

การพัฒนาระบวนการผลิตกระดาษจากโดยใช้วัสดุเหลือใช้จากการผลิตใบจากสุบ
เพื่อความยั่งยืนของชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน

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

นพดล โพชก่าเหน็ด* สุปราณี วุ่นศรี และ ธัญวาลย์ รัตนันกิจจ์

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: August 6, 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 ($4.9-6 \times 10^{-4}$ 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; 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 ($4.9-6.9 \times 10^{-4}$ กรัมต่อตาราง

มิลลิเมตร) 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 มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย เป็นต้น (Hossain and Islam, 2015; Ocampo and Usita, 2014) จากมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของประชาชนและเศรษฐกิจของชุมชนชายฝั่งเป็นอย่างมาก โดยส่วนต่าง ๆ ของจากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ใบอ่อนใช้สำหรับมวนบุหรื ใบแก่นำมาเย็บมุงหลังคาหรือกั้นผ้าบ้าน ทางจากนำมาฝักทำเป็นไม้ดับข้างในของการเย็บจาก พอนจาก (ทางจากส่วนโคนที่ติดกับกอ) นำมาทำเป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและเคียวน้ำตาลได้เป็นอย่างดี ผลนำมารับประทาน ต้นจากสามารถให้น้ำหวานที่จะทำน้ำตาล ทำน้ำส้มสายชู ทำสุราพื้นบ้าน เป็นต้น และผลแก่มาผลิตเป็นไวน์ได้ (Podkumnerd and Prasongchan, 2013) นอกจากนี้ยังเป็นพืชที่ช่วยรักษาสภาพนิเวศ เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ และช่วยป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งได้ด้วย (Bamroongrusa *et al.*, 2014)

การผลิตผลิตภัณฑ์จาก นับเป็นอาชีพสำคัญอาชีพหนึ่งที่ชุมชนในลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเสียงของชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน มีหลายผลิตภัณฑ์ เช่น ดิหมาใบจาก จักสานก้านจาก และใบจากสุบ เป็นต้น โดยเฉพาะการผลิตใบจากสุบ นับเป็นอาชีพสำคัญอาชีพหนึ่งที่ชุมชนในลุ่มน้ำปะเหลียน หลังจากกระบวนการผลิตใบจากสุบเสร็จสิ้นแล้วนั้นจะเหลือวัสดุเหลือใช้ได้แก่ เศษใบจาก

และทางจาก กองทิ้งไว้บริเวณแหล่งผลิตเป็นจำนวนมาก ซึ่งวัสดุเหลือใช้เหล่านี้จะใช้เวลาในการย่อยสลายเป็นเวลานาน ส่งผลให้วัสดุเหลือใช้เหล่านี้จะกลายเป็นขยะในชุมชน ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดวัสดุเหลือใช้จากต้นจากในชุมชน สมาชิกของชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จึงได้มีการรวมตัวกันในการนำวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปจากสุบมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยอาศัยภูมิปัญญาเพื่อลดวัสดุเหลือทิ้งในชุมชน และสามารถสร้างเป็นรายได้เสริม เช่น วิสาหกิจชุมชนกลุ่มส่งเสริมอาชีพจักสานก้านจากบ้านนายอดทอง ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง มีการนำเศษใบจากมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จักสานก้านจาก และดิหมาใบจาก (Noisangiam *et al.*, 2019) โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ดิหมาใบจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยได้เข้าไปพัฒนากระบวนการผลิตร่วมกับชุมชนโดยพัฒนานวัตกรรมตู้อบใบจากโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ดิหมาของชุมชนมีคุณภาพ จนได้รับการตอบรับจากตลาดเป็นอย่างดี สร้างรายได้ให้แก่ชุมชนเดือนละกว่า 200,000 บาท (Tanyaros *et al.*, 2018) โดยนำไปประยุกต์ใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหารและเครื่องดื่ม เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัสดุจากธรรมชาติซึ่งย่อยสลายได้ง่ายสามารถใช้แทนผลิตภัณฑ์จากพลาสติกได้ ส่งผลให้มีการนำวัสดุเหลือใช้จากการผลิตใบจากสุบมาใช้ประโยชน์มากขึ้น แต่ก็ยังคงมีส่วนเหลือทิ้งอยู่อีกเป็นจำนวนมากที่ยังคงกลายเป็นขยะชุมชนที่รอการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ

ในการนี้ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการดำเนินงานวิจัยแบบมีส่วนร่วมกับชุมชนในการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตจากสุบ โดยการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกระดาษซึ่งผลิตจากเศษใบจากและทางจากที่เหลือจากการผลิตใบจากสุบ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดนวัตกรรมจากต้นจากใหม่ในชุมชน

เกิดช่องทางในการสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียนจากการต่อยอดภูมิปัญญาชุมชนมากขึ้น และนอกจากนี้ยังสามารถลดขยะที่เกิดจากวัสดุเหลือทิ้งจากต้นจากในชุมชนได้อย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

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

1. การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของเศษใบจากและทางจาก

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

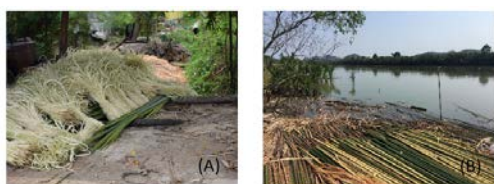


Figure 1. Waste from cigarette wrapping production, (A) nipa leaf waste and (B) nipa stalk waste

2. กระบวนการผลิตกระดาษจากเศษใบจากและทางจาก

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำเศษใบจากและทางจาก มาล้างทำความสะอาด โดยล้างน้ำเปล่า 3 ครั้ง แล้วตัดวัตถุดิบเป็น

ชิ้นเล็ก ๆ มีความยาวประมาณ 1 นิ้ว แบ่งออกเป็นชุด ชุดละ 30 กรัม และแช่น้ำทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง เพื่อให้วัตถุดิบอ่อนตัว

2.2 การเตรียมเยื่อ

นำเศษใบจากและทางจาก มาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (อัตราส่วนเศษใบจากและทางจากต่อสารละลาย 1:10 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร)) ความเข้มข้นของของสารละลาย NaOH ที่ใช้แตกต่างกัน 4 ระดับ คือร้อยละ 0.5, 2.0, 5.0 และ 10.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรตามลำดับ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และนำมาล้างเอาด่างออกจากเยื่อด้วยน้ำจนได้ค่าพีเอช 6-7 แล้วนำเยื่อที่ได้ไปอบให้แห้ง ทำการตรวจสอบสีเยื่อที่เตรียมได้โดยใช้การวัดสีด้วย Hunter Lab วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ one way ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

2.3 การฟอกเยื่อ

นำเศษใบจากและทางจากที่ผ่านการให้ความร้อนเยื่อด้วยสารละลาย NaOH มาทำการฟอกเยื่อด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) (อัตราส่วนเศษใบจากและทางจากต่อสารละลาย 1:10 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร)) ความเข้มข้นของของสารละลาย H_2O_2 ที่ใช้แตกต่างกัน 4 ระดับ คือร้อยละ 0.5, 2.0, 5.0 และ 10.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรตามลำดับ เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที เมื่อครบเวลานำมาล้างด้วยน้ำจนได้ค่าพีเอช 6-7 แยกเศษเส้นใยส่วนที่แข็งและสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ ที่ติดมาออกให้หมด แล้วนำเยื่อที่ได้ไปอบให้แห้ง ทำการตรวจสอบสีเยื่อที่ฟอกได้โดยใช้การวัดสีด้วย 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) โดยการใช้เปลือกส้มโอจำนวน 20 กรัม ต้มในน้ำ 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นกรองเอาเฉพาะของเหลวไปปั่นกับเยื่อที่เตรียม แล้วทำการเกลี่ยเยื่อภายในตะแกรงไนลอนให้มีความสม่ำเสมอทั้งแผ่น นำไปตากให้แห้ง เมื่อกระดาษแห้งแล้วทำการดึงกระดาษออกจากตะแกรง แล้วนำไปทดสอบคุณภาพของกระดาษจากต่อไป

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) ทำการวัดความหนาโดยใช้เครื่องวัดความหนาโดยใช้ไมโครมิเตอร์ (Mitutoyo IP65, Japan) วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ One Way ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยวิธี DMRT

2.6.4 ทดสอบการดูดซับน้ำ (adsorption) ทำการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานโดยใช้

การหยดน้ำลงบนผิวกระดาษ และสังเกตการณ์ซึมน้ำเป็นเวลา 5 นาที วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ one way ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยวิธี DMRT

3. ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากวัสดุเหลือใช้จากการผลิตใบจากสุบสู่ชุมชน

ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากวัสดุเหลือใช้จากการผลิตใบจากสุบให้แก่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ได้แก่ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มส่งเสริมอาชีพจักสานก้านจากบ้านนายอดทอง ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง เพื่อพัฒนากระดาษจากของลุ่มน้ำให้มีคุณสมบัติใหม่ ๆ เพื่อผลิตเป็นสินค้าชุมชนต่อไป

ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษามิติทางเคมีและกายภาพของเศษใบจากและทางจาก

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

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 (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 และค่าสีของเยื่อเศษใบจากและเยื่อทางจากที่เตรียมได้ (Table 2.) พบว่าความสว่าง (ค่า L) ค่าสี (a* และ b*) มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยค่าความสว่างของเศษใบจากและทางจากจะมีค่าอยู่ในช่วง 18.97-30.30 เท่านั้นแสดงถึงการมีสีที่ค่อนข้างทึบ โดยเศษใบจากและทางจากที่แช่ในสารละลาย NaOH ร้อยละ 0.5 ให้ค่าความสว่างมาก

ที่สุดคือ 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 แตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 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.

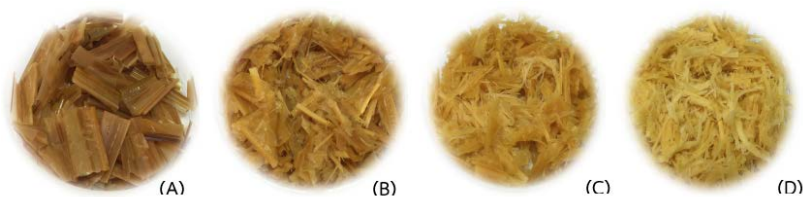


Figure 4. Pulp of nipa leave after bleaching with H_2O_2 at different concentration
(A) 0.5, (B) 2, (C) 5 and (D) 10% w/v

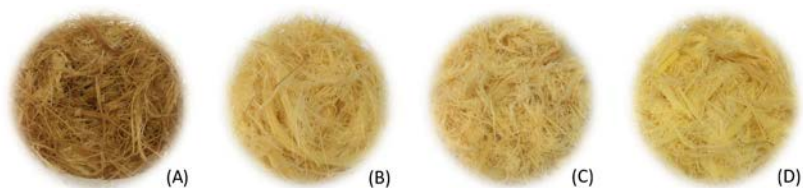


Figure 5. Pulp of nipa stalk after bleaching with H_2O_2 at different concentration
(A) 0.5, (B) 2, (C) 5 and (D) 10% w/v

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 ผลการขึ้นรูปกระดาษจากโดยใช้สารละลายเยื่อ

จากเตรียมเยื่อกระดาษจากเศษใบจากและทางจากโดยใช้สารละลาย $NaOH$ และ H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ นั้น ผู้วิจัยได้นำเยื่อดังกล่าวมาขึ้นรูปเป็นกระดาษจากโดยใช้วิธีที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ

ได้แก่ การขึ้นรูปโดยไม่ใช้สารกระจายเยื่อ และใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกส้มโอร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก พบว่าการไม่ใช้สารกระจายเยื่อในการขึ้นรูปจะได้กระดาษที่มีผิวไม่เรียบ มีเส้นใยกระจายตัวเป็นกระจุก แต่เมื่อขึ้นรูปโดยใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกผลส้มโอ นั้นพบว่ากระดาษที่ได้มีผิวเรียบ เส้นใยในกระดาษมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอมากขึ้น

ซึ่งการใช้สารใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกผลส้มโอ
จะใช้เป็นวิธีการขึ้นรูปกระดาษจากต่อไป

การใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกผลส้มโอ
ได้ถูกนำมาใช้ในการขึ้นรูปกระดาษจากเศษใบจาก
และหางจาก ที่ย่อยด้วยสารละลาย NaOH และ

H₂O₂ ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5, 2,
5 และร้อยละ 10 ตามลำดับ พบว่าเยื่อกระดาษที่ได้
มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และเนื้อกระดาษมีสี
สอดคล้องกับลักษณะเยื่อที่เตรียมได้จากการย่อยโดย
ใช้สารละลาย NaOH และ H₂O₂ (Figure 6.)

