ศึกษาปริมาณเยื่อใยในการผลิตเยื่อกระดาษจากวัสดุเหลือใช้

วารินทิพย์ ลาภพล
ภัคจิรา ศรีดุกา

รายงานการวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา โครงการวิจัยทางเคมี
สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช
ปีการศึกษา 2546

ศึกษาปริมาณเยื่อใยในการผลิตเยื่อกระดาษจากวัสดุเหลือใช้

วิจัยโดย วารินทิพย์ ลาภพล
ภัคจิรา ศรีดุกา

ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิชาเคมี

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย
(นางสาวนงเยาว์ เทพยา)

.....กรรมการ
(นางสาวแน่งน้อย แสงเสนห์)

.....กรรมการ
(นางสาวปวีณา หนูคง)

.....ประธานโปรแกรมวิชาเคมี
(นายวรวุฒิ บุญอารี)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง ศึกษาปริมาณเยื่อใย ในการผลิตเยื่อกระดาษจากวัสดุเหลือใช้ ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สำเร็จได้เพราะคณะผู้วิจัยได้รับความกรุณาจากหลายฝ่ายที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งคณาจารย์และเจ้าหน้าที่โปรแกรมวิชาเคมีและเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ ได้ช่วยเหลือส่งเสริม สนับสนุน อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย ขอบคุณอาจารย์ ปิยวรรณ สายมโนพันธ์ ซึ่งให้คำปรึกษาข้อมูลทางด้านสถิติ และขอบคุณอาจารย์ปิยนันท์ สังขไพฑูรย์ ที่ได้ให้ข้อมูลวิจัย คำแนะนำในการวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์นงเยาว์ เทพยา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุน ได้สละเวลาตรวจ แก้ไข และให้ข้อเสนอแนะต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยและขอบคุณผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทุกคนที่ไม่ได้กล่าวถึง ตลอดจนขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับบิดามารดาและเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือตลอดเวลาในการทำวิจัยจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

วารินทิพย์ ลาภพล

ภัคจิรา ศรีดุกา

ชื่อเรื่อง	ศึกษาปริมาณเยื่อใยในการผลิตเยื่อกระดาษจากวัสดุเหลือใช้
ชื่อผู้วิจัย	นางสาววารินทิพย์ ลาภพล
	นางสาวภัคจิรา ศรีดุกา
โปรแกรม	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี)
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์นงเยาว์ เทพยา
ปีการศึกษา	2546

บทคัดย่อ

การนำวัสดุเหลือใช้ธรรมชาติจากท้องถิ่นในอำเภอเมืองจังหวัดนครศรีธรรมราช มาศึกษา เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นเยื่อกระดาษ การหาปริมาณเยื่อใย โดยใช้วิธี AOAC. (1984) พบว่าต้นกกมีปริมาณเยื่อใย 52.32 ± 0.74% ชานอ้อย มีปริมาณเยื่อใย 74.41 ± 0.59 % ผักตบชวามีปริมาณเยื่อใย 63.63 ± 0.072 % หญ้าคามีปริมาณเยื่อใย 67.92 ± 0.46 % และฟางข้าว มีปริมาณเยื่อใย 57.52 ± 0.28 % เมื่อนำวัสดุมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษตามกรรมวิธีแบบพื้นบ้านพบว่าปริมาณการใช้โซดาไฟที่เหมาะสมสำหรับการต้มมีดังนี้ฟางข้าวสามารถใช้ปริมาณโซดาไฟ ที่ความเข้มข้น 10 % ส่วนชานอ้อยใช้ปริมาณโซดาไฟที่ความเข้มข้น 20 % ต้นกกและผักตบชวาใช้ปริมาณโซดาไฟ ที่ความเข้มข้น 30 % หญ้าคาใช้ปริมาณโซดาไฟที่ความเข้มข้น 40% และเยื่อกระดาษที่ผลิตได้มีคุณภาพต่างกันสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์จากเยื่อกระดาษได้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(3)
บทคัดย่อ	(4)
สารบัญตาราง	(7)
สารบัญรูป	(8)
สารบัญกราฟ	(10)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
สมมติฐานงานวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
ข้อตกลงเบื้องต้น	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
คาร์โบไฮเดรต	5
ประเภทของคาร์โบไฮเดรต	5
เส้นใยธรรมชาติ	12
เซลลูโลส	12
สมบัติทางกายภาพของเซลลูโลส	14
สมบัติทั่วไปของเซลลูโลส	15
เฮมิเซลลูโลส	16
ลิกนิน	16
ประวัติและความเป็นมาของกระดาษ	17
วัตถุดิบที่ใช้ในการทำกระดาษ	18
การทำกระดาษ	20
ประเภทกระดาษ	25
สมบัติต่างๆของกระดาษ	26
กระดาษในชีวิตประจำวัน	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาวะอุตสาหกรรมปี 2546 และแนวโน้มปี 2547 อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษและสิ่งพิมพ์	27
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	31
ต้นกก	31
อ้อย	31
ผักตบชวา	32
หญ้าคา	33
ข้าว	34
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	36
กลุ่มตัวอย่าง	36
อุปกรณ์ – เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	36
วิธีการทดลอง	40
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	53
บทที่ 4 ผลการวิจัย	54
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลและข้อเสนอแนะ	58
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	แหล่งที่พบของมอนอแซ็กคาไรด์บางชนิด	8
2.	แหล่งที่พบไดแซ็กคาไรด์บางชนิด	9
3.	การแบ่งชนิดของเส้นใย	15
4.	ปริมาณการผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษต่างๆ	28
5.	การนำเข้าเยื่อกระดาษและเศษกระดาษ กระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ	28
6.	การส่งออกกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ สิ่งพิมพ์และหนังสือ	29
7.	ปริมาณเยื่อใยจากเครื่องสกัดเส้นใย	54
8.	น้ำหนักเยื่อกระดาษและลักษณะของเส้นใย เมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้น 10,20,30,40 และ 50 %ตามลำดับ	55
9.	เปรียบเทียบคุณสมบัติของเส้นใยที่ใช้ทำเยื่อกระดาษที่ต้มด้วยโซดาไฟ (NaOH) 40 %	57

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.	สูตรโครงสร้างของน้ำตาลเพนโตสบางชนิดซึ่งเป็นไอโซเมอร์กัน (ตัวที่ 1 ถึง4 เป็นแอลโดสส่วนตัวสุดท้ายเป็นคีโตน	6
2.	สูตรโครงสร้างของน้ำตาลเฮกโซสบางชนิดซึ่งเป็นไอโซเมอร์กัน (ตัวที่ 1 ถึง 4 เป็นแอลโดสส่วนตัวที่ 5 และ 6 เป็นคีโตส)	6
3.	โครงสร้างแบบเป็นวงชนิด α และ β กลูโคส	7
4.	โครงสร้างแบบเป็นวงชนิด α และ β ของฟรุกโตสและกาแลกโตส	7
5.	ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส (ปฏิกิริยาไปข้างหน้า) และปฏิกิริยาการเกิด (ปฏิกิริยาย้อนกลับ)ของมอลโตส แลกโตส และซูโครส	9
6.	โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดอะไมโลส	11
7.	โครงสร้างบางชนิดของพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดอะไมโลเพคติน	11
8.	สูตรโครงสร้างของเซลลูโลส	14
9.	เส้นใยเซลลูโลสในธรรมชาติที่ได้จากส่วนต่างๆของพืช	16
10.	หน่วยที่ซ้ำกันของลิกนิน	17
11.	ลักษณะของต้นกก	31
12.	ลักษณะของอ้อย	31
13.	ลักษณะของผักตบชวา	32
14.	ลักษณะช่อดอกของผักตบชวา	33
15.	ลักษณะของหญ้าคา	33
16.	เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง	37
17.	เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	37
18.	เครื่องแยกอนุภาค	38
19.	ตู้อบไฟฟ้า	38
20.	เครื่องเตาเผาความร้อนสูง	39
21.	เครื่องวิเคราะห์เส้นใย	39
22.	ตัวอย่างก่อนสกัด	42
23.	ตัวอย่างหลังเผาที่อุณหภูมิ 550 °C	42

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
24	ต้นกก	43
25.	ชานอ้อย	43
26.	ผักตบชวา	44
27.	หญ้าคา	44
28.	ฟางข้าว	44
29.	ต้นกกที่ต้มด้วยโซดาไฟที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50%	46
30.	ชานอ้อยที่ต้มด้วยโซดาไฟที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50%	46
31.	ผักตบชวาที่ต้มด้วยโซดาไฟที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50%	47
32.	หญ้าคาที่ต้มด้วยโซดาไฟที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50%	47
33.	ฟางข้าวที่ต้มด้วยโซดาไฟที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50%	48
34.	ลักษณะเยื่อกระดาษของต้นกกหลังต้มด้วยโซดาไฟ 40 %	48
35.	ลักษณะเยื่อกระดาษของชานอ้อยหลังต้มด้วยโซดาไฟ 40 %	49
36.	ลักษณะเยื่อกระดาษของผักตบชวาหลังต้มด้วยโซดาไฟ 40 %	49
37	ลักษณะเยื่อกระดาษของหญ้าคาหลังต้มด้วยโซดาไฟ 40 %	50
38.	ลักษณะเยื่อกระดาษของฟางข้าวหลังต้มด้วยโซดาไฟ 40 %	50
39.	ลักษณะกระดาษของต้นกก	51
40.	ลักษณะกระดาษของชานอ้อย	51
41.	ลักษณะกระดาษของผักตบชวา	52
42.	ลักษณะกระดาษของหญ้าคา	52
43.	ลักษณะกระดาษของฟางข้าว	52

สารบัญกราฟ

กราฟที่		หน้า
1.	ปริมาณเยื่อใยจากเครื่องสกัดเส้นใย	54
2.	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ค่าความเข้มข้นของโซดาไฟและน้ำหนักเยื่อกระดาษ	56

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ และสิ่งพิมพ์เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถทดแทนการนำเข้าได้อย่างมาก อัตราการขยายตัวของอุตสาหกรรมนี้เป็นตัวบ่งชี้ความเจริญก้าวหน้าทางสังคม และการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศได้เป็นอย่างดี โดยอัตราการบริโภคกระดาษของคนไทยโดยเฉลี่ยมีประมาณ 40 กิโลกรัม / คน / ปี และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กระดาษ และอุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์เป็นอุตสาหกรรมที่มีความต่อเนื่องกันอย่างเห็นได้ชัด การผลิตของอุตสาหกรรมดังกล่าวแต่ละประเภทเริ่มมีความสมดุลมากขึ้น ทั้งนี้เพราะอุตสาหกรรมขั้นต้น คือ อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ โดยเฉพาะเยื่อใยมีกำลังการผลิตที่สามารถรองรับอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้อย่างเพียงพอ

ปัจจุบันกระดาษได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเรามากขึ้น เช่นของใช้ที่ทำมาจากกระดาษที่ เราได้นำมาใช้ซึ่งมี หนังสือพิมพ์ ถุงใส่ขนม กล่องใส่ขนม ร่ม ธนบัตร กระดาษเช็ดปาก ตลอดจนป้ายโฆษณาที่ติดตั้งอยู่ตามสถานที่ทั่วไป ล้วนแต่ทำมาจากกระดาษทั้งสิ้น วิธีการผลิตกระดาษมีกรรมวิธีการผลิตต่างๆกัน และได้มีการวิวัฒนาการมาจนถึงปัจจุบันที่นิยมกันมากโดยเริ่มจาก พ.ศ.1852 – ปัจจุบัน วิวัฒนาการของการผลิตกระดาษและความต้องการในการใช้กระดาษไม่สอดคล้องกันจึงทำให้เราต้องหาวิธีการในการเพิ่มการทำกระดาษให้มากขึ้น

เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าแนวโน้มปริมาณของกระดาษที่ใช้นั้นนับว่าจะมีปริมาณที่สูงขึ้นตามความเจริญของประเทศชาติ เมื่อประมาณปี 2510 ไทยได้ใช้กระดาษต่อคนต่อปีเพียง 3.3 กิโลกรัม ในขณะที่สหรัฐอเมริกาใช้ถึง 244 กิโลกรัม(http://www.geocitues.com/scilpk/cxp2.html) ดังนั้นอุตสาหกรรมที่ใช้ไม้เป็นวัตถุดิบ ในการผลิตเยื่อกระดาษเพื่อทำเป็นกระดาษจะมีความสำคัญมากในอนาคต จึงเป็นที่สนใจของประเทศที่กำลังพัฒนาทั้งหลายที่ต่างพยายามค้นคว้าหาวัตถุดิบสำหรับผลิตเยื่อกระดาษขึ้น เพื่อสนองความต้องการภายในประเทศ โดยใช้วัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งมีวัสดุธรรมชาติที่เหมาะสมในการทำเยื่อกระดาษ เยื่อกระดาษที่ได้ก็มีทั้งที่ผลิตด้วยมือและเครื่องจักร ที่ผลิตด้วยมือและเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายก็คือ กระดาษสาที่มีความเหนียวเป็นพิเศษ มีโครงสร้างเส้นใยตามธรรมชาติที่ดูละเอียด สวยงาม

และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางเช่น กระดาษห่อของขวัญ ซองจดหมาย ร่ม กระดาษ หรือโคมไฟ เป็นต้น

ในชนบทซึ่งมีวัสดุธรรมชาติและวัสดุเหลือใช้ทางด้านเกษตรกรรมมากมาย ยังได้มีการนำวัสดุธรรมชาติ และวัสดุเหลือใช้มาเป็นปุ๋ย เป็นอาหารสัตว์ การใช้ประโยชน์อื่นๆยังมีน้อย การนำส่วนทิ้งเปล่าเหล่านี้ ซึ่งส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเส้นใยเซลลูโลส การนำเส้นใยเซลลูโลสของพืชมาทำให้เกิดประโยชน์ได้ โดยการนำมาทำเป็นเยื่อกระดาษ จึงเป็นหนทางหนึ่งที่สามารถช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจที่ศึกษาวัสดุธรรมชาติเหลือใช้ในท้องถิ่น 5 ชนิด คือ ต้นกก ชานอ้อย ผักตบชวา หญ้าคา และฟางข้าว โดยศึกษาปริมาณเยื่อใยในพืชตัวอย่าง 5 ชนิด และทำเป็นเยื่อกระดาษ เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยจากเยื่อกระดาษที่ได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรกรรมที่ปราศจากคุณค่า นำมาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เป็นการเพิ่มคุณค่าให้แก่วัสดุเหลือใช้ ยังไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย นอกจากนี้สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์เพื่อพัฒนาและสร้างงานให้กับคนในชุมชนนั้นๆได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณเยื่อใยจากวัสดุธรรมชาติที่เหลือใช้ โดยใช้วัสดุ 5 ชนิด คือ ต้นกก ชานอ้อย ผักตบชวา หญ้าคา และฟางข้าว
2. เพื่อศึกษาหาปริมาณความเข้มข้นของโซดาไฟ (NaOH) ที่เหมาะสม เพื่อใช้ผลิตเยื่อกระดาษ
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้

สมมติฐานของงานวิจัย

พืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณเยื่อใยแตกต่างกันและเยือกระดาษที่ได้มี คุณสมบัติต่างกัน

ขอบเขตงานวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นวัสดุ 5 ชนิดคือ ต้นกก ชานอ้อย ผักตบชวา หญ้าคา และฟางข้าว
2. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพโดยการสังเกตเยื่อกระดาษที่ต้มกับ โซดาไฟ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50% ตามลำดับ
3. ศึกษาปริมาณเยื่อใยโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เส้นใย (Fiberter system)

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. วัสดุที่ใช้หาปริมาณเยื่อใย ได้แก่ ต้นกก ชานอ้อย ผักตบชวา หญ้าคา และฟางข้าว
2. ผู้วิจัยกำหนดให้วัสดุทั้ง 5 ชนิด ที่นำมาทำการวิเคราะห์เป็นวัสดุเหลือใช้ในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช
3. ในงานวิจัยได้ทำการหาปริมาณเยื่อใยในวัสดุทั้ง 5 ชนิด โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เส้นใย (Fiberter system)
4. การทำเยื่อกระดาษใช้เวลาในการต้ม 2 ชั่งโมง
5. ได้ทำเยื่อกระดาษโดยใช้ 40% NaOH (ซึ่งเป็นความเข้มข้นของโซดาไฟที่นิยมทำกันมาก) เปรียบเทียบคุณสมบัติของเส้นใย
6. หาปริมาณความเข้มข้นของโซดาไฟที่เหมาะสม ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 % ตามลำดับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการนำวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติมาทำให้เกิดประโยชน์
2. เป็นการเพิ่มคุณค่าของวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่น
3. ทำให้ทราบปริมาณเยื่อใยในพืชตัวอย่าง
4. สามารถเลือกใช้วัสดุเหลือใช้นำมาผลิตเยื่อกระดาษที่มีคุณภาพได้ในอนาคต
5. สามารถนำเยื่อกระดาษที่ได้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้
6. เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จะทำให้ผู้ที่สนใจ นำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางธุรกิจ

นิยามศัพท์เฉพาะ

เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers) หมายถึง อินทรีย์วัสดุที่สำคัญ หาได้ง่ายจากธรรมชาติ มีปริมาณมาก

วัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ หมายถึง วัสดุที่ทิ้งไว้ที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นนั้นๆ

เยื่อใย สารอินทรีย์ที่ไม่ถูกย่อยสลาย

เซลลูโลส (Cellulose) หมายถึง คาร์โบไฮเดรตอีกชนิดหนึ่งที่เป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส (ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสรวมตัวกัน) และเป็นเส้นใยที่ได้มาจากพืช

เยื่อกระดาษ (Paper pulp) หมายถึง เซลลูโลสของพืชหรือธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของเนื้อไม้

เยื่อกระดาษเก่า หมายถึง เศษกระดาษที่เหลือใช้แล้วนำมาละลายกับน้ำแล้วต้มกับน้ำยาเคมี ให้กลับเป็นเยื่อกระดาษ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรต คือ สารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน โดยปกติอัตราส่วนโดยจำนวนอะตอมของไฮโดรเจนต่อออกซิเจนเป็น 2:1 ดังนั้นส่วนใหญ่จึงมีสูตรเป็น $(CH_2O)_n$ หรือ $C_n(H_2O)_m$ เมื่อ m คือเลขจำนวนเต็มใดๆ เช่น $C_5H_{10}O_5$, $C_6H_{12}O_6$, $C_{12}H_{22}O_{11}$,$C_{18}H_{32}O_{16}$ แต่มีคาร์โบไฮเดรตบางชนิดมีอัตราส่วนหรือสูตรทั่วไปไม่เป็นตามทีกล่าวข้างต้น เช่น น้ำตาลแรมโนส (Rahmnose) ซึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น $C_6H_{12}O_5$ เป็นต้น

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารประกอบประเภทพอลิไฮดรอกซีแอลดีไฮด์ (Polyhydroxy aldehydes) หรือพอลิไฮดรอกซีคีโตน (Polyhydroxy ketones) หมายความว่าเป็นสารประกอบแอลดีไฮด์หรือคีโตนที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) หลายหมู่ในโมเลกุล เพราะคาร์โบไฮเดรตบางชนิดมีหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ (Carboxaldehyde) และหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) หลายหมู่เป็นหมู่ฟังก์ชันพอลิไฮดรอกซีแอลดีไฮด์ เช่น น้ำตาลกลูโคส กาแลกโตส และบางชนิดมีหมู่คาร์บอนิล และหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) หลายหมู่เป็นหมู่ฟังก์ชันพอลิไฮดรอกซีคีโตน (Polyhydroxy ketones) เช่น น้ำตาลฟรุกโตส คาร์โบไฮเดรตที่รู้จักกันทั่วไปได้แก่ น้ำตาล แป้ง เซลลูโลสและไกลโคเจน เป็นต้น

1.1 ประเภทของคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1.1.1 มอนอแซ็กคาไรด์ (Monosaccharide)

1.2.2 โอลิโกแซ็กคาไรด์ (Oligosaccharide)

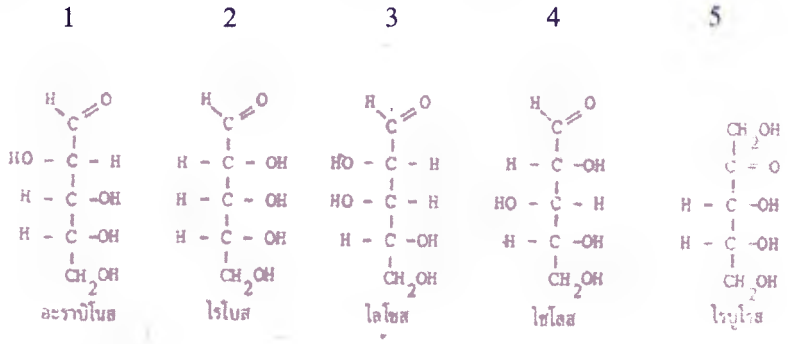
1.1.3 พอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide)

1.1.1 มอนอแซ็กคาไรด์

มอนอแซ็กคาไรด์ (หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว) คือคาร์โบไฮเดรตที่มีขนาดโมเลกุลเล็กที่สุด มีสูตรทั่วไปเป็น $(CH_2O)_n$ ซึ่ง n มีค่า 3 ถึง 8 แต่มอนอแซ็กคาไรด์ที่สำคัญได้แก่ น้ำตาลที่มีคาร์บอนห้าและหกอะตอมอยู่ในโมเลกุล ซึ่งมีสูตรเป็น $C_5H_{10}O_5$ และ $C_6H_{12}O_6$ ตามลำดับ การเรียกชื่อทั่วไป ของมอนอแซ็กคาไรด์จะเรียกชื่อตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนแล้วลงท้ายด้วย โ_ส (ose) เช่น $C_5H_{10}O_5$ เรียกว่าเพนโตส (Pentose) $C_6H_{12}O_6$ เรียกว่า เฮกโซส (Hexose) เป็นต้น มอนอแซ็กคาไรด์ที่มีหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ หรือหมู่แอลดีไฮด์อยู่จัดเป็นแอลโดส (Aldose) ส่วนมอนอแซ็กคาไรด์ที่มีหมู่คาร์บอนิลหรือหมู่คีโตน อยู่จัดเป็นคีโตส(Ketose) ดังนั้นการเรียกชื่อทั่วไป

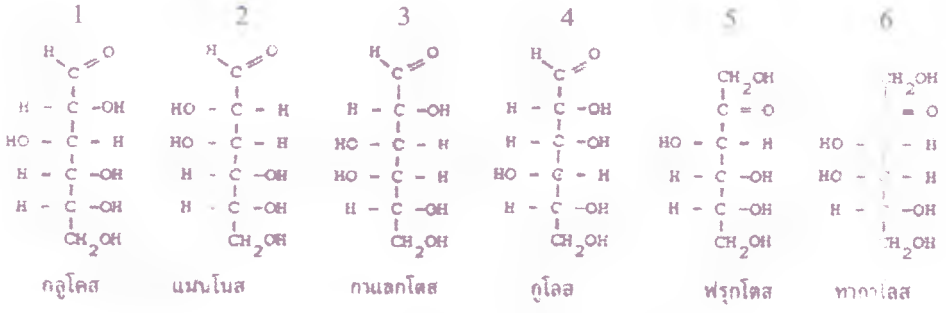
ของมอนอแซ็กคาไรด์บางครั้งจะบ่งบอกชนิดของหมู่ฟังก์ชันด้วย เช่น แอลโดเพนโตส คือ น้ำตาลเพนโตสที่มีหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ คีโตเฮกโซส คือน้ำตาลเฮกโซสที่มีหมู่คาร์บอนิล เป็นต้น

