



รายงานวิจัย

การพัฒนาการผลิตกระดาษจากเศษใบจากสู่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน
จังหวัดตรัง

Product Development of Nypa Paper from Nypa Palm Waste
Materials to Palian River Basin Trang Province

นพดล	โพชกำเหนิด
สุปราณี	วุ่นศรี
ธัญวลัย	รัตนันกิจจ์

คณะศิลปศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2561 เป็นงานวิจัยพื้นฐานเพื่อก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในการ ประเมินความเป็นไปได้ในการพัฒนาการผลิตกระดาษจากเศษใบจากสู่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัด ตรัง เพื่อให้ประโยชน์สูงสุด ตลอดจนผลการวิจัยสามารถนำไปส่งเสริมให้ผู้สนใจในการนำ กระบวนการการผลิตกระดาษจากเศษใบจากและสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสู่การศึกษา ค้นคว้าวิจัยในอนาคตและเป็นการการเพิ่มประสิทธิภาพของของเสียทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์ซึ่ง เป็นทางเลือก สามารถที่จะนำผลการทดลองที่ได้ไปประเมินถึงความเป็นไปได้ในการผลิตเชิงพาณิชย์ ได้

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้การสนับสนุนทุนงบประมาณเงิน รายได้ ประจำปี 2561 ในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้าน ต่างๆ ทั้งความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ ตลอดจนสถานที่ในการตรวจวิเคราะห์ ตัวอย่าง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้การช่วยเหลืออำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยที่อุทิศกำลังกายและกำลังใจช่วยในการวิจัยครั้งนี้ลุล่วงได้ด้วยดี อันใดที่เกิดจาก งานวิจัยนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านและหน่วยงาน ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

นพดล โปษกำเหนิด

สุปราณี วุ่นศรี

ธัญวลัย รัตนันกิจจ

2562

การพัฒนาการผลิตกระดาษจากเศษใบจากสู่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง

นพดล โพชกำเหนิด¹ สุปราณี วุ่นศรี¹ ธัญวลัย รัตนันนิกิจ¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษจาก ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการผลิตใบจากสุบของชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จากการศึกษาองค์ประกอบของสารลิกโนเซลลูโลสของเศษใบและทางจาก พบว่าเศษใบจากมีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ร้อยละ 39.91 ± 4.07 49.59 ± 6.87 และ 10.50 ± 2.80 ตามลำดับ ส่วนทางจากมีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ร้อยละ 34.40 ± 5.51 7.37 ± 3.69 และ 58.23 ± 9.20 ตามลำดับ เมื่อนำเยื่อที่ได้ไปผลิตเป็นกระดาษโดยใช้ชุดทดลอง 3 ชุด ได้แก่ 1) เศษใบจาก 2) ทางจาก และ 3) เศษใบจากผสมทางจาก และนำไปทดสอบคุณภาพของกระดาษ พบว่ากระดาษเศษใบจาก กระดาษเศษใบจากผสมทางจาก และกระดาษทางจาก มีค่าความต้านทานแรงดึงต่อการฉีกขาดเท่ากับ 0.38 ± 0.05 0.81 ± 0.07 และ 1.41 ± 0.05 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้กระดาษจากทั้ง 3 ชนิดมีการดูดซึมน้ำค่อนข้างสูง ($4.9-6.9 \times 10^{-4}$ กรัมต่อตารางมิลลิเมตร) จึงทำการปรับปรุงโดยการเคลือบด้วยสารสะท้อนน้ำซึ่งทำให้การดูดซึมน้ำน้อยลง สามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นสินค้าชุมชนต่อไป

คำสำคัญ: จาก กระดาษจาก ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน

¹ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.เมือง จ.สงขลา

Product Development of Nypa Paper from Nypa Palm Waste Materials to Palian River Basin Trang Province

Noppadon Podkumnerd¹, Supranee Wunsri¹ and Tanwalai Rattanankit¹

Abstract

This research was aimed to develop the production process of nipa paper from nipa palm waste from cigarette wrapping production of Palian river basin community. The lignocellulose component of waste, nipa leave (NL) and nipa stalk (NS) was studied. The NL contained with cellulose ($39.91 \pm 4.07\%$), hemicellulose ($49.59 \pm 6.87\%$) and lignin ($10.50 \pm 2.80\%$). For NS, the cellulose, hemicellulose and lignin were $34.40 \pm 5.51\%$, $7.37 \pm 3.69\%$ and $58.23 \pm 9.20\%$, respectively. The pulp was used to produce the paper by using 3 sets of experiment, (1) NL, (2) NS and (3) mixture of NL+NS. The properties of papers were then investigated. The paper prepared from NL, NL+NS and NS gave resistance to tensile strength at 0.38 ± 0.05 N/mm², 0.81 ± 0.07 N/mm² and 1.41 ± 0.05 N/mm², respectively. The three types of paper had high water adsorption ($4.9-6 \times 10^{-4}$ g/cm²). The surface coating with water repellent can reduce water adsorption and thus the papers could be used to produce different products of community

Keywords: Nipa palm; nipa paper;

¹ Faculty of Liberal Arts. Rajamangala University of Technology Srivijaya, *Mueang*, Songkhla.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	4
1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ลุ่มน้ำปะเหลียน	6
2.2 ต้นจาก (Nypa palm)	7
2.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นจาก	8
2.4 ประโยชน์ของต้นจาก (มยุรี, ๒๕๔๔)	10
2.5 เทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากวัสดุเหลือใช้	11
2.6 งานวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากวัสดุเหลือใช้	16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	19
3.1. การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของเศษใบจาก	19
3.2. การผลิตกระดาษ	19
3.3. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากรักษ์โลกให้แก่ชุมชนลุ่ม แม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	22
4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของเศษใบจากและทางจาก	22
4.2 ผลการศึกษาการเตรียมเยื่อกระดาษ การฟอกเยื่อกระดาษ และการตีเยื่อ ในการขึ้นรูปกระดาษ	23
4.3. ผลการศึกษาการผลิตกระดาษจากเศษใบจากและทางจาก	28
4.4 การขยายผลการผลิตกระดาษจากสู่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน	31
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	35
5.1 สรุปผลการทดลอง	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	35
บรรณานุกรม	36
ภาคผนวก	39
ภาคผนวก ก.	39

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 อัตราส่วนการขึ้นรูปแผ่นกระดาษจากเศษใบจากและหางจาก	20
ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของเศษใบจาก และหางจาก	23
ตารางที่ 3 ลักษณะสีของเยื่อเศษใบจากและหางจากที่ความเข้มข้นของ NaOH แตกต่างกัน	25
ตารางที่ 4 ลักษณะสีของเยื่อเศษใบจากและหางจากกระดาษที่ความเข้มข้นของ H_2O_2 แตกต่างกัน	27
ตารางที่ 5 การทดสอบคุณภาพของกระดาษจาก	30

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 การผลิตไบจากสับ	3
ภาพที่ 2 วัสดุเหลือใช้จากการผลิตไบจากสับที่กลายเป็นขยะชุมชน	4
ภาพที่ 3 แผนที่แสดงพื้นที่ลุ่มน้ำปะเหลียน	7
ภาพที่ 4 ลักษณะของต้นจาก	8
ภาพที่ 5 วัสดุเศษเหลือจากต้นจาก	22
ภาพที่ 6 ลักษณะของเยื่อไบจากที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้นต่างๆ	24
ภาพที่ 7 ลักษณะของเยื่อทางจากที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้นต่างๆ	25
ภาพที่ 8 ลักษณะของเยื่อไบจากที่ผ่านการฟอกด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่างๆ	26
ภาพที่ 9 ลักษณะของเยื่อทางจากที่ผ่านการฟอกด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่างๆ	26
ภาพที่ 10 การขึ้นรูปกระดาษจาก	28
ภาพที่ 11 ลักษณะของกระดาษที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย NaOH และ H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่างๆ	29
ภาพที่ 12 การทดสอบการชึมน้ำของกระดาษ	31
ภาพที่ 13 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากให้แก่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน	32
ภาพที่ 14 การนำกระดาษจากไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ทางทรัพยากรธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพอันประกอบด้วยพืชพันธุ์ไม้นานาชนิดและสัตว์น้อยใหญ่จำนวนมาก จากความหลากหลายทางชีวภาพจึงทำให้ประเทศไทยเป็นแหล่งบ่มเพาะทางปัญญาในการอยู่ร่วมกับธรรมชาติด้วยการพึ่งพาอย่างถ้อยถนอมที่ถ้อยอาศัยและช่วยให้มนุษย์มีแหล่งอาหาร (มูลนิธิการแพทย์แผนไทยพัฒนา, 2548) โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นจากกับสังคมไทยเป็นสิ่งสะท้อนให้เห็นถึงภูมิปัญญาการใช้ชีวิตที่สอดคล้องกับธรรมชาติของมนุษย์ตั้งแต่โบราณกาลมา องค์ความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากต้นจากได้มีการสั่งสมและถ่ายทอดมาสู่รุ่นลูกหลาน (มยุรี, 2544) ซึ่งมีคุณค่าทั้งในเชิงภูมิปัญญา คุณค่าในแง่ของพัฒนาการทางประวัติศาสตร์และพัฒนาการทางวัฒนธรรมในอดีตต่อเนื่องถึงปัจจุบันสู่นาคต นับเป็นมรดกตกทอดของบรรพชนซึ่งได้การเรียนรู้ สืบค้น จดจำ นำมาถ่ายทอดให้กับคนรุ่นหลัง ซึ่งมีใช้มีคุณค่าประโยชน์ทั้งทางด้านสุขภาพอนามัยหรือการดำรงชีวิตเท่านั้น แต่ยังมีคุณค่าทางนิเวศวิทยาอีกด้วย องค์ความรู้เกี่ยวกับต้นจากและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของแหล่งเจริญเติบโตของต้นจาก ล้วนแล้วแต่มีค่ามหาศาลต่อการพัฒนาอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิสาหกิจชุมชน อุตสาหกรรมอาหาร และเทคโนโลยีชีวภาพต่อไปในอนาคตซึ่งมุ่งเน้นไปสู่ความยั่งยืน

แม่น้ำปะเหลียน มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาบรรทัดในเขตจังหวัดพัทลุง และจังหวัดสตูล มีความยาวประมาณ 58 กิโลเมตร มีลำน้ำสำคัญ 7 สาย ได้แก่ คลองปะเหลียน คลองลำแกลง คลองลำปลอก คลองห้วยด้วน คลองลำพิกุล คลองโพรงจระเข้ (คลองไหญ่) และคลองลำฐาน แม่น้ำนี้ไหลผ่านท้องที่จังหวัดตรัง 4 อำเภอ คือ อำเภอย่านตาขาว อำเภอปะเหลียน อำเภอกันตัง และอำเภอหาดสำราญ แล้วไหลลงสู่ทะเลอันดามัน ที่ปากแม่น้ำปะเหลียน อำเภอบะเหลียน และอำเภอกันตัง ลุ่มน้ำปะเหลียนจัดเป็นระบบนิเวศ 3 น้ำ คือระบบนิเวศน้ำจืด ระบบนิเวศน้ำกร่อย และระบบนิเวศน้ำเค็ม บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปะเหลียนที่เป็นหัวใจสำคัญของชุมชน คือ พื้นที่ตำบลวังวน อำเภอกันตัง ตำบลทุ่งกระบือ และตำบลทุ่งค่าย อำเภอย่านตาขาว และตำบลบ้านนา อำเภอบะเหลียน ซึ่งเกิดจากการไหลมารวมกันของคลองต่างๆ ส่งผลให้บริเวณดังกล่าวกลายเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีความหลากหลายทางชีวภาพของทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะผืนป่าชายเลนในพื้นที่ลุ่มน้ำปะเหลียน กว่า 20,000 ไร่ ป่าจากกว่า 5,000 ไร่ กลายเป็นพื้นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำวัยอ่อนและพันธุ์สัตว์เฉพาะถิ่น สร้างอาชีพให้กับชุมชน

บริเวณลุ่มน้ำปะเหลียนมากกว่า 2,000 ครัวเรือนที่ได้พึ่งพาทรัพยากรบริเวณลุ่มน้ำปะเหลียน (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 2560)

ต้นจาก เป็นพืชตระกูลปาล์ม เพียงชนิดเดียวที่พบเป็นจำนวนมากบริเวณป่าชายเลน มีชื่อสามัญ คือ Nypa palm จัดอยู่ในสกุล (Genus) *Nypa* ซึ่งพบเพียงสกุลเดียวในแถบเอเชียตอนใต้ และตอนเหนือของออสเตรเลีย (Wikipedia, 2017) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Nypa fruticans* Wurmb. (Purse glove, 1985) ต้นจากมีใบเป็นใบประกอบแบบขนนก เรียงตรงข้ามกัน มีใบย่อยเป็นรูปขอบขนาน มีความกว้างประมาณ 5-6 เซนติเมตร และยาวประมาณ 90-120 เซนติเมตร แผ่นใบหนา ปลายใบลักษณะเรียวแหลม โคนใบเป็นรูปลิ้น (ลักษณะคล้ายใบมะพร้าว) และเป็นรูปร่างน้ำคว่ำ ที่ผิวใบด้านบนมีสีเขียวเข้มเป็นมัน ส่วนผิวใบด้านล่างมีสีนวล ส่วนกาบใบใหญ่ห่อโคนต้น ก้านใบที่แตกใหม่จะเป็นสีม่วงแดง (วงจันทร์, 2540) ต้นจากมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของประชาชนและเศรษฐกิจของชุมชนชายฝั่งเป็นอย่างมาก เช่น ใบอ่อนใช้สำหรับมวนบุหรี่ ใบแก่นำมาเย็บถุงหลังคาหรือกั้นฝาบ้าน ทางจากนำมาผ่าซีกทำเป็นไม้ ตัดข้างในของการเย็บจาก พอนจาก (ทางจากส่วนโคนที่ติดกับกอ) นำมาทำเป็นเชือกเพลิงในครัวเรือนและเคียนน้ำตาลได้เป็นอย่างดี ผลนำมารับประทาน ต้นจากสามารถให้น้ำหวานที่จะทำน้ำตาล ทำน้ำส้มสายชู และทำสุราพื้นบ้านเป็นต้น ผลแก่มาผลิตเป็นไวน์ได้ (นพดล และสมบุญ, 2556)

การผลิตใบจากสุบ นับเป็นอาชีพสำคัญอาชีพหนึ่งที่ชุมชนในลุ่มน้ำปะเหลียนใช้เป็นรายได้เสริม นอกเหนือจากการทำการเกษตร โดยพื้นที่ที่มีการผลิตใบจากสุบที่สำคัญ ได้แก่ ชุมชนตำบลทุ่งกระปือ อำเภอย่านตาขาว และชุมชนตำบลวังวน อำเภอกันตัง การผลิตใบจากสุบนั้นจะใช้วัตถุดิบคือทางจากอ่อน มาลอกเอาเฉพาะเยื่อใบ หลังจากนั้นนำใบจากที่ลอกแล้วไปผึ่งแดดและจำหน่ายให้แก่โรงงานผลิตใบจากสุบ หรือแปรรูปเพื่อจำหน่ายเองโดยตรงต่อไป ซึ่งกระบวนการในการนำใบจากมาผึ่งแดดนั้นโดยทั่วไป ชุมชนจะใช้พื้นที่หน้าลานบ้านหรือผิวถนนเพื่อในการตากใบจาก โดยเฉพาะการตากใบจากบนผิวถนนนั้น นอกจากจะทำให้เสียพื้นที่ในการจราจรภายในชุมชนแล้ว ยังอาจส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุจากยานพาหนะที่สัญจรไปมา และนอกจากนั้นอาจมีสิ่งปนเปื้อนในใบจาก เช่น จุลินทรีย์หรือฝุ่นละออง ซึ่งส่งผลต่อสุขภาพอนามัยของผู้บริโภคอีกด้วย ดังภาพที่ 1 (A-D)



(A)



(B)



(C)



(D)

ภาพที่ 1 การผลิตใบจากสุบ (A) การสับใบจากอ่อนออกจาก (B) การลอกเยื่อใบจากออกจาก ก้านใบ (C) การตากใบจาก และ (D) การแปรรูปเพื่อจำหน่าย

หลังจากกระบวนการลอกเยื่อใบจากเสร็จสิ้นแล้วนั้นจะเหลือวัสดุเหลือใช้ ได้แก่ ทางจาก และก้านใบจาก กองทิ้งไว้บริเวณแหล่งผลิตเป็นจำนวนมาก ซึ่งวัสดุเหลือใช้เหล่านี้จะใช้เวลาในการย่อยสลายเป็นเวลานานเนื่องจากชีวมวลของต้นจากนั้นประกอบไปด้วยสารในกลุ่มลิกโนเซลลูโลส ได้แก่ ลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เป็นจำนวนมาก เช่น ทางจาก (Fronde) มีลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ร้อยละ 17.8 35.1 และ 26.4 ตามลำดับ ส่วนใบจากมีลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 17.3 45.6 และ 23.5 ตามลำดับ (Tamunnaida and Shiro, 2011) ซึ่งสารกลุ่มลิกโนเซลโลสนี้เป็นสารที่ย่อยสลายยากส่งผลให้วัสดุเหลือใช้เหล่านี้จะกลายเป็นขยะในชุมชน ดังภาพที่ 2 (A-B) ซึ่งต้องใช้วิธีการกำจัดอย่างเป็นระบบเพื่อให้การจัดการวัสดุเหลือใช้เหล่านี้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์ต่อชุมชนมากที่สุด



(A)



(B)

ภาพที่ 2 วัสดุเหลือใช้จากการผลิตใบจากสุบที่กลายเป็นขยะชุมชน

(A) ทางจาก และ (B) ก้านใบจาก

ในการนี้คณะผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในวิจัยเชิงการบูรณาการแบบมีส่วนร่วมกับชุมชนในการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากใบจากให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากรักษ์โลกซึ่งผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตใบจาก ส่งผลให้เกิดนวัตกรรมจากต้นจากใหม่ในชุมชนเกิดช่องทางในการสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียนมากขึ้น และนอกจากยังสามารถลดขยะที่เกิดจากวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตต้นจากในชุมชนได้อย่างยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากรักษ์โลก โดยใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตใบจากสุบ เพื่อลดปัญหาขยะจากวัสดุเหลือทิ้งจากต้นจากในชุมชน

1.2.2. เพื่อบูรณาการร่วมกับชุมชนในการผลิตผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้จากต้นจากในชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียนอย่างยั่งยืน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการแนวทางการผลิตและพัฒนากระดาษจากก้านใบจาก ให้เป็นกระดาษจากรักษ์โลก โดยจะศึกษาขั้นตอนการผลิต และการเพิ่มคุณสมบัติในด้านความทนทานของกระดาษโดยใช้วัสดุจากธรรมชาติ และสร้างแนวทางในการพัฒนาการนำกระดาษจากรักษ์โลกที่ผลิตได้ไปสร้างสรรค์เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต่อไป

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ชีวมวลของต้นจากนั้นประกอบไปด้วยสารในกลุ่มลิกโนเซลลูโลส ได้แก่ ลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะใบจากมีลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 17.3 45.6 และ 23.5 ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำไปผลิตเป็นกระดาษได้

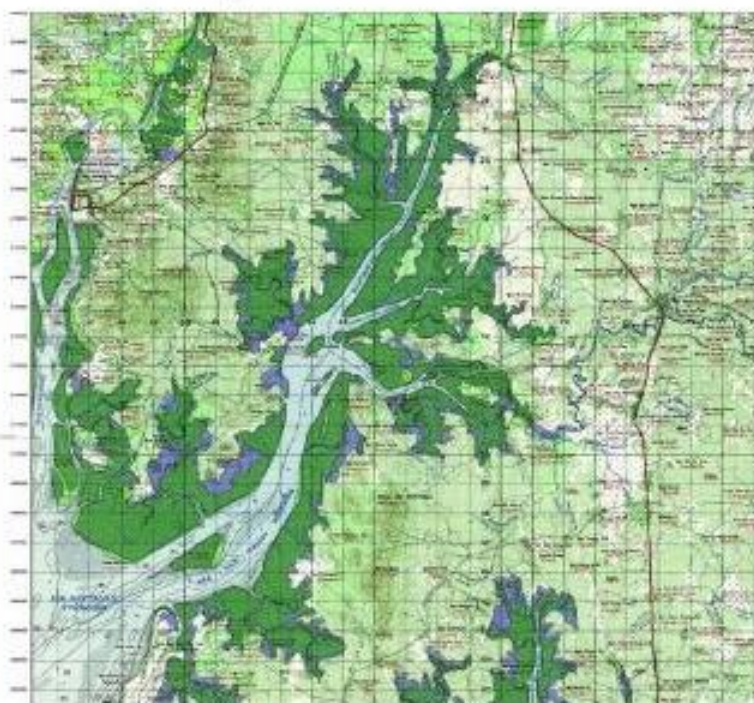
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลุ่มน้ำปะเหลียน

