



การผลิตกระดาษเชิงหัตถกรรมด้วยเปลือกสับประด

จากโรงงานอุตสาหกรรมผลไม้กระป๋อง

Production of pineapple peel handicraft paper from canned fruit industrial factory

ศุจยา ฤทธิศรี^{1*} รัมภา จุฑะกนก¹ และ จันทิมา ชีมะ¹

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

*E-mail: Ritthisorn_s@rmUTT.ac.th

บทคัดย่อ

ในกระบวนการผลิตสับประดกระป๋องจะมีเปลือกสับประดทิ้งเป็นจำนวนมาก เปลือกสับประดเหล่านี้จัดเป็นขยะอินทรีย์ที่ก่อให้เกิดมลพิษอื่นๆ ตามมา เช่น ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของพาหะนำโรคอีกด้วย การนำเปลือกสับประดมาผลิตเป็นกระดาษจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยกำจัดขยะอินทรีย์จากเปลือกสับประด อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของเปลือกสับประดอีกด้วย ในการศึกษาครั้งนี้จึงสนใจผลิตกระดาษเชิงหัตถกรรมจากเปลือกสับประดที่ผ่านกระบวนการบดเนื้อที่ติดอยู่กับเปลือกออกจนหมด โดยในกระบวนการผลิตเชื่อมเปลือกสับประดในโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักเชื้อ ตามลำดับ พบว่าการใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 ของน้ำหนักเชื้อ ได้เชื่อมกระดาษที่มีค่าแคลปานัมเบอร์ต่ำที่สุด เมื่อศึกษาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการฟอกเชื้อร้อยละ 0, 10 และ 20 ของน้ำหนักเชื้อ ตามลำดับ พบว่าปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 20 ของน้ำหนักเชื้อ ได้เชื่อมกระดาษที่มีค่าแคลปานัมเบอร์น้อยที่สุด เมื่อนำกระดาษมาศึกษาคุณสมบัติด้านความเหนียวและด้านกายภาพของกระดาษ พบว่าปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 ของน้ำหนักเชื้อ และฟอกด้วยปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 10 ของน้ำหนักเชื้อ มีความเหมาะสมที่สุดในการนำมาผลิตกระดาษจากเปลือกสับประด

คำสำคัญ: กระดาษเชิงหัตถกรรม เปลือกสับประด โรงงานอุตสาหกรรมผลไม้กระป๋อง

Received: January 25, 2016

Revised: May 24, 2016

Accepted: May 29, 2016

Abstract

The process of canned pineapple production generates a lot of pineapple peel, an organic waste that causes many pollution, for example, water pollution and air pollution. It is also a breeding ground of disease vectors. Paper production from pineapple peel is a good alternative way not only to reduce the amount of organic waste but also increase the pineapple peel value. In this research, we focused on the production of handicraft paper from pineapple peel in which the meat are completely extracted from the peel. The pineapple's fiber production was prepared by boiling with sodium hydroxide at 0, 10, 15 and 20 percent of the fiber weight. The results showed that the minimum Kappa number was obtained from 20% (w/w) of sodium hydroxide. The bleaching process of fiber was tested with hydrogen peroxide at 0, 10 and 20 percent of the fiber weight. The results showed that the minimum Kappa number was also achieved at 20% (w/w) of hydrogen peroxide. The study on toughness and physical properties of the paper found that sodium hydroxide at 20 percent of the fiber weight and hydrogen peroxide at 10 percent of the fiber weight were suitable for paper production from pineapple peel.

Keywords: handicraft paper, pineapple peel, canned fruit industrial factory

1. บทนำ

สับปะรดเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนมีแหล่งกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ สำหรับประเทศไทยมีการปลูกสับปะรดกระจายอยู่ทั่วไปมานานแล้วแต่มีปริมาณไม่มากนัก สับปะรดในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ ปลูกทั่วทั้งประเทศ พันธุ์ที่ใช้ปลูกนั้นขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศของแต่ละพื้นที่ จึงทำให้สับปะรดแต่ละสายพันธุ์มีรสชาติที่แตกต่างกัน สำหรับการผลิตเพื่อแปรรูปในอุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรดกระป๋องเริ่มต้นเมื่อประมาณ พ.ศ. 2510 และขยายเพิ่มขึ้นจนในปัจจุบันประเทศไทยผลิตสับปะรดได้มากเป็นลำดับต้นๆ ของโลก มีปริมาณการผลิตสับปะรดได้ประมาณ 2 ล้านตันต่อปี ผลผลิตเหล่านี้ส่วนหนึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสับปะรดกระป๋อง ซึ่งเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศอีกชนิดหนึ่ง โดยปัจจุบันมีโรงงานผลิตสับปะรด

กระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้นที่ได้รับการรับรองจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรวม 75 โรงงาน กำลังการผลิตประมาณ 800,000 ตัน/ปี ส่วนใหญ่ผลิตตามคำสั่งซื้อจากต่างประเทศ มีการส่งออกเฉลี่ยปีละประมาณ 600,000 ตัน โดยส่งออกเป็นสับปะรดกระป๋องร้อยละ 80 และน้ำสับปะรดร้อยละ 20 [1,2] เปลือกสับปะรดจากอุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรดส่วนใหญ่จะมีการบิบเอาเนื้อที่ติดอยู่กับเปลือกออกจนหมด จึงทำให้เปลือกเหลือเพียงส่วนที่เป็นเส้นใย ซึ่งทางโรงงานเรียกว่ากากใยเปลือกสับปะรด กากใยเปลือกสับปะรดจากโรงงานมีปริมาณสารอาหารที่เหลือในกากใยน้อย ปริมาณเปลือกสับปะรดจากโรงงานบางแห่ง มีปริมาณมากถึง 200 ตัน/วัน โดยส่วนใหญ่โรงงานจะกำจัดเปลือกสับปะรดด้วยการจำหน่ายให้เกษตรกรเพื่อนำไปผสมกับอาหารสัตว์ ในราคา 40 สตางค์/กิโลกรัม ถึง 2.25 บาท/กิโลกรัม [3] ขึ้นอยู่

กับลักษณะของเปลือกสับปะรดและปริมาณน้ำที่ผสมอยู่ในเปลือกสับปะรด แต่ยังคงมีเปลือกสับปะรดบางส่วนถูกทิ้งกลายเป็นขยะอินทรีย์ก่อให้เกิดมลพิษอื่นๆ ตามมา เช่น ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำจากน้ำชะขยะกองเปลือกสับปะรด มลพิษทางอากาศจากกลิ่นที่เกิดขึ้นจากการเน่าเสีย นอกจากนี้ยังอาจเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของพาหะนำโรคอีกด้วย

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเปลือกสับปะรดมาผลิตเป็นกระดาษเชิงหัตถกรรม (หมายถึง สิ่งที่สร้างขึ้นด้วยฝีมือมนุษย์ หรือกระบวนการผลิตสิ่งของด้วยมือ ที่ใช้แรงงานฝีมือเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิต) [4] เพื่อเป็นการลดปริมาณขยะอินทรีย์จากเปลือกสับปะรดที่โรงงานจำหน่ายไม่หมด อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกสับปะรดโดยการส่งเสริมให้เป็นอาชีพเสริมแก่นักงานในโรงงานหรือชาวบ้านที่สนใจในการทำกระดาษเชิงหัตถกรรม เนื่องจากกระดาษ 1 แผ่นใช้เชื้อในการผลิตไม่มาก แต่สามารถขายได้ในราคาที่สูง โดยกระดาษเชิงหัตถกรรมส่วนใหญ่จะจำหน่ายในราคาแผ่นละ 10-25 บาท ซึ่งการจำหน่ายกระดาษเชิงหัตถกรรมจะมีมูลค่ามากกว่าการจำหน่ายเปลือกสับปะรดโดยตรง

2. วัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมเปลือกสับปะรด

นำเปลือกสับปะรดจากโรงงานอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องที่มีการบีบเอาเนื้อที่ติดอยู่กับเปลือกออกจนหมด มีลักษณะเป็นกากใย นำมาตากแดดจนแห้ง และวิเคราะห์หาค่าแคลปานัมเบอร์ (Kappa number) (ปริมาณลิกนินที่เหลือภายหลังจากการผ่านกระบวนการผลิตเชื้อ) ในกากใยเปลือกสับปะรด (ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) ที่ T236 [5]

กำหนดโดยสถาบันมาตรฐานแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา หรือ ANSI (American National Standard Institute)

2.2 การศึกษาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อ

ชั่งกากใยเปลือกสับปะรด 150 กรัม ต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักเยื่อ ตามลำดับ นาน 120 นาที อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เมื่อครบเวลาดังกล่าวทำความสะอาดด้วยน้ำ ตากเยื่อที่ได้จากการต้มกากใยเปลือกสับปะรดให้แห้ง นำมาวิเคราะห์ค่าแคลปานัมเบอร์ คัดเลือกชุดการทดลองที่มีค่าแคลปานัมเบอร์น้อยที่สุดไปศึกษาต่อ

2.3 การศึกษาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมในการฟอกเยื่อ

คัดเลือกเยื่อกากใยเปลือกสับปะรดที่มีค่าแคลปานัมเบอร์น้อยที่สุดจากข้อ 2.2 มาศึกษาต่อโดยนำมาฟอกเยื่อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 0, 10 และ 20 ของน้ำหนักเยื่อเดิม แมกนีเซียมซัลเฟตร้อยละ 0.05 และโซเดียมซัลเฟตร้อยละ 2 ปรับความเป็นกรดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้อยู่ในช่วง 10.5-11.0 ชั่งเยื่อกากใยเปลือกสับปะรดที่ต้องการฟอก 150 กรัม ใส่ลงในสารละลายที่เตรียมไว้และคนให้เยื่อกากใยเปลือกสับปะรดเข้ากับสารละลาย ต้มนาน 120 นาที อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส นำเยื่อกากใยเปลือกสับปะรดที่ผ่านการต้มไปตากแห้ง และวิเคราะห์ค่าแคลปานัมเบอร์

2.4 การทำเป็นแผ่นกระดาษ

นำเยื่อกากใยเปลือกสับปะรดที่ผ่านขั้นตอนการผลิตจากข้อ 2 และ 3 ปริมาณ 150 กรัม มาตีกระจายเยื่อใส่ในตะแกรงขนาด 40×60 เซนติเมตรนำไปผึ่งลมจนแห้ง

2.5 การศึกษาคุณสมบัติของกระดาษจากเปลือกสับปะรด

ศึกษาคุณสมบัติด้านความเหนียวของกระดาษ (กระดาษมีความทนทานต่อการใช้งาน) ได้แก่ ความต้านทานแรงฉีกขาด (TAPPI T 414) ความต้านทานแรงดึง (TAPPI T 494) และความต้านทานแรงคั้นทะลุ (TAPPI T 403) และคุณสมบัติด้านกายภาพของกระดาษ ได้แก่ ความขาวสว่าง (TAPPI T 452) [5]

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ One – Way Analysis of Variance เพื่อหาค่าความแปรปรวนของข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$) โดยใช้วิธีของ Duncan's Multiple Range Test โปรแกรม SPSS for Window Version 18

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

3.1 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อ

จากการผลิตเยื่อกระดาษโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักเยื่อ ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ ค่าแคลปานัมเบอร์จะลดลงไปด้วย [6, 7, 8, 9] โดยกากใยเปลือกสับปะรดที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักเยื่อ มีค่าแคลปานัมเบอร์น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.82 ± 0.05 ส่วนกากใยเปลือกสับปะรดที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณร้อยละ 0, 10 และ 15 ของน้ำหนักเยื่อ มีค่าแคลปานัมเบอร์ เท่ากับ 10.77 ± 0.08 , 5.25 ± 0.07 และ 4.78 ± 0.05 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากการศึกษาพบว่าค่าแคลปานัมเบอร์แปรผกผันกับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทั้งนี้เนื่องจากลิกนินเป็นสารประกอบอะโรมาติก [10, 11] ที่ถูกทำลายหรือย่อยสลายได้ยาก ลิกนินไม่ละลายในน้ำ ไม่ละลายในกรด แต่สามารถละลายได้ดีในสารละลายที่เป็นด่าง โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสแยกสารประกอบเชิงซ้อนพอลิเมอร์ลิกนินออกและเกิดการสลายของลิกนิน ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาและการดูดซึมสารเคมีเข้าสู่เส้นใยอย่างรวดเร็ว การเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์จึงสามารถขจัดลิกนินออกไปได้มากขึ้น [12, 13, 8] ดังนั้นจึงเลือกชุดการทดลองที่ต้มเยื่อด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 ของน้ำหนักเยื่อ มาศึกษาต่อเพราะมีการขจัดลิกนินได้ดีที่สุดและมีค่าแคลปานัมเบอร์น้อยที่สุด

