสตร์ ตลอดจนทดลองแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ต้นแบบ จากการศึกษาพบว่าต้นครามมีปริมาณโฮโลเซลลูโลสร้อยละ 28.6 และลิกนินร้อยละ 12.1 หลังผ่านกระบวนการผลิตเยื่อแบบโซดามีปริมาณผลผลิตเยื่อครามอยู่ที่ร้อยละ 58.3 และมีค่าความเป็นอิสระของน้ำเยื่อ 190 ml (CSF) ที่ระดับการบดเยื่อ 3 นาที สามารถขึ้นแผ่นกระดาษหัตถกรรมจากเยื่อเศษเหลือต้นครามโดยไม่ต้องผสมเยื่อชนิดอื่นหรือสารเติมแต่ง แผ่นกระดาษที่เตรียมได้จากส่วนผสมลำต้นและใบมีดัชนีความต้านแรงดึง 9.63 Nm/g ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด 8.28 mN.m^2/g ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ 0.69 kPa.m^2/g และสามารถแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุสิ่งของน้ำหนักเบาได้

คำสำคัญ: เศษเหลือต้นคราม องค์ประกอบเคมี กระดาษหัตถกรรม

[1]กองวัสดุวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ
[2]ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Abstract

Indigo (*Indigofera tinctoria* L.) is a shrub belonging to the Leguminosae family. It prefers sunlight and little water and mostly grows in the north and northeast of Thailand. Indigo is considered the well-known textile dye in textile industry due to its beautiful and durable color. After the production of dye color from the indigo, a large amount of indigo stem has been discarded as waste. This research thus aims to study the feasibility of using indigo residues from dye extraction process as raw material in handicraft paper production to reduce the amount of waste and add value to indigo stem waste. Indigo wastes after dye extraction was analyzed the chemical compositions and pulped by soda pulping process. The indigo pulp properties were further improved by beating. Then, handicraft sheets was formed and tested for the physical and optical properties. The paper bag packaging prototype was subsequently made from these indigo handicraft sheets. The results showed that the amount of holocellulose was 28.6% and lignin was 12.1%. The indigo pulp after soda pulping had 58.3% yields and had 190 mL CSF freeness after being beaten for 3 minutes. The pulp could be formed into handicraft paper without extra additives addition. The handicraft paper made from stem mixed with leave had tensile index of 9.63 Nm/g, tear index of 8.28 mN.m^2/g and burst index 0.69 kPa.m^2/g. The paper bag made from this handicraft paper could be used to carry the light-weighted item.

Keywords: Indigo residues, Chemical composition, Handicraft paper

[1]Engineering Materials Division, Department of Science Service
[2]Department of Forest Products, Faculty of Forestry, Kasetsart University
*Corresponding author e-mail address : ljarawee@dss.go.th

1. บทนำ (Introduction)

ต้นคราม มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Indigofera tinctoria* L. จัดอยู่ในวงศ์พืชตระกูลถั่ว LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE ชื่อสามัญ คือ Indigo มีลักษณะเป็นไม้พุ่ม ชอบน้ำน้อย แดดจัด พบกระจายพันธุ์อยู่ในเขตร้อนชื้นแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ไทย พม่า ลาว ฯลฯ ใบเป็นใบประกอบขนาดเล็ก กว้าง 0.5 - 1 เซนติเมตร ยาว 1 - 1.5 เซนติเมตร ลำต้นประกอบด้วยข้อและปล้อง ระบบรากเป็นรากแก้ว ดอกมีขนาดเล็กคล้ายดอกถั่ว สีเขียวอ่อนอมครีม ฝักมีลักษณะคล้ายฝักถั่ว ขนาดความยาวของฝักประมาณ 5 - 8 เซนติเมตร ผลมีลักษณะเป็นสีน้ำตาล มีเมล็ดขนาดเล็ก รูปทรงกระบอกอยู่ภายในประมาณ 8 - 10 เมล็ด เมล็ดที่ร่วงหล่นจะงอกเป็นต้นเจริญเติบโตในหน้าฝน และเมล็ดจะแก่ในช่วงฤดูหนาว จะมีช่วงวงจรชีวิตอยู่ในเดือนพฤษภาคม-ธันวาคม แต่สามารถเก็บเมล็ดนำมาปลูกเลี้ยงได้ตลอดปี ขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด [1] และ [2]