น้ำตาลแต่ละชนิดยังแบ่งเป็นชนิดย่อย ๆ อีก หลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิด จะมีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน (เป็นไอโซเมอร์กัน) ตัวอย่างเช่น อะราบิโนส (Arabinose) ไรโบส (Ribose) ไรโซส (Lyxose) ไซโลส (Xylose) ไรบูโรส(Ribulose) ฯลฯ เป็นน้ำตาลเพนโตส เพราะต่างก็มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_5H_{10}O_5$ แต่มีสูตรโครงสร้างต่างกันดังนี้



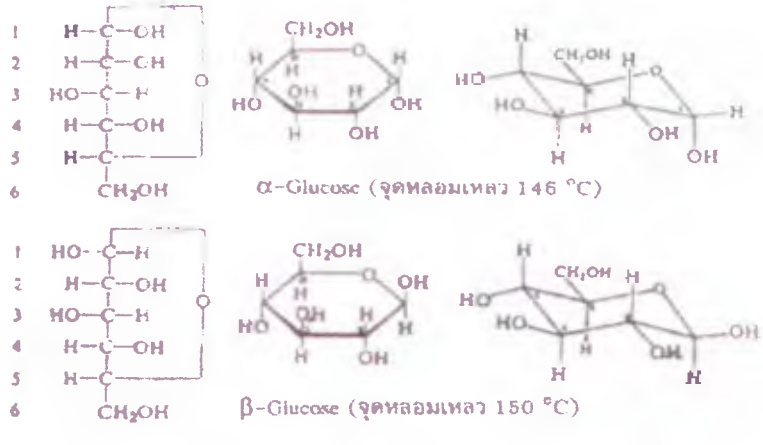
รูปที่ 1 โครงสร้างของน้ำตาลเพนโตสบางชนิดซึ่งเป็นไอโซเมอร์กัน
(ตัวที่ 1 ถึง 4 เป็นแอลโดสส่วนตัวสุดท้ายเป็นคีโตส)
(www.nationlpark.go th/biocom/garbage-fiber)

กลูโคส(Glucose) แมนโนส (Mannose) กาแลกโตส (Galactose) กูโลส (Gulose) ฟรุกโตส (Fructose) และ ทากาโลส (Tagalose) ฯลฯ เป็นน้ำตาลเฮกโซส เพราะต่างก็มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_6H_{12}O_6$ แต่มีสูตรโครงสร้างต่างกันดังนี้



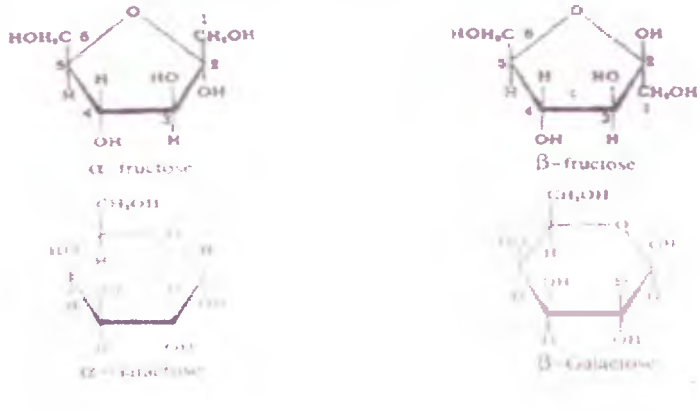
รูปที่ 2 โครงสร้างของน้ำตาลเฮกโซสบางชนิดซึ่งเป็นไอโซเมอร์กัน
(ตัวที่ 1 ถึง 4 เป็นแอลโดส ส่วนตัวที่ 5 และ 6 เป็นคีโตส)
(www.nationlpark.go.th/biocom/garbage-fiber)

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าน้ำตาลเพนโตส และน้ำตาลเฮกโซสแต่ละชนิดประกอบด้วยโซ่ของคาร์บอนที่ไม่มีกิ่งสาขา และเป็นโซ่เปิด แต่น้ำตาลดังกล่าวส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างเป็นวง ซึ่งเสถียรกว่า ตัวอย่างเช่นกลูโคสเขียนโครงสร้างเป็นวงได้ดังนี้



รูปที่ 3 โครงสร้างแบบเป็นวงชนิด α และ β ของกลูโคส

(www.nationlpark.go th/biocom/garbage-fiber)



รูปที่ 4 โครงสร้างแบบเป็นวงชนิด α และ β ของฟรุกโตสและกาแลกโตส

(www.nationlpark.go th/biocom/garbage-fiber)

จากรูปจะเห็นได้ว่ากลูโคส กาแลกโตส และฟรุกโตสที่มีโครงสร้างเป็นวงยังมีโครงสร้างย่อยได้อีก 2 แบบ คือแบบ α และแบบ β กรณีของกลูโคส และกาแลกโตส ถ้าหมู่ –OH อยู่บนระนาบของวงเรียกว่าแบบ β กรณีของฟรุกโตส ถ้าหมู่ –OH ซึ่งจับอยู่กับคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 อยู่ใต้ระนาบของวงเรียกว่าแบบ α แต่ถ้าอยู่บนระนาบของวงเรียกว่าแบบ β ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แหล่งที่พบของมอนอแซ็กคาไรด์บางชนิด

ชื่อของมอนอแซ็กคาไรด์	ชนิด	แหล่งที่พบ
กลูโคสหรือเดร็กโตรส (Glucose or Dextrose)	แอลโดเฮกโซส	พบมากในผลไม้และผัก เช่น องุ่น อ้อย น้ำผึ้ง เป็นต้น พบในเลือดและเป็นส่วนประกอบของพอลิแซ็กคาไรด์หลายชนิด
ฟรุกโตส(Fructose)	คีโตเฮกโซส	พบในผลไม้ น้ำผึ้ง สายรก น้ำเชื้ออสุจิ เป็นต้น
กาแลกโตส (Galactose)	แอลโดเฮกโซส	พบในไกลโคลิปิดของเนื้อเยื่อประสาท พังผืด เป็นต้น เป็นส่วนประกอบของน้ำตาลแลกโตสในน้ำนม
แมนโนส(Mannone)	แอลโดเฮกโซส	ได้จากการสลายยางไม้ เป็นองค์ประกอบของพอลิแซ็กคาไรด์ในพืช ส่วนในคนจะอยู่รวมกับโปรตีน

1.1.2 โอลิโกแซ็กคาไรด์

โอลิโกแซ็กคาไรด์คือ คาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยมอนอแซ็กคาไรด์ตั้งแต่ 2 ถึง 10 โมเลกุลซึ่งต่อเชื่อมกันด้วยพันธะไกลโคซิดิค โอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สำคัญได้แก่

1.1.2.1 ไดแซ็กคาไรด์หรือน้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharide) เป็นคาร์โบไฮเดรต ที่ประกอบด้วยมอนอแซ็กคาไรด์สองโมเลกุลมีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{12}H_{22}O_{11}$ ตัวอย่างไดแซ็กคาไรด์เช่น มอลโตส (Moltose) แลกโตส (Lactose) และซูโครส (Sucrose) ไดแซ็กคาไรด์อาจเกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัว ระหว่างมอนอแซ็กคาไรด์สองโมเลกุล ตัวอย่างเช่น

$C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$

กลูโคส + กลูโคส ⟶ มอลโตส + น้ำ

กลูโคส + กาแลกโตส ⟶ แลกโตส + น้ำ

กลูโคส + ฟรุกโตส ⟶ ซูโครส + น้ำ

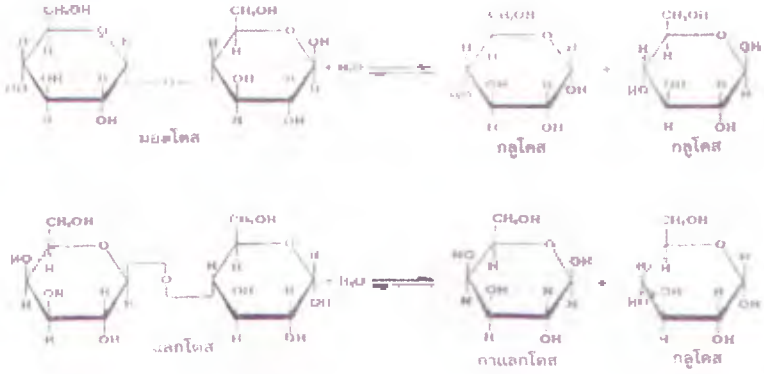
ในทางตรงกันข้าม เมื่อไดแซ็กคาไรด์เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส จะได้มอนอแซ็กคาไรด์ 2 โมเลกุล ตัวอย่างเช่น

$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$

มอลโตส + น้ำ ⟶ กลูโคส + กลูโคส

แลกโตส + น้ำ ⟶ กลูโคส + กาแลกโตส

ซูโครส + น้ำ ⟶ กลูโคส + ฟรุกโตส



รูปที่ 5 ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส (ปฏิกิริยาไปข้างหน้า) และปฏิกิริยาการเกิด (ปฏิกิริยาย้อนกลับ) ของมอลโตส แลกโตส และซูโครส

(www.nationlpark.go.th/biocom/garba re-fiber)

ตารางที่ 2 แหล่งที่พบไดแซ็กคาไรด์บางชนิด

ชนิดของไดแซ็กคาไรด์	**ตัวอย่างแหล่งที่พบ**
มอลโตส (Moltose or malt sugar)	พบในตัวถั่ว ข้าวมอลล์ที่กำลังเจริญเติบโต และได้จากการย่อยแป้งด้วย เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α -amylase) เป็นต้น
แลกโตส(Lactose or milk sugar)	พบในน้ำนมของสัตว์ หรืออาจพบในปัสสาวะของหญิงมีครรภ์ เป็นต้น
ซูโครส (Sucrose or saccharose)	พบในพืช เช่น อ้อย หัวบีท เป็นต้น
เซลโลไบโอส (Cellobiose)	ได้จากการย่อยเซลลูโลส โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส

1.1.2.2 ไตรแซ็กคาไร ด์ (Trisaccharide) ไตรแซ็กคาไรด์ คือ คาร์โบไฮเดรต (น้ำตาล) ซึ่งประกอบด้วยมอนอแซ็กคาไรด์ (น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว) สามโมเลกุล หรือ คาร์โบไฮเดรตที่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส แล้วได้มอนอแซ็กคาไรด์สามโมเลกุล ไตรแซ็กคาไรด์ที่พบในธรรมชาติได้แก่ราฟฟีโนส (Raffinose) ประกอบด้วยฟรุกโตส กลูโคส และกาแลกโตส พบในน้ำตาลจากหัวบีท และพืชชั้นสูงอื่นๆ อีกหลายชนิด เมเลไซโตส (Melezitose) ประกอบด้วย กลูโคส ฟรุกโตส พบในพืชจำพวกสน เป็นต้น

1.1.3 พอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide)

พอลิแซ็กคาไรด์เป็นสารประกอบที่ซับซ้อนกว่าคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่น พอลิแซ็กคาไรด์เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยมอนอแซ็กคาไรด์หลายๆ โมเลกุล รวมกันโดยการเกิดพันธะระหว่างกันและกัน หรือพอลิแซ็กคาไรด์เกิดการรวมตัวของมอนอแซ็กคาไรด์ หลายๆ โมเลกุล โดยพอลิแซ็กคาไรด์เป็นพอลิเมอร์ (Polymer) ส่วนมอนอแซ็กคาไรด์เป็นมอนอเมอร์ (Monomer) และเรียกกระบวนที่มอนอเมอร์ (สารโมเลกุลเล็กๆ)รวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์(สารโมเลกุลใหญ่)ว่ากระบวนควบแน่นพอลิเมอร์ไรเซชัน (Condensationpolymerization)

พอลิแซ็กคาไรด์ที่รู้จักกันดีได้แก่ แป้ง (Starch) ไกลโคเจน (Glycogen) และเซลลูโลส (Cellulose) ซึ่งทั้งแป้งไกลโคเจนและเซลลูโลสต่างก็เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากกลูโคส (มอนอเมอร์) หลายๆ โมเลกุลรวมตัวกัน มีสูตรทั่วไปเป็น $(C_6H_{10}O_5)_n$.

1.1.3.1 แป้ง (starch)

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรต ที่สะสมอยู่ในพืชซึ่งพบทั้งในใบลำต้น ราก ผล และเมล็ด แป้งมีมวลโมเลกุลตั้งแต่ 10,000 ถึง 1,000,000 มีสูตรทั่วไปเป็น $(C_6H_{10}O_5)_n$ นอกจากนั้น ยังพบว่าแป้งประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ 2 ชนิด และทั้งสองชนิดเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส (แป้งเป็นพอลิเมอร์ กลูโคสเป็นมอนอเมอร์) แต่มีมวลโมเลกุลและโครงสร้างต่างกัน พอลิแซ็กคาไรด์ทั้งสองชนิดในแป้งได้แก่อะไมโลส(Amylose)ดังรูปที่6และอะไมโลเพคติน (Amylopectin) ดังรูปที่ 7 โดยปกติในแป้ง มีอะไมโลสประมาณ 20-28% นอกนั้นเป็นอะไมโลเพคติน อะไมโลส ประกอบด้วยกลูโคส 250-300 โมเลกุล ซึ่งต่อกันเป็นโซ่ยาวแบบไม่มีกิ่งแต่โซ่ของ อะไมโลสขดเป็นเกลียวแบบเฮลิกซ์ (Helix)

ส่วนอะไมโลเพคติน บางครั้งพบว่ามีกลูโคสถึง 1,000 โมเลกุลมีโครงสร้างต่างจากอะไมโลส คือ นอกจากกลูโคสต่อเป็นโซ่ยาวแล้วยังต่อแบบเป็นกิ่งด้วย

รูปที่ 6 โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดอะไมโลส
(www.nationlpark.go.th/biocom/garbage-fiber)

รูปที่ 7 โครงสร้างบางชนิดของพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดอะไมโลเพคติน
(www nationlpark.go th/biocom/garbage-fiber)

1.1.3.2 ไกลโคเจน (Glycogen)

ไกลโคเจน หรืออาจเรียกว่าแป้งในสัตว์ (Animal starch) มีมวลโมเลกุล 1,000,000 ถึง 4,000,000 เป็นพอลิเมอร์ซึ่งเกิดจากกลูโคส (มอนอเมอร์) หลายๆ โมเลกุล มารวมตัวกันเช่นเดียวกับแป้ง แต่มีโครงสร้างต่างกับแป้งคือกลูโคสในไกลโคเจนต่อกันเป็นกิ่ง หรือสาขาคล้ายกับ อะไมโลเพคติน แต่มีการแตกแขนงมากกว่าอะไมโลเพคติน กล่าวคือ อะไมโลเพคตินมีการแตกกิ่งหรือสาขาทุกๆ 12 หน่วยของกลูโคส แต่ไกลโคเจนจะมีการแตกกิ่งหรือสาขาทุกๆ 8-10 หน่วยของกลูโคสไกลโคเจนเป็นคาร์โบไฮเดรตสะสมที่พบมากในตับและกล้ามเนื้อของคนและสัตว์ใช้สำหรับเป็นแหล่งของพลังงาน เพราะเมื่อร่างกายต้องการก็สามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นกลูโคสได้อีก นอกจากนั้นไกลโคเจนในตับยังมีประโยชน์ในการมีไว้เพื่อปรับระดับกลูโคสในเลือดให้คงที่ ไกลโคเจนทีอยู่ในตับออกได้โดยการต้มกับเบสแก่ เช่น KOH

1.1.3.3 เซลลูโลส (Cellulose)

เป็นคาร์โบไฮเดรต อีกชนิดหนึ่งที่เป็นพอลิเมอร์ ของกลูโคส (ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสรวมตัวกัน) แต่มีโครงสร้างต่างจากแป้งและไกลโคเจน คือโมเลกุลของกลูโคสต่อกันเป็นโซ่ยาวแบบไม่มีกิ่งก้านสาขาแต่ลักษณะการต่อกัน (เกิดพันธะ) ระหว่างกลูโคสแต่ละคู่ต่างจากในแป้ง และไกลโคเจน เซลลูโลส มีมวลโมเลกุลประมาณ 200,000 ถึง 400,000 เซลลูโลสเป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์ของพืช เซลลูโลสซึ่งพบในพืช เช่น เนื้อไม้ สำลี และฝ้าย เป็นต้น (www.bcw.ac.th/stuchem44/m5/pp02/mupng1/pagcb.htm)

2. เส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers) เป็นอินทรีย์วัตถุที่สำคัญ หาได้ง่ายจากธรรมชาติ มีปริมาณมาก สามารถเกิดขึ้นได้ใหม่ เรื่อยๆ และมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ ด้วยเหตุนี้เส้นใยธรรมชาติจึงนิยมใช้เป็นสารเติมแต่งในพลาสติก โดยอาจเป็นทั้งสารตัวเติมและสารเสริมแรง เพื่อเป็นการลดต้นทุน เพิ่มปริมาณการผลิต และเสริมแรงแก่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิด และขนาดของเส้นใยที่นำมาใช้ โครงสร้างโดยทั่วไปของเส้นใยธรรมชาติประกอบด้วยเซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารประกอบอื่นๆ

2.1 เซลลูโลส (Cellulose)

เซลลูโลสเป็นสารประกอบมูลฐาน ของพืช องค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยธาตุหลัก คือ คาร์บอน 44.4 % ไฮโดรเจน 6.2 % และออกซิเจน 49.4 % (วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา ,2543) ใยเซลลูโลส ทุกชนิดมีคุณสมบัติทั่วไปอย่างเดียวกัน แต่มีแตกต่างกันบ้างเพียงเล็กน้อย ความแตกต่างกันนี้จะบอกให้ทราบว่า ใยนั้นมาจากพืชชนิดใด ลักษณะทางกายภาพอย่าง

เซลลูโลส เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีมากที่สุดในธรรมชาติชนิดหนึ่ง ซึ่งสังเคราะห์ได้จาก UDP- หรือ GDP - glucose (=donor) และ $[O\text{-}\beta\text{-}D\text{-}glucopyranosyl-(1\rightarrow 4)]_n$ (= acceptor) ได้พอลิเมอร์ของกลูโคสในลักษณะ β - configuration คือ β-1.4 เป็นพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้น้อยมาก ดังนั้นปฏิกิริยาจึงช้า (inert) ต่อพวกไฮโดรเลส หรือ hydrolytic enzyme เอนไซม์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสและอนุพันธ์ของเซลลูโลสคือ เซลลูเลส ซึ่งโดยทั่วไปเป็นเอนไซม์ผสมประกอบด้วยเอนไซม์หลายชนิดทำงานร่วมกันคือ

- เอนไซม์ C_1 หรือเรียก hydrogen bondase ทำหน้าที่กระตุ้นหรือแตกสายเซลลูโลสให้มีสภาพที่เหมาะสม คือ ทำให้พันธะไฮโดรเจนอ่อนลง (Weakening) สำหรับเป็นซับสเทรตของ เซลลูเลสลำดับต่อไป คือ เอนไซม์ C_x (กลูคาเนส) ทั้งนี้พบว่าไม่มีหลักฐานการย่อยสลายพันธะ ไกลโคซิล

• เอนไซม์ C_x หรือ β-1,4 glucanases เป็นเซลลูโลสที่ย่อยสลายพันธะในเซลลูโลสหรืออนุพันธ์ของเซลลูโลสที่ละลายน้ำได้ แต่ไม่สามารถย่อยสลาย ซับสเทรตที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ กล่าวคือ สามารถย่อยสลายพันธะ β-1,4 ของซับสเทรตสังเคราะห์ เช่น คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose(CMC)) หรือไฮดรอกซีเอธิลเซลลูโลส (Hydroxyethyl cellulose (CEC)) แบ่งเอนไซม์ในกลุ่มนี้เป็น3 ชนิด คือ

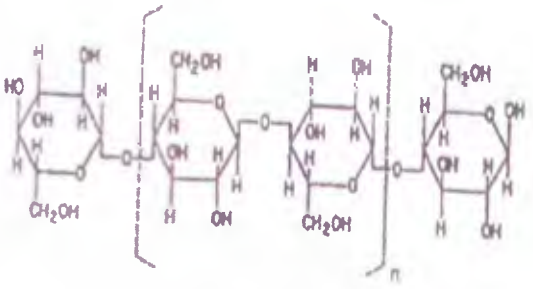
1. เอนโด – เบตา -1, 4 กลูคาเนส (Endo-β-1,4 glucanases) ย่อยสลายสายพอลิเมอร์ภายในสายอย่างอิสระ ได้ผลผลิตเป็นโอลิโกเมอร์และกลูโคส

2. เอกซ์โซ – เบตา –1,4 กลูคาเนส (Exo-β-1,4 glucanases) ย่อยสลายสายพอลิเมอร์ จากปลายสายด้านไม่มีหมู่รีดิวซ์ไปอย่างมีระเบียบ และมีการเปลี่ยนโครงรูปของผลผลิตคือ เปลี่ยน β- เป็น α-Configuration ได้ผลผลิตเป็นเซลโลไบโอสและกลูโคส

3. เบตา – กลูโคซิเดส (β-Glucosidases) คล้าย exo-β-1,4 glucanases คือมี Common substrates เป็นเซลโลไบโอสถึงเซลโลเฮกซ์โซส (กลูโคส จาก 2-6 units) แต่อัตราการย่อยสลายแตกต่างกัน คือ อัตราเร็วจะลดลงเมื่อความยาวของสายพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น และผลผลิตที่ได้นั้น คือ กลูโคส ซึ่งมีโครงรูปเปลี่ยนจากเดิม

เซลลูโลส (Cellulose) เป็นสารประกอบพอลิแซ็คคาไรด์ (Polysaccarides) เชิงเส้นตรงที่ประกอบด้วยหน่วยซ้ำๆกันมีสูตร โมเลกุลทั่วไปคือ ($C_6H_{12}O_6$) เป็นโครงสร้างในเนื้อเยื่อพืช โดยพบรวมกับลิกนิน เพนโตแซกัม แทนนิน ไขมัน สารที่ทำให้เกิดสี เป็นต้น

เซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลถึง 3 หมู่ (เป็น Primary group 1 หมู่ และ secondary group 2 หมู่) (วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา; 2543) สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของ เซลลูโลสจึงมีมาก และโครงสร้างของเซลลูโลส ยังจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ ดังรูปที่ 8 จึงทำให้เซลลูโลสมีความเป็นผลึกสูงมาก อุณหภูมิการหลอมตัว สูงมาก มักจะเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิหลอมตัว และมีความสามารถในการละลายต่ำ เซลลูโลสธรรมชาติจะมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยต่างกัน การกระจายน้ำหนักโมเลกุล ของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพ ส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ จะส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพไม่ดี ในทางอุตสาหกรรมจะหาน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณได้โดยการวัดความหนืด



รูปที่ 8 สูตรโครงสร้างของเซลลูโลส

(www.nationlpark go.th/biocom/garbage-fiber)