แม่น้ำปะเหลียน มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาบรรทัดในเขตจังหวัดพัทลุง และจังหวัดสตูล มีความยาวประมาณ 28 กิโลเมตร มีลำน้ำสำคัญ 7 สาย ได้แก่ คลองปะเหลียน คลองลำแกลง คลองลำปลอก คลองห้วยด้วน คลองลำพิกุล คลองโพรงจระเข้ (คลองใหญ่) และคลองลำฐาน แม่น้ำนี้ไหลผ่านท้องที่จังหวัดตรัง 4 อำเภอ คือ อำเภอย่านตาขาว อำเภอปะเหลียน อำเภอกันตัง และอำเภอหาดสำราญ แล้วไหลลงสู่ทะเลอันดามัน ที่ปากแม่น้ำปะเหลียน อำเภอปะเหลียน และอำเภอกันตัง ลุ่มน้ำปะเหลียนจัดเป็นระบบนิเวศ 3 น้ำ คือระบบนิเวศน้ำจืด ระบบนิเวศน้ำกร่อย และระบบนิเวศน้ำเค็ม บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปะเหลียนที่เป็นหัวใจสำคัญของชุมชน คือ พื้นที่ตำบลวังวน อำเภอกันตัง ตำบลทุ่งกระบือ และตำบลทุ่งค่าย อำเภอย่านตาขาว และตำบลบ้านนา อำเภอปะเหลียน ซึ่งเกิดจากการไหลมารวมกันของคลองต่างๆ ส่งผลให้บริเวณดังกล่าวกลายเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีความหลากหลายทางชีวภาพของทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะผืนป่าชายเลนในพื้นที่ลุ่มน้ำปะเหลียน กว่า 20,000 ไร่ ป่าจากกว่า 5,000 ไร่ กลายเป็นพื้นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำวัยอ่อนและพันธุ์สัตว์เฉพาะถิ่น สร้างอาชีพให้กับชุมชนบริเวณลุ่มน้ำปะเหลียนมากกว่า 2,000 ครัวเรือนที่ได้พึ่งพาทรัพยากรบริเวณลุ่มน้ำปะเหลียน จากภาพที่ 3 (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 2560)

ลุ่มน้ำปะเหลียน



ภาพที่ 3 แผนที่แสดงพื้นที่ลุ่มน้ำปะเหลียน
ที่มา: (ok nation, ๒๕๕๓)

2.2 ต้นจาก (Nypa palm)

การจำแนกชั้นทางวิทยาศาสตร์ (Purse glove, 1985)

อาณาจักร	Plantae
ส่วน	Magnoliophyta
ชั้น	Liliopsida
อันดับ	Arecales
วงศ์	Arecaceae
สกุล	<i>Nypa</i>
สปีชีส์	<i>N. fruticans</i>
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Nypa fruticans</i> Wurmb

2.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นจาก

จากเป็นพืชตระกูลปาล์มที่มีอยู่เพียงไม่กี่ชนิดของป่าชายเลน ลำต้นเป็นหัวอยู่ใต้ดิน (rhizome) ชาวบ้านเรียกว่า “หินจาก” บางคนจัดต้นจากเป็นพืชร่วมป่าชายเลน (mangrove associate) ไม่ใช่ป่าชายเลนจริง (true mangrove) เพราะอาจพบได้บริเวณอื่นนอกพื้นที่น้ำขึ้นน้ำลงปกติของพื้นที่ป่าชายเลน จากมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Nypa fruticans* Wurm ในมาเลเซียมีชื่อสามัญว่า Nipa palm หรือ Nypah palm และ อินโดนีเซีย เรียกว่า Apong ในเวียดนาม เรียกว่า Dua nuac ในประเทศฟิลิปปินส์ เรียกว่า Nipeira ซึ่งมาจากภาษาโปรตุเกส และเรียกน้ำเมาที่ทำจากน้ำตาลจากว่า Nipa เช่นกัน การทำน้ำเมาหรือเหล้าจากต้นจากมีบันทึกไว้ตั้งแต่ ค.ศ. โดยเรียกเหล้าชนิดนี้ว่า Nip จึงเป็นไปได้ว่าชื่อวิทยาศาสตร์ของจากอาจมาจากชื่อเหล้า Nip ก็ได้ ดังภาพที่ 4 (นพรัตน์ และช่อทิพย์, 2559)



ภาพที่ 4 ลักษณะของต้นจาก

ต้นจากมีจำนวนโครโมโซม $2n = 16$ จัดอยู่ในวงศ์ (Family) Palmae หรือ Arecaceae บางคนจัดไว้ในวงศ์ Nypaceae และวงศ์ย่อย (Subfamily) Nypoidae เป็น genus ที่มีเพียง 1 สปีชีส์เท่านั้น (Purse glove, 1985) จากมีลำต้นอ้วนสั้น อาจเลื้อยตามผิวดินหากถูกน้ำเซาะหรืออยู่ใต้ผิวดินและสามารถแตกเป็น 2 ง่าม (dichotomous branching) เพื่อการขยายพันธุ์และมีรากแตกออกมาจากลำต้น

ด้านล่าง ลำต้นใต้ดินหรือเหง้ามีลักษณะอวบอ้วน แบนและแข็ง เป็นสีโคลนซ้อนเหลื่อมกันเป็นเหมือนมูลโคและอาจมีขนาดใหญ่ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร มีระบบรากเป็นระบบรากฝอย มีลักษณะอวบอ้วนอยู่ใต้เหง้า และกระจุกใบ (rosette) รากมีขนาดค่อนข้างยาว และมีจำนวนมากซึ่งเอื้อต่อการยึดดิน เมื่อน้ำลงจะเห็นกระจุกราก ต้นแก่ที่ตายแล้วบริเวณตลิ่ง เป็นกระจุกใหญ่ได้ถึง 1 x 1 เมตร (วงศ์จันทร์, 2540)

จากเป็นพืชที่มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียในต้นเดียวกัน (monoecious plant) และบนก้านดอกช่อเดียวกัน โดยที่ก้านดอก (นกจาก) แทงออกมาจากลำต้นใต้ผิวดินบริเวณโคนใบ และมีดอกตัวเมียอัดกันเป็นก้อนที่ปลายก้าน ส่วนดอกตัวผู้ที่มีขนาดเล็กอัดเป็นช่อ แยกแขนงออกมาจากก้านร่วมกับดอกตัวเมีย ทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียมีกลีบดอก (tepals) 6 กลีบ มีเกสรตัวผู้ (stament) 3 อัน ละอองเรณูลักษณะเป็นหนาม (Tomlinson, 1994) การที่จากออกดอกเป็นช่อ (inflorescence) จึงสามารถมองเห็นเด่นชัดมักเป็นลักษณะตั้งตรง ใบส่วนใหญ่มีความสามารถรองรับช่อดอกได้แต่ไม่ทุกช่อที่สามารถพัฒนาไปได้อย่างสมบูรณ์ ก้านช่อดอกอาจยาวถึง 100 เซนติเมตร หรือมากกว่านั้น ช่อดอกมีกาบหุ้ม (spathe) สีส้ม ดอกตัวผู้มีสีครีมอยู่บนก้านและมีกาบหุ้มเช่นเดียวกัน ดอกตัวเมียมีลักษณะเป็นหัวกลมอยู่ปลายก้านอันกลางที่อวบ ซึ่งอาจเป็นส่วนคาร์เพล (carpel) มีลักษณะแข็งคล้ายเนื้อไม้ลักษณะเป็นเหลี่ยมหรือพู ผลของจากมีสีน้ำตาลเข้มอยู่รวมกันเป็นกระจุกแน่น เรียกว่า “โหม่งจาก” ที่ปลายผลลักษณะเป็นหนามแหลมสั้นและแข็งซึ่งเป็นปลายดอกเกสรตัวเมียที่ค้างอยู่ ผลเป็นรูปสามเหลี่ยมภายในมีเมล็ดเดียว ความยาวของผลประมาณ 12 เซนติเมตร กว้าง 7-8 เซนติเมตร เนื้อเยื่อของผลเป็นเส้นใยคล้ายมะพร้าวมีช่องอากาศมากทำให้ลอยน้ำได้ 1 ทะลายของจากมีผลจำนวน 50-100 ผล และมีน้ำหนัก 10-20 ผลต่อกิโลกรัม เมล็ดในของจากคล้ายมะพร้าวมีเนื้อ (endosperm) คล้ายมะพร้าวเช่นกันและกลวง การเจริญเติบโตของต้นอ่อนเป็นแบบ viviparous คือออกก่อนผลจะหลุดจากต้นเป็นการงอกแบบ hypogeal ซึ่งจะเห็นใบแรกของลำต้นอ่อนต้นผลจนหลุดออกจากทะเล (นพรัตน์ และช่อทิพย์, 2549)

ใบจากความยาว 3-9 เมตร จัดเป็นใบประกอบที่มีขนย่อย (leaflets) จำนวน 30-40 ใบ ระยะแรกใบอ่อนจะม้วนตัวและจะคลี่ออกมาเมื่อถึงเวลาและยาวใบละประมาณ 70 เซนติเมตร มีลักษณะอวบพอง เรียกว่า พงจาก (Petiole) มีโพรงอากาศมาก เชื่อว่าเป็นส่วนที่ทำหน้าที่แทนรากหายใจ (pneumatophore) เมื่อต้นจมอยู่ในน้ำหรือโคลน และเป็นไปได้ว่าอาจเก็บน้ำหวานบางส่วนจากใบได้ด้วย มีความยาวประมาณ 1.0-1.5 เมตร ลักษณะเป็นร่องลอยน้ำได้ดี ในกอหนึ่งๆ มีใบจากประมาณ 6-7 ใบ แต่ 4 ใบ มักมีชีวิต ใบเป็นแบบขนนก ใบจากที่แก่แล้วจะร่วงจากลำต้นในบริเวณที่แปลกกว่าการร่วงของใบพืชชายเลนอื่น โดยที่ใบจากยังคงทิ้งโคนก้านใบหรือพงจากไว้ที่กอเดิมในชั้นแรก ต่อมาจะเป็นการร่วงของพงจากที่อยู่ติดกับลำต้นใต้ดิน การเจริญเติบโตของจากเป็นไปอย่างต่อเนื่องในแนวนอน แต่ส่วนใบ

จากซึ่งเรียงเวียน (spiral) รอบแกนลำต้นกลับเจริญในแนวตั้งได้ ที่เป็นเช่นนี้เพราะมีการเจริญเติบโตที่ไม่เท่ากันตรงโคนใบ ซึ่งการแตกกิ่งของลำต้นเกิดขึ้นเป็นระยะๆ อย่างสม่ำเสมอ และมีขนาดเท่าๆ กัน ต้นจากคงมีกลไกการกำจัดเกสรที่ติดเข้าไปแล้วไม่ถูกใช้ให้ออกนอกเซลล์ได้ (วงศ์จันทร์, 2540) เพราะในสมัยสงครามครั้งที่ 2 ยามขาดแคลนเกลือชาวบ้านได้เผาใบจากและพงเอาขี้เถ้าใช้แทนเกลือ (นพรัตน์ และช่อทิพย์, 2549)

ใบจากเกือบทุกใบสามารถสร้างช่อดอกจากช่อดอกที่โคนใบ เหมือนมะพร้าวหรือหมากแต่ก็ไม่ใช่ทุกช่อที่พัฒนาได้เต็มที่ ส่วนเกสรตัวเมียเมื่อกาบหุ้มเปิดออก ก็สามารถนับละอองเรณูได้ โดยสังเกตจากเมื่อกบบริเวณส่วนบน เมื่อได้รับละอองเรณูแล้ว แต่ละดอกจะมีการยืดยาวของก้านช่อและมีผู้บันทึกชนิดของแมลงที่เป็นพาหะสำคัญ ๒ ชนิด (Essig, 1973) คือ ผึ้ง และแมลงหวี่ แต่แมลงหวี่จะเกิดบนช่อดอกตัวผู้ ซึ่งมีส่วนทำลายช่อดอกตัวผู้ด้วย ในขณะที่ผึ้งอาจไม่ใช่พาหะที่สำคัญในการถ่ายละอองเรณู เพราะผึ้งมักตอมแต่ดอกตัวผู้เท่านั้น ส่วนแมลงหวี่ตอมทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย ผลแก่เมื่อร่วงมักลอยไปกับน้ำเพื่อการแพร่พันธุ์และก้านผลมักโค้งลงตามน้ำหนักของผลที่มีขนาดเพิ่มขึ้น ทำให้สะดวกในการปาดเอาน้ำหวานเมื่อน้ำขึ้นน้ำจะช่วยผยุช่อผลได้บ้าง ผลที่เริ่มงอกจะมีใบหุ้มยอด 2-3 ใบ ก่อนที่ใบจริง (eophyll) แบบขนนกจะทยอยออกมา

2.4 ประโยชน์ของต้นจาก (มยุรี, 2544)

ส่วนต่างๆ ของต้นจากที่นำมาใช้เป็นประโยชน์ที่สำคัญได้แก่ ผลจาก ยอดจาก ใบจาก ก้านจาก พอนจาก เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ได้มีหลายประเภททั้งเพื่อการบริโภค และเพื่อการอุปโภค เช่น นกจากอ่อน ซึ่งเป็นส่วนของดอกจากที่งอกใหม่นำมาใช้เพื่อการบริโภคสำหรับผักจิ้มและผักแกงหรือผัดคองจากน้ำตาลจาก ผลลูกจากอ่อน เรียกกันว่า “โหม่ง” ก้นของผลมีหนามแหลมสั้นๆ เมล็ด หรือเนื้อในที่ยังอ่อนใช้รับประทานได้ประโยชน์จากต้นจากลูกจากลูกจากอ่อนที่ยังไม่มีเนื้อใน นำมารับประทานอาหาร เป็นผักเหนาะน้ำพริก หรือกินกับแกงไตปลา น้ำส้มจาก เป็นผลิตผลจากการนำน้ำหวานจากมาเก็บหมักไว้ให้เปรี้ยว ซึ่งสามารถนำไปใช้ประกอบอาหารและเป็นส่วนผสมของการถนอมอาหาร เนื้อลูกจากหนุ่ม หรือลูกจาก “ทราหมิน” ผ่าเอาเมล็ดมารับประทานสดเป็นผลไม้หรือนำมาเชื่อมรับประทานมาเป็นอาหารหวาน น้ำหวานจาก เป็นผลิตผลที่ได้จากส่วนวงจาก สามารถใช้ดื่มสด น้ำตาลจาก ผลิตมาจากน้ำหวานจากซึ่งได้มาจากวงจาก โดยนำเอาน้ำหวานจากมาเคี่ยว เหล้าจาก ผลิตโดยใช้น้ำตาลจาก ผ่านการหมักแล้วนำไปกลั่น ใบจากอ่อน นำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตทำเป็นใบจากมวนยาสูบ จากตับ ผลิตจากใบจากแก่ นำมาเย็บเป็นจากตับมุงหลังคาและกั้นผ้าบ้าน

2.5 เทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากวัสดุเหลือใช้

ปัจจุบันการผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือ (Hand made) ในประเทศไทยเป็นสินค้าหัตถกรรมพื้นบ้านที่แพร่หลาย และยังมีการวิจัยพัฒนาเพื่อนำวัสดุเหลือใช้มาผลิตกระดาษประเภทนี้อย่างต่อเนื่อง ได้แก่ กระดาษจากใบสับปะรด กระดาษจากกาบมะพร้าว กระดาษจากกล้วย กระดาษจากมูลช้าง ฯลฯ เนื่องจากประเทศไทยมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวนมากที่สามารถให้เส้นใยที่มีคุณสมบัติเหมาะสม จะใช้ในการผลิตกระดาษได้ โดยวิธีการผลิตกระดาษจากวัสดุเหลือใช้มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบก่อนต้มจะมีความแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบซึ่งหลักการทั่วไปจะเหมือนกัน คือ วัตถุดิบที่จะนำมาใช้ต้องผ่านการคัดเลือกมาอย่างดีแล้วโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องสะอาด ไม่มีเชื้อราสิ่งสกปรกต่างๆ ติดมากับวัตถุดิบ นำวัตถุดิบมาตัดให้มีขนาดยาวไม่เกินเส้นผ่าศูนย์กลางของหม้อต้มเยื่อเพื่อสะดวกต่อการปฏิบัติ งาน และคนพลิกเยื่อ ในขณะที่ต้มได้จะทำให้การย่อยมีความสม่ำเสมอและทั่วถึง นำวัตถุดิบใส่ถังแช่น้ำให้ท่วม ถ้าวัตถุดิบเบาลอยน้ำควรหาวัสดุที่มีน้ำหนักทับวัตถุดิบเอาไว้ไม่ให้ลอย การแช่เยื่อในน้ำ 1 คืน เพื่อให้วัตถุดิบอ่อนตัว ชุ่มน้ำจะทำให้ น้ำยาเคมีซึมซับเข้าไปทั่วเส้นใยได้ดี และเร็วขึ้น ผลพลอยได้ คือ ช่วยชะล้างเอาสิ่งสกปรก เช่น เศษดิน ผุ่น และสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ ออกไปบ้าง เป็นการประหยัดน้ำยาเคมีในการต้มด้วย การแช่อาจจะแช่ในน้ำธรรมชาติในถังแช่โดยให้น้ำขังหรือใช้วิธีให้น้ำไหลเข้าและไหลออกไปอย่างช้าๆ ก็ได้ วิธีนี้จะช่วยให้วัตถุดิบไม่มึนกลืนเหม็นและสะอาดมากขึ้นและยังมีวิธีการแช่วัตถุดิบในน้ำค้างที่ยังไม่ได้ต้มโดยใส่ต่างลงในน้ำแช่วัตถุดิบเลย แช่ไว้ 1 คืน แล้วจึงต้มหรือใช้น้ำที่ผ่านการต้มเยื่อมาแล้วแช่วัตถุดิบโดยใช้น้ำต่างต่อน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 5 หรือไม่ต้องผสมน้ำใช้น้ำค้างที่ผ่านการต้มเยื่อมาแล้วทั้งหมดแต่ไม่ควรแช่เกิน 3 ครั้ง เพราะสารสกัดต่างๆ ที่ออกมาเพิ่มขึ้นจะทำให้เยื่อสกปรก

2. การต้มเยื่อ วัตถุดิบที่แช่น้ำหรือสารละลายต่างแล้วจะต้มเป็นเยื่อได้ง่ายด้วยสารละลายต่าง ซึ่งนิยมใช้โซดาไฟ โดยปกติ แล้วเส้นใยจะถูกยึดด้วยโพลีแซคคาไรด์ที่เรียกว่า สารเพคตินและลิกนิน ซึ่งเป็นสารที่มีแรงยึดเหนี่ยวสูง เช่น เส้นใยของผักตบชวา มีปริมาณลิกนินอยู่น้อย เมื่อต้มด้วยด่างจึงกลายเป็นเส้นใยได้ง่าย อย่างไรก็ตาม การต้มเยื่อต้องใช้ความระมัดระวัง เนื่องจากสารที่เป็นกาบ (เฮมิเซลลูโลส) จะละลายในน้ำพร้อมกับการละลายสลายของสารยึดเหนี่ยวต่างๆ ระหว่างการต้มเฮมิเซลลูโลส ถ้ายังเหลืออยู่ในเส้นใยจะทำให้เยื่อกระดาษจับตัวเป็นแผ่นเรียบและแน่นขึ้น การใช้ด่างแรงเกินไปจะทำให้การต้มเยื่อง่ายขึ้นก็จริงแต่จะทำให้เกิดการแตกตัวของเส้นใย (Depolymerization) และเฮมิเซลลูโลสด้วย ทดสอบได้โดยการจับดูหรือวัดแรงฉีกขาดของเส้นใย การเลือกสารเคมีในการต้มเยื่อของการผลิตกระดาษสาในญี่ปุ่นขึ้นอยู่กับความต้องการกระดาษสา คุณภาพใด สารเคมีที่จะใช้ ได้แก่ โซดาไฟ โซเดียมคาร์บอเนต และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ สารต้มเยื่อในประเทศไทยในระยะแรกจะใช้ขี้เถ้าผสมปูนขาวจะมี

ฤทธิ์ เท่ากับ โซเดียมคาร์บอเนต การลดปริมาณโซดาไฟลงจะช่วยให้ได้กระดาษที่แข็งแรง เรียบ และเนื้อแน่นขึ้น ผู้ใช้กระดาษสาในประเทศตะวันตกมักต้องการกระดาษที่ทนทาน ดังนั้นการเลือกสารเคมีที่ใช้ต้มเยื่อให้ตรงตามความต้องการของลูกค้าจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษ เช่น การต้มผักตบชวาจะเหมือนกับการต้มวัตถุดิบชนิดอื่นๆโดยเตรียมน้ำเปล่าใส่ลงในถังต้มเยื่อทำด้วยสแตนเลส ใช้อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาสดต่อน้ำเท่ากับ 1:10 แล้วใส่โซดาไฟลงไป จำนวนที่ใช้ร้อยละ 10 ของน้ำหนักผักตบชวาสด คนให้ละลายจนหมด จึงนำเปลือกสาที่ผ่านการแช่น้ำหรือสารละลายต่างลงไปคนให้ผักตบชวาลูกเคล้ากับสารละลายต่างจนทั่ว ปิดฝาถังต้มเยื่อต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปกติเพื่อไม่ให้สารละลายต่างล้นออกไปจากถังต้มและคนพลิกเยื่อที่ต้มทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยจับเวลาหลังเดือดเป็นเวลา 3 ชั่วโมงแล้วจึงหยุดต้ม หลังจากนั้นให้แช่เยื่อที่ต้มแล้วเอาไว้ในสารละลายต่างที่ต้มต่ออีก 1 คืน เพื่อให้เกิดการย่อยสลายที่สมบูรณ์ แล้วล้างเอาต่างออกจากเยื่อด้วยน้ำ 3 ครั้งโดยดูจากเมื่อจับดูแล้วไม่มีความลื่นที่มือ สามารถนำต่างที่ผ่านการต้มแล้วสามารถนำไปแช่ผักตบชวาอีกได้

