โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การผลิตกระดาษจากใบสับปะรดเพื่อพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์

Production of paper from pineapple leaves for packaging

ชื่อนิสิต นางสาว ชฎาธาร สัญจรโคกสูง **เลขประจำตัว** 5932604623

นางสาว พรฑิตา เกตุทิม **เลขประจำตัว** 5932628723

ภาควิชา เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์

ปีการศึกษา 2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

****

เนื่องจากสถานการณ์การระบาดของโรคไวรัส COVID-19
ในช่วงภาคปลายของปีการศึกษา 2562
จึงส่งผลให้ไม่สามารถดำเนินการได้ครบตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน

****

หัวข้อ การผลิตกระดาษจากใบสับปะรดเพื่อพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์

นิสิตผู้ดำเนินโครงการ นางสาว ชฎาธาร สัญจรโคกสูง

นางสาว พรฑิตา เกตุทิม

ภาควิชา เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อ.ดร.กุนทินี สุวรรณกิจ

ภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ยอมรับรายงานโครงการวิทยาศาสตร์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

.....หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชญดา เกตุเมฆ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

(อ.ดร.กุนทินี สุวรรณกิจ)

นิสิตผู้ดำเนินโครงการ นางสาว ชฎาธาร สัญจรโคกสูง รหัสนิสิต 5932604623
นางสาว พรฑิตา เกตุทิม รหัสนิสิต 5932628723
ชื่อเรื่อง การผลิตกระดาษจากใบสับปะรดเพื่อพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์
อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ดร. กุนทินี สุวรรณกิจ

บทคัดย่อ

บรรจุภัณฑ์จากกระดาษเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากกระแสรักษ์โลกกำลังเป็นที่นิยม ทำให้ความต้องการกระดาษมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด จึงเกิดการหาพืชทางเลือกที่เหมาะสมกับการผลิตกระดาษ ใบสับปะรดก็เป็นพืชทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ได้ เพราะเส้นใยมีความเหนียวและมีคุณสมบัติที่สามารถนำมาผลิตเป็นเยื่อกระดาษได้ โครงการนี้จึงสนใจศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อจากใบสับปะรดโดยใช้ความเข้มข้นของ NaOH ในการผลิตเยื่อที่แตกต่างกัน และศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเยื่อจากใบสับปะรดให้เป็นบรรจุภัณฑ์กระดาษ ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองใช้ NaOH ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือร้อยละ 18, 19 และ 20 ของน้ำหนักเยื่อแห้ง ในการต้มเยื่อใบสับปะรดที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปคัดขนาดด้วยตะแกรงขนาด 16 เมชและ 200 เมช พบว่า การใช้ NaOH ที่ร้อยละ 18 ของน้ำหนักเยื่อแห้ง ให้ผลผลิต (%yield) ของเยื่อที่อยู่บนตะแกรง 200 เมชมากที่สุด จากนั้นนำเส้นใยที่ได้จากการต้มเยื่อทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์เส้นใยพบว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความยาวเส้นใยใบสับปะรดที่อยู่ระหว่างตะแกรง 16 เมชและตะแกรง 200 เมช (accepts) มีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของ NaOH ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความยาวเส้นใยใบสับปะรดที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรง 16 เมช (rejects) เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ NaOH ปริมาณเส้นใยขนาดเล็กที่อยู่ระหว่างตะแกรง 16 เมช และ 200 เมช จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ NaOH และปริมาณเส้นใยขนาดเล็กที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรง 16 เมช จะลดลงตามความเข้มข้นของ NaOH ในส่วนของดัชนีความโค้งงอและดัชนีความหักงอของเยื่อใบสับปะรดจะมีแนวโน้มเหมือนกัน คือ เยื่อที่อยู่ระหว่างตะแกรง 16 เมช และ 200 เมช ดัชนีความหักงอและดัชนีความโค้งงอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ NaOH ส่วนเยื่อที่ขนาดใหญ่กว่าตะแกรง 16 เมช ดัชนีความหักงอและดัชนีความโค้งงอมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณ NaOH ในส่วนของจำนวนกระจุกเส้นใย พบว่าเยื่อใบสับปะรดที่อยู่ระหว่างตะแกรง 16 เมชและ 200 เมช เมื่อต้มด้วย NaOH เข้มข้นร้อยละ 19 โดยน้ำหนักเยื่อแห้ง จะมีจำนวนกระจุกเส้นใยมากที่สุด ส่วนเยื่อที่ขนาดใหญ่กว่าตะแกรง 16 เมชจะมีจำนวนกระจุกเส้นใยลดลงตามความเข้มข้นของ NaOH และในส่วนของความกว้างของเส้นใย พบว่าความกว้างของเส้นใยที่อยู่ระหว่างตะแกรง 16 เมชและ 200 เมช มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ NaOH แต่ความกว้างของเส้นใยที่ขนาดใหญ่กว่าตะแกรง 16 เมช จะมีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของ NaOH ที่เพิ่มขึ้น

ภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์
คณะวิทยาศาสตร์
ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อนิสิตผู้ดำเนินงาน.....
ลายมือชื่อนิสิตผู้ดำเนินงาน.....พรฑิตา เกตุทิม.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

Research Student Chadatan Sanchonkhoksoong ID No. 5932604623
Pornthita Ketthim ID No. 5932628723

Project title Production of paper from pineapple leaves for packaging

Project Advisors Kuntinee Suvarnakich, Ph.D.

Abstract

Nowadays, paper packaging becomes more popular due to the trend of global environmental conservation. This causes the demand of paper to increase, resulting in the needs to find alternative plants that are suitable for the production of paper. Pineapple leaves are an alternative sources that can be used because the fibers are tough and have properties that can be used to produce papers. This project is interested in studying the optimum conditions for pulp production from pineapple leaves using different concentrations of NaOH and studying the possibility of developing paper packaging from pineapple leaves pulp. In this research, 3 different concentrations of NaOH were used i.e. 18%, 19% and 20% based on dried pulp weight. Pineapple leaves were pulped at 100 degrees Celsius for 2 hours and then screened using 16 mesh and 200 mesh sieves, it was found that pulping with18%NaOH gave the highest %yield of the pulp on 200 mesh sieve. After pulping, the fibers were analyzed. It was found that the numerical average fiber length of the fraction between 16 mesh and 200 mesh sieves (accepts) tended to decrease with increasing NaOH concentration while the numerical average length of fibers larger than the 16 mesh sieve (rejects) increased with the concentration of NaOH. The fines content of the fraction between the 16 and 200 mesh sieves increased with the concentration of NaOH and the fibers larger than the 16 mesh sieve decreased with the concentration of NaOH. Curl index and kink index showed similar trend in the way that the curl and kink of the pulp fraction between 16 and 200 mesh sieves tended to increase with the concentration of NaOH while the fibers larger than the 16 mesh sieve showed opposite results.. In terms of shives count, it was found that the fibers between 16 mesh and 200 mesh sieve when pulped with 19% NaOH had the most shives count, for the fibers larger than the 16 mesh sieve, shives count decreased with NaOH concentration. For fiber width, the fibers between 16 and 200 mesh sieves tended to increase with the concentration of NaOH, but the width of the fibers larger than the 16 mesh tended to decrease with increase NaOH concentration.

Department of Imaging and Printing Technology Student's signature.....
Faculty of Science Student's signature.....Pornthita Ketthim
Academic year 2019 Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของอาจารย์ ดร. กุนทินี สุวรรณกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำโครงการ อีกทั้งยังช่วยแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงงาน ช่วยประสานงาน ให้การดูแล และตรวจสอบเนื้อหาของการวิจัยตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณสมชาย (พี่เต๋า) ที่ช่วยให้คำแนะนำเทคนิควิธีการทดลอง จัดหาเครื่องมือและช่วยอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาที่ทำโครงการ

ขอขอบคุณ พี่ ๆ และ เพื่อน ๆ ภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือกันมาตลอด

และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่สนับสนุนทางการศึกษา และคอยเป็นกำลังใจให้เสมอมา ทำให้งานโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำงานวิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 สมมติฐานการวิจัย	1
1.4 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 แนวคิดและทฤษฎี	3
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	18
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	18
3.2 วิธีการทดลอง	19
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	21
4.1 การหาภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อใบสับปะรด	21
4.2 ผลการวิเคราะห์เส้นใยใบสับปะรด	24
4.3 ผลจากการฟอกเยื่อใบสับปะรด	30
4.4 ผลการทดสอบกระดาษ และบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยใบสับปะรด	30
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	31
5.1 สรุปผลการทดลอง	31
5.2 ข้อเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก	34

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากกระดาษเป็นสิ่งที่มีบทบาทอย่างมากในการดำเนินชีวิตปัจจุบัน ตั้งแต่ตื่นนอนในตอนเช้าจนกระทั่งเข้านอน กิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันล้วนมีบรรจุภัณฑ์กระดาษเข้ามาเกี่ยวข้องทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นการทานอาหารซึ่งบรรจุอยู่ในกล่องกระดาษ ถุงกระดาษที่ได้จากการซื้อของ กล่องขนมที่รับประทานในตอนเช้า หรือแม้กระทั่งกล่องใส่กระดาษทิชชูที่อยู่บนโต๊ะทำงานของเรา ก็ล้วนเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ทำมาจากกระดาษทั้งสิ้น บรรจุภัณฑ์ไม่ได้มีหน้าที่เพียงแค่ห่อหุ้มของที่อยู่ภายในเท่านั้น แต่ยังมีหน้าที่รักษาคุณภาพของสินค้าให้คงอยู่ในสภาพเดิมตั้งแต่การผลิตจนถึงมือผู้บริโภคอีกด้วย ดังนั้น กระดาษที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์จะต้องมีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับการใช้งานของผู้บริโภค

เยื่อกระดาษที่ผลิตได้ในประเทศไทยมักเป็นเยื่อที่ได้มาจากต้นยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นเยื่อใยสั้นเป็นส่วนใหญ่ แต่ในปัจจุบันความต้องการกระดาษมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด อาจเพราะกระแสรักษ์โลกที่กำลังมาแรงในปัจจุบัน แต่เนื่องจากทรัพยากรที่มีอยู่มีจำกัด รวมทั้งปัญหาสิ่งแวดล้อมจึงทำให้ไม่สามารถนำเยื่อจากพืชดังกล่าวมาใช้ในการผลิตกระดาษได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการ ผู้วิจัยจึงได้ทำการแสวงหาพืชที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำกระดาษ พบว่าเมื่อช่วงปลายปี พ 2562 .ศ.เกิดวิกฤตสับปะรดราคาตกต่ำและเกิดปัญหาล้นตลาดส่งผลให้มีเศษเหลือจากสับปะรดจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งใบสับปะรดที่เหลือทิ้งและไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ ผู้วิจัยจึงตัดสินใจนำในสับปะรดมาเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตกระดาษสำหรับทำบรรจุภัณฑ์ จากการศึกษาพบว่าสับปะรดเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นเส้นใยที่สามารถนำมาทำกระดาษได้ จึงได้ทดลองนำใบสับปะรดมาใช้ทำกระดาษ และเนื่องจากสับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย พื้นที่ปลูกสับปะรดมีกระจายอยู่ทั่วประเทศ ทำให้มีใบสับปะรดที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษเป็นจำนวนมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระดาษที่ใช้ความเข้มข้นของ NaOH ในการฟอกเยื่อแตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อจากใบสับปะรด
3. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเยื่อจากใบสับปะรดให้เป็นบรรจุภัณฑ์กระดาษ

1.3 สมมติฐานการวิจัย

เยื่อกระดาษจากใบสับปะรดสามารถนำมาผลิตเป็นกระดาษเพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ได้

1.4 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ตัวแปรต้น ความเข้มข้นของNaOH

ตัวแปรตาม ปริมาณผลผลิตเยื่อใบสับปะรดที่ได้

ตัวแปรควบคุม อุณหภูมิและเวลาในการต้มเยื่อ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมของเยื่อสับปะรดต่อเยื่อทางการค้าที่ให้ได้สมบัติของกระดาษที่ดีที่สุด
2. ทำให้ทราบความเข้มข้นของ NaOH ที่เหมาะสมกับการใช้ต้มเยื่อจากใบสับปะรด
3. เป็นแนวทางในอนาคตสำหรับการเลือกใช้เส้นใยจากพืชในการทำกระดาษ ทำให้สามารถลดปัญหาทรัพยากรพืชไม่เพียงพอต่อความต้องการในการผลิตกระดาษและเป็นการนำเศษเหลือของพืชมาทำให้เกิดประโยชน์

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

อุตสาหกรรมต่าง ๆ มีการนำเส้นใยจากพืชมาใช้งานอย่างกว้างขวางจากแหล่งวัตถุดิบที่หลากหลาย แตกต่างจากเมื่อก่อนที่มีการนำเส้นใยสังเคราะห์มาใช้งานเป็นจำนวนมาก ทำให้อุตสาหกรรมเส้นใยธรรมชาติมีสัดส่วนของการตลาดที่ลดลง [1] แต่จากปัญหาด้านทรัพยากรที่ไม่เพียงพอ ทำให้ปัจจุบันจำเป็นต้องมีทางเลือกอื่นเพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบที่มีราคาถูกและหาได้ง่าย ซึ่งประเทศที่มีการปลูกพืชและผลไม้ ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อการบริโภคเท่านั้น แต่ยังเพื่อผลิตเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมอื่นด้วย เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมกระดาษ ฯลฯ จึงได้มีการนำเส้นใยจากพืช (lignocellulosic fibers) มาใช้เพื่อทำให้สภาพทางเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้ยากจนนั้นดีขึ้น อีกทั้งยังเป็นการสนับสนุนประเทศอีกด้วย

ตารางที่ 1 กำลังการผลิตเส้นใยธรรมชาติ จากแหล่งต่าง ๆ [1]

Fibre source	World production (10^3 Tons)	Origin
Abaca	70	Stem
Bamboo	10,000	Stem
Banana	200	Fruit
Broom	Abundant	Stem
Coir	100	Stem
Cotton Lint	18,500	Stem
Elephant grass	Abundant	Stem
Flax	810	Stem
Hemp	215	Stem
Jute	2,500	Stem
Kenaf	770	Stem
Linseed	Abundant	Fruit
Pineapple	Abundant	Leaf
Caroa	—	Leaf
Nettles	Abundant	Stem
Oil palm fruit	Abundant	Fruit
Palm rah	Abundant	Stem
Ramie	100	Stem
Roselle	250	Stem
Rice husk	Abundant	Fruit/grain
Rice straw	Abundant	Stem
Sisal	380	Stem
Sun hemp	70	Stem
Wheat straw	Abundant	Stem
Wood	1,750,000	Stem
Sugarcane bagasse	75,000	Stem
Cantala	—	Leaf
China jute	—	Stem