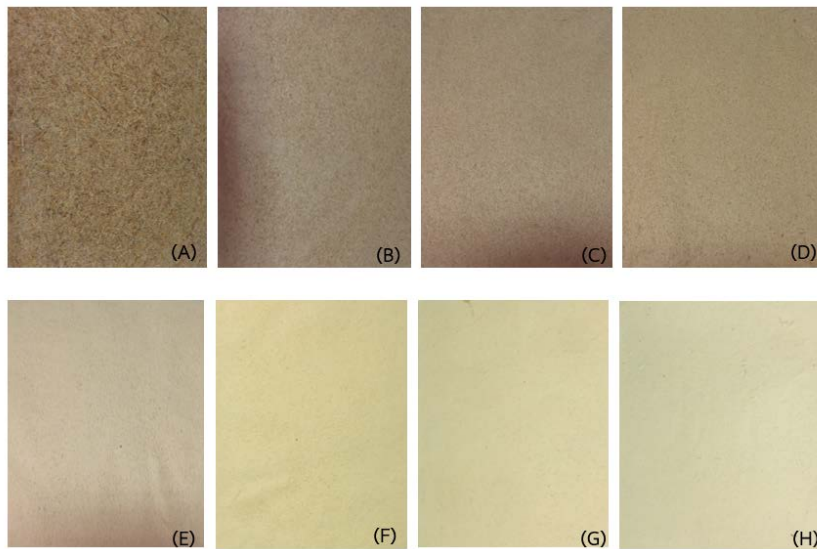


Figure 6. Characteristic of paper after digested with NaOH and H₂O₂, (A) NaOH 0.5%, (B) NaOH 2%, (C) NaOH 5%, (D) NaOH 10%, (E) H₂O₂ 0.5%, (F) H₂O₂ 2%, (G) H₂O₂ 5% and (H) H₂O₂ 10%

3.2 ผลการศึกษาคุณภาพของกระดาษจาก

ผลการศึกษาความต้านทานแรงดึงต่อการฉีก
ขาด (tensile strength) ความหนา (thickness)
และการดูดซึมน้ำ (adsorption) ของกระดาษจาก
เศษใบจาก ทางจาก และเศษใบจากผสมกับหางจาก
อัตราส่วน 1:1 (Table 4.) พบว่ากระดาษจากทาง
จากมีค่าความต้านทานแรงดึงต่อการฉีกขาดสูงที่สุด
เท่ากับ 1.41±0.05 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร
แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกระดาษที่ใช้เศษใบจากผสม
กับหางจากซึ่งมีค่าความต้านทานแรงดึงต่อการฉีก
ขาด เท่ากับ 0.81±0.07 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

ส่วนกระดาษจากเศษใบจากมีค่าความต้านทานแรง
ดึงต่อการฉีกขาดต่ำที่สุดเพียง 0.38±0.05 นิวตันต่อ
ตารางมิลลิเมตร จะเห็นได้ว่ากระดาษจากทางจากมี
ความแข็งแรงมากที่สุด เนื่องจากความแข็งแรงของ
กระดาษขึ้นอยู่กับปริมาณของเส้นใย โดยเฉพาะ
ลิกนินซึ่งทางจากมีปริมาณลิกนินสูงถึงร้อยละ 58.23
จึงส่งผลให้กระดาษทางจากมีความแข็งแรงมากที่สุด
ส่วนเศษใบจากมีลิกนินเพียงร้อยละ 10.50 จึงส่งผลให้
ให้กระดาษที่ทำจากเศษใบจากมีความแข็งแรงน้อย
ที่สุด และเมื่อนำทางจากผสมกับเศษใบจากส่งผลให้
กระดาษมีความแข็งแรงมากขึ้นได้

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 ลงในเฟรมกระดาษจะได้กระดาษจากที่มีความหนาเท่ากับ 0.2816±0.013 และ 0.2566±0.016 มิลลิเมตรตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่กระดาษจากทั้งสองชนิดจะมีความหนาน้อยกว่ากระดาษจากเศษใบจากผสมกับทางจากซึ่งมีความหนาเท่ากับ 0.3150±0.009 มิลลิเมตร