จากข้อมูลปี 2562 พบว่าจังหวัดสกลนครมีพื้นที่ปลูกครามอยู่ที่ 69 ไร่ ผลผลิตรวม 126 ตัน [3] และปัจจุบันมีการเพิ่มพื้นที่ปลูกครามโดยส่งเสริมให้มีการปลูกต้นครามแซมในสวนต้นหม่อน เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตครามเปียกและขายเมล็ดคราม สร้างรายได้ให้กับจังหวัดสกลนคร มีมูลค่าการตลาดไม่ต่ำกว่า 100 ล้านบาท/ปี [4] การเก็บเกี่ยวครามจะใช้วิธีการตัดหรือเกี่ยวกิ่งและใบให้เหลือตอสูงประมาณ 20 เซนติเมตร ต้องเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาเช้ามืด หลีกเลี่ยงแสงแดดที่จะทำให้ใบครามเหี่ยวและให้สีครามน้อย หลังการเก็บเกี่ยวจะแช่ใบครามกับน้ำสะอาดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงแยกกากซึ่งก็ คือ กิ่งและใบครามออก แล้วนำไปเติมปูนขาว น้ำจะเปลี่ยนเป็นสีคราม แล้วเข้าสู่กระบวนการหมักสีธรรมชาติเพื่อให้ได้เนื้อครามเปียกสำหรับใช้ย้อมผ้าต่อไป กิ่งและใบครามประมาณ 8 กิโลกรัม จะได้เนื้อครามผสมเนื้อปูนขาว 200 - 300 กรัม จึงต้องปลูกต้นครามค่อนข้างมากเพื่อให้พอใช้สำหรับทำผ้าย้อมครามเพื่อการค้าตลอดทั้งปี [2]

จะเห็นได้ว่าส่วนของกิ่งและใบครามหลังการหมักสีเพื่อทำครามเปียก จะกลายเป็นเศษเหลือที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์อื่นนอกจากปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ และมีปริมาณเศษเหลือมากเท่ากับผลผลิตครามสด กลายเป็นขยะอินทรีย์ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะใช้หลักการใช้ประโยชน์ทุกส่วนอย่างคุ้มค่า และสร้างเศรษฐกิจแบบหมุนเวียน (Circular economy) เพื่อลดปริมาณขยะอินทรีย์จากเศษเหลือต้นคราม และเพิ่มมูลค่าโดยนำเส้นใยครามมาทำเป็นกระดาษหัตถกรรม แปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์บรรจุสินค้าจากผ้าย้อมคราม เพิ่มอัตลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์ และส่งเสริมให้เกิดชุมชนของเสียเป็นศูนย์ หรือ Zero waste แต่ที่ผ่านมายังไม่พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเศษเหลือต้นคราม หรือการศึกษาเกี่ยวกับเส้นใยคราม

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาเส้นใยคราม ผลิตเยื่อจากเศษเหลือต้นคราม แล้วนำมาทำเป็นกระดาษหัตถกรรม ซึ่งสามารถนำเศษเหลือครามมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า และเป็นการเพิ่มความหลากหลายของวัตถุดิบในการทำกระดาษหัตถกรรม โดยการศึกษานี้จะดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมี (Chemical composition) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใย (Fiber morphology) และผลิตเป็นเยื่อครามด้วยวิธีโซดา (Soda pulping process) ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตเยื่อที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษหัตถกรรม เพราะขั้นตอนง่าย ไม่ซับซ้อน ใช้สารเคมีเพียงชนิดเดียว คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และสามารถผลิตเยื่อกระดาษได้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเยื่อกระดาษที่ได้มาขึ้นรูปและวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความแข็งแรงทางกายภาพ ทัศนสมบัติ และแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุสิ่งของต้นแบบ