เส้นใยธรรมชาติถูกนำมาใช้งานประมาณ 30 ล้านตันในแต่ละปี ซึ่งนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของกระบวนการผลิตมากมาย เช่น เสื้อผ้า บรรจุภัณฑ์ ใช้ในการทำกระดาษ รถยนต์ วัสดุก่อสร้าง และอุปกรณ์กีฬา องค์ประกอบของเส้นใยธรรมชาตินั้นถือว่าเป็นที่จับตามองสำหรับอุตสาหกรรมต่าง ๆ เนื่องจากคุณสมบัติเด่น คือ ความหนาแน่นของเส้นใยและความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

นอกจากเส้นใยจากพืชแล้ว ยังมีเส้นใยที่ได้มาจากสัตว์อีก เช่น ใยไหม ขนนก และขนสัตว์ ซึ่งเป็นทรัพยากรที่สำคัญเช่นกัน เส้นใยจากผลไม้ เช่น ใยมะพร้าว เส้นใยจากแกลบและฟางข้าว เช่น ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ และอื่น ๆ เส้นใยเหล่านี้มีโครงสร้างคล้ายเกลียว [1] โดยมีขนาดที่แตกต่างกันออกไป ปัจจุบันจัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของวัสดุประเภท biocomposite เช่น กระดาษแข็ง กระดาษ และใช้เป็นโครงสร้างอีกจำนวนมาก ประสิทธิภาพการทำงานของเส้นใยธรรมชาตินั้นแตกต่างกันไปตามส่วนของพืชที่ใช้นำมาทำเส้นใย, อายุของพืช, กระบวนการนำเส้นใยออกมา และปัจจัยอื่น ๆ อีกมากมาย

1. โครงสร้างของไม้ (Wood structure) [2]

ต้นไม้ประกอบด้วยส่วนหลัก 3 ส่วน คือ ยอด (ใบไม้และกิ่งก้านสาขา) ลำต้น และระบบราก

1.1 ใบไม้

เป็นส่วนที่ผลิตอาหารเพื่อให้พลังงานและการเจริญเติบโตแก่ต้นไม้ โดยอาหารผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ซึ่งคือ กระบวนการผลิตคาร์โบไฮเดรตจาก CO_2 และ H_2O โดยอาศัยคลอโรฟิล (Chlorophyll) และแสงแดด

1.2 ลำต้น ประกอบด้วย

Cambium หรือ Vascular-cambium

เป็นชั้นบางของเนื้อเยื่อ โดยอยู่ระหว่างเปลือกไม้ (Bark) และชั้นของ Sapwood สามารถมองเห็นได้โดยผ่าน Microscope ทำหน้าที่ผลิต Phloem (เนื้อเยื่อส่วนเปลือก (Bark tissue)) และผลิต Xylem (เนื้อเยื่อส่วนเนื้อไม้ (Wood tissue))

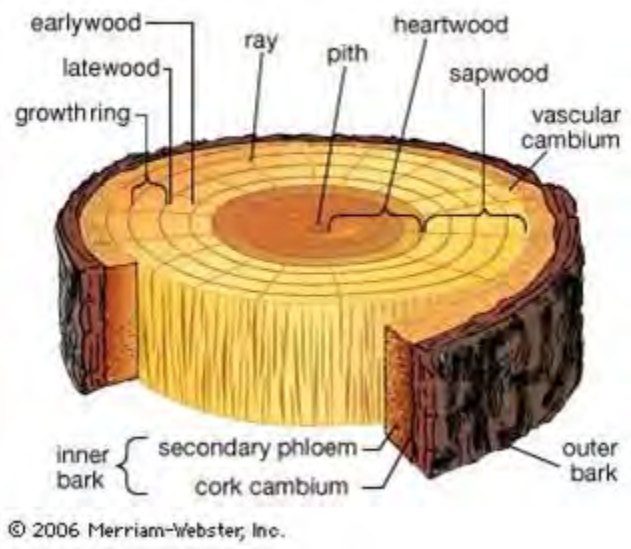
เปลือก (Bark) ประกอบด้วย

1. Inner bark (Phloem) เป็นชั้นเนื้อเยื่อบาง ๆ ที่ใช้ลำเลียงสารอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช
2. Outer bark เป็นส่วนของเซลล์ที่ตายแล้ว ซึ่งครั้งหนึ่งเคยเป็น Inner bark มาก่อน

เนื้อไม้ (Wood) ประกอบด้วย

1. Sapwood (Xylem) เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ อินทรียสาร และแร่ธาตุต่าง ๆ ในรูปของสารละลาย
2. Heartwood เป็น Sapwood ที่ตายแล้ว อยู่ส่วนกลางของลำต้นและมีสีคล้ำกว่า Sapwood เนื่องจากมีสารพวก Gum และ Resin อยู่
3. Pith มีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อสีคล้ำที่อยู่ตรงแกนกลางของลำต้น ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นในปีแรกของการเจริญเติบโต
4. Wood ray ประกอบด้วย
    - Phloem ray เป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่ลำเลียงสารอาหารไปตามด้านข้างของลำต้น
    - Xylem ray เป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและเกลือแร่ไปตามด้านข้างของลำต้น

โดยบริเวณของ Phloem ray รวมกับ Xylem ray จะถูกเรียกว่า Vascular ray



ภาพที่ 1 องค์ประกอบของลำต้น

2. เส้นใยจากพืช (lignocellulosic fiber)

2.1 โครงสร้างของเส้นใย (Fiber Structure)

2.1.1 Middle Lamella (ML)

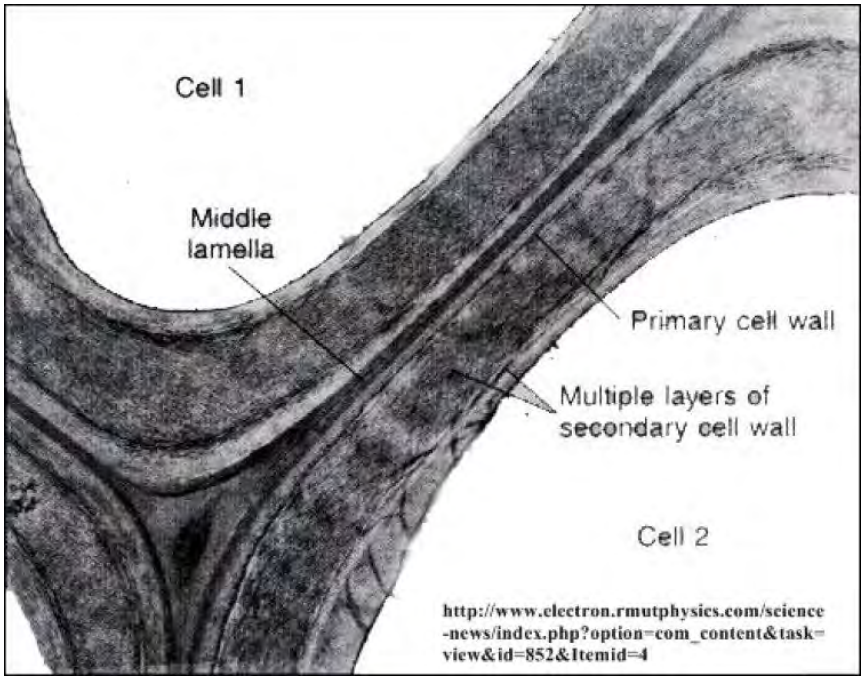
เป็นบริเวณระหว่างเส้นใย (Fiber) ซึ่งมีลิกนิน (Lignin) อยู่มาก แต่ไม่ได้หมายความว่ามีลิกนินอยู่เฉพาะที่ ML ที่เดียว ซึ่งลิกนินจะทำหน้าที่เหมือนกาวเพื่อเชื่อมเส้นใยหลาย ๆ เส้นไว้ด้วยกัน

2.1.2 Primary wall

ผนังบาง และภายในชั้นนี้ยังมีการเรียงตัวของเส้นใยขนาดย่อย (Fibrill/ macrofibrill/ microfibrill) แบบแรนด้อม คือ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน

2.1.3 Secondary wall

ประกอบด้วยการเรียงตัวของเส้นใยขนาดย่อย 3 ชั้น ดังนี้ คือ S_1, S_2 และ S_3 เมื่อพิจารณาเส้นใยแล้ว จะเห็นได้ว่า Secondary wall เป็นชั้นที่หนาที่สุด และชั้นหนาที่สุด คือ S_2 เพราะ S_2 มีเนื้อที่ถึง 80-95% ของเส้นใย สำหรับชั้น S_3 นั้น บางครั้งมีการเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Tertiary wall ซึ่ง S_1, S_2 และ S_3 นั้น นอกจากจะแตกต่างกันในเรื่องของความหนาแล้ว ยังมีความแตกต่างกันในเรื่องของการเรียงจัวของเส้นใยขนาดย่อย (Microfibrill alignment) ด้วย



ภาพที่ 2 โครงสร้างของเส้นใย (Fiber Structure)

2.1.4 Lumen

บริเวณช่องว่างตรงกลางเส้นใย

2.2 เคมีของเส้นใย (Fiber Chemistry)

เส้นใยประกอบด้วย

- Cellulose ประมาณ 45%
- Hemicellulose ประมาณ 25-35%
- Lignin ประมาณ 21-25%
- Extractive (สารแทรก) ประมาณ 2-8%

ฉะนั้น Cellulose เป็นส่วนประกอบหลักของเส้นใย รองลงมาคือ Hemicellulose โดย Cellulose และ Hemicellulose รวมกันเรียกว่า “Holocellulose” (คาร์โบไฮเดรตในเส้นใย)

2.2.1 เซลลูโลส (Cellulose)

- เป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) คือ ประกอบด้วย C, H และ O
- เป็น Polysaccharide คือ เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส (Glucose) หลาย ๆ ยูนิตมาต่อกัน ซึ่ง Repeating unit ในที่นี้ คือ Glucose ($C_6H_{12}O_6$)
- สูตรเคมีของเซลลูโลส คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ เมื่อ n = Repeating units หรือ Degree of polymerization (DP)

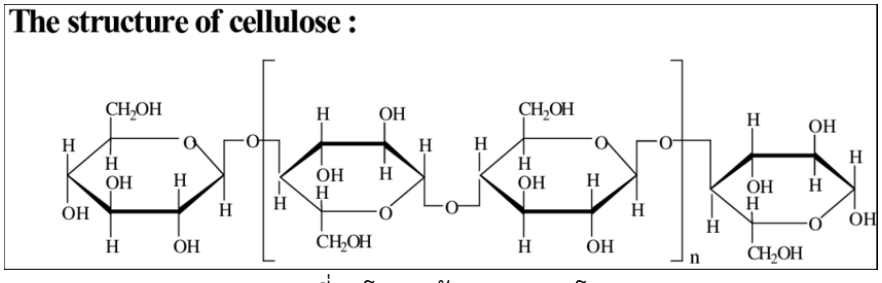
- โดยเฉลี่ยแล้ว n หรือ DP = 600-1500 (ในบางกรณี เช่น เส้นใยของฝ้าย ค่า n หรือ DP ของเซลลูโลส อาจมีค่าถึง 5000)
- Cellobiose unit เกิดจาก 2 Glucose unit มารวมกัน ซึ่ง Cellobiose unit นี้ สามารถถูกไฮโดรไลซ์ (hydrolize) ในสภาวะที่เป็นกรดได้ ทำให้สลายตัวกลายเป็น 2 Glucose unit ซึ่ง Cellulose ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1. Crystalline region

Cellulose molecule ในบริเวณนี้มีการจับตัวกันฟอร์มพันธะเคมี Hydrogen bond อย่างเป็นระเบียบ ทำให้พันธะ Hydrogen bond มีความแข็งแรง มีการต้านทานต่อตัวทำละลาย (Solvent) หรือสารเคมี (Chemical reagents) มาก (สารละลายหรือสารเคมียากที่จะซึมเข้ามา ในบริเวณนี้)

2. Amorphous region

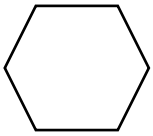
ตรงกันข้ามกับ Crystalline region บริเวณนี้จึงถูก Hydrolyze ได้ง่าย (Hydrolysis reaction)



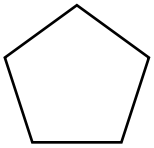
ภาพที่ 3 โครงสร้างของเซลลูโลส

2.2.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose)

- เป็นคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) คือ ประกอบด้วย C, H และ O เช่นเดียวกับ Cellulose
- เป็น Polysaccharide คือ เป็นพอลิเมอร์ ที่ประกอบด้วยน้ำตาลหลายยูนิต เช่นเดียวกับ Cellulose
- Repeating unit ในที่นี้คือ Sugar units ซึ่งมีถึง 5 ชนิดด้วยกัน ในขณะที่ของ Cellulose มีเพียง Glucose ชนิดเดียวเท่านั้น ซึ่ง Sugar units 5 ชนิด ได้แก่ 1) Glulose 2) Mannose 3) Galactose ซึ่งเป็นน้ำตาล C6 (Hexose) และ 4) Xylose และ 5) Arabinose ซึ่งเป็นน้ำตาล C5 (Pentose)



น้ำตาล C6 = มี C อยู่ 6 อะตอม

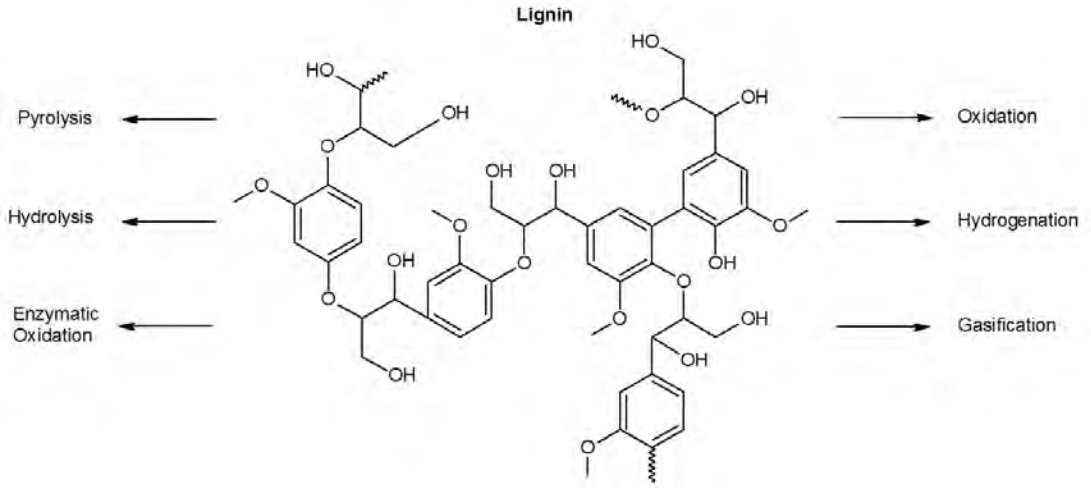


น้ำตาล C5 = มี C อยู่ 5 อะตอม

- โดยเฉลี่ยแล้ว n หรือ DP = 100-200
- มีโครงสร้างซับซ้อน (Complicated structure) และมีกิ่งก้านสาขา (Side chain) เพราะ Hemicellulose เกิดขึ้นมาจากน้ำตาลมากกว่า 1 ชนิด
- ถูกทำปฏิกิริยาได้ง่าย ละลายได้ง่าย และถูกไฮโดรไลซ์ได้ง่ายมากกว่า Cellulose เพราะไม่มีส่วนที่เป็น Crystalline region อย่าง Cellulose
- ในกระบวนการผลิตเยื่อ (Pulping) ซึ่งเป็นการเตรียมวัตถุดิบ (ในที่นี้คือเส้นใย) สำหรับนำมาใช้ผลิตกระดาษนั้น บางส่วนของ Cellulose และ Hemicellulose จะหายไป ทำให้ผลผลิต (Yield) ที่ได้ลดลง นั่นคือ Wood (Yield เริ่มต้น 100%) => Pulp (Yield น้อยกว่า 100%)

2.2.3 ลิกนิน (Lignin)

- เป็น Amorphous และ Highly-polymerized ฉะนั้นเป็นพอลิเมอร์เช่นเดียวกับ Cellulose และ Hemicellulose
- Repeating unit คือ Phenyl propane
- มีโครงสร้างที่ซับซ้อน (Complex structure)
- มีอยู่มากที่ Middle Lamella (ระหว่างเส้นใย) และกระจายอยู่ภายในตัวเส้นใยเอง โดยลิกนินจะถูกเอาออกหรือทำให้ลิกนินอ่อนตัวลงในขั้นตอนการทำเยื่อ (Pulping) เพราะต้องการเส้นใยเดี่ยว ๆ
- ลิกนินยังถูกเอาออกในขั้นตอนการฟอกเยื่อ (Bleaching) เพราะปริมาณลิกนินที่เหลืออยู่มีผลต่อความเหลืองของกระดาษ (Yellowness) เนื่องจาก ในลิกนินมีองค์ประกอบทางเคมีที่เรียกว่า โครโมฟอร์ (Chromophore) ซึ่งจะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับแสง รวมไปถึงความชื้น ทำให้เปลี่ยนสีกลายเป็นสีเหลืองขึ้นมา



ภาพที่ 4 โครงสร้างลิกนิน

2.2.4 สารแทรก (Extractive)

เป็นสารจำพวก resin acid, fatty acid, turpenoid compound (จำพวกยางสน) และ alcohol ซึ่งละลายในน้ำหรือ neutral organic solvent เป็นต้น

3. สับปะรด [3]

3.1 ข้อมูลเกี่ยวกับสับปะรด

ภาพที่ 5 สับปะรด

- ชื่อพฤกษศาสตร์ *Ananas comosus* (L.) Merr. เป็นพืชที่ไม่มีเมล็ดอันเนื่องจากผ่านการปรับปรุงพันธุ์โดยมนุษย์มาอย่างยาวนาน (seedless cultigen) และไม่ทราบถิ่น

กำเนิดที่แท้จริง มีชื่อสามัญ "pineapple" เนื่องจากรูปร่างคล้ายโคนของต้นสน (pine cones) หรือ “piña” ในภาษาสเปน ชื่อสกุล “*ananas*” มาจากคำว่า ‘*nana*’ เป็นภาษา Tupi-Guarani Indians ในอเมริกาใต้ หมายถึงผลไม้ที่มีรสเลิศ และ “*ananas*” มักนิยมเรียกเป็นชื่อสามัญในหลายประเทศในยุโรป ส่วนคำระบุชนิด “*comosus*” หมายถึงเป็นกระจุกแน่นตามลักษณะผล เดิมอยู่ภายใต้สกุล *Bromelia* เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว วงศ์ Bromeliaceae ที่มีกว่า 3400 ชนิด ใน 69 สกุล สกุลสับปะรดมี 9 ชนิด ส่วนสกุลอื่น ๆ ที่รู้จักกันดี คือ สับปะรดสีในหลายสกุลเรียกรวม ๆ กันว่า Bromeliads มีหลากหลายพันธุ์ และสกุลเคราฤาสี (*Tillandsia*) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชอิงอาศัยและนิยมปลูกเป็นไม้ประดับ

- **ชื่อพื้นเมือง**

บ่อนัด, มะขะนัดหรือมะนัด (ภาคเหนือ); บักนัด (ภาคอีสาน); สัมมะรด, ลักกะตา (ภาคตะวันออก); ขนุนทอง ย่านนัด, ยานัดหรือหย่านัด, มะลิ (ภาคใต้); เนะซะหรือแนะ (กะเหรี่ยง); ม้าเนื่อ (เขมร); ลิงทอง (ชาวบน); หมากเก็ง (ไทยใหญ่)

- **ถิ่นกำเนิด**

นักพฤกษศาสตร์ระบุว่าสับปะรดมีต้นกำเนิดจากสับปะรดป่าชนิด *Ananas ananassoides* (Baker) L.B.Sm. ที่พบในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ ได้นำมาปลูกโดยชาวอินเดียพื้นเมือง (Tupi-Guarani Indians) ในอเมริกาใต้ที่อพยพขึ้นไปทางตอนเหนือและอเมริกากลาง หรืออาจมีถิ่นกำเนิดจากแถบลุ่มน้ำ Parana-Paraguay ที่พบพันธุ์สับปะรดป่าหลายชนิด และแพร่กระจายไปในเขตร้อนตั้งแต่ช่วงศตวรรษที่ 16

- **ลักษณะทางพฤกษศาสตร์**

ไม้ล้มลุกมีอายุหลายปี สูงได้ถึง 1–2 เมตร ใบเรียงเป็นวง ลำต้นสั้น หนา รูปกระบอง อาจยาวได้ถึง 50 cm. เส้นผ่านศูนย์กลาง 5–8 cm. โคนแคบกว่านี้เล็กน้อย **ใบ** สีเขียวอมเทาหรือแดง ส่วนมากมี 30–50 เรียงเป็นกระจุกซ้อน เรียวยาว ปลายแหลมคม กว้างประมาณ 4 cm. อาจยาวได้ถึง 1 m. ขอบมีหนามแหลมหรือเรียบในบางสายพันธุ์ แผ่นใบด้านล่างมีขน ด้านบนเป็นร่องเพื่อรับน้ำให้ไหลลงสู่ลำต้นใต้ดิน

ดอก ดอกเรียงบนแกนช่อคล้ายช่อกระจะ (raceme) พัฒนามาจากเนื้อเยื่อที่ปลายลำต้น มีได้ถึง 200 ดอก ก้านช่อยาวได้ถึง 50 cm. ส่วนตัวช่อดอกยาว 20–30 cm. โคนมีใบประดับ 5–7 ใบ ส่วนมากมีสีแดง แต่ละดอกมีใบประดับย่อยหนา 1 ใบ โคนเชื่อมติดกัน ดอกบานจากโคนเรียงเวียนสู่ปลายช่อ ดอกคล้ายดอกในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวทั่วไป มีกลีบเลี้ยงและกลีบดอกจำนวนอย่างละ 3 กลีบ เรียงซ้อนเหลื่อม กลีบดอกช่วงปลายกลีบสีม่วง โคนกลีบสี

ขาว กลีบรูปขอบขนาน เรียงชิดติดกันคล้ายเป็นหลอด ยาวประมาณ 1.5 cm. ดอกจะเปิดกว้างในเวลากลางคืน เกสรเพศผู้ 6 อัน เรียง 2 วง รังไข่มี 3 ช่อง แต่ละดอกเชื่อมติดกัน เกสรเพศเมีย 1 อัน ยาวกว่าเกสรเพศผู้เล็กน้อย ยอดเกสรแยก 3 แฉก

ผล ผลรวมที่เกิดจากดอกที่เชื่อมติดกัน ในสายพันธุ์ที่ปลูกส่วนมากไม่มีเมล็ด เนื่องจากไม่มีการผสมเกสร (parthenocarpy) แต่อาจมีร่องรอยของเมล็ดที่ไม่พัฒนาปรากฏอยู่ หรืออาจพบเพียง 1–2 เมล็ด ผลรูปทรงกระบอก ยาวได้ถึง 30 ซม. ปลายผลมีกระจุกใบ 20–30 ใบ ไขขาวทั่วไป ผลย่อยรูป 5 เหลี่ยม หรือเรียกว่า ตาสับปะรด มีสีเขียวอมเหลือง หรือแดง เนื้อฉ่ำสีขาวหรือเหลือง

เมล็ด ขนาดเล็ก เรียวยาว กว้าง 1–2 mm. ยาว 3–5 mm. ผิวสีน้ำตาล

- การใช้ประโยชน์

สับปะรดเป็นไม้เศรษฐกิจในเขตร้อนที่สำคัญรองจากกล้วยและส้ม ประเทศที่มีการปลูกสับปะรดมาก ได้แก่ ไทย ฟิลิปปินส์ บราซิล จีน อินเดีย ไนจีเรีย เคนยา ไอวอรี่โคสต์ เม็กซิโก คอสตาริกา และฮาวาย ส่วนมากนำไปแปรรูปเป็นผลไม้กระป๋อง น้ำผลไม้ แยม หรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ อุดมด้วยวิตามินเอ ซี บี1 บี6 โพแทสเซียม และมีกากใยสูง มีเอนไซม์ ‘bromelain’ ที่มีคุณสมบัติสลายโปรตีน มีสรรพคุณลดการอักเสบต่าง ๆ ยับยั้งเซลล์มะเร็ง การรับประทานผลดิบหรือผลสุกมากเกินไปอาจทำให้เกิดการระคายเคืองหรือกัดปากได้ สารสกัดจากสับปะรดยังใช้หมักเนื้อให้นุ่ม เส้นไยจากลำต้นและใบคล้ายไหม ใช้ถักเป็นผ้าใย สับปะรดในฟิลิปปินส์ และทำกระดาษสำหรับงานหัตถกรรมพื้นบ้าน เศษที่เหลือจากอุตสาหกรรมใช้เลี้ยงสัตว์ แต่มีคุณค่าทางอาหารต่ำ ชาวพื้นเมืองในอเมริกาใต้ใช้สับปะรดเป็นยาฆ่าพยาธิ แก้ปวดท้อง ช่วยให้ประจำเดือนมาปกติ ในปัจจุบันมีการนำสับปะรดมาประกอบเป็นอาหารคาวหวานหลากชนิด บางครั้งพบเป็นไม้ประดับก็มี

- การขยายพันธุ์

เนื่องจากสับปะรดไม่มีเมล็ด การขยายพันธุ์จึงต้องใช้หน่อ ซึ่งแยกเป็นหน่อที่โคนผลหรือตะเกียง (slips) ซึ่งเกิดจากผลที่ไม่เจริญ หน่อด้านข้าง (stem shoot) และหน่อที่พื้นดิน (suckers) ส่วนจุก (crown) ที่ปลายผลไม่นิยมนำไปขยายพันธุ์ เนื่องจากใช้เวลานานกว่า 2 ปี จึงจะผลิตผล สับปะรดปลูกง่าย ทนความแห้งแล้ง แต่อาจมีผลเสียต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากต้องใช้ปุ๋ยและสารเคมีในการกำจัดวัชพืชในปริมาณสูง สายพันธุ์สับปะรดปลูกทั่วโลกมีกว่า 30 สายพันธุ์ แยกเป็น 4–5 กลุ่ม (classes) คือ ‘Smooth Cayenne’, ‘Red Spanish’, ‘Queen’, ‘Pernambuco’ (Abacaxi), และอาจแยกเป็นกลุ่ม ‘Motilona’หรือ ‘Perolera’ ในประเทศไทย สันนิษฐานว่าสับปะรดได้นำเข้ามาในสมัยสมเด็จพระนารายณ์ โดยชาวโปรตุเกส เป็นกลุ่มสายพันธุ์ ‘Red Spanish’ คือพันธุ์อินทรชิต

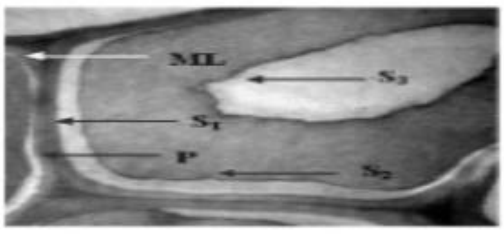
ในปัจจุบันมีปลูก 3 กลุ่มสายพันธุ์ คือ ‘Smooth cayenne’ ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย หรือสับปะรดศรีราชา พันธุ์น้ำผึ้ง และพันธุ์นางแล กลุ่มสายพันธุ์ ‘Queen’ ได้แก่ พันธุ์ภูเก็ต ตราดสีทอง และกลุ่มสายพันธุ์ ‘Red Spanish’ ทั้งอินทรชิตแดงและอินทรชิตขาว ซึ่งพันธุ์ปัตตาเวียนิยมปลูกสำหรับป้อนโรงงานสับปะรดกระป๋อง ส่วนพันธุ์อื่น ๆ นิยมปลูกสำหรับบริโภค และมีการพัฒนาได้พันธุ์ใหม่ ๆ อยู่เสมอ เช่น พันธุ์หอมสุวรรณ โดยกลุ่มธุรกิจอาหารทิปโก้ และพันธุ์เพชรบุรี หรือสับปะรดฉีกตา โดยศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร และสถานีทดลองพืชสวนเพชรบุรี ที่แกะตาด้วยมือรับประทานผลสดได้ทันที เป็นต้น

3.2 เส้นใยจากใบสับปะรด

มีการผลิตเส้นใยจากใบสับปะรดทุกปี แม้ว่าจะมีการใช้ในด้านวัตถุดิบและการผลิตพลังงานในสัดส่วนน้อยมาก เส้นใยสับปะรดมีสีขาว เรียบ และมันวาว มีลักษณะคล้ายไหม เส้นใยยาวปานกลาง มีความต้านทานแรงดึง (tensile strength) และความแข็งแกร่ง (stiffness) สูง มีพื้นผิวที่นุ่มกว่าเส้นใยธรรมชาติอื่น ๆ อีกทั้งยังมีความสามารถในการดูดซับและคงสีไว้ได้ดี

สับปะรดเป็นพืชที่ชอบน้ำเนื่องจากมีปริมาณของเซลลูโลสสูง การแยกเส้นใยออกจากใบสับปะรดสามารถทำได้โดยใช้วิธีทางกล (mechanical method) และวิธีการแช่ฟอก (retting method) แสดงในรูปที่ 1 (c) ใบสับปะรดสดให้ผลผลิต (% yield) ประมาณ 2 ถึง 3% เส้นใยของใบสับปะรดประกอบด้วยระบบของมัดท่อลำเลียง ซึ่งได้มาจากการกำจัดชั้นด้านนอกของใบสับปะรดออกด้วยวิธีแบบเชิงกลหลังจากการเก็บเกี่ยว เส้นใยสับปะรดประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีจำนวนมาก โดยเป็นเส้นใยประเภท multicellular lignocellulosic ที่มีลิกนินอยู่ในปริมาณมากและสารเคมีบางชนิด เช่น ไขมัน, ขี้ผึ้ง, เพกติน (pectin), กรดยูโรนิก (uronic acid), แอนไฮไดด์ (anhydride), เพนโตซาน (pentosan), สารสี (pigment), สารอินทรีย์และอื่น ๆ

ไฟเบอร์ คือ ชุดของเส้นใยหลายเซลล์ที่มีขนาดเล็กและบางคล้ายเส้นด้าย เซลล์เหล่านี้มีการรวมกัน อย่างแน่นหนาโดยมีเพคตินเป็นตัวช่วย เส้นใยสับปะรดประกอบด้วยเซลลูโลส (70–82 %) และมีการจัดเรียงตัวของเส้นใยเหมือนกับในฝ้าย (82.7%)



[ML-middle Lamella, P-Primary Wall, S1, S2, S3- Secondary cell wall sub layer]

ภาพที่ 6 ส่วนตามขวางของโครงสร้างใบสับปะรด (PALF) ที่กำลังขยาย 17000X

ที่มา : Vignesh Dhanabalan, Swapan Laga and Joshi Rashmi M. “Pineapple Fibre: Properties and Uses”. https://www.slideshare.net/vigneshdhanabalan/pineapple-fiber-properties-and-uses-by-vignesh-dhanabalan

เส้นใยใบสับปะรดเป็นทรัพยากรประเภทเส้นใยธรรมชาติที่สามารถเข้ากันได้ดีและถือเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ดี เส้นใยใบสับปะรดมีความแข็งแรงเชิงกลที่ดีกว่าปอกระเจา เมื่อใช้ในการทำเส้นด้ายละเอียด แบบจำลองโมเลกุลเซลลูโลสของเส้นใยใบสับปะรดเป็นโครงสร้างสามมิติ มีส่วนที่เส้นใยมีโครงสร้างที่ขนานกัน เรียกว่า crystalline regions ส่วนที่เหลือของโครงสร้างโมเลกุลมีลักษณะเป็น amorphous regions เส้นใยใบสับปะรดเป็นเส้นใยธรรมชาติที่สำคัญ ซึ่งมีความแข็งแรง (strength) ความแข็ง (rigidity) และความยืดหยุ่น (flexural) ในการดัดงอและบิดมากเท่ากับเส้นใยปอกระเจา เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติพิเศษของเส้นใยใบสับปะรด พบว่า อุตสาหกรรมสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบทางเลือกที่โดดเด่นในการเสริมแรงเมทริกซ์คอมโพสิต (composite matrixes) ได้

ภาพที่ 7 การผลิตเส้นใยใบสับปะรดตามลำดับ
(a) การปลูกสับปะรด (b) ผลสับปะรด (c) การสกัดเส้นใยจากใบสับปะรด และ (d) เส้นใยจากใบสับปะรด

3.3 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยสับปะรด

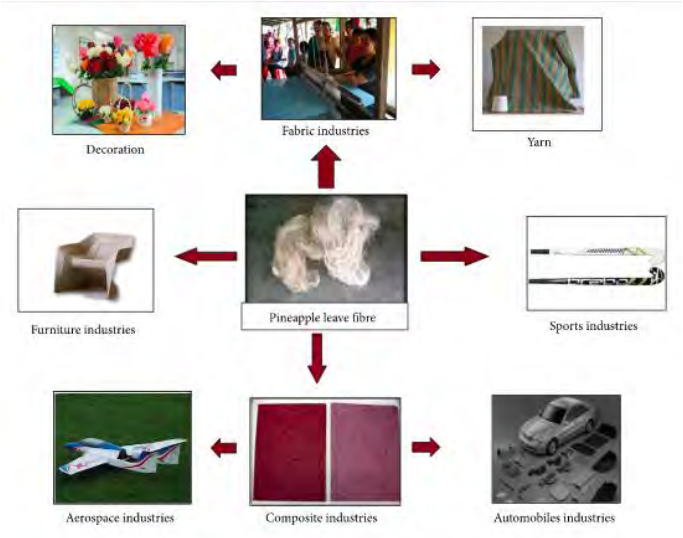
Technical Association of Pulp and Paper Industry (TAPPI) รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีและสารสกัดบางอย่าง เช่น holocellulose, α-cellulose และ lignin ของเส้นใยใบสับปะรดมีความแตกต่างกัน โดยขึ้นกับแหล่งที่มา อายุของเส้นใยและสภาพภูมิอากาศในการเพาะปลูก องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยใบสับปะรด ปรากฏในตารางที่ 6 ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของเส้นใย

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยใบสับปะรด [1]

Cellulose content (%)	Hemicellulose (wt.%)	Lignin content (%)	Pectin (wt.%)	Holocellulose	Moisture content (wt.%)	Extractives	Ash (%)	Fat & wax
85	-	12	-	-	-	-	-	-
70–82	-	5–12	-	-	11.8	-	-	
67.1–69.3	-	14.5–15.4	-	-	-	-	1.21	-
68.5	18.8	6.04	1.1	-	-	-	0.9	3.2
69.5	-	4.4	1.2	-	-	-	2.7	4.2
69.5	-	4.4	1.1	-	-	-	0.9	3.3
70–80	-	5.0–12.7	-	-	11.8	-	-	3.3
74.33	-	10.41	-	80.68	-	6.6 8	4.73	-

3.4 การนำเส้นใยใบสับปะรดไปใช้งานและการนำไปใช้ในอนาคต

โดยทั่วไปเส้นใยใบสับปะรดมักถูกนำไปใช้ในการทำเส้นด้ายสำหรับสิ่งทอ โอกาสในอนาคตของการนำไปประยุกต์ใช้งานที่หลากหลายของเส้นใยใบสับปะรด แสดงดังภาพที่ 3 การประยุกต์ใช้งานปัจจุบันของเส้นใยใบสับปะรด สำหรับวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ได้แก่ สิ่งทอ, อุปกรณ์กีฬา, กระเป๋าสัมภาระ, รถยนต์, ตู้, เสื่อและอื่น ๆ เส้นใยใบสับปะรดที่มีการดัดแปรพื้นผิวนั้นสามารถนำไปใช้สำหรับการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร เช่น สายเข็มขัด, transmission cloth, สายพานลำเลียง, สายรัด ถุงลมนิรภัย, และผ้าบางชนิดสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม นอกจากนี้เส้นใยใบสับปะรดยังเหมาะสำหรับการใช้งานอื่น ๆ เช่น เครื่องสำอาง, ยา และสารเคลือบชีวภาพสำหรับสารเคมีอีกด้วย



ภาพที่ 8 การใช้ใบสับปะรดในปัจจุบันและอนาคตที่หลากหลาย

4. ชนิดของเส้นใย (Fiber type) [2]

ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของต้นไม้ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

4.1 เส้นใยจากไม้เนื้อแข็ง (Hardwood Fiber, HW)

เส้นใยมีขนาดสั้น มาจากพืชตระกูลไม้ผลัดใบ (Deciduous) เช่น Gum, Maple, Oak, Eucalyptus เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วมีการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างรวดเร็ว

4.2 เส้นใยจากไม้เนื้ออ่อน (Softwood fiber, SW)

เส้นใยมีขนาดยาว มาจากพวกพืชตระกูลสนเป็นส่วนใหญ่ เช่น Pine, Spruce, Fir, Hemlock, สนสองใบ, สนสามใบ เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วเจริญเติบโตค่อนข้างช้า

4.3 เส้นใยจากพืชที่ไม่มีเนื้อไม้ (Nonwood plant fiber) [7]

เป็นพืชประเภทที่ไม่มีเนื้อไม้ ใช้เวลานานในการเจริญเติบโตกว่าจะได้เส้นใยที่มีขนาดเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน มักเป็นที่เจริญเติบโตพืชประจำปี (annual plants) เช่น ฟางข้าว ข้าวโพด ปอ ป่าน ไผ่ ลินิน เป็นต้น

ความแตกต่างระหว่าง Softwood fiber และ Hardwood fiber

- ความยาวของเส้นใย (Fiber length)

  SW = 3-5 มิลลิเมตร

  HW = 1-2 มิลลิเมตร (SW > HW)

- ความกว้างของเส้นใย (Fiber width)

  SW = 36-43 ไมครอน

  HW = 19-22 ไมครอน (SW > HW)

- ความหนาของผนังเซลล์ของเส้นใย (Fiber wall thickness)

  SW = 5-11 ไมครอน

  HW = 3-5 ไมครอน (SW > HW)

- ความหยาบของเส้นใย (Fiber coarseness)

  น้ำหนักขององค์ประกอบของเส้นใยที่อยู่ตรงผนังเซลล์ต่อหนึ่งหน่วยความยาวจำเพาะ ในที่นี้จะมีหน่วยเป็น mg/100 m (มิลลิกรัม/100 เมตร)

  SW = 15-25 mg/100 m

  HW = 10-16 mg/100 m (SW > HW)

- จำนวนเส้นใยต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก

  SW = $1x10^6$ – $2x10^6$ fibers/กรัม

  HW = $4x10^6$ - $10x10^6$ fibers/กรัม (SW < HW)

- สมบัติของเส้นใยที่มีผลต่อกระดาษ

SW ให้ความแข็งแรงมากกว่า HW เพราะว่าเส้นใยมีขนาดที่ยาวกว่า ฉะนั้นจึงให้พื้นที่ในการสร้างพันธะ (Bonded area) ระหว่างเส้นใยมากกว่า อย่างไรก็ตาม SW อาจจให้ผิวหน้ากระดาษที่ไม่เรียบ (Unsmooth surface) ได้ ส่วน HW ให้ความแข็งแรงได้ไม่เท่ากับ SW เนื่องจากเส้นใยมีขนาดสั้นกว่า แต่ให้ผิวหน้ากระดาษที่เรียบกว่า นอกจากนี้ HW ยังให้ค่าความทึบแสง (Opacity) มากกว่า SW เนื่องจาก HW มีพื้นที่ผิวที่จะใช้ในการสะท้อนแสง (ชิ่งแสง) มากกว่า ทำให้แสงเดินทางไปมาอยู่ในเนื้อกระดาษนานกว่า

กระดาษจาก SW fiber พื้นที่ผิวน้อย การกระเจิงแสงจึงน้อย แสงมีโอกาสหลุดรอดออกจากเนื้อกระดาษมาก ส่งผลให้กระดาษมีความทึบแสงต่ำ

กระดาษจาก HW fiber พื้นที่ผิวมาก การกระเจิงแสงจึงเกิดมากกว่า การชิ่งแสงไปมาดีกว่า แสงจึงถูกเก็บอยู่ในเนื้อกระดาษมากขึ้น ส่งผลให้กระดาษมีความทึบแสงมากขึ้น

ภาพที่ 9 ความแตกต่างของ SW และ HW fiber เมื่อมองด้านความหนาของเส้นใย

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แสงสุรีย์ โรจน์สกุลวงศ์ [4] ศึกษาการผลิตถาดจากเส้นใยใบสับปะรด โดยมีการสกัดเส้นใยใบสับปะรดแห้ง ที่มีความชื้นร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนักแห้ง และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 10 (w/w) ในอัตราส่วนวัตถุดิบต่อสารละลาย เท่ากับ 1 : 10 (w/v) สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำเส้นใยที่ได้ไปฟอกสีโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 35 (w/w) ในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักเส้นใย ฟอกเยื่อที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ให้ปริมาณผลผลิตร้อยละ 97.96 พบว่าเส้นใยมีความขาวเพิ่มมากขึ้น จากนั้นนำเส้นใยสับปะรดที่ได้มาผลิตถาด โดยใช้ปริมาณเส้นใย 2 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลังดัดแปร 26 กรัม และสารยึดเหนี่ยวโลคัสบีนกัม ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักแป้ง จะให้ถาดที่มีผิวเรียบ สีเหลืองอ่อนหรือน้ำตาลอ่อน ลักษณะทึบ เมื่อนำถาดที่ได้ไปทดสอบ พบว่า ถาดที่มีการผสมเส้นใย

สับปะรดจะให้ค่าการต้านแรงดัดโค้งและต้านทานแรงกดมากกว่าถาดที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังและสารยึดเหนี่ยวชนิดอื่น ๆ และเมื่อคิดเทียบกับปริมาณแป้งที่ใช้ผลิต 1 ถาด จะให้ค่าการดูดซึมน้ำมีค่าน้อยกว่าถาดที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลัง

นงค์นุช กลิ่นพิกุล และ จันทรัสจ์ วุฒิสัตย์วงค์กุล [5] ศึกษาการพัฒนากระดาษเหนียวแบบฟอกขาวประเภทผิวกล่องจากใบสับปะรดที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์บรรจุภัณฑ์ ทำการวิจัยเชิงทดลองโดยศึกษาอัตราส่วนที่ต่างกันระหว่างเยื่อสับปะรดกับเยื่อสนในอัตราส่วน 100:0 , 75:25 , 50:50 , 25:75 และ 0 : 100 ทำการขึ้นรูปแผ่นกระดาษแล้วทดสอบสมบัติทางกายภาพและเชิงกล เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วจึงนำอัตราส่วนนั้นมาทำการฟอกขาวและนำมาเคลือบสาร Alkyl Ketene Dimer (AKD) , Polymer และ silica ในอัตราส่วน 4:4:2.5 , 8:4:2.5 , 12:4:2.5 , 16:4:2.5 และ 20:4:2.5 จากนั้นนำมาขึ้นรูปแผ่นกระดาษ นำไปพิมพ์สกรีน ทดสอบการพิมพ์และทดสอบตามมาตรฐาน มอก.170-2550 ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนเยื่อใบสับปะรดต่อเยื่อสนที่หมาะสมในสมบัติทางกายภาพและเชิงกลคือ 100:0 และอัตราส่วนที่เหมาะสมของเยื่อใบสับปะรดที่ฟอกแล้วต่อAKD , Polymer และ silica คือ 4:4:2.5,8:4:2.5 , 12:4:2.5 และ 16:4:2.5 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในช่วงที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.170-2550 และสามารถนำไปผลิตเป็นกระดาษผิวกล่องที่เหมาะสมต่อการพิมพ์บรรจุภัณฑ์

ลดามาศ เบ็ญชา, ณัฐวดี ช่อเจริญ, ญาณสินี สุมา และนิตย์ตะยา ผาสุกพันธ์ [6] ศึกษาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงรายมาใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแทนการใช้ถุงพลาสติก โดยนำใบสับปะรด ใบข้าวโพดและฟางข้าวมาใช้ โดยทำการแปรรูปเป็นเส้นใยเพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ ผลการศึกษาพบว่าใบสับปะรดเป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาผลิตบรรจุภัณฑ์เนื่องจากสามารถแปรรูปได้เส้นใยที่มีผิเรียบ และมีความยืดหยุ่นสูง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

โครงการนี้ศึกษาถึงภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อจากใบสับปะรด สมบัติของเส้นใยที่ได้จากการผลิตเยื่อใบสับปะรด และความเป็นไปได้ในการพัฒนาเยื่อจากใบสับปะรดเป็นบรรจุภัณฑ์กระดาษ โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อจากใบสับปะรด โดยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ศึกษาคือ ปริมาณร้อยละ 18, 19 และ 20 ของน้ำหนักเยื่อแห้ง จากนั้น ในขั้นตอนที่ 2 เป็นการนำเยื่อใบสับปะรดที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ไปวิเคราะห์เส้นใย และในขั้นตอนที่ 3 เป็นการนำเยื่อใบสับปะรดแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำไปฟอกเยื่อ และอีกส่วนไม่ต้องนำไปฟอกและขั้นตอนที่ 4 นำเยื่อใบสับปะรดที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ผสมกับเยื่อทางการค้า โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำไปขึ้นแผ่นทดสอบ อีกส่วนนำไปผสมกับแป้งมันสำปะหลังแล้วอัดขึ้นรูปด้วยกระชอนเพื่อผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ และนำไปทดสอบสมบัติต่าง ๆ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 ใบสับปะรด จากอำเภอจอมบึง จังหวัดชลบุรี

3.1.2 เยื่อยูคาลิปตัสฟอกขาวทางการค้า (เยื่อใยสั้น) บริษัทเอสซีจี แพคเกจจิ้ง จำกัด (มหาชน)

3.1.3 เยื่อสนผสมฟอกขาวทางการค้า (เยื่อใยยาว) บริษัท ครอฟตัน ประเทศแคนาดา

3.1.4 สารเคมี

3.1.4.1 NaOH (โซเดียมไฮดรอกไซด์)

3.1.4.2 AKD (Alkyl Ketene Dimer)

3..1.4.3 แป้งมัน

3.1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.5.1 ตะแกรงล้างเยื่อ

3.1.5.2 หม้อสำหรับต้มเยื่อ

3.1.5.3 ไม้พายสำหรับกวนเยื่อ

3.1.5.4 เตาไฟฟ้า

3.1.5.5 เทอร์โมมิเตอร์

3.1.5.6 แท่งแก้วคนสาร

3.1.5.7 บีกเกอร์

3.1.5.8 ถุงซิปล็อค

3.1.6 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.6.1 เครื่องตีกระจายเยื่อ (Disintegrator)

3.1.6.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.1.6.3 เครื่องวัดความชื้น (Moisture Determination Balance)

3.1.6.4 เครื่องขึ้นแผ่นกระดาษ (Rapid Kothen Sheet Former)

3.1.6.5 เครื่องวัดความหนาแผ่นกระดาษ (Micrometer)

3.1.6.6 เครื่องวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Quality Analyzer)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ตอนที่ 1 : การหาภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อใบสับปะรด

3.2.1.1 นำใบสับปะรดสดมาล้างน้ำให้สะอาดและตัดเป็นชิ้นเล็ก โดยตัดให้มีขนาดประมาณ 1 ซม. x 2 ซม .จากนั้นนำไปแช่น้ำนาน 10 นาทีเพื่อให้สิ่งสกปรกต่าง ๆ อ่อนตัวและล้างออกได้โดยง่าย

3.2.1.2 นำใบสับปะรดไปต้มกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 18%, 19% และ 20% โดยน้ำหนักเยื่อแห้ง โดยใช้เวลาต้มที่ 2 ชั่วโมง ควบคุมปริมาณน้ำและอุณหภูมิที่ใช้ต้มเยื่อให้เท่ากันในทุกระดับ โดยใช้น้ำปริมาตร 6000 มิลลิลิตร และอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

3.2.1.3 นำเยื่อที่ผ่านการต้มมาล้างเอาโซเดียมไฮดรอกไซด์ออกให้หมดด้วยน้ำสะอาด 2-3 ครั้ง โดยใช้ตะแกรงที่ 2 ขนาด คือ 16 เมช และ 200 เมช เยื่อที่มีขนาดใหญ่เนื่องจากต้มไม่สุกจะค้างอยู่บนตะแกรงขนาด 16 เมช ส่วนเยื่อที่มีขนาดเหมาะสมจะลอดตะแกรงขนาด 16 เมช ลงมาค้างอยู่บนตะแกรงขนาด 200 เมช

3.2.1.4 คำนวณหาน้ำหนักผลผลิตที่ได้ เพื่อหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการต้มเยื่อ

3.2.2 ตอนที่ 2 : วิเคราะห์เส้นใยใบสับปะรดที่ได้จากการต้มเยื่อ

3.2.2.1 นำเส้นใยที่ได้จากข้อ 3.2.1.3 ไปทำการวิเคราะห์เส้นใยด้วยเครื่องวิเคราะห์เส้นใย

3.2.3 ตอนที่ 3 : การฟอกเยื่อใบสับปะรด

3.2.3.1 แบ่งเยื่อออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกไม่ต้องทำการฟอกเยื่อ ส่วนเยื่ออีกส่วนจะถูกนำไปต้มอีกครั้งหนึ่งด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรด์เพื่อฟอกเยื่อ เป็นเวลา 30 นาที โดยระหว่างต้มให้ใช้ไม้กวนเป็นระยะ ๆ เพื่อป้องกันเยื่อที่ต้มไหม้ติดก้นหม้อ

3.2.3.2 นำเยื่อที่ผ่านการฟอกขาวมาล้างด้วยน้ำสะอาด ประมาณ 2-3 ครั้ง เพื่อให้หมดจากสารเคมีที่ใช้ในการฟอกขาว

3.2.4 ตอนที่ 4 : การขึ้นแผ่นทดสอบ และขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์

3.2.4.1 นำเยื่อใบสับปะรดที่ล้างสะอาดแล้วและส่วนที่ไม่ได้ทำการฟอกเยื่อ แบ่งเป็นอย่างละ 4 ส่วน โดยแต่ละส่วนจะนำไปผสมกับเยื่อทางการค้า โดยอัตราส่วนของเยื่อทางการค้าที่ใช้เป็น 0%, 25%, 50%, 75% และ 100%

3.2.4.2 นำเยื่อที่ทำการผสมแล้วไปทำการตีกระจายเยื่อ โดยใช้เครื่องตีกระจายเยื่อ เป็นเวลา 10-12 นาที

3.2.4.3 นำเยื่อที่ได้จากการตีกระจายเยื่อไปเติมสารกันซึม (AKD) ในปริมาณเท่า ๆ ของทุกอัตราส่วน จากนั้นแบ่งเยื่อออกเป็นอย่างละ 2 ส่วน ส่วนหนึ่งนำไปทำการขึ้นแผ่นทดสอบ โดยใช้เครื่องขึ้นแผ่นกระดาษจำนวน 10 แผ่น อีกส่วนหนึ่งนำไปผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่ทำการต้มแล้ว เพื่อขึ้นรูปโดนใช้กระชอน ทำให้กระดาษเกิดเป็นรูปร่างแทนการใช้โมสำหรับอัดขึ้นรูป

3.2.4.4 นำกระดาษผสมแป้งมันสำปะหลังที่ขึ้นรูปด้วยกระชอนไปทำให้แห้งโดยการตาก

3.2.4.5 นำแผ่นทดสอบที่ได้จากการขึ้นแผ่นโดยใช้เครื่องขึ้นแผ่นไปทดสอบสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักกระดาษ, ความหนา, ความเรียบ, ความต้านอากาศ, ความแข็งแรงต่อแรงดึง และความแข็งแรงต่อแรงฉีก

3.2.4.6 นำกระดาษที่ขึ้นรูปโดยกระชอนไปทดสอบสมบัติกระดาษ ได้แก่ ทดสอบความคงรูป และทดสอบการซึมน้ำ

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 การหาภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อใบสับปะรด

ทำการต้มเยื่อใบสับปะรด 600 กรัม กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้นต่างกัน 3 รับ คือ ร้อยละ 18, 19 และ 20 โดยน้ำหนักเยื่อแห้ง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ให้ผลดังนี้

ตารางที่ 1 น้ำหนักของเยื่อใบสับปะรดที่ได้จากการต้มกับ NaOH ที่ความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ NaOH (%w/w) / น้ำหนัก (กรัม)	18%	19%	20%
เยื่อที่อยู่บนตะแกรง 16 เมช (ด้านบน)	6.467	2.831	1.792
เยื่อที่อยู่บนตะแกรง 200 เมช (ด้านล่าง)	0.501	1.225	0.446

ตารางที่2 ความชื้นเฉลี่ยของเยื่อใบสับปะรดที่ได้จากการต้มกับNaOH ที่ความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ NaOH (%w/w) / ความชื้น (%)	18%	19%	20%
เยื่อที่อยู่บนตะแกรง 16 เมช (ด้านบน)	25.79	-	-
เยื่อที่อยู่บนตะแกรง 200 เมช (ด้านล่าง)	82.3	76.7	84.8

หมายเหตุ : ไม่สามารถทำการทดลองหาความชื้นของเยื่อใบสับปะรดที่อยู่บนตะแกรง 16 เมชได้ เนื่องจากสถานการณ์การระบาดของโรคไวรัส COVID-19

ตารางที่ 3 ปริมาณผลผลิต (%yield) ของเยื่อใบสับปะรดที่ได้จากการต้มกับ NaOH ที่ความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ NaOH (%w/w) / Yield (%)	18%	19%	20%
เยื่อที่อยู่บนตะแกรง 16 เมช (ด้านบน)	27.78	-	-
เยื่อที่อยู่บนตะแกรง 200 เมช (ด้านล่าง)	25.37	96.9	12.86

หมายเหตุ : 1) ไม่สามารถหาปริมาณผลผลิตของเยื่อใบสับปะรดที่อยู่บนตะแกรง 16 เมชได้ เพราะข้อมูลไม่เพียงพอเนื่องจากสถานการณ์การระบาดของโรคไวรัส COVID-19

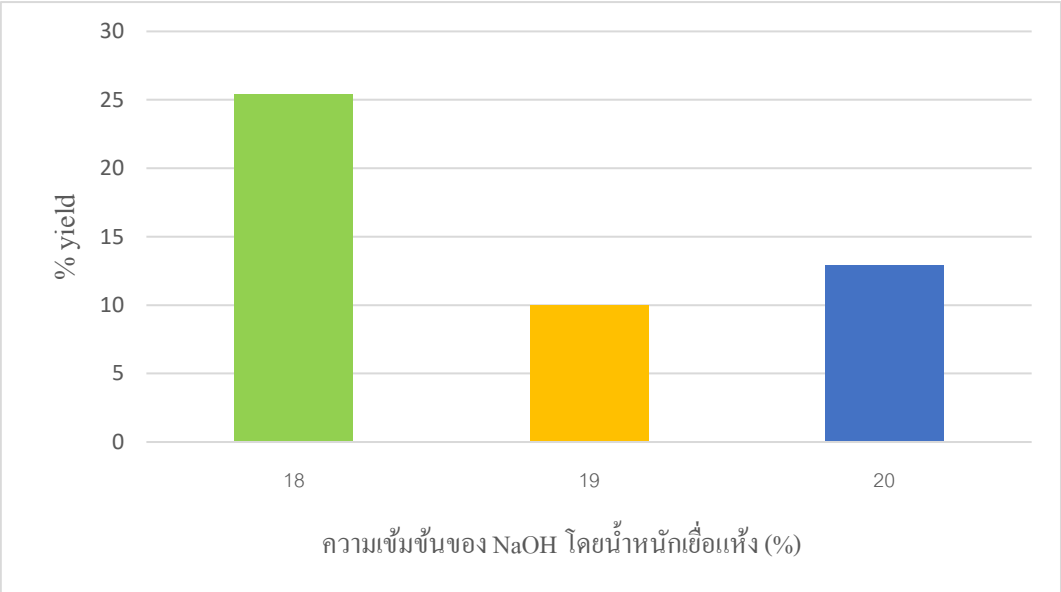
2) วิธีคำนวณปริมาณผลผลิต ได้แสดงไว้ในภาคผนวก

ตารางที่ 4 ปริมาณผลผลิตรวม ของเยื่อใบสับปะรดทั้งหมดที่ได้จากการต้มกับ NaOH ที่ความเข้มข้นของน้ำหนักเยื่อแห้งต่างกัน 3 ระดับ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ NaOH (%w/w) / Yield รวม (%)	18%	19%	20%
เยื่อใบสับปะรด	15.53	-	-

หมายเหตุ : ไม่สามารถหาปริมาณผลผลิตรวม ของเยื่อใบสับปะรดที่ต้มด้วย NaOH ความเข้มข้นร้อยละ 19 และ 20 ได้ เนื่องจากสถานการณ์การระบาดของโรคไวรัส COVID-19

เนื่องจากข้อมูลของปริมาณผลผลิตรวม ไม่เพียงพอ จึงพิจารณาได้เพียงปริมาณผลผลิตของเยื่อที่อยู่บนตะแกรง 200 เมช เท่านั้น



ภาพที่ 4.1 ปริมาณผลผลิต (% yield) ของเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรง 200 เมช (ด้านล่าง) ที่ต้มกับ NaOH ที่ความเข้มข้นต่างกัน

จากภาพที่ 4.1 เมื่อเรียงลำดับปริมาณผลผลิต (%yield) ของการต้มเยื่อใบสับปะรดกับ NaOH ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยพิจารณาเฉพาะเยื่อที่มีขนาดเหมาะสม คือ มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงขนาด 16 เมช และใหญ่กว่าตะแกรงขนาด 200 เมช พบว่า ปริมาณผลผลิตของเยื่อใบสับปะรดที่ต้มด้วย NaOH ที่ร้อยละ18 มีค่าเท่ากับ25.37 ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณผลผลิตของเยื่อใบสับปะรดที่ต้มด้วย NaOH ที่ร้อยละที่ 19 และ 20 มีค่าเท่ากับ12.86 และ 9.96 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณ NaOH ที่ใช้ ส่งผลต่อผลผลิตของเยื่อใบสับปะรดที่ได้ โดยเมื่อความเข้มข้นของ NaOH มากขึ้น ผลผลิตที่ได้มีแนวโน้มลดลง อาจเป็นเพราะ NaOH ที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจะสามารถละลายลิกนินออกจากเยื่อได้มากขึ้น อีกทั้งยังอาจทำลายเส้นใยในส่วนของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสไปด้วย การใช้ความเข้มข้นของ NaOH ที่มากขึ้นนี้ ยังส่งผลให้เส้นใยที่ได้มีขนาดเล็กมากกว่าการต้มด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นน้อยกว่า ดังนั้นเมื่อนำเยื่อไปล้าง เส้นใยขนาดเล็กจึงอาจเกิดการหลุดลอดออกจากรูตะแกรงไปได้มากกว่า ส่งผลให้ %yield ลดลง ดังนั้นเยื่อของใบสับปะรดที่อยู่บนตะแกรงด้านล่างที่ได้จากการต้มเยื่อที่ด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 19 และ 20 โดยน้ำหนักเยื่อแห้งจึงได้ผลผลิตน้อยกว่าการต้มเยื่อด้วย NaOH ร้อยละ 18 โดยน้ำหนักเยื่อแห้ง

4.2 ผลการวิเคราะห์เส้นใยใบสับปะรด

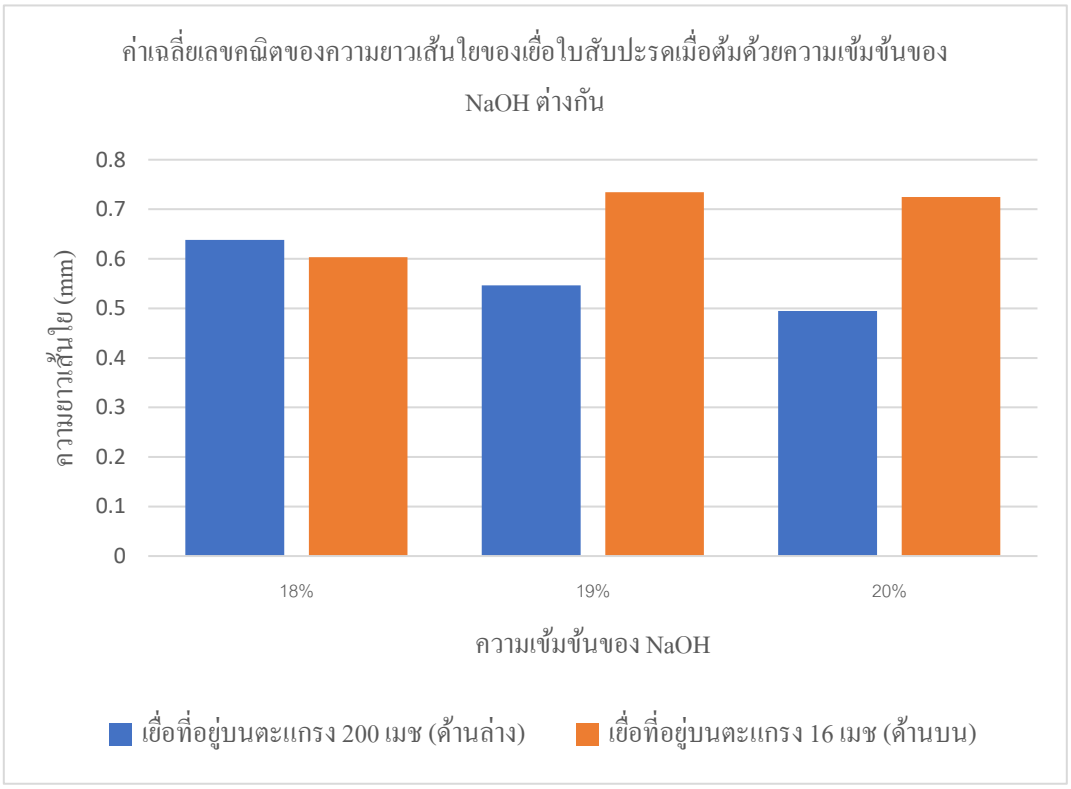
นำเส้นใยใบสับปะรดที่ต้มได้ไปทำการวิเคราะห์ ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์เส้นใยใบสับปะรดที่อยู่บนตะแกรง 200 เมช (ตะแกรงด้านล่าง)

Fiber properties	เยื่อใบสับปะรดต้มกับNaOH ที่ความเข้มข้น 18%				เยื่อใบสับปะรดต้มกับNaOH ที่ความเข้มข้น 19%				เยื่อใบสับปะรดต้มกับNaOH ที่ความเข้มข้น 20%			
	1	2	3	Average	1	2	3	Average	1	2	3	Average
ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความยาวเส้นใย, Numerical average fiber length (mm)	0.645	0.646	0.624	0.638	0.531	0.552	0.557	0.547	0.508	0.497	0.48	0.495
ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามความยาว, Length-weighted average fiber length (mm)	1.078	1.069	1.031	1.059	0.884	0.94	0.911	0.912	0.862	0.845	0.833	0.847
ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามน้ำหนัก, Weight-weighted average fiber length (mm)	1.667	1.613	1.592	1.624	1.402	1.568	1.423	1.464	1.401	1.404	1.466	1.424
เส้นใยขนาดเล็ก, Fines (%)	43.407	40.975	42.929	42.437	56.347	53.849	52.322	54.173	54.434	56.229	57.641	56.101
ดัชนีความโค้งงอ, Curl index	0.099	0.104	0.106	0.103	0.143	0.159	0.14	0.147	0.15	0.17	0.168	0.163
ดัชนีความหักงอ, Kink index (mm^{-1})	1.301	1.254	1.308	1.288	1.609	1.691	1.671	1.657	1.723	1.84	1.811	1.791
จำนวนกระจุกเส้นใย, Shive count	128	127	145	133.3	172	174	164	170.0	124	133	165	140.7
ความกว้างของเส้นใย, Fiber width (um)	14.7	15.6	15.2	15.2	17.3	17.2	17	17.2	17.8	16.8	18.2	17.6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์เส้นใยใบสับปะรดที่อยู่บนตะแกรง 16 เมช (ตะแกรงด้านบน)

Fiber properties	เยื่อใบสับปะรดต้มกับNaOH ที่ความเข้มข้น 18%				เยื่อใบสับปะรดต้มกับNaOH ที่ความเข้มข้น 19%				เยื่อใบสับปะรดต้มกับNaOH ที่ความเข้มข้น 20%			
	1	2	3	Average	1	2	3	Average	1	2	3	Average
ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความยาวเส้นใย, Numerical average fiber length (mm)	0.568	0.625	0.616	0.603	0.728	0.724	0.751	0.734	0.719	0.733	0.722	0.725
ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามความยาว, Length-weighted average fiber length (mm)	0.952	1.083	1.023	1.019	1.168	1.163	1.208	1.180	1.223	1.21	1.214	1.216
ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามน้ำหนัก, Weight-weighted average fiber length (mm)	1.547	1.782	1.621	1.650	1.702	1.703	1.769	1.725	1.886	1.803	1.836	1.842
เส้นใยขนาดเล็ก, Fines (%)	46.213	41.052	40.405	42.557	33.289	32.065	30.911	32.088	35.782	34.288	33.757	34.609
ดัชนีความโค้งงอ, Curl index	0.117	0.113	0.113	0.114	0.112	0.103	0.104	0.106	0.097	0.084	0.088	0.090
ดัชนีความหักงอ, Kink index (mm^{-1})	1.509	1.522	1.616	1.549	1.557	1.532	1.515	1.535	1.328	1.211	1.261	1.267
จำนวนกระจุกเส้นใย, Shive count	157	119	151	142.3	121	125	97	114.3	140	103	93	112.0
ความกว้างของเส้นใย, Fiber width (um)	16.5	14.8	15.6	15.6	13.6	13.8	14	13.8	14.5	13.9	14.2	14.2

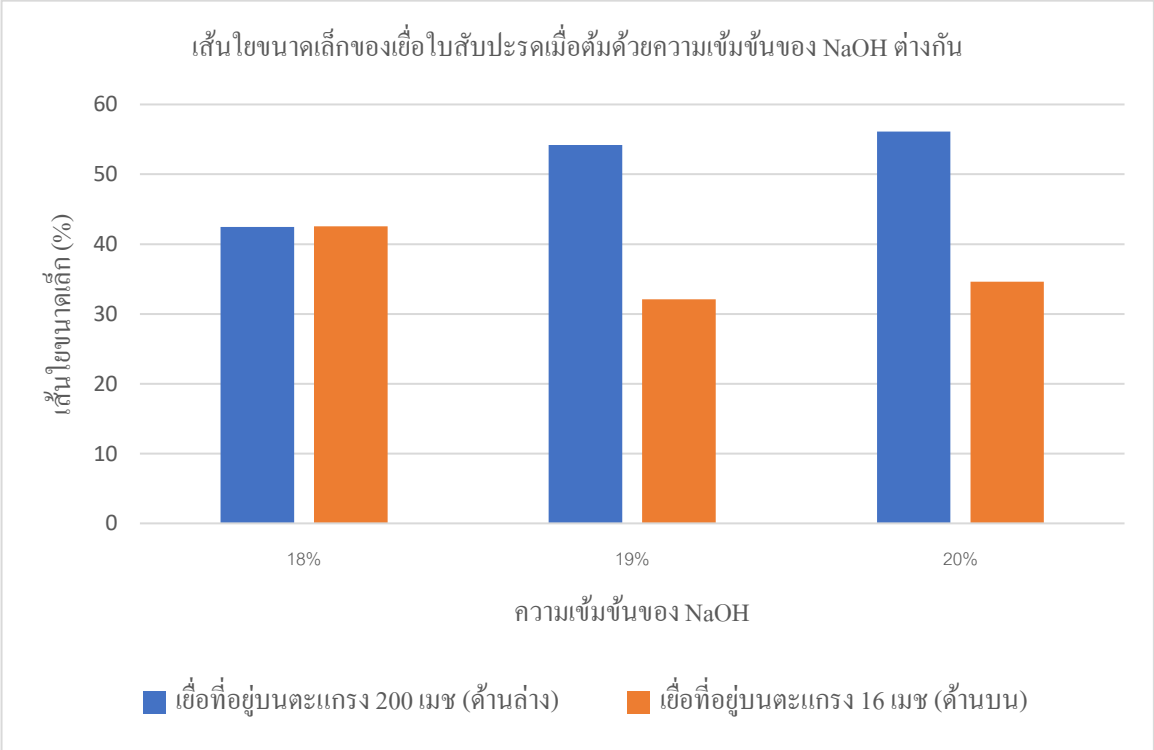


ภาพที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความยาวเส้นใยของเยื่อใบสับปะรดที่ต้มด้วยความเข้มข้นของ NaOH ต่างกัน

จากภาพที่ 4.2 พบว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความยาวเส้นใยของเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรงขนาด 200 เมช (ตะแกรงด้านล่าง) ที่ต้มด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 18, 19 และ 20 มีค่าเท่ากับ 0.638 mm, 0.547 mm และ 0.495 mm ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการต้มเยื่อด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความยาวของเส้นใยลดลง เนื่องจาก NaOH จะเข้าไปทำลายลิกนินซึ่งเป็นองค์ประกอบของเส้นใย ทำให้ความสมบูรณ์ของเส้นใยลดลง เส้นใยจึงมีความอ่อนแอลง ดังนั้นเมื่อถูกแรงกลขณะทำการล้างเยื่อมากระทำ เส้นใยที่มีความอ่อนแอจึงหลุดออกเป็นเส้นใยขนาดเล็กได้ง่าย ส่งผลให้ความยาวของเส้นใยโดยเฉลี่ยลดลงตามไปด้วย

ส่วนค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความยาวเส้นใยของเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรงขนาด 16เมช (ตะแกรงด้านบน) ที่ต้มด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 18, 19 และ 20 นั้น มีค่าเท่ากับ 0.603 mm, 0.734 mm และ 0.725 mm ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้ NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 18 นั้น ให้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความยาวเส้นใยใบสับปะรดน้อยที่สุด ส่วนการต้มเยื่อด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 19 และ 20 นั้น ให้ค่าเฉลี่ยความยาวเส้นใยที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่มีค่าเฉลี่ยของความยาวเส้นใยที่มากขึ้นกว่าการต้มด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 18 โดยอาจเกิดจากการที่ NaOH นั้นเข้าไปทำลายลิกนินในเส้นใย ทำให้เส้นใยบางส่วนแตกออก จึงสามารถดูดซับน้ำเข้าไปภายในเส้นใยได้มากขึ้น เส้นใยจึงเกิดการบวมตัวและยืดตัวออก ส่งผลให้เส้นใยมีความยาวโดยเฉลี่ยมากขึ้น

4.2.2 ปริมาณเส้นใยขนาดเล็ก (fines content)

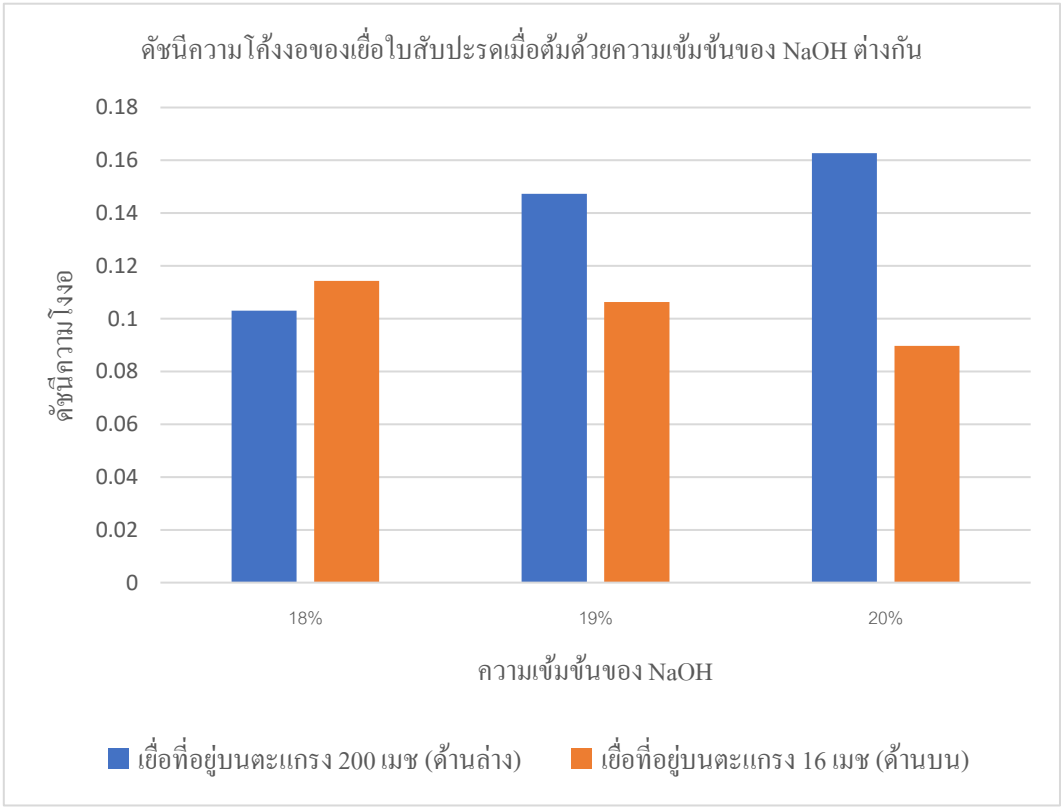


ภาพที่ 4.3 เส้นใยขนาดเล็กของเยื่อใบสับปะรดเมื่อต้มด้วยความเข้มข้นของ NaOH ต่างกัน

จากภาพที่ 4.3 พบว่าเส้นใยขนาดเล็กของเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรงด้านล่างที่ต้มด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 18, 19 และ 20 มีค่าเท่ากับ 42.437%, 54.173% และ 56.101% ตามลำดับแสดงให้เห็นว่าการต้มเยื่อด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีปริมาณของเส้นใยขนาดเล็กเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากการใช้ NaOH ที่มีความเข้มข้นมากขึ้นจะทำให้เส้นใยถูกทำลายได้มากขึ้น ดังนั้นจึงสามารถละลายเอาองค์ประกอบของเส้นใย เช่น ลิกนินหรือบางส่วนของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสออกมาด้วย โดยองค์ประกอบเหล่านี้จะหลุดออกมาเป็นเส้นใยขนาดเล็ก ยิ่งเมื่อถูกแรงกลที่เกิดขึ้นขณะทำการล้างเยื่อมากระทำ ก็ยิ่งทำให้เยื่อใบสับปะรดหลุดออกมาเป็นเส้นใยขนาดเล็กได้ง่ายขึ้น

ส่วนเส้นใยขนาดเล็กของเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรงด้านบนที่ต้มด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 18, 19 และ 20 นั้น มีค่าเท่ากับ 42.557%, 32.088% และ 34.609%ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเยื่อที่ต้มด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีปริมาณของเส้นใยขนาดเล็กลดลง อาจเกิดจากการที่เส้นใยขนาดเล็กนั้น หลุดรอดผ่านรูตะแกรงไปขณะทำการต้มเยื่อและล้างเยื่อ เพราะความเข้มข้นของ NaOH ที่มากขึ้นจะส่งผลให้เส้นใยมีความอ่อนแอมากขึ้น เส้นใยขนาดเล็กจึงสามารถหลุดออกไปได้ง่าย

4.2.3 ดัชนีความโค้งงอ (curl index)



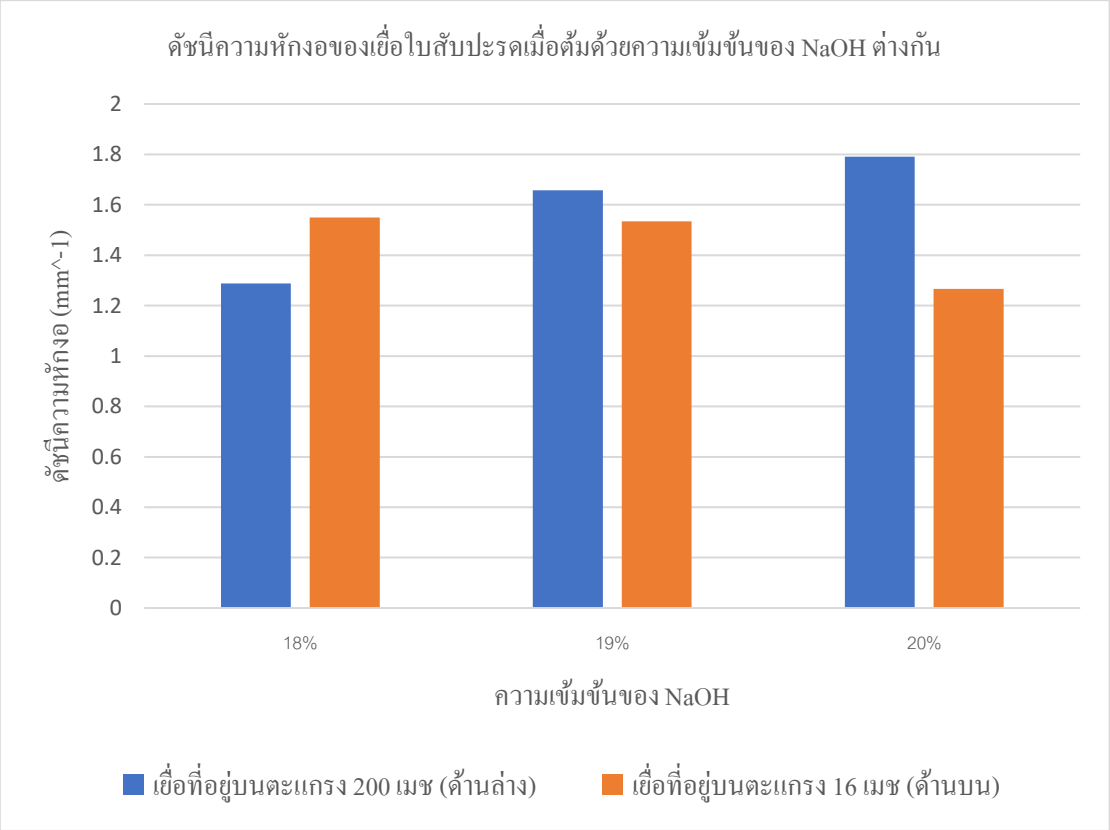
ภาพที่ 4.4 ดัชนีความโค้งงอของเยื่อใบสับปะรดที่ต้มด้วยความเข้มข้นของ NaOH ต่างกัน

จากภาพที่ 4.4 พบว่าดัชนีความโค้งงอของเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรงด้านล่างที่ต้มด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 18, 19 และ 20 มีค่าเท่ากับ 0.103, 0.147 และ 0.163 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการต้ม

เยื่อด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ดัชนีความโค้งงอของเยื่อมีค่ามากขึ้น เนื่องจาก NaOH จะเข้าไปทำลายลิกนินในเส้นใย เส้นใยจึงมีความอ่อนแอมากขึ้น อาจสังเกตได้จากการที่เส้นใยมีความนิ่มมากขึ้น ยิ่งเมื่อถูกแรงกลจากการล้างเยื่อมากระทำ ก็ยิ่งทำให้เส้นใยมีลักษณะที่อ่อนตัวลงไปอีก จึงส่งผลให้มีค่าดัชนีความโค้งงอมากขึ้น

ส่วนดัชนีความโค้งงอของเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรงด้านบนที่ต้มด้วยNaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 18, 19 และ 20 นั้นมีค่าเท่ากับ 0.114, 0.106 และ 0.090 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการต้มเยื่อด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ดัชนีความโค้งงอของเยื่อมีค่าลดลง แต่อยู่ในค่าที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากเยื่อที่อยู่บนตะแกรงด้านบนเป็นเยื่อที่มีขนาดใหญ่กว่าและแข็งแรงกว่าเส้นใยที่อยู่บนตะแกรงด้านล่าง ผลของดัชนีความโค้งงอของการต้มเยื่อใบสับปะรดด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันของเยื่อบนตะแกรงด้านบน จึงไม่แตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเหมือนเยื่อบนตะแกรงด้านล่าง

4.2.4 ดัชนีความหักงอ (kink index)



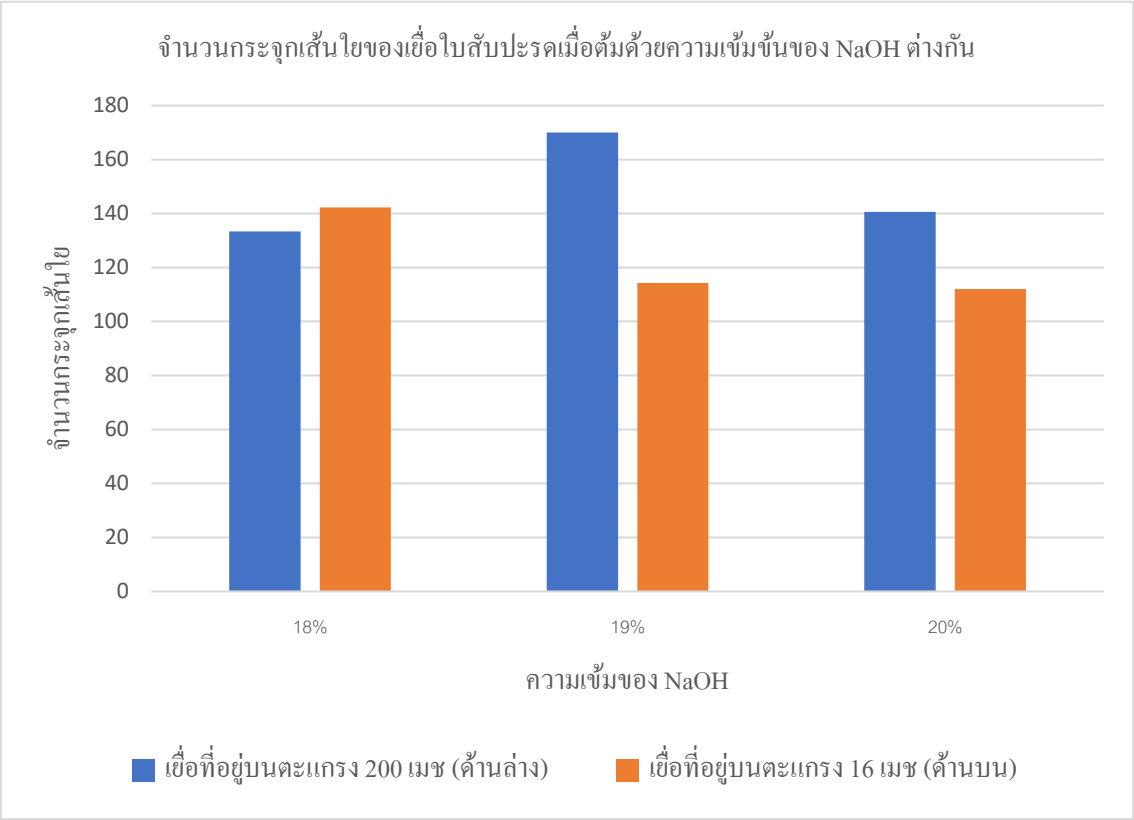
ภาพที่ 4.5 ดัชนีความหักงอของเยื่อใบสับปะรดเมื่อต้มด้วยความเข้มข้นของ NaOH ต่างกัน

จากภาพที่ 4.5 พบว่าดัชนีความหักงอของเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรงด้านล่างที่ต้มด้วยความเข้มข้น NaOH ร้อยละ 18, 19 และ 20 มีค่าเท่ากับ 1.288 mm^{-1}, 1.657 mm^{-1}และ 1.791 mm^{-1} ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าดัชนีความหักงอมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ NaOH ที่มากขึ้น เนื่องจากการใช้ความเข้มข้น

ของ NaOH ที่มากขึ้น ส่งผลให้ ความสามารถในการละลายลิกนินออกจากเยื่อเพิ่มสูงขึ้นไปด้วย อีกทั้งยังอาจทำลายเส้นใยในส่วนของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ทำให้ความสมบูรณ์ของเส้นใยลดลง เส้นใยจึงมีความอ่อนแอ ดังนั้นเมื่อเส้นใยถูกแรงกลมากระทำในขั้นตอนการล้างเยื่อ เพื่อทำให้เส้นใยผ่านรูตะแกรงจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง จึงเกิดการหักงอได้ง่ายกว่า ดังเห็นได้จากค่าดัชนีความหักงอที่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของ NaOH มากขึ้น

ส่วนดัชนีความหักงอของเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรงด่านบนที่ต้มด้วยความเข้มข้น NaOH ร้อยละ 18, 19 และ 20 นั้น 20 มีค่าเท่ากับ 1.549 mm^{-1}, 1.535 mm^{-1}และ 1.267 mm^{-1} ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าดัชนีความหักงอมีค่าลดลงตามความเข้มข้นของ NaOH ที่มากขึ้น แต่โดยรวมแล้วค่าที่ได้ค่อนข้างมีความใกล้เคียงกัน เนื่องจากเยื่อใบสับปะรดที่อยู่บนตะแกรงด้านบนมีขนาดใหญ่และแข็งแรงมากกว่าเส้นใยที่อยู่บนตะแกรงด้านล่าง NaOH จึงทำลายส่วนของเส้นใยได้น้อยกว่า ดัชนีความหักงอของเส้นใยบนตะแกรงด้านบนจึงไม่แตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเหมือนกับเยื่อที่อยู่บนตะแกรงด้านล่าง

2.4.5 จำนวนกระจุกเส้นใย (shives count)



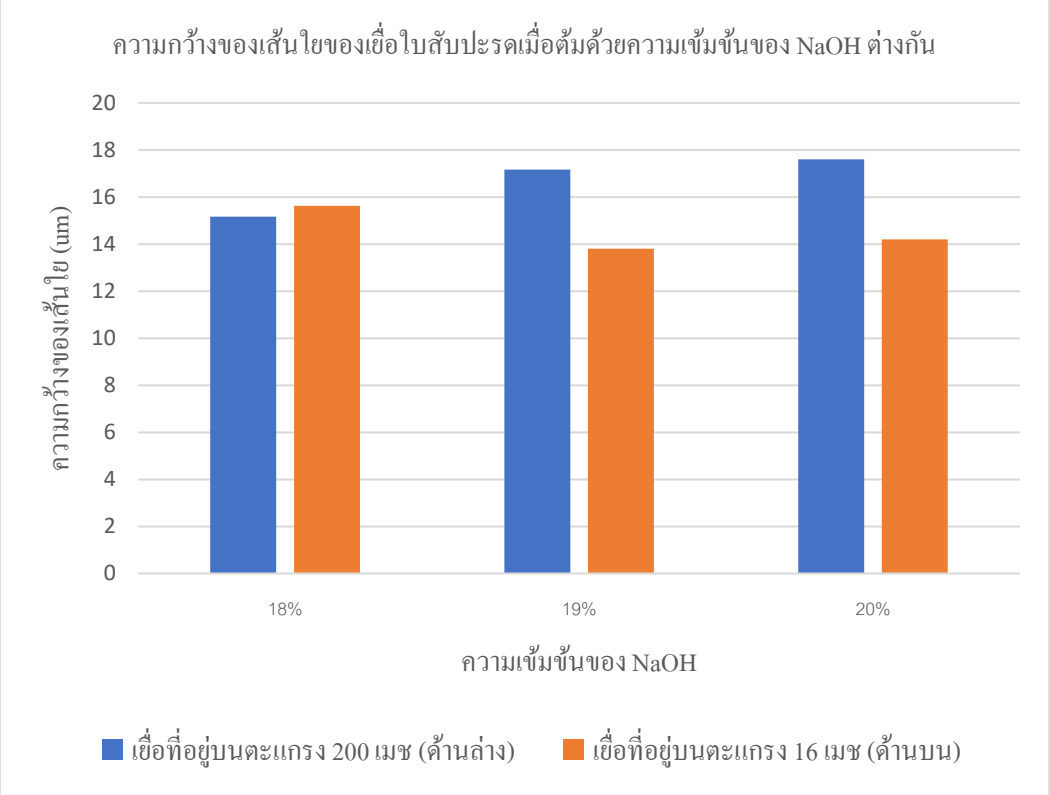
ภาพที่ 4.6 จำนวนกระจุกเส้นใยของเยื่อใบสับปะรดเมื่อต้มด้วยความเข้มข้นของ NaOH ต่างกัน

จากภาพที่ 4.6 แสดงจำนวนกระจุกเส้นใยของเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรงด้านล่างที่ต้มด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 18, 19 และ 20 มีค่าเท่ากับ 133.3, 170.0 และ 140.7 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการต้ม

เยื่อใบสับปะรดด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 19 ให้จำนวนกระจุกเส้นใยมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นที่ร้อยละ 20 และ 18 ตามลำดับ ซึ่งยังไม่อาจแสดงแนวโน้มที่แน่ชัดได้ อาจเป็นผลมาจากการล้างเยื่อที่มีเกิดแรงกลมากระทำกับเส้นใย เพื่อทำให้เส้นใยผ่านจากตะแกรงด้านลงไปสู่ตะแกรงด้านล่าง โดยการใช้แรงที่แตกต่างกันในแต่ละรอบนั้นก็อาจส่งผลให้เส้นใยเกิดการกระจายตัวหรือเกิดการรวมตัวเป็นกระจุกเส้นใยที่แตกต่างกันออกไป

ส่วนจำนวนกระจุกเส้นใยของเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรงด้านบนที่ต้มด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 18, 19 และ 20 นั้น มีค่าเท่ากับ 142.3, 114.3 และ 112.0 ตามลำดับแสดงให้เห็นว่าจำนวนกระจุกเส้นใยมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของ NaOH เพิ่มขึ้น เนื่องจาก NaOH จะเข้าไปทำลายลิกนินในเยื่อใบสับปะรด และเนื่องจากลิกนินนั้นเป็นองค์ประกอบหนึ่งของเส้นใย การที่ลิกนินถูกทำลายส่งผลให้ความสมบูรณ์ของเส้นใยลดลง ทำให้พื้นที่สัมผัสระหว่างเส้นใยน้อยลงตามไปด้วย ดังนั้นความสามารถในการเกาะกลุ่มเป็นก้อนของเส้นใยจึงลดลง ดังเห็นได้จากจำนวนกระจุกของเส้นใยที่ลดลงตามความเข้มข้นของ NaOH ที่เพิ่มขึ้น

4.2.6 ความกว้างของเส้นใย (fiber width)



ภาพที่ 4.7 ความกว้างของเส้นใยของเยื่อใบสับปะรดเมื่อต้มด้วยความเข้มข้นของ NaOH ต่างกัน

จากภาพที่ 4.7 พบว่า ความกว้างของเส้นใยเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรงด้านล่างที่ต้มด้วย NaOH ความเข้มข้นร้อยละ 18, 19 และ 20 มีค่าเท่ากับ 15.2um, 17.2 um และ 17.6 um ตามลำดับ แสดงให้เห็น

ว่าความเข้มข้นของ NaOH ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความกว้างของเส้นใยเพิ่มขึ้นตามไปด้วย อาจเกิดจากการที่เส้นใยถูกทำลายด้วย NaOH ทำให้เส้นใยเหล่านั้นมีความอ่อนแอ เมื่อถูกแรงกลมากระทำในขั้นตอนการล้างเยื่อ เส้นใยจะเกิดการแตกออกในลักษณะที่แผ่ออกด้านข้าง เส้นใยจึงมีความกว้างที่เพิ่มขึ้น แต่หากมองโดยรวมแล้วความกว้างของเส้นใยมีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ไม่แตกต่างกันมากนัก

ส่วนความกว้างของเส้นใยเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรงด้านบนที่ต้มด้วยNaOH ความเข้มข้นร้อยละ 18, 19 และ 20 นั้น มีค่าเท่ากับ 15.6 um, 13.8 um และ 14.2 um ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 18 ให้เส้น ใยที่มีความกว้างมากที่สุด ส่วน NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 19 และ 20 นั้นให้เส้นใยที่มีความกว้างใกล้เคียงกัน โดยมีแนวโน้มที่ลดลง เนื่องจากเส้นใยเหล่านั้นถูกทำลายด้วย NaOH ทำให้เส้นใยมีขนาดที่เล็กลง ส่งผลให้ความกว้างโดยรวมของเส้นใยลดลงตามไปด้วย

4.3 ผลจากการฟอกเยื่อใบสับปะรด

หมายเหตุ : ไม่ได้ทำการทดลองในส่วนนี้เนื่องจากสถาณการณ์การระบาดของโรคไวรัส COVID-19

4.4 ผลการทดสอบกระดาษ และบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยใบสับปะรด

หมายเหตุ : ไม่ได้ทำการทดลองในส่วนนี้เนื่องจากสถาณการณ์การระบาดของโรคไวรัส COVID-19

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การหาภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อใบสับปะรด

สภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อใบสับปะรดกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นเวลา ชั่วโมงที่ 2 เมชมากที่สุดคือ 200 ให้ผลผลิตของเยื่อบนตะแกรงNaOH ความเข้มข้นร้อยละ โดยน้ำหนักเยื่อแห้ง 18

5.1.2 ผลการวิเคราะห์เส้นใยใบสับปะรด

5.1.2.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความยาวเส้นใย

ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความยาวเส้นใยของเยื่อบนตะแกรง 200 เมช มีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของ NaOH ที่เพิ่มขึ้น และค่าเฉลี่ยเลขคณิตของเส้นใยของเยื่อบนตะแกรง 16 เมช มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ NaOH ที่เพิ่มขึ้น

5.1.2.2 เส้นใยขนาดเล็ก

เส้นใยขนาดเล็กที่เกิดจาการต้มเยื่อใบสับปะรดดัชนีความโค้งงอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของNaOH ที่เพิ่มขึ้น และเส้นใยขนาดเล็กของเยื่อที่อยู่บนตะแกรง 16 เมช มีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของNaOH ที่เพิ่มขึ้น

5.1.2.3 ดัชนีความโค้งงอ

ดัชนีความโค้งงอของเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรง 200 เมช มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ NaOH ที่เพิ่มขึ้น และเยื่อที่อยู่บนตะแกรง 16 เมช ดัชนีความโค้งงอมีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของ NaOH ทีเพิ่มขึ้น

5.1.2.4 ดัชนีความหักงอ

ดัชนีความหักงอของเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรง 200 เมช มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ NaOH ที่เพิ่มขึ้น และเยื่อที่อยู่บนตะแกรง 16 เมช ดัชนีความหักงอมีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของ NaOH ทีเพิ่มขึ้น

5.1.2.5 จำนวนกระจุกเส้นใย

จำนวนกระจุกเส้นใยของเยื่อใบบนตะแกรง 200 เมช มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ NaOH ที่เพิ่มขึ้น และ จำนวนกระจุกของเยื่อใบสับปะรดบนตะแกรง 16 เมช มีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของ NaOH ที่เพิ่มขึ้น

5.1.2.6 ความกว้างของเส้นใย

ความกว้างของเส้นใยของเยื่อใบสับปะรดที่อยู่บนตะแกรง 200 เมช มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของNaOH และความกว้างของเส้นใยใบสับปะรดที่อยู่บนตะแกรง 16 เมช มีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของ NaOH ที่เพิ่มขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรควบคุมความชื้นของใบสับปะรดก่อนที่จะทำการต้มเยื่อ

5.2.2 ควรควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มเยื่อให้เท่ากันทุกครั้งที่ทำการต้มเยื่อ

5.2.3 ควรควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมกับ NaOH ในขั้นตอนการต้มเยื่อให้เท่ากันทุกครั้ง เพื่อควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาให้เท่ากัน

เอกสารอ้างอิง

[1] A Review on Pineapple Leaves Fibre and Its Composites**,** https:// www.hindawi.com/journals/ijps/2015/950567/, เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2562

[2] โครงสร้างของไม้ (Wood structure) : เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีเยื่อและกระดาษ 2313335 โดย ผศ.สมพร ชัยอารีย์กิจ

[3] สับปะรด**,** http://www.dnp.go.th/botany/Herbarium/Archives/PlantFile/สับปะรด.html, เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2562

[4] แสงสุรีย์ โรจน์สกุลวงศ์. การผลิตถาดจากเส้นใยใบสับปะรด, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2540

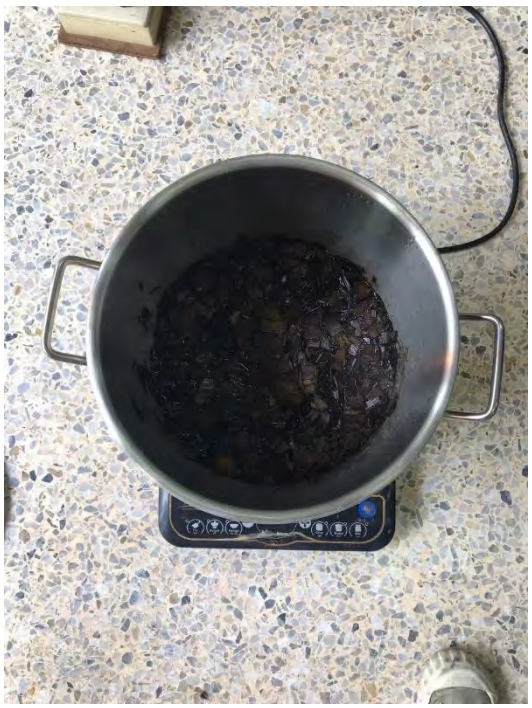
[5] นงค์นุช กลิ่นพิกุล และ จันทรัสจ์ วุฒิสัตย์วงค์กุล. การพัฒนากระดาษเหนียวแบบฟอกขาวประเภทผิวกล่องจากใบสับปะรดที่เหมาะสมต่อการพิมพ์บรรจุภัณฑ์, โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ งบประมาณเงินรายได้ปี พ.ศ. 2558, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, 2558

[6] ลดามาศ เบ็ญชา, ณัฐวดี ซ่อเจริญ, ญาณสินี สุมา และนิตย์ตะยา ผาสุกพันธ์. ความเป็นไปได้เบื้องต้นในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดเชียงราย, วิจัยและนวัตกรรมกับการพัฒนาประเทศ, นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 12

ภาคผนวก

การตัดใบสับปะรด

การตากใบสับปะรด



การต้มใบสับปะรดกับ NaOH ด้วยความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

ตัวอย่างวิธีการหา %yield

ต้มใบสับปะรดกับ NaOH ที่ความเข้มข้น 18% โดยน้ำหนักเยื่อแห้ง

นำใบสับปะรดแห้งไปวัดความชื้น

- วัดความชื้นใบสับปะรด รอบที่ 1= 46.2% รอบที่2 = 75.41%
- จะได้ว่ามีความชื้นเฉลี่ย = 41.75% จะมีเยื่อแห้งอยู่ 25.58%
- ดังนั้นใบสับปะรด กรัม 600 จะมีเยื่อแห้ง (58.25 x 600)/100 = 349.5 กรัม

หาปริมาณNaOH เยื่อ 100 กรัม ใช้NaOH กรัม 18

เยื่อ 3495.5 กรัม ใช้NaOH = (18 x 349.5)/100 = 62.91 กรัม

นำเยื่อที่อยู่บนตะแกรง 200 เมช ไปหาความชื้น

- รอบที่ 1= 83.3% รอบที่ 2= 81.3%
- ความชื้นเฉลี่ย = 3.82% จะมีเยื่อแห้งอยู่ 7.17%

เยื่อบนตะแกรง 200 เมช ที่ได้มีน้ำหนัก 501กรัม ดังนั้นจะมีเยื่อแห้งอยู่ = (17.7 x 501)/100 = 88.677 กรัม

หา %yield = (น้ำหนักเยื่อแห้งหลังต้ม / น้ำหนักเยื่อแห้งก่อนต้ม) x100

= (88.677 / 349.5) x 100

= 25.37%