3. การฟอกขาว การฟอกขาวโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นสารเคมีที่ไม่มีคลอรีนเป็นส่วนประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นสารที่สลายตัวง่าย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่ใช่เป็นการกำจัดลินินที่เหลืออยู่ในเยื่อเช่นเดียวกับการฟอกด้วยคลอรีนเปอร์ออกไซด์เป็นเพียงออกซิไดส์กลุ่มคาร์บอนิลในคาร์โบไฮเดรตให้เปลี่ยนเป็นกลุ่มกรดคาร์บอกซิลิกเท่านั้น ซึ่งเป็นการทำให้สีของลินินที่เหลืออยู่ขาวขึ้นแต่จะกลับเป็นสีเหลืองได้ง่าย ปฏิริยาออกซิไดส์นี้จะทำให้การสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตเกิดมากขึ้น ดังนั้นการใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารฟอก นอกจากเป้าหมายของความขาวสว่างจะไม่สูงมากตามความต้องการแล้วยังต้องป้องกันการสลายตัวทั้งของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เองและของเยื่อ ด้วยนอกจากนี้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ยังมีราคาแพง ดังนั้นการนำมาใช้ฟอกเยื่อควรจะใช้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยการควบคุมสภาวะการฟอกเยื่อให้เหมาะสม ใช้สารช่วยยับยั้งการสลายตัวทั้งของน้ำยาฟอกและเยื่อ รวมทั้งสารปรับความเป็นกรด-ด่าง เพื่อให้ปฏิกิริยาที่ต้องการเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ สภาวะฟอกเยื่อที่เหมาะสม ควรใช้แมกนีเซียมซัลเฟตช่วยยับยั้งการสลายตัวของเยื่อเพื่อรักษาผลผลิตเยื่อฟอกไว้และเติมโซเดียมซลิเกต เพื่อลดการสลายตัวที่รวดเร็วของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และลดการสูญเสียของน้ำยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ การใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะฟอกเยื่อให้ขาวขึ้นกว่าเดิมได้ไม่เกินร้อยละ 12 ซึ่งอาจจะทำให้เยื่อสาฟอกมีความขาวได้ร้อยละ 70 ถ้าฟอกซ้ำอีกครั้งอาจจะขาวได้ถึงร้อยละ 75 แม้จะฟอกซ้ำอีกต่อไปก็เชื่อว่าความขาวจะไม่เพิ่มขึ้น แต่ถ้าใช้แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ จะให้ความขาวสว่างประมาณร้อยละ 81

วิธีการฟอกเยื่อสาด้วยสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีดังนี้

1. ตวงน้ำใส่ถังฟอกเยื่อที่ตั้งอยู่บนเตาพร้อมที่จะฟอกในอัตราส่วนน้ำต่อเยื่อ 10:1

2. เตรียมสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 5 ของปริมาณเยื่อ
3. ปรับ pH ของสารละลายด้วยโซดาไฟให้อยู่ในช่วง 10.5-11.0
4. ใส่เยื่อที่จะฟอกลงไปคนให้เยื่อเปียกสารละลายปิดฝาทิ้งฟอก
5. ต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงและคนทุกๆ 30 นาที ทั้งนี้ต้องควบคุมอุณหภูมิอย่าให้สูงมากจนเดือด ถ้าเดือดจะเกิดฟองล้นออกจากถังต้มได้
6. หลังฟอกขาวปล่อยให้เย็นลงก่อนจึงล้างด้วยน้ำสะอาดจนสภาพน้ำล้างเป็นกลางโดยปกติล้างประมาณ 3 ครั้ง สังเกตจากไม่ลื่นมือ

4. การคัดเลือกและทำความสะอาดเยื่อ ขั้นตอนนี้นับว่ามีความสำคัญมากและค่อนข้างจะต้องใช้เวลามากด้วยการคัดเลือกเยื่อที่ไม่ดีออกจากเยื่อดี เพื่อต้องการให้ได้กระดาษที่ดี มีคุณภาพ การคัดเลือกควรจะต้องเลือกเยื่อขึ้นมาทีละเส้นจนหมด สิ่งที่ต้องเลือกออกมีดังนี้

1. ส่วนที่แข็งต้มไม่เปื่อย เช่น เนื้อไม้
2. เยื่อที่ฟอกแล้วไม่ขาว อาจจะมีสีน้ำตาลหรือดำควรคัดทิ้งไป
3. ส่วนที่เป็นตา เปลือก
4. สิ่งปนเปื้อนอื่นๆ ที่ติดมากับเยื่อ ควรคัดออกให้หมด
5. ล้างเยื่อด้วยน้ำสะอาดจนมีสภาพเป็นกลาง แล้วบีบหรือสลัดน้ำออกด้วยเครื่องสลัดน้ำให้เหลือความชื้นน้อยที่สุดประมาณร้อยละ 30 เพื่อใช้ในการคำนวณน้ำหนักแห้งในขั้นตอนต่อไปความชื้นนี้สามารถเก็บรักษาอยู่ได้นาน
6. การตีเยื่อ ตัวอย่างเช่น นำเยื่อที่ได้ทำการปั่นให้เข้ากัน จนเข้ากันอย่างละเอียด หลังจากนั้นนำเยื่อที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นกระดาษในขั้นตอนต่อไป

7. การทำแผ่นกระดาษ การทำแผ่นกระดาษเป็นการเทเยื่อที่ได้จากการกระจายเยื่อดีแล้วลงไปบนตะแกรงไนลอนที่ใช้ทำแผ่นกระดาษ ตะแกรงนี้จะลอยน้ำเมื่อเทเยื่อลงไป เยื่อก็จะลอยน้ำอยู่บนตะแกรงเราก็ทำการเกลี่ยเยื่อภายในตะแกรงให้มีความสม่ำเสมอทั้งแผ่นหรือที่ชาวบ้านเรียกกันว่า "ตะ" แต่ถ้านำเยื่อที่กระจายดีแล้วใส่ในอ่างผสมไปกับน้ำในปริมาณที่มากพอและเหมาะสม แล้วใช้ตะแกรงข้อนเยื่อขึ้นมา เรียกว่าวิธีการทำแผ่นกระดาษแบบ "ข้อนเยื่อ" ถ้าเยื่ออยู่บนตะแกรงมีความสม่ำเสมอก็แสดงว่าใช้ได้ และก็นำไปตากแดด เมื่อแห้งแล้วก็ค่อยๆ ลอกกระดาษออกจากตะแกรงในการตากแดดเส้นใยพืชบางชนิดจะมีการหดหรือย่นทำให้กระดาษที่ได้ออกมาไม่สวย เช่น เยื่อจากสับปะรดกล้วย ผักตบชวา เป็นต้น วิธีแก้ง่ายๆ ก็คือ นำไปตากแดดพอมานๆ ก็นำเข้ามามากในร่ม วิธีนี้ก็พอช่วยได้ และถ้าทำกระดาษแบบที่เห็นเป็นเส้นใยแบบหยาบแบบนี้ก็จะช่วยลดการหดหรือย่นได้

การทำกระดาษแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1. แบบช้อน มักใช้กับกระดาศชนิดบางสามารถทำได้เป็นจำนวนมาก วันละ 200-300 แผ่นต่อคนต่อวัน แต่กระดาศที่ได้จะไม่ค่อยมีความสม่ำเสมอในแผ่นและแต่ละแผ่นน้ำหนักกระดาศจะไม่เท่ากัน ถ้าจะให้เท่ากันคนช้อนแผ่นจะต้องมีความชำนาญมาก วิธีการโดยนำน้ำใส่ในอ่างช้อนเยื่อใส่สารกระจายเยื่อที่เตรียมไว้ลงไปปริมาณมากน้อยตามความต้องการของแต่ละคน โดยทั่วไปจะใช้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ของสารละลายถ้าใส่น้อยการกระจายตัวของเยื่อก็จะไม่ดี ถ้าใส่มากเกินไปการไหลผ่านของน้ำออกจากตะแกรงก็ช้า ทำให้ต้องใช้เวลาและแรงยกมากขึ้นอาจจะทำให้เยื่อไหลกองรวมกันตรงกลางตะแกรงแผ่นกระดาศจะเสียได้ คนด้วยไม้ไผ่ให้สารกระจายเยื่อผสมกับน้ำ ช้อนเยื่อใส่เยื่อที่ดีแล้วลงไปแช่ในน้ำช้อนเยื่อคนให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วอ่าง นำตะแกรงจ้วงตักเยื่อจากจุดที่ห่างที่สุด แล้วลากเข้าหาตัวช้าๆ โดยรักษาระดับตะแกรงให้ขนานกับผิวหน้าของน้ำเยื่อไว้ตลอดเวลาความลึกของการจ้วงแต่ละครั้งขึ้นกับความหนาบางของกระดาศที่ต้องการ ยกตะแกรงให้พ้นน้ำโดยเร็วในแนวตั้ง ร่อนน้ำหยดจากตะแกรงจนหมด จึงนำไปตากแดด

2. แบบตะหรือทำแผ่นแบบหล่อ เป็นวิธีการทำแผ่นที่เราสามารถกำหนดความหนาของกระดาศได้ แต่การทำแผ่นจะช้ากว่าแบบช้อน กระดาศจะมีความสม่ำเสมอมากกว่าแบบตะยังแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

2.1 วิธีปั่นก้อนเปียก โดยชั่งเยื่อสาที่ผ่านการสลัดน้ำออกแล้วเหลือความชื้นประมาณร้อยละ 30 ปั่นเป็นก้อนไว้แต่ละก้อนให้ได้น้ำหนักแห้งตามความต้องการ ตักน้ำในอ่างช้อนเยื่อที่มีสารกระจายเยื่อผสมอยู่ในถังเพื่อกระจายเยื่อประมาณ 10 ลิตร ใส่ก้อนเยื่อลงไปหนึ่งก้อนแล้วใช้มือตีเยื่อให้แตกกระจาย วางตะแกรงช้อนเยื่อในอ่าง ตักน้ำเยื่อเทลงบนตะแกรงให้ทั่วแล้วใช้ฝ่ามือตะเยื่อให้กระจายทั่วตะแกรงแล้วยกตะแกรงขึ้นตรงๆ ร่อนน้ำหยดไหลจึงนำไปตากแดด

2.2 วิธีควบคุมปริมาณเยื่อต่อน้ำ (Consistency) วิธีนี้จะทำแผ่นได้เร็วกว่าวิธีปั่นก้อน กระดาศจะมีความสม่ำเสมอมากกว่า เนื่องจากการตีเยื่อให้แตกกระจายจะทำได้มากกว่าวิธีปั่นก้อน แต่ข้อสำคัญจะต้องควบคุมปริมาณน้ำต่อเยื่อให้ถูกต้อง และเวลาตวงน้ำเยื่อจะต้องกวนเยื่อให้กระจายอย่างสม่ำเสมอและตวงในปริมาตรที่ได้เยื่อแห้งตามต้องการ วิธีการใส่น้ำที่ผสมสารกระจายเยื่อแล้วลงในถังโดยรู้ปริมาตรที่แน่นอนใส่เยื่อที่รู้น้ำหนักที่แน่นอนลงในน้ำคนด้วยไม้ไผ่แรงๆ ให้เยื่อแตกกระจายอย่างสม่ำเสมอตวงน้ำเยื่อให้ได้ตามที่คำนวณไว้ เทลงบนตะแกรงแล้วยกขึ้นตรงๆ ร่อนน้ำหยดไหลจึงนำไปตากแดด

7. การทำแห้งกระดาศ

7.1 การตากแดด โดยอาศัยความร้อนจากแสงแดดซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดโดยนำตะแกรงที่น้ำไหลออกจากเยื่อหมดแล้วตั้งเอียง 45 องศา หันด้านที่มีกระดาศเข้าหาแสงแดด ถ้าเป็นกระดาศที่ไม่ได้

ย้อมสีแต่ถ้าเป็นกระดาษย้อมสีควรจะมีให้แห้งในร่ม เพื่อสีจะได้ไม่ซีดแต่ถ้าไม่มีพื้นที่จำเป็นจะต้องตากแดดให้พื้นด้านหลังตะแกรงเข้าหาแสงแดดจะช่วยลดการซีดของสีลงได้กระดาษจะแห้งเร็วหรือช้าจะขึ้นกับสภาพของอากาศและความหนาของกระดาษด้วย โดยปกติจะแห้งในเวลา 2-3 ชั่วโมง

7.2 การใช้ตู้อบ สามารถที่จะอบกระดาษได้ตลอดเวลาโดยไม่มีปัญหาของสภาพอากาศ แต่การลงทุนค่อนข้างสูง แหล่งให้ความร้อนจะเป็นแก๊สหรือไฟฟ้าก็ได้ กระดาษที่จะนำไปจำเป็นต้องให้น้ำหยดจนหมดก่อนจึงนำเข้าอบโดยวางซ้อนกันตามความจุของตู้อบหมุมที่ใช้ประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ตาข่ายในลอนหลุดจากขอบตะแกรงได้ กระดาษจะแห้งประมาณ 1 ชั่วโมง ตู้อบสามารถใช้ได้ทั้งกระดาษขาวและกระดาษสี ส่วนกระดาษที่ใส่ดอกไม้และใบไม้เมื่อตัวกระดาษแห้งแล้วจำเป็นต้องหาที่แขวนกระดาษต่ออีก 1-2 วัน

8. การทำให้ผิวหน้ากระดาษเรียบ โดยทั่วไปกระดาษสาไทยผิวหน้าของกระดาษจะไม่เรียบมีลักษณะขรุขระ เนื่องจากไม่สามารถนำออกจากตะแกรงเข้าเครื่องกดไล่น้ำ (Press) ทำให้แห้งบนผิวเรียบของแผ่นสแตนเลส (Stream dry) หรือแผ่นไม้ (Drying boards) ได้เหมือนกระดาษญี่ปุ่นหรือยุโรป ยิ่งกระดาษที่หนามากจะมีผิวหน้าขรุขระมากกว่ากระดาษบาง การจะทำให้ผิวหน้ากระดาษเรียบสามารถทำได้ดังนี้

8.1 การครูดผิวหน้ากระดาษด้วยภาชนะขอบและผิวเรียบ การครูดผิวหน้ากระดาษนั้นจะต้องรอให้น้ำในแผ่นกระดาษระเหยออกไปประมาณร้อยละ 70 ก่อน ถ้าเข้าอบควรจะครูดผิวหน้าก่อนเข้าอบจะได้ไม่เสียเวลาเปิดเข้าออกในขณะที่ตากแดดกระดาษจะมีความเหนียวขึ้น เวลาครูดผิวหน้าจะได้ไม่ขาด การครูดก็โดยใช้ฝ่ามือจับที่ก้นภาชนะ เช่น ชันแล้วคว่ำขอบบนเข้าหาแผ่นกระดาษใช้ขอบครูดบนผิวกระดาษไปมาโดยค่อยเพิ่มน้ำหนักขึ้นทีละน้อย โดยดูจากผิวของกระดาษเป็นหลักและไม่กดแรงเกินไป กระดาษอาจจะขาดหรือมีตำหนิได้การครูดผิวหน้า ไม่สามารถกระทำได้ในครั้งเดียวทั้งแผ่นเนื่องจากการระเหยของน้ำออกจากแผ่นไม่เท่ากัน ส่วนบนตะแกรงจะแห้งเร็วกว่าด้านล่าง ดังนั้นจึงต้องคอยครูดผิวหน้าจนหมดทั้งแผ่น กระดาษที่แห้งแล้วนำมาพ่นน้ำแล้วครูดผิวหน้าภายหลังจะไม่เรียบเท่าการครูดในขณะที่ตากหรือเปียกครั้งแรก

8.2 การรีดด้วยเครื่องรีดกระดาษ (Calender) เครื่องรีดกระดาษประกอบด้วยลูกกลิ้งสองลูก ซ้อนกันแนวดิ่ง อาจจะเป็นเหล็กเคลือบฮาร์ดโครมหรือลูกกลิ้งยางก็ได้ แต่เคลือบฮาร์ดโครมจะเรียบกว่าการรีดโดยใส่แผ่นกระดาษที่แห้งแล้วเข้าไประหว่างลูกกลิ้ง ถ้าต้องการเรียบมากๆ ก็เพิ่มน้ำหนักกดลงบนลูกกลิ้งตัวบนและรีดหลายๆ ครั้ง ลูกกลิ้งตัวล่างจะหมุนด้วยแรงดึงของสายพานที่ต่อมาจากมอเตอร์ ทำให้ลูกกลิ้งตัวบนหมุนตามด้วยกระดาษที่ผ่านการรีดแล้วจะมีความเรียบที่สม่ำเสมอ มีความเหนียวและแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย

9. การดึงกระดาษออกจากตะแกรง การดึงกระดาษออกจากตะแกรงหลังจากที่กระดาษแห้งแล้ว นับว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำกระดาษและมีความสำคัญค่อนข้างมาก เนื่องจากคุณภาพของกระดาษจะต่ำลงเพราะกระดาษมีตำหนิ เช่น รอยฉีกขาดหรือหักพับจากการดึงกระดาษออกจากตะแกรงโดยไม่ระมัดระวัง การดึงกระดาษจะต้องนำตะแกรงมาตั้งเฉียงประมาณ 45 องศาเซลเซียส ใช้นิ้วแกะขอบกระดาษด้านบนออกจากขอบตะแกรงให้ตลอดแนวนบนใช้ทั้งสองมือจับขอบกระดาษด้านบนให้ห่างเท่าๆกัน ดึงกระดาษเข้าหาตัวลักษณะยกขึ้นเล็กน้อย จนกระดาษหลุดออกจากตะแกรงทั้งแผ่นวิธีนี้อาจจะต้องหาที่ยึดขอบตะแกรงด้านบนไว้ มิฉะนั้นตะแกรงจะถูกดึงตามเข้ามาพร้อมกระดาษด้วย ถ้าไม่มีและไม่สะดวกจำเป็นต้องใช้มือข้างหนึ่งจับขอบตะแกรงบนไว้แล้วมืออีกข้างหนึ่งจับตรงกึ่งกลางขอบกระดาษด้านบน ดึงกระดาษออกจากตะแกรงเหมือนที่กล่าวต้องมีความระมัดระวังอย่าให้เกิดรอยหักพับของกระดาษในขณะดึง

2.6 งานวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากวัสดุเหลือใช้

สุภา และคณะ (2552) ได้มีการศึกษาพัฒนาการผลิตกระดาษจากใยมะพร้าวเชิงหัตถกรรม ด้วยกระบวนการต้มเยื่อด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 15 ระยะเวลาในการต้ม 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส และฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 12 จะให้ค่าความสว่าง 94.92 มีความหนาเฉลี่ย 1.52 มิลลิเมตร มีค่าดัชนีต้านทานแรงทะลุ 3.866 Kg/cm² ตามลำดับ

สถาบันคั่นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2545) ได้ค้นคว้าเกี่ยวกับสารกระจายเยื่อที่จะช่วยให้เส้นใยกระจายอย่างสม่ำเสมอสารกระจายเยื่อนี้เป็นสิ่งที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นมากในการทำแผ่นกระดาษแบบญี่ปุ่น ถ้าขาดสารนี้จะไม่สามารถทำแผ่นได้เลย สารกระจายเยื่อได้มาจากพืชและสารเคมี สารกระจายเยื่อมีคุณสมบัติดังนี้ 1) ช่วยให้เส้นใยกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในอ่างช้อนเยื่อ 2) เพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดาษเพราะทำให้เส้นใยมีการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบในขณะช้อนแผ่น 3) สามารถผลิตกระดาษที่มีความบางมากๆ ได้ และ 4) ทำให้ได้แผ่นกระดาษที่ดีไม่เกิดรอยย่นบนแผ่นกระดาษ เส้นใยจะมีการประสานยึดเกาะกันมากยิ่งขึ้น ปริมาณของสารกระจายเยื่อที่ใช้ในการผลิตกระดาษ คือ 5 กรัมต่อลิตร สารเคมีที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน มี 2 ชนิดคือ 1) สาร Acramin เป็นสารเคมีที่ใช้เป็นสารกระจายเยื่อที่มีขายอยู่ในปัจจุบัน และ 2) สาร PEO (Polyethylene oxide หรือ Anionic polyacrylamide) สารกระจายเยื่อได้มาจากพืช คือ 1) สารกระจายเยื่อที่ได้จาก Tororo aoi (กระเจี๊ยบเขียว) ในฝักจะมีมิวซิเลจ หรือ

สารกระจายเยื่อจำนวนมาก และ 2) สารกระจายเยื่อที่ได้จากวุ้นหางจระเข้ จะใช้ในส่วนที่เป็นเมือกของวุ้นหางจระเข้

ทรงพล (2546) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการแยกเส้นใยจากหญ้าแฝกซึ่งศึกษา 3 วิธี คือ 1) การขูดสด 2) หมักในน้ำในเวลาที่แตกต่างกัน และ 3) ต้มในโซดาไฟที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เพื่อต้องการหาว่าวิธีใดสามารถแยกเส้นใยหญ้าแฝกออกจากต้นมากที่สุด จากการศึกษาพบว่าวิธีที่สามารถแยกเส้นใยหญ้าแฝกได้ง่ายที่สุด คือวิธีการที่ต้มด้วยโซดาไฟที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ใช้เวลา 2 ชั่วโมงและอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณเส้นใยที่มากที่สุดเท่ากับ 1.35 กรัม วิธีการหมักในน้ำ 20 วัน ได้ประมาณเส้นใย เท่ากับ 0.48 กรัม และวิธีการแยกเส้นใยด้วยวิธีการขูดสดเป็นวิธีที่แยกเส้นใยได้น้อยที่สุด เท่ากับ 0.3 กรัม โดยหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ต้มด้วยโซดาไฟร้อยละ 0.5 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 3 ชั่วโมง มีความแข็งแรงมากที่สุด เท่ากับ ๕.๖๓๔ g/den เส้นใยหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่หมักในน้ำ 20 วัน มีความยาวมากที่สุด เท่ากับ 21.40 เซนติเมตร ความละเอียดของเส้นใยหญ้าแฝกมีความละเอียดน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยปอ

สุขปา (2548) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนากระดาษใบสับปะรดให้เหมาะสมต่อการพิมพ์บรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ โดยทำการผลิตเยื่อกระดาษด้วยการต้มวัตถุดิบแบบระบบเปิดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์นาน 4 ชั่วโมง และฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ นาน 3.5 ชั่วโมง จากนั้นทำการปรับปรุงสมบัติกระดาษใบสับปะรดโดยผสมเยื่อต้นปอสาในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแห้ง แล้วผสมสารเติมเต็ม สารเพิ่มความแข็งแรง และสารต้านการซีมน้ำร้อยละ 2 1.2 และ 2 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ เมื่อตรวจสอบสมบัติกระดาษคุณภาพงานพิมพ์ และสมบัติการบรรจุหีบห่อ พบว่ากระดาษใบสับปะรดมีสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และทัศนศาสตร์ดีขึ้นเมื่อผสมเยื่อปอสาในปริมาณมากขึ้น แต่ความเรียบและคุณภาพงานพิมพ์ด้อยลง อัตราส่วนของเยื่อใบสับปะรดต่อเยื่อปอสาที่เหมาะสม คือ 70:30 ซึ่งทำให้กระดาษเรียบและมีคุณภาพงานพิมพ์ดี

ศจีมาศ (2551) ศึกษาการผลิตกระดาษจากใบเตยหอมและการใช้ประโยชน์ ผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อจากใบเตยหอม โดยใช้ร้อยละ 6 โซเดียมไฮดรอกไซด์ ของน้ำหนักแห้ง เวลาในการต้มเยื่อ 2 ชั่วโมง และฟอกขาวเยื่อด้วยร้อยละ 10 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ของน้ำหนักแห้ง สมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ทำจากเยื่อเตยหอมทั้งหมด มีค่าดัชนีความอมน้ำสูง ส่วนความขาวสว่าง ความต้านแรงดึง ความต้านแรงฉีกขาด และความต้านแรงดันทะลุ มีค่าต่ำกว่าเยื่อสา ส่วนกระดาษทำจากเยื่อจากใบเตยหอมผสมเยื่อสาในอัตราส่วน 30:70, 50:50 และ 70:30 มีค่าความขาวสว่าง ค่าความต้าน

แรงดึง ค่าความต้านแรงฉีกขาด และค่าความต้านแรงดันทะลุ ลดลงตามปริมาณของเยื่อกากไบโอดีไฮดรอกซีที่เพิ่มขึ้น

กาญจนา และคณะ (2554) ศึกษาการผลิตกระดาษผักตบชวาเพื่อบรรจุภัณฑ์ ผลการศึกษาพบว่า กระดาษที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปในงานบรรจุภัณฑ์ได้มีองค์ประกอบ ดังนี้ ปริมาณเส้นใยผักตบชวาร้อยละ 70 เส้นใยสับปะรดร้อยละ 10 เส้นใยกล้วยร้อยละ 20 เพิ่มคุณสมบัติด้านการกระจายตัวด้วย Acramin 5 กรัมต่อลิตร เพิ่มความแข็งแรงด้วยน้ำถ่านกัมมันตร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) กระดาษที่ได้เทียบเท่าคุณสมบัติของกระดาษคราฟท์ KI คือ ความหนา 0.537 มิลลิเมตร ความต้านทานแรงดันทะลุ 35.4 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ความคงทนต่อการฉีกขาด 356 มิลลินิวตันน้ำหนัก 185 กรัมต่อตารางเมตร มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานเป็นกล่องสินค้าทั่วไปหรือกล่องสำเร็จรูป

ยงยุทธ (2556) ศึกษาการผลิตกระดาษจากเยื่อลำตันมะพร้าวผสมกับเยื่อยูคาลิปตัส ผลการทดลองพบว่า เยื่อลำตันมะพร้าวที่ผ่านการฟอกมีความยาวเฉลี่ยของเส้นใย เท่ากับ 0.34 มิลลิเมตร และมีค่าความหนาของเส้นใย เท่ากับ 103 ไมโครกรัมต่อเมตร สำหรับกระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อยูคาลิปตัส มีสมบัติความต้านทานแรงฉีกขาด ความต้านทานแรงดึงขาด และความต้านทานการโค้งงอที่มากกว่ากระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อลำตันมะพร้าว ตามลำดับ และกระดาษที่ผลิตทุกอัตราส่วนมีค่าความขาวสว่างและค่าความทึบแสงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ มอก. 287-2533 กำหนดสำหรับความสามารถในการพิมพ์กระดาษที่ผลิตในทุกอัตราส่วนมีค่าปริมาณเม็ดสกปรกต่อพื้นที่และค่าขอบเขตสีอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน ISO 12637-12647-2

จิตรลดา และคณะ (2559) ศึกษาการผลิตกระดาษเปลือกมะพร้าว โดยใช้กระบวนการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 และ 3 โมลาร์ เป็นเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสและฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 12 จากนั้นนำเยื่อที่ได้มาเข้ากระบวนการตีเยื่อ โดยใช้เทคนิคที่สกัดจากเปลือกส้มโอในการกระจายเยื่อและเปรียบเทียบคุณลักษณะกระดาษที่ได้ ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์และระยะเวลาที่เหมาะสม คือ 1 โมลาร์ นาน 2 ชั่วโมง เมื่อทำการฟอกสี จะได้ผลิตภัณฑ์กระดาษสีเหลือง ให้ค่าความขาวสว่าง (L^*) 80.11 ความเรียบ 2.00 วินาที-เบคค์ (s-BEKK) ค่าดัชนีต้านแรงฉีกขาด 7.35 นิวตัน-ตารางเมตร ต่อกิโลกรัม ($N\cdot m^2/Kg$) นอกจากนี้การใช้เทคนิคในการกระจายเยื่อกระดาษ พบว่า เยื่อของกระดาษกระจายตัวดี เกาะเป็นแผ่นได้ดีสอดคล้องกับผลการทดสอบความทนทานต่อการแช่น้ำ กระดาษเปลือกมะพร้าวที่ใช้เทคนิคในการกระจายตัวมีความทนทานต่อการแช่น้ำได้นานกว่ากระดาษเปลือกมะพร้าวถึง 4 เท่า แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้กระดาษเปลือกมะพร้าวไปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1. การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของเศษใบจาก

ศึกษาองค์ประกอบสมบัติทางกายภาพและเคมีของเศษใบจากและทางจาก วิเคราะห์องค์ประกอบเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ตามวิธีการของ National Renewable Energy Laboratory (NREL) (Sluiter, et al. 2012) วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นและขี้เถ้า ตามวิธีการ (AOAC. Official Method, 2000) ไขมัน (Direct Extraction Methods) และ โปรตีน (Kjeldahl Method) ตามวิธีการ APHA (2012) การวัดสี (Color Reader CR-10) โดยใช้ Hunter Lab (Konica Minolta, Japan)

3.2. การศึกษาการผลิตกระดาษ

การผลิตกระดาษ การทดลองนี้ เป็นการนำเศษใบจากและทางจากผลิตเป็นกระดาษ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำเศษใบจากและทางจากมาล้างทำความสะอาด โดยล้างน้ำเปล่า 3 ครั้ง แล้วตัดวัตถุดิบเป็นชิ้นเล็กๆ มีความยาวประมาณ 1 นิ้ว แขน้ำทิ้งไว้ค้างคืน เพื่อให้วัตถุดิบอ่อนตัว จะทำให้สารเคมีซึมเข้าไปทั่ว เส้นใยได้ดี โดยทำการหาค่าองค์ประกอบที่เหมาะสมในการทำกระดาษ

3.2.2 การเตรียมเยื่อ

นำเศษใบจากและทางจากที่ได้ทำความสะอาดมาชั่งน้ำหนัก โดยใช้อัตราส่วนเศษใบจากและทางจากต่อสารละลาย 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) นำมาแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 0.5, 2.0, 5.0 และ 10.0 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยคนทุกๆ ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการย่อยสลายที่สมบูรณ์ จากนั้นนำมาล้างเอาต่างออกจากเยื่อด้วยน้ำจนกว่าพีเอช 6-7 โดยดูจากเมื่อจับดูแล้วไม่มีความลื่นที่มือ แล้วนำเยื่อที่ได้ตากแดดให้แห้ง

3.2.3 การฟอกเยื่อ

นำเศษใบจากที่ผ่านการต้มเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาทำการฟอกเยื่อด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 0.5, 2, 5 และ 10 เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนเศษใบจากและทางจากต่อสารละลาย 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90-95

องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที คนให้ทั่ว เมื่อครบเวลานำมาล้างด้วยน้ำจนกว่าฟิเอช 6-7 แยกเศษเส้นใย ส่วนที่แข็งและสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ ที่ติดมาออกให้หมด

3.2.4 การตีเยื่อ

นำเยื่อที่ผ่านกระบวนการฟอกเยื่อ เติมสารกระจายเยื่อจากเปลือกส้มโอในอัตราส่วนร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักแล้วทำการปั่นผสมให้เข้ากัน หลังจากนั้นนำเยื่อที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นกระดาษในขั้นตอนต่อไป

3.2.5 การทำแผ่นกระดาษ

การขึ้นรูปแผ่นกระดาษ เริ่มจากการนำเยื่อที่เตรียมได้มาขึ้นรูปโดยใช้ส่วนผสมที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) เยื่อจากเศษใบจากร้อยละ 100 2) เยื่อจากทางจากร้อยละ 100 และ 3) เยื่อจากเศษใบจากผสมกับทางจากในอัตราส่วนร้อยละ 50:50 น้ำเยื่อที่เตรียมไปผสมกับสารช่วยกระจายเยื่อจากเปลือกส้มโอ โดยวิธีสกัดจากเปลือกส้มโอได้ปรับปรุงมาจากวิธีของ Chumee et al. (2016) โดยการใช้เปลือกส้มโอจำนวน 20 กรัม ต้มในน้ำ 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองเอาเฉพาะของเหลวไปปั่นร่วมกับเยื่อที่เตรียมได้ แล้วทำการเกลี่ยเยื่อภายในตะแกรงไนลอนให้มีความสม่ำเสมอทั้งแผ่น หลังจากนั้นนำไปตากให้แห้ง เมื่อกระดาษแห้งแล้วทำการดึงกระดาษออกจากตะแกรง แล้วนำไปทดสอบคุณภาพของกระดาษจากต่อไป

ตารางที่ 1 อัตราส่วนการขึ้นรูปแผ่นกระดาษจากเศษใบจากและทางจาก

เศษใบจาก (ร้อยละ)	ทางจาก (ร้อยละ)
100	-
-	100
50	50

3.2.6 การทดสอบคุณภาพของกระดาษ

3.2.6.1 ลักษณะทางกายภาพของเส้นใย ทำการสังเกตลักษณะของแผ่นกระดาษ โดยสังเกตลักษณะทางกายภาพด้วยสายตา

3.2.6.2 การทดสอบด้านความคงทนต่อการฉีกขาด (Tensile Strength Test) โดยตัดแผ่นกระดาษขนาด 5*7 เซนติเมตร ด้วยเครื่องทดสอบความคงทนต่อแรงฉีกขาด (Tearing strength test) เครื่องวัดความเค้นความเครียดของวัสดุ (Pasco, Germany)

3.2.6.3 การทดสอบความหนาของกระดาษ (Thickness test) ทำการวัดความหนาโดยใช้เครื่องวัดความหนาโดยใช้ไมโครมิเตอร์ (Mitutoyo IP65, Japan) เพื่อหาความหนาโดยเฉลี่ยของแผ่นกระดาษ

3.2.6.4 การทดสอบการดูดซับน้ำ (Adsorption) ทำการทดสอบโดยใช้วิธีมาตรฐาน โดยทำการหยดน้ำ 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงบนกระดาษทำการจับเวลาที่กระดาษดูดซับน้ำปริมาณ 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้หมดทำการบันทึกค่าที่ได้

3.3. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากรักษ์โลกให้แก่ชุมชนลุ่มแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ได้แก่ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนจักสานก้านจากบ้านนายยอดทอง ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง

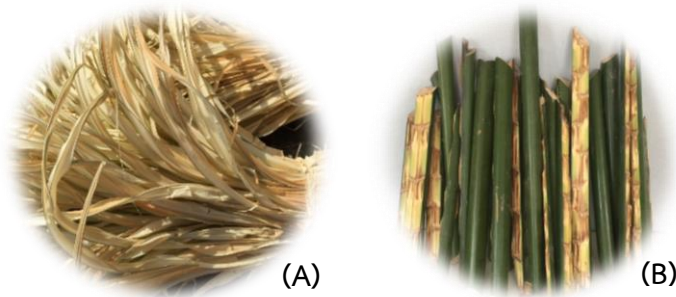
บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของเศษใบจากและทางจาก

ผลการศึกษาองค์ประกอบสมบัติทางกายภาพและเคมีของเศษใบจากและทางจาก พบว่า เศษใบจากมีองค์ประกอบเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน เท่ากับ ร้อยละ 39.91 ± 4.07 49.59 ± 6.87 และ 10.50 ± 2.80 ตามลำดับ ส่วนทางจากมีองค์ประกอบเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน เท่ากับ ร้อยละ 34.40 ± 5.51 7.37 ± 3.69 และ 58.23 ± 9.20 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเศษใบจากและทางจากมีองค์ประกอบของเซลลูโลสอยู่ค่อนข้างสูง จึงน่าจะสามารถนำไปใช้ผลิตเป็นกระดาษได้ แต่เศษใบจากมีปริมาณของลิกนินค่อนข้างต่ำเพียงร้อยละ 10.50 ± 2.80 เนื่องจากใบจากที่ใช้ผลิตใบจากสุบนั้นต้องใช้ใบอ่อน ซึ่งโดยปกติแล้วส่วนที่อ่อนของพืชนั้นจะมีลิกนินต่ำ (ธนธร และคณะ, 2550) ซึ่งอาจจะมีผลต่อความแข็งแรงของกระดาษได้ และเมื่อวิเคราะห์ค่าความชื้นของเศษใบจากและทางจาก พบว่ามีความชื้นร้อยละ 13.02 ± 0.13 และ 87.81 ± 2.18 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าทางจากมีความชื้นสูงมาก ซึ่งแสดงถึงการมีน้ำอยู่ในโครงสร้างของทางจากในปริมาณมาก ส่งผลให้จะต้องใช้ทางจากในปริมาณมากกว่าเศษใบจากเพื่อนำไปผลิตกระดาษในปริมาณที่เท่ากัน ค่าองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของเศษใบจากและทางจาก ดังภาพที่ 5 และตารางที่ 2



ภาพที่ 5 วัสดุเศษเหลือจากต้นจาก (A) เศษใบจาก (B) ทางจาก

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของเศษใบจาก และทางจาก

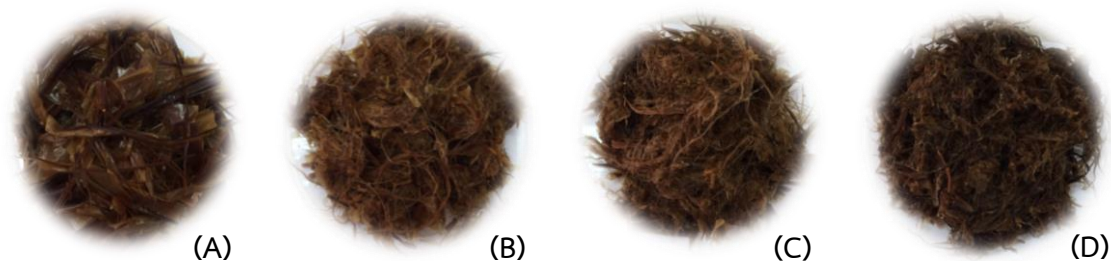
องค์ประกอบ (ร้อยละ)	เศษใบจาก	ทางจาก
เซลลูโลส	39.91±4.07	34.40±5.51
เฮมิ-เซลลูโลส	49.59± 6.87	7.37±3.69
ลิกนิน	10.50±2.80	58.23±9.20
ความชื้น	13.02±0.13	87.81±2.18
ซีเถ้า	7.50±0.40	16.87±1.11
สารระเหย	82.42±0.70	74.26±0.40
คาร์บอนคงตัว	4.04±0.38	7.41±0.66
ไขมัน	2.97±0.34	5.91±0.67
ไนโตรเจน	4.90±0.24	0.31±0.01
โปรตีน	30.63±1.48	1.92±0.09
L	79.00±1.90	-
สี a ⁺	7.55±1.54	-
b ⁺	33.98±1.28	-

4.2 ผลการศึกษาการเตรียมเยื่อกระดาษ การฟอกเยื่อกระดาษ และการตีเยื่อในการขึ้นรูปกระดาษ

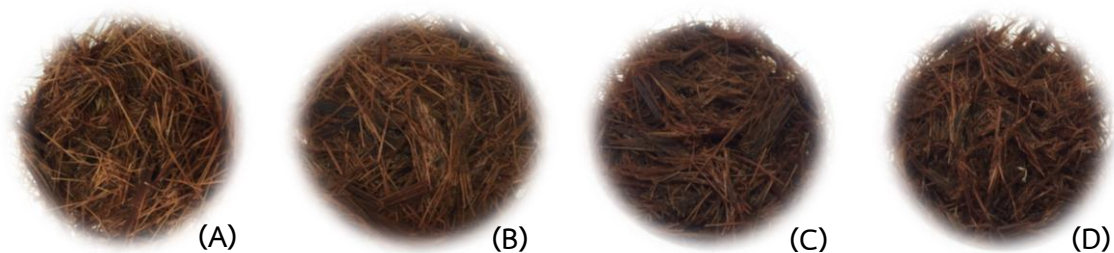
4.2.1 ผลการเตรียมเยื่อกระดาษด้วยสารละลาย NaOH

จากการเตรียมเยื่อกระดาษด้วยสารละลาย NaOH พบว่าเศษใบจากและทางจากที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย NaOH ร้อยละ 0.5 เยื่อกระดาษที่ได้ทางกายภาพจะมีลักษณะแข็ง เนื่องจากเส้นใยที่ผ่านการย่อยยังจับตัวกันอยู่อย่างหนาแน่น แต่เมื่อย่อยด้วยสารละลาย NaOH ที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นคือ ร้อยละ 2.0, 5.0 และ 10.0 ตามลำดับ พบว่าการตีเยื่อจะทำได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ลักษณะของเยื่อจะแยกออกให้เห็นเป็นเส้นใยอย่างชัดเจน เนื่องจากเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสจะย่อยสลายด้วยต่าง (จิตรลดา และคณะ, 2559) ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย NaOH มากยิ่งขึ้นทำให้เยื่อกระดาษมีลักษณะอ่อนลง ไปจึงง่ายต่อการตีเยื่อ แต่การใช้ความเข้มข้นของ NaOH สูง จะส่งผลให้สีของเยื่อจะมีลักษณะเข้มขึ้นและยังทำให้ผลผลิตเยื่อกระดาษที่ได้ลดลง การใช้ความเข้มข้นของ NaOH ร้อยละ 0.5, 2.0, 5.0 และ 10.0 ผลผลิตเยื่อกระดาษที่ได้ เท่ากับ ร้อยละ 78.13±2.48 56.52±1.87 42.27±2.12 และ 32.87±1.76 ตามลำดับ จากภาพที่ 6 และ 7 เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่าง และค่าสีของเยื่อเศษใบจากและเยื่อทาง

จากที่เตรียมได้ พบว่าความสว่าง (ค่า L) ค่าสี (a^* และ b^*) มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยค่าความสว่างของเยื่อเศษใบจากและทางจากจะมีค่าอยู่ในช่วง 18.97-30.30 และ 20.87-28.97 เท่านั้นแสดงถึงการมีสีที่ค่อนข้างทึบ โดยเศษใบจากและทางจากที่แช่ในสารละลาย NaOH ร้อยละ 0.5 ให้ค่าความสว่างมากที่สุดคือ 30.30 ± 0.17 และ 28.97 ± 0.06 ตามลำดับ รองลงมาคือการใช้สารละลาย NaOH ร้อยละ 2 ซึ่งให้ค่าความสว่าง 22.03 ± 0.65 และ 24.13 ± 0.57 ตามลำดับ ส่วนการใช้สารละลาย NaOH ร้อยละ 5 ให้มีค่าความสว่าง 20.37 ± 0.70 และ 22.30 ± 0.17 ตามลำดับ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้สารละลาย NaOH ร้อยละ 10 ส่งผลให้เยื่อจากเศษใบจากและทางจากมีค่าความสว่างเพียง 18.97 ± 0.38 และ 20.87 ± 0.90 ตามลำดับ สอดคล้องกับค่าสี (a^* และ b^*) ที่มีค่าต่ำ โดยค่าสี a^* อยู่ในช่วง 6.57-14.73 และ 11.47-14.73 ส่วนค่าสี b^* อยู่ในช่วง 6.27-15.17 และ 9.63-15.17 เท่านั้น จากข้อมูลแสดงในตารางที่ 3 ถึงแม้ว่าการใช้สารละลาย NaOH สูงขึ้นสามารถเกิดการย่อยเศษใบจากและทางจากได้ดียิ่งขึ้น แต่ส่งผลต่อค่าความสว่าง (ค่า L) ค่าสี (a^* และ b^*) ของเยื่อเศษใบจากและทางจากมีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งอาจไม่เหมาะต่อการนำไปฟอกสีเนื่องจากต้องเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ H_2O_2 ให้สูงขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาผลผลิตของเส้นใยที่ได้จากการใช้สารละลาย NaOH พบว่าเมื่อผลผลิตของเยื่อที่ได้จะมีปริมาณลดลงเมื่อใช้สารละลาย NaOH สูงขึ้น ดังนั้น การใช้สารละลาย NaOH ความเข้มข้น 2.0 เป็นทางเลือกที่ดีที่สุด เมื่อพิจารณาจากลักษณะเยื่อกระดาษ ค่าความสว่าง (ค่า L) ค่าสี (a^* และ b^*) และผลผลิตที่ได้จากเตรียมเยื่อเศษใบจากและทางจาก