ตารางที่ 1 ค่าแคลปานัมเบอร์ของกากใยเปลือกสับปะรด

ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละของน้ำหนักเยื่อ)	แคลปานัมเบอร์
0	10.77 ± 0.08^A
10	5.25 ± 0.07^B
15	4.78 ± 0.05^C
20	3.82 ± 0.05^D

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบร้อยละปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต่างกัน

3.2 ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมในการฟอกย้อม

นำชุดการทดลองที่ต้มกากใยเปลือกสับปะรดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักเยื่อ ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 0, 10 และ 20 ของน้ำหนักเยื่อ ตามลำดับ พบว่าค่าแคลปานัมเบอร์ที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 0 ของน้ำหนักเยื่อ มีค่าแคลปานัมเบอร์มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.82 ± 0.05 รองลงมาคือกากใยเปลือกสับปะรดที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 10 และ 20 ของน้ำหนักเยื่อ มีค่าแคลปานัมเบอร์เท่ากับ 3.55 ± 0.04 และ 3.19 ± 0.02 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การฟอกย้อมด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่ใช่เป็นการกำจัดลิกนินที่เหลืออยู่ในเยื่อ แต่เป็นเพียงการทำให้ลิกนินแตกตัวเท่านั้น โดยปฏิกิริยาเกิดจากการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับให้เป็นด่าง ในขณะที่ทำการฟอกย้อมด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำให้เกิดเปอร์ไฮดรอกซิลไอออน (OOH^-) ซึ่งเป็นสารที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมาก ซึ่งเปอร์ไฮดรอกซิลไอออนจะทำให้โครงสร้างของหมู่โครโมฟอร์ (เป็นหมู่ที่ทำให้เกิดสี แบ่งเป็น 3 แบบ คือ 1. โครโมฟอร์ที่มีหลายพันธะ โดยไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว เช่น อัลคีน 2. โครโมฟอร์ที่มีหลายพันธะและมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว เช่น หมู่คาร์บอนิล และ 3. โครโมฟอร์ที่มีวงเบนซีน เช่น สารประกอบอโรมาติก) เปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปที่ไม่สามารถทำให้เยื่อมีสี [13, 14, 15, 7] ทำให้ตรวจพบปริมาณลิกนินในกากใยเปลือกสับปะรดน้อยลง

ตารางที่ 2 ค่าแคลปานัมเบอร์จากการฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละของน้ำหนักเยื่อ)	แคลปานัมเบอร์
0	3.82 ± 0.05^A
10	3.55 ± 0.04^B
20	3.19 ± 0.02^C

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ต่างกัน

3.3 คุณสมบัติด้านความเหนียวและด้านกายภาพของกระดาษจากเปลือกสับปะรด

คุณสมบัติด้านความเหนียวของกระดาษได้แก่ ความต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษ (ความสามารถของกระดาษที่ต้านแรงกระทำซึ่งจะทำให้ชิ้นทดสอบหนึ่งชิ้นขาดออกจากรอยฉีกเดิม) [16] พบว่าเมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักเยื่อ กระดาษจากเปลือกสับปะรดที่ได้มีความต้านทานแรงฉีกขาดมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ $23.12 \pm 0.12 \text{ mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$ รองลงมาคือกระดาษจากเปลือกสับปะรดที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 20 และ 0 ของน้ำหนักเยื่อ มีค่าเท่ากับ $22.11 \pm 0.09 \text{ mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$ และ $16.71 \pm 0.31 \text{ mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ความต้านทานแรงดึงของกระดาษ (ค่าแรงดึงสูงสุดที่กระดาษทนได้ก่อนที่จะขาดออกจากกัน) [16] พบว่าปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอกย้อมมีผลต่อค่าความต้านทานแรงดึง โดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 10 ของ