2. วิธีการวิจัย (Experimental methods)

2.1 วัตถุดิบ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

- เศษเหลือต้นคราม
- ชุดสกัดสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบเคมี
- หม้อเหล็กไร้สนิม ขนาดความจุ 30 ลิตร
- เครื่องบดเยื่อแบบ Valley beater
- เครื่องทดสอบสภาพความเป็นอิสระของน้ำเยื่อ (Canadian standard freeness tester)
- เฟรมตะแกรงขึ้นแผ่นกระดาษหัตถกรรม ขนาด 15×25 เซนติเมตร และ 55×80 เซนติเมตร
- กล้องจุลทรรศน์สำหรับวิเคราะห์เส้นใย ZEISS Primostar 3 เชื่อมต่อกับส่วนถ่ายภาพ Axiocam 208 color และโปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่าย Zeiss ZEN 3.7

2.2 สารเคมี

- โซเดียมไฮดรอกไซด์ เกรดวิเคราะห์ ความบริสุทธิ์ 98.5%
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ เกรดอุตสาหกรรม

2.3 วิธีดำเนินงาน

2.3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของต้นคราม

2.3.1.1 นำเศษเหลือต้นครามหลังการหมักมาตากให้แห้ง สับเป็นชิ้นไม้ แล้วบดด้วยเครื่องบดละเอียด และคัดขนาดผงไม้ด้วยเครื่องคัดขนาด (Sieve analyzer) จนได้ผงไม้ขนาด 40 mesh และ 60 mesh

2.3.1.2 นำผงไม้ขนาด 40 mesh แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำไปวิเคราะห์ค่าการละลายในด่างร้อยละ 1 ตามมาตรฐาน TAPPI T 204 ค่าการละลายน้ำร้อน ตามมาตรฐาน TAPPI T 207 และปริมาณเถ้า ตามมาตรฐาน TAPPI T 211 ส่วนที่สองนำผงไม้ไปสกัดหาปริมาณสารแทรกด้วยแอลกอฮอล์-เบนซีน ตามมาตรฐาน TAPPI T 212 แล้วจึงนำผงไม้ที่ปราศจากสารแทรกไปวิเคราะห์หาปริมาณลิกนิน ตามมาตรฐาน TAPPI T 222 และปริมาณเพนโทแซน ตามมาตรฐาน TAPPI T 223 ts-63

2.3.1.3 นำผงไม้ขนาด 60 mesh สกัดสารแทรกออกด้วยแอลกอฮอล์-เบนซีน ตามมาตรฐาน TAPPI T 212 แล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโฮโลเซลลูโลส ตามมาตรฐาน TAPPI section, January 10, 1946 และปริมาณแอลฟา เบต้า และแกมมาเซลลูโลส ตามมาตรฐาน TAPPI 203

2.3.2 การผลิตเยื่อวิธีโซดา (Soda pulping process)

2.3.2.1 นำเศษเหลือต้นคราม แห้งที่ผ่านการสับเป็นชิ้นไม้ ขนาดประมาณ 3 เซนติเมตร ใบของต้นคราม ขนาดความกว้างประมาณ 0.5 -1 เซนติเมตร ยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตรและส่วนผสมระหว่างลำต้นกับใบในอัตราส่วน 2:1 ใส่ในหม้อเหล็กไร้สนิม ขนาดความจุ 30 ลิตร

2.3.2.2 เตรียมน้ำยาต้มเยื่อ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักต้นครามแห้ง เติมน้ำให้มีอัตราส่วนระหว่างต้นครามต่อน้ำ (น้ำหนัก/น้ำหนัก) เป็น 1:20