2.1.1 สมบัติทางกายภาพของเซลลูโลส

2.1.1.1 การละลาย

เซลลูโลสไม่ละลายน้ำแต่จะละลายในกรดเข้มข้น เช่นกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) เป็นต้น โดยเซลลูโลสจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็วในสารละลายกรดที่อุณหภูมิห้องแต่จะหยุดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำเซลลูโลสบวมตัว ในสารละลายของเกลือเข้มข้นบางชนิด เช่น สารละลายอัลคาไลไฮดรอกไซด์ (Alkali hydroxide) บางครั้งทำให้เซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ สามารถละลายได้

โครงสร้างทางเคมีนี้นับว่ามีบทบาทอย่างยิ่งต่อการกำหนดสมบัติของเส้นใย กล่าวคือ หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จะเป็นตัวดึงดูดน้ำและลักษณะการเรียงตัวเป็นลูกโซ่โมเลกุลยาวทำให้มีความแข็งแรงสูงตามไปด้วย

2.1.1.2 ความหนืด

ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญ อย่างหนึ่งของเซลลูโลสโดยถ้าเราเพิ่มความเข้มข้นของเซลลูโลส ความหนืดก็จะเพิ่มขึ้นอย่างเร็ว ทำให้มีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น

2.1.1.3 การดูดซับความชื้น

เซลลูโลสส่วนใหญ่ จะมีการดูดซับหรือการคายไอน้ำ หรือของเหลวอื่นๆ ในบรรยากาศรอบตัวของมัน จนกระทั่งถึงจุดสมดุล โดยสมดุลของความชื้นของเซลลูโลส จะแปรเปลี่ยนไปตาม ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศนั้น ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ เช่น เมื่อความชื้นสูงขึ้น ค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น

2.1.1.4 ความหนาแน่น

เซลลูโลสที่เป็นเส้นใยเดี่ยวจะไม่มีค่าความหนาแน่นที่ แน่นอน ค่าความหนาแน่นจะแปรเปลี่ยนไปตามแหล่งที่มาหรืออาจเปลี่ยนไป เนื่องจาก การปรับปรุงทางเคมี

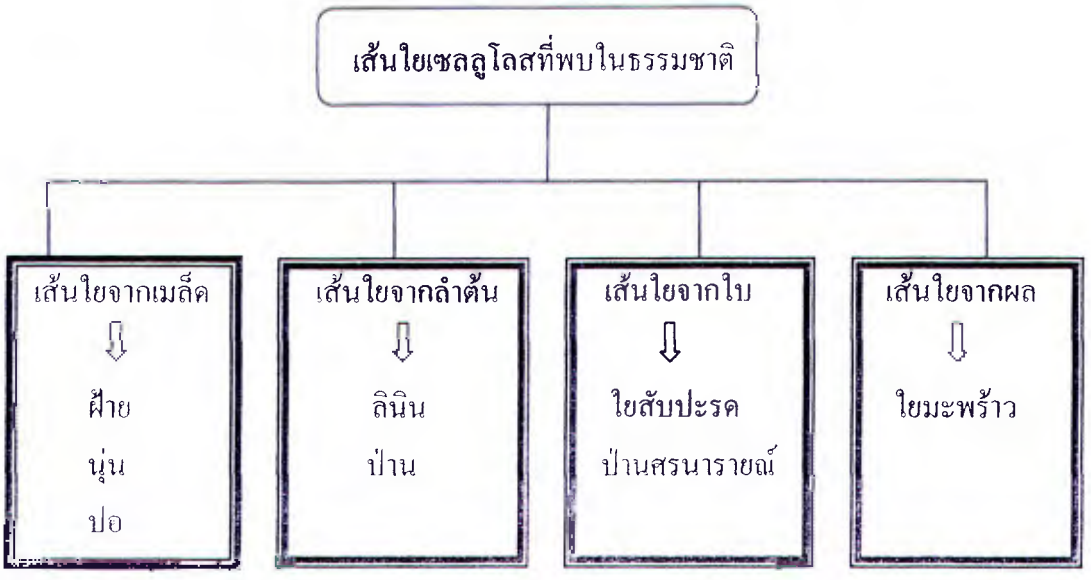
2.1.2 สมบัติทั่วไปของเซลลูเลส

1. มีมวลโมเลกุลโดยเฉลี่ย63,000 (Homogeneous Myrothecium verrucaria cellulases)
2. pH optimum ที่ 5.5 – 6.0
3. เสถียรที่ 100 °C , 5 นาที pH 7.0
4. ถูกยับยั้งด้วยอิออนของโลหะหนัก,สารพวกซัลไฟดริล,สารทำปฏิกิริยา ออกซิเดชัน-รีดักชัน และโดยผลผลิตคือ กลูโคส
5. วัดแอคติวิตีจากการวัด หมู่รีดิวซ์ที่เกิดนิยมใช้ สับสเทรตที่ละลายน้ำได้ดีคือ สับสเทรตสังเคราะห์ เช่น คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส ใยเซลลูโลสทุกชนิดมีคุณสมบัติทั่วไปอย่างเดียวกัน มีแตกต่างกันบ้างเพียงเล็ก น้อยความแตกต่างกันนี้จะบอกได้ว่า ใยนั้นมาจากพืชชนิดใด และยังได้มีการแบ่งชนิดของเส้นใยได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 (วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา ,2543)

ตารางที่ 3 การแบ่งชนิดของเส้นใย

เส้นใยธรรมชาติ			
เซลลูโลส(เส้นใยพืช)	**โปรตีน (เส้นใยสัตว์)**	**แร่**	**ยาง**
- ฝ้าย(cotton)	- ขนสัตว์(wool)	- แร่ใยหิน(asbestos)	- ยาง(rubber)
- ลินิน(linen)	- ไหม(silk)		
- ปอ(jute)	- ผม(hair)		
- รามี(ramie)			
- ป่าน(hemp)			
- นุ่น (kapok)			

ในธรรมชาติจะพบเส้นใยเซลลูโลส จากส่วนต่างๆของพืชแตกต่างกันได้ หลากหลาย บางประเภทเป็นเส้นใยที่ได้จากเมล็ด บางประเภทเป็นเส้นใยจากลำต้น เส้นใย จากใบหรือแม้กระทั่งเส้นใยจากผลตามที่แสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 เส้นใยเซลลูโลสในธรรมชาติที่ได้จากส่วนต่างๆของพืช

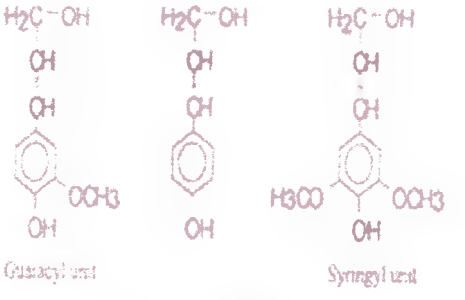
(www.nationlpark.go.th/biocom/garbage-fiber)

2.2 เฮมิเซลลูโลส

เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นพอลิแซกคาไรด์ชนิดหนึ่ง ซึ่งคล้ายเซลลูโลส แต่ประกอบ ด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลายชนิด เช่นกลูโคส กาแลกโตส แมนโนส ไซโลส อะราบิโนส รวมทั้งกรดกลูคูโรนิก และกาแลกทูโรนิก **เฮมิเซลลูโลส** พบในเนื้อเยื่อ ของพืช โดยรวมอยู่กับสารอื่นๆ เช่น ลิกนิน เซลลูโลส เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ พบมากในแกลบ ซังข้าวโพด เฮกโซแซน สูตรทางเคมีคือ $(C_6H_{12}O_5)_{2n}$

2.3 ลิกนิน

ลิกนิน (Lignin) เป็นสารประกอบเชิงซ้อน มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มักพบอยู่รวมกับ เซลลูโลส ลิกนินเป็นสารที่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนรวมกันเป็นหน่วย ย่อยหลายชนิด ซึ่งเป็นสารอะโรมาติก ลิกนิน ไม่ละลายน้ำ ไม่มีสมบัติทางการยืดหยุ่น เพราะ ฉะนั้นจึงทำให้ พืชที่มีลิกนินมาก มีความแข็งแรงทนทาน เมื่อพืชตายลิกนินจะถูกย่อย ด้วย เอนไซม์ลิกเนส (Lignase) หรือลิกนินเนส (Ligninase) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญในรา ตัวอย่าง หน่วยที่ซ้ำกันของลิกนินแสดง ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 หน่วยที่ซ้ำกันของลิกนิน

(www.nationlpark.go.th/biocom/garbage-fiber)

3. ประวัติและความเป็นมาของกระดาษ

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการผลิตกระดาษคือ เยื่อกระดาษ หากแต่ในอดีตก่อนที่จะมีการค้นพบวิธีการทำกระดาษนั้น ชนทั่วโลกต่างก็คิดค้นหาวัสดุต่างๆในท้องถิ่นเพื่อจดบันทึกเรื่องราวแห่งตนมาก่อนแล้ว ชนผิวเหลือง ตาชั้นเดียวอย่างจีน ก็เคยจารึกเรื่องราวที่เกิดขึ้นบนแผ่นดินอันกว้างใหญ่ของซีกโลกตะวันออกลงบนไม้ไผ่ และผืนโลกตะวันออกอีกชาติหนึ่ง ใช้ต้นกกชนิดหนึ่งที่เรียกว่าปาปิรัส (papyrus) บันทึกเรื่องราวแห่งตน และ ปาปิรัส (papyrus) คำนี้เองที่เป็นต้นศัพท์ของคำว่า paper ซึ่งหมายถึงกระดาษ

จีนเป็นชาติแรกที่ค้นพบการทำกระดาษเมื่อ 2,000 ปีมาแล้ว โดยชาวเมืองลีบาง ที่ชื่อ ไซลุง เมื่อปี ค.ศ. 105 ในสมัยพระเจ้าจักรพรรดิโฮตี่ ไซลุง ใช้เปลือกไม้ เศษปอ ผ้าขี้ริ้ว และอวนแหเก่าๆ มาต้มทุบให้เปื่อย แล้วนำมาผสมกับน้ำ เกิดเป็นเยื่อกระดาษ (pulp) เมื่อนำเยื่อมาเกลี่ยบนตะแกรง ปล่อยให้น้ำไหลออกจากตะแกรง นำมาบดให้แห้งชาวเมืองลีบางก็ได้แผ่นกระดาษ

นับจากวันที่ไซลุงคิดค้นการทำกระดาษได้สำเร็จ กระดาษก็ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของชาวจีนมากขึ้นพวกเขาใช้กระดาษเขียนหนังสือ ใช้ทำไพ่ ทำแบงก์ กงเต็ก ทำธนบัตร ใช้ห่อของ และอื่นๆ แม้ว่าจีนจะขายกระดาษให้ต่างชาติด้วยแต่ชนผิวเหลืองร่างเล็กบนผืนดินใหญ่ก็ยังรักษาความลับในการผลิตกระดาษเอาไว้กับตัวเป็นเวลานานมากกว่าที่จะเผยเทคนิควิธีไปยังเกาหลี อินเดีย และญี่ปุ่น ทั้งยังผ่านทางอาหรับเข้าสู่ชาติยุโรปอย่างสเปนและอิตาลีในศตวรรษที่ 13 และแพร่หลายไปทั่วผืนแผ่นดินยุโรปในเวลาต่อมา

โลกไม่เคยหยุดนิ่ง และสิ่งต่างๆ บนโลกก็ล้วนแปรเปลี่ยนมีพัฒนาการอยู่ตลอดเวลา การผลิตกระดาษ ในระยะแรกนับจากไซลุงชาวเมืองลีบางนั้นทำด้วยมือทั้งสิ้น จนปี ค.ศ. 1799 ชาวฝรั่งเศสชื่อ Nicholas ‘Louis ‘ Robert ได้ผลิตเครื่องจักรผลิตกระดาษขึ้นโดยใช้มือหมุน แต่ก็ได้

ผลไม่ดีนักกระทั่งได้รับการพัฒนาจนใช้การได้ดีมีประสิทธิภาพในปี ค.ศ. 1812 โดยชาวอังกฤษตระกูล Fourdrinier เครื่องจักรผลิตกระดาษจึงได้ชื่อว่า Fourdrinier มาจนถึงปัจจุบัน

สำหรับชาวไทยสันนิษฐานว่าโปรตุเกสเป็นชาติแรกที่นำกระดาษแบบฝรั่งเข้ามาในไทย เพราะจากคำว่าภาษาโปรตุเกส Cratas นั้นสันนิษฐานกันว่า เป็นคำที่ไทยแผลงเป็นกระดาษในเวลาต่อมา ไม่มีหลักฐานปรากฏแน่ชัดว่ากระดาษในเมืองไทยนั้นเริ่มขึ้นเมื่อใด อย่างไรก็ตามในสมัยกรุงศรีอยุธยาได้พบว่ามีกระดาษใช้แล้วหลักฐานก็คือ พงศาวดารฉบับหลวงประเสริฐซึ่งนับเป็นหนังสือที่เก่าแก่ที่สุด เป็นกระดาษข่อยสีดำตัวอักษรสีขาว ขณะนี้ก็เก็บไว้ที่หอสมุดแห่งชาติ

กระดาษข่อยและกระดาษสานับเป็นกระดาษที่คนไทยผลิตได้เองมาตั้งแต่โบราณ กระดาษข่อยทำจากเปลือกต้นข่อย เอามาแช่ในน้ำให้อ่อนตัวแล้วฉีกเป็นฝอยหยาบๆ นำไปคลุกเคล้ากับปูนขาว ราดน้ำแล้วย่ำเพื่อให้เปลือกข่อยนุ่ม จากนั้นหมักทิ้งไว้ราว 3-4 วัน แล้วนำไปล้างน้ำเพื่อให้ปูนขาวที่จับอยู่หลุดออก นำไปต้มให้เปื่อยแล้วทุบด้วยค้อนไม้ เมื่อเนื้อข่อยละเอียดก็เอาไปคลุกปั่นกับน้ำได้เป็นเยื่อ จากนั้นใช้แพนงซึ่งเป็นกรอบไม้บุด้วยผ้ามุ้ง วางลงในน้ำเอาเยื่อข่อยละลายลงในแพนงเกลี่ยแผ่นให้เต็มเสมอกัน ยกขึ้นจากน้ำแล้วตากแดดให้แห้ง จึงลอกออกเป็นแผ่นส่วนกระดาษสานั้นทำมาจากปอสาซึ่งต้องนำมาแช่น้ำต้มและทุบใช้หลักการเดียวกับกระดาษข่อยนั้นเอง

การผลิตกกระดาษแบบสมัยใหม่ในประเทศไทยเริ่มต้นเมื่อปี พ.ศ. 2460 เนื่องจากเป็นภาวะสงครามโลก กระดาษจากต่างประเทศมีน้อย กรมแผนที่ทหารบก จึงเริ่มผลิตกระดาษขึ้นใช้ในราชการกระทรวงกลาโหมแต่ในการผลิตด้วยมือแบบจีนโบราณจึงผลิตได้น้อยมาก ต่อมามีการผลิตกระดาษด้วยเครื่องจักรเป็นครั้งแรกที่ ท่าพายัพ ถนนสามเสน ในปี พ.ศ. 2466 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคือเศษกระดาษที่เก็บเกี่ยวจากสถานที่ราชการและซื้อมาจากประชาชน นำมาทุบบดเป็นเยื่อแล้วนำไปทำเป็นกระดาษขึ้นใหม่ โรงงานนี้สามารถผลิตกระดาษขึ้นที่ กาญจนบุรี ด้วยเป็นแหล่งที่มีไม้ไผ่และไม้เบญจพรรณเนื้ออ่อนอยู่มาก ไม้ดังกล่าว เป็นวัตถุดิบสำคัญในการทำเยื่อกระดาษและมีโรงงานอีกหลายแห่ง ที่บางปะอินผลิตกระดาษจาก ฟางข้าวและหญ้าขจรจบ ถึงวันนี้ในเมืองไทยมีโรงงานกระดาษอยู่ถึง 38 แห่ง (วิมลรัตน์ ศรีจรัสสิน : 2536)

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำกระดาษ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตกระดาษคือ เซลลูโลสเป็นเส้นใยที่ได้มาจากพืชส่วนใหญ่ซึ่งได้มาจากต้นไม้ยืนต้น ประเภทเนื้ออ่อน ได้แก่ ต้นสน ยูคาลิปตัส พืชชนิดอื่นๆ ได้แก่ ไผ่ ชานอ้อย ฝ้าย หญ้าไมยราบ ฟางข้าวต่างๆ อาจกล่าวได้ว่าพืชทุกชนิดที่มีเส้นใยอาจนำมาทำกระดาษได้ แต่ในการทำกระดาษเป็นอุตสาหกรรมนั้นจะใช้พืชชนิดที่ให้เส้นใยที่เหมาะสมกับการผลิตเท่านั้น และปัจจุบันการใช้พืช เป็นวัตถุดิบในการผลิตอุตสาหกรรมกระดาษ ทำให้ต้องมีการใช้เยื่อกระดาษอย่างระมัดระวัง จึงได้มีการนำเศษวัสดุไม้จากอุตสาหกรรมอื่น หรือจากการเกษตรมา

ส่งเสริมการแสวงหาวัตถุดิบใหม่ๆ ที่ไม่ใช่ต้นไม้ใหญ่ รวมทั้งการทำกระดาษที่ใช้แล้วหมุนเวียนมาใช้ใหม่ เพื่อให้มีการใช้วัตถุดิบอย่างคุ้มค่าและรักษาสิงแวดล้อมของโลก การผลิตกระดาษภายในประเทศปกติจะใช้วัตถุดิบ 3 ประเภท ดังนี้

3.1.1 เศษกระดาษและเยื่อกระดาษจากต่างประเทศ

ประเทศไทยมักจะสั่งซื้อ เศษกระดาษสำเร็จรูปพร้อม ที่จะใช้งานได้ทันที จากประเทศอเมริกา สิงคโปร์และฮ่องกง ส่วนเยื่อที่นำเข้าส่วนใหญ่จะเป็นเยือใยชนิดยาว เช่น เยื่อ Albiemd และเยื่อ Frovifors จากประเทศ สวีเดน

3.1.2 เศษกระดาษภายในประเทศ

มีลักษณะเป็นมัดโดยตรงหรือจากพ่อค้ากลางอาจจะได้มาตรฐานหรือไม่ได้มาตรฐานก็ได้ ซึ่งโรงงานทำกระดาษจะต้องตรวจสอบอีกครั้งก่อนนำไปใช้จริง เยื่อกระดาษที่ผลิตได้ภายในประเทศ ขณะนี้ประเทศไทย สามารถผลิตเยื่อใยชนิดสั้นได้เท่านั้น โดยได้จากพืชท้องถิ่นหลายชนิด ได้แก่ เยื่อกระดาษนั้นวิเคราะห์ได้จากผนังเส้นใยของพืชเหล่านั้น ซึ่งควรประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ซึ่งเป็นวัสดุพื้นฐานในการผลิตกระดาษ ในการผลิตกระดาษส่วนที่เป็นเส้นใยจะเปลี่ยนสภาพเป็นเยื่อได้ โดยเส้นใยเหล่านี้จะถูกแยกออกจากกันด้วยวิธีเคมีหรือวิธีกลซึ่งแยกเอาสารที่มีอยู่ระหว่างผนังเซลลูโลส ออกจากกันให้เหลือแต่ส่วนที่เรียกว่า เยื่อ พบว่าคุณภาพเฉพาะตัวของกระดาษ ที่ทำขึ้นมาจะขึ้นอยู่กับสี ความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยืดหยุ่นและความแข็งแกร่งของเส้นใยที่ใช้ เป็นต้น เนื้อไม้ที่นำมาทำเป็นเยื่อมีทั้งชนิดไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็ง โดยเฉลี่ยแล้วไม้เนื้ออ่อนจะมีเส้นใยที่มีความยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร ส่วนไม้เนื้อแข็งจะมีเส้นใยที่สั้นกว่า คือยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร ความแตกต่างของความยาว และโครงสร้างของเส้นใยของไม้เนื้ออ่อน และไม้เนื้อแข็งมีความสำคัญ และมีผลต่อคุณสมบัติของกระดาษเป็นอย่างมาก เช่นความเหนียว ความขาว ความสามารถในการดูดซึมหมึก การยืดหดฯลฯ (บุณยวีย์ น้ำขาว : 2541)

3.2 เยื่อกระดาษที่ใช้ทำกระดาษแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ตามกรรมวิธีการผลิต คือ

3.2.1 เยื่อเชิงกล (mechanical pulp) ได้จากการแยกเส้นใยออกจากไม้เนื้ออ่อนโดยวิธีกลหินบด (grindstone) จะทำให้ได้เยื่อใยสั้น อีกวิธีหนึ่งได้จากการย่อย (refine) ชิ้นไม้ (chip) ด้วยวิธีกล และความดันวิธีนี้ทำให้ได้เยื่อทียาวขึ้นมีความทนทานมากขึ้น วิธีการทำเยื่อเชิงกลหรือไม้บดทั้ง 2 วิธี เป็นวิธีที่ประหยัดกว่าการผลิตเยื่อโดยวิธีอื่น เพราะใช้เยื่อไม้ทั้งหมดไม่มีเศษทิ้ง เพราะเยื่อประเภทนี้มีคุณสมบัติในการดูดซึมดี ทึบแสง มีความหมุนตัว(compressibity) แต่เยื่อชนิดอื่นๆ เช่นเยื่อที่ได้จากต้นสน มีคุณสมบัติที่ดี คือ ทึบแสง และดูดซึมหมึกได้ดี

3.2.2 เยื่อเคมี (chemical pulp) ได้จากการบดเส้นใย ออกจากไม้หรือพืชต่างๆ โดยใช้กระบวนการทางเคมี เช่น เยื่อที่ได้จากไม้เนื้ออ่อนและเนื้อแข็งประเภทต่างๆ เยื่อที่ได้จากชานอ้อย ฟางข้าว ไม้ไผ่ และปอ เยื่อพวกนี้มีคุณสมบัติที่ดี คือขนาดของเยื่อยาว และมีความเหนียวดี

3.2.3 เยื่อกึ่งเคมี (semichemical pulp) ได้จากการเตรียมเยื่อตามกระบวนการทางเคมีและวิธีการเชิงกลผสมกัน ทำให้ได้เยื่อมากยิ่งขึ้น แต่ความยาวของเยื่ออาจจะน้อยลง เยื่อประเภทนี้มี คุณสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพปานกลาง เมื่อเทียบกับเยื่อที่ได้จากวิธีทางเคมี

3.2.4 เยื่อความร้อน - เชิงกล (Thermo - Mechanical Pupl หรือ TMP) วิธีการนี้จะต้มเยื่อโดยใช้ความร้อนให้ลิกนินอ่อนตัวและทำการบดในขณะร้อน โดยไม่ใช้สารเคมี ซึ่งเยื่อที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับเยื่อเคมีแล้ว จะมีราคาถูกกว่าและมีความแข็งตึง (stiffness) มากกว่า แต่ขณะเดียวกันมีความเหนียวด้อยกว่า ดังนั้นส่วนใหญ่จะใช้เยื่อ TMP นี้ไปผสมกับเยื่ออื่นเพื่อทำกระดาษลูกฟูก

3.3 การทำกระดาษ

การทำกระดาษในปัจจุบันมีอยู่ 2 วิธีคือ การทำกระดาษด้วยมือ และการทำกระดาษด้วยเครื่องจักร