ภาพที่ 6 ลักษณะของเยื่อใบจากที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้นต่างๆ
(A) แช่ด้วยร้อยละ 0.5 (B) แช่ด้วยร้อยละ 2 (C) แช่ด้วยร้อยละ 5 และ (D) แช่ด้วยร้อยละ 10



ภาพที่ 7 ลักษณะของเยื่อทางจากที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้นต่างๆ (A) แช่ด้วยร้อยละ 0.5 (B) แช่ด้วยร้อยละ 2 (C) แช่ด้วยร้อยละ 5 และ (D) แช่ด้วยร้อยละ 10

ตารางที่ 3 ลักษณะสีของเยื่อเศษใบจากและทางจากที่ความเข้มข้นของ NaOH แตกต่างกัน

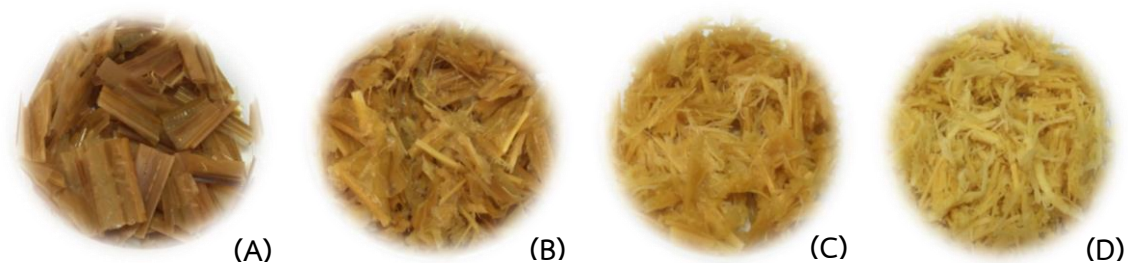
ตัวอย่าง	ความเข้มข้น NaOH (ร้อยละ)	สี		
		L	a*	b*
เศษใบจาก	0.5	30.30±0.17 ^a	10.23±0.50 ^c	10.10±0.75 ^d
	2	22.03±0.65 ^d	9.87±0.42 ^c	9.03±0.55 ^{de}
	5	20.37±0.70 ^e	9.80±0.30 ^c	8.33±0.96 ^e
	10	18.97±0.38 ^f	6.57±0.46 ^d	6.27±0.51 ^f
ทางจาก	0.5	28.97±0.06 ^b	14.73±0.70 ^a	15.17±0.40 ^a
	2	24.13±0.57 ^c	12.78±0.36 ^b	13.77±0.78 ^b
	5	22.30±0.17 ^d	12.03±0.85 ^b	11.87±0.83 ^c
	10	20.87±0.90 ^e	11.47±0.65 ^b	9.63±0.72 ^{de}

*ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

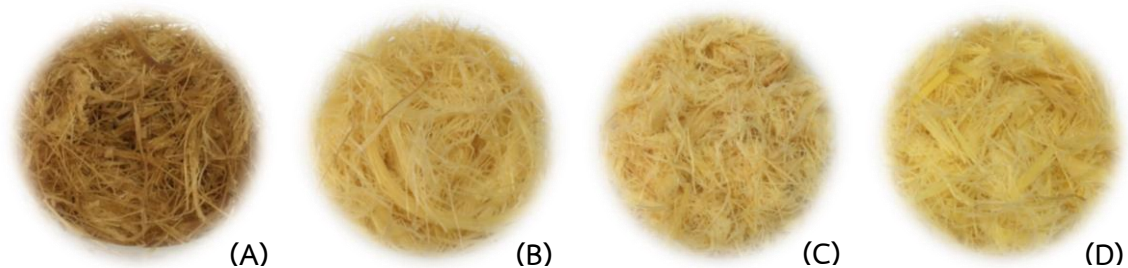
4.2.2 ผลการฟอกเยื่อด้วยสารละลาย H₂O₂

จากการย่อยเยื่อเศษใบจากและทางจากด้วยสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 ซึ่งได้ลักษณะของเยื่อเป็นเส้นใยที่อ่อนนุ่มและมีสีที่ไม่เข้มมากนัก ผู้วิจัยจึงได้เลือกชุดทดลองดังกล่าวมาทำการฟอกเยื่อด้วยสารละลาย H₂O₂ ที่มีความเข้มข้นต่างกัน พบว่าส่งผลให้เยื่อที่ได้มีลักษณะสีที่แตกต่างกัน โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย H₂O₂ จากร้อยละ 0.5, 2.0, 5.0 และ 10.0 สีของเยื่อกระดาษจะมีค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 8 และ 9) โดยเยื่อเศษใบจากมีค่า L เท่ากับ 41.90±0.66

53.48±0.95 57.18±0.75 และ 70.30±0.91 ตามลำดับ เยื่อทางจากมีค่า L เท่ากับ 53.40±0.70 69.17±0.50 64.60±0.10 และ 70.33±0.47 ตามลำดับ (ข้อมูลแสดงในตารางที่ 4) กลไกการฟอกสีของ H_2O_2 เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเปอร์ไฮดรอกซิลอออน (HO_2^-) แล้วเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิก ($-COOH$) ในโครงสร้างหลักของเส้นใยที่ทำให้สีจางลงเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (จิตรลดา และคณะ, 2559) อาจเกิดการสลายตัวของเส้นใย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเยื่อกระดาษจากเศษใบจากและทางจาก คือ แช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 2.0 และการฟอกเยื่อด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 2.0 เพื่อลดปริมาณสารเคมีตกค้างในกระบวนการเตรียมเยื่อกระดาษที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นแผ่นกระดาษ



ภาพที่ 8 ลักษณะของเยื่อใบจากที่ผ่านการฟอกด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่างๆ (A) แช่ด้วยร้อยละ 0.5 (B) แช่ด้วยร้อยละ 2 (C) แช่ด้วยร้อยละ 5 และ (D) แช่ด้วยร้อยละ 10



ภาพที่ 9 ลักษณะของเยื่อทางจากที่ผ่านการฟอกด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่างๆ (A) แช่ด้วยร้อยละ 0.5 (B) แช่ด้วยร้อยละ 2 (C) แช่ด้วยร้อยละ 5 และ (D) แช่ด้วยร้อยละ 10

ตารางที่ 4 ลักษณะสีของเยื่อเศษใบจากและทางจากกระดาษที่ความเข้มข้นของ H_2O_2 แตกต่างกัน

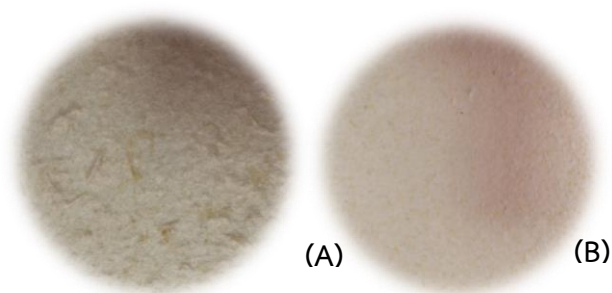
ตัวอย่าง	ความเข้มข้น H_2O_2 (ร้อยละ)	สี		
		L	a*	b*
เศษใบจาก	0.5	41.90±0.66 ^e	7.80±0.23 ^e	27.28±0.74 ^f
	2	53.48±0.95 ^d	12.10±0.97 ^d	41.42±0.93 ^d
	5	57.18±0.75 ^c	16.44±0.76 ^c	44.20±0.68 ^c
	10	70.30±0.91 ^a	19.52±0.83 ^b	44.40±0.60 ^b
ทางจาก	0.5	53.40±0.70 ^d	6.93±0.38 ^f	32.53±0.35 ^e
	2	69.17±0.50 ^c	17.83±0.90 ^{bc}	42.33±0.64 ^d
	5	64.60±0.10 ^b	20.73±0.71 ^b	45.33±0.45 ^c
	10	70.33±0.47 ^a	24.83±0.76 ^a	48.87±0.75 ^a

*ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3. ผลการศึกษาการผลิตกระดาษจากเศษใบจากและทางจาก

4.3.1 ผลการขึ้นรูปกระดาษจากโดยใช้สารกระจายเยื่อ

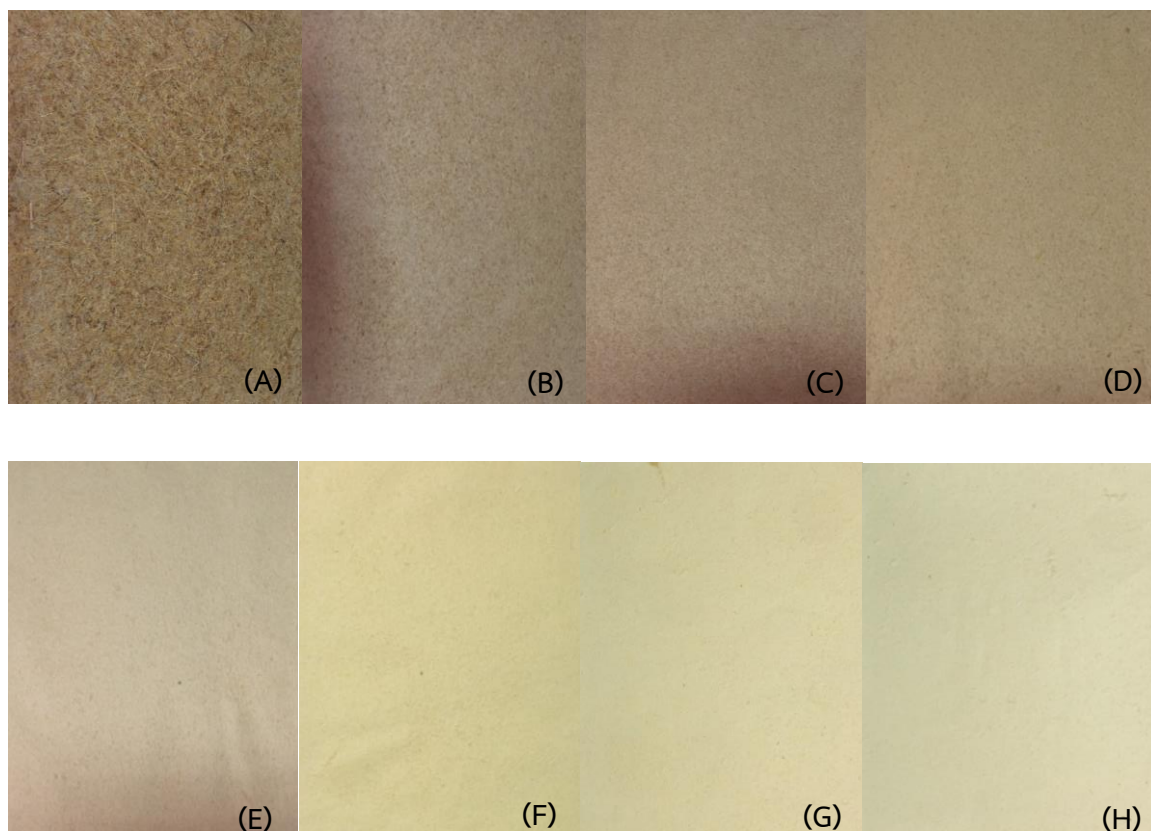
จากเตรียมเยื่อกระดาษจากเศษใบจากและทางจากโดยใช้สารละลาย NaOH และ H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่างๆ นั้น ผู้วิจัยได้นำเยื่อดังกล่าวมาขึ้นรูปเป็นกระดาษจากโดยใช้วิธีที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ ได้แก่ การขึ้นรูปโดยไม่ใช้สารกระจายเยื่อ และใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกส้มโอร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก พบว่าการไม่ใช้สารกระจายเยื่อในการขึ้นรูปจะได้กระดาษที่มีผิวไม่เรียบ มีเส้นใยกระจายตัวเป็นกระจุก (ภาพที่ 10A) แต่เมื่อขึ้นรูปโดยใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกผลส้มโอนั้นพบว่ากระดาษที่ได้มีผิวเรียบ เส้นใยในกระดาษมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอมากขึ้น (ภาพที่ 10B) ลักษณะของกระดาษที่ดีต้องมีความเหนียว ความสม่ำเสมอและความแข็งแรง ซึ่งการใช้สารใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกผลส้มโอนี้จะใช้เป็นวิธีการขึ้นรูปกระดาษจากต่อไป



ภาพที่ 10 การขึ้นรูปกระดากจาก

(A) ไม่เติมสารกระจายเยื่อ (B) เติมสารกระจายเยื่อ (ร้อยละ 2 สารสกัดเปลือกส้มโอ)

วิธีการขึ้นรูปกระดากจากโดยใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกผลส้มโอนั้น ได้ถูกนำมาใช้ในการขึ้นรูปกระดากจากเยื่อเศษใบจากและหางจาก ที่ย่อยด้วยสารละลาย NaOH และ H_2O_2 ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5, 2, 5 และร้อยละ 10 ตามลำดับ พบว่าเยื่อกระดากที่ได้มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และเนื้อกระดากมีสีสอดคล้องกับลักษณะเยื่อที่เตรียมได้จากการย่อยโดยใช้สารละลาย NaOH และ H_2O_2 (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 ลักษณะของกระดาษที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย NaOH และ H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่างๆ

(A) ร้อยละ 0.5 NaOH (B) ร้อยละ 2 NaOH (C) ร้อยละ 5 NaOH (D) ร้อยละ 10 NaOH

(E) ร้อยละ 0.5 H_2O_2 (F) ร้อยละ 2 H_2O_2 (G) ร้อยละ 5 H_2O_2 และ (H) ร้อยละ 10 H_2O_2

4.3.2 ผลการศึกษาคุณภาพของกระดาษจาก

ผลการศึกษาความต้านทานแรงดึงต่อการฉีกขาด (tensile strength) ความหนา (thickness) และการดูดซับน้ำ (adsorption) ของกระดาษจากเศษใบจาก ทางจาก และเศษใบจากผสมกับทางจาก อัตราส่วน 1:1 (ข้อมูลแสดงตารางที่ 5) พบว่ากระดาษจากทางจากมีค่าความต้านทานแรงดึงต่อการฉีกขาดสูงที่สุด เท่ากับ 1.41 ± 0.05 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกระดาษที่ใช้เศษใบจากผสมกับทางจากซึ่งมีค่าความต้านทานแรงดึงต่อการฉีกขาดเท่ากับ 0.81 ± 0.07 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ส่วนกระดาษจากเศษใบจากมีค่าความต้านทานแรงดึงต่อการฉีกขาดต่ำที่สุดเพียง 0.38 ± 0.05 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร จะเห็นได้ว่ากระดาษจากทางจากมีความแข็งแรงมากที่สุด เนื่องจากความแข็งแรงของกระดาษขึ้นอยู่กับปริมาณของเส้นใย โดยเฉพาะลิกนินซึ่งทาง

จากมีปริมาณลิกนินสูงถึงร้อยละ 58.23 จึงส่งผลให้กระดาษทางจากมีความแข็งแรงมากที่สุด ส่วนเศษใบจากมีลิกนินเพียงร้อยละ 10.50 จึงส่งผลให้กระดาษที่ทำจากเศษใบจากมีความแข็งแรงน้อยที่สุด และเมื่อนำทางจากผสมกับเศษใบจากส่งผลให้กระดาษมีความแข็งแรงมากขึ้นได้

ตารางที่ 5 การทดสอบคุณภาพของกระดาษจาก

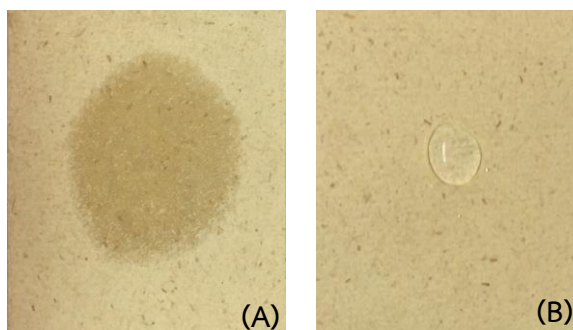
กระดาษ	Tensile strength ¹ (N/mm ²)	Thickness ¹ (mm)	Adsorption ¹ (g/mm ²)
เศษใบจาก	0.38±0.05 ^c	0.2816±0.013 ^b	6.9×10 ⁻⁴ ±0.0001 ^a
ทางจาก	1.41±0.05 ^a	0.2566±0.016 ^b	4.9 ×10 ⁻⁴ ±0.0002 ^c
เศษใบจาก+ทางจาก	0.81±0.07 ^b	0.3150±0.009 ^a	6.4 ×10 ⁻⁴ ±0.0001 ^b

*ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สำหรับการทดสอบความหนาของกระดาษจากพบว่า การใช้เยื่อปริมาณ 30 กรัม ลงในเฟรมกระดาษจะได้กระดาษจากและกระดาษทางจากที่มีความหนาเท่ากับ 0.2816±0.013 และ 0.2566±0.016 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่กระดาษจากทั้งสองชนิดจะมีความหนาน้อยกว่ากระดาษจากเศษใบจากผสมกับทางจากซึ่งมีความหนาเท่ากับ 0.3150±0.009 มิลลิเมตร

จากการทดสอบการซึมน้ำของกระดาษจากที่ผลิตได้ พบว่ากระดาษจากเศษใบจากมีการซึมน้ำได้ง่าย โดยมีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดเท่ากับ 6.9×10⁻⁴±0.0001 กรัมต่อตารางมิลลิเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกระดาษเศษใบจากผสมกับทางจากและกระดาษทางจาก ซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 6.4×10⁻⁴±0.0001 และ 4.9×10⁻⁴±0.0002 กรัมต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้กระดาษใบจากผสมกับทางจากซึ่งมีปริมาณของเส้นใยน้อยกว่ากระดาษทางจากส่งผลให้ต้านทานการซึมน้ำได้น้อยลง ส่วนกระดาษใบจากสามารถต้านทานการซึมน้ำได้น้อยที่สุดเนื่องจากมีปริมาณเส้นใยน้อยส่งผลให้เกิดการซึมน้ำได้ดี ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานการซึมน้ำของกระดาษจาก ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงคุณภาพด้านการต้านทานการซึมน้ำของกระดาษโดยประยุกต์ใช้สารเคลือบกันน้ำ (water repellent) สำหรับใช้กับเส้นใยผ้า ได้แก่สาร NK GUARD S-80 ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 2:8 มาฉีกพ่นบนผิวกระดาษและรีดให้แห้ง แล้วนำมาทดสอบการซึมน้ำตามวิธีมาตรฐาน พบว่ากระดาษที่เคลือบด้วยสารเคลือบใยเส้นสามารถต้านทานการซึมน้ำได้ดีขึ้น (ภาพที่ 12)

ดังนั้นหากต้องการให้กระดาษจากมีคุณสมบัติในการต้านทานซึมน้ำได้ ก็สามารถใช้สารเคลือบผิวดังกล่าว เพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำของกระดาษได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 12 การทดสอบการซึมน้ำของกระดาษ

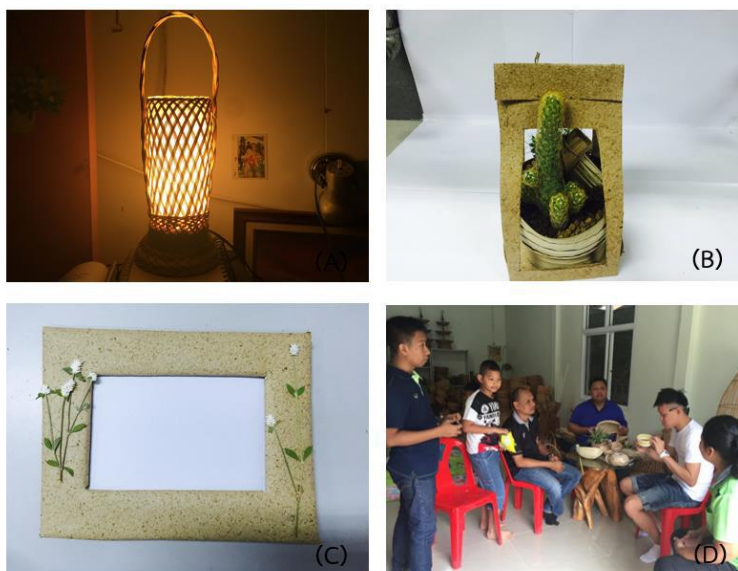
(A) กระดาษไม่ได้เคลือบด้วยสารต้านทานซึมน้ำ (B) กระดาษที่สารเคลือบด้วยต้านทานซึมน้ำ

4.4 การขยายผลการผลิตกระดาษจากสู่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน

จากผลการศึกษาวิธีการผลิตกระดาษจากเศษใบจากและหางจากที่มีประสิทธิภาพนั้น ผู้วิจัยได้ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากให้แก่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน ได้แก่ กลุ่มวิสาหกิจจักสาน ก้านจากบานนายอดทอง ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง (ภาพที่ 13) ซึ่งชุมชนดังกล่าวนี้มีความสนใจในการตอบรับเทคโนโลยีใหม่ๆ ในการนำวัสดุเหลือใช้จากต้นจากมาใช้ประโยชน์เพิ่มเติม เนื่องจากชุมชนนี้ประสบความสำเร็จจากการนำวัสดุเหลือใช้จากต้นจากมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่าย เช่น จักสานก้านจาก และติหมาใบจาก จนได้รับความนิยมไปทั่วประเทศ จึงเล็งเห็นถึงช่องทางการนำวัสดุเหลือใช้จากต้นจากมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนรูปแบบใหม่ๆ เพิ่มเติมจากที่ชุมชนมีอยู่ และนอกจากนั้นชุมชนยังเคยได้รับการสนับสนุนเทคโนโลยีการผลิตกระดาษ จึงมีความพร้อมในการรับเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากรูปแบบใหม่จากผลงานวิจัยเพื่อนำไปใช้ในการต่อยอดสร้างมูลค่าเพิ่มจากผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ เช่น การนำกระดาษจากไปใช้ผสมผสานกับผลิตภัณฑ์จักสานได้เป็นผลิตภัณฑ์โคมไฟจาก (ภาพที่ 14A) บรรจุภัณฑ์ภาชนะปลูกจากติหมาใบจาก (ภาพที่ 14B) และกรอบรูปจากเศษใบจาก (ภาพที่ 14C) เพื่อจำหน่ายยังตลาดภายนอกและรองรับนักท่องเที่ยวและผู้สนใจที่เข้ามาเยี่ยมชมกิจกรรมวิถีชีวิตของชุมชนอย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 14D)