2.3.2.3 เติมน้ำยาต้มเยื่อลงในหม้อ และต้มจนเดือด เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

2.3.2.4 เมื่อครบกำหนดเวลา นำเยื่อที่ได้มาล้างให้สะอาด แล้วทำการหาปริมาณความชื้น และนำไปปรับปรุงคุณภาพเยื่อด้วยการบดดังแสดงในข้อ 2.3.3

2.3.2.5 วิเคราะห์ผลผลิตเยื่อด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักเยื่อที่ได้ โดยคำนวณเป็นน้ำหนักแห้งจากปริมาณความชื้น จากนั้นคิดผลผลิตเยื่อเป็นร้อยละเทียบกับเศษต้นครามแห้ง วิเคราะห์ความยาวเส้นใยโดยใช้กล้องจุลทรรศน์สำหรับวิเคราะห์เส้นใย ZEISS Primostar 3 เชื่อมต่อกับส่วนถ่ายภาพ Axiocam 208 color และโปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่าย Zeiss ZEN 3.7

2.3.3 การปรับปรุงคุณภาพเยื่อและขึ้นรูปแผ่นกระดาษหัตถกรรม

2.3.3.1 นำเยื่อที่ได้มาปรับปรุงคุณภาพด้วยการบด โดยใช้เครื่อง Valley beater ตามมาตรฐาน ISO 5264-1 เป็นเวลา 3 นาที ดังแสดงในรูปที่ 1ก.

2.3.3.2 หลังการบดนำเยื่อมาหาค่าความเป็นอิสระของน้ำเยื่อ (Canadian standard freeness: CSF) ตามมาตรฐาน ISO 5267-2 ดังแสดงในรูปที่ 1ข.

2.3.3.3 จากนั้นนำน้ำเยื่อที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.57 โดยมวล ปริมาตร 1500 มิลลิลิตร ไปขึ้นแผ่นบนเฟรมตะแกรงขนาดความกว้างของช่องตะแกรง 1.5 มิลลิเมตร ขนาด 15×25 เซนติเมตร สำหรับทดสอบคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์และทัศนศาสตร์ และใช้น้ำเยื่อปริมาตร 20 ลิตร ไปขึ้นแผ่นเฟรมตะแกรงขนาด 55×80 เซนติเมตร สำหรับทดลองแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 2

2.3.3.4 ตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

ก. ข.

รูปที่ 1 ก. แสดงการบดเยื่อครามด้วยเครื่อง Valley beater ข. แสดงการหาค่าความเป็นอิสระของน้ำเยื่อแบบ Canadian standard freeness tester

รูปที่ 2 แสดงการขึ้นรูปแผ่นกระดาษหัตถกรรมจากเยื่อคราม

2.3.4 การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นกระดาษ

นำแผ่นกระดาษหัตถกรรมที่ได้มาปรับสภาพในห้องควบคุมสภาวะก่อนการทดสอบ ที่อุณหภูมิ 27±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 35±2 เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง และทำการทดสอบที่สภาวะ อุณหภูมิ 27±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 65±2 จากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์ ได้แก่ ดัชนีความต้านแรงดึง (ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1924-2) ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด (ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974) ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ (ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758) ค่าความหนา และความหนาแน่นปรากฏ (ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 534) และทดสอบด้านทัศนศาสตร์ ได้แก่ ความขาวสว่าง (ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2470-1) และความทึบแสง (ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2471)

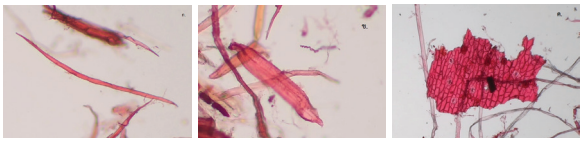
3. ผลและวิจารณ์ (Results and discussion)

องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุลิกโนเซลลูโลสแสดงถึงความเป็นไปได้ของวัตถุดิบสำหรับการผลิตเยื่อและกระดาษ ซึ่งประกอบไปด้วยเซลลูโลส แพนโทแซน ลิกนิน และสารแทรกดังแสดงในตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของเศษเหลือต้นครามหลังการหมัก พบว่า ต้นครามมีปริมาณโฮโลเซลลูโลสร้อยละ 28.6 โดยมีปริมาณอัลฟาเซลลูโลสร้อยละ 55.3 ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับพืชที่ไม่ใช่เนื้อไม้ชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ อย่างเช่น ปอสา ไผ่ หรือชานอ้อย ที่มีปริมาณเซลลูโลสสูงถึงร้อยละ 60 - 70 [7] ส่งผลต่อผลผลิตของเยื่อที่น้อยลง เนื่องจากต้นครามเป็นผลผลิตจากการหมักสกัดสีออกจึงมีเซลลูโลสบางส่วนสลายตัว และจากลำต้นของต้นครามมีขนาดเล็ก มีเปลือกแข็ง จึงอาจให้เส้นใยน้อย ปริมาณลิกนินของต้นครามค่อนข้างน้อยอยู่ที่ร้อยละ 12.1 อยู่ในระดับเดียวกับพืชที่ไม่ให้เนื้อไม้ทั่วไป ถึงแม้เศษเหลือต้นครามจะมีปริมาณโฮโลเซลลูโลสน้อย แต่ก็มีปริมาณลิกนินที่น้อยด้วย ซึ่งเป็นผลดีในการผลิตเยื่อจะช่วยให้ผลิตเยื่อได้ง่าย และสีของเยื่อไม่ดำคล้ำเนื่องจากการกลับสีของลิกนิน และส่วนที่สามารถสกัดออกมาจากวัตถุดิบได้มีปริมาณร้อยละ 42.8 แบ่งเป็นสารแทรกที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ดูจากค่าการละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีนพบร้อยละ 13.6 และสารแทรกที่ละลายในน้ำร้อนพบร้อยละ 29.2 ส่วนปริมาณการละลายในด่าง 1% แสดงถึงการวัดระดับการเสื่อมสลายของตัวอย่าง [8] พบว่าในเศษเหลือครามมีค่าสูงถึง 61.8% เนื่องมาจากกระบวนการผลิตสีซึ่งมีการหมักต้นครามและเกิดการเสื่อมสลายขึ้น ปริมาณขี้เถ้าแสดงถึงเกลือโลหะต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น คาร์โบเนต ซิลิก้า แมกนีเซียม แคลเซียม และเหล็ก ซึ่งปริมาณขี้เถ้าสูงเป็นคุณสมบัติที่ไม่ดีต่อกระบวนการผลิตเยื่อ [9]

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของเศษเหลือต้นคราม

องค์ประกอบเคมี		ครัม
ปริมาณเถ้า	% ต่อตัวอย่าง	10.5
การละลายในน้ำร้อน	% ต่อตัวอย่าง	29.2
การละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน	% ต่อตัวอย่าง	13.6
การละลายในด่าง 1%	% ต่อตัวอย่าง	61.8
ปริมาณลิกนิน	% ต่อตัวอย่าง	12.1
ปริมาณเพนโทแซน	% ต่อตัวอย่าง	2.7
โฮโลเซลลูโลส	% ต่อตัวอย่าง	28.6
อัลฟาเซลลูโลส	% ต่อโฮโลเซลลูโลส	55.3
เบต้าเซลลูโลส	% ต่อโฮโลเซลลูโลส	21.7
แกมมาเซลลูโลส	% ต่อโฮโลเซลลูโลส	20.5