3.3.1 การทำกระดาษด้วยมือ

การทำกระดาษด้วยมือนั้นมีโอกาสที่จะนำวัตถุดิบชนิดต่างๆมาทำกระดาษได้อย่างกว้างขวางกว่าการทำกระดาษด้วยเครื่องจักร ของเพียงแต่ว่าวัตถุดิบนั้นๆมีคุณสมบัติในการกระทำเป็นเยื่อกระดาษได้ดี และเหมาะสมกับการทำด้วยมือส่วนกรรมวิธีก็อาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของวัตถุดิบ ฉะนั้นจึงปรากฏว่า การทำกระดาษด้วยมือได้มีการศึกษาและค้นคว้าเรื่องวัตถุดิบอยู่ตลอดเวลา วัตถุดิบหลายชนิดได้ถูกนำมา ใช้ในการทำกระดาษด้วยมือเช่น ต้นกล้วย ต้นกก ต้นหญ้าบางชนิดและพวกใยปอต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้แล้วก็ยังมีวัตถุดิบชนิดต่างๆ อีกเป็นจำนวนไม่น้อยที่ได้มีการทดลองและค้นคว้าในด้านการทำเป็นเยื่อกระดาษได้ผลแล้วหากแต่ในปัจจุบันยังประสบกับอุปสรรคที่เกี่ยวกันเรื่องต้นทุนในการผลิตอยู่เพราะมีวัตถุดิบหลายชนิดเมื่อนำเอามาทำเป็นเยื่อกระดาษแล้วมีต้นทุนการผลิตสูง จึงยังไม่สามารถที่จะนำมาทำเป็นการค้าได้ในขณะนี้ เช่นกระดาษที่ทำจากเส้นใยปอชนิดต่างๆ หรือ กระดาษที่ทำจากเปลือกข่อยด้วยวัตถุดิบดังกล่าวเมื่อนำมาทำเป็นกระดาษด้วยการทำด้วยมือ จะมีลักษณะและคุณสมบัติคล้ายกับกระดาษสา แต่ราคาต้นทุนในการผลิตสูงกว่ากระดาษสา ฉะนั้นในสภาพเศรษฐกิจปัจจุบันนี้จึงยังทำเป็นการค้าไม่ได้นอกจากจะทำเป็นการทดลองหรือกรณีพิเศษเท่านั้น มีขั้นตอนการทำดังนี้

- **การเตรียมวัตถุดิบ** ขั้นแรกนำเอาพืชมาตัดส่วนใบและส่วนรากทิ้ง หรือเหลือไว้แค่ ลำต้น คือส่วนที่เป็นก้านใบ นำเอาไปล้างน้ำและตากแดดให้แห้ง

- **การต้มเยื่อ** เอาพืชที่ตากแดดแห้งแล้วไปชั่งหาน้ำหนัก เพื่อคำนวณจำนวนน้ำด่างหรือโซดาไฟ ที่ใช้ในการต้มได้ถูกต้อง อัตราส่วนการใช้โซดาไฟในการต้มเยื่อพืชคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักพืชที่ตากแห้งแล้วการต้มให้ต้มน้ำให้เดือดเสียก่อน แล้วจึงใส่โซดาไฟตามจำนวนลงไป ต่อไปก็ใส่พืชลงในหม้อต้ม เอาของหนักทับไว้ข้างบนประมาณ 10 นาที พืชจะยุบตัว และให้ทำการต้มเคี่ยวต่อไปจนกว่าพืชจะสุกเปื่อย ซึ่งใช้เวลาต้มประมาณ 2 ชั่วโมง (ฉลอง เอี่ยมอาทร : 2543)

- **การเตรียมเยื่อ** พอต้มเยื่อพืชเปื่อยยุ่ยดีแล้วก็เอาออกจากหม้อต้มนำเอาไปล้างน้ำจนหมดน้ำด่างที่ต้มล้างหลายๆ ครั้ง แล้วจึงเอาไปใส่ในเครื่องที่ตีเยื่อ เพื่อให้เป็นเยื่อกระดาษ ถ้าไม่มีเครื่องตีเยื่อก็เอาใส่ครกขนาดใหญ่ ตำจนเป็นเยื่อกระดาษแล้วเอา ไปกรองด้วยตะแกรงลวดมุ้งชนิดตาถี่ เพื่อล้างเอาน้ำด่าออกอีกทีหนึ่งจะได้เยื่อกระดาษมีสีคล้ำ (สีน้ำตาลแก่) ก่อนที่จะนำเอาเยื่อกระดาษไปทำเป็นแผ่นกระดาษก็ต้องมีการฟอกเยื่อให้ขาวเสียก่อน การฟอกเยื่อให้ฟอกด้วยแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ ในอัตราส่วนความเข้มข้นของน้ำยาลงไปพอท่วมเยื่อและแช่ทิ้งไว้ 2-3 ชั่วโมงในขณะที่แช่น้ำยาฟอกขาวควรเอาออกไปตากแดดด้วย เพราะจะทำให้เยื่อขาวเร็วขึ้นต่อจากนั้นก็นำเยื่อไปล้างน้ำให้สะอาด จนหมดกลิ่นน้ำยาฟอกขาว ถ้ามีเครื่องตีเยื่อควรฟอกเยื่อในขณะที่ตีเยื่อแล้วถ่ายน้ำล้างเยื่อที่ฟอก 2 ครั้ง ก็จะได้เยื่อที่ขาวพร้อมที่จะนำไปทำเป็นกระดาษได้ โดยจะได้เยื่อชนิดเส้นใยสั้น การเตรียมเยื่อกระดาษสำหรับทำแผ่นกระดาษ จะต้องผ่านขั้นตอนการเตรียมเยื่อดังนี้ (ฉลอง เอี่ยมอาทร,2543)

การแช่วัสดุ ในน้ำโดยการนำวัสดุแช่ในน้ำประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อให้วัสดุอ่อนตัวลงก่อน ทีจะนำไปต้มต่อไป ซึ่งถ้าไม่นำไปแช่น้ำก่อน จะทำให้การต้ม กินเวลานานกว่าการแช่ไม่แช่น้ำแล้วจึงต้ม

การต้มเยื่อ เพื่อให้วัสดุนิ่มและเยื่อแตกตัวได้ดีก่อนที่จะนำไปทุบ การต้มนี้จะทำได้ใน 2 ลักษณะ คือ

1. ต้มโดยใช้ขี้เถ้าเป็นวิธีแบบพื้นบ้านทั่วไป ขี้เถ้าที่ใช้จะเป็นขี้เถ้าไม้หรืออาจใช้ขี้เถ้าถ่าน วิธีการต้มจะใช้ถังน้ำมันหรือถังก๊าซเก่าใส่น้ำ นำวัสดุและขี้เถ้าไปต้มประมาณ 3-6 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณสมบัติของขี้เถ้าที่ใส่คือ ถ้าใส่ขี้เถ้าจำนวนมากหรือเป็นขี้เถ้าเค็มก็จะใช้เวลาในการต้มน้อยกว่าการใส่ขี้เถ้าน้อยและเป็นขี้เถ้าไม่เค็ม

2. ต้มโดยใช้โซดาไฟ เป็นวิธีที่สะดวกและประหยัดเวลาทั้งยังให้ผลแน่นอนกว่าใช้ขี้เถ้า แต่จะมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าวิธีต้มด้วยขี้เถ้า โซดาไฟที่ใช้ในการต้ม ราคา 5 กิโลกรัมประมาณ 45 บาท วัสดุที่ผ่านการต้มแล้วต้องล้างน้ำสะอาด เพื่อกำจัด ขี้เถ้าหรือโซดาไฟ

การฟอกสี วัสดุที่ต้มแล้วผลิตโดยทั่วไป จะนำไปทุบเยื่อ แต่มีผู้ผลิตในบางแหล่งผลิต ทำการฟอกสีเยื่อกระดาษเสียก่อนที่จะนำไปทุบ เพื่อให้ได้กระดาษที่ขาวขึ้นกว่าสีของเยื่อกระดาษตามธรรมชาติ การฟอกสีจะใช้แคลเซียมไฮโปคลอไรด์

การทุบเยื่อ เยื่อกระดาษซึ่งผ่านการต้มทำความสะอาดแล้วจะนำมาตีหรือทุบเยื่อให้แตกละเอียดสม่ำเสมอ เพื่อนำไปทำแผ่นกระดาษต่อไป การทุบเยื่อกระดาษสามารถทำได้ 2 วิธี คือ ทุบด้วยมือและใช้เครื่องตีเยื่อ

- **การทำแผ่นกระดาษ** เนื่องจากเยื่อพืชที่ได้นั้นมีลักษณะเป็นเยื่อชนิดเส้นใยสั้นนั้นการนำเอาไปทำเป็นแผ่นกระดาษจะต้องใช้เยื่อชนิดเส้นใยยาวจำพวกเยื่อที่ได้จากใยปอ เช่น เยื่อจาก ปอสา ผสมลงไปในอัตราส่วน 20 % ของเยื่อพืช การผสมเยื่อในเครื่องตีเยื่อจะทำให้เยื่อกระดาษเข้ากันดีกว่าการผสมเยื่อด้วยวิธีอื่น การทำแผ่นกระดาษนั้นอุปกรณ์ในการทำแผ่นกระดาษประกอบด้วยถังช้อนกระดาษขนาดกว้าง 0.80 เมตร ยาว 1.25 เมตร สูง 0.50 เมตร ขังไม่รั่ว จำนวน 1 ถัง ตะแกรงช้อนแผ่นกระดาษขอบทำด้วยไม้กรุด้วยตาข่ายไนล่อนชนิดตาถี่ขนาดกว้าง 0.46 เมตร ยาว 0 50 เมตร จำนวนหลายๆ อัน จากกระดาษที่ผ่านการทุบแล้วจะนำมาทำเป็นแผ่นกระดาษได้ มีวิธีการทำอยู่ 2 วิธี คือ

1. **วิธีการช้อนแผ่นกระดาษ** เริ่มต้นด้วยการตักน้ำใส่ถังช้อนเกือบเต็มถัง น้ำสำหรับใช้ช้อนแผ่นกระดาษต้องเป็นน้ำที่สะอาด ต่อจากนั้นก็เอาเยื่อกระดาษ ที่ได้เตรียมไว้แล้วใส่ลงในถังช้อน การใส่เยื่อลงไปในถังช้อนมีกฎเกณฑ์ดังนี้ คือถ้าต้องการแผ่นกระดาษบางก็ใส่เยื่อลงถังแต่น้อยแต่ถ้าต้องการแผ่นกระดาษหนาก็ใส่เยื่อลงในถังช้อนให้มากขึ้นตามความหนาที่ต้องการ หลังจากใส่เยื่อลงถังช้อน แล้วก็ใช้ไม้กวนเยื่อให้เยื่อกระจายออกจากกันโดยทั่ว แล้วขั้นต่อไปก็เอายางกระเจี๊ยบสด ใส่ลงในถังช้อนเพื่อผสมกับเยื่อกระดาษ การใส่น้ำยางกระเจี๊ยบสดเพื่อผสมกับเยื่อมีกฎเกณฑ์ดังนี้คือ ถ้าต้องการแผ่นกระดาษบางก็ใส่น้ำยางกระเจี๊ยบให้มากถ้าต้องการให้แผ่นกระดาษหนาก็ใส่น้ำยางกระเจี๊ยบเล็กน้อยคือตรงกันข้ามกับการใส่เยื่อดังกล่าวมาแล้ว ตามปกติการทำกระดาษแบบธรรมดาทั่วๆไป จะใส่น้ำยางกระเจี๊ยบสดลง ในถังช้อนกระดาษครั้งแรกประมาณ 3 ลิตร และค่อยๆเติมในตอนใส่เยื่อครั้งต่อๆ ไปอีกครั้งละ 1 ลิตร การใส่เยื่อลงไปครั้งแรกแล้วช้อนแผ่นกระดาษไปประมาณ 10 แผ่น ก็เติมเยื่อลงไปอีก ถ้าเยื่อกระดาษที่มีอยู่ในถังช้อนน้อยเกินไป เวลาช้อนแผ่นกระดาษจะสังเกตเห็นได้ว่า เยื่อจะติดตะแกรงช้อนบางลอยตัวและเส้นใยของ

เยื่อกระจาย ออกจากกันอย่างสม่ำเสมอ และน้ำในถังช้อนจะมีลักษณะลื่นทำให้กระดาษทำได้รวดเร็วขึ้น กระดาษที่ได้มีความหนาบางสม่ำเสมอดี

วิธีช้อนแผ่นกระดาษใช้มือ 2 ข้างจับตะแกรงทางด้านขวาตักลงไปในกะละมัง โดยการตักเข้าหาตัว แล้วยกตะแกรงขึ้นตรงๆ แล้วเทน้ำในตะแกรงออกไปข้างหน้าโดยเร็ว การจับของตะแกรงต้องจับให้ขอบตะแกรงตรง และตะแกรงขนานกับถังช้อนอย่าจับให้ตะแกรงเอนซ้ายเอนขวา การจับตะแกรงช้อนไม่ตรงเป็นเหตุหนึ่งที่ทำให้แผ่นกระดาษที่ช้อนได้มีความหนาบางไม่สม่ำเสมอกัน เมื่อยกตะแกรงช้อนขึ้นพ้นน้ำและเทน้ำออกหมดแล้วให้เอาตะแกรงช้อนนี้ไปตากแดด แล้วเอาตะแกรงช้อนอันใหม่มาทำการช้อนแผ่นกระดาษต่อไปอีกเรื่อยๆ จนกว่าจะเห็นเยื่อกระดาษในถังช้อนน้อยลงและกระดาษที่ช้อนบางกว่าที่ต้องการแล้วก็เอาเยื่อกระดาษใส่ลงถังช้อนอีกเมื่อใส่เยื่อแล้วก็เติมน้ำยางกระเจี๊ยบ (ให้เยื่อกระดาษกระจายตัวได้ดี) ลงไปด้วย เอาไม้กวนเยื่อให้กระจายออกจากกันเหมือนกับการใส่เยื่อครั้งแรก แล้วจึงทำการช้อนแผ่นกระดาษต่อไปอีก

การช้อนกระดาษ ด้วยวิธีดังกล่าวจะต้องเตรียมตะแกรงช้อนไว้เป็นจำนวนมากเพราะเมื่อช้อนแผ่นกระดาษแล้วต้องนำเอาไปตากแดดทั้งตะแกรงจนกว่ากระดาษจะแห้งสนิท ถ้าเป็นฤดูแดดดี ก็ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง กระดาษก็จะแห้ง

2. การแตะ โดยการนำเยื่อที่ทุบเป็นก้อนมาละลายกวนในกระบอกไม้ไผ่ โดยผสมกับน้ำเล็กน้อยใช้ไม้กระทุ้งเพื่อให้เยื่อแตกตัวสม่ำเสมอดี เทลงในตะแกรงกรุด้วยผ้ามุ้งซึ่งวางอยู่ในกะบะน้ำตื้น ใช้มือเกลี่ยแตะให้เยื่อกระจายออกไปทั่วตะแกรงอย่างสม่ำเสมอแล้วยกขึ้นวางผึ่งให้สะเด็ดน้ำก่อนที่จะนำไปตากต่อไป วิธีการทำกระดาษด้วยการแตะจะเสียเวลามากกว่าการตักช้อน กล่าวคือถ้าใช้วิธีแตะในวันหนึ่ง ๆผู้ผลิตจะทำแผ่นกระดาษได้ประมาณ 40-100 แผ่น แต่ถ้าใช้วิธีตักช้อนจะทำได้ถึง 300-600 แผ่นต่อวัน

- **วิธีการตากกระดาษ** เอาตะแกรงช้อนกระดาษไปวางพิงกันเป็นชุดๆ ละ 4 ตะแกรง โดยการตั้งตะแกรงพิงกันทำมุม 45 องศาเพื่อกันไม่ให้ตะแกรงล้ม

การลอกแผ่นกระดาษ การลอกแผ่นกระดาษออกจากตะแกรงช้อนพอกระดาษแห้งสนิทแล้ว ก็ทำการลอกแผ่นกระดาษออกจากตะแกรง โดยใช้มือสะกิดมุมกระดาษทั้ง 2 ข้าง พอแผ่นกระดาษเผยออกก็จับมุมกระดาษทั้ง 2 ข้างลอกออกไปซึ่งจะลอกได้ง่ายมากแผ่นกระดาษที่ลอกออกจากตะแกรงช้อนแล้วก็จะกลายเป็นกระดาษสำเร็จ พร้อมที่จำนำเอาไปใช้งานได้ทันที หรือนำไปเรียงซ้อนกันเป็นพับๆ ละ 50 แผ่น เพื่อเตรียมไว้จำหน่ายต่อไป (ฉลอง เอี่ยมอาทร : 2543)

- **การทำเมอร์เซอไรส์ (Mercerization)**

กระบวนการทำเมอร์เซอไรส์หรือในบางครั้งอาจใช้ศัพท์ไม่ค่อยตรงกันนัก แต่เป็นที่เข้าใจกันว่าการชุบมันนับเป็นกระบวนการในการปรับปรุงสมบัติของผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้าย

หรือด้ายฝ้าย โดยอาศัยการทำปฏิกิริยากับด่าง คือ สารละลายโซดาไฟ หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Caustic Soda, NaOH) ซึ่งค้นพบโดย นายจอห์น เมอร์เซอร์ ในปี พ.ศ. 2396 (ค.ศ.1853) แต่ได้มีการนำไปใช้น้อยมากเพราะจะทำให้สูญเสียความยาวของผ้าเนื่องจากการหดตัวไปถึง 20-30 % และยังทำให้ผ้ามีความคงทนมากขึ้น หลักการของการทำเมอร์เซอไรส์ คือ การนำด้ายฝ้ายหรือผ้าฝ้ายผ่านเข้าไปในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 20% เป็นเวลาประมาณ 20 นาที ณ อุณหภูมิห้อง เส้นใยฝ้ายเกิดการพองตัวขณะเดียวกันก็ให้แรงดึงด้วย โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยจะเปลี่ยนไปจากที่เป็นลักษณะหลอดแบน บิดตัว มีเกลียวและพื้นที่หน้าตัดเหมือนเม็ดถั่วกลายเป็นพื้นที่หน้าตัดกลม ผิวเรียบ เหยียดตรง ความมันมากขึ้นขณะเดียวกันความสามารถในการรับสีย้อมก็ดีขึ้นด้วย (วีระศักดิ์ อุตมกิจเตชา :2543)

3.3.2 การทำกระดาษด้วยเครื่องจักร

การทำกระดาษด้วยเครื่องจักรที่ได้ออกแบบมาสำหรับวัตถุดิบชนิดใดแล้ว หากเปลี่ยนไปใช้กับวัตถุชนิดอื่น ก็จะต้องมีการแก้ไขปรับปรุงเครื่องจักรกันเป็นการใหญ่ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองมาก เพราะฉะนั้นโรงงานกระดาษทั่วๆไป จึงใช้วัตถุดิบชนิดใดชนิดหนึ่ง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของวัตถุดิบบ่อยๆ ซึ่งการทำกระดาษด้วยเครื่องจักรมีกระบวนการผลิตดังนี้

ในกระบวนการผลิตกระดาษ 1 ตันต้องใช้ต้นไม้มากถึง 17 ตัน ใช้กระแสไฟฟ้า 4,100 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงใช้น้ำทั้งหมด 31,000 ลิตร และปล่อยคลอรีนเป็นของเสียสู่สภาพแวดล้อมอีกกว่า 7 กิโลกรัม

เยื่อกระดาษ (paper pulp) ที่กล่าวแล้วข้างต้นเป็นส่วนสำคัญในการผลิตกระดาษก็คือเซลลูโลสของพืช หรือธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของเนื้อไม้นั้นเอง

ปัจจุบัน เราได้เยื่อกระดาษจากพืชเส้นใยนานาชนิด ทั้งชนิดเส้นใยยาวเช่น สนสองใบ สนสามใบ และไม้ไผ่ลำแก่อายุตั้งแต่ 1 ปีขึ้นไปก็นำมาใช้ได้แล้วเยื่อใยยาวนี้ใช้เป็นวัตถุดิบผสมเพื่อให้กระดาษเหนียว และยังมีเยื่อใยสั้น ที่ยาวประมาณ 0.5-1.5 มิลลิเมตร ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตกระดาษ ได้แก่ ชานอ้อย ไม้โกงกาง ไม้ยูคาลิบตัส ฟางข้าว หญ้าขจรจบ ปอแก้ว เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เยื่อกระดาษเก่า คือเศษกระดาษที่เหลือใช้แล้วนำมาละลายแล้วต้ม กับน้ำยาเคมีให้กลับเป็น เยื่อกระดาษอีกส่วนมาก เยื่อกระดาษชนิดหลังนี้มักเติมสีน้ำตาลลงไปเพื่อกลบความคล้ำของกระดาษและนำไปผลิตกระดาษห่อของใช้กันทั่วไป

ในขั้นแรกของการผลิตเยื่อกระดาษ จะนำวัตถุดิบคือเปลือกไม้หรือกากพืชบางชนิดมาเข้าเครื่องตัดเป็นชิ้นๆ แล้วผ่านเข้าเครื่องแยกฝุ่นออกก่อนส่งเข้าหม้อต้มเยื่อทางเคมี ในหม้อต้มเยื่อจะแตกตัวออก จากนั้นผสมวัสดุช่วยเสริมเนื้อกระดาษ (Loading material) วัสดุช่วยเสริมคุณภาพพิเศษแก่เนื้อกระดาษ (Sizing material) ตลอดจนสารเคมีอื่นๆ หลังจากนั้นผ่านเข้า

เครื่องตีเยื่อเพื่อให้ เยื่อกระดาษกระจายตัวและเกิด เมือก ซึ่งถือเป็นหลักสำคัญในการสร้างกระดาษ เพราะทำให้การเกาะของกระดาษดีและเหนียวขึ้น เยื่อที่ทำจะผ่านการแยกสิ่งสกปรกออกก่อนถึงกระบวนการฟอกเยื่อเพื่อให้ขาว และมีโครงสร้างทางเคมีที่คงที่ ซึ่งต้องใช้ทั้ง คลอรีน โซดาไฟ ก่อนนำไปผลิตเป็นกระดาษ

กระบวนการผลิตกระดาษเริ่มต้นจากการบดเยื่อ โดยผสมทั้งเยื่อใยยาวและเยื่อใยสั้นด้วยกัน อัตราการผสมก็ขึ้นอยู่กับชนิดของกระดาษที่จะผลิต จากนั้นเติมสารเคมีปรับปรุงคุณภาพกระดาษ เช่น สารป้องกันไม่ให้น้ำและหมึกซึม สารช่วยให้ทึบแสง นอกจากนี้ยังใส่สีย้อมเล็กน้อยเพื่อให้กระดาษดูนวลตา จากนั้นผ่านเข้าถังเยื่อผสมกับน้ำ ตีให้เส้นใยแผ่กระจาย เยื่อผสมนี้จะมีน้ำปนอยู่ร้อยละ 99 แล้วปล่อยเยื่อผ่านไปบนตะแกรงพลาสติกที่ถี่ยิบ โดยมีเครื่องดูดน้ำอยู่ใต้ตะแกรงคอยดูดน้ำจากเยื่อกระดาษไว้ ทำให้เยื่อกระดาษเริ่มเกาะกันเป็นกระดาษแผ่นบาง จากนั้นผ่านเข้าเครื่องรีดความร้อนสูงเพื่อรีดน้ำออกแล้วอบเพื่อลดความชื้น กระดาษสำเร็จรูปจะมีความชื้นอยู่เพียงร้อยละ 4-5 ขั้นตอนสุดท้ายจะมีการตกแต่งขัดผิวหน้าและเคลือบกระดาษให้เรียบก่อนเก็บเป็นม้วนใหญ่แล้วนำมาตัดเป็นม้วนเล็กๆ หรือแผ่นเพื่อนำไปใช้งานต่อไป จากขั้นตอนในกระบวนการผลิตจะเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมผลิตกระดาษ เป็นผู้ใช้น้ำมากที่สุดเป็นอันดับ 3 ในบรรดาอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ด้วยกันทั้งหมด โดยต้องอาศัยน้ำเป็นตัวช่วยในการผลิตตั้งแต่เริ่มแรก เพราะน้ำจะเป็นตัวให้เยื่อกระดาษและวัตถุที่ใช้ผสมกัน จนถึงวิธีการผลิตตัวกระดาษก็ต้องใช้น้ำมากในการกระจายเยื่อลงตะแกรง กระดาษที่ผลิตตันหนึ่งๆ ต้องใช้น้ำนับสิบๆ ตัน