ภาพที่ 13 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากให้แก่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน
(A) การเตรียมวัตถุดิบ (B) การเตรียมเยื่อกระดาษ (C) การขึ้นรูปกระดาษ และ (D) ผลิตภัณฑ์กระดาษ
จาก



ภาพที่ 14 การนำกระดาษจากไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ
(A) โคมไฟกระดาษจาก (B) บรรจุภัณฑ์ภาชนะปลูกจากติหมา (C) กรอบรูป และ (D) ศูนย์การเรียนรู้วิถี
ชีวิตของชุมชน

อภิปรายผลการทดลอง

จากการศึกษาการผลิตกระดาษจาก พบว่ากระดาษจากทางจากมีความแข็งแรงมากที่สุด เนื่องจากมีปริมาณของสารกลุ่มลิกโนเซลลูโลสโดยเฉพาะลิกนินถึงร้อยละ 58 โดยลิกนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มักพบอยู่รวมกับเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ลิกนินเป็นสารไม่ละลายน้ำ ไม่มีสมบัติทางการยืดหยุ่น เพราะฉะนั้นจึงทำให้พืชที่มีลิกนินมากมีความแข็งแรงทนทาน (Watkins *et al.*, 2015) สอดคล้องกับผลการศึกษาคู่ประกอบของสารลิกโนเซลลูโลสของเศษใบจากซึ่งใช้ผ่านการลอกเยื่อใบออกเพื่อไปผลิตเป็นใบจากสุบนั้นพบว่ามิลิกนินอยู่เพียงร้อยละ 10.50 เนื่องจากการผลิตใบจากสุบนั้นต้องใช้ใบอ่อน จึงทำให้เมื่อนำเศษใบจากไปผลิตเป็นกระดาษจึงมีความแข็งแรงน้อย โดยมีค่าความคงทนต่อการฉีกขาดต่ำสุดคือ 0.38 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และมีการดูดซึมน้ำสูงสุดคือ 6.9×10^{-4} กรัมต่อตารางมิลลิเมตร เนื่องจากมีลิกนินกระจายตัวอยู่ค่อนข้างน้อยส่งผลให้น้ำสามารถซึมผ่านได้ดี ส่วนกระดาษจากทางจากนั้นจะมีปริมาณลิกนินสูงสุดซึ่งส่งผลให้กระดาษจากที่ผลิตได้มีคุณภาพดีกว่ากระดาษจากเศษใบจาก ทั้งนี้การเตรียมเยื่อด้วยสารละลาย NaOH ในความเข้มข้นที่เหมาะสมนั้นจะส่งผลให้สามารถตีเยื่อได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ลักษณะของเยื่อจะแยกออกเป็นเส้นใยได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากลิกนินและเฮมิเซลลูโลสจะถูกย่อยสลายด้วยด่างได้ดี (Li *et al.*, 2007) ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย NaOH จะทำให้เยื่อจากมีลักษณะอ่อนลงได้มากขึ้น ซึ่งมีผลเป็นอย่งยิ่งต่อการตีเยื่อกระดาษ แต่การใช้ความเข้มข้นของ NaOH สูงนั้นก็ส่งผลต่อคุณลักษณะของเนื้อเยื่อกระดาษได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากจะส่งผลให้สีของเยื่อกระดาษจะมีลักษณะเข้มขึ้น ดังนั้นถึงแม้ว่าการใช้สารละลาย NaOH สามารถทำให้เกิดการย่อยเศษใบจากและทางจากเป็นเส้นใยได้ดี แต่พบว่าหากมีการใช้ในปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้ผลผลิตของเส้นใยที่ได้จะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองซึ่งพบว่าการใช้สารละลาย NaOH ร้อยละ 2, 5 และ 10 ให้เส้นใยที่มีลักษณะที่ดี แต่ผลผลิตของเยื่อจะลดลงเหลือร้อยละ 56.52, 42.27 และ 32.87 ตามลำดับ ซึ่งนอกจากจะทำให้ผลผลิตของเยื่อลดลงแล้วนั้นการใช้สารละลาย NaOH ที่เข้มข้นมากเกินไปจะส่งผลต่อความแข็งแรงของกระดาษจาก และส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตกระดาษจากสูงขึ้นได้เนื่องจากต้องใช้ปริมาณของสารฟอกสีมากขึ้น จากการขึ้นรูปกระดาษจากพบว่าการใช้สารกระจายเยื่อใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกส้มโอ พบว่าการใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกผลส้มโอนั้นพบว่ากระดาษที่ได้มีผิวเรียบ เส้นใยในกระดาษมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในเปลือกส้มโอมีสารเพคตินซึ่งมีลักษณะเป็นเมือก มีความหนืดสูง และละลายน้ำได้ (Chumee *et al.*, 2016; Larptansuphaphol *et al.*, 2013; Piriyaprasarth and Sriamornsak, 2011) ซึ่งช่วยในการกระจายตัวของเยื่อกระดาษได้เป็นอย่างดี จากการขึ้นรูปกระดาษจากโดยใช้ส่วนผสมที่แตกต่างกัน 3 ชนิดได้แก่ 1) เศษใบจาก 2) ทางจาก และ 3) เศษใบจากผสมกับทางจาก พบว่า กระดาษจากทางใบจากมีความแข็งแรงมากที่สุดส่วน

กระดาษจากเศษใบจากมีความแข็งแรงน้อยที่สุด เนื่องจากทางจากมีปริมาณของลิกนินอยู่มากถึงร้อยละ 58 ส่วนเศษใบจากมีลิกนินอยู่เพียงร้อยละ 10.5 ซึ่งการมีลิกนินอยู่ในปริมาณน้อยส่งผลให้กระดาษจากเศษใบจากสามารถชึมน้ำได้ง่ายโดยมีค่าการดูดชึมน้ำเพียง 4.9×10^{-4} กรัมต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งจะส่งผลให้กระดาษเกิดการเปื่อยยุ่ยได้ง่ายเมื่อได้รับความชื้น ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงคุณสมบัติการดูดชึมน้ำของกระดาษจากโดยการประยุกต์ใช้สารสะท้อนน้ำ (water repellent) สำหรับเส้นใยผ้ามาเคลือบผิวกระดาษ โดยวิธีธรรมชาติเพื่อลดการดูดชึมน้ำ โดยสารสะท้อนน้ำเป็นสารที่ได้รับความนิยมในการนำมาปรับปรุงคุณสมบัติของสิ่งทอ โดยสารสะท้อนน้ำนี้มีคุณสมบัติเป็นสารที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ส่งผลให้เส้นใยจะไม่เปียกน้ำ และทำความสะอาดได้ง่าย (Sangngam, 2013) ซึ่งจากผลการทดลองการใช้สารสะท้อนน้ำมาเคลือบบนผิวของกระดาษจากสามารถต้านทานการชึมน้ำได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งส่งผลให้กระดาษจากที่ผลิตขึ้นมีคุณสมบัติในการลดการเปื่อยยุ่ยได้ดีขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้ง่าย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลิตรกระดาศจากวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตไบจากสบู่นั้น พบว่าวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตไบจากสบู่มีสักยภาพในการนำไปผลิตเป็นกระดาศได้ ถึงแม้ว่ากระดาศจากเศษไบจากจะมีความแข็งแรงน้อยเนื่องจากฉีกขาดได้ง่าย และดูดซึมน้ำได้สูง แต่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกระดาศได้โดยการผสมกับทางจาก ส่งผลให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นได้ สำหรับการเตรียมเยื่อกระดาศด้วยร้อยละ 2 NaOH จะได้เยื่อที่มีเส้นใยที่มีลักษณะที่ดีไม่มีสีคล้ำจนเกินไปและให้ผลผลิตของเยื่อกระดาศร้อยละ 56 และสามารถใช้สารละลาย H_2O_2 ฟอกสีของเยื่อเพื่อให้มีสีที่หลากหลายขึ้น และการใช้สารจากเปลือกส้มช่วยในการกระจายเยื่อจะทำให้ได้กระดาศจากที่มีลักษณะเส้นใยที่กระจายตัวสม่ำเสมอ แต่ทั้งนี้กระดาศจากที่ผลิตได้จะมีการซึมน้ำได้ง่ายซึ่งจะส่งผลให้อาจทำให้กระดาศเกิดความเสียหายได้ง่ายเมื่อนำไปใช้งาน จึงควรจะต้องลดการซึมน้ำก่อนนำไปใช้ โดยสามารถนำสารเคลือบกันน้ำสำหรับกับเส้นใยมาประยุกต์ใช้ในการลดการซึมน้ำของกระดาศจากได้ ส่งผลให้กระดาศจากมีความทนทานขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้ร่วมกับชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ได้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนจักสานก้านจากบ้านนายอดทอง ในการออกแบบและผลิตรกระดาศจากให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อยอดจากภูมิปัญญาชุมชนได้หลากหลาย เช่น โคมไฟกระดาศจาก บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ภาชนะปลูกจากติหมาไบจาก กรอบรูปกระดาศจาก เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์จากกระดาศจากเหล่านี้จะเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์ชุมชนได้อีกทางหนึ่ง โดยขยะชุมชนจากวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตไบจากสบูปริมาณ 1 ตัน สามารถนำไปผลิตเป็นกระดาศจากได้ประมาณ 1,900 ตารางเมตร ดังนั้นการนำเศษวัสดุจากการผลิตไบจากสบู ได้แก่ เศษไบจาก และทางจากแห้ง มาผลิตเป็นกระดาศจากนับว่าเป็นแนวทางการกำจัดขยะชุมชนที่น่าสนใจ ซึ่งนอกจากจะสามารถลดปริมาณของขยะชุมชนได้แล้วนั้น ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการสร้างรายได้เสริมให้แก่ชุมชนได้อีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ยังสามารถต่อยอดทำให้กระดาศมีความแข็งแรงและกันน้ำเพิ่มมากขึ้น โดยการเพิ่มสารเคลือบต่างๆ ที่สามารถมาประยุกต์กับกระดาศเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เช่น รองเท้าทำจากกระดาศจากที่มีสารผสมสมุนไพร กระดาศจากไผ่ เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์โอท็อปของชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง

บรรณานุกรม

- กาญจนา ลือพงษ์, นงนุช ศศิธร และเกษม มานะรุ่งวิทย์. ๒๕๔๔. การผลิตกระดาษผักตบชวาเพื่อบรรจุภัณฑ์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- จิตรลดา ชูมี, พลอยทราย โอฮาม่า และณัฐกมล พึ่งสาราญ. ๒๕๕๙. การผลิตกระดาษเปลือกมะพร้าวโดยใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกส้มโอ. การประชุมสวนสุนันทาวิชาการระดับชาติด้านการวิจัยเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน ครั้งที่ ๔ (หน้า ๒๕๖). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- ทรงพล เจริญรักษา. ๒๕๔๖. การแยกเส้นใยจากผักตบชวา. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธนธร, สุขปา และนิทัศน์. 2007. Development of paper pulp from local weed for alternative corrugated Packaging. 33rd Congress on Science and Technology of Thailand.
- ธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล, ปฎิมา ทองขวัญ และศิริลักษณ์ สรงพรหมทิพย์. 2556. การสกัดเพคตินจากเปลือกผักและผลไม้. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2) : 433-436.
- นพดล โพธิ์กานี และสมบูรณ์ ประสงค์. ๒๕๕๖. การผลิตไวน์จากลูกจากโดยใช้การหมักด้วยยีสต์ทางการค้า. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต. ๑(๒) : ๘๑-๘๘.
- นพรัตน์ บำรุงรักษ์ และ ช่อทิพย์ ปุรินทรวรกุล. 2549. การปลูกต้นจากในพื้นที่นาข้าวที่ได้รับผลกระทบจากความเค็ม. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- มยุรี พลวัฒน์. ๒๕๔๔. ศึกษาผลผลิตจากต้นจากของชาวบ้านตำบลย่านซื่อ อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. ๒๕๖๐. ประกาศมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เรื่องการให้ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเชิงพื้นที่ ประจำปี ๒๕๖๐. [ออนไลน์] [๒๒ มีนาคม ๒๕๖๐]. สืบค้นจาก http://rdi.rmutsv.ac.th/abc/download/abc_found_2560.pdf
- มูลนิธิการแพทย์แผนไทยพัฒนา. ๒๕๕๘. ผักพื้นบ้านกับสังคมไทย. กรุงเทพฯ : สามเจริญพาณิชย์.
- ยงยุทธ ทองคา. ๒๕๕๖. การผลิตกระดาษจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปตัส. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วงจันทร์ วงศ์แก้ว. ๒๕๔๐. ศักยภาพของจาก (Nypa fruticans) ในการอนุรักษ์ชายฝั่ง. ในการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ ๑๐ จังหวัดสงขลา, ๒๕-๒๘ สิงหาคม ๒๕๔๐.
- ศศิมาศ นันตสุคนธ์. ๒๕๕๑. การผลิตกระดาษจากใบเตยและการใช้ประโยชน์. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สถาบันคั่นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. ๒๕๔๕. ศึกษาสารกระจายเพื่อ
ความสม่ำเสมอของกระดาษ. สถาบันคั่นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรม
เกษตร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุขปา เนตรประดิษฐ์. ๒๕๔๘ การพัฒนากระดาษใบสับปรดที่เหมาะสมต่อการพิมพ์บรรจุภัณฑ์สำหรับ
สินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์. ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
ไทย ครั้งที่ ๓๑ (หน้า ๕๖๗๘). กรุงเทพฯ : สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรม
ราชูปถัมภ์.

สุภา จุฬคุปต์, ไสลเพชร ศรีสุวรรณ และวิจิตร สนมอม. ๒๕๕๒. การพัฒนาการผลิตกระดาษเชิงหัตถกรรม
จากใยมะพร้าว. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

APHA. (2012). “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,” In
Rice, E. W., Baird, R. B., Eaton, A. D. and Clesceri, L. S. (pp. 1-1220). USA :
Washington D.C.

A.O.A.C. 2000. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. EUA
AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed/Rev. 1. Association of Official Analytical
Chemist, Gaithersburg, MD.

Chumee, J., Ohama, P. and Peungsamran, N. 2016. Production of Coconut Husk Paper by
Using Fiber Dispersion Agent from Pomelo Peel. pp. 256-263. In: Proceedings at 4th
Suan Sunandha Academic National Conference on Research for Sustainable
Development 2016. August 26th, 2016. Suan Sunandha Rajabhat University,
Bangkok. (in Thai)

Essig, F.B. 1973. Pollution in some New Guinea palms. Principles. 17(2): 75-83.

Hossain, M.F. and M.A. Islam, A. 2015. Utilization of mangrove forest plant: Nipa palm (*Nypa*
fruticans Wurmb.). American Journal of Agriculture and Forestry 3(4): 156–160.

Larptansuphaphol, T., Thongkwan, P. and Songpromptip, S. 2013. Extraction of Pectin from
Peels of Vegetables and Fruits. Agricultural Science Journal 44(2)(Suppl.): 433-436.
(in Thai)

Li, J.B., Henriksson, G. and Gellerstedt. 2007. Lignin depolymerization/repolymerization and
its critical role for delignification of aspen wood by steam explosion. Bioresource
Technology 98(16): 3061-3068.

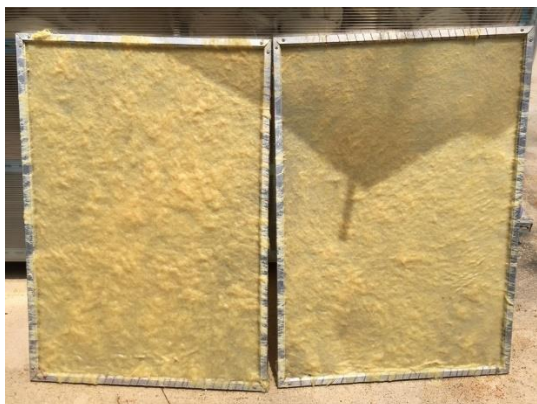
- Morris. (1948). "Quantitative Determination of Carbohydrates with Dreywood's Anthrone Reagent," Science. 107(1), 254-255.
- Ocampo, R. O. and N. P. Usita. 2014. Improving the quality of nipa (*Nypa fruticans*) wine. Asia Pacific Journal of Education, Art and Sciences 1(1): 24-27.
- Piriyaprasath, S. and Srimornsak, P. 2011. Flocculating and suspending properties of commercial citrus pectin and pectin extracted from pomelo (*Citrus maxima*) peel. Carbohydrate Polymer 83: 561-568.
- Sangngam, A. 2013. Textiles and nanotechnology. NSRU Science and Technology Journal 5(5): 17-20. (in Thai)
- Purseglove, J.W. 1985. Tropical crops: Monocotyledon, vol.1 and 2 combined. Longman Group Ltd.
- Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., Templeton, D. and Crocker D. (2012). "Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass," Laboratory Analytical Procedure. 8, 1-15
- Tamunaida, P and Shiro, S. 2011. Chemical characterization of various parts of nipa palm (*Nypa fruticans*). Industrial crop and product 34:1423-1428.
- Tomlinson, P.B. 1994. The botany of mangroves. London. Cambridge university press.
- Watkins, D. Nuruddin, Md., Hosur, M., Tcherbi-Narteh, A. and Jeelani, S. 2015. Extraction and characterization of lignin from different biomass resources. Journal of Materials Research and Technology 4(1): 26-32.
- Wikipedia. 2017. *Nypha fruticans*. [online] [22 March 2017] สืบค้นจาก https://en.wikipedia.org/wiki/Nypa_fruticans

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากสู่ชุมชนลุ่มแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง







ภาคผนวก ข. การเผยแพร่งานวิจัย



เครือข่ายบริหารการวิจัยภาคเหนือตอนบน

อาคารศูนย์บริการวิชาการและสังคม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ๕๐๒๐๐
โทรศัพท์ ๐๕๓-๖๔๕๐๐๔๓ E-mail: uppernorth.mah@gmail.com

ที่ ๘๖ ดงต๋อง/๒๒.๕.๓/๒๒๐๔

๒ สิงหาคม ๒๕๖๒

เรื่อง แจ้งการตีพิมพ์บทความในวารสารการพัฒนารชุมชนและคุณภาพชีวิต

เรียน คุณบทล โพธิ์แก้วเกิด คุณสุปราณี วุ่นศรี และคุณอัญชลี รัตนันกิจ

ตามที่ ท่านได้ส่งบทความวิชาการ เรื่อง การพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษจากโดยใช้วัสดุเหลือใช้จากการผลิตใบจากสู่เพื่อความยั่งยืนของชุมชนลุ่มน้ำประเพณี (Product Development Process of Nipa Paper from Nipa Palm (Nypa fruticans Wurmb.) Waste Materials for Sustainability of Palian River Basin Community) เพื่อตีพิมพ์ในวารสารการพัฒนารชุมชนและคุณภาพชีวิต (Journal of Community Development and Life Quality) ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) โดยมี ศ. (เชี่ยวชาญพิเศษ) ดร. สัณชัย จตุรสิทธิ์ ประธานคณะกรรมการวิจัยภาคเหนือตอนบน เป็นบรรณาธิการ นั้น

กองบรรณาธิการวารสารการพัฒนารชุมชนและคุณภาพชีวิต มีความยินดีแจ้งให้ท่านทราบว่า บทความของท่านได้รับการยอมรับให้ตีพิมพ์ในวารสาร ปีที่ ๘ ฉบับที่ ๓ กันยายน – ธันวาคม ๒๕๖๒ โดยกองบรรณาธิการจะจัดส่งบทความฉบับสมบูรณ์ให้ท่านต่อไปเมื่อวารสารได้รับการเผยแพร่

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

ศ. (เชี่ยวชาญพิเศษ) ดร. สัณชัย จตุรสิทธิ์

บรรณาธิการวารสารการพัฒนารชุมชน และคุณภาพชีวิต

กองบรรณาธิการวารสารการพัฒนารชุมชนและคุณภาพชีวิต
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
๒๒๕ ๕. ๖/ดงต๋อง ๕. เชียงใหม่ ๕. ๕๐๒๐๐
โทรศัพท์ ๐๕๓-๖๔๕๐๐๔๓
โทรศัพท์ (มือถือ) ๐๘๐-๖๕๐-๐๘๐๐
Email: journal.mah@gmail.com

การพัฒนาระบวนการผลิตกระดาษจากโดยใช้วัสดุเหลือใช้จากการผลิตใบจากสุบ เพื่อความยั่งยืนของชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน

Product Development Process of Nipa Paper from Nipa Palm (*Nypa fruticans* Wurmb.) Waste Materials for Sustainability of Palian River Basin Community

นพดล โพชกำเหนิด* สุปราณี วุ่นศรี และ ธัญวาลย์ รัตนันกิจจ

Noppadon Podkumnerd, Supranee Wunsri and Tanwalai Rattanankit*

สาขาศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ. สงขลา 90000

Department of General Education, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya,
Songkhla 90000, Thailand

*Corresponding author Email: Noppadon.p@rmutsv.ac.th

(Received : May 13, 2019; Accepted:..... , 2019)

Abstract: This research was aimed to develop the production process of nipa paper from nipa palm waste from cigarette wrapping production of Palian river basin community. The lignocellulose component of waste, nipa leave (NL) and nipa stalk (NS) was studied. The NL contained with cellulose ($39.91 \pm 4.07\%$), hemicellulose ($49.59 \pm 6.87\%$) and lignin ($10.50 \pm 2.80\%$). For NS, the cellulose, hemicellulose and lignin were 34.40 ± 5.51 , 7.37 ± 3.69 and $58.23 \pm 9.20\%$, respectively. The pulp was used to produce the paper by using 3 sets of experiment, (1) NL, (2) NS and (3) mixture of NL+NS. The properties of papers were then investigated. The paper prepared from NL, NL+NS and NS gave resistance to tensile strength at 0.38 ± 0.05 , 0.81 ± 0.07 and 1.41 ± 0.05 N/mm², respectively. The three types of paper had high water adsorption (4.9×10^{-4} g/cm²). The surface coating with water repellent can reduce water adsorption and thus the papers could be used to produce different products of community.