จากการทดสอบการซึมซับน้ำของกระดาษจากที่ผลิตได้ พบว่ากระดาษจากเศษใบจากมีการซึมซับน้ำได้ง่าย โดยมีค่าการดูดซับน้ำสูงสุดเท่ากับ 6.9×10⁻⁴±0.0001 กรัมต่อตารางมิลลิเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกระดาษเศษใบจากผสมกับทางจากและกระดาษทางจาก ซึ่งมีค่าการดูดซับน้ำ เท่ากับ 6.4×10⁻⁴±0.0001 และ 4.9×10⁻⁴±0.0002 กรัมต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้กระดาษใบจากผสมกับทางจากซึ่งมีปริมาณของเส้นใยน้อยกว่ากระดาษทางจากส่งผลให้ต้านทานการซึมซับน้ำได้น้อยลง ส่วนกระดาษใบจากสามารถต้านทานการซึมซับน้ำได้น้อยที่สุดเนื่องจากมีปริมาณเส้นใยน้อยส่งผลให้เกิดการซึมซับน้ำได้ดี ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานการซึมซับน้ำของกระดาษจาก ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงคุณภาพด้านการต้านทานการซึมซับน้ำของกระดาษโดยประยุกต์ใช้สารเคลือบกันน้ำ (water

repellent) สำหรับใช้กับเส้นใยผ้า ได้แก่ สาร NK GUARD S-80 ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 2:8 มาฉีดยาบนผิวกระดาษและรีดให้แห้ง แล้วนำมาทดสอบการซึมซับน้ำตามวิธีมาตรฐาน พบว่ากระดาษที่เคลือบด้วยสารเคลือบใยเส้นสามารถต้านทานการซึมซับน้ำได้ดีขึ้น (Figure 7.) ดังนั้นหากต้องการให้กระดาษจากมีคุณสมบัติในการต้านทานการซึมซับน้ำได้ ก็สามารถใส่สารเคลือบผิวดังกล่าวเพื่อป้องกันการดูดซับน้ำของกระดาษได้เป็นอย่างดี

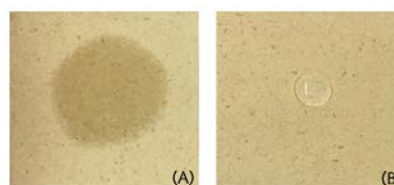


Figure 7. Water adsorption resistance of nipa paper, (A) without water repellent and (B) with water repellent

4. การขยายผลการผลิตกระดาษจากสู่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน

จากผลการศึกษาวิธีการผลิตกระดาษจากเศษใบจากและทางจากที่มีประสิทธิภาพนั้น ผู้วิจัยได้ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากให้แก่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน ได้แก่ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มส่งเสริมอาชีพจักสานก้านจากบ้านนายอดทอง ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง (Figure. 8) ซึ่งชุมชนดังกล่าวนี้มีความสนใจในการตอบรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในการนำวัสดุเหลือใช้จากต้นจากมาใช้

ประโยชน์เพิ่มเติมเนื่องจากชุมชนนี้ประสบความสำเร็จจากการนำวัสดุเหลือใช้จากต้นจากมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่าย เช่น จักสานก้านจาก และติหมาใบจาก จนได้รับความนิยมไปทั่วประเทศ จึงเล็งเห็นถึงช่องทางการนำวัสดุเหลือใช้จากต้นจากมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนรูปแบบใหม่ๆ เพิ่มเติมจากที่ชุมชนมีอยู่ และนอกจากนั้นชุมชนยังเคยได้รับการสนับสนุนเทคโนโลยีการผลิตกระดาษ จึงมีความพร้อมในการรับเทคโนโลยีการผลิตกระดาษ

จากจากผลงานวิจัยเพื่อนำไปใช้ในการต่อยอดสร้างมูลค่าเพิ่มจากผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ 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

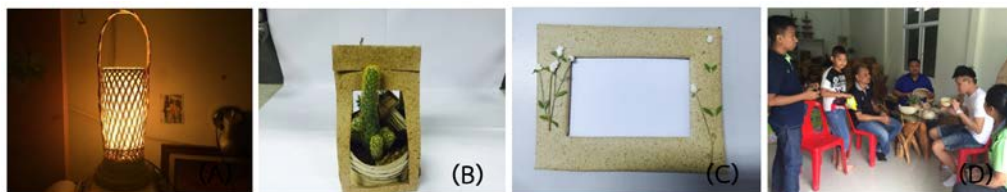


Figure 9. The products from nipa paper; (A) nipa lamp, (B) packaging of community products and (C) photo frame and (D) learning center for tourists

วิจารณ์

จากการศึกษาการผลิตกระดาษจาก พบว่ากระดาษจากเศษใบจากมีความแข็งแรงน้อยเนื่องจากมีปริมาณของสารกลุ่มลิกโนเซลลูโลส โดยเฉพาะลิกนินเพียงร้อยละ 10 จึงทำให้เมื่อนำเศษใบจากไปผลิตเป็นกระดาษจึงมีความแข็งแรงน้อย โดยมีค่าความคงทนต่อการฉีกขาดต่ำสุดคือ 0.38 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และมีการดูดซึมน้ำสูงสุดคือ 6.9×10^{-4} กรัมต่อตารางมิลลิเมตร