การผลิตเยื่อกระดาษจากเศษเหลือต้นครามด้วยกรรมวิธีการโซดา โดยใช้สารละลายความเข้มข้นร้อยละ 15 ต่อน้ำหนักแห้งของเศษเหลือต้นคราม ซึ่งความเข้มข้นดังกล่าวนิยมใช้โดยทั่วไปสำหรับการผลิตเยื่อด้วยกรรมวิธีโซดากับพืชที่ไม่ให้เนื้อไม้ [10] ผลผลิตเยื่อครามเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 58.3 มีค่าความเป็นอิสระของน้ำเยื่อ (CSF Freeness) ของเยื่อจากลำต้นผสมกับใบอยู่ที่ 340 มิลลิลิตร (ml CSF) และลดลงจนถึง 190 มิลลิลิตร (ml CSF) ที่ระดับการตีเยื่อ 3 นาที ใบต้นครามมีความยาวเส้นใยเฉลี่ย 1.34 mm ในขณะที่ลำต้นครามมีความยาวเส้นใยยาวกว่าเล็กน้อย เฉลี่ยอยู่ที่ 1.36 mm ซึ่งเป็นช่วงความยาวเดียวกับพืชเส้นใยสั้นหรือไม้ใบกว้าง เช่น ยูคาลิปตัส กระถิน เมเปิล เป็นต้น [6] และจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10X พบเซลล์เส้นใย (Fiber) เซลล์เวสเซล (Vessel) และเซลล์พาเรงคิมา (parenchyma) มีรูปร่างดังแสดงในรูปที่ 3



ก. ข. ค.

รูปที่ 3 แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยจากน้ำเยื่อครามที่ผสมกันระหว่างส่วนลำต้นและใบ ประกอบด้วย ก. เซลล์เส้นใย (Fiber) ข. เซลล์เวสเซล (Vessel) ค. เซลล์พาเรงคิมา (Parenchyma)

หลังการขึ้นรูปแผ่นกระดาษหัตถกรรมในห้องปฏิบัติการ พบว่าเยื่อครามสามารถนำมาขึ้นแผ่นหัตถกรรมได้โดยไม่ต้องผสมเยื่อบริสุทธิ์ชนิดอื่นหรือสารเติมแต่งเพื่อช่วยในการขึ้นรูป ผลการทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของกระดาษหัตถกรรมจากเศษเหลือต้นคราม ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า แผ่นกระดาษนั้นมีค่าน้ำหนักมูลฐาน 116.6 g/m^2 มีความหนา 761.8 µm ความหนาแน่นปรากฏ 153 kg/m^3 ดัชนีความต้านแรงดึง 9.63 Nm/g ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด 8.28 mN.m^2/g ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ 0.69 kPa.m^2/g ทั้งนี้พบว่าในกระดาษที่ผลิตจากใบครามมีความหนาแน่นปรากฏมากกว่าลำต้นคราม โดยทั่วไปแล้วตัวอย่างกระดาษที่มีค่าความหนาแน่นสูงกว่าจะให้ค่าความแข็งแรงของแผ่นกระดาษที่มากกว่าโดยเฉพาะเมื่อพิจารณาถึงดัชนีความต้านทานแรงดึง [11] เยื่อที่ผลิตจากใบครามพบว่าสามารถต้านทานแรงดึงและแรงดันทะลุได้สูงกว่า แต่อย่างไรก็ตามความต้านทานแรงฉีกขาดนั้นขึ้นอยู่กับความยาวของเส้นใย [12] จึงพบว่าลำต้นครามที่มีเส้นใยยาวกว่าใบครามนั้นสามารถต้านทานแรงฉีกขาดได้มากกว่า การผลิตเยื่อที่ผสมระหว่างลำต้นและใบพบว่าสามารถปรับปรุงคุณภาพเยื่อกระดาษที่ผลิตขึ้นได้เหมาะสมกว่าการผลิตเยื่อกระดาษจากส่วนใดส่วนหนึ่งของลำต้นหรือใบคราม