Keywords: Nipa palm; nipa paper; Palian river basin community

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบวนการผลิตกระดาษจาก ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการผลิตใบจากสุบของชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จากการศึกษาองค์ประกอบของสารลิกโนเซลลูโลสของเศษใบและทางจาก พบว่าเศษใบจากมีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ร้อยละ 39.91 ± 4.07 , 49.59 ± 6.87 และ 10.50 ± 2.80 ตามลำดับ ส่วนทางจากมีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ร้อยละ 34.40 ± 5.51 , 7.37 ± 3.69 และ 58.23 ± 9.20 ตามลำดับ

เมื่อนำเยื่อที่ได้ไปผลิตเป็นกระดาษโดยใช้ชุดทดลอง 3 ชุด ได้แก่ 1) เศษใบจาก 2) ทางจาก และ 3) เศษใบจากผสมทางจาก และนำไปทดสอบคุณภาพของกระดาษ พบว่ากระดาษเศษใบจาก กระดาษเศษใบจากผสมทางจาก และกระดาษทางจาก มีค่าความต้านทานแรงดึงต่อการฉีกขาดเท่ากับ 0.38 ± 0.05 , 0.81 ± 0.07 และ 1.41 ± 0.05 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้กระดาษจากทั้ง 3 ชนิดมีการดูดซึมน้ำค่อนข้างสูง ($4.9-6.9 \times 10^{-4}$ กรัมต่อตารางมิลลิเมตร) จึงทำการปรับปรุงโดยการเคลือบด้วยสารสะท้อนน้ำซึ่งทำให้การดูดซึมน้ำน้อยลง สามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นสินค้าชุมชนต่อไป

คำสำคัญ: จาก กระดาษจาก ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน

คำนำ

จาก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nypa fruticans* Wurmb. มีชื่อสามัญว่า nipa palm ซึ่งเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีบริเวณปากแม่น้ำ พบมากในแถบโซนร้อนของทวีปเอเชียโดยเฉพาะในแถบเอเชียใต้และเอเชียแปซิฟิก เช่น ประเทศอินเดีย บังกลาเทศ พม่า ศรีลังกา ไทย มาเลเซียฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย เป็นต้น (Hossain and Islam, 2015; Ocampo and Usita, 2014) จากมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของประชาชนและเศรษฐกิจของชุมชนชายฝั่งเป็นอย่างมาก โดยส่วนต่าง ๆ ของจากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ใบอ่อนใช้สำหรับมวนบุหรื ใบแก่นำมาเย็บมุงหลังคาหรือกั้นฝาบ้าน ทางจากนำมาผ่าซีกทำเป็นไม้ดับข้างในของการเย็บจาก พอนจาก (ทางจากส่วนโคนที่ติดกับกอ) นำมาทำเป็นเชือกเพลิงในครัวเรือนและเคียน้ำตาลได้เป็นอย่างดี ผลนำมารับประทาน ต้นจากสามารถให้น้ำหวานที่จะทำน้ำตาล ทำน้ำส้มสายชู ทำสุราพื้นบ้าน เป็นต้น และผลแก่มาผลิตเป็นไวน์ได้ (Podkumnerd and Prasongchan, 2013) นอกจากนั้นยังเป็นพืชที่ช่วยรักษาสภาพนิเวศ เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ และช่วยป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งได้อีกด้วย (Bamroongrusa et al., 2014)

การผลิตผลิตภัณฑ์จาก นับเป็นอาชีพสำคัญอาชีพหนึ่งที่ชุมชนในลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรังผลิตผลิตภัณฑ์จากที่มีชื่อเสียงของชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน มีหลายผลิตภัณฑ์ เช่น ดิหมาใบจาก จักสานก้านจาก และใบจากสุบ เป็นต้น โดยเฉพาะการผลิตใบจากสุบนับเป็นอาชีพสำคัญอาชีพหนึ่งที่ชุมชนในลุ่มน้ำปะเหลียน หลังจากกระบวนการผลิตใบจากสุบเสร็จสิ้นแล้วนั้นจะเหลือวัสดุเหลือใช้ได้แก่ เศษใบจากและทางจาก กองทิ้งไว้บริเวณแหล่งผลิตเป็นจำนวนมาก ซึ่งวัสดุเหลือใช้เหล่านี้จะใช้เวลาในการย่อยสลายเป็นเวลานาน ส่งผลให้วัสดุเหลือใช้เหล่านี้จะกลายเป็นขยะในชุมชน ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดวัสดุเหลือใช้จากต้นจากในชุมชน สมาชิกของชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จึงได้มีการรวมตัวกันในการนำวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปจากสุบมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยอาศัยภูมิปัญญาเพื่อลดวัสดุเหลือทิ้งในชุมชน และสามารถสร้างเป็นรายได้เสริม เช่น วิสาหกิจชุมชนกลุ่มส่งเสริมอาชีพจักสานก้านจากบ้านนายอดทอง ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง มีการนำเศษใบจากมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จักสานก้านจาก และดิหมาใบจาก (Noisangiam et al., 2019) โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ดิหมาใบจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยได้เข้าไปพัฒนากระบวนการผลิตร่วมกับชุมชนโดยพัฒนา

นวัตกรรมดูดซับจากโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า ส่ง

ผลให้ผลิตภัณฑ์หามาของชุมชนมีคุณภาพ จนได้รับการตอบรับจากตลาดเป็นอย่างดี สร้างรายได้ให้แก่ชุมชนเดือนละกว่า 200,000 บาท (Tanyaros *et al.*, 2018) โดยนำไปประยุกต์ใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหารและเครื่องดื่ม เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัสดุจากธรรมชาติซึ่งย่อยสลายได้ง่ายสามารถใช้แทนผลิตภัณฑ์จากพลาสติกได้ ส่งผลให้มีการนำวัสดุเหลือใช้จากการผลิตใบจากสูบมาใช้ประโยชน์มากขึ้น แต่ก็ยังคงมีส่วนเหลือทิ้งอยู่อีกเป็นจำนวนมากที่ยังคงกลายเป็นขยะชุมชนที่รอการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ

ในการนี้ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการดำเนินงานวิจัยแบบมีส่วนร่วมร่วมกับชุมชนในการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตจากสูบ โดยการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกระดาษซึ่งผลิตจากเศษใบจากและหางจากที่เหลือจากการผลิตใบจากสูบ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดนวัตกรรมจากต้นจากใหม่ในชุมชนเกิดช่องทางในการสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียนจากการต่อยอดภูมิปัญญาชุมชนมากขึ้น และนอกจากนี้ยังสามารถลดขยะที่เกิดจากวัสดุเหลือทิ้งจากต้นจากในชุมชนได้อย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาในครั้งนี้เพื่อหาแนวทางในการจัดการวัสดุเหลือใช้จากการผลิตจากสูบของชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือน ตุลาคม 2560 – เมษายน 2562 พื้นที่วิจัยได้แก่ ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง โดยมีกระบวนการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของเศษใบจากและหางจาก

เก็บตัวอย่างเศษใบจากและหางจาก (Figure 1.) ในพื้นที่ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง มาศึกษาองค์ประกอบสมบัติทางกายภาพและเคมีของเศษใบจากและหางจาก วิเคราะห์องค์ประกอบเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ตามวิธีการของ National Renewable Energy Laboratory (NREL) (Sluiter *et al.*, 2012) และการวัดสีโดยใช้ Hunter Lab (Konica, Japan)

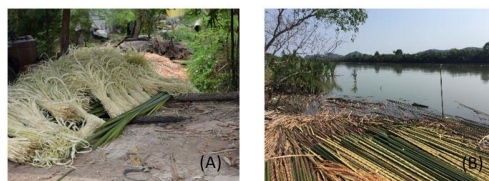


Figure 1. Waste from cigarette wrapping production, (A) nipa leaf waste and (B) nipa stalk waste

2. กระบวนการผลิตกระดาษจากเศษใบจากและหางจาก

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำเศษใบจากและหางจาก มาล้างทำความสะอาด โดยล้างน้ำเปล่า 3 ครั้ง แล้วตัดวัตถุดิบเป็นชิ้นเล็ก ๆ มีความยาวประมาณ 1 นิ้ว แบ่งออกเป็นชุด ชุดละ 30 กรัม และแช่น้ำทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง เพื่อให้วัตถุดิบอ่อนตัว

2.2 การเตรียมเยื่อ

นำเศษใบจากและหางจาก มาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (อัตราส่วนเศษใบจากและหางจากต่อสารละลาย 1:10 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร)) ความเข้มข้นของของ

สารละลาย NaOH ที่ใช้แตกต่างกัน 4 ระดับ คือร้อยละ 0.5, 2.0, 5.0 และ

ละ 10.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และนำมาล้างเอาต่างออกจากเยื่อด้วยน้ำจนได้ค่าพีเอช 6-7 แล้วนำเยื่อที่ได้ไปอบให้แห้ง ทำการตรวจสอบสีเยื่อที่เตรียมได้โดยใช้การวัดสีด้วย Hunter Lab วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ one way ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

2.3 การฟอกเยื่อ

นำเศษใบจากและทางจากที่ผ่านการให้ความร้อนเยื่อด้วยสารละลาย NaOH มาทำการฟอกเยื่อด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) (อัตราส่วนเศษใบจากและทางจากต่อสารละลาย 1:10 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร)) ความเข้มข้นของสารละลาย H_2O_2 ที่ใช้แตกต่างกัน 4 ระดับ คือร้อยละ 0.5, 2.0, 5.0 และ 10.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที เมื่อครบเวลานำมาล้างด้วยน้ำจนได้ค่าพีเอช 6-7 แยกเศษเส้นใยส่วนที่แข็งและสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ ที่ติดมาออกให้หมด แล้วนำเยื่อที่ได้ไปอบให้แห้ง ทำการตรวจสอบสีเยื่อที่ฟอกได้ใช้การวัดสีด้วย Hunter Lab วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ one way ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยวิธี DMRT

2.4 การตีเยื่อ

นำเยื่อที่ผ่านกระบวนการฟอกเยื่อมาเติมสารกระจายเยื่อจากเปลือกส้มโอในอัตราส่วนร้อยละ 2

โดยน้ำหนัก แล้วทำการตีผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำเยื่อที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นกระดาษในขั้นตอนต่อไป

2.5 การขึ้นรูปแผ่นกระดาษ

การขึ้นรูปแผ่นกระดาษ เริ่มจากการนำเยื่อที่เตรียมได้มาขึ้นรูปโดยใช้ส่วนผสมที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) เยื่อจากเศษใบจาก 30 กรัม 2) เยื่อจากทางจาก 30 กรัม และ 3) เยื่อจากเศษใบจากผสมกับทางจากในอัตราส่วนร้อยละ 50:50 (15:15 กรัม) นำเยื่อที่เตรียมไปผสมกับสารช่วยกระจายเยื่อจากเปลือกส้มโอ โดยวิธีสกัดจากเปลือกส้มโอได้ปรับปรุงมาจากวิธีของ Chumee *et al.* (2016) โดยใช้เปลือกส้มโอจำนวน 20 กรัม ต้มในน้ำ 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นกรองเอาเฉพาะของเหลวไปปั่นกับเยื่อที่เตรียม แล้วทำการเกลี่ยเยื่อภายในตะแกรงในลอนให้มีความสม่ำเสมอทั้งแผ่น นำไปตากให้แห้ง เมื่อกระดาษแห้งแล้วทำการดึงกระดาษออกจากตะแกรงแล้วนำไปทดสอบคุณภาพของกระดาษจากต่อไป

2.6 การทดสอบคุณภาพของกระดาษ

2.6.1 ลักษณะทางกายภาพของกระดาษจากที่ผลิตได้ โดยทำการสังเกตลักษณะเนื้อกระดาษที่ผลิตได้

2.6.2 ทดสอบด้านความคงทนต่อการฉีกขาด (tensile strength test) โดยเครื่องใช้เครื่องวัดความเค้นความเครียดของวัสดุ (Pasco, Germany) วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ one way ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยวิธี DMRT

2.6.3 ทดสอบความหนาของกระดาษ (thickness test) ทำการวัดความหนาโดยใช้เครื่องวัดความหนาโดยไม่โครมิเตอร์ (Mitutoyo IP65, Japan) วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ One

Way A NOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยวิธี DMRT

2.6.4 ทดสอบการดูดซึมน้ำ (adsorption) ทำการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานโดยใช้การหยดน้ำลงบนผิวกระดาษ และสังเกตการณ์ซึมน้ำเป็นเวลา 5 นาที วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ one way ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยวิธี DMRT

3. ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากวัสดุเหลือใช้จากการผลิตใบจากสุบสู่ชุมชน

ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากวัสดุเหลือใช้จากการผลิตใบจากสุบให้แก่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ได้แก่ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มส่งเสริมอาชีพจักสานก้านจากบ้านนายอดทอง ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง เพื่อพัฒนากระดาษจากของกลุ่มฯ ให้มีคุณสมบัติใหม่ ๆ เพื่อผลิตเป็นสินค้าชุมชนต่อไป

ผลการศึกษา

Table 1. Chemical component of waste from nipa leave and nipa stalk

Composition (%)	nipa leave	nipa stalk
Cellulose	39.91±4.07	34.40±5.51
Hemicellulose	49.59± 6.87	7.37±3.69
Lignin	10.50±2.80	58.23±9.20

2. ผลการศึกษาการเตรียมเยื่อ และการฟอกเยื่อ

2.1 ผลการเตรียมเยื่อด้วยสารละลาย

NaOH

จากการเตรียมเยื่อกระดาษจากเศษใบจากและทางจากโดยการการแช่ด้วยสารละลาย NaOH ร้อยละ 0.5 พบว่าเยื่อที่ได้จะมีลักษณะแข็งเนื่องจากเส้นใยที่ผ่านการย่อยยังจับตัวกันอยู่อย่างหนาแน่น

1. ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของเศษใบจากและทางจาก

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเศษใบจากและทางจาก พบว่าเศษใบจากมีองค์ประกอบเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน เท่ากับ ร้อยละ 39.91±4.07, 49.59±6.87 และ 10.50±2.80ตามลำดับส่วนทางจากมีองค์ประกอบเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนินเท่ากับ ร้อยละ 34.40±5.51, 7.37±3.69 และ 58.23±9.20 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเศษใบจากและทางจากมีองค์ประกอบของเซลลูโลสอยู่ค่อนข้างสูง จึงน่าจะสมารถนำไปใช้ผลิตเป็นกระดาษได้ แต่เศษใบจากมีปริมาณของลิกนินค่อนข้างต่ำเพียงร้อยละ 10.50±2.80 ซึ่งอาจส่งผลต่อความแข็งแรงของเยื่อกระดาษได้ ค่าองค์ประกอบทางเคมีของเศษใบจากและทางจากแสดงดัง Table 1.

(Figure 2. A และ Figure 3. A) แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสารละลาย NaOH ให้สูงขึ้นเป็นร้อยละ 2, 5 และ 10 ตามลำดับ พบว่าการตีเยื่อจะทำได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ลักษณะของเยื่อจะแยกออกให้เห็นเป็นเส้นใยอย่างชัดเจน (Figure 2. B-D และ Figure 3. B-D) เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่าง และค่าสีของเยื่อเศษ

ใบจากและเยื่อทางจากที่เตรียมได้ (Table 2.) พบว่าค่า (ค่า L) ค่าสี (a^* และ b^*) มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยค่าความสว่างของเศษใบจากและทางจากจะมีค่าอยู่ในช่วง 18.97-30.30 เท่านั้นแสดงถึงการมีสีที่ค่อนข้างทึบ โดยเศษใบจากและทางจากที่แช่ในสารละลาย NaOH ร้อยละ 0.5 ให้ค่าความสว่างมากที่สุดคือ 30.30 ± 0.17 และ 28.97 ± 0.06 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 รองลงมาคือการใช้สารละลาย NaOH ร้อยละ 2 ซึ่งให้ค่าความสว่าง 22.03 ± 0.65 และ 24.13 ± 0.57 ตามลำดับ ส่วนการใช้สารละลาย NaOH ร้อยละ 5 ให้มีค่าความสว่าง 20.37 ± 0.70

และ 22.30 ± 0.17 ตามลำดับ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้สารละลาย NaOH ร้อยละ 10 ส่งผลให้เยื่อจากเศษใบจากและทางจากมีค่าความสว่างเพียง 18.97 ± 0.38 และ 20.87 ± 0.90 ตามลำดับ สอดคล้องกับค่าสี (a^* และ b^*) ที่มีค่าต่ำ โดยค่าสี a^* อยู่ในช่วง 6.57-14.73 และ b^* อยู่ในช่วง 6.27-15.17 เท่านั้น และเมื่อพิจารณาผลผลิตของเส้นใยที่ได้จากการใช้สารละลาย NaOH พบว่าเมื่อผลผลิตของเยื่อที่ได้จะมีปริมาณลดลงเมื่อใช้สารละลาย NaOH สูงขึ้น โดยการย่อยด้วยสารละลาย NaOH ร้อยละ 0.5, 2, 5 และ 10 จะได้ผลผลิตเยื่อร้อยละ 78.13 ± 2.48 , 56.52 ± 1.87 , 42.27 ± 2.12 และ 32.87 ± 1.76 ตามลำดับ



Figure 2. Pulp of nipa leave after soaking in NaOH at different concentration, (A) 0.5%, (B) 2%, (C) 5% and (D) 10%



Figure 3. Pulp of nipa stalk after soaking in NaOH at different concentration, (A) 0.5%, (B) 2%, (C) 5% and (D) 10%

Table 2. Color of waste of nipa leave and nipa stalk at different concentration of NaOH

Waste	NaOH (%w/v)	Color		
		L ¹	a* ¹	b* ¹
nipa leave	0.5	30.30±0.17 ^a	10.23±0.50 ^c	10.10±0.75 ^d
	2	22.03±0.65 ^d	9.87±0.42 ^c	9.03±0.55 ^{de}
	5	20.37±0.70 ^e	9.80±0.30 ^c	8.33±0.96 ^e
	10	18.97±0.38 ^f	6.57±0.46 ^d	6.27±0.51 ^f
nipa stalk	0.5	28.97±0.06 ^b	14.73±0.70 ^a	15.17±0.40 ^a
	2	24.13±0.57 ^c	12.78±0.36 ^b	13.77±0.78 ^b
	5	22.30±0.17 ^d	12.03±0.85 ^b	11.87±0.83 ^c
	10	20.87±0.90 ^e	11.47±0.65 ^b	9.63±0.72 ^{de}

¹Different characters in each column illustrated average comparison by method of DMRT at 95% confidence interval, respectively.

2.2 ผลการฟอกเยื่อด้วยสารละลาย H₂O₂

จากการย่อยเยื่อเศษใบจากและทางจากด้วยสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 ซึ่งได้ลักษณะของเยื่อเป็นเส้นใยที่อ่อนนุ่มและมีสีที่ไม่เข้มมากนัก ผู้วิจัยจึงได้เลือกชุดทดลองดังกล่าวมาทำการฟอกเยื่อด้วยสารละลาย H₂O₂ ที่ความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5, 2, 5 และร้อยละ 10 ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย H₂O₂ สีของเยื่อจะใสขึ้น (Figure 4. และ Figure 5.) โดยเยื่อจากเศษใบจากที่ฟอกด้วยสารละลาย H₂O₂ ร้อยละ 10 ให้ค่าความสว่าง (L) สูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 70.30±0.91 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับชุดทดลองที่ใช้ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 2 และ 5 ที่ให้ค่าความสว่างเท่ากับ 41.90±0.66, 53.48±0.95 และ 57.18±0.75 ตามลำดับ และเยื่อทางจากที่ฟอกด้วยความเข้มข้นร้อยละ 10 มีค่าความสว่างเท่ากับ 70.33±0.47 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับชุดทดลองที่ใช้ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 2 และ 5 ซึ่งให้ค่าความสว่างเท่ากับ 53.40±0.70, 69.17±0.50 และ 64.60±0.10 ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าสีของเยื่อจากเศษใบจากและทางจากที่ผ่านการฟอกด้วยสารละลาย H₂O₂ ดัง Table 3.