น้ำหนักเชื้อ ทำให้กระดาชจากเปลือกสับปะรดมีความต้านทานแรงดึงมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 10.27 ± 0.10 kN/m รองลงมาคือ กระดาชจากเปลือกสับปะรดที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 20 และ 0 ของน้ำหนักเชื้อ มีค่าเท่ากับ 9.70 ± 1.21 kN/m และ 8.20 ± 0.51 kN/m ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ความต้านทานแรงดันทะลุของกระดาช (ค่าแรงดันสูงสุดที่กระทำต่อผิวหน้ากระดาชในแนวตั้งฉากที่ทำให้กระดาชแผ่นนั้นทนได้ก่อนที่จะแตกออก) [16] พบว่าเมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักเชื้อ ทำให้ได้กระดาชจากเปลือกสับปะรดที่มีความต้านทานแรงดันทะลุมากที่สุด มีค่าเท่ากับ $1,273.33 \pm 25.14$ kPa รองลงมาคือ กระดาชจากเปลือกสับปะรดที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 20 และ 0 ของน้ำหนักเชื้อ มีค่าเท่ากับ $1,128.67 \pm 76.14$ kPa และ $1,008.67 \pm 58.06$ kPa ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากการสังเกตพบว่าเมื่อปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอกเชื้อเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้เมือกที่มีลักษณะคล้ายเจลมีปริมาณมากขึ้น โดยอังคณา ทองคำ [17] กล่าวว่าเมือกที่ได้จะมีลักษณะคล้ายเจลคือเฮมิเซลลูโลส โดยเฮมิเซลลูโลสจะทำให้เส้นใยจับตัวกันแน่นขึ้นซึ่งเฮมิเซลลูโลสที่แยกออกจากเนื้อเยื่อของพืชในสารละลายต่างจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างที่เป็นกิ่งก้าน ถ้าโครงสร้างมีกิ่งก้านมากสามารถละลายออกมาได้มาก [18] และจากการสังเกตลักษณะเนื้อกระดาชและลักษณะของเส้นใยพบว่ากระดาชที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักเชื้อ มีลักษณะเรียบเนียนและเส้นใยไม่บาง มีการแตกแขนงของเส้นใยทำให้เส้นใยจับตัวกันได้ดีจึงทำให้มีค่าความต้านทานแรงดึงขาด ค่าความต้านทานแรงดึง และค่าความต้านทานแรงดันทะลุของกระดาชมากที่สุด ส่วนกระดาชจากเปลือกสับปะรดที่ฟอกด้วยปริมาณสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 20 ของน้ำหนักเชื้อ มีลักษณะของเส้นใยที่บางมาก อาจเนื่องมาจากเมื่อต้มเชื้อด้วยปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น สภาพแวดล้อมในการทำฟอกเชื้อมีผลต่อเซลล์ของกากใยเปลือกสับปะรด โดยจะไปทำลายโครงสร้างของเซลล์ให้กลายเป็นกลูโคไซด์ซึ่งมีลักษณะคล้ายเซลล์ แต่มีโครงสร้างที่สั้นกว่าลักษณะแบบนี้เรียกว่าออกซิเซลลูโลส (Oxycellulose) [19] นอกจากนี้เฮมิเซลลูโลสและโครงสร้างของเซลล์ที่เปลี่ยนเป็นออกซิเซลลูโลสบางส่วนอาจหลุดไปกับน้ำในระหว่างการล้างเชื้อ ส่งผลให้ความเหนียวของกระดาชลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wan Rosli [20] ที่พบว่าเส้นใยที่ถูกกำจัดเฮมิเซลลูโลสและลิกนินออกไปปริมาณมาก จะส่งผลให้ความเหนียวลดลง ส่วนเชื้อที่ไม่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่าเส้นใยไม่แตกแขนงจึงไม่เกิดการจับตัวของเส้นใยและพบเมือกที่มีลักษณะคล้ายเจln้อยกว่าเชื้อที่ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 10 และ 20 ของน้ำหนักเชื้อ จึงทำให้มีค่าความต้านทานแรงดึงขาด ค่าความต้านทานแรงดึง และค่าความต้านทานแรงดันทะลุของกระดาชน้อยที่สุด