เนื่องจากมีลิกนินกระจายตัวอยู่ค่อนข้างน้อยส่งผลให้น้ำสามารถซึมผ่านได้ดี แต่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกระดาษจากเศษใบจากได้โดยการผสมกับทางจาก ซึ่งทำให้กระดาษจากมีความแข็งแรงมากขึ้นเนื่องจากทางจากมีลิกนินถึงร้อยละ 58 ซึ่งลิกนินเป็นสารไม่ละลายน้ำ มีสมบัติไม่ยืดหยุ่น จึงทำให้มีความแข็งแรงทนทานมากขึ้น (Watkins *et al.*, 2015) การเตรียมเยื่อด้วยสารละลาย NaOH ในความเข้มข้นที่เหมาะสมนั้นจะส่งผลให้สามารถตีเยื่อได้ง่ายขึ้นลักษณะของเยื่อจะแยกออกเป็นเส้นใยได้ดี ทั้งนี้

เนื่องจากลิกนินและเฮมิเซลลูโลสจะถูกย่อยสลายด้วยต่างได้ดี (Li *et al.*, 2007) แต่การใช้ความเข้มข้นของ NaOH สูงขึ้นก็จะส่งผลต่อคุณลักษณะของเนื้อเยื่อกระดาษได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากจะส่งผลให้สีของเยื่อกระดาษจะมีลักษณะเข้มขึ้น และหากมีการใช้ในปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้ผลผลิตของเส้นใยที่ได้จะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองซึ่งพบว่าการใช้สารละลาย NaOH ร้อยละ 2, 5 และ 10 ให้เส้นใยที่มีลักษณะที่ดี แต่ผลผลิตของเยื่อจะลดลงเหลือร้อยละ 56.52, 42.27 และ 32.87 ตามลำดับ ซึ่งนอกจากจะทำให้ผลผลิตของเยื่อลดลงแล้วนั้นการใช้สารละลาย NaOH ที่เข้มข้นมากเกินไปจะส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตกระดาษจากสูงขึ้นได้จากการขึ้นรูปกระดาษจากโดยใช้สารกระจายเยื่อจากเปลือกส้มโอ พบว่ากระดาษที่ได้มีผิวเรียบ เส้นใยมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในเปลือกส้มโอมีสารเพคตินซึ่งมีลักษณะเป็นเมือก มีความหนืดสูงและละลายน้ำได้ (Chumee *et al.*, 2016; Larptansuphaphol *et al.*, 2013; Piriyaprasarth and Sriamornsak, 2011) ซึ่งช่วยในการกระจายตัวของเยื่อกระดาษได้เป็นอย่างดี จากการที่กระดาษจากเศษใบจากสามารถซึมน้ำได้ง่าย ซึ่งจะส่งผลให้กระดาษเกิดการเปื่อยยุ่ยได้ง่ายเมื่อได้รับความชื้น ได้ปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของกระดาษจากโดยการประยุกต์ใช้สารสะท้อนน้ำ (water repellent) สำหรับเส้นใยผ้ามาเคลือบผิวกระดาษโดยวิธีธรรมชาติเพื่อลดการดูดซึมน้ำโดยสารสะท้อนน้ำเป็นสารที่ได้รับความนิยมในการนำมาปรับปรุงคุณสมบัติของสิ่งทอโดยสารสะท้อนน้ำนี้มีคุณสมบัติเป็นสารที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ส่งผลให้เส้นใยจะไม่เปียกน้ำ (Sangngam, 2013) ซึ่งจากการทดลองพบว่ากระดาษจากสามารถต้านทานการซึมน้ำได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งส่งผลให้กระดาษจากที่ผลิตขึ้นมีคุณสมบัติในการลดการเปื่อยยุ่ยได้ดี

ขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ง่าย

สรุป

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

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาการผลิตกระดาษจากเศษใบจากสู่ชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่สนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณรายได้ ประจำปี 2561

เอกสารอ้างอิง

- Bamroongrugs, 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. Songpromptip. 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 Ladkabang 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.
- Piriyaprasath, S. and P. Sriamornsak. 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) (in Thai)
- 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.