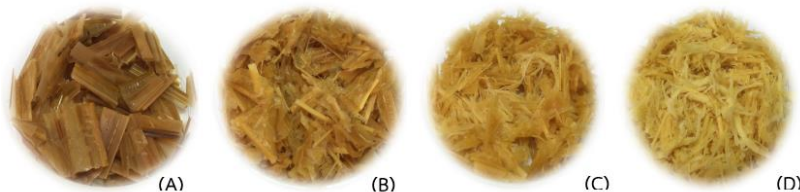


Figure 4. Pulp of nipa leave after bleaching with H_2O_2 at different concentration
(A) 0.5, (B) 2, (C) 5 and (D) 10% w/v

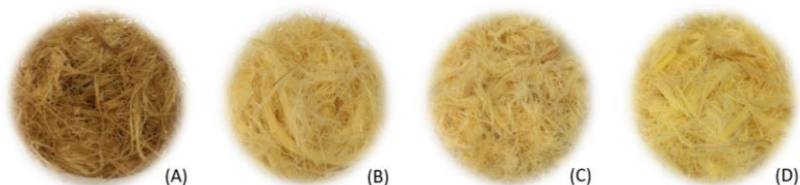


Figure 5. Pulp of nipa stalk after bleaching with H_2O_2 at different concentration
(A) 0.5, (B) 2, (C) 5 and (D) 10% w/v

Table 3. Color of nipa leave and nipa stalk at different concentration of H_2O_2

Waste	H_2O_2 (%w/v)	Color		
		L^1	a^{*1}	b^{*1}
nipa leave	0.5	41.90 ± 0.66^e	7.80 ± 0.23^e	27.28 ± 0.74^f
	2	53.48 ± 0.95^d	12.10 ± 0.97^d	41.42 ± 0.93^d
	5	64.18 ± 0.75^c	16.44 ± 0.76^c	44.20 ± 0.68^c
	10	70.30 ± 0.91^a	19.52 ± 0.83^b	46.40 ± 0.60^b
nipa stalk	0.5	53.40 ± 0.70^d	6.93 ± 0.38^f	32.53 ± 0.35^e
	2	64.60 ± 0.10^c	17.83 ± 0.90^{bc}	42.33 ± 0.64^d
	5	69.17 ± 0.50^b	20.73 ± 0.71^b	45.33 ± 0.45^c
	10	70.33 ± 0.47^a	24.83 ± 0.76^a	48.87 ± 0.75^a

¹Different characters in each column illustrated average comparison by method of DMRT at 95% confidence interval, respectively

3. ผลการศึกษาการผลิตกระดาษจากเศษใบจากและทางจาก

3.1 ผลการขึ้นรูปกระดาษจากโดยใช้สารกระจายเยื่อ

จากเตรียมเยื่อกระดาษจากเศษใบจากและทางจากโดยใช้สารละลาย NaOH และ H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ นั้น ผู้วิจัยได้นำเยื่อดังกล่าวมาขึ้นรูปเป็นกระดาษจากโดยใช้วิธีที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ ได้แก่ การขึ้นรูปโดยไม่ใช้สารกระจายเยื่อ และใช้

สารกระจายเยื่อจากเปลือกส้มโอร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก พบว่าการไม่ใช้สารกระจายเยื่อในการขึ้นรูปจะได้กระดาษที่มีผิวไม่เรียบ มีเส้นใยกระจายตัวเป็นกระจุก แต่เมื่อขึ้นรูปโดยใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกผลส้มโอนั้นพบว่ากระดาษที่ได้มีผิวเรียบ เส้นใยในกระดาษมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอมากขึ้น ซึ่งการใช้สารใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกผลส้มโอนี้ จะใช้เป็นวิธีการขึ้นรูปกระดาษจากต่อไป

การใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกผลส้มโอ ได้ถูกนำมาใช้ในการขึ้นรูปกระดาษจากเศษใบจาก และหางจาก ที่ย่อยด้วยสารละลาย NaOH และ H_2O_2 ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5, 2, 5 และร้อยละ 10 ตามลำดับ พบว่าเยื่อกระดาษที่ได้มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และเนื้อกระดาษมีสีสอดคล้องกับลักษณะเยื่อที่เตรียมได้จากการย่อยโดยใช้สารละลาย NaOH และ H_2O_2 (Figure 6.)

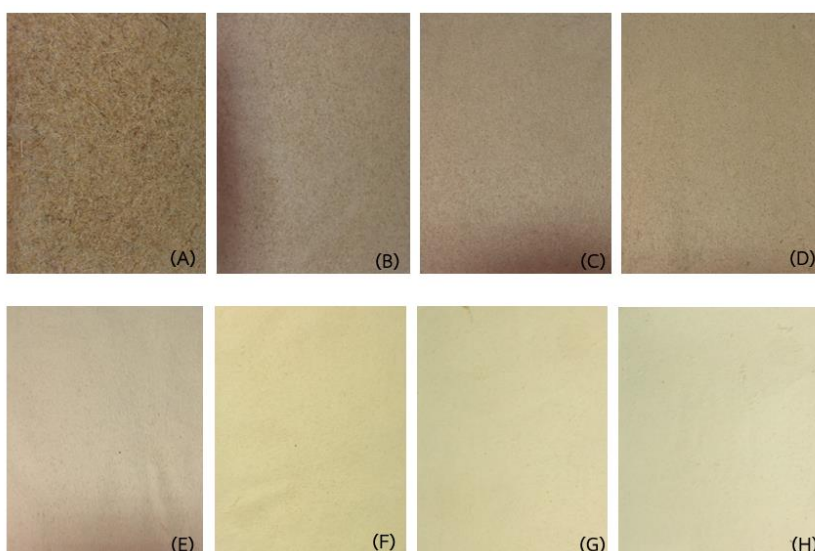


Figure 6. Characteristic of paper after digested with NaOH and H_2O_2 , (A) NaOH 0.5%, (B) NaOH 2%, (C) NaOH 5%, (D) NaOH 10%, (E) H_2O_2 0.5%, (F) H_2O_2 2%, (G) H_2O_2 5% and (H) H_2O_2 10%

3.2 ผลการศึกษาคุณภาพของกระดาษจาก

ผลการศึกษาความต้านทานแรงดึงต่อการฉีกขาด (tensile strength) ความหนา (thickness) และการดูดซึมน้ำ (adsorption) ของกระดาษจากเศษใบจาก หางจาก และเศษใบจากผสมกับหางจาก อัตราส่วน 1:1 (Table 4.) พบว่ากระดาษจากหางจากมีค่าความต้านทานแรงดึงต่อการฉีกขาดสูงที่สุด เท่ากับ 1.41 ± 0.05 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ

เชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกระดาษที่ใช้เศษใบจากผสมกับหางจากซึ่งมีค่าความต้านทานแรงดึงต่อการฉีกขาด เท่ากับ 0.81 ± 0.07 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ส่วนกระดาษจากเศษใบจากมีค่าความต้านทานแรงดึงต่อการฉีกขาดต่ำที่สุดเพียง 0.38 ± 0.05 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร จะเห็นได้ว่ากระดาษจากหางจากมีความแข็งแรงมากที่สุด เนื่องจากความแข็งแรงของกระดาษขึ้นอยู่กับปริมาณของเส้นใย โดยเฉพาะลิกนินซึ่งหางจากมีปริมาณลิกนินสูงถึงร้อยละ 58.23

จึงส่งผลให้กระดาษทางจากมีความแข็งแรงมากที่สุด ส่วนเศษใบจากมีลิกนินเพียงร้อยละ 10.50 จึงส่งผลให้กระดาษที่ทำจากเศษใบจากมีความแข็งแรงน้อยที่สุด และเมื่อนำทางจากผสมกับเศษใบจากส่งผลให้กระดาษมีความแข็งแรงมากขึ้นได้

Table 4. nipa paper quality testing

Paper	Tensile strength ¹ (N/mm ²)	Thickness ¹ (mm)	Adsorption ¹ (g/mm ²)
nipa leave	0.38±0.05 ^c	0.2816±0.013 ^b	6.9×10 ⁻⁴ ±0.0001 ^a
nipa stalk	1.41±0.05 ^a	0.2566±0.016 ^b	4.9 ×10 ⁻⁴ ±0.0002 ^c
nipa leave + nipa stalk	0.81±0.07 ^b	0.3150±0.009 ^a	6.4 ×10 ⁻⁴ ±0.0001 ^b

¹Different characters in each column illustrated average comparison by method of DMRT at 95% confidence interval, respectively

สำหรับการทดสอบความหนาของกระดาษจากพบว่า การใช้เยื่อปริมาณ 30 กรัม ลงในเฟรมกระดาษจะได้กระดาษจากและกระดาษทางจากที่มีความหนาเท่ากับ 0.2816±0.013 และ 0.2566±0.016 มิลลิเมตรตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่กระดาษจากทั้งสองชนิดจะมีความหนาน้อยกว่ากระดาษจากเศษใบจากผสมกับทางจากซึ่งมีความหนาเท่ากับ 0.3150±0.009 มิลลิเมตร

จากการทดสอบการซึมน้ำของกระดาษจากที่ผลิตได้ พบว่ากระดาษจากเศษใบจากมีการซึมน้ำได้ง่าย โดยมีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดเท่ากับ 6.9×10⁻⁴±0.0001 กรัมต่อตารางมิลลิเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกระดาษเศษใบจากผสมกับทางจากและกระดาษทางจาก ซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 6.4×10⁻⁴±0.0001 และ 4.9×10⁻⁴±0.0002 กรัมต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้กระดาษใบจากผสมกับทางจากซึ่งมีปริมาณของเส้นใยน้อยกว่ากระดาษทางจากส่งผลให้ต้านทานการซึมน้ำได้น้อยลง ส่วน

กระดาษใบจากสามารถต้านทานการซึมน้ำได้น้อยที่สุดเนื่องจากมีปริมาณเส้นใยน้อยส่งผลให้เกิดการซึมน้ำได้ดี ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานการซึมน้ำของกระดาษจาก ผู้วิจัยจึงได้ทำการการปรับปรุงคุณภาพด้านการต้านทานการซึมน้ำของกระดาษโดยประยุกต์ใช้สารเคลือบกันน้ำ (water repellent) สำหรับใช้กับเส้นใยผ้า ได้แก่สาร NK GUARD S-80 ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 2:8 มาฉีดยาพ่นบนผิวกระดาษและรีดให้แห้ง แล้วนำมาทดสอบการซึมน้ำตามวิธีมาตรฐาน พบว่ากระดาษที่เคลือบด้วยสารเคลือบใยเส้นสามารถต้านทานการซึมน้ำได้ดีขึ้น (Figure 7.) ดังนั้นหากต้องการให้กระดาษจากมีคุณสมบัติในการต้านทานซึมน้ำได้ ก็สามารถใช้สารเคลือบผิวดังกล่าวเพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำของกระดาษได้เป็นอย่างดี

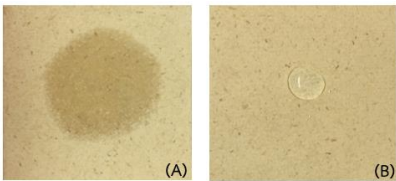


Figure 7. Water adsorption resistance of nipa paper, (A) without water repellent and (B) with water repellent

4. การขยายผลการผลิตกระดาษจากสู่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน

จากผลการศึกษาวิธีการผลิตกระดาษจากเศษใบจากและหางจากที่มีประสิทธิภาพนั้น ผู้วิจัยได้ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากให้แก่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน ได้แก่ วิชาทกิจชุมชนกลุ่มส่งเสริมอาชีพจักสานก้านจากบ้านนายอดทอง ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง (Figure. 8) ซึ่งชุมชนดังกล่าวนี้มีความสนใจในการตอบรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในการนำวัสดุเหลือใช้จากต้นจากมาใช้ประโยชน์เพิ่มเติมเนื่องจากชุมชนนี้ประสบความสำเร็จจากการนำวัสดุเหลือใช้จากต้นจากมา

ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่าย เช่น จักสานก้านจาก และติหมาใบจาก จนได้รับความนิยมไปทั่วประเทศ จึงเล็งเห็นถึงช่องทางการนำวัสดุเหลือใช้จากต้นจากมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนรูปแบบใหม่ๆ เพิ่มเติมจากที่ชุมชนมีอยู่ และนอกจากนั้นชุมชนยังเคยได้รับการสนับสนุนเทคโนโลยีการผลิตกระดาษ จึงมีความพร้อมในการรับเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากจากผลงานวิจัยเพื่อนำไปใช้ในการต่อยอดสร้างมูลค่าเพิ่มจากผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ เช่น นำกระดาษจากไปใช้ผสมผสานกับผลิตภัณฑ์จักสานได้เป็นโคมไฟจาก (Figure 9. A) บรรจุภัณฑ์ภาชนะปลูกจากติหมาใบจาก (Figure 9. B) และกรอบรูปจากเศษใบจาก (Figure 9. C) เพื่อจำหน่ายยังตลาดภายนอกและรองรับนักท่องเที่ยวและผู้สนใจที่เข้ามาเยี่ยมชมกิจกรรมวิถีชีวิตของชุมชนอย่างต่อเนื่อง (Figure 9. D)



Figure 8. Knowledge transfer nipa paper production technology from this research to Palian river basin community, (A) preparation of nipa wastes, (B) nipa casting and (C) color dyeing of nipa paper

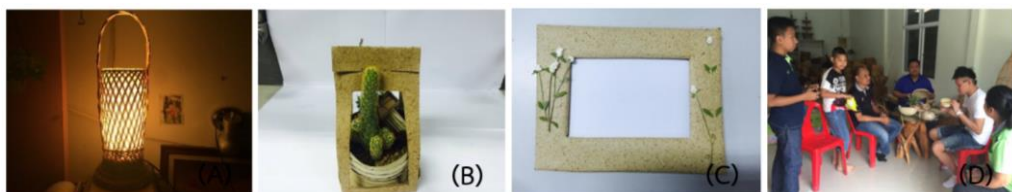


Figure 9. The products from nipa paper; (A) nipa lamp, (B) packaging of community products and (C) photo frame and (D) learning center for tourists

วิจารณ์

จากการศึกษาการผลิตกระดาษจาก พืชกระดาษจากเศษใบจากมีความแข็งแรงน้อย เนื่องจากมีปริมาณของสารกลุ่มลิกโนเซลลูโลสโดยเฉพาะลิกนินเพียงร้อยละ 10 จึงทำให้เมื่อนำเศษใบจากไปผลิตเป็นกระดาษจึงมีความแข็งแรงน้อย โดยมีค่าความคงทนต่อการฉีกขาดต่ำสุดคือ 0.38 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และมีการดูดซึมน้ำสูงสุดคือ 6.9×10^{-4} กรัมต่อตารางมิลลิเมตร เนื่องจากมีลิกนินกระจายตัวอยู่ค่อนข้างน้อยส่งผลให้น้ำสามารถซึมผ่านได้ดี แต่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกระดาษจากเศษใบจากได้โดยการผสมกับทางจาก ซึ่งทำให้กระดาษจากมีความแข็งแรงมากขึ้น เนื่องจากทางจากมีลิกนินถึงร้อยละ 58 ซึ่งลิกนินเป็นสารไม่ละลายน้ำ มีสมบัติไม่ยืดหยุ่น จึงทำให้มีความแข็งแรงทนทานมากขึ้น (Watkins *et al.*, 2015) การเตรียมเยื่อด้วยสารละลาย NaOH ในความเข้มข้นที่เหมาะสมนั้นจะส่งผลให้สามารถตีเยื่อได้ง่ายขึ้น ลักษณะของเยื่อจะแยกออกเป็นเส้นใยได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากลิกนินและเฮมิเซลลูโลสจะถูกย่อยสลายด้วยด่างได้ดี (Li *et al.*, 2007) แต่การใช้ความเข้มข้นของ NaOH สูงนั้นก็ส่งผลต่อคุณลักษณะของเนื้อเยื่อกระดาษได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากจะส่งผลให้สีของเยื่อกระดาษจะมีลักษณะเข้มขึ้น และหากมีการใช้ในปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้ผลผลิตของเส้นใยที่ได้จะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองซึ่งพบว่าการใช้สารละลาย NaOH ร้อยละ 2, 5 และ 10 ให้เส้นใยที่มีลักษณะที่ดี แต่ผลผลิตของเยื่อจะลดลงเหลือร้อยละ 56.52, 42.27 และ 32.87 ตามลำดับ ซึ่งนอกจากจะทำให้ผลผลิตของเยื่อลดลงแล้วการใช้สารละลาย NaOH ที่เข้มข้นมากเกินไปจะส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตกระดาษจากสูงขึ้นได้ จากการขึ้นรูปกระดาษจากโดยใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกส้มโอ พืชกระดาษที่ได้มีผิวเรียบ เส้นใยมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในเปลือกส้มโอมีสารเพคตินซึ่งมีลักษณะเป็นเมือก มีความหนืดสูง และละลายน้ำได้ (Chumee *et al.*, 2016; Larptansupaphol *et al.*, 2013; Priyaprasarth and Siamornsak, 2011) ซึ่งช่วยในการกระจายตัวของเยื่อกระดาษได้เป็นอย่างดี จากการที่กระดาษจากเศษใบจากสามารถซึมน้ำได้ง่าย ซึ่งจะส่งผลให้กระดาษเกิดการเปื่อยยุ่ยได้ง่ายเมื่อได้รับความชื้น ได้ปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของกระดาษจากโดยการประยุกต์ใช้สารสะท้อนน้ำ (water repellent) สำหรับเส้นใยผ้ามาเคลือบผิวกระดาษโดยวิธีธรรมชาติเพื่อลดการดูดซึมน้ำ โดยสาร

สะท้อนน้ำเป็นสารที่ได้รับความนิยมในการนำมาปรับปรุงคุณสมบัติของสิ่งทอโดยสารสะท้อนน้ำนี้มีคุณสมบัติเป็นสารที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ส่งผลให้เส้นใยจะไม่เปียกน้ำ (Sangngam, 2013) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่ากระดาษจากสามารถต้านทานการซึมน้ำได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งส่งผลให้กระดาษจากที่ผลิตขึ้นมีคุณสมบัติในการลดการเปื่อยยุ่ยได้ดีขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ง่าย

สรุป

จากผลิตกระดาษจากวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตใบจากสุบนั้นพบว่ามีความสามารถในการนำไปผลิตเป็นกระดาษได้ ถึงแม้ว่ากระดาษจากเศษใบจากจะมีความแข็งแรงน้อยเนื่องจากฉีกขาดได้ง่าย แต่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกระดาษได้โดยการผสมกับทางจาก แต่ทั้งนี้กระดาษจากที่ผลิตได้จะมีการซึมน้ำได้ง่ายซึ่งจะส่งผลให้อาจทำให้กระดาษเกิดความเสียหายได้ง่ายเมื่อนำไปใช้งาน จึงควรจะต้องลดการซึมน้ำก่อนนำไปใช้ โดยสามารถนำสารเคลือบกันน้ำสำหรับกับเส้นใยมาประยุกต์ใช้ในการลดการซึมน้ำของกระดาษจากได้ ส่งผลให้กระดาษจากมีความทนทานขึ้น โดยขยะชุมชนจากวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตใบจากสุบปริมาณ 1 ตัน สามารถนำไปผลิตเป็นกระดาษจากได้ประมาณ 1,900 ตารางเมตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย เรื่องการพัฒนาการผลิตกระดาษจากเศษใบจากสู่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณรายได้ ประจำปี 2561

เอกสารอ้างอิง

- Bamroongrugsa, N., T. Yongsatitsak and H. Lemkatem. 2014. Assessment of potential areas for growing nipa palm in some province of southern Thailand. Thaksin University Journal 17(2): 26-34. (in Thai)

- Chumee, J., P. Ohama, and N. Peungsamran. 2016. Production of coconut husk paper by using fiber dispersion agent from pomelo peel. pp. 256-263. *In: Proceedings at 4th Suan Sunandha Academic National Conference on Research for Sustainable Development 2016. August 26th, 2016. Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok. (in Thai)*
- Hossain, M.F. and M.A. Islam. 2015. Utilization of mangrove forest plant: Nipa palm (*Nypa fruticans* Wurmb.). *American Journal of Agriculture and Forestry* 3(4): 156-160.
- Larptansuphaphol, T., P. Thongkwan and S. Songpromtip. 2013. Extraction of pectin from peels of vegetables and fruits. *Agricultural Science Journal* 44(2)(Suppl.): 433-436. (in Thai)
- Li, J.B., G. Henriksson and T. Gellersted. 2007. Lignin depolymerization/repolymerization and its critical role for delignification of aspen wood by steam explosion. *Bioresource Technology* 98(16): 3061-3068.
- Noisangiam, N., S. Wattanakit and T. Sangkakool. 2019. The process of potential by participation in the development for tourism in Palian, Trang province. *Journal of The Faculty of Architecture King Mongkuts Institute of Technology Ladkrabang* 28(1): 50-64. (in Thai)
- Ocampo, R.O. and N.P. Usita. 2014. Improving the quality of nipa (*Nypa fruticans*) wine. *Asia Pacific Journal of Education, Art and Sciences* 1(1): 24-27.
- Piriaprasath, S. and P. Srimornsak. 2011. Flocculating and suspending properties of commercial citrus pectin and pectin extracted from pomelo (*Citrus maxima*) peel. *Carbohydrate Polymer* 83: 561-568. (in Thai)
- Podkumnerd, N. and S. Prasongchan. 2013. Wine production from nypa palm fruits using commercial yeast fermentation. *Journal of Community Development and Life Quality* 1(2): 81-88. (in Thai)
- Sangngam, A. 2013. Textiles and nanotechnology. *NSRU Science and Technology Journal* 5(5): 17-20. (in Thai)
- Sluiter, A., B. Hames, R. Ruiz, C. Scarlata, J. Sluiter, D. Templeton and D. Crocker. 2012. Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass. Laboratory Analytical Procedure. Technical Report National Renewable Energy Laboration, Colorado. 15p.
- Tanyaros, S., A. Songrak, P. Srichai. and W. Tarangkoon. 2018. Participatory resources management for quality of life improvement on Palian basin community Trang province. (Online). Available: https://elibrary.trf.or.th/project_content.asp?PJID=RDG60A0016 (31 July 2019)
- Watkins, D., M.D. Nuruddin, M. Hosur, A. Tcherbi-Narteh and S. Jeelani. 2015. Extraction and characterization of lignin from different biomass resources. *Journal of Materials Research and Technology* 4(1): 26-32.