การใช้น้ำหมุนเวียนในการผลิตให้ได้มากครั้งที่สุดเท่าที่จะทำได้จึงเป็นสิ่งที่โรงงานทำกระดาษ หลายแห่งเริ่มให้ความสนใจ บางแห่งสามารถหมุนเวียนใช้น้ำได้ถึงสองครั้ง นับเป็นการประหยัดน้ำจากแหล่งธรรมชาติได้อย่างน่าชื่นชม ทั้งยังประหยัด ปริมาณเคมีภัณฑ์ ประหยัดความร้อน รวมไปถึงเรื่องการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานก่อนระบายสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องจักร และที่สำคัญคือจิตสำนึกเรื่องสิ่งแวดล้อม ในนโยบายของผู้ผลิตแต่ละรายด้วย

3.4 ประเภทของกระดาษ

กระดาษที่ใช้กันอยู่เป็นประจำอาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

ประเภทแรก คือ กระดาษที่ใช้สำหรับพิมพ์และเขียน เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์กระดาษสมุดและกระดาษพิมพ์ต่างๆ

ประเภทที่สอง เป็นกระดาษสำหรับการบรรจุหีบห่อ เช่นกระดาษทำถุงบรรจุปูนซิเมนต์ กระดาษทำถุงชั้นเดียว และกระดาษทำกล่องลูกฟูกและกล่องแข็ง

ประเภทสุดท้าย ซึ่งเราคุ้นเคยหรือใช้สอยอยู่เป็นประจำ ได้แก่ กระดาษทิชชู ซึ่งมีหลายชนิด และมีคุณสมบัติต่างกันตามลักษณะการใช้งาน

3.5 สมบัติต่างๆ ของกระดาษ

สมบัติต่างๆ ที่ใช้จำแนกหรือบ่งบอกลักษณะของกระดาษคือ

- น้ำหนักกระดาษต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งภาษาอังกฤษเรียกว่า กรัมเมจ หรือเบสิสเวทต์น้ำหนัก ต่อหน่วยพื้นที่ มีผู้บัญญัติศัพท์ว่าน้ำหนักมาตรฐาน ซึ่งในทางปฏิบัติวงการอุตสาหกรรมกระดาษจะผลิตกระดาษ แต่ละประเภทตามระดับมาตรฐานที่ยึดถือใช้กันไม่กี่ระดับ เช่น กระดาษเนื้อสมุดนักเรียน โดยทั่วไปจะมีน้ำหนักมาตรฐาน 50 หรือ 55 กรัมต่อตารางเมตร กระดาษหนังสือพิมพ์ในสมัยเมื่อสิบกว่าปีมาแล้วมีน้ำหนัก 52 กรัมต่อตารางเมตร ปัจจุบันกระดาษหนังสือพิมพ์มีน้ำหนัก 49 กรัมต่อตารางเมตร สำหรับกระดาษที่มีน้ำหนักมากกว่า 225 กรัมต่อตารางเมตรขึ้นไปเราเรียกว่า กระดาษแข็ง แต่ไม่มีคำบัญญัติเป็นสากลแน่นอนว่า กระดาษแข็งควรมีน้ำหนักตั้งแต่กี่กรัมขึ้นไป เนื่องจากความแปรปรวนที่เกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ในกระบวนการผลิตกระดาษ ซึ่งตามปกติในอุตสาหกรรมกระดาษ เรายอมรับความคลาดเคลื่อนจากที่กำหนดได้ไม่เกินร้อยละ 5 สำหรับกระดาษทั่วไป และไม่เกินร้อยละ 3 สำหรับกระดาษแข็ง

ความหนา ความขาว ความทึบแสง ความต้านทานการซึมน้ำ หรือสมบัติด้านความเหนียว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของกระดาษ สมบัติดังกล่าวต้องทดสอบด้วยเครื่องมือที่เหมาะสมและวิธีอันเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปจึงจะให้ผลที่เชื่อถือได้

สมบัติเชิงกล การที่กระดาษมีสมบัติเชิงกลในแนวยาวตามม้วนกระดาษแตกต่างจากสมบัติอย่างเดียวกันในแนวขวาง สมบัติเชิงกลในที่นี้หมายถึงสมบัติที่เกี่ยวกับการรับแรงที่กระทำต่อกระดาษในแบบต่างๆ เช่นแรงดึง แรงฉีกขาด การยืดตัวก่อนขาด และความสามารถทรงรูป ตัวอย่าง เช่น กระดาษทิชชูเมื่อดึงกระดาษออกมาแล้ว ฉีกตามแนวขวางของม้วนเทียบกับการฉีกตามแนวยาวดู จะสังเกตได้ว่าการฉีกตามยาวใช้แรงน้อยกว่าและฉีกได้แนวตรงกว่าแนวขวางกระดาษอย่างอื่นก็เช่นเดียวกัน ความแตกต่างนี้พบได้เสมอในกระดาษที่ทำด้วยเครื่องจักร ซึ่งมีสาเหตุมาจากคุณสมบัติบางประการของเส้นใยเซลลูโลส ลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยขณะผ่านเข้าเครื่องทำแผ่นและการหดตัวของแผ่นกระดาษขณะอบแห้ง ดังนั้นจึงเป็นที่แน่นอนว่าเราจะไม่พบลักษณะอย่างนี้ในกระดาษที่ทำด้วยมือ

สมบัติทางเคมี ขณะที่เราเดินผ่านแผงหนังสือพิมพ์ริมถนน อาจสังเกตเห็นหนังสือบางฉบับที่วางห้อยอยู่ ส่วนที่ห้อยลงข้างล่างและถูกแสงแดดมีสีคล้ำกว่าส่วนบนที่มีหนังสืออื่นทับอยู่ ทั้งนี้เพราะกระดาษหนังสือพิมพ์ เยื่อไม้ที่ได้โดยการบดเป็นส่วนใหญ่ เยื่อไม้นี้ยังคงมีสารต่างๆ ในเนื้อไม้เหมือนดั่งที่มีแต่เดิมตามธรรมชาติโดยเฉพาะสารที่เรียกว่า ลิกนิน ลิกนินในเยื่อที่ประกอบ

กันเป็นกระดาษหนังสือพิมพ์จะดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเลตได้ดี และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในตัวลิกนิน เป็นสาเหตุให้กระดาษมีสีเหลืองหรือคล้ำลง แต่หากกระดาษปอนด์ขาวซึ่งทำด้วยเยื่อทางเคมีล้วน โดยได้แยกลิกนินก่อนแล้ว การเปลี่ยนสีเมื่อกระดาษ ได้รับแสงอุลตร้าไวโอเลทจะเกิดขึ้นน้อยมากเมื่อเทียบกับกระดาษหนังสือพิมพ์

ความเป็นกรด-ด่าง เป็นสมบัติที่ควรทราบโดยเฉพาะต่อกระดาษพิมพ์และเขียน กระดาษพิมพ์และกระดาษเพื่อบรรจุหีบห่อส่วนใหญ่จะมีฤทธิ์เป็นกรด เนื่องจากมีการเติมสารส้มในระหว่างการผลิต ถ้าเราใช้น้ำมะนาวหรือน้ำส้มสายชูเขียนแทนหมึกลงบนแผ่นกระดาษ แล้วนำไปรีดด้วยเตารีดร้อนๆ จะปรากฏเห็นเป็นรอยไหม้เกรียมตามรอยที่เราเขียน แต่หากเราใช้เขียนกับกระดาษที่มีฤทธิ์เป็นด่างกระดาษเหล่านี้จะมีหินปูนผงหรือแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งทำหน้าที่ดูดซับความเป็นกรด ทำให้ไม่เกิดรอยไหม้เกรียมเหมือนกระดาษที่มีฤทธิ์เป็นกรด การทดลองง่ายๆ นี้พอจะทำให้เราเข้าใจได้ว่ากระดาษที่มีฤทธิ์เป็นด่างจะมีความคงทนและเก็บรักษาได้คงสภาพเดิมได้นานกว่ากระดาษที่มีฤทธิ์เป็นกรด

3.6 กระดาษในชีวิตประจำวัน

ชีวิตประจำวันของเราเกี่ยวข้องกับกระดาษอย่างมากปัจจุบันคนไทยใช้กระดาษประมาณ 41 กิโลกรัมต่อคนต่อปี นับว่ามากพอสมควรทีเดียวและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณปีละ 15% ตัวเลขการใช้กระดาษต่อคนต่อปีนั้นเป็นตัวเลขที่มีความสัมพันธ์กับความเจริญของประเทศ ประเทศที่พัฒนาแล้วอย่างสหรัฐอเมริกานั้น ตัวเลขมากกว่า 300 กิโลกรัมต่อปี ในขณะที่ประเทศเขมรมีอัตราการใช้กระดาษอยู่ที่ 0.2 กิโลกรัมต่อคนต่อปีเท่านั้น

ประโยชน์ของกระดาษนอกจากใช้เขียนใช้พิมพ์เป็นหนังสือใช้อ่านแล้วยังใช้ประโยชน์ได้อีกมากมาย เช่น ใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ ใช้ห่อสินค้า ใช้ทำเป็นบรรจุภัณฑ์ เช่น ถุงหรือกล่อง ใช้ซับของเหลว เช่นกระดาษชำระ ใช้มวนบุหรี่ ใช้เป็นไส้กรองอากาศในเครื่องดูดฝุ่นรถยนต์ใช้แทนผ้าขี้ริ้วในครัวเรือนปัจจุบันสามารถใช้เป็นส่วนหนึ่งของผนังของอาคาร หรือแม้แต่หลังคาบ้านมีโรงงานผลิตกระดาษ สำหรับใช้เป็นหลังคาบ้านที่ประเทศเบลเยี่ยม

4. ภาวะอุตสาหกรรมปี 2546 และแนวโน้มปี 2547อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กระดาษและสิ่งพิมพ์

4.1 ภาวะการผลิต

ภาวะการผลิตเยื่อกระดาษ และกระดาษชนิดต่าง ๆ ในปี 2546 คาดว่าจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.8 เมื่อเทียบกับปีก่อน ทั้งนี้เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจที่ดีขึ้น ประกอบกับในช่วงไตรมาสที่ 2 มีการ

แพร่ระบาดของโรค SARS อย่างรุนแรงในประเทศคู่แข่ง ทำให้ลูกค้าในประเทศเหล่านั้นหันมาจ้างการผลิตในประเทศไทยเพิ่มขึ้น ดังนั้นภาวะการผลิตในปี 2546 จึงดีขึ้น

ตารางที่ 4 ปริมาณการผลิตเยื่อกระดาษ และกระดาษต่าง ๆ

หน่วย : พันตัน

ผลิตภัณฑ์	2544	2545	2546 *	อัตราการขยายตัว(%) 2546/2545 *
เยื่อกระดาษ	710.05	701.39	722.38	2.9
กระดาษพิมพ์เขียน	416.18	496.92	695.61	39.9
กระดาษแข็ง	223.22	220.72	211.36	-4.2
กระดาษคราฟท์	1,392.45	1,483.58	1,528.69	3.0
รวม	2,741.90	2,902.61	3,158.04	8.8

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

* ตัวเลขประมาณการ (www.doa.go.th/botany/new14.htm/)

4.2 การนำเข้า

ภาวะการนำเข้าเยื่อกระดาษ กระดาษ และผลิตภัณฑ์กระดาษ ในปี 2546 คาดว่าจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.5 และ 19.7 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปีก่อน ทั้งนี้เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจที่ดีขึ้น แหล่งนำเข้าเยื่อกระดาษและเศษกระดาษที่สำคัญของไทยได้แก่สหรัฐอเมริกา แคนาดา และญี่ปุ่น ตามลำดับ

ตารางที่ 5 การนำเข้าเยื่อกระดาษและเศษกระดาษ กระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ

หน่วย : ล้านเหรียญสหรัฐ

ผลิตภัณฑ์	2543	2544	2545	2546*	อัตราการขยายตัว (%2546/2545 *)
เยื่อกระดาษ และเศษกระดาษ	429.8	299.1	317.3	341.2	7.5
กระดาษแข็งและ ผลิตภัณฑ์	559.5	536.6	588.8	705.2	19.7

ที่มา: สำนักบริหารสารสนเทศการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือของ กรมศุลกากร กระทรวงการคลัง* ตัวเลขประมาณการ(www.doa.go.th/botany/new14.htm/)

4.3 การส่งออก

ภาวะการส่งออกกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษในปี 2546 คาดว่าจะเพิ่มขึ้น ร้อยละ 12.2 และการส่งออกสิ่งพิมพ์และหนังสือเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.5 เมื่อเทียบกับปีก่อน ทั้งนี้เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจที่ดีขึ้น แหล่งส่งออกกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ ที่สำคัญของไทยได้แก่ ฮ่องกง จีน และมาเลเซีย ตามลำดับ

ตารางที่ 6 การส่งออกกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ สิ่งพิมพ์และหนังสือ

หน่วย : ล้านเหรียญสหรัฐ

ผลิตภัณฑ์	2543	2544	2545	2546*	อัตราการขยายตัว (%) 2546/2545 *
กระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ	603.1	610.5	625.6	702.1	12 2
สิงพิมพ์และหนังสือ	41.1	48.3	70.7	85.2	20 5

ที่มา : สำนักบริหารสารสนเทศการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือของ กรมศุลกากร กระทรวงการคลัง* ตัวเลขประมาณการ (www.doa.go th/botany/new14.htm/)

4.4 สรุปภาวะอุตสาหกรรมและแนวโน้มปี 2547

ในปี 2546 ภาวะเศรษฐกิจในประเทศดีขึ้น ประกอบกับการระบาดของโรค SARS อย่างรุนแรงในประเทศคู่แข่ง ทำให้ภาวะอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กระดาษ และสิ่งพิมพ์มีแนวโน้มที่ดีขึ้นสำหรับทิศทางอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กระดาษ และสิ่งพิมพ์ของประเทศไทยในปี 2547 คาดว่าจะมีแนวโน้มที่ดีขึ้นทั้งตลาดในประเทศ และตลาดส่งออก เนื่องจากนโยบายของภาครัฐที่ขยายการศึกษาภาคบังคับ และสนับสนุนโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ทำให้สิ่งพิมพ์ประเภทหนังสือ เอกสารการขาย แผ่นพับ สลากและบรรจุภัณฑ์ มีแนวโน้มเติบโตสูง

4.5 ปัญหา/อุปสรรค

- ขาดความเชื่อมโยง กับอุตสาหกรรมต่อเนื่อง (Cluster) เช่น อุตสาหกรรมการพิมพ์อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์
- ขาดการส่งเสริม และประชาสัมพันธ์ ในเรื่องการปลูกไม้ยูคาลิปตัสและยังไม่จัดเป็นพืชเศรษฐกิจทำให้ไม่ได้รับการจัดให้อยู่ในเขตพื้นที่ยุทธศาสตร์ที่รัฐจะให้การส่งเสริม(Zoning)
- การกีดกันทางการค้าที่ไม่ใช่ภาษี

- กฎ ระเบียบ และขั้นตอนในการดำเนินงานของหน่วยงานราชการไม่เอื้อต่อการพัฒนาและส่งเสริมประสิทธิภาพในการแข่งขัน เช่น เรื่องการคืน VAT, ระยะเวลาการทำงานของกรมศุลกากร

4.6 ยุทธศาสตร์เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรม

1. การพัฒนาศักยภาพ ประเทศไทย ให้เป็นศูนย์กลางทางการศึกษา และฝึกอบรมเทคโนโลยีการผลิตเยื่อกระดาษ กระดาษ การพิมพ์ และบรรจุภัณฑ์รวมทั้งเป็นศูนย์กลางการพิมพ์ในภูมิภาค
2. การส่งเสริมผลิตเยื่อกระดาษ ให้เป็นวัตถุดิบที่ได้มาตรฐาน เพื่อรองรับระบบมาตรฐานสิ่งพิมพ์
3. การศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบศักยภาพ และประสิทธิผลกับประเทศคู่แข่ง และคัดเลือกประเภทสิ่งพิมพ์ที่เหมาะสมกับการผลิตของไทย
4. การศึกษารายละเอียด ของกฎเกณฑ์ หรือระเบียบทางการค้าของประเทศคู่ค้า รวมถึงการจัดหาผู้เชี่ยวชาญสำหรับการเจรจาทางการค้า และต่อรองกรณีที่เกิดปัญหา
5. การทบทวนกฎระเบียบ และขั้นตอนของทางราชการที่ไม่เอื้อต่อการพัฒนาอุตสาหกรรม

5. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

รูปที่ 11 ลักษณะของต้นกก

http://www.kluweronline.com/issn/0969-0239/contents

5.1 กก

ชื่อสามัญ : Umbrella Plant , Umbrella Sedge

ชื่อพื้นเมือง : กกรังกา, กกร่ม , กกลังกา (ทั่วไป)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cyperus involucratus* Rottb.

ชื่อวงศ์ : Cyperaceae

ลักษณะ

ต้น : ไม้ล้มลุก ลำต้นเป็นเหง้าอยู่ใต้ดิน ส่วนที่โผล่พ้นดินแตกกอแน่น สูงประมาณ 1 เมตร ก้านที่พ้น ดินมีลักษณะกลม สีเขียว

ใบ :ใบเดี่ยวออกเวียนสลับมีลักษณะเป็นกาบ ลักษณะค่อนข้างกลม ขนาดเล็กสีน้ำตาลแดง

ดอก : เป็นดอกช่อ ออกดอกที่ปลายยอด

การกระจายพันธุ์ พบทุกภาค

การขยายพันธุ์ แยกหน่อ

ประโยชน์

- ปลูกเป็นไม้ประดับ ชอบขึ้นในที่ชื้นแฉะหรือในน้ำ
- ก้านดอกนำมาทำเครื่องประดิษฐ์พวกเครื่องสาน

รูปที่ 12 ลักษณะของอ้อย

http://www.kluweronline.com/issn/0969-0239/contents

5.2 อ้อย

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Saccharum of Ficinarum L.*

ชื่อวงค์ : Gramineae

ชื่อภาษาไทย : อ้อย

ชื่อภาษาอังกฤษ : Sugar cane

อ้อยเป็นพืชที่มนุษย์รู้จักมานานไม่น้อยกว่า 8,000 ปี ปัจจุบันเป็นพืชที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการทำน้ำตาล ทั้งนี้เพราะว่าน้ำตาลที่ผลิตได้ทั่วโลกประมาณ 2 ใน 3 เป็นน้ำตาลที่ได้จากอ้อย ซึ่งนับเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศในแถบร้อนมากกว่า 60 ประเทศ แม้ว่าจะมีพืชอีกหลายชนิด เช่น ชูการ์บีท ตาลโตนด จากมะพร้าว และอื่นๆซึ่งสามารถให้น้ำตาลได้เช่น เดียวกับอ้อยก็ตาม อ้อยมีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะนิวกินี และจากการศึกษาของ Heinz (1987) ซึ่งได้รวบรวมพันธุ์อ้อยที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันไว้ และรายงานว่าจะมีจำนวนโครโมโซม 2n =130-100

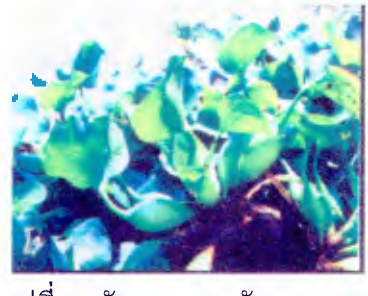
แหล่งปลูกอ้อยที่สำคัญและมากที่สุดคือประเทศต่างๆในทวีปเอเชีย ซึ่งมีประมาณ 44 % ของผลผลิตทั่วโลก รองลงไปคือประเทศต่างๆในทวีปอัฟริกา (22%) อเมริกาใต้ (9%) และกลุ่มประเทศในคาบสมุทร (Oceania) อีก 7%

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่จะกล่าวต่อไปนี้ส่วนใหญ่ เป็นลักษณะของอ้อยที่ปลูกเป็นการค้า (Cultivated cane) ในปัจจุบันได้แก่ Saccharum officinarum และ อ้อยลูกผสม (hybrid cane) ซึ่งเป็นลูกผสมระหว่างชนิด (interspecific hybrid) ของ S.officnarum กับอ้อยชนิดอื่นที่ปลูกเพื่อการค้า

- ราก มีระบบรากฝอย (fibros root system) เช่นเดียวกับพืชวงศ์หญ้าอื่นๆ
- ลำต้น ปกติอ้อยขยายพันธุ์โดยใช้ลำต้นตัดเป็นท่อนเรียกว่า cutting, sett, set หรือseed cane แต่ละท่อนมีตา 1 ตา หรือมากกว่า ลำต้นมีสีแตกต่างกัน เช่น สีม่วง สีเขียว หรือสีเหลือง เป็น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม
- ใบประกอบด้วยกาบใบ (leaf sheath) และแผ่นใบ (leaf blade) โดยปกติใบเกิดสลับที่ข้อและตาหุ้มไว้ แต่มีบางกรณีที่ใบเกิดเวียนรอบลำต้น
- ช่อและดอก อ้อยมีชื่อเรียกทั่วไปว่า arrow หรือ tassel เป็นช่อดอกแบบ pancle มีความยาวตั้งแต่ 30-60 เซนติเมตร ลักษณะของช่อดอกขึ้นอยู่กับความยาวของแกนกลาง (main axis หรือ rachis) และก้านแขนง (lateral branch)
- ผลและเมล็ดผลและเมล็ดเป็นแบบ caryopsis เมล็ดมีขนาดเล็กมาก กว้างประมาณ 0.5 มิลลิเมตร และยาวประมาณ 1.5 มิลลิเมตร ประกอบด้วย เยื่อหุ้มผล (pericarp) เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) เอนโดสเปิร์ม และคัพภะ (embryo) โดยปกติเมล็ดอ้อยมีชีวิตอยู่ได้ไม่นานนอกจากเก็บไว้ในสภาพที่เหมาะสม

5.3 ผักตบชวา



รูปที่ 13 ลักษณะของผักตบชวา

http://www.thaihealth.info

ชื่อสามัญ : Beda weed Jara - weed, Nile lily, water hyacinth, water lily water orchid

ชื่อพื้นเมือง : ผักตบชวา, ผักตบป่อง, (ไทย,กลาง); ผักปอด,ผักบอง, ผักสวะ, (กลาง;สุพรรณ) ; (ผักบ่ง,นครราชสีมา); ผักตบ , (เหนือ) ; บัวลอย, (พะเยา)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Eichhorniacrassipes* Solms.