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของกระดาษหัตถกรรมจากต้นคราม

สมบัติทางฟิสิกส์	ลำต้นคราม	ใบคราม	ลำต้น:ใบคราม, 2:1
มวลมาตรฐาน, g/m^2	163.43	101.25	116.65
ความหนา, µm	1,185.22	507.05	761.80
ความหนาแน่นปรากฏ kg/m^3	138	200	153
ดัชนีความต้านแรงดึง, Nm/g	7.29	12.57	9.63
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด, mN.m^2/g	9.78	6.39	8.28
ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ, kPa.m^2/g	0.63	0.69	0.69

แผ่นกระดาษจากลำต้นและใบครามมีค่าความทึบแสงสูงถึงร้อยละ 97.0 แต่ค่าความขาวสว่างน้อยอยู่ที่ร้อยละ 22.3 เนื่องจากเยื่อครามไม่ได้ผ่านกระบวนการฟอก จึงให้ค่าความขาวสว่างต่ำ และเยื่อมีสีธรรมชาติ คือ สีเหลือง ดูได้จากค่า b* และเฉดสีอยู่ในโทนสว่าง ดูได้จากค่า L* ดังแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 4

จากการทดลองแปรรูปแผ่นกระดาษหัตถกรรมจากเยื่อเศษเหลือต้นคราม พบว่าสามารถแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทถุงกระดาษ มีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 29.5 เซนติเมตร และสูง 40 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4 แต่หากเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์กับมาตรฐานกระดาษถุงชั้นเดียวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษเหนียว (มอก.170-2559) [13] พบว่ากระดาษหัตถกรรมจากเยื่อเศษเหลือต้นครามที่ผลิตได้ยังมีค่าความแข็งแรงต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนด จึงอาจยังไม่เหมาะที่จะใช้บรรจุสิ่งของที่มีน้ำหนักมาก

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทัศนสมบัติของกระดาษหัตถกรรมจากต้นคราม

สมบัติทางทัศนศาสตร์	คราม
ความทึบแสง, ร้อยละ	97.0
ความขาวสว่าง, ร้อยละ	22.3
ค่าสี, หน่วย - L* - a* - b*	 65.3 0.46 19.8

รูปที่ 4 กระดาษหัตถกรรมจากเยื่อเศษเหลือต้นคราม และต้นแบบบรรจุภัณฑ์ถุงกระดาษ

4. สรุป (Conclusion)

เศษเหลือต้นคราม มีปริมาณองค์ประกอบเคมีใกล้เคียงกับพืชที่ไม่ใช่เนื้อไม้ (Non-wood) ใบต้นครามมีความยาวเส้นใยเฉลี่ย 1.34 mm และลำต้นครามมีความยาวเส้นใยยาวกว่าเล็กน้อย เฉลี่ยอยู่ที่ 1.36 mm จัดอยู่ในช่วงความยาวของพืชเส้นใยสั้นหรือไม้ใบกว้าง สามารถผลิตเป็นเยื่อได้ด้วยกระบวนการผลิตแบบโซดา และสามารถขึ้นรูปเป็น กระดาษหัตถกรรมได้โดยไม่ต้องผสมเยื่อบริสุทธิ์หรือสารเติมแต่ง ค่าความแข็งแรงของแผ่นกระดาษหัตถกรรมที่ได้ค่อนข้างน้อยเนื่องจากเป็นเศษเหลือจากกระบวนการสกัดสี การผลิตเยื่อกระดาษจากส่วนผสมระหว่างลำต้นและใบครามสามารถช่วยให้เส้นใยมีความเหมาะสมในการผลิตกระดาษมากขึ้นกว่าผลิตจากส่วนใดส่วนหนึ่งเท่านั้น และยังสามารถแปรรูปแผ่นกระดาษเป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทถุงสำหรับบรรจุสิ่งของที่มีน้ำหนักเบาได้ และหากต้องการพัฒนาให้บรรจุภัณฑ์ประเภทถุงจากกระดาษหัตถกรรมเศษเหลือต้นครามสามารถใช้งานได้หลากหลาย และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม อาจต้องใส่สารที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงทางด้านกายภาพ

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มงานเทคโนโลยีชุมชนสำหรับข้อมูลการติดต่อเพื่อจัดหาวัตถุดิบ และคุณเอกพัน มืดทับไทย ผู้ปลูกและผลิตคราม อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร ที่เอื้อเฟื้อต้นครามหลังการหมักสำหรับกิจกรรมวิจัยนี้ และขอขอบคุณภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้กล้องจุลทรรศน์สำหรับวิเคราะห์เส้นใย

6. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, สำนักวิทยบริการ งานข้อมูลท้องถิ่น. คราม: ไม้ย้อมสีธรรมชาติ [อินเทอร์เน็ต]. [ม.ป.ป.] [เข้าถึงเมื่อ 3 พฤศจิกายน 2565]. เข้าถึงได้จาก: http://www.esanpedia.oar.ubu.ac.th/tint/?page_id=59

[2] สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประชาชน โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. คู่มือการผลิตผ้าย้อมคราม [อินเทอร์เน็ต]. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: บริษัทมูฟเม้นท์ เจน ทรี จำกัด; 2555 [เข้าถึงเมื่อ 27 ตุลาคม 2565]. เข้าถึงได้จาก: https://www.rdpb.go.th/UploadNew/Documents/ผ้าย้อมคราม.pdf

[3] กรมส่งเสริมการเกษตร. ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร สมุนไพรและเครื่องเทศ (คราม) ปี 2562 [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2564]. เข้าถึงได้จาก: https://production.doae.go.th

[4] เกษตรอินเทรน. ปลูกครามแซมสวนหม่อน หนึ่งช่องทางเสริมรายได้ของเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนเลี้ยงไหม [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 3 พฤศจิกายน 2565] เข้าถึงได้จาก: https://www.sentangsedtee.com/farming-trendy/article_37502

[5] ครองใจ โสมรักษ์, พิจิกา ทิมสุกใส, สุจินต์ เจนวีรวัฒน์. อิทธิพลของอายุเก็บเกี่ยวต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์คราม. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 2563;38:426-33

[6] Henriksson G, Brannvall E, Lennholm H. The Trees. In Ek M, Gellerstedt G, Henriksson G, editors. Pulp and paper chemistry and technology volume 1 wood chemistry and wood biotechnology. Stockholm: School of Chemical Science and Engineering Royal Institute of Technology; 2009. p.13-44.

[7] Ferdous T, Ni Y, Quaiyyum MA, Uddin MN, Jahan MS. Non-wood fibers: Relationships of fiber properties with pulp properties. ACS Omega 2021;6:21613-22.

[8] Kawase K. Chemical components of wood decayed under natural condition and their properties. J Fac Agric Hokkaido Univ.1962;52:186-245.

[9] Shakhes J, Zeinaly F, Marandi M, Saghafi T. The Effects of processing variables on the soda and soda-AQ pulping of kenaf bast fiber. BioResources 2011; 6: 4626-39.

[10] Leponiemi A. Non-wood pulping possibilities – a challenge for the chemical pulping industry. Appita J. 2008;61:234-43.

[11] Sehaqui H, Zhou Q, Berglund L.A. Nanofibrillated cellulose for enhancement of strength in high-density paper structures. Nord Pulp Pap Res J. 2013;28:182-89.

[12] Ardsamang T, Puthson P, Somboon P. Effect of long-fiber hardwood kraft pulp from Baccaurea ramiflora Lour. on handsheet properties of pulp blends. Agric Nat Resour. 2020;54:287-94.

[13] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(สมอ). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษเหนียว. มอก.170-2550. กรุงเทพฯ: สมอ.; 2550.