สำหรับคุณสมบัติด้านกายภาพของกระดาช ได้แก่ ค่าความขาวสว่าง พบว่าปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอกเชื้อมีผลต่อค่าความขาวสว่าง โดยกระดาชจากเปลือกสับปะรดที่กากใยฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ปริมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักเชื้อ มีค่าความขาวสว่างมากที่สุด เท่ากับ 81.58 ± 0.15 รองลงมาคือ กระดาษจากเปลือกสับปะรดที่กากใยฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 10 และ 0 ของน้ำหนักเชื้อ มีค่าความขาวสว่าง 72.93 ± 0.66 และ 52.41 ± 1.48 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากลักษณะเนื้อกระดาษและเส้นใยของกระดาษจากเปลือกสับปะรดพบว่าการเพิ่มปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอกเชื้อมากขึ้น กระดาษจะมี

ค่าความขาวสว่างมากขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อฟอกเชื้อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะมีการปรับสารถ่ายที่ใช้ในการฟอกเชื้อให้เป็นด่างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้เกิดเปอร์ไฮดรอกซิลไอออน (OOH^-) ซึ่งเป็นสารที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมาก ซึ่งเปอร์ไฮดรอกซิลไอออนจะทำให้โครงสร้างของหมู่โครโมฟอร์เปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปที่ไม่สามารถทำให้เชื้อมีสี [13, 15, 7] ลิกนินที่เหลืออยู่ในเส้นใยจึงมีสีขาวขึ้น ทำให้ค่าการสะท้อนแสงในช่วงที่มองเห็นเพิ่มขึ้น [21]

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางด้านความเหนียวและด้านกายภาพของกระดาษเปลือกสับปะรดที่ผลิตเชื้อด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีปริมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักเชื้อ และฟอกเชื้อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีปริมาณต่างกัน

ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละของน้ำหนักเชื้อ)	ความต้านทานแรงฉีกขาด ($\text{mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$)	ความต้านทานแรงดึง (kN/m)	ความต้านทานแรงดันทะลุ (kPa)	ความขาวสว่าง (ร้อยละ)
0	16.71 ± 0.31^C	8.20 ± 0.51^C	$1,008.67 \pm 58.06^C$	52.41 ± 1.48^C
10	23.12 ± 0.12^A	10.27 ± 0.10^A	$1,273.33 \pm 25.14^A$	72.93 ± 0.66^B
20	22.11 ± 0.09^B	9.70 ± 1.21^B	$1,128.67 \pm 76.14^B$	81.58 ± 0.15^A

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบร้อยละปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ต่างกัน

4. สรุปผลการวิจัย

เปลือกสับปะรดจากโรงงานอุตสาหกรรมผลไม้กระป๋องที่บีบเนื้อสับปะรดออกจนเหลือแต่กากใยสามารถนำมาผลิตเป็นกระดาษหัตถกรรมได้ โดยวิธีการผลิตกระดาษจากเปลือกสับปะรดที่เหมาะสมคือการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักเชื้อ ในการผลิตเชื้อ และใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักเชื้อ ในการฟอกเชื้อ เนื่องจากกระดาษที่ได้มีคุณสมบัติทางด้านความเหนียวและด้านกายภาพ

เหมาะสมที่สุดในการนำมาผลิตกระดาษเชิงหัตถกรรมสำหรับงานประดิษฐ์ต่างๆ เช่น ดอกไม้ กระดาษห่อของขวัญ