ชื่อวงศ์ : Pontederiaceae

ลักษณะ

ต้น : เป็นไหลทอดไปตามผิวน้ำ

ใบ : ใบเดี่ยว แตกจากลำต้นเป็นกอโคนก้านใบ แผ่เป็นกาบหุ้มประกบกันไว้

ดอก : ช่อดอกเกิดที่ลำต้นที่เหมือนก้านใบ ดอกย่อยสีม่วง มีกลีบดอก 6 กลีบ

ผล : เป็นแบบ capsule

เมล็ด : มีจำนวนมาก

รูปที่ 14 ลักษณะช่อดอกผักตบชวา
http://www.thaihealth.info

การกระจายพันธุ์ พบทั่วไปตามริมน้ำ

การขยายพันธุ์ โดยการแยกกอ หรือใช้ไหล

ประโยชน์

- ใช้ประดิษฐ์เครื่องจักรสาน ใช้ทำปุ๋ยหมัก
- ใช้ยอดอ่อนและดอกอ่อน ลวกให้สุกจิ้มกับน้ำพริก
- ใช้ทำแท่งเพาะชำสำหรับเพาะไม้ดอก ไม้ประดับ

5 4 หญ้าคา

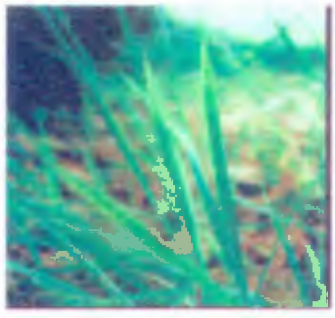
ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Imparata cylindrica (Linn) Beauv*

ชื่อวงศ์ : Gramineae

ชื่อภาษาไทย : หญ้าคา

ชื่อภาษาอังกฤษ : Cogon grass

ชื่ออื่น ๆ : ลาแล ลาลาง (ภาคใต้) คา หญ้าคาหลวง (ภาคกลาง) เก้อฮี (กะเหรียง แม่ฮ่องสอน)



รูปที่ 15 ลักษณะของหญ้าคา
http://www.thaihealth.info

ลักษณะทั่วไป

หญ้าคาเป็นพืชที่มีอายุอยู่ข้ามฤดู มีเหง้าใหญ่และแข็งมากปลายแหลม ลำต้นสูงประมาณ 50 - 80เซนติเมตร ลำต้นแข็งยาวใบแข็งและสาก ตามข้อมีขนเห็นได้ชัดตรงโคนต้นกาบใบ ที่แก่จะแตกเป็นเส้นฝอยๆ สีน้ำตาลอ่อนดอกเป็นช่อดอกก้านช่อดอกสูงเสมอปลายใบดอกเล็กมีขน

สีขาวฟูอยู่รอบๆดอกแลดูเป็นสีขาวเงินคล้ายหางสัตว์ขึ้น ได้ดีตามที่ดอน ทั่วไปออกดอกในฤดูแล้ง เป็นหญ้าที่มีรากและเหง้าฝังดินลึกถอนยากกระจายพันธุ์ด้วยเหง้าและเมล็ด

ลักษณะ

หญ้าคา เป็นพรรณไม้ล้มลุกจำพวกเดียวกับ หญ้ามีเหง้าอยู่ใต้ดิน ลำต้น อยู่เหนือดินมีความสูงประมาณ0.5 – 1 เมตร

ต้น : เป็นพรรณไม้ล้มลุก จำพวกเดียวกับหญ้ามีเหง้าอยู่ใต้ดิน ลำต้น ที่อยู่เหนือดิน มีความสูงประมาณ 1 - 4.5 ฟุต

ใบ : ลักษณะของใบออกเป็นกระจุก ตามบริเวณโคนต้น ใบมีรูปหอกเรียวยาว ริมขอบใบ คม มีขนเป็นกระจุกใบมีขนาดยาว 100 - 200 ซม.

ดอก : ออกเป็นช่อหรือเป็นพู่ มีลักษณะคล้ายกับหางกระรอก ขึ้นอยู่บริเวณกลางกอช่อดอกยาวประมาณ 2 - 10 นิ้ว มีดอกเรียงสลับกัน

ผล : มีลักษณะรูปร่างคล้าย ๆ กับเมล็ด

เมล็ด : มีลักษณะเป็นเมล็ดที่ยาว แหลมแข็ง เป็นสีเทาออกดำ ๆ

การกระจายพันธุ์ พบทั่วไปในประเทศไทย ขึ้นในดินทุกชนิด ทนต่อความร้อน

ขยายพันธุ์ ด้วยการใช้เหง้า รสชาติ รสหอมสุขุม นิเวศวิทยาและการแพร่กระจาย เป็นพรรณไม้ขึ้นได้ดีในดินทุกชนิด ทนต่อความร้อน และแสงแดดได้ดี

ประโยชน์ของหญ้าคา

- ลำต้นหรือเหง้านำมาปรุง เป็นยาแก้โรคไต ดอกเป็นยาแก้ปัสสาวะแดง แก้ไอ แก้ริดสีดวงต่าง ๆ

- รากใช้ปรุงกินเป็น ยาแก้ร้อนใน กระหายน้ำ แก้พิษอักเสบใบ กระเพาะปัสสาวะ บำรุงไต

- ใบใช้ทำหลังคาบ้านเรือน **แก้ลมพิษ** ผื่นคันมาต้ม ดอกแก่รสจืด ขับปัสสาวะ แก้ดีซ่าน บำรุงไต ราก รสหวานเย็น ขับปัสสาวะ แก้กระเพาะปัสสาวะอักเสบ

ข้อมูลจากภูมิปัญญาไทย : ใช้ใบแห้งมาสานไว้มุงหลังคาบ้านเรือน

5 5 ข้าว

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Oeyza (Sativa)*

ชื่อวงศ์ : Gramineae

ชื่อภาษาไทย : ข้าว

ชื่อภาษาอังกฤษ : Rice

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

รูปที่ 16 ลักษณะของต้นข้าว
http://www.thaihealth.info

- ราก ระบบรากเป็นแบบรากฝอย (fibrous)
- ลำต้น (haulm หรือ culm) ประกอบด้วย ข้อ (node) และปล้อง (internode)
- ใบ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ กาบใบ (leaf sheath)และแผ่นใบ (leafs blade) โดยกาบใบจะหุ้มลำต้นไว้ ความยาวของกาบใบข้าวแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตำแหน่งของข้อบนลำต้น โดยประมาณข้อที่ 10 ความยาวของปล้องจะเริ่มมากกว่าความยาวของกาบใบ พบสีที่ฐานของกาบใบเฉพาะด้านนอก หรือพบทั้งด้านนอกและด้านใน แผ่นใบมีความกว้างแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์มักมีขนมีเส้นกลางใบ (midrib)เห็นได้ชัดเจน และมีเส้นใบขนานไปกับเส้นกลางใบ
- ช่อและดอก เป็นแบบ panicil เจริญมาจากตายอด (terminal bud)โดยมีปล้องสุดท้ายของลำต้น (uppermost intermode)เป็นก้านช่อดอก(peduncld)แกนกลางช่อดอกเรียกว่า pachis หรือ pancil axis มีการแตกกิ่งก้านจากส่วนของ rachisเรียกว่า primarybranch
- ผลและเมล็ด ผลหรือเมล็ดเป็นแบบ caryopsis ประกอบด้วยเยื่อหุ้มผล (pericarp) ติดอยู่กับส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) มีเปลือกหุ้มเรียกว่า hull ซึ่งประกอบด้วยส่วนของกลีบดอกย่อยด้านนอก และกลีบดอกย่อยด้านใน ผลของข้าวที่เก็บเกี่ยวมาเรียกว่า เมล็ดข้าวเปลือก (hulled grain) ซึ่งยังมีส่วนของเปลือกหุ้มติดอยู่

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่าง

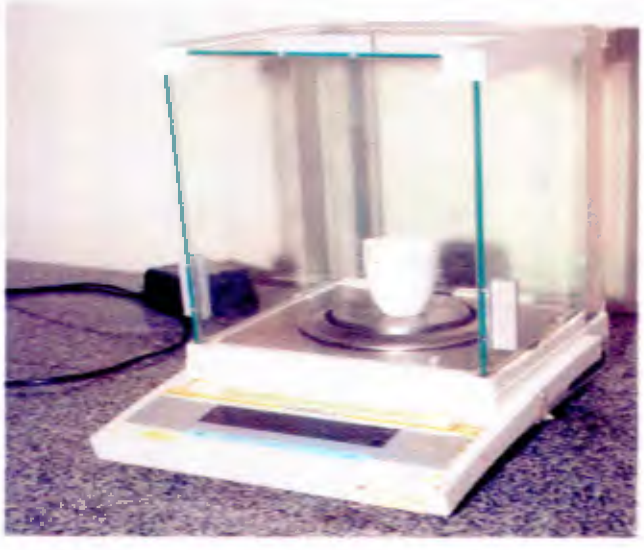
ตัวอย่างที่นำมาวิจัยในครั้งนี้คือ ต้นกก ชานอ้อย ผักตบ หญ้าคา ฟางข้าว ซึ่งเป็นพืชที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นในอำเภอเมืองจังหวัดนครศรีธรรมราช

2. อุปกรณ์ - เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

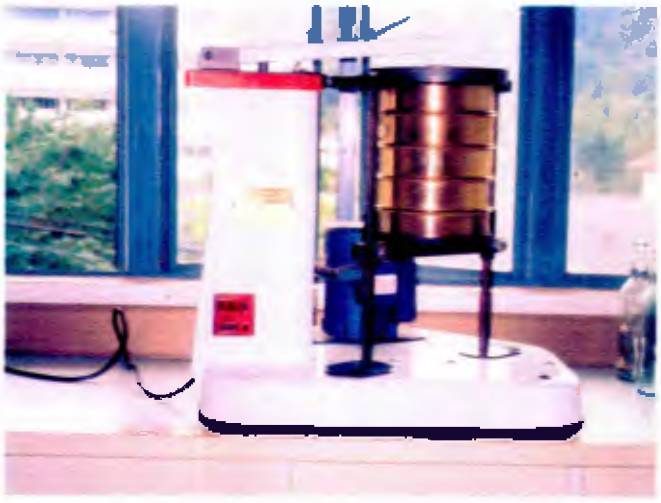
2.1 อุปกรณ์-เครื่องมือ ที่ใช้วิเคราะห์เยื่อใย

1. Glass Crucible
2. Beaker 1,000 ml
3. Dropper
4. Cylinder 100 ml
5. Sterring rod
6. Spatula
7. Hot plate
8. Desicator
9. Hot air oven (ตู้อบไฟฟ้า) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UM 500
10. Fiberter system (เครื่องวิเคราะห์เส้นใย) ยี่ห้อ VELP รุ่น FIWE
11. Muffle Furnace (เตาเผา) ยี่ห้อ Thermolyme รุ่น 1400 Furnce
12. เครื่องแยกอนุภาค
13. ตัวอย่างพืช 5 ชนิด
14. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ sartorius รุ่น BP-2105
15. เครื่องปั่น

รูปที่ 16 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler รุ่น PB 1502



รูปที่ 17 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่งยี่ห้อ sartorius รุ่น BP-2105



รูปที่ 18 เครื่องแยกอนุภาค

รูปที่ 19 ตู้อบไฟฟ้ายี่ห้อ Memmert รุ่น UM 500

รูปที่ 20 เครื่องเตาเผาความร้อนสูงยี่ห้อ Thermolyme รุ่น 1400 Furnce

รูปที่ 21 เครื่องวิเคราะห์เส้นใย ยี่ห้อ VELP รุ่น FIWE

2.2 สารเคมี วิเคราะห์เยื่อใย

1. NaOH (Sodium Hydroxside) 1.25% M 40.0 g/mol BDH England
2. H_2SO_4 (Sulfuric acid)1.25% M 98.08 g/mol BDH Germany
3. Acetone (CH_3COCH_3) M 58.08 g/mol MERCK Germany
4. N-octanol

2.3 อุปกรณ์-เครื่องมือ การทำเยื่อกระดาษ

1. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler รุ่น PB 1502
2. ผ้าขาวบาง
3. ตะแกรงลวด
4. กะละมัง
5. เครื่องปั่น
6. ถุงพลาสติก
7. ยางวง
8. Beaker 1,000 ml
9. Sterring rod
10. Hood
11. Hot plate
12. ตัวอย่างพืช 5 ชนิด

2.4 สารเคมี การทำเยื่อกระดาษ

1. โซดาไฟ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 % ตามลำดับ

3 วิธีการทดลอง

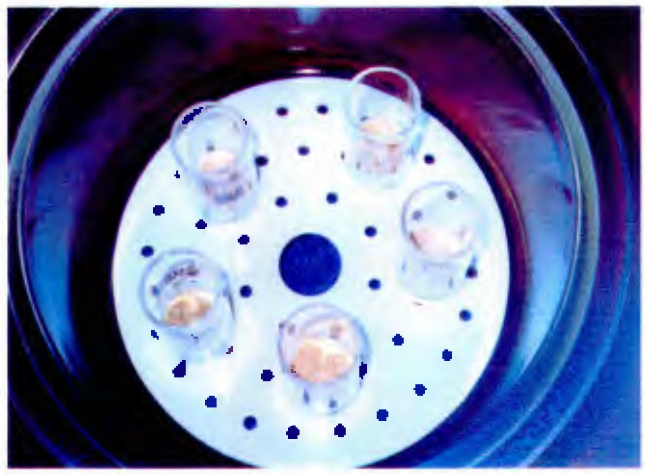
3.1 การเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์เส้นใย

1. นำพืชตัวอย่างมาหั่นให้ได้ขนาด 1 นิ้ว
2. นำพืชตัวอย่างอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 1 วัน
3. นำพืชตัวอย่างมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น
4. นำพืชตัวอย่างที่ได้จากการปั่นมาแยกขนาดอนุภาคด้วยเครื่องแยกอนุภาคให้ได้ขนาด 42 เมช
5. เก็บตัวอย่างไว้วิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย

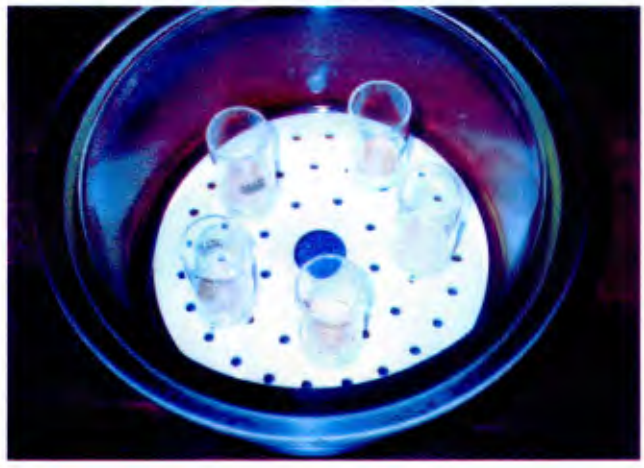
3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย

1. อบตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 – 110 °C ประมาณ 2-3 ชั่วโมง
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม แล้วใส่ลงใน Glass Crucible (ชั่งน้ำหนัก Glass Crucible ด้วย
3. นำ GlassCrucible ประกอบเข้าในเครื่องสกัด เปิดเครื่องสกัด พร้อมเปิดน้ำหล่อเย็น
4. เติมกรด H_2SO_4 1.25 % หลอดละ 150 มิลลิลิตร (กรดที่เติมต้องต้มให้ร้อนก่อน)
5. เติม N-Octanol 3 – 5 หยด (ป้องกันการเกิดฟอง)
6. ต้ม 30 นาที (ตั้งความร้อนประมาณตำแหน่ง 7-8)
7. เปิดสวิทซ์เครื่องดูดสูญญากาศ แล้วเปิดวาล์วเพื่อถ่ายกรดออกจากตัวอย่าง ล้างด้วยน้ำร้อน 3 ครั้งๆละ30 มิลลิลิตรแล้วถ่ายออก(ใช้ปั๊มลมช่วยในการล้าง)
8. เติม NaOH 1.25% หลอดละ 150 มิลลิลิตร เติม N-Octanol 3 – 5 หยด
9. ต้ม 30 นาที (ตั้งความร้อนประมาณตำแหน่ง 7 - 8)
10. ถ่ายออกล้างด้วยน้ำร้อน 3 ครั้งๆละ 30 มิลลิลิตร (ใช้ปั๊มลมช่วยในการล้าง)
11 ล้างด้วยน้ำเย็น 1 ครั้ง
12 ล้าง ด้วย Acetone 3 ครั้งๆละ 25 มิลลิลิตร (ใช้ปั๊มลมช่วยในการล้าง)
13. นำ Glass Crucible ไปอบที่ 105 °C ประมาณ 1-2 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นใน Desicator
14 ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปคำนวณ กับค่าน้ำหนักเริ่มต้นจะได้ไฟเบอร์ที่รวมเถ้าอยู่ด้วย
15. นำไปเผาในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 500- 550 °C ประมาณ 1-2 ชั่วโมงแล้วปล่อยให้เย็นใน Desicator
16. นำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล
17 นำมาหาเปอร์เซ็นต์ เยื่อใยโดยใช้สูตร

$$\textbf{\% Crude Fiber} = \frac{F_1 - F_2}{F_3} \times 100$$



รูปที่ 22 ตัวอย่างก่อนสกัด



รูปที่ 23 ตัวอย่างหลังเผาที่อุณหภูมิ 550 °C

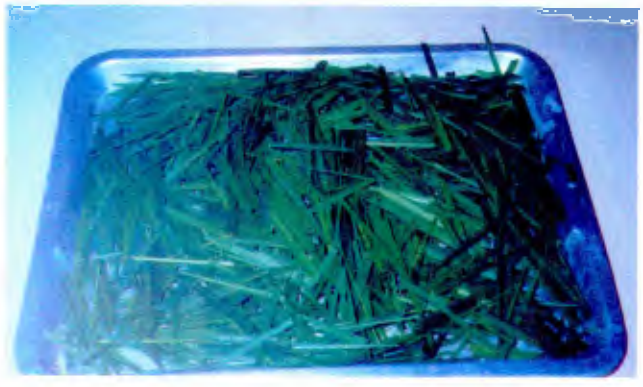
3.3 การเตรียมตัวอย่างทำเยื่อกระดาษ

1. นำพืชตัวอย่างมาหั่นให้ได้ขนาด 1 นิ้ว
2. ชั่งน้ำหนักพืชตัวอย่าง 50 กรัม ใส่ในถุงพลาสติก เก็บไว้ใช้ทดลอง

รูปที่ 24 ต้นกก

รูปที่ 25 ชานอ้อย

รูปที่ 26 ผักตบชวา



รูปที่ 27 หญ้าคา

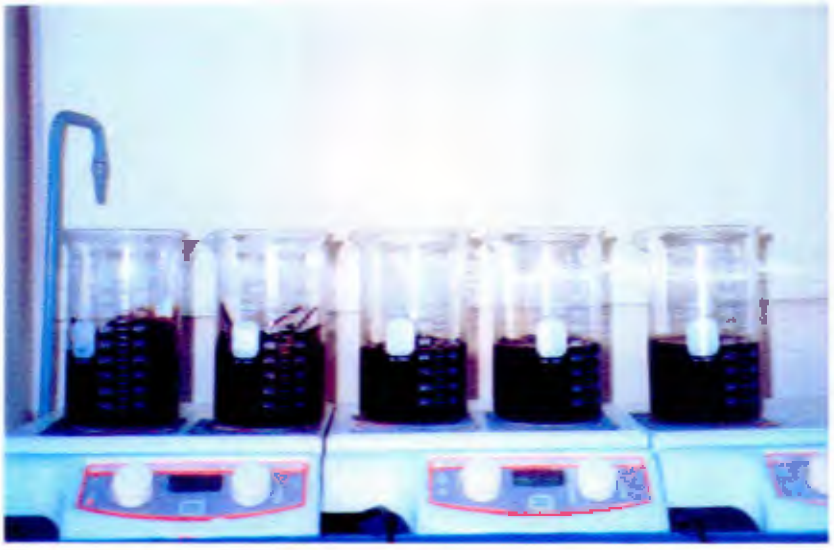
รูปที่ 28 ฟางข้าว

3.4 การเตรียมสารละลายโซดาไฟเพื่อทำเยื่อกระดาษ

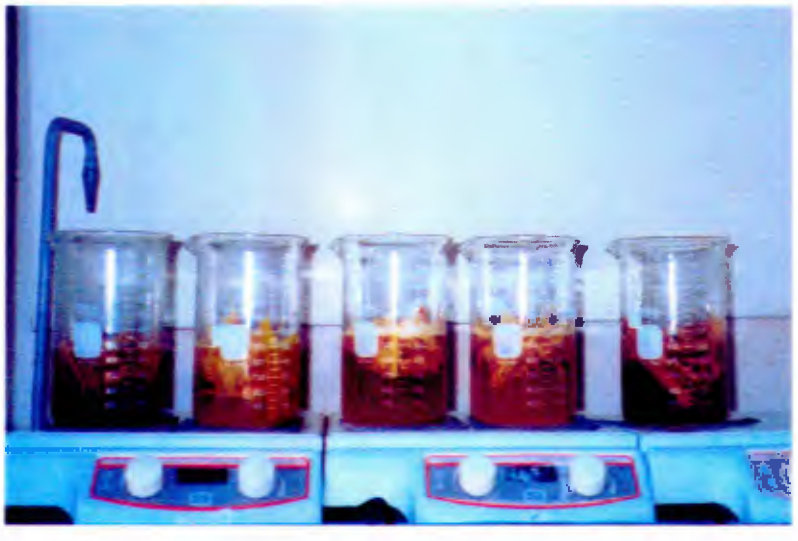
1. ชั่งโซดาไฟ 100 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 10 %
2. ชั่งโซดาไฟ 200 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 20 %
3. ชั่งโซดาไฟ 300 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 30 %
4. ชั่งโซดาไฟ 400 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 40 %
5. ชั่งโซดาไฟ 500 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 50 %

3.5 การทำเยื่อกระดาษ

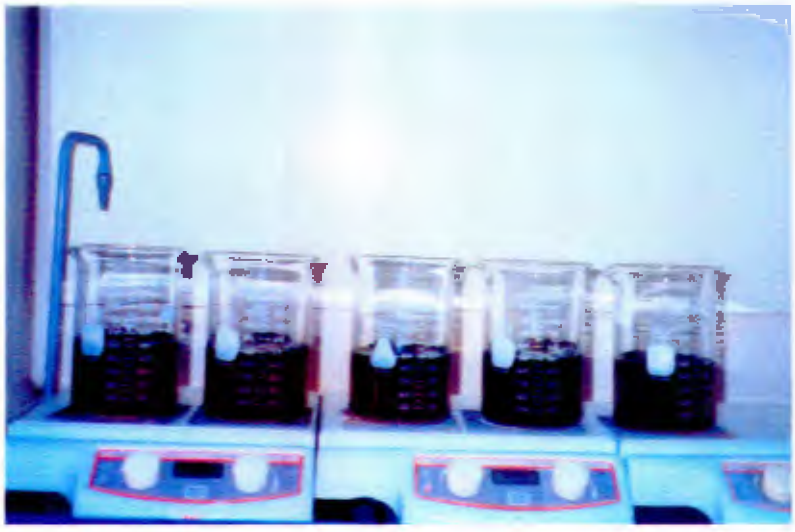
1. นำสารละลายโซดาไฟที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ตามลำดับใส่ใน Beaker ขนาด 1,000 มิลลิลิตร
2. นำมาตั้งบน Hot Plate จนกระทั่งน้ำเริ่มเดือด
3. นำตัวอย่างพืชที่ได้เตรียมไว้แล้วมาต้มใน Beaker เพื่อต้มแยกเยื่อ
4. กำหนดเวลาที่ใช้ต้ม 2 ชั่วโมง
5. ตั้งไว้ให้เย็น
6. นำมาล้างน้ำจนหมดด่างที่ใช้ต้ม คั้นน้ำออก
7. นำเยื่อที่ได้มาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล
8. สังเกตการเปื่อยยุ่ยของเยื่อกระดาษที่ได้
9. เก็บเยื่อกระดาษที่ได้ไว้ทำเป็นกระดาษ