ภาพที่ 1 ลักษณะของกากใยเปลือกสับประรดที่ตากแดดจนแห้ง



ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์จากเปลือกสับประรด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เอื้อให้การสนับสนุนห้องปฏิบัติการและอำนวยความสะดวก และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้เงินทุนสนับสนุนการวิจัย ทำให้การศึกษาวิจัยนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลงได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. “ศักยภาพการส่งออกสับประรดกระป๋องไทย”. เข้าถึงได้จาก <http://www.afet.or.th/v081/thai/product/cppl/index.php?page=2>. 5 เมษายน 2552.
- [2] กรมการค้าต่างประเทศ. “สับประรดและผลิตภัณฑ์สับประรด”. เข้าถึงได้จาก <http://www.dft.go.th/> สับประรดและผลิตภัณฑ์สับประรด%20%2056ไตรมาส1@25560612-1022056816. 10 มกราคม 2556.
- [3] อำนวย พุนทรัพย์. “ราคาขายเปลือกสับประรด”. เข้าถึงได้จาก http://www.thaifeed.net/forum/forum_posts.asp?TID=11454. 5 สิงหาคม 2555.
- [4] TAPPI Test Method. Atlanta: Tappi Press. 2001.
- [5] ES ISO 302: 2012. “Pulps-determination of kappa number”. Retrieved from <https://law.resource.org/pub/et/et.iso.302.ds.2012>. 5 August 2012.
- [6] Gruyter, DE. **Pulp bleaching today**. New York: Walter de Gruyter GmbH&Co.KG. 2010.
- [7] Jahan, M.S., Rahman, S.M., Rashid, H.M. & Mahbubar Rahman, A.H.M. Soda pulping of sapwood. *Journal of Tropical Forest Science*. **16** (2004): 444-452.
- [8] Li, Jiebing. “Towards an accurate determination of lignin in chemical pulps: The meaning of kappa number as a tool for analysis of oxidable groups”. Doctoral thesis, Pulp and paper technology,

- Engineering and technology, KTH Royal Institute of Technology. 1999.
- [9] Cesario, I., Araujo, P., Pereira, A., Junior, D., & Mazzafera, P. "An overview of slignin metabolism and it's effect on biomass recalcitrance". *Brazilian Journal of Botany*. **35** (2012): 303-311.
- [10] Renata, Y., Clarissa, F.S., Dacio, R.M. & Katia, M.G.M. "Lignolytic enzymes produced by *Trametes villosa* CCB176 under different culture condition". *Brazilian Journal of Microbiology*. **36** (2008): 78-84.
- [11] กนิษฐ์ ตรีสุวรรณ. การผลิตเยื่อกระดาษจากใบลัมปะรด. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2548.
- [12] เกียรติสุตา ปุตุศรี. "การผลิตเยื่อกระดาษฟอกขาวจากต้นกระถินยักษ์โดยใช้กระบวนการฟอกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม". *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*. **57** (2552): 39-42.
- [13] จิระศักดิ์ ชัยสนิท. "การฟอกเยื่อกระดาษด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์". *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*. **46** (2541): 26-28.
- [14] สุพิดา สุขจำเริญ. "การเปรียบเทียบสมบัติของเยื่อและกระดาษจากส่วนต่างๆ ของต้นข้าวโพดต่างพันธุ์". *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, เทคโนโลยีเยื่อและกระดาษ, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. 2551.
- [15] กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษเหนียว มอก. 170-2550. ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป. หน้า 1. 16 กุมภาพันธ์, 2550.
- [16] อังคณา ทองคำ. "การผลิตไซลิทอลจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมโดยการหมัก". *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ แขนงวิชาชีวเคมีและเทคโนโลยี, คณะบัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. 2552.
- [17] Whistler, R.L. & Bemiller, J.N. **Carbohydrate chemistry for food scientists**. Minnesota: Eagan press. 1999.
- [18] Mishra, S.P. **A text book of fibre science and technology**. New Delhi: New Age International (P) Ltd. 2005.
- [19] Wan Rosli, W.D., Leh, C.P. & Zainuddin, Z. Effects of prehydrolysis on the production of dissolving pulp from empty fruit bunches. *Journal of Tropical Forest Science*. **16** (2004): 343-349.
- [20] นิภาพร พันทอง และชัชวาลย์ ศรีคำพล. "การผลิตกระดาษจากต้นข้าวโพด เปลือกข้าวโพด และชังข้าวโพด". *ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต, โปรแกรมวิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*. 2546.