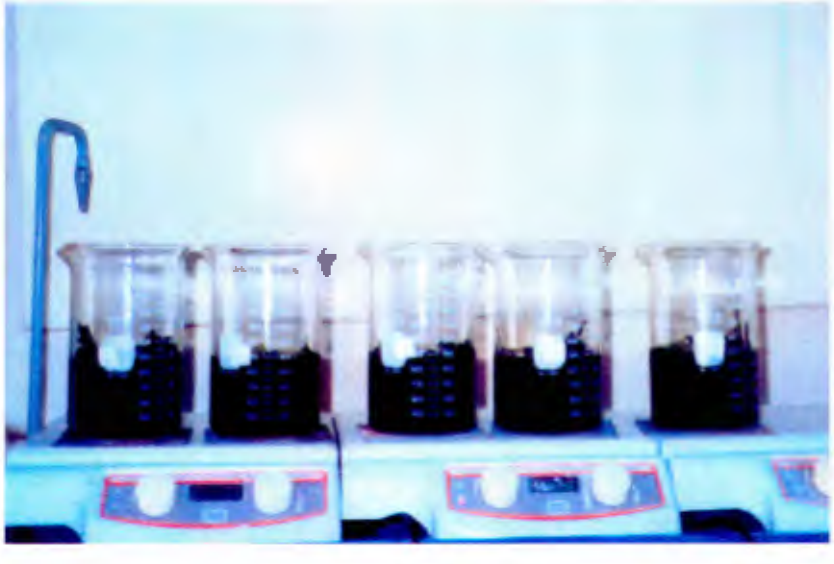
รูปที่ 29 ต้นกกที่ต้มกับโซดาไฟที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ50%



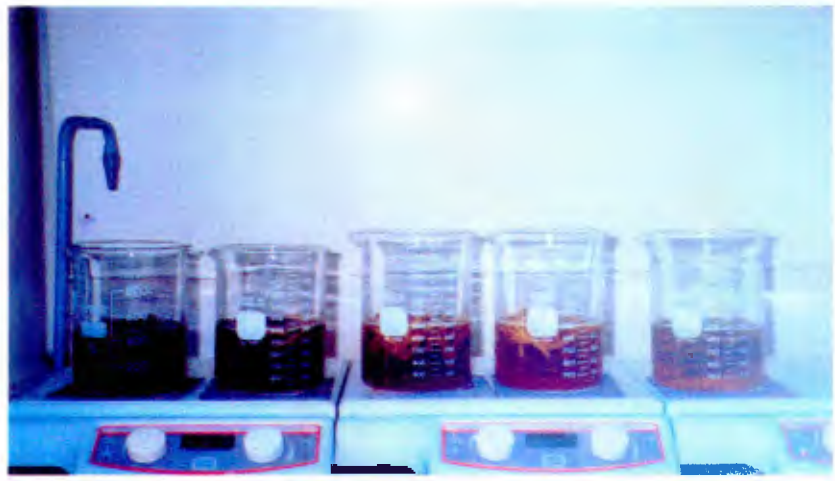
รูปที่ 30 ชานอ้อยที่ต้มกับโซดาไฟที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ50%



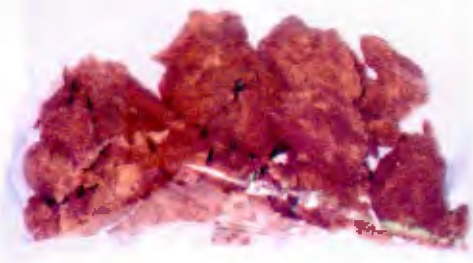
รูปที่ 31 ผักตบชวาที่ต้มกับโซดาไฟทีความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ50%



รูปที่ 32 หญ้าคาที่ต้มกับโซดาไฟที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ50%



รูปที่ 33 ฟางข้าวที่ต้มกับโซดาไฟที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ50%



รูปที่ 34 ลักษณะเยื่อกระดาษของต้นกกหลังต้มกับโซดาไฟ 40%

รูปที่ 35 ลักษณะเยื่อกระดาษของชานอ้อยหลังต้มกับโซดาไฟ40%

รูปที่ 36 ลักษณะเยื่อกระดาษของผักตบชวาหลังต้มกับโซดาไฟ40%

รูปที่ 37 ลักษณะเยื่อกระดาษของหญ้าคาหลังต้มกับโซดาไฟ40%

รูปที่ 38 ลักษณะเยื่อกระดาษของฟางข้าวหลังต้มกับโซดาไฟ40%

3.6 การทำกระดาษด้วยมือ

1. นำเยื่อกระดาษที่ต้มด้วยโซดาไฟที่ความเข้มข้น 40 % มาทำเป็นกระดาษ
2. นำเยื่อกระดาษของพืชตัวอย่างแต่ละชนิดมาปั่นด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 30 วินาที 3 ครั้ง
3. นำเยื่อกระดาษมาปั้นเป็นก้อน โดยมีขนาดเท่ากับที่เรากะประมาณจะเอากระดาษแผ่นหนาหรือบาง
4. นำเยื่อกระดาษใส่ลงใน Beaker หรือขันพลาสติกใช้แท่งแก้วคนให้เยื่อแตกตัวสม่ำเสมอ
5. เทลงในตะแกรงชนิดตาถี่ซึ่งวางอยู่ในกะละมังน้ำตื้น
6. ใช้มือเกลี่ยเพื่อให้เยื่อกระจายทั่วตะแกรงอย่างสม่ำเสมอ
7. ใช้มือจับตะแกรงยกขึ้นตรงๆ ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ
8. นำไปตากแดด จนกระทั่งกระดาษแห้ง
9. นำมาลอกแผ่นกระดาษออกโดยใช้มือสะกิดมุมกระดาษทั้ง 2 ข้าง พอแผ่นกระดาษเผยออกก็จับมุมกระดาษทั้ง 2 ข้าง ลอกออกก็จะได้กระดาษ

รูปที่ 39 ลักษณะกระดาษที่ได้จากต้นกก

รูปที่ 40 ลักษณะกระดาษที่ได้จากชานอ้อย

รูปที่ 41 ลักษณะกระดาษที่ได้จากผักตบชวา

รูปที่ 42 ลักษณะกระดาษที่ได้จากหญ้าคา

รูปที่ 43 ลักษณะกระดาษที่ได้จากฟางข้าว

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

- ค่าเฉลี่ย $\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N}$

  เมื่อ $\sum Xi = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + ... + X_n$

  N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

- % Crude Fiber $= \frac{F_1 - F_2}{F_3} \times 100$

  F_1 = น้ำหนัก Glass Crucible + ตัวอย่างก่อนเผา

  F_2 = น้ำหนัก Glass Crucible + ตัวอย่างหลังเผา

  F_3 = น้ำหนักสารตัวอย่าง

- หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$$

$Xi = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + ... + X_n$

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยหรือค่ามัชฌิมเลขคณิต

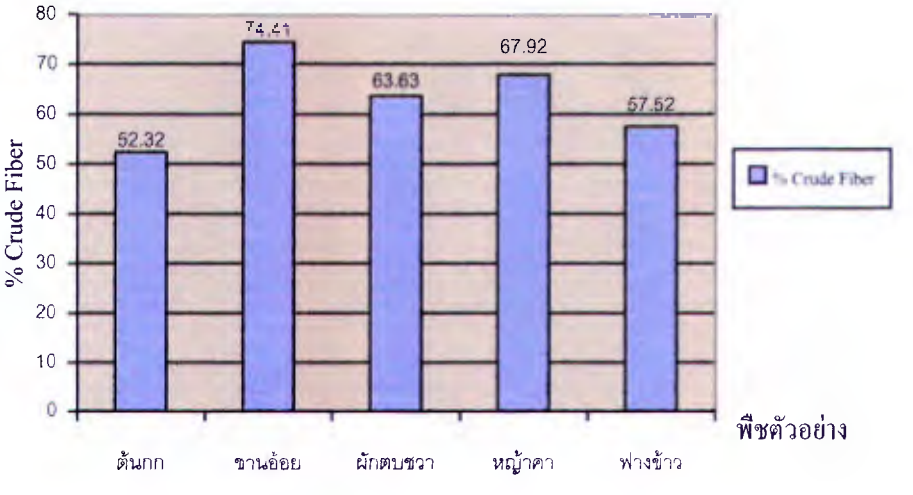
N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใยจากวัสดุเหลือใช้ โดยใช้วัสดุ 5 ชนิด คือ ต้นกก ชานอ้อย ผักตบชวา หญ้าคาและฟางข้าว ในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งได้ค่าดังตารางที่ 7 และหาปริมาณความเข้มข้นของโซดาไฟ (NaOH) ที่เหมาะสม เพื่อใช้ผลิตเยื่อกระดาษดังตารางที่ 8 และตารางที่ 9 ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40และ 50% ตามลำดับ และตารางที่ 8 ศึกษาลักษณะทางกายภาพจากวัสดุเหลือใช้ โดยใช้วัสดุ 5 ชนิด คือ ต้นกก ชานอ้อย ผักตบชวา หญ้าคา และฟางข้าว ในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งได้ค่าดังนี้

ตารางที่ 7 ปริมาณเยื่อใยจากเครื่องสกัดเส้นใย

ตัวอย่างพืช	% Crude Fiber ± S.D.
ต้นกก	52.32 ± 0.74
ชานอ้อย	74 41 ± 0.59
ผักตบชวา	63.63 ± 0.72
หญ้าคา	67.92 ± 0.46
ฟางข้าว	57.52 ± 0.28

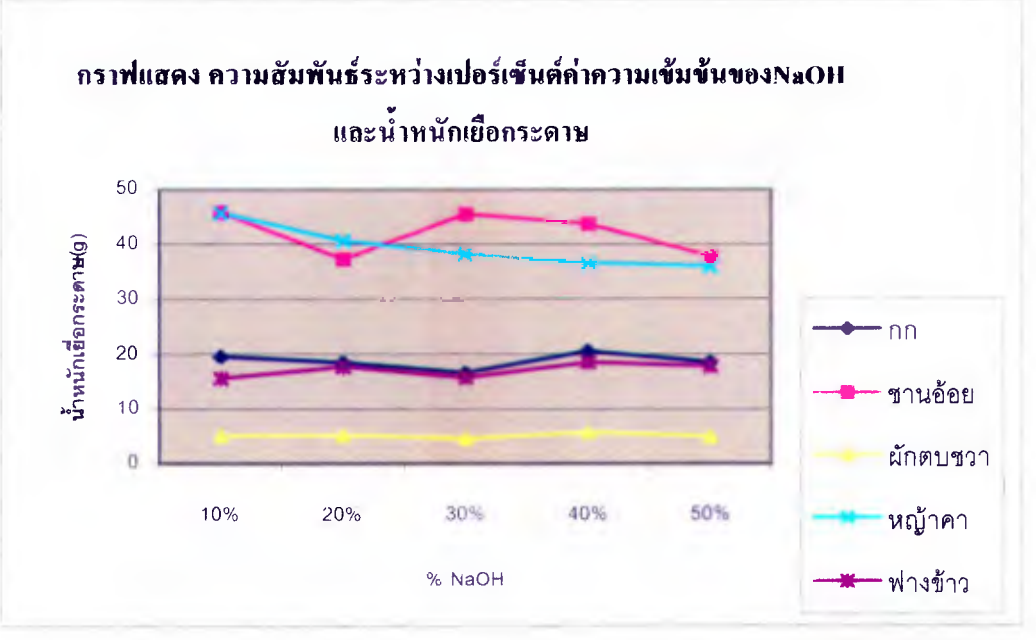


กราฟที่ 1 ปริมาณเยื่อใยจากเครื่องสกัดเส้นใย

ตารางที่ 8 น้ำหนักเยื่อกระดาษ และลักษณะของเส้นใย เมื่อใช้ปริมาณโซดาไฟ (NaOH) ที่ความเข้มข้น10 , 20, 30, 40 และ 50% ตามลำดับ

พืชตัวอย่าง	[NaOH] %	น้ำหนักเยื่อกระดาษ (g) ± S.D.	ลักษณะของเส้นใย
ต้นกก	10	19.69 ± 0.66	เปื่อยยุ่ย$^{+}$
	20	18.48 ± 0.79	เปื่อยยุ่ย$^{++}$
	30	16.70 ± 0 44	เปื่อยยุ่ย$^{+++}$
	40	20 63 ± 0 71	เปื่อยยุ่ย$^{+}$
	50	18 60 ± 0 51	เปื่อยยุ่ย$^{++}$
ชานอ้อย	10	45 93 ± 0 29	เปื่อยยุ่ย$^{+}$
	20	37.48 ± 1 51	เปื่อยยุ่ย$^{+++}$
	30	45 60 ± 0 72	เปื่อยยุ่ย$^{+}$
	40	43.82 ± 1 21	เปื่อยยุ่ย$^{++}$
	50	38.05 ± 0.67	เปื่อยยุ่ย$^{++}$
ผักตบชวา	10	5.24 ± 0.44	เปื่อยยุ่ย$^{+++}$
	20	5.35 ± 0.79	เปื่อยยุ่ย$^{++}$
	30	4.68 ± 0.92	เปื่อยยุ่ย$^{+++}$
	40	5.91 ± 0.78	เปื่อยยุ่ย$^{+}$
	50	5.16 ± 0.63	เปื่อยยุ่ย$^{+++}$
หญ้าคา	10	45 79 ± 0.44	เปื่อยยุ่ย$^{+}$
	20	40.74 ± 0 90	เปื่อยยุ่ย$^{++}$
	30	38 24 ± 0 81	เปื่อยยุ่ย$^{++}$
	40	36 70 ± 1.35	เปื่อยยุ่ย$^{+++}$
	50	36 10 ± 0 78	เปื่อยยุ่ย$^{+++}$
ฟางข้าว	10	15 73 ± 0.52	เปื่อยยุ่ย$^{+++}$
	20	17 83 ± 0 60	เปื่อยยุ่ย$^{++}$
	30	15 85 ± 1.30	เปื่อยยุ่ย$^{+++}$
	40	18 67 ± 0 69	เปื่อยยุ่ย$^{+}$
	50	17.94 ± 0 76	เปื่อยยุ่ย$^{++}$

หมายเหตุ + น้อย, ++ ปานกลาง, +++ มาก



กราฟที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ค่าความเข้มข้นของโซดาไฟและน้ำหนักเยื่อกระดาษ

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเส้นใยที่ใช้ทำเยื่อกระดาษที่ต้มด้วยโซดาไฟ 40 %

ลักษณะที่สังเกตได้/พืชตัวอย่าง	การฟองฟูของเส้นใย	การเกาะเกี่ยวของเส้นใย	ความหยาบและความละเอียดของเส้นใย	ความลื่นของเยื่อกระดาษ	ความยืดหยุ่นของเยื่อกระดาษ	ความนิ่มของเยื่อกระดาษ	สีของเยื่อกระดาษ
ต้นกก	การฟองฟูของเส้นใยมีมากที่สุด ง่ายต่อการซ้อน	เส้นใยเกาะเกี่ยวกันดีมากที่สุด	เส้นใยมีความละเอียดมาก	เยื่อกระดาษมีความลื่นมาก	เยื่อกระดาษมีความยืดหยุ่นน้อยที่สุด	เยื่อกระดาษมีความนิ่มมากที่สุด	เทาอ่อน
ชานอ้อย	เส้นใยมีการฟองฟูน้อย	เส้นใยเกาะเกี่ยวกันน้อย	เส้นใยมีทั้งหยาบและละเอียดปนกัน	เยื่อกระดาษมีความลื่นน้อยที่สุด	เยื่อกระดาษมีความยืดหยุ่นมาก	เยื่อกระดาษมีความนิ่มน้อย	เหลืองอ่อน
ผักตบ	เส้นใยมีการฟองฟูน้อยที่สุด	เส้นใยเกาะเกี่ยวกันน้อยที่สุด	เส้นใยมีความละเอียดน้อย	เยื่อกระดาษมีความลื่นมาก	เยื่อกระดาษมีความยืดหยุ่นมากที่สุด	เยื่อกระดาษมีความนิ่มน้อยที่สุด	เทาอ่อน
หญ้าคา	เส้นใยมีการฟองฟูปานกลาง	เส้นใยเกาะเกี่ยวกันดีปานกลาง	เส้นใยละเอียดปานกลาง	เยื่อกระดาษมีความลื่นน้อย	เยื่อกระดาษมีความยืดหยุ่นน้อย	เยื่อกระดาษมีความนิ่มมาก	เหลืองอ่อน
ฟางข้าว	เส้นใยมีการฟองฟูมาก	เส้นใยเกาะเกี่ยวกันดีมาก	เส้นใยละเอียดมากที่สุด	เยื่อกระดาษมีความลื่นมากที่สุด	เยื่อกระดาษมีความยืดหยุ่นปานกลาง	เยื่อกระดาษมีความนิ่มปานกลาง	ขาวครีม

บทที่ 5

สรุปวิจารณ์ผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาปริมาณเยื่อใยของวัสดุธรรมชาติเหลือใช้ 5 ชนิด คือ ต้นกก ผักตบชวา ชานอ้อย หญ้าคา และฟางข้าว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีปริมาณเยื่อใยแตกต่างกัน จากตารางที่ 7 ปริมาณเยื่อใยจากเครื่องสกัดเส้นใยที่ได้จากชานอ้อย จะมีปริมาณเยื่อใยสูงสุด ในขณะที่หญ้าคา และผักตบชวา มีปริมาณเยื่อใยที่ใกล้เคียงกัน ส่วนฟางข้าว และต้นกก จะมีปริมาณเยื่อใยไม่แตกต่างกันมากนักคือได้ปริมาณน้อยที่สุด

จากตารางที่ 8 เมื่อใช้ความเข้มข้นของโซดาไฟ 10, 20, 30, 40 และ 50 % ตามลำดับ เพื่อใช้แยกเส้นใยเซลลูโลสของวัสดุธรรมชาติพบว่า ต้นกก ชานอ้อย ผักตบชวา หญ้าคาและฟางข้าวจะมีน้ำหนักเยื่อกระดาษที่แตกต่างกัน ถ้าน้ำหนักเยือกระดาษน้อย ลักษณะของเส้นใยจะเปื่อยยุ่ยมาก การทำกระดาษโดยใช้เยื่อ จะเลือกใช้ความเข้มข้นของโซดาไฟที่ให้น้ำหนักเยื่อกระดาษน้อย ลักษณะของเส้นใยเปื่อยยุ่ยมาก เพราะหากเส้นใยเปื่อยยุ่ยมาก การประสานกันเป็นร่างแหดี ทำให้ได้กระดาษที่มีคุณภาพดี การต้มด้วยโซดาไฟในพืชแต่ละชนิดต้องคำนึงถึงการใช้ความเข้มข้นของโซดาไฟที่เหมาะสมและต้องประหยัด เช่น ผักตบชวาและฟางข้าว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอุไร ต้นสกุลและกัณหา กะระณา ส่วนหญ้าคา ต้นกกและชานอ้อย ใช้ความเข้มข้น 40, 30และ20% ตามลำดับ วัตถุดิบแต่ละชนิดให้เยื่อกระดาษในปริมาณที่แตกต่างกัน ขณะเดียวกันคุณสมบัติของเยื่อกระดาษที่ได้ก็แตกต่างกันด้วย

จากกราฟที่ 2 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์ ค่าความเข้มข้นของ NaOH และน้ำหนักเยื่อกระดาษ สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรก ชานอ้อยและหญ้าคา กลุ่มที่ 2 คือต้นกกและฟางข้าว กลุ่มที่ 3 คือผักตบชวา ซึ่งทั้ง 3 กลุ่ม จะสัมพันธ์กับปริมาณเปอร์เซ็นต์ Crude Fiber (ปริมาณเยื่อใย) ที่วิเคราะห์จากเครื่องสกัดเส้นใย กล่าวคือ ชานอ้อยจะมีปริมาณเยื่อใยมากที่สุด รองลงมาคือ หญ้าคา ผักตบชวา ฟางข้าว และต้นกกตามลำดับ ซึ่งปริมาณเยื่อใยของฟางข้าวและต้นกกมีปริมาณเยื่อใยใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่หญ้าคาและผักตบชวา ในการวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใยจากเครื่องสกัดเส้นใย มีปริมาณใกล้เคียงกัน เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของ NaOH และน้ำหนักเยื่อกระดาษ พบว่าผักตบชวา มีน้ำหนักเยื่อกระดาษน้อยที่สุด เป็นไปได้ว่า ผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำที่มีลำต้นอวบอิ่ม และเมื่ออบแห้ง (น้ำหนักแห้ง) เส้นใยมีปริมาณมาก เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่องสกัดเส้นใย แต่เมื่อใช้ด่าง NaOH ที่ความเข้มข้นสูงต่างๆกันมาต้ม ทำให้เส้นใยของผักตบชวา ถูกทำลายมากขึ้น

เนื่องจากเราใช้ ความเข้มข้นของ NaOH ในปริมาณที่สูง โอกาสที่ NaOH จะทำลายพันธะที่ยึดระหว่าง polymer แต่ละสายของเซลลูโลส เกิดขึ้นได้มากกว่าพืชชนิดอื่น จึงทำให้ได้น้ำหนักเยื่อกระดาษน้อยที่สุด ในขณะที่ชานอ้อยและหญ้าคา มีโครงสร้างของเยื่อใย ที่แข็งแรง และมีปริมาณเยื่อใยสูง

จากตารางที่ 9 เป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเส้นใยที่ใช้ในการทำเยือกระดาษโดยใช้ความเข้มข้นของโซดาไฟ 40% ซึ่งเป็นการทำกระดาษแบบพื้นบ้านพบว่า

ต้นกก การฟองฟูของเส้นใย จะมีมากสุดทำให้ง่ายต่อการช้อน ซึ่งการเกาะเกี่ยวกันของเส้นใยต้นกกนั้น มีมากด้วย ฉะนั้นกระดาษจึงดูเรียบ และมีรูพรุนน้อยทำให้ดูดซับน้ำได้ดี เส้นใยละเอียดและ เมื่อนำมาทำเป็นกระดาษ กระดาษมีความนิ่มแต่มีความยืดหยุ่นน้อยและเปื่อยยุ่ยได้ง่าย เมื่อมาทำเป็นกระดาษจากต้นกก แล้วกระดาษมีลายในตัว เพราะเส้นใยบางเส้น ไม่สามารถย่อยได้ อาจเป็นเพราะความเข้มข้นของโซดาไฟไม่เหมาะสมจึงทำให้ไม่เปื่อย แต่จะมีลักษณะเป็นลาย เฉพาะของต้นกกจึงทำให้เหมาะในการดัดแปลงเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายอย่างเช่น โคมไฟ ร่ม กระดาษห่อของขวัญ เป็นต้น

ชานอ้อย การฟองฟูของเส้นใยมีน้อย เส้นใยเกาะเกี่ยวกันน้อยด้วย เยื่อกระดาษที่มีเส้นใยละเอียดมากกว่าเส้นใยหยาบจะสวยงามกว่ากระดาษเรียบอัดกันแน่น มีความยืดหยุ่นดี ทำให้กระดาษแข็งแรง มีสีเหลืองอ่อนชานอ้อยเป็นเยื่อที่แข็งอยู่แล้วทำให้ใช้เวลาในการต้มเยื่อจึงมากด้วย

เมื่อมาทำเป็นกระดาษมีความหนาและค่อนข้างหยาบจึงทำให้ต้องมีการดัดแปลงโดยอาจใช้กระดาษชานอ้อยเป็นที่รองหม้อหรือทำเป็นถุงมือกันความร้อน เป็นต้น

ผักตบ เส้นใยมีการฟองฟูน้อย และมีความแข็งกระด้าง เส้นใยละเอียด มีความยืดหยุ่นมาก ทำให้กระดาษแข็งแรงมากที่สุด มีความเรียบลื่นปานกลาง กระดาษมีความนิ่มน้อยที่สุด มีสีเขียวอ่อน สามารถดัดแปลงโดยทำเป็นกระดาษห่อของขวัญ เป็นต้น

หญ้าคา เส้นใยมีการฟองฟูปานกลาง และเกาะเกี่ยวกันดี มีความนิ่มมาก ความยืดหยุ่นน้อย มีความนิ่มของเยื่อกระดาษมาก เยื่อกระดาษมีสีเขียวอ่อน เป็นพืชที่มีมากกว่าชนิดอื่นๆเมื่อดัดแปลงแล้วอาจทำเป็นถุงมือกันความร้อน เพราะหนาและนุ่ม

ฟางข้าว มีคุณสมบัติที่ดีคือการฟองฟูเส้นใยมีมาก เส้นใยเกาะเกี่ยวกันดีมากและเส้นใยมีความละเอียดมากที่สุดกระดาษมีความลื่นมากที่สุด มีความยืดหยุ่นปานกลาง มีความนิ่มปานกลาง มีสีขาวครีม แต่ฟางข้าวมีวัตถุดิบในฤดูกาลเกี่ยวข้าวเท่านั้น ดัดแปลงได้หลายอย่างเช่น กระดาษห่อของขวัญ โคมไฟ ปกหนังสือ กรอบรูป เป็นต้น

จากการวิจัยซึ่งพบว่า วัสดุแต่ละชนิดมีปริมาณเยื่อใย คุณสมบัติของเยื่อกระดาษและปริมาณความเข้มข้นของโซดาไฟ ที่ใช้แตกต่างกัน เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีโครงสร้างของเซลล์

และองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยที่แตกต่างกัน ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของพืชจะมีสารพวกเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน และลิกนิน อยู่ในจำนวนไม่เท่ากันและถ้าพืชที่มีสารลิกนินมากจะทำให้พืชมีความแข็งแรงมาก ดังนั้นการเปื่อยยุ่ยของพืชจะต้องเลือกความเข้มข้นของโซดาไฟให้เหมาะสมสำหรับการต้ม ทั้งนี้จะเป็นการประหยัดต้นทุนสำหรับสารเคมีและได้เส้นใยที่มีการเปื่อยยุ่ยดีจะทำให้ได้กระดาษที่มีความละเอียดสูง

จากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำข้อมูลมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้โดยการนำผลิตผลที่ได้มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆตามความเหมาะสมของวัสดุนั้นๆ เช่น ดอกไม้จากกระดาษ ร่ม โคมไฟ กรอบรูป เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1. การเตรียมตัวอย่างพืช ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์เส้นใยไม่ควรละเอียดมาก เพราะจะทำให้ติด Filter ทำให้กรองยาก
2. กรดที่เติมต้องต้มให้ร้อนก่อนเพราะจะทำให้กรองได้เร็วขึ้น
3. การต้มควรต้มโซดาไฟให้เดือดก่อนเพราะจะทำให้วัสดุเปื่อยเร็ว
4. ความเข้มข้นของโซดาไฟมีผลต่อการเปื่อยยุ่ยของเส้นใย ดังนั้นต้องให้ความเข้มข้นที่เหมาะสมกับวัสดุเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต
5. การช้อนแผ่นกระดาษต้องจับตะแกรงช้อนให้ตรงไม่เอนซ้ายและเอนขวาเพราะจะทำให้กระดาษมีความหนาบางไม่เท่ากัน
6. ควรศึกษาปริมาณสารฟอกขาวที่เหมาะสมและเวลาที่ใช้ในการฟอกเยื่อกระดาษจะทำให้กระดาษดูสวย
7. สารฟอกขาวที่ใช้อาจใช้ แคลเซียมไฮโปคลอไรด์ หรือ 10%ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
8. ควรมีการใช้สีผสมลงไปกับเยื่อกระดาษเพื่อให้กระดาษมีความสวยงาม
9. ควรมีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษด้วยเครื่องมือเช่น ดัชนีความต้านแรงดึง ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด ความขาวสว่าง
10. ควรมีการปรับปรุงวิธีการผลิตเพื่อให้ได้กระดาษที่มีคุณภาพที่ดีขึ้น
11. ควรมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แล้วเทียบกับกระดาษอื่นๆเช่นกระดาษสา
12. ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการศึกษาเยื่อกระดาษ
13. ควรมีการวิจัยโดยใช้กลุ่มตัวอย่างให้มาก หรือหลากหลายชนิดที่ต่างกันจะทำให้เห็นข้อแตกต่างที่มากขึ้น เช่น ความเข้มข้นของโซดาไฟที่เหมาะสม

บรรณานุกรม

เกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัย. **พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ** . ภาควิชาพืชไร่.กรุงเทพฯ , 2541

ฉลอง เอี่ยมอาทร. **การทำกระดาษจากผักตบชวา**. วิทยาศาสตร์บริการ 52-162 (กันยายน 2543)

คำรงศักดิ์ เหล่าแสงธรรม **การผลิตเยื่อกระดาษจากหญ้าแฝกเชิงหัตถกรรม** .วิทยาศาสตร์บริการ 47-151(กันยายน 2542)

ธีระชัย รัตนโรจ์มาคล **เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับกระดาษ** .กนช 7-5(กุมภาพันธ์ 2532)

บุณยวีร์ น้ำขาว **การศึกษาการทำเยื่อกระดาษจากปาล์มน้ำมัน .** รายงานการวิจัย . นครศรีธรรมราช สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช ,2541

ปราณี อ่านเปรื่อง **เอ็นไซม์ทางอาหาร** พิมพ์ครั้งที่ 3 . กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543

พวงศรี ชูวงค์ และ กมลวรรณ ธรรมวาจา **การทำเยื่อกระดาษจากกาบใบสับปรด** โปรแกรมวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช

พัชรินทร์ วิบูลย์ทรัพย์. **การผลิตกระดาษ**. เทคโนโลยี,(พฤษภาคม 2536)

พอใจ คำปังศ์ **ปฏิบัติการผลิตเซลลูโลสด้วยจุลชีพ**. อัพเดท 12 (133):42-45 ก.ค. 2540)

วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา **วิทยาศาสตร์เส้นใย** . กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬา,2543

สมโพธิ์ หอมจำรูญ **สารพันเรื่องกระดาษ** . สุโขทัยธรรมาธราช 10-3 (กันยายน-ธันวาคม 2540)

อัจฉราพร ไศละสูตร **ความรู้เรื่องผ้า** วิทยาลัยเทคนิค กรุงเทพฯ พ.ศ. 2519

อุไร ตันสกุล และ กัณหา การะณา **การใช้ประโยชน์จากเยื่อกระดาษจากวัชพืช ส่วนทิ้งเปล่าของพืชท้องถิ่น และบรรจุภัณฑ์จากกระดาษในการประดิษฐ์ของเล่น เพื่อการศึกษา** 41-3 (กันยายน-ตุลาคม 2541)

1984 . Official Methods of Analysis of the Association of Offcial Analytical Chemists.14 th edn. The Association of Offcial Analytical, Inc. (AOAC.)

www.doa.go.th/botany/new14.htm/

www.nationlpark.go.th/biocom/garbage-fiber

www.bcw.ac.th/stuchem44/m5/pp02/mupung1/pagcb.htm

www.school.net.th/library/snet/feb18/cellulous.htm

www.dss.go.th/new-commu/ r-d3.htm

http://158.108.19.9/fscicvk/ethanol.html

http://www.biogenthai.com/line_2.php

http://www.thaihealth.info

http://www.rilp.ac.th/culture/lampang/gt%20saapaper.htm

http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/4-5/no12/vegetablepic.html

http://www.kanchanapisek.or.th/kp6/book9/chapter12/t9-12-l1.htm#sect3

http://www.kluweronline.com/issn/0969-0239/contents

http://www.kanchanapisek.or.th/kp6/book14/chapter8/t17-8-l1.htm

http://www.geocities.com/scilpk/exp2.html

ภาคผนวก

เค้าโครงวิจัย

ชื่อโครงการ ศึกษาปริมาณเยื่อใยในการผลิตเยื่อกระดาษจากวัสดุเหลือใช้

ชื่อผู้ทำวิจัย นางสาววารินทิพย์ ลาภพล

นางสาวภัคจิรา ศรีดุกา

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์นงเยาว์ เทพยา

ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ และสิ่งพิมพ์เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถทดแทนการนำเข้าได้อย่างมาก อัตราการขยายตัวของอุตสาหกรรมนี้เป็นตัวบ่งชี้ ความเจริญก้าวหน้าทาง สังคม และการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศได้เป็นอย่างดี โดยอัตราการบริโภคกระดาษ ของคนไทยโดยเฉลี่ยมีประมาณ 40 กิโลกรัม/คน/ปี และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กระดาษ และอุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์เป็นอุตสาหกรรมที่มีความต่อเนื่องกันอย่างเห็นได้ชัด การผลิตของอุตสาหกรรมดังกล่าวแต่ละประเภทเริ่มมีความสมดุลมากขึ้น ทั้งนี้เพราะอุตสาหกรรมขั้นต้น คือ อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ โดยเฉพาะเยื่อใยมีกำลังการผลิตที่สามารถรองรับอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้อย่างเพียงพอ

ปัจจุบันกระดาษได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเรามากขึ้น เช่นของใช้ที่ทำมาจากกระดาษที่ เราได้นำมาใช้ซึ่งมี หนังสือพิมพ์ ถุงใส่ขนม กล่องใส่ขนม ร่ม ธนบัตร กระดาษเช็ดปาก ตลอดจนป้ายโฆษณาที่ติดตั้งอยู่ตามสถานที่ทั่วไป ล้วนแต่ทำมาจากกระดาษทั้งสิ้น วิธีการผลิตกระดาษมีกรรมวิธีการผลิตต่างๆกัน และได้มีการวิวัฒนาการมาจนถึงปัจจุบันที่นิยมกันมากโดยเริ่มจาก พ.ศ.1852 – ปัจจุบัน วิวัฒนาการของการผลิตกระดาษและความต้องการในการใช้กระดาษไม่สอดคล้องกันจึงทำให้เราต้องหาวิธีการในการเพิ่มการทำกระดาษให้มากขึ้น

เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าแนวโน้มปริมาณของกระดาษที่ใช้นั้นนับว่าจะมีปริมาณที่สูงขึ้นตามความเจริญของประเทศชาติ เมื่อประมาณปี 2510 ไทยได้ใช้กระดาษต่อคนต่อปีเพียง 3.3 กิโลกรัมในขณะที่สหรัฐอเมริกาใช้ถึง 244กิโลกรัม (http://www.geocitues.com/scilpk/2.html)

ดังนั้นอุตสาหกรรมที่ใช้ไม้เป็นวัตถุดิบ ในการผลิตเยื่อกระดาษเพื่อทำเป็นกระดาษจะมีความสำคัญมากในอนาคต จึงเป็นที่สนใจของประเทศที่กำลังพัฒนา ทั้งหลายที่ต่างพยายามค้นคว้าหาวัตถุดิบสำหรับผลิตเยื่อกระดาษขึ้น เพื่อสนองความต้องการภายในประเทศ โดยใช้วัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งมีวัสดุธรรมชาติที่เหมาะสมในการทำเยื่อกระดาษ เยื่อกระดาษที่ได้ก็มีทั้งที่ผลิตด้วยมือและเครื่องจักร ที่ผลิตด้วยมือและเป็นที่รู้จักกัน

อย่างแพร่หลายก็คือ กระดาษสาที่มีความเหนียวเป็นพิเศษ มีโครงสร้างเส้นใยตามธรรมชาติที่ดูละเอียด สวยงามและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางเช่น กระดาษห่อของขวัญ ซองจดหมาย ร่ม กระดาษ หรือโคมไฟ เป็นต้น

ในชนบทซึ่งมีวัสดุธรรมชาติและวัสดุเหลือใช้ทางด้านเกษตรกรรมมากมาย ยังได้มีการนำวัสดุธรรมชาติ และวัสดุเหลือใช้มาเป็นปุ๋ย เป็นอาหารสัตว์ การใช้ประโยชน์อื่นๆยังมีน้อย การนำส่วนทิ้งเปล่าเหล่านี้ ซึ่งส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเส้นใยเซลลูโลส การนำเส้นใยเซลลูโลสของพืชมาทำให้เกิดประโยชน์ได้ โดยการนำมาทำเป็นเยื่อกระดาษ จึงเป็นหนทางหนึ่งที่สามารถช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจ ที่ศึกษาวัสดุธรรมชาติเหลือใช้ในท้องถิ่น 5 ชนิด คือ ต้นกก ชานอ้อย ผักตบชวา หญ้าคา และฟางข้าว โดยศึกษาปริมาณเยื่อใยในพืชตัวอย่าง 5 ชนิด และทำเป็นเยื่อกระดาษ เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยจากเยื่อกระดาษที่ได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรกรรมที่ปราศจากคุณค่านำมาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เป็นการเพิ่มคุณค่าให้แก่วัสดุเหลือใช้ และยังไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย และยังสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์เพื่อพัฒนาและสร้างงานให้กับคนในชุมชนนั้นๆได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณเยื่อใยจากวัสดุธรรมชาติที่เหลือใช้ โดยใช้วัสดุ 5 ชนิด คือ ต้นกก ชานอ้อย ผักตบชวา หญ้าคา และฟางข้าว
2. เพื่อศึกษาหาปริมาณความเข้มข้นของ NaOH ที่เหมาะสม เพื่อใช้ผลิตเยื่อกระดาษ
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้

สมมติฐานของงานวิจัย

พืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณเยื่อใยแตกต่างกันและเยื่อกระดาษที่ได้มี คุณสมบัติต่างกัน

ขอบเขตงานวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นวัสดุ 5 ชนิดคือ ต้นกก ชานอ้อย ผักตบชวา หญ้าคา และฟางข้าว
2. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ โดยการสังเกตเยื่อกระดาษที่ต้มกับ NaOH ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50% ตามลำดับ
3. ศึกษาปริมาณเยื่อใยโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เส้นใย (Fiberter system)

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. วัสดุที่ใช้หาปริมาณเยื่อใย ได้แก่ ต้นกก ชานอ้อย ผักตบชวา หญ้าคา และฟางข้าว
2. ผู้วิจัยกำหนดให้วัสดุทั้ง 5 ชนิด ที่นำมาทำการวิเคราะห์เป็นวัสดุเหลือใช้ในอำเภอเมืองจังหวัดนครศรีธรรมราช
3. ในงานวิจัยได้ทำการหาปริมาณเยื่อใยในวัสดุทั้ง 5 ชนิด โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เส้นใย(Fiberter system)
4. การทำเยื่อกระดาษใช้เวลาในการต้ม 2 ชั่วโมง
5. ได้ทำเยื่อกระดาษโดยใช้ 40 % NaOH (ซึ่งเป็นความเข้มข้นของโซดาไฟที่นิยมทำกันมาก) เปรียบเทียบคุณสมบัติของเส้นใย
6. หาปริมาณความเข้มข้นของโซดาไฟที่เหมาะสมที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50% ตามลำดับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการนำวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติมาทำให้เกิดประโยชน์
2. เป็นการเพิ่มคุณค่าของวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่น
3. ทำให้ทราบปริมาณเยื่อใยในพืชตัวอย่าง
4. สามารถเลือกใช้วัสดุเหลือใช้นำมาผลิตเยื่อกระดาษที่มีคุณภาพได้ในอนาคต
5. สามารถนำเยื่อกระดาษที่ได้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้
6. เป็นข้อมูลเบื้องต้น ที่จะทำให้ผู้ที่สนใจ นำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางธุรกิจ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารอ้างอิง

เกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัย. **พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ** . ภาควิชาพืชไร่.กรุงเทพฯ , 2541

ฉลอง เอี่ยมอาทร. **การทำกระดาษจากผักตบชวา**. วิทยาศาสตร์บริการ 52-162 (กันยายน 2543)

ดำรงศักดิ์ เหล่าแสงธรรม **การผลิตเยื่อกระ**ดาษจากหญ้าแฝกเชิงหัตถกรรม .วิทยาศาสตร์บริการ 47-151(กันยายน 2542)

ธีระชัย รัตนโรจ์มาดล **เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับกระดาษ** .กนช 7-5(กุมภาพันธ์ 2532)

บุณยวีร์ น้ำขาว **การศึกษาการทำเยื่อกระดาษจากปาล์มน้ำมัน .** รายงานการวิจัย . นครศรีธรรมราช สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช ,2541

ปราณี อ่านเปรื่อง **เอ็นไซม์ทางอาหาร พิมพ์ครั้งที่** 3 . กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543

พวงศรี ชูวงค์ และ กมลวรรณ ธรรมวาจา **การทำเยื่อกระดาษจากกาบใบสัปรด** โปรแกรมวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช

พัชรินทร์ วิบูลย์ทรัพย์. **การผลิตกระดาษ**. เทคโนโลยี,(พฤษภาคม 2536)

พอใจ คำปังส์ ปฏิบัติการผลิตเซลลูโลสด้วยจุลชีพ. อัพเดท 12 (133):42-45 ก.ค. 2540

วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา **วิทยาศาสตร์เส้นใย** . กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬา,2543

สมโพธิ์ หอมจำรูญ **สารพันเรื่องกระดาษ** . สุโขทัยธรรมาธราช 10-3 (กันยายน-ธันวาคม 2540)

อัจฉราพร ไศละสูตร ความรู้เรื่องผ้า วิทยาลัยเทคนิค กรุงเทพฯ พ.ศ. 2519

อุไร ตันสกุล และ กัณหา การะณา **การใช้ประโยชน์จากเยื่อกระดาษจากวัชพืช ส่วนทิ้งเปล่าของพืชท้องถิ่น และบรรจุภัณฑ์จากกระดาษในการประดิษฐ์ของเล่น เพื่อการศึกษา** 41-3 (กันยายน-ตุลาคม 2541)

1984 . Official Methods of Analysis of the Association of Offcial Analytical Chemists. 14 th edn.The Association of Offcial Analytical, Inc. (AOAC.)

www.doa.go.th/botany/new14.htm/

www.nationlpark.go.th/biocom/garbage-fiber

www.bcw.ac.th/stuchem44/m5/pp02/mupung1/pagcb.htm

www.school.net.th/library/snet/feb18/cellulous.htm

www.dss.go.th/new-commu/ r-d3.htm

http://158.108.19.9/fscicvk/ethanol.html

http://www.biogenthai.com/line_2.php

http://www.thaihealth.info

http://www.rilp.ac.th/culture/lampang/gt%20saapaper.htm

http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/4-5/no12/vegetablepic.html

http://www.kanchanapisek.or.th/kp6/book9/chapter12/t9-12-l1.htm#sect3

http://www.kluweronline.com/issn/0969-0239/contents

http://www.kanchanapisek.or.th/kp6/book14/chapter8/t17-8-l1.htm

http://www.geocities.com/scilpk/exp2.html

อุปกรณ์ - เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1 อุปกรณ์-เครื่องมือ ที่ใช้วิเคราะห์เยื่อใย

1. Glass Crucible
2. Beaker 1,000 ml
3. Dropper
4. Cylinder 100 ml
5. Sterring rod
6. Spatula
7. Hot plate
8. Desicator
9. Hot air oven (ตู้อบไฟฟ้า)
10. Fiberter system (เครื่องวิเคราะห์เส้นใย)
11. Muffle Furnace
12. เครื่องแยกอนุภาค
13. ตัวอย่างพืช 5 ชนิด
14. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
15. เครื่องปั่น

สารเคมี วิเคราะห์เยื่อใย

1. NaOH (Sodium Hydroxside) 1.25% M 40.0 g/mol BDH England
2. H_2SO_4 (Sulfuric acid)1.25% M 98.08 g/mol BDH Germany
3. Acetone (CH_3COCH_3) M 58.08 g/mol MERCK Germany
4. N-octanol

2. อุปกรณ์-เครื่องมือ การทำเยื่อกระดาษ

1. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler รุ่น PB 1502
2. ผ้าขาวบาง
3. ตะแกรงลวด
4. กะละมัง
5. เครื่องปั่น
6. ถุงพลาสติก

7. ยางวง
8. Beaker 1,000 ml
9. Sterring rod
10. Hood
11. Hot plate
12. ตัวอย่างพืช 5 ชนิด

3. สารเคมี การทำเยื่อกระดาษ
    1. โซดาไฟ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 % ตามลำดับ

ระยะเวลาทำการวิจัย

ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2546- มีนาคม 2547

สถานที่ทำการวิจัย

ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช

ลงชื่อ.....ผู้ทำวิจัย
(นางสาววารินทิพย์ ลาภพล)
ลงชื่อ ผู้ทำวิจัย
(นางสาวภัคจิรา ศรีดุกา)

ความคิดเห็นของอาจารย์ที่ปรึกษา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(นางสาวนงเยาว์ เทพยา)

ประวัติผู้ทำวิจัย

ชื่อ - สกุล นางสาวภัคจิรา ศรีดุกา

วัน / เดือน / ปีเกิด 4 มิถุนายน 2524

อายุ 23 ปี

ภูมิลำเนา 30/1 หมู่ 3 ตำบลนาทราย อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280

ประวัติการศึกษา

- จบประถมศึกษา จากโรงเรียนบ้านนาเคียน
- มัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนบ้านนาเคียน
- มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเมืองนครศรีธรรมราช

ปัจจุบัน

กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช

ประวัติผู้ทำวิจัย

ชื่อ - สกุล นางสาววารินทิพย์ ลาภพล

วัน / เดือน / ปีเกิด 29 กันยายน 2524

อายุ 23 ปี

ภูมิลำเนา 98 ซ หัวหลาง ถ ราชดำเนิน ต.ในเมือง อ เมือง จ. นครศรีธรรมราช 80000

ประวัติการศึกษา

- จบประถมศึกษา จากโรงเรียนเทศบาลวัดศรีทวี
- จบมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนเมืองนครศรีธรรมราช
- จบมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเมืองนครศรีธรรมราช

ปัจจุบัน

กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช