สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเตรียมและพัฒนากระดาษจากกาบกล้วย เพื่อใช้ทำบรรจุภัณฑ์

T107729

นางสาวเกวลิน ขันธ์ชัยภูมิ
นายศักดิ์สิทธิ์ ดอนมอญ

เลขหมู่............
เลขทะเบียน 107729
วัน,เดือน,ปี 10 พ.ค. 2553
b. 12210807
i. ....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preparation and Development of Banana Paper for Packaging

Ms.Kewalin Khanchaiyapoom

Mr.Saksit Donmon

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	การเตรียมและพัฒนากระดาษจากกาบกล้วยเพื่อใช้ทำบรรจุภัณฑ์
โดย	นางสาวเกวลิน ขันธ์ชัยภูมิ รหัสนักศึกษา 45050077
	นายศักดิ์สิทธิ์ ดอนมอญ รหัสนักศึกษา 45050151
ภาควิชา	เคมี
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

กรรมการ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ	....
กรรมการ อ.พรทิพย์ ศัพทอนันต์	....
กรรมการ รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์	....

....

(ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ การเตรียมและพัฒนากระดาษจากกาบกล้วยเพื่อใช้ทำบรรจุภัณฑ์
นักศึกษา นางสาวเกวลิน ขันธ์ชัยภูมิ
นายศักดิ์สิทธิ์ ดอนมอญ
ภาควิชา เคมี
สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม
คณะ วิทยาศาสตร์
ปีการศึกษา 2548
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าแห้งเพื่อทำบรรจุภัณฑ์ โดยศึกษาปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 4 6 และ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาที่ใช้ต้มย่อยเยื่อ 1 2 และ 3 ชั่วโมง เพื่อให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า และใช้สภาวะที่เหมาะสมนี้เตรียมกระดาษจากกาบกล้วยเล็บมือนาง เปรียบเทียบสมบัติของกระดาษทั้งสองชนิด โดยตรวจสอบสมบัติเชิงกล การซึมน้ำ น้ำมัน และสัณฐานวิทยา จากผลการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่ให้กระดาษที่มีค่าความแข็งแรงดึงดี และกระดาษจากกล้วยน้ำว้าให้สมบัติที่ดีกว่ากล้วยเล็บมือนาง

นอกจากนี้ศึกษาผลของสารต้านการซึมน้ำ และเยื่อกระดาษกล่องเก่าที่มีต่อสมบัติต่างๆของกระดาษจากกล้วยน้ำว้า ผลการทดลองพบว่า กระดาษที่ไม่เติมสารต้านการซึมน้ำมีสมบัติความแข็งแรงดึงและต้านการซึมน้ำมันดีกว่า สำหรับกระดาษที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 30 ให้ค่าความแข็งแรงดึงสูงใกล้เคียงกับกระดาษคราฟท์มาตรฐาน ชนิด KA 230 แต่ถ้ามีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 70 ให้ค่าการดึงยืด ณ จุดขาดสูง ส่วนกระดาษจากกล้วยน้ำว้า มีความแข็งแรงดึงใกล้เคียงกับกระดาษคราฟท์มาตรฐาน ชนิด CA 125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This research is focus on the preparation of banana paper from leaf sheaf of a Nam waa banana tree truck for packaging. Several parameters such as concentration of sodium hydroxide solution at 2 ,4, 6 and 8 %w/v and digestion time at 1, 2 and 3 hr. were studied. The proper conditions were selected and use for preparation paper from Leb muanange banana. Mechanical property, water and oil absorption properties including morphology of these papers were investigated. The results indicated that 8% w/v of sodium hydroxide solution and 3 hr. of digestion time were the proper conditions which providing good tensile strength. Paper from Nam waa showed properties better than Leb muanange.

Furthermore, the effect of water resistance and paper pulps from old box on various properties of Nam waa paper were studied. Experimental results suggested that paper without adding water resistance substance showed better tensile strength and oil resistance properties. Paper contained with 30% of paper pulp from old box provided good tensile strength and similar to standard kraft paper number KA 230. On the other side, paper mixed with 70% exhibited good elongation at break. Paper prepared from Nam waa has tensile strength nearly to standard kraft paper number CA 125.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานในโครงงานนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ ที่กรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงงานพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณอาจารย์พรทิพย์ ศัพทอนันต์ และดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ อาจารย์กรรมการโครงงานพิเศษนี้ที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ

ขอขอบพระคุณบริษัทพิมพ์ดีบรรจุภัณฑ์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กระดาษกล่องเก่าและตะแกรงขึ้นรูปกระดาษ

ขอขอบพระคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อหม้อต้มนึ่งอัดไอ

ขอขอบพระคุณร้านขายกล้วยปิ้งหน้าคณะวิทยาศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อต้นกล้วยน้ำว้ามาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา อาจารย์ภาควิชาเคมีทุกท่าน และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ และท่านอื่นๆที่มิได้กล่าวถึง ที่คอยให้คำแนะนำความช่วยเหลือต่างๆรวมทั้งกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

นางสาวเกวลิน ขันธ์ชัยภูมิ
นายศักดิ์สิทธิ์ ดอนมอญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	3
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 กระดาษ	4
2.1.1 ความหมาย	4
2.1.2 ประวัติและความเป็นมาของกระดาษ	5
2.1.3 แหล่งเส้นใยในการผลิตเยื่อกระดาษ	6
2.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของไม้	8
2.1.5 การผลิตเยื่อกระดาษ	10
2.1.6 การผลิตแผ่นกระดาษ	11
2.1.7 เยื่อกระดาษขึ้นรูป	12
2.1.8 องค์ประกอบของกระดาษ	15
2.1.9 ประเภทของกระดาษ	18
2.1.10 การวิเคราะห์คุณสมบัติของกระดาษ	19
2.1.11 คุณสมบัติภาชนะบรรจุ	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

		หน้า
2.2	กล้วย	24
	2.2.1 ลักษณะทั่วไป	25
	2.2.2 ประวัติกล้วยในประเทศไทย	25
	2.2.3 พันธุ์กล้วย	25
	2.2.4 องค์ประกอบทางเคมีของต้นกล้วย	33
	2.2.5 องค์ประกอบทางเคมีของกาบกล้วย	33
2.3	สารเคมีที่ใช้และคุณสมบัติ	34
	2.3.1 สารเคมีที่ใช้แยกลิกนิน	34
	2.3.2 สารเคมีที่ใช้ฟอกขาว	35
2.4	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย		38
3.1	สารเคมี	38
3.2	อุปกรณ์	38
3.3	เครื่องทดสอบ	39
3.4	วิธีดำเนินงานวิจัย	40
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง		44
4.1	ผลการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการต้มย่อยเยื่อจากกาบกล้วยน้ำว้า	44
4.2	ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการต้มย่อยเยื่อ	48
4.3	ผลการศึกษาสมบัติของกระดาษผสม	52
4.4	ผลการเปรียบเทียบระหว่างกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษจากกาบกล้วยเล็บมือนาง	56
4.5	ผลการเปรียบระหว่างกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ	59
4.6	ผลการเปรียบเทียบระหว่างกระดาษกล้วย 100 % กระดาษผสมและกระดาษคราฟท์มาตราฐาน	63
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ		64
ภาคผนวก		65
เอกสารอ้างอิง		79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน 10

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด ของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน 44

ตารางที่ 4.2 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน 46

ตารางที่ 4.3 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน 46

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด ของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆ 48

ตารางที่ 4.5 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆกัน 50

ตารางที่ 4.6 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆกัน 50

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด ของกระดาษผสม 52

ตารางที่ 4.8 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษผสม 54

ตารางที่ 4.9 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษผสม 54

ตารางที่ 4.10 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษกาบกล้วยเล็บมือนาง 57

ตารางที่ 4.11 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษกาบกล้วยเล็บมือนาง 58

ตารางที่ 4.12 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ 60

ตารางที่ 4.13 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของเซลลูโลส 8

รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส 8

รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของลิกนิน 9

รูปที่ 2.4 แสดงวิธีตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ 21

รูปที่ 2.5 แสดงกล้วยน้ำว้าดำ 26

รูปที่ 2.6 แสดงกล้วยหักมุข 28

รูปที่ 2.7 แสดงกล้วยเล็บมือนาง 28

รูปที่ 2.8 แสดงกล้วยงาช้าง 29

รูปที่ 2.9 แสดงกล้วยนาค 29

รูปที่ 2.10 แสดงกล้วยพม่าแหกคุก 31

รูปที่ 2.11 แสดงกล้วยแคระ 32

รูปที่ 2.12 แสดงกล้วยหิน 33

รูปที่ 3.1 แสดงหม้อนึ่งอัดไอ 39

รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล 39

รูปที่ 4.1 แสดงความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่ใช้สารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน 45

รูปที่ 4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่ใช้ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน 45

รูปที่ 4.3 สัณฐานวิทยาของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 47

รูปที่ 4.4 สัณฐานวิทยาของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 48

รูปที่ 4.5 แสดงความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆกัน 49

รูปที่ 4.6 แสดงเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดย ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆกัน 49

รูปที่ 4.7 สัณฐานวิทยาของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 1 ชั่วโมง 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.8 สัณฐานวิทยาของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง 51

รูปที่ 4.9 แสดงค่าความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษผสมในอัตราส่วนต่างๆกัน 52

รูปที่ 4.10 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษผสมในอัตราส่วนต่างๆกัน 53

รูปที่ 4.11 สัณฐานวิทยาของกระดาษผสมที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 30 55

รูปที่ 4.12 สัณฐานวิทยาของกระดาษผสมที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 70 55

รูปที่ 4.13 แสดงค่าความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษจากกาบกล้วยเล็บมือนาง 56

รูปที่ 4.14 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษจากกาบกล้วยเล็บมือนาง 57

รูปที่ 4.15 สัณฐานวิทยาของกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยเล็บมือนาง 58

รูปที่ 4.16 สัณฐานวิทยาของกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยน้ำว้า 58

รูปที่ 4.17 แสดงความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ 59

รูปที่ 4.18 แสดงเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ 60

รูปที่ 4.19 สัณฐานวิทยาของกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำ 62

รูปที่ 4.20 สัณฐานวิทยาของกระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำ 62

รูปที่ 4.21 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างกระดาษกล้วย 100 % กระดาษผสม และกระดาษคราฟท์มาตรฐาน 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการปลูกกล้วยเป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปทุกภูมิภาคของประเทศ ซึ่งจากการสำรวจพบว่าพันธุ์กล้วยที่มีการปลูกมากที่สุดคือ กล้วยน้ำว้า (ปี 2538 มีพื้นที่ปลูก 732,000 ไร่ ผลผลิต 90,439 ตัน)[19] และเราสามารถใช้ประโยชน์จากกล้วยได้หลายรูปแบบด้วยกันตัวอย่างเช่น ผลนำมารับประทานซึ่งมีประโยชน์มากแก่ร่างกาย นอกจากนี้เรายังสามารถนำผลของกล้วยมาทำเป็นสินค้าแปรรูปเพื่อการเพิ่มมูลค่าของสินค้าได้อีกด้วย หัวปลีสามารถนำมารับประทานได้ ลำต้นใช้เป็นเป็นอาหารสัตว์ นำมาตากแห้งเป็นเชือกกล้วย นำมาทำกระทง ใบใช้ในการห่ออาหารแทนถุงพลาสติก ซึ่งในปัจจุบันบรรจุภัณฑ์ส่วนใหญ่ทำมาจากพลาสติก เนื่องจากราคาถูก สะดวก และมีประสิทธิภาพในการใช้งานดี แต่การใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกนั้นได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลายด้านด้วยกัน ก่อให้เกิดขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นถึงแม้จะมีการนำกลับเอามาใช้ใหม่ในอุตสาหกรรมที่ใช้ภาชนะพลาสติกแล้วก็ยังจะเกิดภาระค่าใช้จ่ายต้นทุนจากการนำมาแปรรูปใช้ใหม่ซึ่งค่าใช้จ่ายนี้ต่อปีแล้วมีมูลค่าที่สูง

เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการค้นคว้าวิจัยหาวัสดุอื่นเพื่อใช้ทดแทนพลาสติกและสิ่งที่พบว่ามีประสิทธิภาพมากที่สุดคือการใช้กระดาษมาผลิตเป็นภาชนะบรรจุ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนที่ใช้รีไซเคิลระหว่างกระดาษกับวัสดุที่ใช้ทำขวดพลาสติกและขวด PET แล้วต้นทุนต่อน้ำหนักก็ยังน้อยกว่า บริษัท คาโอ ได้พัฒนาเทคนิคการทำขวดกระดาษโดยใช้การเป่าในแม่พิมพ์ ซึ่งได้เป็นขวดใส่ผงซักฟอกที่ออกวางขายในท้องตลาด เมื่อมองจากลักษณะภายนอกแล้วเหมือนขวดพลาสติกและเมื่อลองสัมผัสดูความแข็งแรงและผิวสัมผัสแล้วดูไม่ออกเลยว่าทำมาจากกระดาษ เมื่อลองตัดขวดตามขวางออกดูพบว่ามีเส้นใยละเอียดถูกอัดตัวกันอยู่จึงทำให้รู้ว่าเป็นขวดกระดาษ ขวดกระดาษนี้เมื่อเปรียบเทียบกับขวดพลาสติกแล้วยังทนต่อแรงอัดและแรงกระแทกได้ในระดับเดียวกัน เมื่อบีบหรือตกหล่นก็ไม่แตกง่าย น้ำซึมผ่านได้ยากแต่ก็ยังไม่เท่ากับระดับการกันน้ำของพลาสติก

วิธีการผลิตนั้นเริ่มจากการนำวัตถุดิบซึ่งเป็นน้ำตีผสมกับเยื่อกระดาษจากกระดาษเก่า หลังจากนั้นนำเยื่อกระดาษที่ผสมกับน้ำแล้วปั๊มให้เข้าไปในแม่พิมพ์ขึ้นรูป เยื่อกระดาษจะค่อยๆสะสมและเกาะตัวกัน บริเวณด้านในของแม่พิมพ์คล้ายคลึงกับการทำกระดาษสาให้เป็นรูปร่าง 3 มิติแล้วจึงค่อยๆเพิ่มความดันขึ้นทีละน้อยและลดปริมาณน้ำเยื่อกระดาษลง จากนั้นก็เข้าสู่ขั้นตอนการทำให้แห้ง นอกจากนี้ได้มี บริษัท กระดาษโอจิ ได้พัฒนาทำถาดและถ้วยโดยเป็นถาดที่ทำจากกระดาษที่ใช้กันอยู่ทั่วไปที่ใช้แล้วทิ้ง ซึ่งทำจากการปั้นแผ่นกระดาษให้เป็นรูปถาดโดยแม่พิมพ์ตัวผู้และแม่พิมพ์ตัวเมียแต่เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระดาษถูกความร้อนและแรงกดอัดนั้นทำให้มีความยืดตัวที่ต่ำกว่าพลาสติก เร็วๆนี้ในการเผาทำลายขยะพลาสติกใสสภาวะหนึ่งก็มีปัญหาเรื่องการเกิดสารไดออกซินปนเปื้อนลงในดิน แต่สำหรับวัสดุเช่นกระดาษนี้เวลาเผาทำลายจะไม่มีสารพิษเกิดขึ้นแบบนี้จึงให้ความปลอดภัยกว่า[2]

จากคุณสมบัติและประโยชน์ของกล้วยข้างต้นอีกทั้งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกและจากงานวิจัยที่สามารถนำกระดาษมาใช้แทนพลาสติกได้ ดังข้างต้นจึงเป็นแรงจูงใจให้ทำการศึกษาทดลองนำเอากาบกล้วยน้ำว้ามาทำเป็นบรรจุภัณฑ์กระดาษเพื่อทดแทนพลาสติกที่ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน ซึ่งเป็นการลดปริมาณการใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกและโฟมเพื่อเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และเป็นการส่งเสริมให้มีการนำวัสดุของเหลือจากการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้นอีกทั้งสามารถนำไปพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมได้ในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะในการผลิตกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่ให้สมบัติที่ดีและราคาถูก
2. เพื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกล้วยชนิดอื่น
3. เพื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำกับกระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำ
4. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกระดาษจากกาบกล้วยไปใช้ทำบรรจุภัณฑ์
5. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเยื่อจากกาบกล้วยผสมกับเยื่อกระดาษเก่าเพื่อใช้ทำบรรจุภัณฑ์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการย่อยเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในการเตรียมกระดาษสำหรับทำบรรจุภัณฑ์
2. ศึกษาการผลิตกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกล้วยเล็บมือนางที่ตัดเครือแล้วเท่านั้น
3. ศึกษาการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกล้วยเล็บมือนาง ที่ทำการย่อยเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
4. ศึกษาการเปรียบเทียบสมบัติกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำกับกระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำ
5. ศึกษาวิธีการนำกระดาษจากกาบกล้วยมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์
6. ศึกษาวิธีการนำกระดาษที่ได้จากการผสมระหว่างเยื่อกาบกล้วยกับเยื่อกระดาษเก่ามาใช้ทำบรรจุภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูล

2. ออกแบบการทดลอง จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี

3. ทำการทดลอง

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า

2. ทราบถึงคุณสมบัติของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกล้วยเล็บมือนางที่เตรียมจากสภาวะเดียวกันได้

3. ทราบถึงคุณสมบัติของกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำกับกระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำได้

4. ทราบถึงขั้นตอนการนำกระดาษจากกาบกล้วยมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์ได้

5. ทราบถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเยื่อกาบกล้วยกับเยื่อกระดาษกล่องเก่าที่สามารถนำมาใช้ทำกระดาษเพื่อบรรจุภัณฑ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กระดาษ

2.1.1 ความหมาย [8],[11]

กระดาษ (paper) หมายถึง แผ่นวัสดุบางซึ่งทำจากเส้นใยของพืช ฟางหญ้า หรือเศษผ้าใช้เขียน หรือพิมพ์ หรือห่อของ และอื่นๆ นอกจากนี้อาจมีการผสมกับสารเติมแต่ง (additive) ต่างๆตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไป ซึ่งสารเติมแต่งนี้อาจเติมไปก่อนการขึ้นแผ่น (sheet forming) หรือหลังการขึ้นแผ่นแล้วก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกระดาษที่ต้องการ กระดาษที่ผลิตโดยทั่วไปมีน้ำหนักมาตรฐานตั้งแต่ระดับสูงกว่า 35-225 g/m^2 กระดาษที่ผลิตที่ระดับสูงกว่า 225 g/m^2 ถือว่าเป็นกระดาษแข็ง (paperboard) แต่ถ้ากล่าวถึงความหมายของกระดาษในเชิงเส้นใย สามารถกล่าวได้ดังนี้

กระดาษ คือ แผ่นเส้นใยซึ่งเรียงตัวกันอย่างไม่มีระเบียบและสามารถเกิดพันธะระหว่างเส้นใยได้ด้วยพันธะไฮโดรเจน คำจำกัดความนี้สามารถอธิบายกระดาษและกระดาษแข็งได้ทุกชนิดกระดาษและกระดาษแข็งแต่ละชนิดอาจมีสมบัติต่างกัน แต่มีพื้นฐานที่เหมือนกัน คือ

ก. เส้นใยสามารถเกิดพันธะระหว่างกันได้โดยไม่ต้องใช้สารยึดเกาะ (adhesive) หรือ กาว (glue)

ข. เส้นใยเรียงตัวกันอย่างไม่มีระเบียบ

จากคำจำกัดความพื้นฐานข้อ ก. เห็นได้ว่าเส้นใยเซลลูโลส (cellulose fiber) จัดเป็นเส้นใยที่มีสมบัติตามคำจำกัดความ เพราะสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างกันได้ และจากการที่เส้นใยสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ ทำให้เส้นใยเซลลูโลสสามารถแขวนลอยและกระจายในน้ำได้ คำจำกัดความพื้นฐานของข้อ ข. จึงเป็นไปได้ เพราะเส้นใยสามารถเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบได้เส้นใยพืชทุกชนิดสามารถนำมาใช้ทำกระดาษได้ เส้นใยเหล่านี้สามารถแขวนลอยและกระจายได้ในน้ำ ขั้วโมเลกุลน้ำและกลุ่มไฮดรอกซิลในเซลลูโลสช่วยให้เส้นในเซลลูโลสเกิดพันธะระหว่างกันได้ การเลือกใช้พืชชนิดใดในการผลิตกระดาษ ขึ้นอยู่กับสมบัติด้านความแข็งแรง ความเรียบของผิวและสมบัติอื่นๆ ที่ต้องการ โดยทั่วไปนิยมใช้เส้นใยจากไม้เป็นหลักในการผลิตกระดาษแต่บางครั้งก็ใช้เส้นใยจากพืชอื่นที่ไม่ใช่ไม้ เช่น ปอกระเจา ฟางข้าว ชานอ้อย ไม้ไผ่ ในกรณีที่ต้องการสมบัติพิเศษบางประการ เช่น ใช้เยื่อปอสาในการทำกระดาษสา ซึ่งต้องการลวดลายในเนื้อกระดาษ หรือใช้เยื่อชานอ้อยในกรณีที่ต้องการกระดาษที่มีความสามารถในการทรงรูปสูง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ประวัติและความเป็นมาของกระดาษ

2.1.2.1 วิวัฒนาการของกระดาษ[8]

เมื่อประมาณ 2400 ปีก่อนคริสตกาล ชาวอียิปต์โบราณได้ค้นพบวิธีในการบันทึกเรื่องราวต่างๆ บนแผ่นวัสดุซึ่งทำจากพืชชนิดหนึ่งที่เรียกว่า ปาปิรุส (papyrus) โดยนำส่วนลำต้น ปาปิรุสมาฝานเป็นชิ้นบางๆตามความยาวของลำต้นแล้วนำมาเรียงซ้อนในลักษณะขวางกัน หลังจากนั้นนำไปทุบให้เป็นแผ่นบางแล้วเคลือบผิวด้วยกาว ดังนั้นคำว่า "paper" มีรากศัพท์มาจากคำว่า "papyrus" ของชาวอียิปต์โบราณนั่นเอง แต่อย่างไรก็ตามคำว่า "papyrus" ไม่ได้มีความหมายเดียวกันกับคำว่า "paper" ที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เพราะเส้นใยของปาปิรุสไม่ได้แยกตัวออกจากกันตามความหมายของการผลิตกระดาษแบบปัจจุบัน

ในปี ค.ศ. 105 ชาวจีนชื่อ Ts'ai Lum เป็นคนแรกที่พบการทำกระดาษจากต้นไม้โดยนำส่วนเปลือกของต้น mulberry มาทำเป็นชิ้นเล็กๆผสมกับเศษผ้าแล้วนำไปบด หรือตีในน้ำจนกระจายตัวเป็นเส้นใย แล้วนำตะแกรงช้อนเส้นใยที่แขวนลอยในน้ำนาไปตากให้แห้ง นับว่าเป็นการผลิตกระดาษแผ่นแรกที่ทำจากไม้

หลังจากปี ค.ศ. 1450 ชาวเยอรมันชื่อ Johann Gutenberg ได้ประดิษฐ์เครื่องพิมพ์แบบ Movable ได้สำเร็จทำให้การจัดพิมพ์ทำได้ง่ายและรวดเร็ว ดังนั้นความต้องการกระดาษเพื่อใช้ในการพิมพ์มีปริมาณสูงขึ้น และประกอบกับการใช้แผ่นวัสดุพิมพ์ที่ได้จากเศษผ้าและแผ่นหนังเริ่มหายาก ไม่เพียงพอต่อความต้องการของงานพิมพ์ จึงนับว่าเป็นจุดสำคัญในการเริ่มต้นการผลิตกระดาษที่ทำจากไม้

การผลิตกระดาษในระยะแรกๆนั้น เป็นการผลิตด้วยมือ (hand-dipping method) ทั้งสิ้น ซึ่งไม่สามารถสนองต่อความต้องการการใช้กระดาษได้อย่างเพียงพอ ในปี ค.ศ. 1789 ชาวฝรั่งเศส ชื่อ Nicolas Loius Robert ได้ประดิษฐ์เครื่องจักรผลิตกระดาษที่มีความยาวต่อเนื่องได้สำเร็จ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างสิ้นเชิงกับวิธีการผลิตกระดาษด้วยมือ ต่อมาพี่น้องตระกูล Fourdrinier ได้ปรับปรุงพัฒนาเครื่องจักรให้ดีขึ้นกว่าเดิม และให้ชื่อเครื่องจักรที่ผลิตกระดาษว่า Fourdrinier ซึ่งใช้ในการผลิตกระดาษจนตราบทุกวันนี้

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษเชิงอุตสาหกรรมในช่วงแรกเป็นการใช้เส้นใยที่ได้จากเศษผ้าและฝ้าย ซึ่งมีปริมาณไม่มากเพียงพอกับความต้องการใช้กระดาษที่มีความต้องการสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงได้มีการศึกษาค้นคว้าวิธีการนำเส้นใยจากไม้มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษ ซึ่งทำให้เกิดกระบวนการผลิตเยื่อชนิดต่างๆขึ้นมา โดยได้เริ่มมีการผลิตเยื่อเชิงกลสำเร็จเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1840 ที่ประเทศเยอรมัน และในปี ค.ศ. 1851 ได้ค้นพบกระบวนการผลิตเยื่อเคมีโซดาได้สำเร็จเป็นครั้งแรกที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ต่อมาในปี ค.ศ. 1884 ที่ประเทศเยอรมันมีการค้นพบการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญในกระบวนการผลิตเยื่อเคมีโดยใช้สารเคมี 2 ชนิด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโซเดียมซัล-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟายด์ (Na_2S) ต้มภายใต้ความดันได้สำเร็จย่อกระดาษที่ได้มีความเหนียวหรือเรียกว่า กระบวนการซัลเฟต (sulfate kraft process) ซึ่งเยื่อส่วนมากที่ใช้ในปัจจุบันผลิตจากกระบวนการนี้เป็นส่วนใหญ่

2.1.2.2 วิวัฒนาการของกระดาษในประเทศไทย [8]

ในปี พ.ศ. 1826 สมัยสุโขทัยได้เริ่มมีการประดิษฐ์ตัวอักษรไทย การบันทึกเรื่องราวของคนไทยเป็นการเขียนด้วยมือลงบนใบลานและบนกระดาษข่อย

ต่อมาในสมัยพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 4 โปรดเกล้าฯให้จัดตั้งโรงพิมพ์หลวงขึ้นเป็นครั้งแรก แต่ในสมัยนั้นต้องสั่งกระดาษเข้ามาจากต่างประเทศทั้งหมด ซึ่งมีราคาแพงและไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นในปี พ.ศ. 2466 ปลายรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 6 โปรดเกล้าฯ ให้มีการจัดตั้งโรงงานผลิตกระดาษด้วยเครื่องจักรขึ้นแห่งแรกในประเทศไทยที่ท่าพายัพ ตำบลสามเสน พระนคร วัตถุดิบที่ใช้เป็นเศษกระดาษที่เก็บจากสถานที่ทำการของรัฐบาลและซื้อมาจากประชาชน นำมาบดเยื่อเพื่อทำเป็นกระดาษใหม่

ในปีพ.ศ. 2479 กรมแผนที่ทหารบกได้ดำเนินการจัดสร้างโรงงานกระดาษขึ้นอีกแห่งหนึ่งที่จังหวัดกาญจนบุรี และเปิดดำเนินการในปี พ.ศ. 2481 วัตถุดิบที่ใช้ทำเยื่อกระดาษเป็นไม้ไผ่ ไม้รวก ไม้เบญจพรรณเนื้ออ่อน ต่อมาในปี พ.ศ. 2500 ทางราชการได้จัดตั้งโรงงานกระดาษบางปะอินขึ้นที่ตำบลบางกระสั้น อำเภอบางปะอิน จังหวัดอยุธยา ผลิตกระดาษจากหญ้าขจรจบ ฟางข้าว และเยื่อกระดาษที่สั่งซื้อมาจากต่างประเทศ กระดาษที่ผลิตได้เป็นกระดาษปอนด์ขาวที่ใช้เป็นกระดาษสำหรับพิมพ์และเขียน โดยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2501 ทางราชการได้ส่งเสริมให้มีการจัดตั้งโรงงานผลิตกระดาษของภาคเอกชนขึ้น ซึ่งได้เกิดขึ้นมากมายจนถึงปัจจุบันนี้

แต่การผลิตกระดาษของไทยที่มีมาตั้งแต่ในอดีตนั้นยังคงขาดการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี จึงทำให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพต่ำและให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่า ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตบ้างแล้ว แต่ก็ยังให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อการใช้งานในประเทศ ยังคงต้องสั่งซื้อทั้งเยื่อและกระดาษจากต่างประเทศเข้ามาใช้อยู่อีกเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในงานด้านการพิมพ์และการเขียน

2.1.3 แหล่งเส้นใยในการผลิตเยื่อกระดาษ

ไม้จัดเป็นวัตถุดิบสำคัญในการทำเยื่อกระดาษ (wood pulp) ไม้ทุกชนิดสามารถนำมาทำเป็นเยื่อกระดาษได้ เราสามารถจำแนกไม้ออกเป็น 2 พวกคือ

1. พวกที่เป็นเนื้อไม้ (wood) เป็นส่วนที่ได้จากส่วนเนื้อของลำต้นพืชยืนต้น ซึ่งให้เส้นใยขนาดต่างๆกัน อาจแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามสมบัติของเนื้อไม้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ไม้เนื้อแข็ง (hard wood) เป็นเนื้อไม้จากพืชยืนต้นพวกแองจิโอสเปอร์ม (angiosperm) ไม้พวกนี้มีการผลัดใบ มีใบกว้าง (brod leaved) เช่น ไม้สัก ไม้ยาง ยูคาลิปตัส กระถินเทพา เบิร์ช แอสเพนไม้เนื้อแข็ง มีเส้นใยค่อนข้างสั้น แข็ง มีสีเข้ม เล็กละเอียด ความแข็งแรงต่ำ มีความยาวเฉลี่ยประมาณ 1-2 mm กว้างประมาณ 10-20 μm เส้นใยที่ได้จากไม้พวกนี้มีคุณภาพค่อนข้างต่ำไม่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการทำกระดาษ เยื่อที่ได้จากไม้เนื้อแข็งเรียกว่า เยื่อใยสั้น และการเรียกชื่อทางการค้ามักมีอักษร “L” (leaved) นำหน้าเพื่อบ่งบอกว่าเป็นเยื่อที่ได้จากไม้เนื้อแข็ง

ข. ไม้เนื้ออ่อน (soft wood) เป็นเนื้อไม้จากพืชยืนต้นพวกจิมโนสเปอร์ม (gymnosperm) ไม้พวกนี้จะไม่มีการผลัดใบ เส้นใยมีลักษณะหยาบ มีความแข็งแรงสูง มีใบเป็นรูปเข็ม (needle leaved) เช่น สนสองใบ สนสามใบ ไม้เนื้ออ่อนมีเส้นใยขนาดยาว มีความยาวเฉลี่ยประมาณ 3-6 mm กว้างประมาณ 20-40 μm เนื้อไม้ชนิดนี้มีความอ่อนตัวสูงกว่าไม้เนื้อแข็ง และให้เส้นใยที่มีคุณภาพดีเหมาะสมต่อการทำเป็นกระดาษ เยื่อที่ได้จากไม้เนื้ออ่อน เรียกว่า เยื่อใยยาว และการเรียกชื่อทางการค้ามักมีอักษร “N” (needle) นำหน้าเพื่อบ่งบอกว่าเป็นเยื่อที่ได้จากไม้เนื้ออ่อน

2. พวกที่ไม่ใช่เนื้อไม้(non-wood) เป็นส่วนที่ได้จากพืชล้มลุกและเปลือกไม้ของพืชบางชนิด เส้นใยมีขนาดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืชแต่ละชนิด อาจแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

พืชตระกูลหญ้า (natural growing plants) เช่น ไม้ไผ่ หญ้าขจรจบ เป็นต้น

เปลือกไม้ (bast) เช่น ปอกระเจา ปอแก้ว ปอสา ต้นข่อย เป็นต้น

ผล(fruit) เช่น มะพร้าว ปาล์ม ซึ่งใยจากผลไม่นิยมใช้ทำกระดาษ เนื่องจากเป็นเส้นใยที่มีความแข็ง

ใบ (leaf) เช่น ใบอ้อย ใบปาล์ม เป็นต้น

เมล็ด (seed) เช่น ฝ้าย

ส่วนต่างๆของพืชเหล่านี้จะให้เส้นใยที่มีลักษณะที่แตกต่างกันไป ดังนั้นในการนำเส้นใยไปใช้ทำกระดาษจึงขึ้นอยู่กับชนิดของกระดาษที่ต้องการและกระบวนการผลิตเป็นสำคัญ

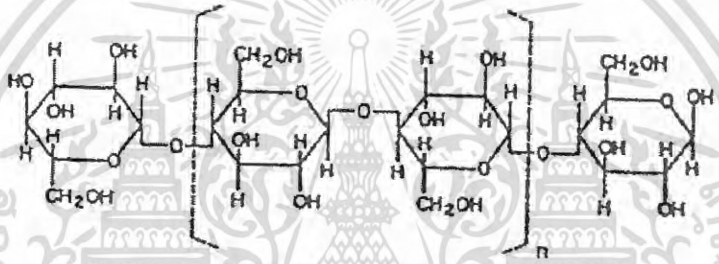
คุณสมบัติที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาสำหรับคัดเลือกเป็นวัตถุดิบเพื่อทำกระดาษได้แก่ ความยาวของเส้นใย (fiber length) ปริมาณของเส้นใยเซลลูโลสที่สามารถแยกออกได้ง่าย แหล่งของพืชหรือไม้ รวมทั้งต้นทุนในการผลิตวัตถุดิบจากพืชหรือไม้นั้นๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่า พวกที่ไม่ใช่เนื้อไม้ (non-wood) จะมีข้อเสียเปรียบพวกที่เป็นเนื้อไม้ (wood) เนื่องจากมีลักษณะเบาสิ้นเปลืองค่าขนส่ง แหล่งที่กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป มีฤดูเก็บเกี่ยวทำให้ต้องมีการเก็บไว้ใช้ตลอดปี ซึ่งพืชเหล่านี้ นั้นเสื่อมสภาพได้ง่าย การเก็บรักษาจึงมีค่าใช้จ่ายสูง [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของไม้

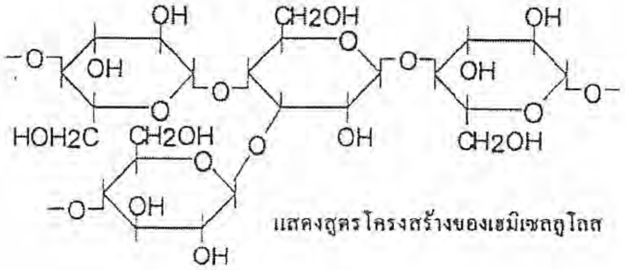
องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษไม่ว่าจะเป็นไม้เนื้อแข็งไม้เนื้ออ่อน หรือ พวกที่ไม่ใช่เนื้อไม้ จะประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ลิกนิน (lignin) สารสกัด (extractive) เป็นต้น[8]

2.1.4.1 เซลลูโลส (cellulose) พบในเฉพาะพืชเท่านั้นและจัดเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างของผนังเซลล์พืช เป็นโฮโมพอลิเมอร์ (homopolymer) ของดี-กลูโคส (d-glucose) เรียงต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะแบบเบต้า – กลูโคสิดิก (β-glucosidic bond) โมเลกุลของเซลลูโลสมีลักษณะเป็นเส้นตรงสีขาวและแข็งแรงมาก โมเลกุลเซลลูโลสประมาณ 3-4 โมเลกุล รวมตัวกันเป็นเส้นฟิบริล (Fibril) มีลักษณะคล้ายเส้นด้าย เส้นฟิบริลนี้จะประกอบกันเป็นลำตัวของเส้นใยและถูกยึดติดกันด้วยลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส [11]



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของเซลลูโลส [21]

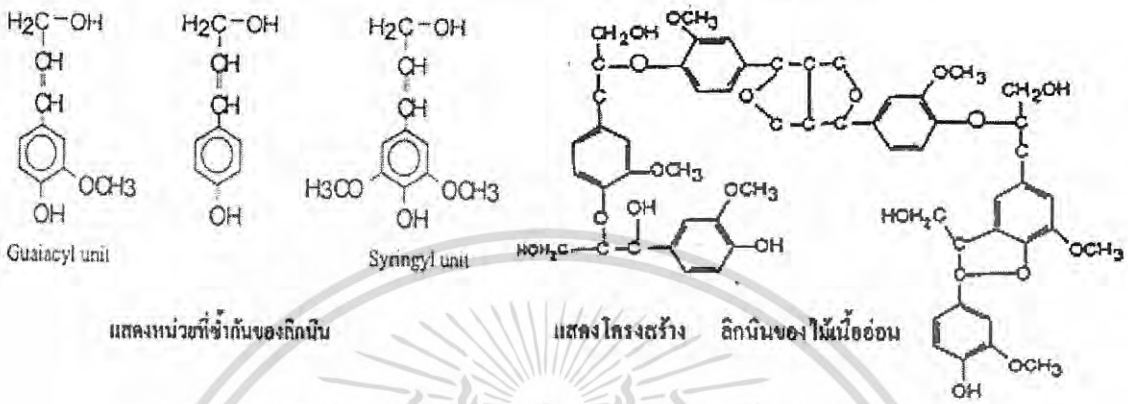
2.1.4.2 เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เป็นเฮทเทอร์โรพอลิเมอร์ (heteropolymer) ของน้ำตาลหลายชนิดผสมกัน เช่น กลูโคส(glucose) แมนโนส (mannose) ไซโลส (xylose) อราบิโนส (arabinose) น้ำตาลเหล่านี้มีสมบัติพิเศษ คือ สามารถอมน้ำและพองตัวเมื่อสัมผัสน้ำ ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญและมีความจำเป็นต่อการทำกระดาษ เฮมิเซลลูโลสจึงเป็นตัวทำให้เส้นใยเปียกน้ำและอมน้ำ ทำให้เกิดพันธะระหว่างเส้นใยได้ [8],[11]



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.3 ลิกนิน (lignin) เป็นพอลิเมอร์ของสารฟีนิลโพรเพน (phenyl propane) ที่จับตัวกันเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติมีสีน้ำตาลจนถึงดำ ทำหน้าที่ประสานเส้นใยเข้าด้วยกันทำให้เส้นใยแข็งแรง ลิกนินเป็นสารต้านน้ำ (hydrophobic) ถ้าเส้นใยมีปริมาณลิกนินมากจะทำให้เส้นใยไม่เปียกน้ำหรืออมน้ำ และไม่สามารถเกิดพันธะระหว่างเส้นใยได้ ทำให้ได้เส้นใยมีคุณภาพไม่ดี [11]



รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของลิกนิน [21]

2.1.4.4 สารสกัดได้ (extractive) เป็นสารชนิดต่างๆที่มีอยู่ในพืช เป็นสารพวกชันสน (rosin) หรือ ยางไม้ ซึ่งถูกสกัดออกได้ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น อะซีโตน ไดคลอโรมีเทน แอลกอฮอล์ คลอโรฟอร์ม เป็นต้น

เส้นใยต้องประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส เพื่อสร้างความแข็งแรงของเส้นใยและให้เส้นใยสามารถสร้างพันธะได้ ส่วนลิกนินเป็นตัวต้านการเกิดพันธะนั้นต้องกำจัดออกโดยคงปริมาณเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสไว้ตามเดิม ซึ่งการกำจัดลิกนินออกในทางปฏิบัตินั้น ต้องใช้ปฏิกิริยาทางเคมีที่รุนแรงซึ่งจะทำลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสในเวลาเดียวกัน ดังนั้น เมื่อกำจัด ลิกนินออกมาก ความแข็งแรงของเส้นใยก็จะต่ำลง หรือ อีกนัยหนึ่ง ถ้ายิ่งทำให้เส้นใยเปียกน้ำมากขึ้น เส้นใยก็จะยิ่งอ่อนแอลง ในทางปฏิบัติพบว่า กระดาษมีความแข็งแรงสูงสุด เมื่อในเส้นใยมีเฮมิเซลลูโลสประมาณร้อยละ 20 และลิกนิน ไม่เกินร้อยละ 4 [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน [8]

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	ไม้เนื้ออ่อน (soft wood)	ไม้เนื้อแข็ง (hard wood)
เซลลูโลส (cellulose)	~45	~43
เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)	15-20	15-30
ลิกนิน (lignin)	24-32	17-25
สารสกัดได้ (extractive)	~3.4	~2.0

2.1.5 การผลิตเยื่อกระดาษ

เป็นขั้นตอนที่นำวัตถุดิบจากส่วนต่างๆของพืชมาย่อยด้วยการะบวนการที่เหมาะสม เพื่อทำให้วัตถุดิบมีความอ่อนและแยกออกจากกันเป็นเส้นใย วัตถุดิบที่ใช้อาจมีขนาดและลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนั้นก่อนนำวัตถุดิบไปย่อยจึงต้องทำให้วัตถุดิบมีขนาดเล็ก ด้วยวิธีต่างๆ เช่น ตัด บด เพื่อทำให้สะดวกต่อการนำเข้าไปในเครื่องย่อย การผลิตเยื่อกระดาษ มีขั้นตอนในการผลิตดังต่อไปนี้

2.1.5.1 การย่อยเยื่อ เมื่อทำชิ้นวัตถุดิบให้มีขนาดตามต้องการแล้วจึงนำวัตถุดิบไปย่อยให้เป็นเส้นใย ซึ่งมีวิธีทำได้หลายวิธีดังนี้

ก. วิธีเชิงกล (mechanical process) เป็นการย่อยวัตถุดิบด้วยวิธีเชิงกล โดยการบดให้วัตถุแตกออกจากกันจนเป็นเยื่อกระดาษหรือเส้นใย เป็นวิธีการที่รวดเร็วและประหยัดที่สุดเยื่อเชิงกลมักใช้ในการผลิตกระดาษคุณภาพต่ำ หรือ อาจใช้ผสมร่วมกับเยื่อประเภทอื่นเพื่อลดต้นทุน

ข. วิธีทางเคมี (chemical process) เป็นวิธีย่อยเยื่อที่ใช้ปฏิกิริยาจากสารเคมีและความร้อน เพื่อแยกลิกนินออกมา สารเคมีที่นิยมใช้ ได้แก่ สารจำพวกอัลคาไลน์ซัลเฟตและกรดซัลไฟต์ วิธีทางเคมีเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับเยื่อน้อยที่สุด เยื่อทางเคมีที่มีความแข็งแรงที่สุดเตรียมได้จากการสกัดด้วยสารพวกซัลเฟต ซึ่งรู้จักกันทั่วไปในชื่อว่า เยื่อคราฟท์ (kraft pulp) วิธีนี้นิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

ค. วิธีกึ่งเคมี (semi chemical process) เป็นวิธีย่อยเยื่อโดยการต้มด้วยสารเคมีแล้วบดให้เส้นใยแยกออกจากกัน เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในกระบวนการย่อยเยื่อ และให้เยื่อที่มีคุณภาพดี ซึ่งสามารถนำไปใช้ทำกระดาษชนิดต่างๆได้

ง. วิธีทางเชิงกลความร้อน (thermo mechanical process) เป็นวิธีการย่อยที่มีการอบวัตถุดิบด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 120-140 °C ในเวลาที่เหมาะสม แล้วจึงนำไปบดต่อจนได้เยื่อกระดาษตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.2 การล้างร่อนเยื่อ เยื่อกระดาษที่ผ่านการย่อยมาแล้ว อาจมีสิ่งต่างๆตกค้างอยู่บนเส้นใยและเส้นใยที่ได้ยังมีขนาดแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องล้างเส้นใยเพื่อทำให้เส้นใยมีความสะอาดเพิ่มขึ้น พร้อมกับแยกเส้นใยที่ยังถูกย่อยได้ไม่สมบูรณ์ออกจากกันด้วยตะแกรงร่อน เยื่อที่ได้หลังจากล้างและแยกเพื่อคัดขนาดแล้วจะมีสีน้ำตาลหรือเหลือง ซึ่งสามารถนำไปใช้ทำกระดาษที่ไม่ต้องการความขาวมากนัก แต่กระดาษที่ได้จะมีคุณภาพเหมาะสมกับงานบางชนิดเท่านั้น

2.1.5.3 การฟอกเยื่อ เส้นใยของเยื่อกระดาษที่ผ่านการล้างร่อนเยื่อมาแล้วจะมีสีน้ำตาลหรือสีเหลือง เนื่องจากบางส่วนของเส้นใยยังคงมีลิกนินติดอยู่ โดยการฟอกเยื่อมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เยื่อมีสีขาวขึ้น และเหมาะสำหรับการทำเป็นกระดาษเพื่อการสื่อสาร เช่น กระดาษพิมพ์และเขียน สารเคมีที่ใช้ฟอก ได้แก่ โซเดียมไฮโปคลอไรต์ หรือแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ ซึ่งทำให้เกิดก๊าซคลอรีนที่เป็นอันตราย ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงมีการใช้สารเคมีอื่นที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า สารที่ใช้ คือ เปอร์ออกไซด์ ซึ่งมี 2 ชนิด คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) และโซเดียมเปอร์ออกไซด์ (Na_2O_2) ได้กระดาษที่ขาวกว่าการใช้คลอรีน และไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม แต่มีราคาแพงกว่าคลอรีน

2.1.6 การผลิตแผ่นกระดาษ

เป็นการนำเยื่อกระดาษที่ย่อยจนเป็นเส้นใยเรียบร้อยแล้วมาทำให้เป็นแผ่นกระดาษ โดยผ่านกระบวนการต่างๆดังนี้

2.1.6.1 การเตรียมเยื่อ (stock preparation) เยื่อที่ผ่านการฟอกแล้วถูกนำมาผสมกับน้ำแล้วส่งเข้าไปในเครื่องบดเยื่อ (refiner) เพื่อทำให้เส้นใยอ่อนตัวเพิ่มขึ้นและแยกเป็นเส้นใยเดี่ยว ซึ่งมีขนาดและความยาวตามต้องการ เพื่อให้เหมาะสมกับการทำกระดาษแต่ละชนิด นอกจากนี้การบดเยื่อยังทำให้เส้นใยบางส่วนแตกออกเป็นริ้ว ซึ่งส่วนที่แตกออกเป็นริ้วของเส้นใยจะช่วยเพิ่มพื้นที่ในการยึดเหนียว ทำให้กระดาษมีความเหนียวและมีความหนาแน่นสม่ำเสมอ ในระหว่างนี้มีการเติมสารบางชนิดลงไปด้วยเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของกระดาษ เช่น สารกันซึม สารทึบแสง

2.1.6.2 การผลิตแผ่นกระดาษ เยื่อที่ผสมส่วนประกอบต่างๆจนมีสมบัติตามที่ต้องการแล้วจะถูกนำไปทำเป็นกระดาษด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ก. การทำแผ่นกระดาษ (sheet formation) เป็นการทำให้เยื่อกระดาษเรียงตัวกันเป็นแผ่น โดยการผ่านน้ำเยื่อกระดาษลงบนตะแกรง น้ำจะไหลผ่านตะแกรงและเหลือแผ่นกระดาษตกค้างอยู่บนตะแกรง

ข. การอัดรีดกระดาษ (pressing) กระดาษที่เป็นแผ่นแล้วจะยังคงมีน้ำตกค้างอยู่จึงต้องอัดรีดกระดาษเพื่อไล่น้ำออก นอกจากนี้การอัดรีดกระดาษยังทำให้กระดาษมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและเป็นแผ่นเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การอบกระดาษ (drying) กระดาษที่อัดรีดเพื่อไล่น้ำออกยังคงมีน้ำตกค้างอยู่สูงกว่าความต้องการ จึงต้องอบกระดาษเหล่านั้นต่อไปอีกเพื่อให้มีปริมาณของน้ำในกระดาษตามต้องการ โดยปกติกระดาษจะมีน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 8

ง. การเข้าม้วน (reeling) กระดาษที่อบแห้งแล้วจะนำไปเข้าม้วนเพื่อนำไปใช้งานต่อไป กระดาษที่ผ่านกระบวนการเหล่านี้ เมื่อตรวจสอบคุณภาพจนได้ตามที่ต้องการแล้วก็สามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งอาจใช้ในรูปของแผ่นกระดาษโดยตรงหรือแปรรูป เพื่อให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการใช้

2.1.7 เยื่อกระดาษขึ้นรูป

เยื่อกระดาษขึ้นรูป (molded pulp containers) หมายถึงวัสดุหรือภาชนะบรรจุสามมิติที่ทำจากการขึ้นรูปของเยื่อกระดาษให้เป็นรูปร่างตามต้องการ โดยการกรองผ่านตะแกรงแม่แบบ กรรมวิธีในการผลิตเป็นไปในทำนองเดียวกันกับการผลิตกระดาษ แต่ต่างกันตรงตะแกรงที่ใช้เดินแผ่นกระดาษนั้นเป็นระนาบสองมิติ ในขณะที่ตะแกรงที่ใช้ทำเยื่อกระดาษขึ้นรูปจะทำเป็นรูปร่างตามลักษณะที่ต้องการใช้งาน ซึ่งมีลักษณะเป็นสามมิติ

เยื่อกระดาษขึ้นรูปนั้นมักนำมาใช้เป็นวัสดุกันกระแทก วัสดุช่วยบรรจุ หรือภาชนะบรรจุสินค้าที่บอบบาง แตกหักง่าย เพื่อช่วยในการขนส่ง ตัวอย่างการใช้งานของเยื่อกระดาษขึ้นรูป ได้แก่ การทำเป็นถาดใส่ไข่ ถาดใส่อาหารและผลไม้สด ใช้เป็นวัสดุช่วยบรรจุพวกขวดเหล้า สารเคมี กรอบรูปเฟอร์นิเจอร์ เครื่องไฟฟ้า ชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องมือทางวิศวกรรม สุขภัณฑ์ห้องน้ำ และสินค้าเซรามิกส์ เป็นต้น และในปัจจุบันได้มีการพัฒนารูปแบบและการใช้งานให้เพิ่มมากขึ้น เช่น ทำเป็นวัสดุที่ทิ้งทำลายได้สำหรับใช้ตามโรงพยาบาล เป็นต้น

ในปัจจุบันมีความนิยมในการใช้เยื่อกระดาษขึ้นรูปเพื่อทดแทนการใช้งานของวัสดุช่วยบรรจุที่ทำจากแผ่นโฟมพลาสติกหรือกระดาษลูกฟูกหน้าเดียวและกระดาษลูกฟูกหนึ่งหรือสองชั้น หรือถาดขึ้นรูปร้อนจากพลาสติก เนื่องจากกระดาษขึ้นรูปมีอัตราเสี่ยงต่อการติดไฟต่ำ ไม่มีปัญหาเรื่องประจุไฟฟ้า (static) และทำการผลิตได้ง่ายกว่าวัสดุอื่น

หากจะแบ่งเยื่อกระดาษขึ้นรูปออกตามชนิดของวัตถุดิบในการผลิตแล้วจะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

ก. เยื่อกระดาษขึ้นรูปที่ทำจากเยื่อบริสุทธิ์ ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างเยื่อเคมี และเยื่อเชิงกล

ข. เยื่อกระดาษขึ้นรูปที่ทำจากเศษกระดาษ

ชนิดของเยื่อกระดาษที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่จะบรรจุ เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารสด ได้แก่ เนื้อสัตว์ ปลา จะเลือกใช้เยื่อกระดาษที่มีคุณภาพสูง ทำจากเยื่อบริสุทธิ์ ในขณะที่วัสดุกันกระแทกสำหรับเฟอร์นิเจอร์จะผลิตจากเยื่อกระดาษใช้แล้วที่มีความแข็งแรงตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระหว่างกระบวนการผลิตทั้งสองประเภทดังกล่าว อาจผสมสารกันน้ำ สี และสารประเภทอื่นๆเพื่อเสริมคุณสมบัติที่ต้องการได้ โดยทั่วไปแล้วมักจะใส่ชันสนหรือขี้ผึ้งผสมลงไปกับสารส้มเพื่อคุณสมบัติในการกันซึม เพื่อใช้เป็นภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร หากต้องการเสริมคุณสมบัติในการต้านไขมันก็มักจะใส่สารประเภท fluorocarbon ผสมกับสารดูดประจุลบลงไป นอกจากนั้นก็อาจใส่สารพวกกันเปลวไฟ (flame retardants) สารเพิ่มความแข็งแรงเมื่อเปียก (wet-strength resins) หรือ modified starch เพื่อเพิ่มคุณสมบัติเฉพาะตามต้องการ นอกจากนั้นในระหว่างการขึ้นรูปอาจตกแต่งให้สวยงาม ทำรอยเครื่องหมายการค้า ชื่อผู้ผลิต หรือรายละเอียดอื่นๆ ที่ต้องการบนผิวของเยื่อกระดาษขึ้นรูปได้อีกด้วย โดยการทำรอยบนตะแกรงแม่แบบ

ภายหลังกระบวนการผลิตในขั้นแรกแล้ว อาจนำมาติดฉลากเพื่อความสวยงามและบอกรายละเอียดของสินค้า และอาจมีการนำมาเพิ่มคุณสมบัติในขั้นที่ 2 ด้วยการประกบติดกับพอลิเมอร์ซึ่งเป็นผลให้สามารถพิมพ์ที่ผิวเพื่อให้ดูสวยงามยิ่งขึ้น ตัวอย่างการใช้งานในลักษณะนี้ได้แก่ ถาดบรรจุอาหารแช่แข็งซึ่งทำจากเยื่อขึ้นรูปประกบติดกับฟิล์มพลาสติกซึ่งสามารถนำเข้าตู้อบไมโครเวฟได้

2.1.7.1 กระบวนการผลิต

การผลิตเยื่อกระดาษขึ้นรูปประกอบด้วยกระบวนการหลัก 3 ขั้นตอน คือ การเตรียมเยื่อ(stock preparation), การขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ (forming หรือ molding) และการทำให้แห้ง (drying)

1) การเตรียมเยื่อ

ขั้นตอนการเตรียมเยื่อในการผลิตเยื่อกระดาษขึ้นรูปนั้น จะเหมือนกับการผลิตกระดาษทั่วไป โดยมีจุดประสงค์สำคัญเพื่อเตรียมเยื่อ ให้มีการกระจายตัวดีทั่วถึงตลอดจนมีความข้นของเยื่อกระดาษสม่ำเสมอ ขั้นตอนนี้จะเริ่มจากการตีวัตถุดิบ ไม่ว่าจะเป็นเศษกระดาษหรือเยื่อบริสุทธิ์ให้กระจายอย่างทั่วถึงในน้ำ เยื่อที่ผ่านการตีให้กระจายตัวสม่ำเสมอดีแล้ว จะผ่านไปยังถังผสม เพื่อผสมกับสารอื่นๆ เช่น ชันสน สารส้ม ขี้ผึ้ง และสารแต่งสีต่อไป

2) การขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนนี้เป็นการขึ้นรูปเยื่อกระดาษให้เป็นรูปผลิตภัณฑ์ตามต้องการ โดยมีการใช้กระบวนการขึ้นรูป 2 วิธี คือ

ก. กระบวนการขึ้นรูปแบบกดและฉีด (pressure injection-molding) การขึ้นรูปแบบนี้จะใช้เครื่องจักรแบบกึ่งอัตโนมัติ เครื่องจักรที่นิยมใช้ประกอบด้วยชุดตะแกรงแม่แบบ 6 ชุด โดยที่แม่แบบทั้ง 5 ชุด จะเคลื่อนที่ได้ ส่วนผสมของเยื่อและน้ำที่ต้องการจะถูกเทลงในแม่แบบ และการขึ้นรูปตามแม่แบบจะเกิดขึ้นโดยการเป่าลมที่มีความดันประมาณ 4 kg/cm^2 (50 lb/in^2) ที่อุณหภูมิประมาณ 480°C เยื่อกระดาษที่ได้จะมีความชื้นประมาณร้อยละ 40-45 และจำเป็นต้องผ่านการทำให้แห้งต่อไป เยื่อกระดาษขึ้นรูปที่ผลิตด้วยวิธีนี้จะมีความแข็งแรงทนทาน แต่มีน้ำหนักเบา และสามารถผลิตให้มีรูปร่างได้หลากหลายตามต้องการ เช่น ของเล่น หมวก และตุ๊กตาสัตว์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. กระบวนการขึ้นรูปแบบดูด (suction-molding) กระบวนการขึ้นรูปแบบนี้ส่วนผสมเยื่อจะถูกเทลงในแม่แบบและขึ้นรูปตามแม่แบบ โดยมีปั๊มสุญญากาศที่อยู่อีกด้านหนึ่งของแม่แบบช่วยดึงน้ำออกจากเยื่อ และดูดเยื่อให้ติดกับตะแกรงแม่แบบ วิธีการขึ้นรูปแบบนี้จะมีความชื้นคงเหลืออยู่ในเยื่อกระดาษขึ้นรูปมากกว่าการขึ้นรูปแบบกดและฉีด (ประมาณร้อยละ 85) การขึ้นรูปแบบดูดมักเป็นการผลิตระบบอัตโนมัติ ซึ่งจะมีแม่แบบขึ้นรูป (forming molding) อย่างน้อยสองชุดและแม่แบบลำเลียง (transfer mould) อีกหนึ่งชุด โดยทั่วไปมีตั้งแต่ 2-3 ชุด จนถึง 24 ชุด ขึ้นกับขนาดของเครื่องจักรและชนิดของเยื่อกระดาษขึ้นรูปที่ต้องการ เนื่องจากต้นทุนค่าเครื่องจักรมีราคาค่อนข้างสูง การขึ้นรูปแบบนี้จะใช้ในการผลิตถาดหรือบรรจุภัณฑ์ในปริมาณมาก เพื่อให้มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยบรรจุภัณฑ์ต่ำ และด้วยข้อจำกัดจากการทำงานของเครื่องจักร การขึ้นรูปแบบดูดจะใช้ในการผลิตถาดแบบเปิดด้านบนเท่านั้น

3) การทำให้แห้ง

ขั้นตอนนี้เป็นการระเหยน้ำออกจากเยื่อกระดาษภายหลังการขึ้นรูป โดยใช้การตากแห้งด้วยแสงแดดหรือลมเป่า ในกรณีที่ใช้ลมร้อนจะเป็นการผลิตแบบต่อเนื่องที่มีสายพานนำผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จผ่านเข้าสู่อุโมงค์ลมร้อน (heated dry tunnel) โดยภายในอุโมงค์จะมีลมร้อนหมุนเวียนเป่าผลิตภัณฑ์จนแห้ง เยื่อกระดาษขึ้นรูปภายหลังออกจากอุโมงค์ลมร้อนนี้จะมีความชื้นประมาณร้อยละ 10

การตกแต่งหรือพิมพ์สีเยื่อกระดาษขึ้นรูปทำได้โดยการเติมสีลงในส่วนผสมเยื่อก่อนการขึ้นรูป การพิมพ์สี แกะลายนูน หรือเว้า โดยทำรอยที่แม่พิมพ์เพื่อระบุชื่อผู้ผลิตและเครื่องหมายการค้า โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มขั้นตอนการผลิต นอกจากนี้อาจใช้การพ่นสีที่ตัวผลิตภัณฑ์ภายหลังการขึ้นรูป การติดตั้งแท่นพิมพ์ต่อจากขั้นตอนการทำให้แห้งก็ได้หรือใช้การติดฉลากในภายหลัง

2.1.7.2 คุณสมบัติในการเลือกใช้

คุณสมบัติของเยื่อกระดาษขึ้นรูปที่ผลิตขึ้นใช้งานในปัจจุบันนี้อยู่ในช่วงกว้างมาก เนื่องจากคุณสมบัติขึ้นอยู่กับความต้องการในการบรรจุสินค้าแต่ละชนิด อย่างไรก็ตามคุณสมบัติที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกใช้เยื่อกระดาษขึ้นรูป ได้แก่

- การต้านแรงดึง (โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 36 – 351 kg_f/cm^2)
- การต้านแรงตกกระแทก (ประมาณ 3 – 27 kg/m)
- ความหนาแน่น (ประมาณ 0.2 – 1 g/m^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 องค์ประกอบของกระดาษ [8]

กระดาษที่ผลิตได้ตามที่กล่าวมาแล้ว จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

2.1.8.1 ส่วนเส้นใย

ในกระดาษโดยทั่วไปจะมีส่วนของเส้นใยผสมอยู่ประมาณร้อยละ70-95 ของน้ำหนักกระดาษ เป็นส่วนที่เป็นองค์ประกอบหลักของกระดาษซึ่งเป็นโครงสร้างของแผ่นกระดาษ ปริมาณส่วนเส้นใยจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของกระดาษที่ต้องการผลิตโดยส่วนเส้นใยนี้ได้จากพืชชนิดต่างๆ เช่น ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็ง และพืชจำพวกที่ไม่ใช่เนื้อไม้ เป็นต้น เยื่อ (pulp) ที่ใช้ทำกระดาษส่วนมากจะเป็นเยื่อผสมของเยื่อใยยาวและใยสั้น

2.1.8.2 สารเติมแต่ง (additive) หรือ ส่วนที่ไม่ใช่เส้นใย

เป็นสารเคมีที่เติมลงไปในกระดาษหรือเติมลงไปในส่วนของเส้นใยขณะทำการผลิตเพื่อปรับปรุงสมบัติกระดาษให้ได้ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1.8.2.1 สารเติมแต่งหลัก (functional additive) ทำหน้าที่ปรับปรุงสมบัติเฉพาะของกระดาษ แบ่งเป็น 6 ชนิด คือ

ก. สารต้านการซึมน้ำ (sizing agent) เป็นสารที่ใส่ลงไปหรือเคลือบบนกระดาษ เพื่อเพิ่มสมบัติการต้านทานการซึมน้ำของกระดาษทำให้กระดาษต้านทานการเปียกน้ำได้ดีขึ้น เนื่องจากกระดาษทำจากเส้นใยเซลลูโลสซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้สูง กระดาษที่ไม่ได้ใส่สารต้านการซึมน้ำจึงเปียกน้ำและดูดซับน้ำได้ง่าย การเติมสารชนิดนี้จะช่วยลดพื้นที่ผิวของการดึงดูดระหว่างเส้นใยและโมเลกุลของน้ำ ทำให้ลดอัตราการซึมของน้ำเข้าสู่เนื้อกระดาษ เมื่อกระดาษโดนน้ำจะไม่เปียกหรือซับน้ำในทันทีทันใด สารต้านการซึมน้ำที่ใช้ ได้แก่ สารส้ม ชันสน ไขผึ้ง ยางมะตอย เป็นต้น

- สารส้ม

Ammonium alum และ Potassium alum คือ เกลือเชิงซ้อนของสารประกอบที่มีธาตุอะลูมิเนียม และ ซัลเฟต เป็นส่วนประกอบหลัก หรือ รู้จักกันในนามว่าสารส้ม (alum) หรือ ผลึกเกลือ มีสูตรทางเคมีทั่วไปคือ [M(I)M,(III) $(SO_4)_2$. $12H_2O$] ดังนั้นสารใดที่มีโครงสร้างของสูตรทางเคมี ที่กล่าวมามันก็คือสารส้มที่เรารู้จักและคุ้นเคยนั้นเอง

ประวัติ

สารส้ม (alum) มีการผลิตในระยะแรก ๆ ที่ไหน เมื่อไร ไม่มีหลักฐานแน่ชัด แต่มีรายงานว่าในแถบเอเซียตอนกลาง มีการผลิตและซื้อขายสารส้มกันมาช้านานแล้วไม่ต่ำกว่า 500 ปี สารส้ม (alum) พบว่าเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหลายแห่ง โดยเฉพาะบริเวณที่เคยเป็นภูเขาไฟ มาก่อน การนำมาใช้บางแห่งต้องสกัดออกมาจากดิน เช่นเดียวกับการทำเกลือสินเธาว์บางแห่งผลิตจากแร่ส้มหิน (alunite, alumstone หรือ alunrock)โดยนำมาเผาเมื่อละลายจึงนำไปตกตะกอน หรือแร่อื่น ๆ ที่มี อลูมิเนียม (aluminum)เป็นองค์ประกอบ ในประเทศไทยชาวบ้านเรียกว่า ดินส้ม พบอยู่หลายจังหวัดมีมากที่จังหวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลย แต่สารส้มที่พบตามธรรมชาติ มีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการ มนุษย์จึงต้องคิดค้นวิธีการผลิตขึ้นมาเอง โดยนำเอาแร่ธาตุจากธรรมชาติที่มีปริมาณอะลูมินาสูงเป็นวัตถุดิบได้สำเร็จ และผลิตเป็นการค้า มาจนถึงปัจจุบัน สารส้ม (alum) มีประโยชน์และมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก แต่ไม่ค่อยมีใครได้นึกถึง เพราะไม่ค่อยได้เกี่ยวข้องโดยตรง เช่น น้ำประปาที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้ต้องอาศัยสารส้มทำให้ใส ใช้ในอุตสากรรม กระดาษ ฟอกหนัง ย้อมผ้า ฟอกสี ทำผงฟู และ ยา เป็นต้น

ประเภทของสารส้ม

สารส้ม (alum) มีรากศัพท์มาจากคำในภาษาลาตินว่า alumen แปลว่า สารทำให้หดตัว (astringent) แต่ในปัจจุบัน สารส้มหมายถึงเกลือเชิงซ้อน (ผลึกเกลือ) ของสารประกอบที่มี ธาตุอะลูมิเนียม และ ซัลเฟต เป็นส่วนประกอบหลัก แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. เกลือซัลเฟตของอะลูมิเนียมหรืออะลูมิเนียมซัลเฟต [$Al_2(SO_4)_3 . XH_2O$] ลักษณะเป็นก้อนผงสีขาว

2. เกลือเชิงซ้อนของโพแทสเซียมหรือโพแทสเซียมอะลั่ม [$Al_2(SO_4)_3 . K_2SO_4 . 24H_2O$] ลักษณะเป็นผลึกใสไม่มีสี

3. เกลือเชิงซ้อนของแอมโมเนียมหรือแอมโมเนียมอะลั่ม [$Al_2(SO_4)_3 . (NH_4)_2SO_4 . 24H_2O$] ลักษณะเป็นผลึกใสไม่มีสี อย่างไรก็ตามสารส้ม (alum) ทั้ง 3 ประเภทดังกล่าว นำไปใช้ประโยชน์อย่างเดียวกัน การเติม ammonium และ potassium ลงไปก็เพื่อความประสงค์อื่น คือต้องการให้เป็นก้อนผลึกใสและบริสุทธิ์ ยิ่งขึ้นเนื่องจากอุสาหกรรมหลายชนิด เช่น การผลิตกระดาษคุณภาพสูง และผสมทำผงฟู เป็นต้น ต้องการสารส้ม ที่มีความบริสุทธิ์มากๆ

ประโยชน์

สารส้มนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางทั้งในอุตสาหกรรมและที่เกี่ยวข้องกับผิวหนังของคน กล่าวคือ

1. การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม ส่วนมากจะใช้ในอุตสาหรรมการประปา รองลง มาได้แก่ อุตสาหกรรมกระดาษ ย้อมผ้า ฟอกหนัง ผสมเป็นยาดับเพลิง สารดับกลิ่น ฟอกสี และ ผสมทำผงฟูใช้ในการทำขนมปัง เป็นต้น

2. การใช้เกี่ยวข้องกับผิวหนัง ใช้ดับกลิ่นตัวได้ทุกส่วนของร่างกายตามที่ต้องการ โดยเฉพาะที่ใต้วงแขนและเท้าสามารถระงับกลิ่นได้ 100 % นานถึง 24 ชั่งโมงและหน่วงการเกิดกลิ่นได้ไม่ต่ำกว่า 10 ชั่วโมง ใช้ทาหลังโกนหนวดจะไม่ทำให้เกิดการระคายเคือง ช่วยห้ามเลือดและสมานบาดแผลที่เกิดจากมีดโกนบาด หรือ บาดแผลเล็กน้อย ใช้ทาที่ส้นเท้าจะรักษาและป้องกันส้นเท้าแตก ทาแก้คันตามผิวหนังเมื่อถูกยุงกัดหรือคันจากสาเหตุอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

คุณสมบัติ

1. ไม่มีสีและกลิ่น ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่พิเศษของมัน เหมาะสำหรับผู้ที่ชอบใช้น้ำหอม เพราะจะไม่มีกลิ่นไปรบกวนหรือหักล้างกลิ่นน้ำหอมที่ใส่อยู่ กล่าวคือ สารดับกลิ่นตัวส่วนมากจะผสมน้ำหอมลงไปด้วย ทำให้ไปรบกวนกลิ่นของน้ำหอมราคาแพงที่ใส่อยู่

2. ไม่เปื้อนเสื้อผ้า เพราะไม่มีส่วนผสมของ ครีม และน้ำมัน

3. ปลอดภัยกับร่างกาย กล่าวคือ ไม่อุดตันรูขุมขน ไม่ซึมเข้าสู่ร่างกายเพราะตัวมันทำให้เกิดประจุลบจึงไม่สามารถที่ผ่านผนังเซลล์ได้ ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ทำลายโอโซน

4. ไม่เสื่อมสภาพ มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมไม่เสื่อมสภาพที่อุณหภูมิห้อง

ข. ตัวเติม (filler) เป็นผงแร่สีขาวใส่ลงไปเพื่อทำให้ผิวกระดาษเรียบขึ้น เพิ่มความขาว สว่างและความทึบแสงของกระดาษ ทำให้กระดาษมีการดูดซับหมึกได้ดีขึ้น และลดต้นทุนในการผลิต ผงแร่ที่ใช้ต้องมีขนาดเล็กละเอียด ควรมีขนาดประมาณ 1-10 μm เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวภายในกระดาษ โดยเพิ่มพื้นที่ผิวระหว่างผงแร่กับอากาศ และผงแร่กับเส้นใย ทำให้เพิ่มค่าการกระเจิงแสงของกระดาษ กระดาษที่ได้จึงมีค่าความขาวสว่างเพิ่มขึ้น และเนื่องจากมีขนาดเล็กกว่าเส้นใยมาก เมื่อใส่ลงไปจะทำให้กระดาษมีผิวเรียบขึ้น ผงแร่ที่ใช้เป็นตัวเติมในกระดาษ ได้แก่ ดินขาว (kaolin, clay) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) หินปูน ($CaCO_3$) แต่การเติมผงแร่ลงไปก็มีส่วนลดสมบัติด้านความเหนียวของกระดาษลงด้วย

ค. สารเพิ่มความเหนียว (dry strength agent) เป็นสารเคมีที่เติมลงไปเพื่อเพิ่มสมบัติด้านความเหนียวของกระดาษ โดยเฉพาะความต้านแรงดึง และความต้านแรงดันทะลุ นอกจากนี้ยังช่วยลดการหลุดลอกของเส้นใยที่ผิวของกระดาษและเพิ่มพันธะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นกระดาษแข็ง ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญมาก เพราะถ้าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นต่ำจะทำให้เกิดการแยกชั้นของกระดาษแข็งในระหว่างการพิมพ์ สารเพิ่มความเหนียวที่ใช้ ได้แก่ แป้ง แป้งประจุบวก และพอลิอะคริลอะมีด ปัจจุบันนิยมใช้แป้งประจุบวกและพอลิอะคริลอะมีดมากกว่า เนื่องจากสารเหล่านี้มีประจุบวกจึงสามารถจับกันได้ดีกับเส้นใยซึ่งมีประจุลบ ทำให้เพิ่มพันธะระหว่างเส้นใยในกระดาษส่งผลให้กระดาษมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

ง. สารเพิ่มความเหนียวเมื่อเปียก (wet strength agent) เป็นสารเคมีที่เติมลงไป เพื่อรักษาความเหนียวของกระดาษให้คงไว้ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 ของความเหนียวเดิม ปกติจะไม่ใส่สารชนิดนี้ในกระดาษพิมพ์ทั่วไป แต่อาจพบในกระดาษพิมพ์งานพิมพ์พิเศษที่ต้องการความเหนียวเมื่อเปียกสูง เช่น กระดาษพิมพ์แผนที่ กระดาษธนบัตร เป็นต้น สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ พอลิอะมีด และพอลิเอมีน

จ. สารสีย้อม (dyes) สารเติมแต่งชนิดนี้ใส่ลงไปโดยมีวัตถุประสงค์ 2 ประการด้วยกัน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
107729

1) ต้องการทำกระดาษสี (colored paper) ในกรณีนี้สารสีย้อมจะถูกเติมลงไปในส่วนผสมของน้ำเยื่อจนได้สีตามที่ต้องการ

2) ต้องการแต่งสีกระดาษขาวให้ได้เฉดสีที่ต้องการหรือเพื่อให้ดูขาวขึ้น โดยใช้สีแต่งในปริมาณน้อยๆ เติมลงในส่วนผสมน้ำเยื่อ สีที่ใช้แต่งนี้อาจเป็นสีอะไรก็ได้ แต่ในการทำกระดาษขาวจะใช้สีม่วงหรือสีน้ำเงิน

ฉ. สารฟอกนวล (optical brightening agent) สารเติมแต่งชนิดนี้เป็นสารสีย้อมประเภทเรืองแสง มีสมบัติพิเศษ คือ ดูดซับแสงยูวีไว้แล้วคายแสงออกมาในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน คือ เปลี่ยนแสงในช่วงคลื่นที่ตาไม่สามารถมองเห็นให้เป็นแสงในช่วงคลื่นที่ตาสามารถมองเห็นได้ ดังนั้นเมื่อเติมสารฟอกนวลลงไปจะทำให้กระดาษมีความขาวสว่างเพิ่มขึ้น กระดาษพิมพ์เขียนทุกชนิดจะมีสารฟอกนวลผสมอยู่ด้วย

2.1.8.2.2 สารเติมแต่งเสริม (chemical processing aids) ทำหน้าที่ช่วยเสริมให้สารเติมแต่งหลักทำหน้าที่เฉพาะอย่างได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยในการบำรุงดูแลรักษาความสะอาดของเครื่องจักรผลิตกระดาษ เพื่อให้สามารถเดินกระดาษได้ดี สารเติมแต่งประเภทนี้แบ่งได้ 6 ชนิด ตามลักษณะหน้าที่ ดังนี้

ก. สารเพิ่มการตกค้าง (retention aids) ช่วยให้มีการตกค้างของเส้นใยละเอียดและตัวเติมค้างในเยื่อกระดาษมากขึ้น

ข. สารต้านการเกิดฟอง (defoamers) ช่วยป้องกันการเกิดฟองและช่วยให้เนื้อกระดาษมีความสม่ำเสมอดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้น้ำแยกตัวออกจากเยื่อได้เร็ว

ค. สารควบคุมจุลชีวะ (microbiological control agent) ช่วยควบคุมการเกิดเมือก และการแพร่ขยายของจุลชีวะ

ง. สารควบคุมการเกิดจุดดำ (pitch control agent)

จ. สารช่วยแยกน้ำ (drainage aids) ช่วยเพิ่มอัตราการแยกน้ำออกจากกระดาษให้เร็วขึ้น

ฉ. สารช่วยกระจายตัว (formation aids) ช่วยให้เส้นใยกระจายตัวสม่ำเสมอ ลดการจับกลุ่มก้อนของเส้นใย

2.1.9 ประเภทของกระดาษ [8]

ในปัจจุบันมีการใช้กระดาษในกิจกรรมต่างๆอย่างแพร่หลาย ในประเภทของงานและลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงอาจจำแนกประเภทของกระดาษตามการใช้งานได้เป็น 4 ประเภท คือ

2.1.9.1 กระดาษที่ใช้ในการบรรจุหีบห่อ (packaging paper) ใช้สำหรับทำกล่องกระดาษเพื่อบรรจุสิ่งของหรือสินค้าในรูปแบบต่างๆกัน เช่น กล่อง หีบห่อ ถุง กระดาษประเภทนี้มีปริมาณการผลิตสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.9.2 กระดาษที่ใช้ในการพิมพ์และเขียน (printing-writing paper) เป็นกระดาษที่ใช้เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสาร ใช้ในงานพิมพ์และเขียน ดังนั้นความขาวสว่าง และความทึบแสง จึงเป็นสมบัติที่สำคัญสำหรับกระดาษประเภทนี้

2.1.9.3 กระดาษทิชชู เป็นกระดาษที่ดูดสารในรูปแบบต่างๆ หรือใช้ดูดกลิ่น ได้แก่ กระดาษชำระ กระดาษเช็ดหน้า กระดาษเช็ดปาก กระดาษเช็ดมือ สมบัติที่สำคัญของกระดาษประเภทนี้ คือ ต้องดูดซับน้ำได้เร็ว และถ้าเป็นกระดาษชำระต้องกระจายตัวในน้ำได้ง่าย ส่วนกระดาษที่ใช้เช็ดหน้าหรือเช็ดปาก ต้องสะอาดและไม่ยุ่ยง่ายเมื่อเปียกน้ำ ซึ่งเป็นกระดาษที่มีความต้านแรงดึงเปียก

2.1.9.4 กระดาษชนิดพิเศษ ซึ่งเป็นกระดาษที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ในงานเฉพาะเจาะจงตามความต้องการของผู้ใช้เท่านั้น เช่น กระดาษทำฝาผนัง (wall paper) กระดาษธนบัตร กระดาษกรอง กระดาษดูดซับเสียงเพื่อลดเสียงก้อง เป็นต้น

2.1.10 การวิเคราะห์คุณสมบัติของกระดาษ [14],[18]

วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของกระดาษนั้น จะยึดถือมาตรฐานของชาติ หรือมาตรฐานสากลซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลก ทั้งนี้เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความถูกต้องและสามารถเปรียบเทียบในแต่ละครั้งได้ มาตรฐานที่นิยมใช้ เช่น

- มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) ของสำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
- ISO ของ International Organization for Standardization
- ASTM ของ American Society for Testing Material
- BS ของ British Standard
- TAPPI ของ Technical Association of the Pulp and Paper Industry
- JIS ของ Japan Industrial standard

เนื่องจากกระดาษมีคุณสมบัติที่แปรเปลี่ยนไปตามสภาวะอากาศแวดล้อม ดังนั้นในการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ จำเป็นต้องมีการปรับสภาวะชิ้นทดสอบให้สมดุลกับสภาวะการทดสอบมาตรฐานเสมอ สภาวะดังกล่าวจะแตกต่างกันไปตามภูมิอากาศของแต่ละประเทศ ซึ่งประเทศไทย ใช้สภาวะที่อุณหภูมิที่ 27 ± 2°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 2 (มอก. 296)

การวิเคราะห์คุณสมบัติของกระดาษ

1) สมบัติทางโครงสร้างของกระดาษ (structural properties)

1.1) ความหนา (thickness) หมายถึงระยะทางตั้งฉากระหว่างผิวหน้าทั้งสองของกระดาษภายใต้สภาวะการทดสอบที่กำหนด หน่วยที่ใช้ในสหรัฐอเมริกาจะระบุเป็นนิ้ว (inches) หรือมิล(mil)ในระบบ SI จะวัดเป็นหน่วยไมโครเมตร (micrometer) แต่ส่วนใหญ่จะวัดเป็นมิลลิเมตร (millimeter) ความหนาของกระดาษนี้บางครั้งเรียกว่า คาลิเปอร์ (caliper) มีส่วนสัมพันธ์กับคุณสมบัติที่เกี่ยวกับความเหนียวใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโค้งงอและความคงรูป ราคา และกรรมวิธีต่างๆ ในการแปรรูปเป็นภาชนะบรรจุ เช่น การพิมพ์ การตัด เป็นต้น เครื่องมือที่ใช้วัดความหนาของกระดาษบาง คือ ไมโครมิเตอร์ (micrometer) ถ้าเป็นกระดาษหนา ใช้เวอร์เนียในการวัด เช่น กระดาษลูกฟูกและแผ่นกระดาษแข็ง ความหนาของกระดาษจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ น้ำหนักมาตรฐาน แรงกดของลูกขณะเดินแผ่น การบดเยื่อและชนิดของเยื่อที่ใช้ ความหนาแน่นปกติได้จากความสัมพันธ์ระหว่างมวลต่อปริมาตร สำหรับในวงการกระดาษจะหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาและน้ำหนักมาตรฐานได้เป็นความหนาแน่นเสมือน (apparent density) ซึ่งจะเป็นการเทียบหาความหนาแน่นของกระดาษที่ระดับน้ำหนักมาตรฐานเดียวกัน อาจมีความหนาไม่เท่ากัน ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

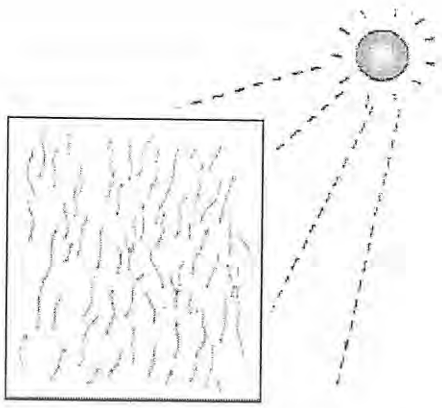
น้ำหนักกระดาษ	49	g/m^2
ความหนา	0.085	mm or 8.5×10^{-5}
ความหนาแน่นเสมือนเท่ากับ	$49/(8.5 \times 10^{-5})$	g/m^3
หรือ เท่ากับ	576,470.58	g/m^3

หน่วยของความหนาแน่นเสมือนที่นิยมใช้ในระบบ SI จะกำหนดเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นความหนาแน่นเสมือนที่ได้ของกระดาษชนิดนี้จะเป็น 576 kg/m^3 ฉะนั้น กระดาษที่มีน้ำหนักเท่ากัน แต่มีความหนาของกระดาษต่างกัน กระดาษที่มีความหนามากจะให้ค่าความหนาแน่นเสมือนน้อย ความหนาของกระดาษมีความสำคัญเพราะเครื่องพิมพ์ในแต่ละระบบการพิมพ์หรือเครื่องพิมพ์ในระบบการพิมพ์หรือเครื่องพิมพ์ในระบบการพิมพ์เดียวกันแต่ผลิตจากผู้ผลิตต่างรายกันไม่สามารถพิมพ์ได้ในทุกความหนา การพิมพ์กระดาษที่มีความหนาต่างกันต้องมีการปรับตั้งส่วนต่างๆ ของเครื่องพิมพ์แตกต่างกัน เพื่อให้สภาพการเดินกระดาษคล่องบนเครื่องพิมพ์มีมากที่สุด

1.2) การดูดซึมน้ำ (water absorption) หมายถึง ปริมาณของน้ำเป็นกรัมที่กระดาษซึ่งมีพื้นที่หนึ่งตารางเมตรสามารถดูดซึมได้ภายในเวลาที่กำหนดให้ค่านี้จะบอกถึงของเหลวที่ใช้กับกระดาษ เช่น น้ำ กาวเหลว หมึกพิมพ์ จะซึมเข้าไปในเนื้อกระดาษได้มากน้อยเพียงไร วิธีการทดสอบเรียกว่า "คอบบ์เทส" (cobb test) และเครื่องมือที่ใช้คือ cobb sizing

1.3) ความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ (formation) หมายถึง ความแตกต่างของปริมาณเส้นใยที่เกี่ยวประสานหรือเกิดพันธะเคมีต่อกัน ในแต่ละบริเวณของกระดาษ นับว่าเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับกระดาษพิมพ์ เมื่อนำกระดาษเนื้อไม่สม่ำเสมอกัน (wild formation) ไปพิมพ์จะมีคุณภาพไม่ดี ความไม่สม่ำเสมอกันของเนื้อกระดาษเกิดขึ้นจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษ เช่น เส้นใย สารเติมแต่งต่าง ๆ ที่นำมาผสมกันมีความแตกต่างกันในขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น ดัชนีหักเหของแสงและองค์ประกอบทางเคมี นอกจากนี้ยังขึ้นกับขั้นตอนการผสมและการเดินแผ่น ซึ่งล้วนแต่มีผลต่อการกระจายตัวและจับตัวของสารผสมเหล่านี้ทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงวิธีตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ (formation)[18]

การตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษสามารถทำได้ โดยการยกขึ้นส่องกับแสงสว่าง ถ้ากระดาษมีความสม่ำเสมอต่ำ (poor formation) จะเห็นการกระจายตัวของเนื้อกระดาษไม่เสมอกัน ปรากฏภาพเป็นดวง ๆ เป็นทาง ๆ เป็นฝ้านม หรือมองดูคล้ายก้อนเมฆ ความสม่ำเสมอของกระดาษมีผลต่อสมบัติของกระดาษทั้งทางเชิงกลและแสง ในเชิงปริมาณจะนิยามความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษว่าเป็นสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษพื้นที่ขนาดจิ๋ว (100 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน /น้ำหนักมาตรฐานเฉลี่ย) ปัจจุบันยังไม่มีวิธีวัดที่กำหนดเป็นมาตรฐาน การเพิ่มความสม่ำเสมอในการกระจายตัวของเส้นใยในกระดาษให้ดีขึ้นอาจทำได้หลายวิธีเช่น ใช้เยื่อใยสั้นมาผสมทำเป็นกระดาษในปริมาณมากขึ้น เพิ่มปริมาณการบดเยื่อให้มากขึ้น ลดความเร็วของสายพายตะแกรงแยกน้ำ เป็นต้น

2) สมบัติทางเชิงกลของกระดาษ (mechanical properties)

สมบัติเชิงกลของกระดาษเป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการใช้งานของกระดาษ ซึ่งหมายถึง การที่กระดาษมีความทนทานต่อการใช้งาน (durability) และความสามารถในการต้านทานแรงที่มากระทำในลักษณะต่าง ๆ เช่น แรงดึง แรงเฉือน แรงบิด และแรงที่ทำให้กระดาษโค้งงอ ซึ่งแรงเหล่านี้เกิดขึ้นในหลายขั้นตอนตั้งแต่การผลิตกระดาษ การแปรรูปจนถึงการใช้งาน กระดาษจะตอบสนองแรงที่มากระทำเหล่านี้ได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของกระดาษ ซึ่งสามารถวัดออกมาได้ในรูปของสมบัติเชิงกลได้ ดังนั้นในการเลือกกระดาษเพื่อนำไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงสมบัติทางเชิงกลของกระดาษด้วย

2.1) ความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength) คือความแข็งแรงต่อแรงเค้นที่กระทำต่อกระดาษในแนวยาว (tensile stress) ความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษเป็นสมบัติที่สำคัญของกระดาษในระบบการพิมพ์ป้อนม้วนมากกว่ากระดาษในระบบการพิมพ์แบบป้อนแผ่น เนื่องจากการพิมพ์ในระบบป้อนม้วนกระดาษต้องได้รับแรงดึงตึงตลอดเวลา หากกระดาษที่ใช้มีความแข็งแรงต่อแรงดึงน้อยอาจทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เกิดการขาดของกระดาษในระหว่างการพิมพ์ได้นอกจากนี้กระดาษที่ต้องนำไปขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ ก็จำเป็นต้องมีความแข็งแรงต่อแรงดึงด้วย เนื่องจากในกระบวนการขึ้นรูปอาจมีแรงดึงกระทำต่อกระดาษไม่มากก็น้อยกระดาษในแนวขนานเครื่องมีความแข็งแรงต่อแรงดึงมากกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่อง ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงดึงของกระดาษ ได้แก่ ชนิดของเยื่อ ปริมาณการบดเยื่อ ปริมาณการกดรีดน้ำน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ ปริมาณของตัวเติม และปริมาณความชื้นในกระดาษ กระดาษที่ทำจากเยื่อใยยาวและผ่านการบดเยื่อมากกว่ามีความแข็งแรงดึงของกระดาษมากกว่ากระดาษที่ทำจากเยื่อที่มีเส้นใยสั้นกว่า และผ่านการบดเยื่อมาน้อยกว่า เพราะเยื่อใยยาวและการบดเยื่อมากทำให้เส้นใยเซลลูโลสเกิดพันธะเคมีต่อกันได้มากขึ้น จึงมีความแข็งแรงดึงเพิ่มขึ้น การกดรีดน้ำก็ มีส่วนทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นเช่นกัน ด้วยเหตุผลเดียวกับการใช้เยื่อใยยาวและการเพิ่มปริมาณการบดเยื่อโดยทั่วไปกระดาษมีความแข็งแรงต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักมาตรฐานที่เพิ่มขึ้นด้วย ความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษมีน้อยลงเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเติมให้กระดาษและปริมาณความชื้นในกระดาษมีมาก เพราะตัวเติมที่เติมเข้าไปมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลส เกิดพันธะเคมีระหว่างกันได้น้อยลง ส่วนน้ำทำให้พันธะเคมีระหว่างเส้นใยมีความแข็งแรงน้อยลง ทั้งสองปัจจัยจึงมีผลทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษมีน้อยลง

2.2) ความแข็งแรงต่อแรงฉีก (tearing strength) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงกระทำซึ่งจะทำให้ชิ้นทดสอบหนึ่งชิ้นขาดออกจากรอยฉีกนำเดิม หน่วยที่วัดได้เป็นมิลลินิวตัน (mN) หรือ กรัม (gram) กระดาษที่จำเป็นที่จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบความต้านแรงฉีกขาด ได้แก่ กระดาษทำถุงกระดาษพิมพ์และเขียน หลักการในการตรวจสอบความแข็งแรงต่อแรงฉีกทำโดย ใส่ชิ้นทดสอบที่มีขนาดตามมาตรฐานกำหนด ในระหว่างปากจับบนแทนเครื่องและบนลูกตุ้มซึ่งเคลื่อนที่ได้ ใช้ใบมีดตัดชิ้นทดสอบเป็นการฉีกนำยาวประมาณ 2 cm ทำการทดสอบโดยปล่อยให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่ ชิ้นทดสอบจะฉีกขาด ความแข็งแรงต่อแรงฉีกนี้ขึ้นกับความยาวของเส้นใยเซลลูโลสเป็นสำคัญ โดยเส้นใยยาวมีความแข็งแรงฉีกมากกว่าเส้นใยสั้น การเพิ่มปริมาณการบดเยื่อก็มีผลทำให้ความแข็งแรงต่อแรงฉีดของกระดาษเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามหากบดเยื่อมากเกินไปจนทำให้เส้นใยมีขนาดสั้นลงมาก ความแข็งแรงต่อแรงฉีกของกระดาษก็จะลดน้อยลง แม้ว่าเส้นใยเซลลูโลสจะเกิดพันธะกันได้กันก็ตาม ทั้งนี้กระดาษในแนวขนานเครื่องมีความแข็งแรงต่อแรงฉีกน้อยกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่อง

3) สมบัติด้านทัศนศาสตร์ของกระดาษ (optical properties)

สมบัติด้านทัศนศาสตร์ หมายถึง สมบัติทางแสงของกระดาษที่ปรากฏแก่สายตา ได้แก่ ความขาวสว่าง (brightness) ความทึบแสง (opacity) ความมันวาว (gloss) สมบัติเหล่านี้ของกระดาษไม่สามารถวัดค่าออกมาโดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์อย่างเดียวได้แต่จะต้องประกอบด้วยหลักการทางจิตวิทยาร่วมด้วย ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการมองเห็นของสายตามนุษย์ ซึ่งต้องอาศัยดวงตาในการสังเกตและสมองตัดสินการรับรู้ในการมองเห็นอีกครั้ง ดังนั้นในการวัดค่าเกี่ยวกับสมบัติทางด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทัศนศาสตร์จึงต้องประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนในการพิจารณา คือ แหล่งกำเนิดแสง กระดาษที่ถูกส่องสว่าง และดวงตามนุษย์ หรือเครื่องวัดแสงที่ทำหน้าที่สังเกตการณ์และแปลผลของการสะท้อนแสงหรือการส่องผ่านของแสงที่กระทำต่อกระดาษ

3.1) ความทึบแสง (opacity) ความทึบแสงของกระดาษเป็นคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับกระดาษพิมพ์และเขียน กระดาษจะต้องทึบแสงพอที่จะบังภาพหรืออักษรที่อยู่ด้านหลังไม่ให้ปรากฏจนเกิดปัญหาในการอ่านและความชัดเจนของสิ่งที่พิมพ์ ความทึบแสงสามารถวัดได้โดยเปรียบเทียบค่าการสะท้อนแสงสีเขียวที่ช่วงคลื่น 557 nm ระหว่างกระดาษแผ่นเดียวที่รองหลังด้วยพื้นดำสนิทกับกระดาษที่วางซ้อนกันหนาจนแสงไม่ผ่านทะลุความทึบแสงและความสว่างต่างขึ้นกับปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ การกระเจิงแสง และการดูดซับแสงกระดาษที่ใช้เยื่อที่มีความขาวสว่างสูงมาก อาจมีปัญหาด้านความทึบแสงเพราะเยื่อจะมีความทึบแสงน้อยลง การใช้ตัวเติมช่วยเพิ่มมากกระเจิงแสงในเนื้อกระดาษจะช่วยปรับปรุงความทึบแสงให้ดีขึ้นได้

3.2) ความขาว (whiteness) เป็นสมบัติที่แตกต่างจากความขาวสว่าง คนจะรู้สึกว่ากระดาษหรือวัสดุใดมีสีขาวกว่าอีกสิ่งหนึ่ง ถ้ากระดาษนั้นสะท้อนแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นออกมาสม่ำเสมอกว่า การย้อม (tinting) กระดาษขาวด้วยสีม่วงหรือสีน้ำเงินให้ดูขาวขึ้นก็เพราะแสงสีเหลืองและแสงสีแดงถูกดูดซับไว้มากขึ้น จึงถูกสะท้อนออกมาน้อยลง หากวัดค่าความขาวสว่างจะพบว่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากสีที่ใส่ลงไปในการะดาษจะถูกดูดกลืนแสงไวแต่สีน้ำเงินจะมีผลกระทบต่อค่าความขาวสว่างน้อยกว่าสีอื่นการใช้สารฟอกนวลในกระดาษ เป็นการช่วยให้กระดาษมีการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีม่วงและสีน้ำเงินมากขึ้น กระดาษจึงดูขาวขึ้นเมื่อดูด้วยแสงแดดหรือแสงที่มีปริมาณรังสีอุลตราไวโอเลตใกล้เคียงกับแสงธรรมชาติในเวลากลางวัน

2.1.11 คุณสมบัติภาชนะบรรจุ

ภาชนะบรรจุ เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งของการดำเนินชีวิตของคนในปัจจุบัน ซึ่งนับวันจะมีความสำคัญมากขึ้น ซึ่งวัตถุประสงค์การใช้ภาชนะบรรจุสินค้า คือ บรรจุสินค้า รักษาคุณภาพสินค้า ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า แสดงความแตกต่างของสินค้าคู่แข่ง ส่งเสริมการขาย ทำหน้าที่เป็นสื่อโฆษณา สร้างเอกลักษณ์ และตราสินค้า เพิ่มคุณค่าสินค้าและคุณสมบัติของภาชนะที่จะนำมาบรรจุสินค้าต้องคงทนต่อการขนส่ง มีอายุการใช้งานนานพอสมควร ไม่มีการซึมผ่านผนังภาชนะคงรูปตกแต่งง่าย

ความหมายภาชนะบรรจุ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 92 (2528) คือ วัตถุที่ใช้บรรจุอาหารไม่ว่าด้วยการใส่หรือห่อ หรือด้วยวิธีการใดๆ และให้ความหมายรวมถึงฝาหรือจุกด้วย คุณสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆ ของภาชนะบรรจุ ได้แก่ คุณสมบัติที่สำคัญเกี่ยวกับความแข็งแรงของภาชนะบรรจุ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ความต้านทานต่อแรงกด (compression strength) หมายถึง ความสามารถของบรรจุภัณฑ์ในการต้านแรงกดทีกระทำบนบรรจุภัณฑ์ด้วย อัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนบรรจุภัณฑ์นั้นเสียรูป ค่าที่ได้จะสัมพันธ์กับความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์เมื่อมีการเรียงซ้อนในระหว่างการเก็บรักษา ลำเลียง ขนส่ง เครื่องมือทดสอบ คือ เครื่องมือทดสอบแรงอัด (compression tester) โดยใช้วิธีที่กำหนดในมาตรฐานนานาชาติ 2872 – 1985 (ISO.2872 - 1985)

2) ความต้านต่อแรงตกกระแทก (drop resistance) หมายถึง ความสามารถของบรรจุภัณฑ์ในการต้านแรงกระแทกกับพื้นเมื่อปล่อยให้ตกจากที่สูง จุดประสงค์ของการทดสอบเพื่อดูความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ในการป้องกันสินค้ามิให้เสียหายเมื่อมีการตกกระแทกเกิดขึ้นในระหว่างการลำเลียงและขนส่ง เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ คือ เครื่องทดสอบแรงกระแทก (drop tester) โดยใช้วิธีที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 2533:7)

3) ปริมาณความชื้น (moisture content) หมายถึง ปริมาณของน้ำในแผ่นทดสอบเป็นร้อยละของน้ำหนักเดิมของแผ่นทดสอบ คำนวณค่าความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักอบแห้ง}} \times 100$$

4) ความทนทานต่อการใช้งานในอุณหภูมิช่วงกว้าง หมายถึง ความสามารถของภาชนะบรรจุเมื่อนำไปใช้ในอุณหภูมิเย็นที่ –12 °C และที่อุณหภูมิร้อน 70 °C นั้น ภาชนะบรรจุอาจเสียหาย จุดประสงค์ของการทดสอบเพื่อดูความแข็งแรงของภาชนะเมื่อนำไปใช้ที่อุณหภูมิต่างกัน (กระทรวงอุตสาหกรรม มอก.2529: 8 - 10)

2.2 กล้วย

ต้นกล้วยเป็นพืชล้มลุกที่นำไปใช้ประโยชน์ได้หลายประการ ผลสุกนอกจากใช้รับประทานเป็นผลไม้แล้ว ยังสามารถนำมาปรุงอาหารคาวหวาน และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปชนิดต่าง ๆ อีกหลายชนิด ได้แก่ กล้วยตาก ทอฟฟี่กล้วย กล้วยในน้ำเชื่อมกระป๋อง กล้วยบวชชีกระป๋อง กล้วยทอด เป็นต้น

ส่วนใบตองสดสามารถนำไปใช้ในการห่อของ ทำงานประดิษฐ์ต่าง ๆ ได้แก่ กระทงบายศรี ใบตองแห้งใช้ทำกระทงใส่อาหาร และใช้ห่อผลไม้ เพื่อให้มีผิวสวยงามและป้องกันการทำลายของแมลง

ก้านใบและกาบกล้วยแห้งใช้ทำเชือก กาบสดใช้แกะสลัก เรียกว่า แทงหยวก ประกอบเมรุในการฌาปนกิจศพ

หัวปลี ใช้รับประทานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับคุณค่าทางอาหาร กล้วยเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินเอ [19]

2.2.1 ลักษณะทั่วไป [22]

กล้วยเป็นพืชล้มลุกสูง 2-4.5 m มีลำต้นอยู่ใต้ดิน เรียกว่า เหง้า ส่วนลำต้นบนดินเกิดจากกาบใบมาหุ้มซ้อนกันเป็นลำต้น ใบเป็นใบเดี่ยวขนาดใหญ่และยาว ผิวใบด้านบนเรียบเป็นมัน ท้องใบมีสีนวล ดอกออกเป็นช่อเรียกว่า หัวปลี แต่ละช่อย่อยประกอบด้วยใบประดับขนาดใหญ่มีสีม่วงแดงหุ้มอยู่ ผลรวมกันเป็นเครือแต่ละเครือจะมีหวีหลายๆ อันมารวมกัน

2.2.2 ประวัติกล้วยในประเทศไทย [6]

กล้วยเป็นไม้ผลเขตร้อน มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สำหรับประวัติกล้วยในประเทศไทยนั้น เข้าใจว่า ประเทศไทยเป็นแหล่งกำเนิดของกล้วยป่า และต่อมาได้มีการนำเข้ากล้วยตานีและกล้วยชนิดอื่นๆในช่วงที่มีการอพยพของคนไทยในการตั้งถิ่นฐานอยู่ที่จังหวัดสุโขทัย มีเอกสารเขียนโดย De la Lovbere ในปี ค.ศ. 1693 กล่าวว่าในสมัยอยุธยาที่เขาได้เดินทางมา และได้พบว่ามีกล้วยร้อยหวี ต่อมาในปี พ.ศ. 2427 เจ้าคุณศรีสุนทรโวหาร ได้กล่าวถึงกล้วยหลายชนิดเป็นคำกลอน ในช่วงปี พ.ศ. 2484 เป็นต้นมา ได้มีการรวบรวมพันธุ์กล้วยไว้บ้างในบางส่วน แต่เกิดการสูญหายไป ดังนั้นในปี พ.ศ. 2523-2526 ได้มีการรวบรวมพันธุ์อีกครั้งหนึ่งด้วยทุน IBPGR/FAO และก็ได้มีการรวบรวมเพิ่มขึ้นอีก พันธุ์กล้วยดังกล่าวมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รวบรวมพันธุ์ไว้ที่สถานีวิจัยปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

2.2.3 พันธุ์กล้วย [19],[26]

2.2.3.1 กล้วยน้ำว้า

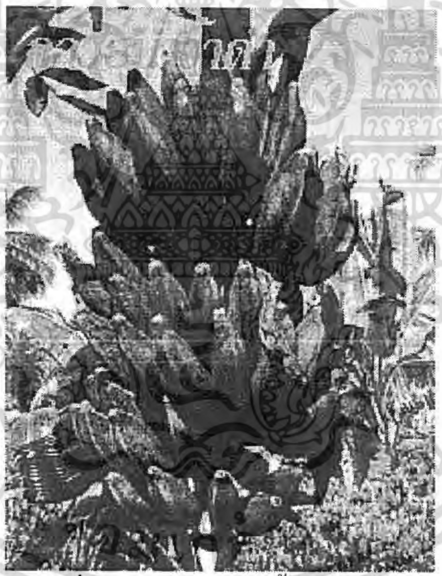
เป็นกล้วยที่มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วทุกภาคของประเทศไทย เนื้อกล้วยมีคุณค่าทางอาหารมาก ใช้เป็นอาหารเด็กอ่อน กินสดและทำเป็นขนมหลายชนิด ลำต้นสูงระหว่าง 1.75-4.5 m แล้วแต่พันธุ์ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่า 15 cm กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวอ่อน มีประดำเล็กน้อย ด้านในสีเขียวอ่อน ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้นกลางใบสีเขียว ก้านช่อดอกไม่มีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างป้อม ม้วนงอขึ้น ปลายป้าน ด้านบนสีแดงอมม่วงมีนวล ด้านล่างสีแดงเข้ม เครือหนึ่งมี 7-15 หวี แล้วแต่พันธุ์ หวีหนึ่งมี 10-16 ผล ความยาวใกล้เคียงกับกล้วยไข่ เปลือกหนากว่ากล้วยไข่ เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อสีขาว รสหวาน สามารถทนทานสภาพดินฟ้าอากาศได้ดีกว่ากล้วยพันธุ์อื่น การดูแลรักษาง่าย จากผลการสำรวจพบว่า ในปี 2538 มีพื้นที่ปลูก 732,000 ไร่ ผลผลิต 1,185,000 ตัน กล้วยน้ำว้ามีสายพันธุ์ย่อยแตกต่างไปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.1.1 กล้วยมะลิอ่อง ลำต้นสูงไม่เกิน 2.5 m เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 15 cm กาบลำต้นด้านนอกมีสีเขียวปนแดง มีประดำค่อนข้างมาก ก้านใบสีเขียวสด ท้องใบมีนวลมาก เครือหนึ่งมี 5-7 หวี ลักษณะผลภายนอกเหมือนกล้วยน้ำว้ากาบขาว ผลสุกมีสีเหลืองปนน้ำตาล เปลือกบาง บางครั้งมีกระที่ผิว เนื้อในมีสีขาวเหลือง รสหวานจัดกว่าทุกพันธุ์ เป็นกล้วยที่นิยมปลูกในสวนแถบบางกอกน้อย และสวนทุเรียนที่จังหวัดนนทบุรี มีชื่อพ้องว่า กล้วยน้ำว้าสวนทองมาเอง

2.2.3.1.2 กล้วยน้ำว้าค่อม ลักษณะ ลำต้นอวบอ้วน เตี้ยกว่ากล้วยน้ำว้าทั่วไป จะมีเครือ ขนาดใหญ่ ผลเยอะ ประมาณ 9-11 หวี หวีละประมาณ 15 ลูกขึ้นไป รสชาติ จะดีเฉพาะเครือแรก ถ้าเป็นกล้วยตอ ขนาดเครือและผลจะเล็กลง รสชาติจะด้อยลงมาและกล้วยชนิดนี้มักจะมีโรครากเน่า อยู่เสมอ เมื่อตัดเครือแรกแล้ว ควรแยกหน่อและย้ายหลุมปลูก อยากให้ซ้ำที่เดิม

2.2.3.1.3 กล้วยน้ำว้าดำ ลักษณะลำต้นสูงใหญ่ เมื่อปลีกล้วยออกมาจะเห็นสีของปลีกล้วยผิดปกติกว่ากล้วยน้ำว้าธรรมดาทั่วไป บริเวณโคนก้านใบจะมีปื้นสีดำ และที่ผลอ่อนจะมองดูคล้ายมีเงาสีดำเคลือบอยู่ สีจะเปลี่ยนเป็นสีเปลือกมังคุดใกล้ดำ เมื่อผลแก่เต็มที่ตามภาพ



รูปที่ 2.5 แสดงกล้วยน้ำว้าดำ [19]

2.2.3.1.4 กล้วยน้ำว้าด่าง เป็นกล้วยที่กลายพันธุ์มาจากกล้วยน้ำว้าค่อม แต่ลำต้นเล็กกว่า ลักษณะใบจะออกด่างขาวเป็นปื้น ทุกใบ เมื่อใบแก่ จะออกสีเขียวมากขึ้น สีขาวจะเลือนไปบ้างเล็กน้อย

2.2.3.2 กล้วยหอมทอง เป็นกล้วยที่มีลักษณะลำต้นใหญ่ แข็งแรง กาบใบชั้นในมีสีเขียวหรือชมพูอ่อน เครือได้รูปทรงมาตรฐาน มีน้ำหนักมาก ผลยาวเรียว ปลายผลคอดเป็นแบบคอขวด เปลือกหนา ผลสุกผิวมีสีเหลืองทอง เนื้อมีรสชาติหอมหวาน โดยเฉลี่ยเครือหนึ่ง ๆ จะประมาณ 6 หวี เป็นพันธุ์ที่ไม่ต้านทานโรคตายพรายและโรคใบจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.3 กล้วยหอมเชียงราย หรือ กล้วยหอมกะเหรี่ยง เป็นกล้วยหอมที่ลำต้นแข็งแรง เมื่อตกเครือแทบไม่จำเป็นต้องใช้ไม้ค้ำเลย ลักษณะโดยทั่วไป คล้ายกับกล้วยหอมทอง เครือหนึ่งมีจำนวน 10-12 หวี หวีละ 14-16 ผล ผลคล้ายกล้วยหอมทอง แต่ปลายผลทู่ เมื่อสุกผิวจะมีสีเหลืองทอง เนื้อในสีส้มอ่อน รสหวานหอม เปลือกบาง แต่มีความทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี นิยมปลูกกันมากในแถบจังหวัดกาญจนบุรีและเพชรบุรี สถาบันเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อเกษตรกรรม กรมส่งเสริมการเกษตร ได้ทำการขยายพันธุ์ โดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

2.2.3.4 กล้วยหอมเขียว เป็นกล้วยที่มีลักษณะทั่วๆไปคล้ายกล้วยหอมทอง แต่มีกาบใบชั้นในมีสีแดงสด ปลายผลมน ผลสุกมีสีเหลืองอมเขียว เปลือกหนา เป็นที่นิยมของผู้บริโภคในตลาดต่างประเทศ นอกจากนี้ กล้วยหอมเขียวยังต้านทานโรคตายพรายได้ดี แต่อ่อนแอต่อโรคใบจุด

2.2.3.5 กล้วยหอมค่อม เป็นกล้วยหอมอีกชนิดหนึ่งลำต้นเตี้ยหรือแคระ ผลมีลักษณะคล้ายกล้วยหอมเขียว เนื้อรสชาติดี จึงมีชื่อว่า กล้วยหอมเขียวเตี้ยอีกด้วย จากผลการสำรวจกล้วยหอมพบว่าในปี 2538 มีพื้นที่ปลูก 53,560 ไร่ ผลผลิต 90,439 ตัน

2.2.3.6 กล้วยหอมไต้หวัน เป็นกล้วยหอมที่มีเปลือกลำต้นออกสีน้ำหมาก ขนาดลำต้นคล้ายกล้วยหอมทอง เมื่อสุกเนื้อแน่นเหนียวรสหวาน รับทานอร่อย ไม่หลุดร่วงง่าย เหมาะแก่การปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจในการส่งออก

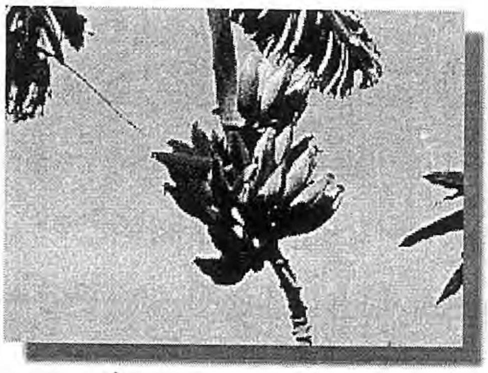
2.2.3.7 กล้วยหอมจันทน์ ปลูกกันมากในภาคเหนือแบบสวนหลังบ้าน มีลำต้นสูง 2.5-3.5 m กาบลำต้นด้านนอกสีชมพูอมแดง มีประดำเล็กน้อย ก้านใบสีชมพูอมแดง เครือหนึ่งมีประมาณ 7 หวี หวีละ 14 ผล ผลเล็กคล้ายกล้วยเล็บมือนาง แต่ยาวกว่าและปลายผลไม่เรียวแหลม มีจุกสั้นใหญ่ ก้านผลสั้นเปลือกค่อนข้างหนา เมื่อสุกมีสีเหลืองคล้ายกัน กลิ่นหอมเย็น รสหวาน

2.2.3.8 กล้วยไข่ เป็นกล้วยที่มีลำต้นสูงบาง สีใบและก้านใบสีเหลืองอ่อน ไม่มีนวล กาบใบมีสีน้ำตาลหรือสีช็อกโกแลต เครือเล็ก ผลมีขนาดเล็ก เปลือกบาง เมื่อสุกมีสีเหลืองเข้ม เนื้อแน่น รสหวานเจริญเติบโตได้ดีในที่ร่ม ต้านทานโรคตายพราย แต่อ่อนแอต่อโรคใบจุด จากผลการสำรวจพบว่า ในปี 2538 มีพื้นที่ปลูก 93,000 ไร่ ผลผลิต 150,000 ตัน มีหลายพันธุ์ดังนี้

- กล้วยไข่กำแพงเพชร
- กล้วยไข่ฝรั่ง
- กล้วยไข่จีน

2.2.3.9 กล้วยหักมุข เป็นกล้วยที่มีลำต้นขนาดปานกลาง ลำต้นสีเขียวนวล ผลโตเป็นเหลี่ยม สีเขียวนวล ปลายผลเรียว ผลเมื่อสุกสีเหลืองนวล เปลือกหนามีรอยแตกลายงาเนื้อฟูสีเหลืองเข้มเหมาะสำหรับนำมาทำกล้วยปิ้ง กล้วยเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



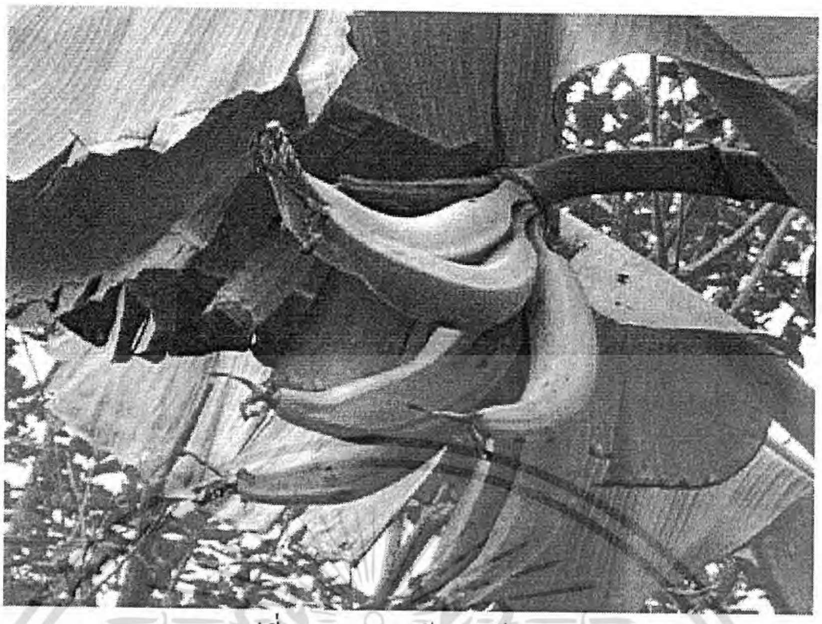
รูปที่ 2.6 แสดงกล้วยหักมุข [24]

2.2.3.10 กล้วยเล็บมือนาง นิยมปลูกกันมากในภาคใต้ เป็นกล้วยที่มีลำต้นค่อนข้างเล็ก ลำต้นผอม สูงประมาณ 2.5 m กาบลำต้นด้านนอกสีชมพูอมแดง มีประดำหนา ก้านใบสีชมพูอมแดง เครือหนึ่งมี 7-8 หวี ผลมีขนาดเล็ก ปลายเรียวยาว รูปโค้งงอ ก้านผลสั้น เปลือกหนา ผลเมื่อสุกมีสีเหลืองทอง และยังมีก้านเกสรตัวเมียติดอยู่ที่ปลายผล เนื้อในมีสีเหลือง รสหวานหอม ใช้สำหรับรับประทานสุก หรือทำเป็นกล้วยตาก มีชื่อพ้องว่า กล้วยข้าวทองดอกหมาก เล็บมือ

รูปที่ 2.7 แสดงกล้วยเล็บมือนาง [24]

2.2.3.11 กล้วยงาช้าง เป็นกล้วยที่มีอยู่บริเวณฝั่งธนบุรีมานานแล้ว แต่ไม่ค่อยมีคนสนใจ เนื่องจากให้ผลน้อยและมีเนื้อแน่นเหนียว ไม่อร่อยเมื่อทานผลสด นิยมนำไปย่าง หรือเชื่อมรับประทาน นับว่าเป็นกล้วยเชื่อมที่อร่อย ที่สุดอีกชนิดหนึ่ง ลำต้นสูงใหญ่กว่ากล้วยทั่วไป กล้วยชนิดนี้เมื่อออกเครือ ปลีจะหลุดหายไป กล้วยงาช้างจะออกปลีได้แค่ 1-3 หวีใน 1 เครือ หรืออาจจะไม่มีหวีเลยก็ได้ จึงถือได้ว่าเป็นกล้วยเสี่ยงทาย ถ้าผู้ใดปลูกแล้วออกปลีแต่ไม่มีผลถือได้ว่าไม่มีโชคลาภ แต่ถ้าผู้ใดปลูกได้ 2-3 หวี นับว่ามีโชคลาภ ซึ่งในปกติมักจะมีแค่ 1 หวีต่อเครือเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงกล้วยงาช้าง [26]

2.2.3.12 กล้วยนาค ลำต้นสูงประมาณ 2.5-3.5 m กาบลำต้นด้านนอกมีสีเขียวปนชมพู-แดง มีประดำบ้าง ด้านในสีชมพูอมแดง ก้านใบมีร่องกว้างสีชมพูปนแดง มีปีก ก้านช่อดอกมีขน เครือหนึ่งมี 2-3 หวี หวีละ 6-9 ผล ผลใหญ่ สีเขียวอมม่วง เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีแดงอมม่วงสดใส ก้านผลสั้น เนื้อสีเหลือง กลิ่นหอมเย็น รสหวาน กล้วยชนิดนี้กลายพันธุ์ง่าย โดยผลจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เช่นกล้วยทั่วไป มีชื่อพ้องว่า กล้วยกุ้งแดง

รูปที่ 2.9 แสดงกล้วยนาค [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.13 กล้วยนมสวรรค์ หรือ กล้วยน้ำนมราชสีห์ ปลูกกันโดยทั่วไปในแถบอำเภอป่าโมก จังหวัดอ่างทอง เนื่องจากทนน้ำท่วมและหนอนเจาะ เป็นกล้วยที่มีลำต้นแข็งแรง ต้นโตกาบด้านนอกสีเขียวมะกอก เส้นกลางใบสีชมพูอมม่วงเห็นชัด รูปร่างของเครือเป็นรูปกรวย การเรียงตัวของหวีแน่น ผลมีจุกเหมือนจุกขวด เครือหนึ่งมี 10 หวี ผลมีขนาดเล็ก ก้านผลสั้น เมื่อดิบสีเขียวสด ผลสุกมีสีเหลืองสดไม่หลุดออกจากเครือ เมื่อสุกเนื้อมีรสหวานออกเปรี้ยว

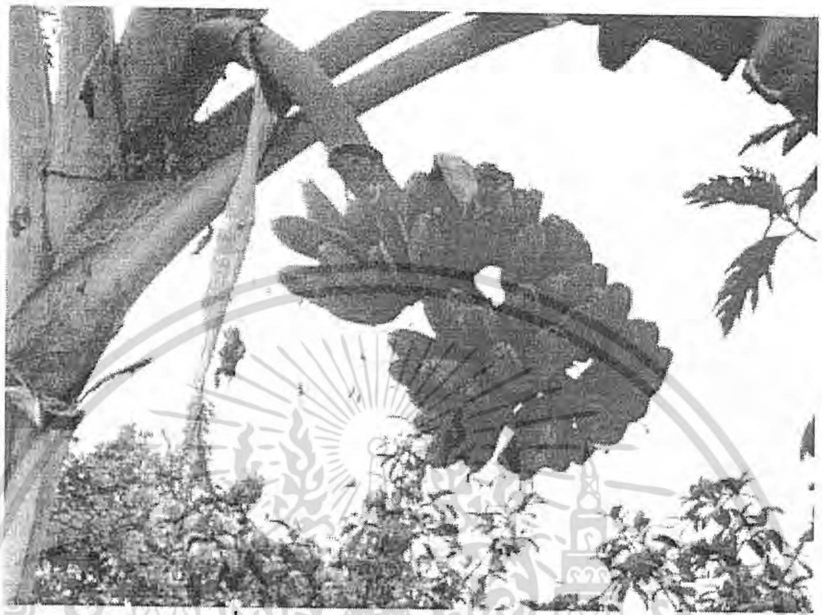
2.2.3.14 กล้วยนมหมี ลำต้นแข็งแรง สูง 3.5- 4.5 m เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่า 30 cm กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวเข้ม มีประดำบ้างเล็กน้อย มีนวลมาก ด้านในสีเขียวอ่อน ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้นกลางใบสีเขียว มีนวลทางด้านล่าง ก้านช่อดอกไม่มีขน เครือหนึ่งมีประมาณ 12-14 หวี หวีละ 10-15 ผล ผลมีขนาดใหญ่ กว้าง 5-6 cm ยาว 12-15 cm ลักษณะคล้ายกล้วยน้ำว้า เห็นเหลี่ยมชัดเจน การเรียงตัวของผลเป็นระเบียบ ก้านผลยาว เมื่อดิบผิวสีเขียวสด เมื่อสุกมีสีเหลืองทอง ตัดกับสีของผลที่ยังไม่สุกเห็นได้ชัดเจน เนื้อผลคล้ายกล้วยน้ำว้า แต่นิ่มกว่า รสชาติไม่ดี นิยมทำเป็นกล้วยฉาบเมื่อยังดิบ เช่นเดียวกับกล้วยหักมุก อายุการตกผลมากกว่า 18 เดือน ทนน้ำท่วมและหนอนกอ

2.2.3.15 กล้วยน้ำไท จัดอยู่ในกลุ่มพันธุ์แท้ของกล้วยป่า หรือพันธุ์ที่ได้กลายพันธุ์ไปจากพันธุ์แท้ แต่ยังมีลักษณะของพันธุ์แท้อยู่มาก ลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 2-3 m กาบด้านนอกและด้านในจะเป็นสีชมพูอมแดงและมีปื้น ก้านใบตั้งขึ้น มีร่องกว้าง มีครีบสีชมพูเส้นกลางใบเป็นสีชมพูอมแดง ก้านช่อดอกมีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างยาวม้วนงอขึ้นปลายแหลม เครือหนึ่งมีประมาณ 5 หวี หวีหนึ่งมีผลประมาณ 12-18 ผล ผลคล้าย กล้วยหอมจันทร์ แต่ผลจะโค้งงอน้อยกว่า เมื่อสุกเปลือกจะเป็นสีเหลืองเข้มกว่ากล้วยหอมจันทร์ และมีกระสีดำเล็กๆ คล้าย กล้วยไข่ เนื้อในเป็นสีเหลืองส้ม มีกลิ่นหอมแรง คล้ายกลิ่นหอมดอกไม้ รสหวานชื่นใจ ขยายพันธุ์ด้วยการแยกหน่อ กล้วยน้ำไท ปลูกได้ในดินทั่วไป เจริญเติบโตเร็ว เหมาะจะปลูกเป็นทั้งไม้ประดับและใช้ประโยชน์ทางพิธีกรรมตามความเชื่อต่างๆ หรือเพื่อทานผลก็ได้

ประโยชน์ทางยาและพิธีกรรม ผลดิบกล้วยน้ำไทยมีรสฝาด สมานกล่อมอาจม ยางกล้วยเช็ดลิ้นเด็กแก้ละอองซาง เปลือกผลสุมไฟทาแก้ปากเปื่อย ผลสุกรับประทานแบบธรรมดาอร่อยเป็นยาเจริญธาตุ รสหวาน มีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นดอกไม้ ใครได้รับประทานแล้วจะติดใจ นอกจากนั้น ในการประกอบพิธีกรรมต่างๆ เช่น การบวงสรวง ขวัญข้าว หรือไหว้ครู หมอหรือพราหมณ์จะใช้ กล้วยน้ำไทยประกอบพิธีทั้งสิ้น จึงนับว่าเป็น กล้วยพิธี ที่ยึดถือกันมาแต่บรรพกาล ปัจจุบันหายากเลยต้องใช้กล้วยน้ำว้าแทน ตำนาน สมัยก่อนมีตำนานเล่าว่า หญิงชรามีลูกเยอะ ร่างกายทรุดโทรม เอากล้วยชนิดนี้ไปทำยาลูกกลอนผสมพริกไทยน้ำผึ้งกินเป็นประจำ ทำให้ร่างกายกลับเปล่งปลั่งมีน้ำมีนวลขึ้นมาใหม่ จนทำให้ลูกๆจำแม่ตัวเองไม่ได้ หมอยาไทยในยุคนั้นจึงเรียกสูตรยาดังกล่าวว่า "ยาลูกแปลกแม่" คือจำแม่ไม่ได้นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.16 กล้วยพม่าแหกคุก ลักษณะทั่วไปของใบและกาบใบสีเขียวจัดกว่ากล้วยน้ำว้า สูงราว 4-5 m จำนวนหวีประมาณ 16 หวี แต่ละหวีมีขนาดใหญ่ราวหนึ่งเท่าครึ่งของกล้วยน้ำว้าขนาดใหญ่ ผลค่อนข้างเป็นเหลี่ยม มีขนาดยาวกว่ากล้วยน้ำว้า ราวหนึ่งเท่าครึ่งเช่นกัน ผลเมื่อสุกเนื้อค่อนข้างเละ



รูปที่ 2.10 แสดงกล้วยพม่าแหกคุก [26]

2.2.3.17 กล้วยแดง หรือ กล้วยนาคพม่า ลักษณะลำต้นคล้ายกล้วยนาค มีกาบก้านใบสีแดง มีผลยาวคล้ายกล้วยหอมแต่สีเหมือนกล้วยนาค รสชาติคล้ายกล้วยนาคคือกล้วยหอมผสมกล้วยไข่ รสเย็นหวาน

2.2.3.18 กล้วยงาหมู หรือ กล้วยนมสาว กล้วยน้ำญี่ปุ่น เป็นกล้วยพื้นเมืองของภาคเหนือ ลำต้นขนาดกลาง กาบก้านใบสีชมพูอมแดง เมื่อสุกรสชาติจะหวานหอม ซึ่งใช้กินกับข้าวเหนียวแทนมะม่วงได้ เป็นกล้วยที่ให้หน่อน้อย เพียงปีละ 3-4 หน่อเท่านั้น ยังไม่แพร่หลายนัก

2.2.3.19 กล้วยตีบคำ ลำต้นสูงไม่เกิน 3.5 m กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวอ่อน มีประดำเล็กน้อย ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้นกลางใบสีเขียว ก้านช่อดอกไม่มีขน เครือหนึ่งมี 6-7 หวี หวีละ 16-18 ผล ผลมีขนาดเล็ก ก้านผลสั้น รูปร่างเป็นเหลี่ยมเห็นชัดเจน มีก้านเกสรตัวเมียติดอยู่ การเรียงตัวของผลไม่เป็นระเบียบ โดยผลที่อยู่แถวบนและแถวล่างจะแยกอ้าออกจากกัน ผลสุกมีรสหอมหวาน ไม่นิยมปลูกกันเนื่องจากการตกเครือช้ามากกว่า 1 ปี บางทีเรียก กล้วยตีบ (ผลสุกมีสีเหลืองดั่งทองคำสวยงามมาก)

2.2.3.20 กล้วยตานี ลำต้นสูง 3.5-4 m เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 cm สีเขียวไม่มีปื้นดำ กาบลำต้นด้านในสีเขียว ก้านใบสีเขียว เส้นกลางใบสีเขียว ไม่มีร่อง ใบสีเขียวเป็นมัน มีความเหนียวมากกว่ากล้วยพันธุ์อื่นๆ ก้านช่อดอกสีเขียวไม่มีขน ใบประดับรูปร่างค่อนข้างป้อม มีความกว้างมาก ปลายมนด้านบนสีแดงอมม่วง มีนวล ด้านล่างสีแดงเข้มสดใส เมื่อใบประดับการขึ้นจะตั้งฉากกับช่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอกและไม่ม้วนงอ ใบประดับแต่ละใบซ้อนกันลึก เครือหนึ่งมีประมาณ 8 หวี หวีละ 10-14 ผล ผลป้อมขนาดใหญ่มีเหลี่ยมเห็นชัดเจน ลักษณะคล้ายกล้วยหักมุกแต่ปลายทู่ ก้านผลยาว ผลสุกสีเหลืองรสหวาน มีเมล็ดจำนวนมาก เมล็ดใหญ่สีดำ

2.2.3.21 กล้วยผา เป็นกล้วยที่มีเสน่ห์ สร้างความประทับใจให้กับผู้พบเห็นเสมอ แหล่งใหญ่ที่พบกล้วยผาคือ เทือกเขาด้านทิศตะวันตกของประเทศไทย โดยเฉพาะทางกาญจนบุรี กล้วยผาแพร่พันธุ์โดยเมล็ด เมื่อผลสุกมีนกกินผลแล้วถ่ายเมล็ดทิ้งไว้ในหลายๆที่ บางแห่งไม่เหมาะกับการเจริญเติบโต แต่กล้วยผาก็โตได้ มีลำต้นสีเขียว ใบสีเขียว กาบใบซ้อนกันโดยรอบ ลักษณะคล้ายลำต้นอ่อนของปาล์ม สูง 30-60 cm จนถึง 1-2 m ปลีหรือดอกตั้งตรงในระยะเวลา 10-15 วัน จากนั้นจะโค้งงอประมาณ 90 องศา กาบปลีสีแดงครั่งอ่อนและเขียวอ่อน อายุการบาน 2-3 เดือน ผลมีขนาดเล็ก ผลสุกกินได้ รสหวาน กลิ่นหอม ขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ดอย่างเดียว กล้วยผาตามธรรมชาติเจริญเติบโตเฉพาะฤดูฝน หน้าแล้วกล้วยจะทิ้งใบ ครั้นฝนใหม่มาเยือนจะแตกใบอีกครั้ง ตั้งแต่เมล็ดงอกจนถึงสร้างดอกได้ ใช้เวลา 3 ปี

2.2.3.22 กล้วยนวล หรือ กล้วยโทน ปลูกมากทางภาคอีสานเหนือ ลำต้นมีสีเขียวนวลหม่นๆ ใบสีเขียวนวล โคนต้นกลมใหญ่ จากนั้นลำต้นค่อยๆเรียวขึ้นถึงปลายลำต้น ซึ่งจะเล็กกว่าลำต้นมองเห็นได้ชัดเจน ดูแล้วคล้ายปาล์มขวดสูงเต็มที่ราว 3 m ช่อดอกใหญ่ โน้มลงเหมือนกล้วยน้ำว้า ใบประดับคล้ายกล้วยผาแต่มีสีเขียว เมื่อปลีเริ่มออก จะมีกาบปลีหรือกาบหุ้มดอกออกมาคลุมส่วนที่เป็นหวีทุกหวี ดูภายนอกเหมือนระฆังคว่ำครอบปลี รอบหวีกล้วยทุกระยะจนกว่าจะสุดเครือ ใช้เวลาประมาณ 3-4 เดือน ผลจึงเริ่มสุก ผลสุกรับประทานได้มีกลิ่นหอม แต่เมล็ดมาก กาบใบตากแห้งจะเหนียวมาก ในอดีตเกษตรกรนำมามัดหมี่เส้นไหม กล้วยโทนขยายพันธุ์ด้วยวิธีเพาะเมล็ด เพราะไม่แตกหน่อ อายุประมาณ 1-2 ปี

2.2.3.23 กล้วยแคระ เป็นกล้วยที่ได้จากการเพาะเนื้อเยื่อ โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บางเขน เลี้ยงดูเพื่อความสวยงาม ตามรูป เลี้ยงยากเนื่องจากจะเกิดโรคใบจุดและจะทำให้เน่าได้ง่าย

รูปที่ 2.18 แสดงกล้วยแคระ [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.24 กล้วยหิน เป็นกล้วยพื้นเมืองจากทางใต้ แต่ได้นำมาปลูกทางภาคกลางและภาคอื่นๆ นานแล้ว เป็นกล้วยที่ใช้ต้มรับประทานจะมีรสชาติอร่อยมาก ลำต้นสีเขียวสูงใหญ่ ดังรูป

รูปที่ 2.19 แสดงกล้วยหิน [26]

2.2.4 องค์ประกอบทางเคมีของต้นกล้วย [4]

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของต้นกล้วย พบว่า ต้นกล้วยโดยทั่วไปมีความชื้นร้อยละ 80-90 และมีสารต่างๆ ประกอบอยู่ด้วย ดังนี้

อินทรีย์สาร (organic matter)

สารจำพวกแป้ง (starch equivalent)

สารอิสระจากธรรมชาติ (free extractive)

เส้นใยหยาบ (crude fiber)

โปรตีนหยาบ (crude protein)

สารระเหย (ether extractive)

2.2.5 องค์ประกอบทางเคมีของกาบกล้วย [5]

เส้นใยจากกาบกล้วยมีคุณสมบัติทนและเหนียวเป็นพิเศษ ได้มีการศึกษาส่วนประกอบของกาบกล้วยเพื่อนำมาผลิตเป็นเยื่อกระดาษ พบว่า มีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

ฮอลโลเซลลูโลส (hollo cellulose)

อัลฟาเซลลูโลส (alpha cellulose)

เพนโตแซนส์ (pentosans)

สารที่ละลายในน้ำร้อน (hot water solubility)

สารลิกนินไม่มีเถ้าถ่าน (lignin ash free)

สารที่ละลายในแอลกอฮอล์และเบนซิน (alcohol benzene solubility)

ทราย (silica)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีขนาดเส้นใยดังนี้

ความยาวของเส้นใย (fiber length) ร้อยละ 1.96 mm

ความกว้างของเส้นใย (fiber width) ร้อยละ 16.84 μm

ความหนาของผนัง (wall thickness) ร้อยละ 4.11 μm

เส้นผ่านศูนย์กลางของลูเมน (lumen diameter) ร้อยละ 8.60 μm

อัตราส่วนตามยาวและความกว้างของเส้นใย(slenderness ratio) ร้อยละ 116 อัตราส่วนความยืดหยุ่น (flexibility coefficient) ร้อยละ 0.69 ซึ่งจากองค์ประกอบทางเคมีและขนาดเส้นใยของหยวกกล้วยข้างต้น มีความใกล้เคียงกับองค์ประกอบทางเคมีและขนาดทางเส้นใยของเนื้อไม้โดยทั่วไป ดังนั้นจึงสามารถนำมาผลิตเป็นเนื้อกระดาษชั้นดีได้

จากคุณสมบัติของต้นกล้วยดังกล่าวประกอบกับลักษณะของหยวกกล้วยที่โดยทั่วไปมีสีค่อนข้างขาว มีความเงามัน เรียบ ลายเส้นเป็นเส้นตรงที่สวยงามเหมาะสำหรับการทำภาชนะบรรจุอาหาร ตลอดจนปริมาณการปลูกจำนวนมาก โดยเฉพาะกล้วยน้ำว้า ดังนั้นจึงเหมาะแก่การนำลำต้นกล้วยน้ำว้ามาใช้ทำภาชนะบรรจุอาหาร

2.3 สารเคมีที่ใช้ในการทำกระดาษและคุณสมบัติ

2.3.1 สารเคมีที่ใช้ในการแยกลิกนิน

ในงานวิจัยนี้ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในการแยกลิกนินซึ่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) มีสมบัติดังนี้ [15],[17]

สูตรโมเลกุล	NaOH
น้ำหนักโมเลกุล	39.997
จุดเดือด	1390°C
จุดหลอมเหลว	318°C
ความหนาแน่น	2.13 g/cm^3
ความสามารถในการละลายน้ำ	50 g/100 ml (ละลายได้ดีมาก)
ลักษณะ	เป็นของแข็ง สีขาว ไม่มีกลิ่น ดูดความชื้น
ชื่อเรียกอื่น	Augus Hot Rod, Caustic soda, Soda lye, Sodium hydrate, White Caustic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 สารเคมีที่ใช้ฟอกขาว

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) มีสมบัติดังนี้ [16],[20]

สูตรโมเลกุล	H_2O_2
น้ำหนักโมเลกุล	34.02
จุดหลอมเหลว	-28°C
ความหนาแน่น	1.2 g/cm^3
ความสามารถในการละลายน้ำ	ละลายได้
ลักษณะ	เป็นของเหลวไม่มีสี มีกลิ่นฉุน รสขม
มักทำอยู่ในรูปสารละลายในน้ำ	ความเข้มข้น 3-90 %
ชื่อเรียกอื่น	Peroxide, Hioxy, Dihydrogen dioxide

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มณฑล วงศ์วิจิตร , ฐิริญญา เสืองยง (2547) [3] ได้ศึกษาหาสภาวะในการผลิตแผ่นกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่ให้ความแข็งแรงที่เหมาะสำหรับนำไปทำบรรจุภัณฑ์ โดยใช้กาบกล้วยจากต้นกล้วยน้ำว้าที่ตัดเครือแล้วเท่านั้นซึ่งสภาวะที่ศึกษา ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายเบสที่ใช้ในการย่อยเยื่อ เวลาที่ใช้ในการต้มย่อยเยื่อวิธีลดขนาดกาบกล้วยและชนิดของสารละลายเบสที่ใช้ โดยเปรียบเทียบระหว่างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นกระดาษ ได้แก่ ปริมาณลิกนิน สมบัติเชิงกล ความสามารถในการซึมน้ำและน้ำมัน และสัณฐานวิทยาของกระดาษ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของสารละลายเบสร้อยละ 6 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมงและวิธีการลดขนาดกาบกล้วยแบบปั่นละเอียดเป็นสภาวะที่ให้กระดาษที่มีค่าความแข็งแรงดึงดีกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งกระดาษที่เตรียมจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนกระดาษที่เตรียมจากการผสมกระดาษเก่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนักให้ค่าความแข็งแรงดึงสูง ในทางตรงกันข้ามการผสมกระดาษเก่าร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก ให้ค่าการดึงยืด ณ จุดขาดสูง โดยกระดาษจากกล้วย 100% มีความแข็งแรงดึงใกล้เคียงกับกระดาษคราฟท์มาตรฐานชนิด KA 230 ส่วนกระดาษผสมที่มีการผสมกระดาษเก่าร้อยละ30โดยน้ำหนักมีความแข็งแรงดึงใกล้เคียงกับกระดาษคราฟท์มาตรฐานชนิด KA 185

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรือนแก้ว ประพฤติ (2541) [9]ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพการฟอกเยื่อกระดาษโดยเชื้อรา 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อรา Phanerocheate chrysosporium และเชื้อรา Ganoderma lucidum โดยได้ทำการศึกษาถึงภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ สูตรอาหาร ภาวะความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิที่เหมาะสมและระยะเวลาในการฟอกเยื่อ ที่ให้ผลตอบสนองต่อการสร้างเอนไซม์ลิกนิน เปอร์ออกซิเดส ค่าความขาวสว่างและค่าคัปปานัมเบอร์ของเยื่อ คลอดจนศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมของการฟอกเยื่อ และการหาอัตราส่วนของการใช้เอนไซม์ต่อเยื่อที่เหมาะสม แนวทางการนำเอาเทคโนโลยีการฟอกเยื่อด้วยวิธีการทางชีวภาพเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการฟอกเยื่อด้วยวิธีการทางเคมี นับว่าเป็นประโยชน์อย่างมากเพราะสามารถลดต้นทุนการผลิตและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ชลีพร ศิริฤกษ์ (2543) [1]ได้ทำการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างหยวกกล้วยน้ำว้าและแป้งมันสำปะหลังในการนำมาใช้ทำภาชนะบรรจุอาหารแห้ง โดยจากผลการทดสอบสมบัติต่างๆ ได้แก่ ความต้านแรงดึงขาด ความหนา ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ หยวกกล้วยน้ำว้าร้อยละ 60 และแป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 40 เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วจึงนำไปเคลือบด้วยแป้งมันสำปะหลังและเคลือบด้วยพาราฟิน จากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันมาก ส่วนผลการวิเคราะห์ทางด้านความปลอดภัยของผู้บริโภคไม่พบโลหะหนักในภาชนะทั้งสองชนิด ส่วนจุลินทรีย์ที่พบน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และเหมาะสมที่จะนำภาชนะทั้งสองชนิดนี้มาใช้ใส่อาหารแห้ง จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ภาชนะที่เคลือบด้วยแป้งมันสำปะหลัง ได้รับการยอมรับมากกว่าภาชนะที่เคลือบด้วยพาราฟิน

ยุทธการ อาจารีย์ และคณะ (2544) [7]ได้ทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องตีเส้นใยพืช และเปรียบเทียบคุณสมบัติใยพืชของต้นกล้วย ต้นกก และต้นอ้อ เพื่อใช้ทดแทนกระดาษ นอกจากนี้ได้ทำการทดลองและค้นคว้าเกี่ยวกับวัชพืชอื่นๆ จนประสบความสำเร็จมากกว่า 60 ชนิด ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า โดยธรรมชาติแล้วพืชทุกชนิดมีเส้นใยที่เรียกว่า เซลลูโลส (cellulose) และลิกนิน (lignin) เป็นเนื้อเมือก ลื่น ซึ่งกระบวนการในการทำกระดาษแต่เดิมนั้นหลังจากการตีให้เป็นเยื่อกระดาษแล้ว มักปล่อยน้ำในเครื่องตีนั้นทิ้งไป แล้วกรองไว้แต่เนื้อเยื่อเท่านั้น นั่นคือการทิ้งลิกนินไป ซึ่งลิกนินนี้มีประโยชน์ในการประสานเส้นใยให้เป็นเนื้อแน่น ถ้ามีน้อยเกินไปอาจใช้แป้งมันผสมน้ำร้อนให้พอเป็นเมือก เพื่อทดแทนลิกนินก็สามารถทำได้ ดังนั้นจึงควรกรองเอาลิกนินไว้ใช้งานให้ได้มากที่สุด ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ทิ้งน้ำหากไม่จำเป็น จึงสามารถเก็บรักษาลิกนินได้

สราวุธ พัชรชมพู (2545) [12]ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยจากต้นกล้วยน้ำว้ามาผลิตเยื่อกระดาษ โดยทำการศึกษาในแต่ละส่วนของต้นกล้วยน้ำว้าที่ทำการแยกออกเป็น 3 กลุ่ม คือ แกนกลาง กาบใน และกาบนอก ทั้งแบบสดและแบบแห้ง จากนั้นนำมาแปรสภาพเป็นเยื่อด้วยกระบวนการผลิตแบบเปียกระบบเปิด โดยกำหนดปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็น 3 อัตราส่วน คือ ร้อยละ 10 12 และ 14 ของน้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง จากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นกระดาษ แล้วนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ พบว่า ส่วนที่เป็นกาบนอกแห้งมีศักยภาพเหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษ เนื่องจากเส้นใยมีโครงสร้างสมบูรณ์ ส่วนที่เป็นแกนกลางทั้งสดและแห้งไม่สามารถขึ้นแผ่นกระดาษได้ ส่วนด้านกระบวนการผลิตเยื่อต้นกล้วยน้ำว้า พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ การใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 10 ของน้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง และจากการนำมาผลิตเป็นหัตถกรรมในครัวเรือน พบว่า สามารถนำมาทำเป็นแผ่นมีลวดลาย และย้อมสีได้ มีความเหมาะสมในงานประดิษฐ์ งานหัตถศิลป์ และงานผลิตภัณฑ์หีบห่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมี

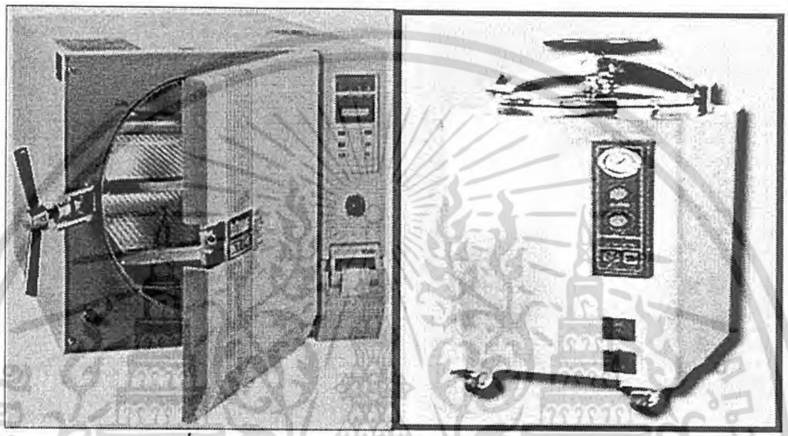
1. กาบกล้วยน้ำว้า
2. กาบกล้วยเล็บมือนาง
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 2 4 6 และ 8 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร
4. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยปริมาตร
5. เยื่อกระดาษกล่องเก่า
6. สารส้ม

อุปกรณ์

1. ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 ml จำนวน 2 ขวด
2. บีกเกอร์ขนาด 100 150 250 และ1000 ml อย่างละ 3 ใบ
3. ปิเปตขนาด 5 และ10 ml อย่างละ 1 อัน
4. กะละมังพลาสติก จำนวน 1 ใบ
5. ตะกร้าพลาสติก จำนวน 1 ใบ
6. แม่แบบขึ้นรูปกระดาษ จำนวน 3 อัน
7. กระป๋องพลาสติกพอลิพรอพิลีน (PP) พร้อมฝาปิด ขนาด 1000 ml
8. แท่งแก้วคน
9. ลูกยางแดง
10. หลอดหยด
11. กรวยกรอง
12. ผ้าขาวบาง
13. ถุงมือยาง
14. มีด
15. เขียง
16. นาฬิกาจับเวลา
17. ขวดน้ำกลั่น
18. ช้อนตักสาร
19. เครื่องปั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

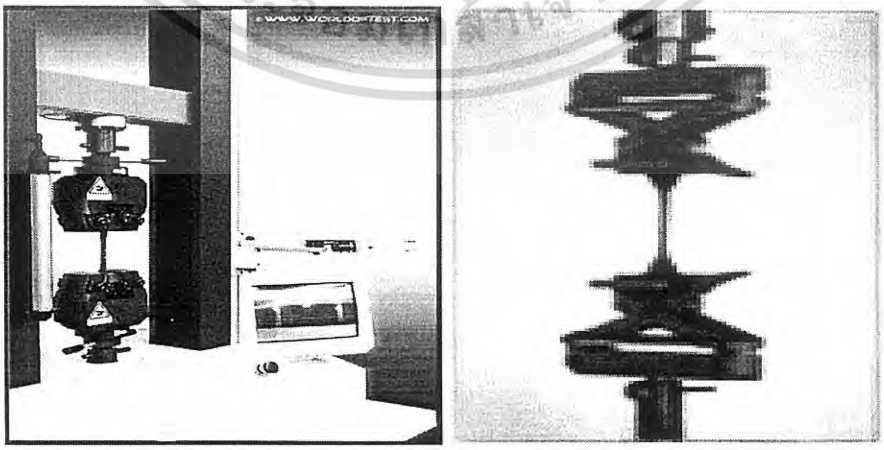
20. ผ้าขนหนู
21. กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์
22. กระจกนาฬิกา
23. เดซิเคเตอร์
24. ถาด
25. ตัวหนีบขนาดใหญ่
26. หม้อนึ่งอัดไอ (autoclave)



รูปที่ 3.1 แสดงหม้อนึ่งอัดไอ (autoclave)[25]

3.2 เครื่องทดสอบ

1. เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (universal testing machine) รุ่น LS 5K บริษัท Lloyd Instruments



รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล[23]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (scanning electron microscopes, SEM) รุ่น LEO 1450 VP บริษัท LEO จำกัด

3. ไมโครมิเตอร์ (micrometer)

3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.4.1 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสม

3.4.1.1 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการย่อยเยื่อ

โดยทำการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 4 6 และ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

3.4.1.2 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการต้มย่อยเยื่อ

โดยทำการศึกษาเวลาที่ใช้ในการต้มย่อยเยื่อของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) ที่เวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง

เลือกสภาวะในข้อ 3.4.1.1 และ 3.4.1.2 ที่ให้แผ่นกระดาษมีสมบัติดีโดยใช้ความแข็งแรงดึงเป็นเกณฑ์

3.4.2 ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกล้วยเล็บมือนาง

โดยทำการขึ้นรูปแผ่นกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกาบกล้วยเล็บมือนาง ตามขั้นตอนในข้อ 3.4.5 โดยใช้สภาวะที่เลือกในข้อ 3.4.1.1 และ 3.4.1.2

3.4.3 ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของกระดาษที่เตรียมได้กับกระดาษคราฟท์มาตรฐานในอุตสาหกรรม

เตรียมกระดาษจากเยื่อกล้วย100% และเยื่อผสมระหว่างกาบกล้วยกับเยื่อกระดาษกล่องเก่าที่อัตราส่วนดังนี้ เยื่อกาบกล้วย : เยื่อกระดาษกล่องเก่า เท่ากับ 70 : 30 และ 30 : 70 จากนั้นนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นกระ ดาษ ตามขั้นตอนใน ข้อ 3.4.6

3.4.4 ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำกับกระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำ

เตรียมกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำตามขั้นตอนในข้อ 3.4.5 และ 3.4.6 โดยทำการเติมสารส้มซึ่งเป็นสารต้านการซึมน้ำลงไปในเยื่อกระดาษ จะได้แผ่นกระดาษจากกาบกล้วย 100 % และแผ่นกระดาษผสมที่เติมสารต้านการซึมน้ำ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นกระดาษจากกาบกล้วย (กระดาษกล้วย 100 %)

3.4.5.1 คัดเลือกต้นกล้วยที่ตัดเครือแล้ว

3.4.5.2 ทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด

3.4.5.3 หั่นกาบกล้วยโดยทำการสับให้มีขนาดเล็ก

3.4.5.4 นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 ° C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.4.5.5 นำกาบกล้วยแห้งที่ได้ไปปั่นละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นละเอียด

3.4.5.6 นำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ต้องการศึกษา เช่น ร้อยละ 2 4 6 และ 8 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร เป็นเวลา 14 ชั่วโมง

3.4.5.7 นำไปต้มในหม้อนึ่งอัดไอ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 ° C เป็นเวลา ต่างๆ ที่ต้องการศึกษา เช่น 1 2 และ 3 ชั่วโมง

3.4.5.8 นำเยื่อที่ได้ไปล้างด้วยน้ำเปล่าจนกระทั่งน้ำล้างเยื่อมีค่า pH ประมาณ 7

3.4.5.9 นำเยื่อไปฟอกขาวโดยแช่ในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยปริมาตร เป็นเวลา 14 ชั่วโมง

3.4.5.10 นำเยื่อที่ได้ไปล้างด้วยน้ำเปล่าอีกครั้งจนกระทั่งน้ำล้างเยื่อมีค่า pH ประมาณ 7

3.4.5.11 นำเยื่อกระดาษที่ได้ไปขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบตะแกรง

3.4.5.12 นำไปตากแดดจนแห้ง จะได้แผ่นกระดาษจากกาบกล้วย

3.4.6 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นกระดาษผสม

นำกระดาษกล่องเก่าแช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน แล้วนำไปปั่นจนละเอียดจะได้เยื่อกระดาษกล่องเก่า นำเยื่อจากกาบกล้วยผสมกับเยื่อกระดาษกล่องเก่าตามอัตราส่วนที่กำหนด และปั่นให้เข้ากัน จากนั้นนำเยื่อกระดาษที่ได้ไปขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบตะแกรง และนำไปตากแดดจนแห้งจะได้แผ่นกระดาษผสม

3.4.7 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นกระดาษเก่า 100 %

การเตรียมกระดาษเก่า 100 % ทำเช่นเดียวกับวิธีในขั้นตอน 3.4.6 แต่ไม่มีการใส่เยื่อจากกาบกล้วยลงไป

3.4.8 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำ

3.4.8.1 นำเยื่อที่เตรียมได้จากข้อ 3.4.5.10 มาแช่ในสารละลายสารส้มเข้มข้น 5 %w/v เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.4.8.2 นำเยื่อกระดาษที่ได้ไปขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบตะแกรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.8.3 นำไปตากแดดจนแห้ง จะได้แผ่นกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำ

3.4.9 การทดสอบสมบัติ

3.4.9.1 สมบัติเชิงกล [13]

สมบัติที่ศึกษาได้แก่ ความแข็งแรงดึง (tensile strength) และ เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด (% elongation at break) โดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกลและโปรแกรม WINDAP ในการคำนวณตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบกระดาษและกระดาษแข็ง เล่ม 3 วิธีหาสมบัติที่เกี่ยวข้องกับแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบที่มีอัตราการเพิ่มแรงดึงคงที่ (มอก. 1353 เล่ม 3-2540) โดยใช้ชิ้นงานตัวอย่างจำนวน 10 ชิ้น และสภาวะที่ใช้ในการทดสอบคือ

Load speed	5 kN
Cell class	0.5
Gauge length	18 mm.
Grammage	1.0 g/m^2

Test speed ขึ้นกับแรงดึงที่ทำให้ชิ้นงานทดสอบขาดในช่วงเวลา 20 ± 5 วินาที

3.4.9.2 สมบัติการซึมน้ำและน้ำมัน

ทดสอบตามมอก. 214-2520 ข้อ 8.4 ใช้ชิ้นงานตัวอย่างจำนวน 5 ชิ้น โดยเลือกชิ้นงานที่มีความหนาใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าต่างกันไม่เกิน 0.1 mm ค่าที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของความหนากระดาษ (mm) เวลาที่ใช้ในการซึมผ่าน (min) และพื้นที่ที่ใช้ในการซึมผ่าน (cm^2)

วิธีทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

1. วัดความหนาของกระดาษที่ต้องการทดสอบในหน่วย mm
2. ใช้หลอดหยด หยดน้ำหรือน้ำมัน 1 หยดลงบนกระดาษที่ต้องการทดสอบ
3. จับเวลาตั้งแต่เริ่มหยดจนกระทั่งซึมผ่านหมดในหน่วยนาที แล้วบันทึกผล
4. วัดความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมที่ได้จากการซึมผ่านในหน่วย cm
5. คำนวณหาพื้นที่ในการซึมน้ำหรือน้ำมัน

3.4.9.3 สัณฐานวิทยา

เพื่อศึกษาลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใย ความมีรูพรุนของแผ่นกระดาษ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (scanning electron microscope, SEM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.10 ศึกษาวิธีการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์

ศึกษาวิธีการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์โดยวิธีเปเปอร์มาเช่

ขั้นตอนการทำ เปเปอร์มาเช่

1. เคลือบแม่แบบที่ต้องการด้วย petroleum jelly ให้ทั่ว
2. ฉีกกระดาษที่เตรียมไว้เป็นชิ้นหรือแถบเล็กๆขนาดประมาณ 1x2 นิ้ว
3. นำกระดาษมาทาแป้งเปียกและปิดทับบนแม่แบบนั้น
4. ปะกระดาษให้เหลื่อมกันจนครบทั้งชั้น หลังจากนั้นก็เริ่มปะเช่นเดียวกันในชั้นถัดไป
5. ตากแดดหรือผึ่งลม เพื่อให้ เปเปอร์มาเช่ แห้งสนิท
6. แกะออกจากแม่แบบ
7. ใช้กรรไกรตัดขอบที่ไม่ต้องการออก
8. ทาสี เปเปอร์มาเช่ ด้วยสีรองพื้นสีขาว
9. ทิ้งไว้ให้แห้ง
10. ลงสีบน เปเปอร์มาเช่ ตามต้องการ
11. ทิ้งไว้ให้แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและ อภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการต้มย่อยเยื่อจากกาบกล้วยน้ำว้า

หั่นกาบกล้วยสดให้เป็นชิ้นขนาดประมาณ 1 cm นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60°C จนแห้ง แล้วนำมาปั่นให้ละเอียด ใส่ในขวดพลาสติกพอลิพรอพิลีนจำนวน 250 g แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นที่ต้องการศึกษา คือ ร้อยละ 2 4 6 และ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 14 ชั่วโมง แล้วนำไปต้มย่อยเยื่อด้วยเครื่องออร์โตเคลฟ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำเยื่อที่ได้มาล้างจนมีสภาพเป็นกลาง แล้วฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นเวลา 14 ชั่วโมง นำเยื่อที่ได้มาล้างจนมีสภาพเป็นกลาง จากนั้นนำเยื่อที่ได้มาขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษ แล้วทดสอบสมบัติเชิงกล การซึมน้ำและน้ำมัน สัณฐานวิทยา แสดงผลดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.4 และตารางที่ 4.1 ถึง 4.3

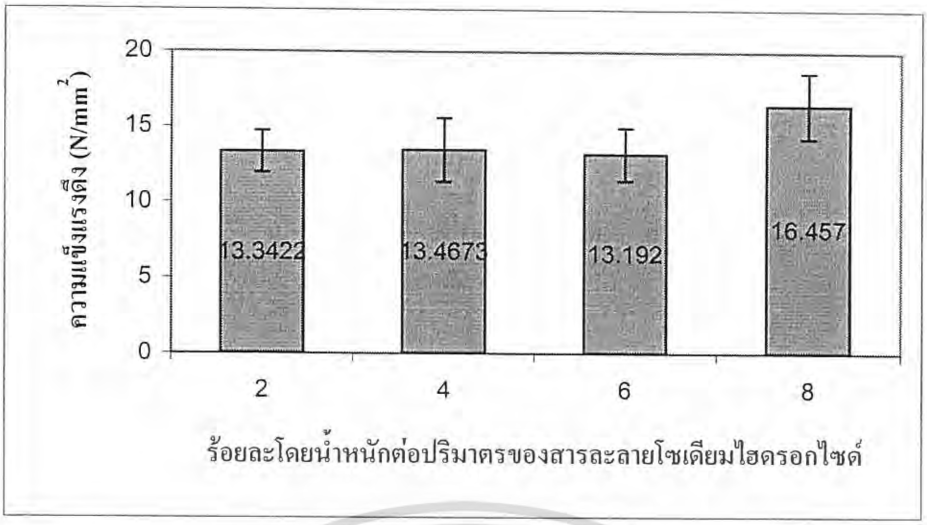
1. <u>สมบัติเชิงกล</u>

- ความแข็งแรงดึง (tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%elongation at break)

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน

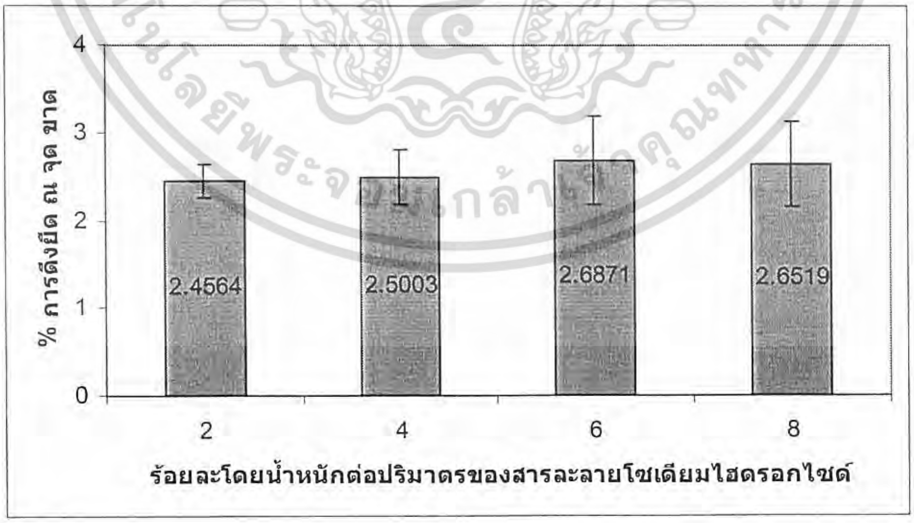
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์	ความแข็งแรงดึง (N/mm^2)	%เปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด
2 %w/v	13.342±1.3961	2.456±0.1910
4 %w/v	13.952±2.1350	2.523±0.3192
6 %w/v	13.192±1.7780	2.686±0.5031
8 %w/v	16.457±2.1811	2.651±0.4836

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.1 แสดงผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการย่อยเยื่อที่มีต่อความแข็งแรงดึง พบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มากขึ้นกระดาษจะมีสมบัติความแข็งแรงดึงมากขึ้นด้วย เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นมากจะไปทำให้มัดของเส้นใยที่อยู่รวมกันแตกออกมา จึงมีหมู่ไฮดรอกซิลเกิดขึ้นมาก ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่ของเซลลูโลสมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดความแข็งแรงระหว่างเส้นใยมากขึ้นด้วย นอกจากนี้การที่เส้นใยที่อยู่รวมกันแตกออกมายังทำให้เกิดการเกี่ยวพันกันระหว่างสายโซ่ของเซลลูโลสมากขึ้น ทำให้มีสมบัติความแข็งแรงดึงดีที่สุด



รูปที่ 4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่4.2พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดมีค่าใกล้เคียงกันและค่อนข้างต่ำ เนื่องจากโดยทั่วไปโครงสร้างของสายโซ่โมเลกุลเซลลูโลสเป็นแบบเชิงเส้น มีการจัดเรียงสายโซ่อย่างเป็นระเบียบ มีแรงดึงดูดระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลที่เรียงชิดกันได้ดี ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความสามารถในการยืดตัวต่ำ

2. การซึมน้ำและน้ำมัน

ตารางที่ 4.2 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน (เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง)

ความเข้มข้นของ NaOH	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
2%w/v	0.349±0.0092	00:06:87±0.03	2.29±0.57
4%w/v	0.399±0.0099	00:05:08±0.01	1.92±0.41
6%w/v	0.437±0.0115	00:06:17±0.04	2.07±0.37
8%w/v	0.398±0.0093	00:11:48±0.01	2.89±0.48

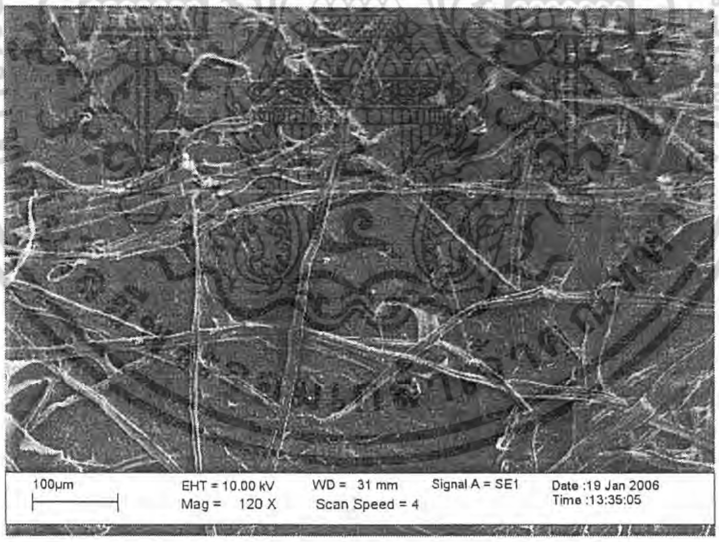
ตารางที่ 4.3 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน (เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง)

ความเข้มข้นของ NaOH	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
2%w/v	0.349±0.0183	04:28:06±0.97	3.58±0.96
4%w/v	0.393±0.0079	10:54:12±1.12	3.23±0.76
6%w/v	0.344±0.0064	14:49:56±1.08	3.41±0.54
8%w/v	0.394	มากกว่า 44:30:23	มากกว่า 4.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

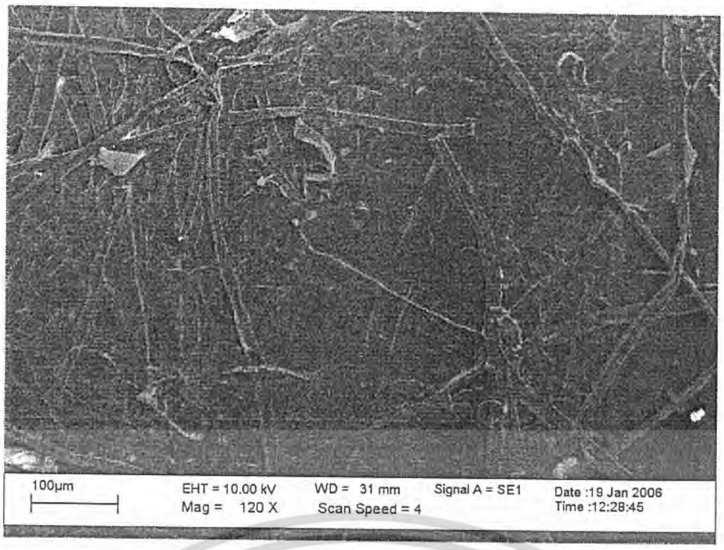
จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 และสัณฐานวิทยาของกระดาษดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 พบว่า เมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เส้นใยที่ได้หลังจากการย่อยเยื่อยังคงมีลักษณะเป็นมัดของเส้นใยอยู่ เส้นใยถูกแยกออกจากกันน้อย ทำให้เมื่อนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษจึงเกิดช่องว่างหรือรูระหว่างเส้นใยดังรูป ในขณะที่ถ้าใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เส้นใยที่ได้หลังจากการย่อยเยื่อส่วนใหญ่จะมีลักษณะค่อนข้างแตกออกจากกันเป็นฝอยของเส้นใยเดี่ยวๆ ทำให้เมื่อนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษจะเกิดการประสานตัวกันของเส้นใยได้ดีกว่า เกิดช่องว่างหรือรูน้อยกว่า จึงได้กระดาษที่มีลักษณะเนื้อแน่นมากกว่า มีผลทำให้การซึมน้ำและน้ำมันใช้เวลานานกว่า และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างเวลาในการซึมน้ำและน้ำมันจะพบว่า น้ำใช้เวลาในการซึมผ่านกระดาษน้อยกว่าน้ำมัน ทั้งนี้เป็นเพราะ โครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลซึ่งมีขั้วเช่นเดียวกับโมเลกุลของน้ำ ทำให้เกิดแรงดึงดูดกันขึ้น ดังนั้นน้ำจึงซึมผ่านได้เร็ว ไม่เกิดการขยายหรือแพร่ไปด้านข้างเหมือนโมเลกุลของน้ำมัน ดังนั้นเมื่อน้ำซึมผ่านจะให้พื้นที่ในการซึมน้ำน้อยกว่าในกรณีของน้ำมัน ส่วนน้ำมันนั้นเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งไม่มีขั้วจึงทำให้การซึมผ่านของน้ำมันจะขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของกระดาษว่ามีความหนาแน่นหรือมีช่องว่างมากน้อยเพียงใด

3. <u>สัณฐานวิทยา</u>



รูปที่ 4.3 สัณฐานวิทยาของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่กำลังขยาย 120 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 สัณฐานวิทยาของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่กำลังขยาย 120 เท่า

4.2 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการต้มย่อยเยื่อ

จากผลการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในข้อ 4.1 พบว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีความเหมาะสมที่สุดในการผลิตกระดาษ ดังนั้นจึงนำไปสู่การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการต้มย่อยเยื่อ โดยศึกษาที่เวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง ผลแสดงดังรูปที่ 4.5 ถึง 4.8 และตารางที่ 4.4 ถึง 4.6

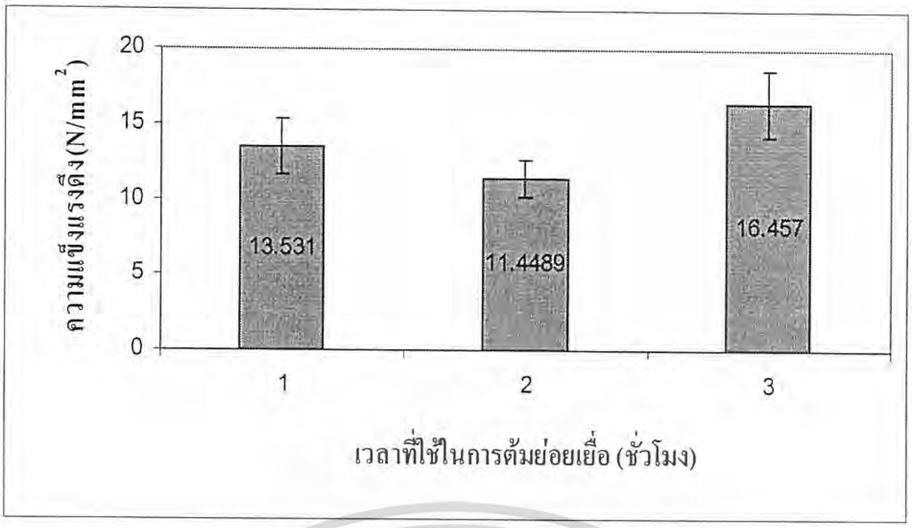
1. <u>สมบัติเชิงกล</u>

- ความแข็งแรงดึง (tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%elongation at break)

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆ กัน

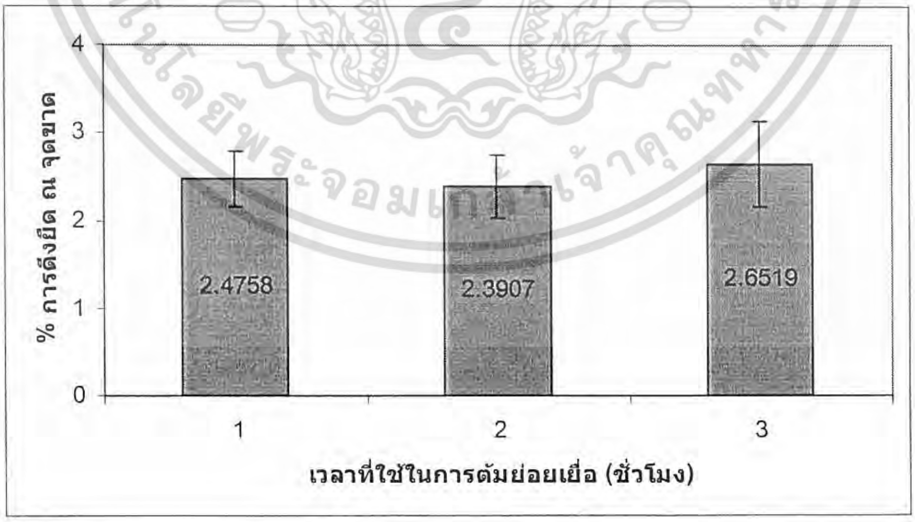
เวลา	ความแข็งแรงดึง (N/mm^2)	% การดึงยืด ณ จุดขาด
1 ชั่วโมง	13.531±1.8493	2.475±0.3151
2 ชั่วโมง	11.448±1.2248	2.390±0.3612
3 ชั่วโมง	16.457±2.1811	2.651±0.4836

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นถึงเวลาในการต้มย่อยเยื่อที่มีผลต่อความแข็งแรงดึงของกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยน้ำว้า พบว่าเมื่อใช้เวลาในการต้มย่อยเยื่อที่นานกว่าจะทำให้มีสมบัติด้านความแข็งแรงดึงที่ดีกว่า ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากเวลาที่นานขึ้นทำให้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีโอกาสแทรกเข้าไปย่อยเยื่อได้นานขึ้น ทำให้จากเดิมที่เส้นใยจับตัวกันเป็นมัดถูกย่อยให้แตกออกเป็นเส้นใยเดี่ยวๆมากขึ้น ไม่ค่อยมีกลุ่มของเส้นใย ทำให้เกิดการเกี่ยวพันกันของเส้นใยดีกว่า ส่งผลให้กระดาษนั้นมีความแข็งแรงดึงเพิ่มขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่า เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่ของเซลลูโลสมากขึ้นและเกิดความแข็งแรงมากขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 4.6 แสดงเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 พบว่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดมีแนวโน้มไม่แตกต่างกันมากนักและมีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากโดยทั่วไปโครงสร้างของโซ่โมเลกุลเซลลูโลสเป็นแบบเชิงเส้น มีการจัดเรียงสายโซ่อย่างเป็นระเบียบ มีแรงดึงดูดระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลที่เรียงชิดกันได้ดี ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความสามารถในการยืดตัวต่ำ

2. <u>การซึมน้ำและน้ำมัน</u>

ตารางที่ 4.5 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆกัน

เวลาในการต้มย่อยเยื่อ	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
1 ชั่วโมง	0.360±0.0096	00:29:07±0.16	1.46±0.31
2 ชั่วโมง	0.383±0.0096	00:09:37±0.05	1.40±0.18
3 ชั่วโมง	0.404±0.0088	00:11:48±0.01	2.89±0.48

ตารางที่ 4.6 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆกัน

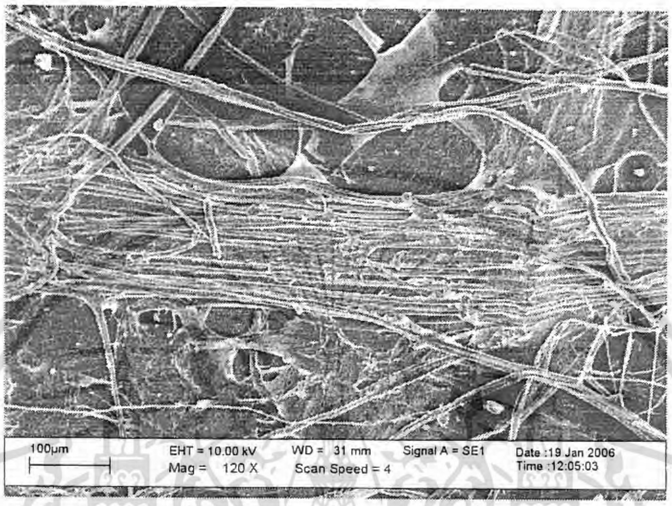
เวลาในการต้มย่อยเยื่อ	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
1 ชั่วโมง	0.397±0.0132	08:29:36±1.47	4.46±0.67
2 ชั่วโมง	0.416±0.0091	07:02:52±1.73	4.83±1.51
3 ชั่วโมง	0.394	มากกว่า 44:30:23	มากกว่า 4.83

จากตารางที่ 4.5 และ 4.6 และสัณฐานวิทยาของกระดาษดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 พบว่า เมื่อใช้เวลาในการต้มย่อยเยื่อที่ต่างกันจะให้ลักษณะสัณฐานวิทยาของกระดาษต่างกัน โดยถ้าใช้เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 1 ชั่วโมง เส้นใยที่ได้หลังจากการย่อยเยื่อยังคงมีลักษณะเป็นมัดของเส้นใยอยู่ เยื่อแตกออกจากกันน้อย ทำให้เกิดช่องว่างหรือรูระหว่างเส้นใยอยู่มากดังรูป ในขณะที่ถ้าใช้เวลาในการต้มย่อยเยื่อนานขึ้น เส้นใยที่ได้หลังจากการย่อยเยื่อจะมีลักษณะค่อนข้างแตกออกจากกันเป็น

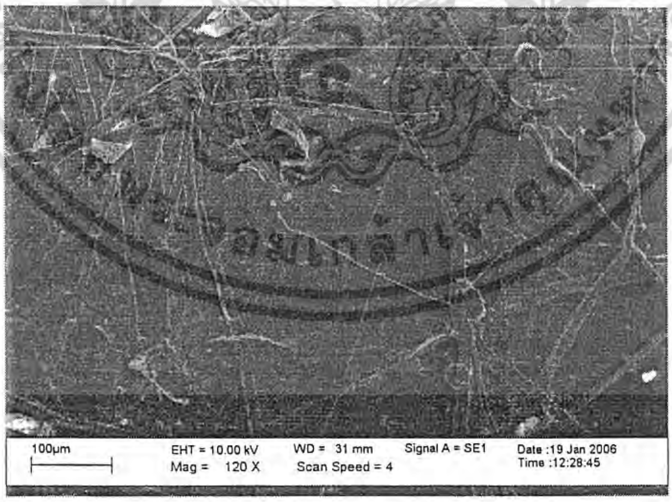
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยเดี่ยวๆ มัดของเส้นใยเหลือน้อย เป็นฝอยของเส้นใยได้ดีกว่า ทำให้เมื่อนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษจะเกิดการประสานตัวกันของเส้นใยได้ดีกว่า เกี่ยวพันกันได้ดีกว่า เกิดช่องว่างหรือรูน้อยกว่า จึงได้กระดาษที่มีลักษณะเนื้อแน่นมากกว่า มีผลทำให้การซึมน้ำและน้ำมันใช้เวลานานกว่า

3. <u>สัณฐานวิทยา</u>



รูปที่ 4.7 สัณฐานวิทยาของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 1 ชั่วโมง ที่กำลังขยาย 120 เท่า



รูปที่ 4.8 สัณฐานวิทยาของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง ที่กำลังขยาย 120 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาสมบัติของกระดาษผสม[3]

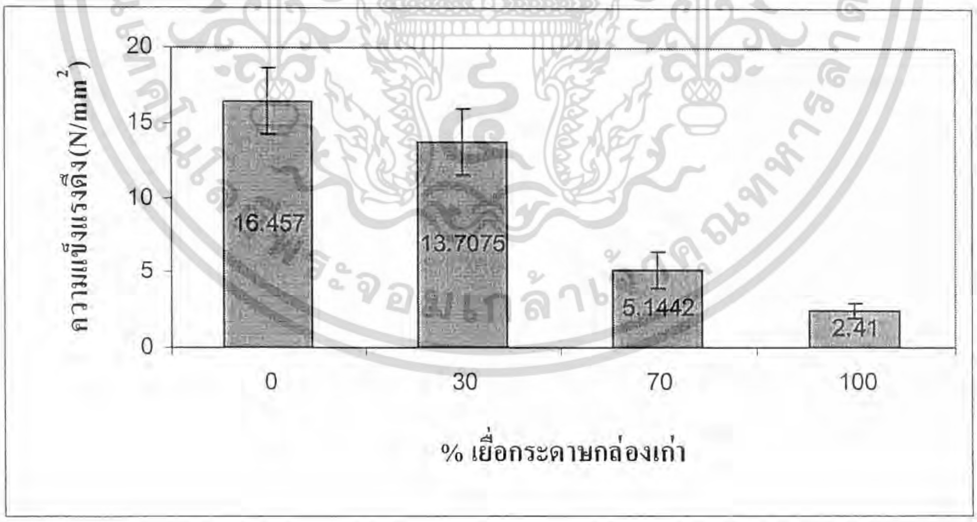
กระดาษผสมเป็นกระดาษที่ได้จากการผสมระหว่างเยื่อจากกาบกล้วยน้ำว้ากับเยื่อกระดาษกล่องเก่า โดยนำเยื่อกระดาษกล่องเก่าจากบริษัทพิมพ์ดีบรรจุภัณฑ์ จำกัด มาผสมกับเยื่อจากกาบกล้วยน้ำว้าตามอัตราส่วนดังนี้ เยื่อกระดาษกล่องเก่า : เยื่อจากกาบกล้วยน้ำว้า เท่ากับ 30:70 และ 70:30 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง ผลแสดงดังรูปที่ 4.9 ถึง 4.12 และตารางที่ 4.7 ถึง 4.9

1. สมบัติเชิงกล

- ความแข็งแรงดึง (tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%elongation at break)

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษผสม

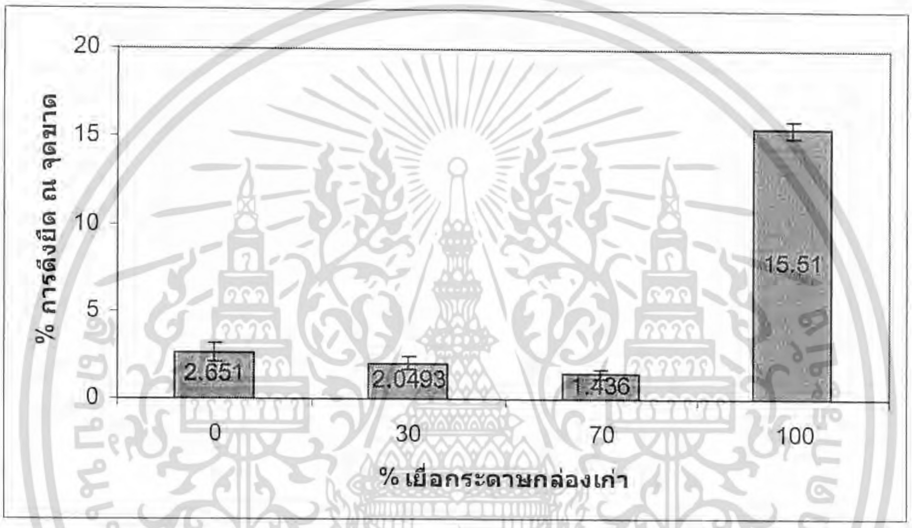
% เยื่อกระดาษกล่องเก่า	ความแข็งแรงดึง (N/mm^2)	% การดึงยืด ณ จุดขาด
0	16.457±2.1810	2.651±0.4830
30	13.707±2.2125	2.049±0.3708
70	5.144±1.2179	1.436±0.2381
100	2.410±0.50	15.51±0.50



รูปที่4.9 แสดงค่าความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษผสมในอัตราส่วนต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 พบว่ากระดาษที่เตรียมจากเยื่อกาบกล้วย 100 % มีความแข็งแรงดึงมากที่สุด และกระดาษที่มีปริมาณเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก จะให้ค่าความแข็งแรงดึงมากกว่ากระดาษที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก แสดงว่าค่าความแข็งแรงดึงของกระดาษนี้ขึ้นกับความยาวหรือลักษณะของเส้นใย เนื่องจากเส้นใยจากกาบกล้วยมีความยาวมากกว่าเส้นใยจากกระดาษกล่องเก่า เนื่องจากเส้นใยยาวมีส่วนที่สามารถจัดเรียงตัวชิดกันไปได้ จึงก่อให้เกิดแรงวันเดอร์วาล์วรวมทั้งพันธะไฮโดรเจนระหว่างเส้นใยยาวนี้ ทำให้มีความแข็งแรงดึงที่ดีนั่นเอง แต่เส้นใยจากกระดาษกล่องเก่าได้ผ่านการรีไซเคิล (recycle) และผ่านการการดึงลิกนินออกมาแล้วหลายครั้ง ทำให้มีลักษณะเป็นเส้นใยที่สั้น และมีความแข็งแรงดึงไม่ดีเท่าเส้นใยยาวที่มาจากกาบกล้วย



รูปที่ 4.10 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษผสมในอัตราส่วนต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.10 กระดาษที่เตรียมจากเยื่อกระดาษกล่องเก่า 100 % ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดสูงกว่ากระดาษที่เตรียมจากเยื่อผสม และกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วย 100 % ทั้งนี้เป็นเพราะเส้นใยสั้นในกระดาษที่เตรียมจากเยื่อกระดาษกล่องเก่า 100 % มีการจัดเรียงตัวแบบกระจัดกระจายหรือเกาะเกี่ยวกันแบบสุ่ม (random) มีส่วนที่เรียงตัวเป็นระเบียบหรือผลึกน้อย ดังนั้นเมื่อทำการออกแรงดึงจึงสามารถยืดได้มาก และบางส่วนของเส้นใยยาวอาจเกิดการเกี่ยวพันกันเป็นปมของเส้นใย หรือไปขัดขวางการส่งแรงของเส้นใยสั้น ทำให้ดึงยืดได้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. <u>การซึมน้ำและน้ำมัน</u>

ตารางที่ 4.8 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษผสม

ปริมาณเยื่อกระดาษกล่องเก่าใน 100 ส่วน	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
30	0.344±0.0223	00:33:50±0.06	3.74±0.51
70	0.483±0.0292	00:03:26±0.01	2.66±0.33

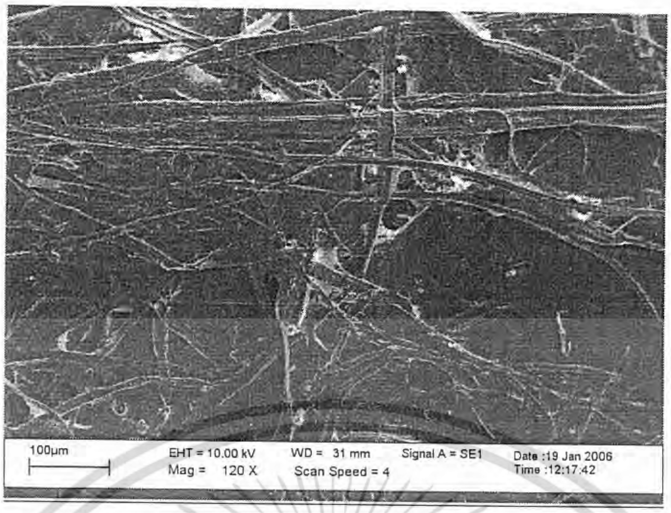
ตารางที่ 4.9 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษผสม

ปริมาณเยื่อกระดาษกล่องเก่าใน 100 ส่วน	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
30	0.346±0.0259	17:21:07±6.87	4.17±0.75
70	0.462±0.0574	01:05:47±0.31	1.81±0.31

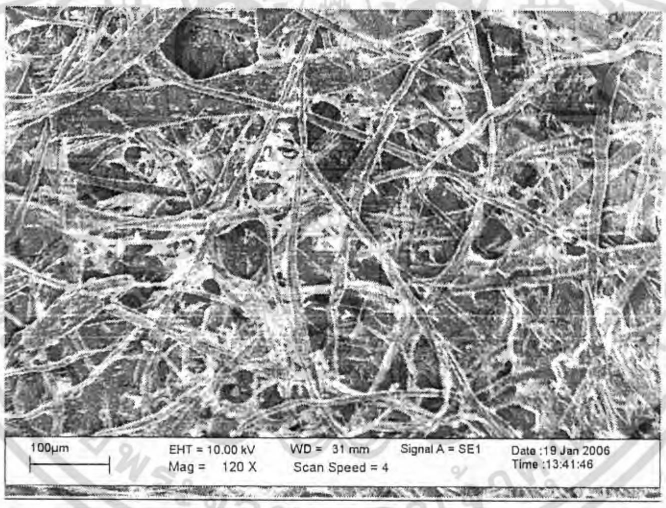
จากตารางที่ 4.8 และ 4.9 พบว่ากระดาษผสมที่มีปริมาณเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก มีความสามารถในการซึมน้ำและน้ำมันได้เร็วกว่า เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากสัณฐานวิทยาของกระดาษผสมดังรูปที่ 4.11 และ 4.12 พบว่ากระดาษผสมที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 30 มีการประสานกันของเส้นใยได้ดีกว่าและมีรูพรุนน้อยกว่ากระดาษผสมที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 70 ซึ่งมีรูพรุนอยู่มาก ทำให้น้ำและน้ำมันซึมผ่านได้เร็วกว่านั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สัณฐานวิทยา



รูปที่ 4.11 สัณฐานวิทยาของกระดาษผสมที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 30 ที่กำลังขยาย 120 เท่า



รูปที่ 4.12 สัณฐานวิทยาของกระดาษผสมที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 70 ที่กำลังขยาย 120 เท่า

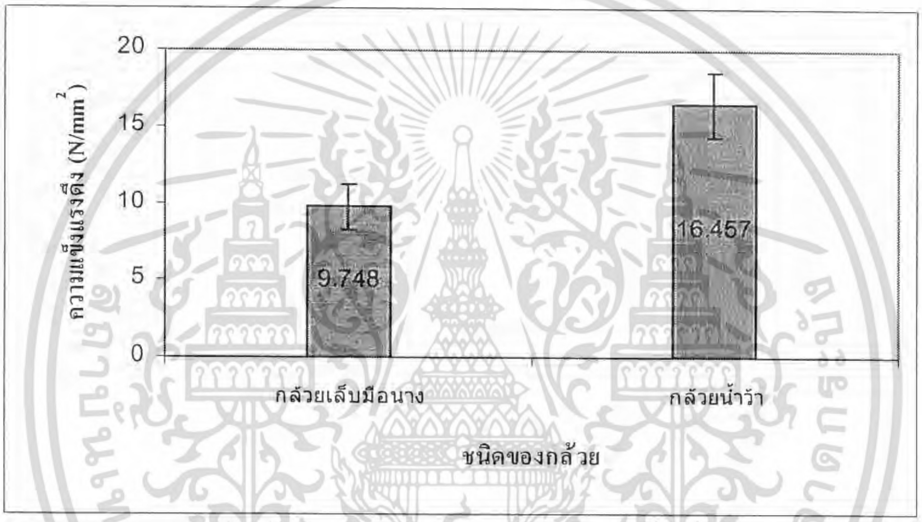
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการเปรียบเทียบระหว่างกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษจากกาบกล้วยเล็บมือนาง

เตรียมกระดาษจากกาบกล้วยเล็บมือนาง โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง เช่นเดียวกับการเตรียมกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า ผลการเปรียบเทียบสมบัติเชิงกล การซึมน้ำ น้ำมัน และสัณฐานวิทยาระหว่างกระดาษ 2 ชนิดนี้ แสดงได้ดังรูปที่ 4.13 ถึง รูปที่ 4.16 และตารางที่ 4.10 ถึง 4.11

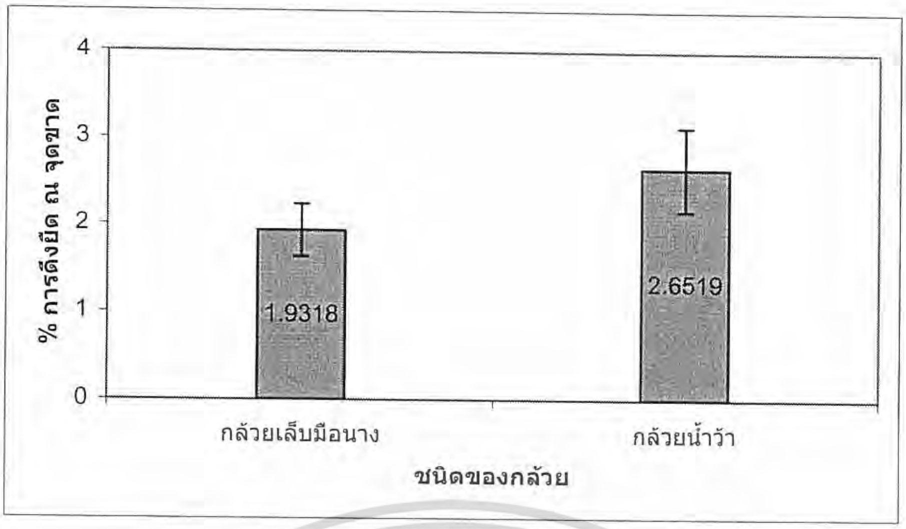
1. <u>สมบัติเชิงกล</u>

- ความแข็งแรงดึง (tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%elongation at break)



รูปที่ 4.13 แสดงค่าความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษจากกาบกล้วยเล็บมือนาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษจากกาบกล้วยเล็บมือนาง

เส้นใยของกล้วยเล็บมือนางมีปริมาณลิกนินอยู่มาก และมากกว่าเส้นใยของกล้วยน้ำว้า โดยสังเกตได้หลังจากการย่อยเยื่อ พบว่าเส้นใยของกล้วยเล็บมือนางมีสีดำหลงเหลือมากกว่า ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า เวลาในการย่อยเยื่อที่ 3 ชั่วโมง ที่เท่ากัน ไม่สามารถเอาลิกนินออกจากเส้นใยของกล้วยเล็บมือนางได้หมด และการที่มีลิกนินอยู่ในปริมาณที่มากเกินไปนี้เอง จะส่งผลให้สมบัติเชิงกลของกระดาษที่เตรียมจากกล้วยเล็บมือนางนี้ด้อยลงด้วย

2. <u>การซึมน้ำและน้ำมัน</u>

ตารางที่ 4.10 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกาบกล้วยเล็บมือนาง

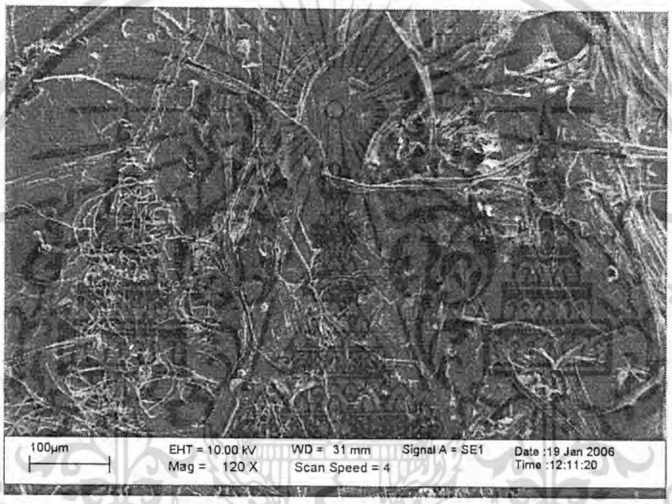
ชนิดของกล้วย	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
กล้วยเล็บมือนาง	0.402±0.0219	00:05:58±0.01	1.86±0.21
กล้วยน้ำว้า	0.398±0.0093	00:11:48±0.01	2.89±0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

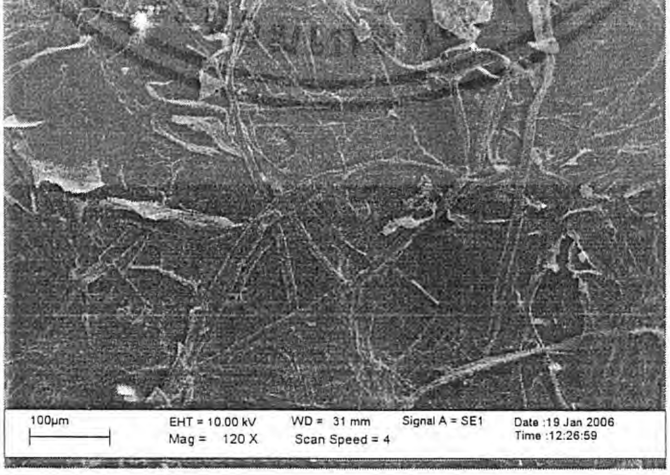
ตารางที่ 4.11 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกาบกล้วยเล็บมือนาง

ชนิดของกล้วย	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
กล้วยเล็บมือนาง	0.405±0.0284	08:33:36±0.52	3.08±0.41
กล้วยน้ำว้า	0.394	มากกว่า 44:30:23	มากกว่า 4.83

3. <u>สัณฐานวิทยา</u>



รูปที่ 4.15 สัณฐานวิทยาของกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยเล็บมือนางที่กำลังขยาย 120 เท่า



รูปที่ 4.16 สัณฐานวิทยาของกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยน้ำว้าที่กำลังขยาย 120 เท่า

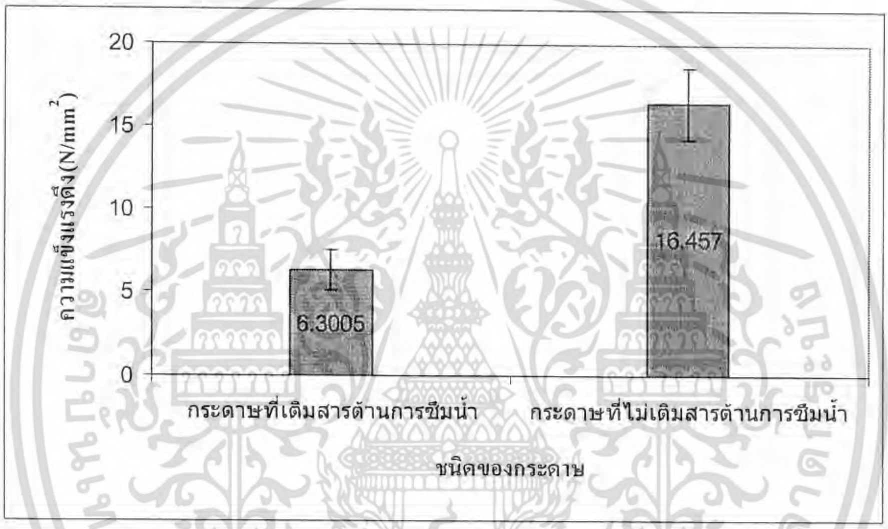
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการเปรียบเทียบระหว่างกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ

เตรียมกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำได้โดยการเติมสารส้มลงไป ในเยื่อก่อนการขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษ เป็นเวลาหนึ่งชั่วโมง เมื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษแล้วนำมาเปรียบเทียบกับกระดาษาจากกาบกล้วยน้ำว้าที่ไม่ได้ทำการเติมสารต้านการซึมน้ำ ดังแสดงผลการเปรียบเทียบในรูปที่ 4.17 ถึง 4.20 และตารางที่ 4.12 ถึง 4.13

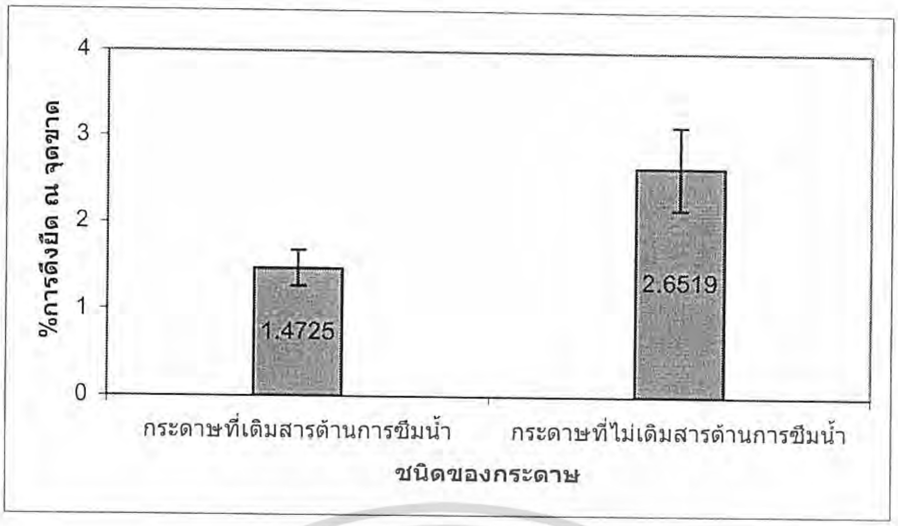
1. สมบัติเชิงกล

- ความแข็งแรงดึง (tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%elongation at break)



รูปที่ 4.17 แสดงความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แสดงเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและ ไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ

2. <u>การซึมน้ำและน้ำมัน</u>

ตารางที่ 4.12 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ

ชนิดของกระดาษ	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
กระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำ	0.563±0.0367	00:41:20±0.06	1.41±0.16
กระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำ	0.398±0.0093	00:11:48±0.01	2.89±0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ

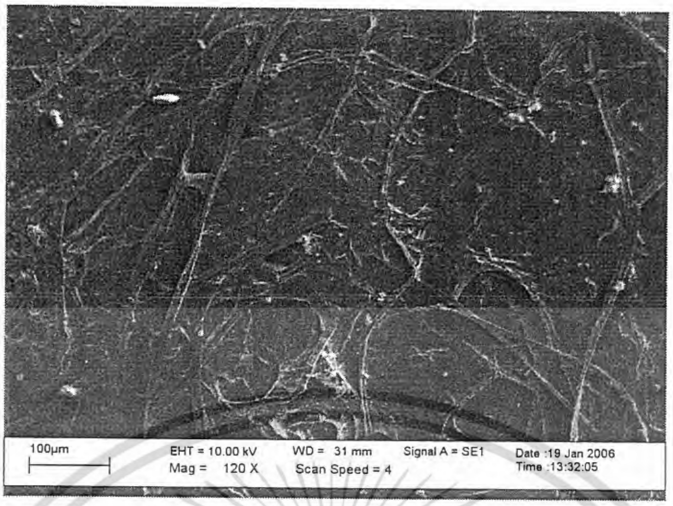
ชนิดของกระดาษ	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
กระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำ	0.546±0.0359	02:34:29±0.56	3.25±0.19
กระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำ	0.394	มากกว่า 44:30:23	มากกว่า 4.83

กระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยน้ำว้าที่ทำการเติมสารต้านการซึมน้ำแล้วนั้น เมื่อนำมาทดสอบพบว่ามีสมบัติเชิงกลแย่ลง เพราะเมื่อเติมสารต้านการซึมน้ำลงไปสารนี้จะไปขัดขวางการดึงยึดของเส้นใย ทำให้ค่าความแข็งแรงดึงและค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดต่ำลง ในขณะที่ช่วยต้านการซึมน้ำได้น้อยมาก แต่เมื่อนำไปทดสอบการต้านการซึมน้ำมันกลับให้ผลตรงกันข้าม กล่าวคือน้ำมันสามารถซึมผ่านกระดาษได้เร็วขึ้น แสดงว่าสารต้านการซึมน้ำมีความสามารถในการลดความมีขั้วของสายโซ่เซลลูโลสได้

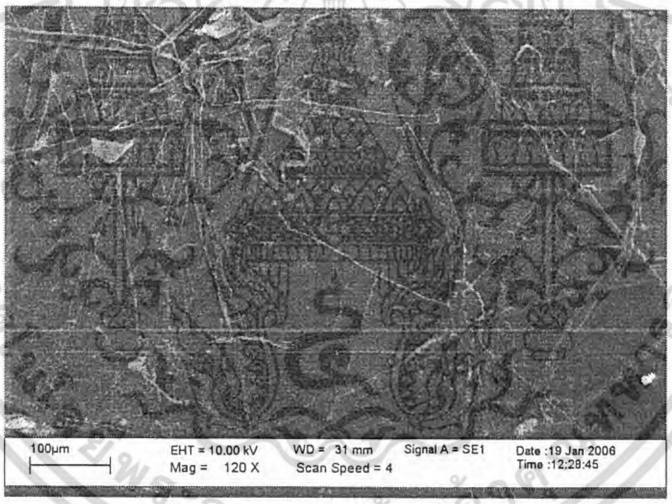
จากลักษณะการซึมของน้ำพบว่ามีลักษณะคล้ายกับการต้านไม่ให้โมเลกุลของน้ำซึมผ่านของใบบอน กล่าวคือ โมเลกุลของน้ำจะไม่ซึมผ่านกระดาษไปทันที แต่จะกลิ้งไปมาบนแผ่นกระดาษก่อนแล้วค่อยๆซึมลงไป นั่นคือสารต้านการซึมน้ำไปทำให้ค่าคอนแท็คแองเกิล (contact angle) ระหว่างโมเลกุลของน้ำกับกระดาษเพิ่มขึ้นนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สัณฐานวิทยา



รูปที่ 4.19 สัณฐานวิทยาของกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำ



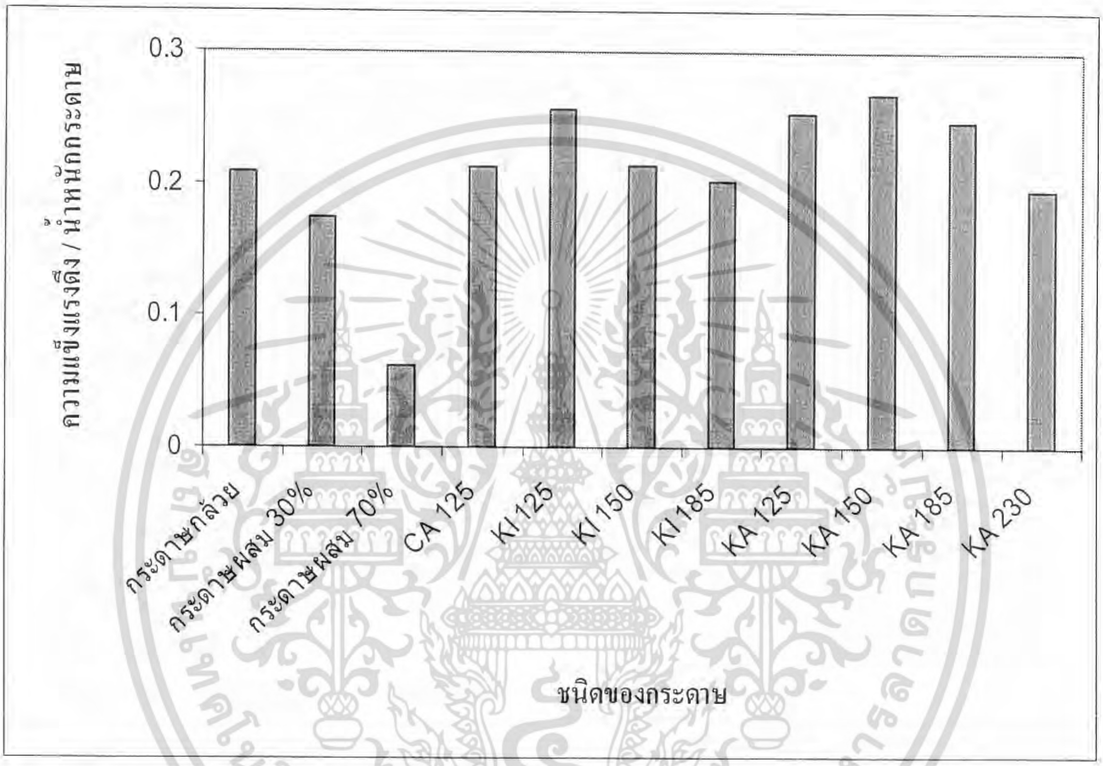
รูปที่ 4.20 สัณฐานวิทยาของกระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำ

เมื่อพิจารณาจากสัณฐานวิทยาของกระดาษดังรูปที่ 4.19 และ 4.20 พบว่าสารต้านการซึมน้ำเมื่อเติมลงไปอาจไปจับกับไอออนของโลหะในน้ำกระด้างที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นกระดาษทำให้เกิดตะกอนขึ้นซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ดแทรกอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการเปรียบเทียบระหว่างกระดาษกล้วย 100 % กระดาษผสมและกระดาษคราฟท์มาตรฐาน[3]

นำกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า 100 % นำมาเปรียบเทียบกับกระดาษผสม และกระดาษคราฟท์มาตรฐาน โดยเตรียมกระดาษด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง ผลแสดงดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างกระดาษกล้วย 100 % กระดาษผสมและกระดาษคราฟท์มาตรฐาน

จากรูปที่ 4.21 พบว่าโดยรวมแล้วกระดาษคราฟท์มาตรฐานมีค่าความแข็งแรงดึงต่อน้ำหนักกระดาษที่มากกว่ากระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า 100 % และกระดาษผสม เนื่องจากกระดาษคราฟท์มาตรฐานมีการขึ้นรูปกระดาษที่ดีกว่า ทำให้กระดาษมีความสม่ำเสมอและผ่านการปรับปรุงเนื้อกระดาษด้วยสารเคมีอื่นๆแล้ว ทำให้มีสมบัติความแข็งแรงดึงที่ดีกว่า และพบว่ากระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า 100 % เมื่อคำนวณค่าความแข็งแรงดึงต่อน้ำหนักกระดาษจะให้ค่าเท่ากับ 0.2093 ซึ่งใกล้เคียงกับกระดาษคราฟท์มาตรฐานชนิด CA 125 ส่วนกระดาษผสมที่มีกระดาษกล่องเก่าผสมอยู่ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักมีค่าเท่ากับ 0.1744 ซึ่งใกล้เคียงกับกระดาษคราฟท์มาตรฐานชนิด KA 230

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและ
อภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการต้มย่อยเยื่อจากกาบกล้วยน้ำว้า

หั่นกาบกล้วยสดให้เป็นชิ้นขนาดประมาณ 1 cm นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60°C จนแห้ง แล้วนำมาปั่นให้ละเอียด ใส่ในขวดพลาสติกพอลิพรอพิลีนจำนวน 250 g แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นที่ต้องการศึกษา คือ ร้อยละ 2 4 6 และ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 14 ชั่วโมง แล้วนำไปต้มย่อยเยื่อด้วยเครื่องออร์โตเคลฟ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำเยื่อที่ได้มาล้างจนมีสภาพเป็นกลาง แล้วฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นเวลา 14 ชั่วโมง นำเยื่อที่ได้มาล้างจนมีสภาพเป็นกลาง จากนั้นนำเยื่อที่ได้มาขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษ แล้วทดสอบสมบัติเชิงกล การซึมน้ำและน้ำมัน สัณฐานวิทยา แสดงผลดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.4 และตารางที่ 4.1 ถึง 4.3

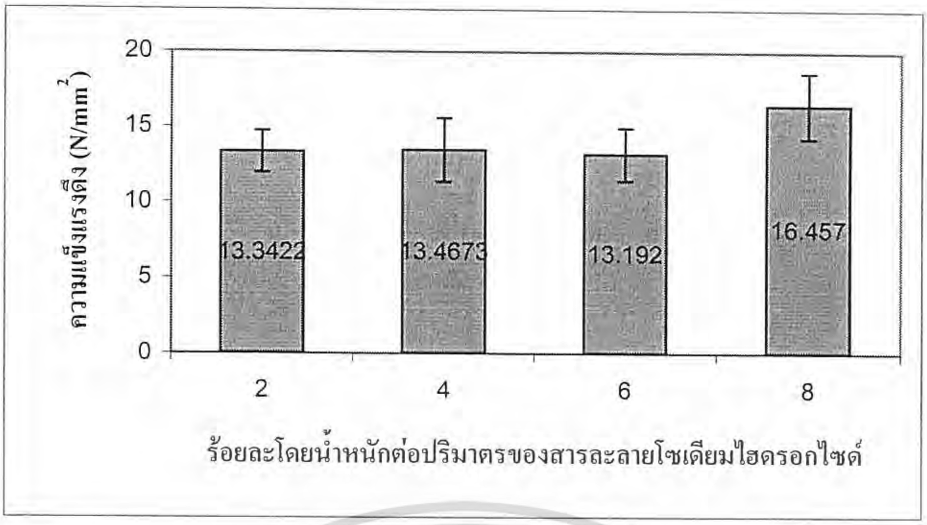
1. <u>สมบัติเชิงกล</u>

- ความแข็งแรงดึง (tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%elongation at break)

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน

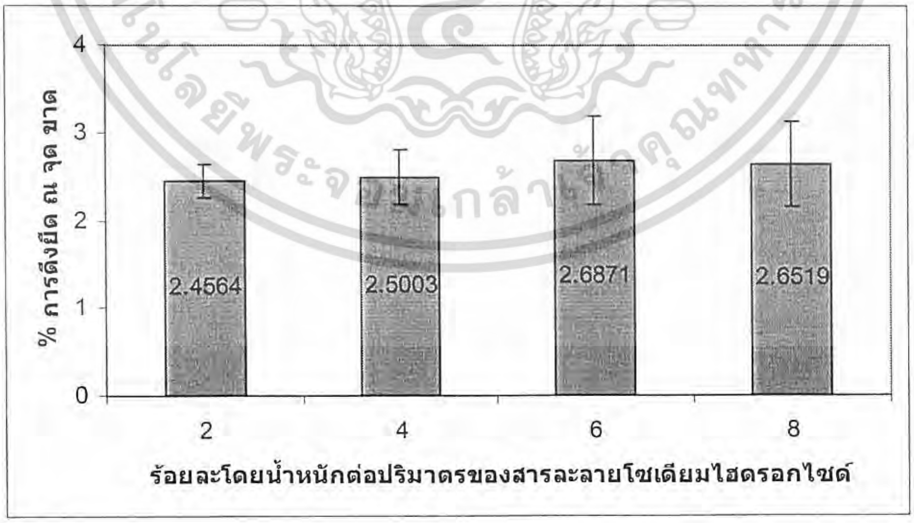
ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์	ความแข็งแรงดึง (N/mm^2)	%เปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด
2 %w/v	13.342±1.3961	2.456±0.1910
4 %w/v	13.952±2.1350	2.523±0.3192
6 %w/v	13.192±1.7780	2.686±0.5031
8 %w/v	16.457±2.1811	2.651±0.4836

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.1 แสดงผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการย่อยเยื่อที่มีต่อความแข็งแรงดึง พบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มากขึ้นกระดาษจะมีสมบัติความแข็งแรงดึงมากขึ้นด้วย เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นมากจะไปทำให้มัดของเส้นใยที่อยู่รวมกันแตกออกมา จึงมีหมู่ไฮดรอกซิลเกิดขึ้นมาก ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่ของเซลลูโลสมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดความแข็งแรงระหว่างเส้นใยมากขึ้นด้วย นอกจากนี้การที่เส้นใยที่อยู่รวมกันแตกออกมายังทำให้เกิดการเกี่ยวพันกันระหว่างสายโซ่ของเซลลูโลสมากขึ้น ทำให้มีสมบัติความแข็งแรงดึงดีที่สุด



รูปที่ 4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่4.2พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดมีค่าใกล้เคียงกันและค่อนข้างต่ำ เนื่องจากโดยทั่วไปโครงสร้างของสายโซ่โมเลกุลเซลลูโลสเป็นแบบเชิงเส้น มีการจัดเรียงสายโซ่อย่างเป็นระเบียบ มีแรงดึงดูดระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลที่เรียงชิดกันได้ดี ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความสามารถในการยืดตัวต่ำ

2. การซึมน้ำและน้ำมัน

ตารางที่ 4.2 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน (เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง)

ความเข้มข้นของ NaOH	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
2%w/v	0.349±0.0092	00:06:87±0.03	2.29±0.57
4%w/v	0.399±0.0099	00:05:08±0.01	1.92±0.41
6%w/v	0.437±0.0115	00:06:17±0.04	2.07±0.37
8%w/v	0.398±0.0093	00:11:48±0.01	2.89±0.48

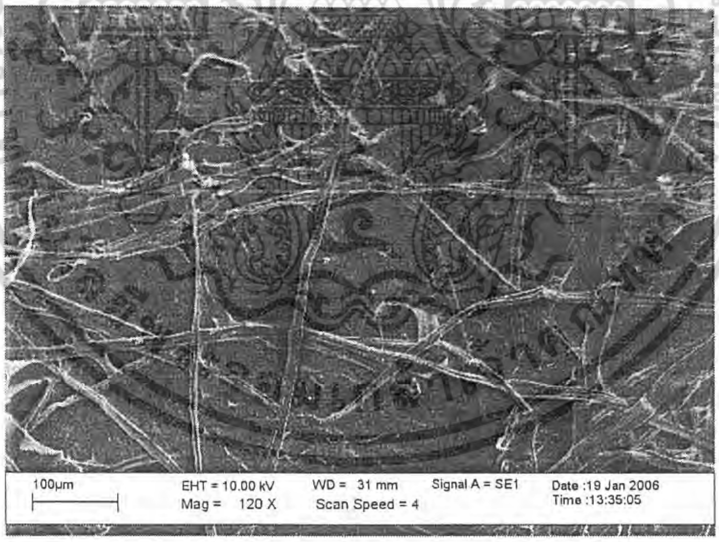
ตารางที่ 4.3 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน (เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง)

ความเข้มข้นของ NaOH	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
2%w/v	0.349±0.0183	04:28:06±0.97	3.58±0.96
4%w/v	0.393±0.0079	10:54:12±1.12	3.23±0.76
6%w/v	0.344±0.0064	14:49:56±1.08	3.41±0.54
8%w/v	0.394	มากกว่า 44:30:23	มากกว่า 4.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

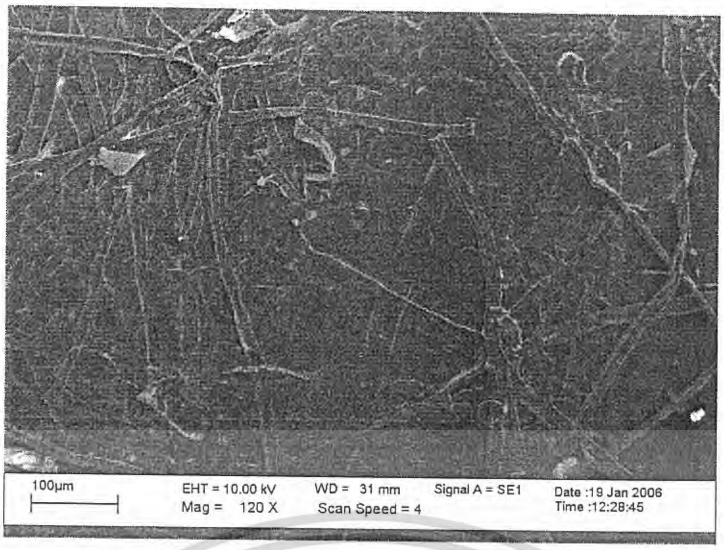
จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 และสัณฐานวิทยาของกระดาษดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 พบว่า เมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เส้นใยที่ได้หลังจากการย่อยเยื่อยังคงมีลักษณะเป็นมัดของเส้นใยอยู่ เส้นใยถูกแยกออกจากกันน้อย ทำให้เมื่อนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษจึงเกิดช่องว่างหรือรูระหว่างเส้นใยดังรูป ในขณะที่ถ้าใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เส้นใยที่ได้หลังจากการย่อยเยื่อส่วนใหญ่จะมีลักษณะค่อนข้างแตกออกจากกันเป็นฝอยของเส้นใยเดี่ยวๆ ทำให้เมื่อนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษจะเกิดการประสานตัวกันของเส้นใยได้ดีกว่า เกิดช่องว่างหรือรูน้อยกว่า จึงได้กระดาษที่มีลักษณะเนื้อแน่นมากกว่า มีผลทำให้การซึมน้ำและน้ำมันใช้เวลานานกว่า และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างเวลาในการซึมน้ำและน้ำมันจะพบว่า น้ำใช้เวลาในการซึมผ่านกระดาษน้อยกว่าน้ำมัน ทั้งนี้เป็นเพราะ โครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลซึ่งมีขั้วเช่นเดียวกับโมเลกุลของน้ำ ทำให้เกิดแรงดึงดูดกันขึ้น ดังนั้นน้ำจึงซึมผ่านได้เร็ว ไม่เกิดการขยายหรือแพร่ไปด้านข้างเหมือนโมเลกุลของน้ำมัน ดังนั้นเมื่อน้ำซึมผ่านจะให้พื้นที่ในการซึมน้ำน้อยกว่าในกรณีของน้ำมัน ส่วนน้ำมันนั้นเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งไม่มีขั้วจึงทำให้การซึมผ่านของน้ำมันจะขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของกระดาษว่ามีความหนาแน่นหรือมีช่องว่างมากน้อยเพียงใด

3. <u>สัณฐานวิทยา</u>



รูปที่ 4.3 สัณฐานวิทยาของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่กำลังขยาย 120 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 สัณฐานวิทยาของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่กำลังขยาย 120 เท่า

4.2 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการต้มย่อยเยื่อ

จากผลการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในข้อ 4.1 พบว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีความเหมาะสมที่สุดในการผลิตกระดาษ ดังนั้นจึงนำไปสู่การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการต้มย่อยเยื่อ โดยศึกษาที่เวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง ผลแสดงดังรูปที่ 4.5 ถึง 4.8 และตารางที่ 4.4 ถึง 4.6

1. สมบัติเชิงกล

- ความแข็งแรงดึง (tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%elongation at break)

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆ กัน

เวลา	ความแข็งแรงดึง (N/mm^2)	% การดึงยืด ณ จุดขาด
1 ชั่วโมง	13.531±1.8493	2.475±0.3151
2 ชั่วโมง	11.448±1.2248	2.390±0.3612
3 ชั่วโมง	16.457±2.1811	2.651±0.4836

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาสมบัติของกระดาษผสม[3]

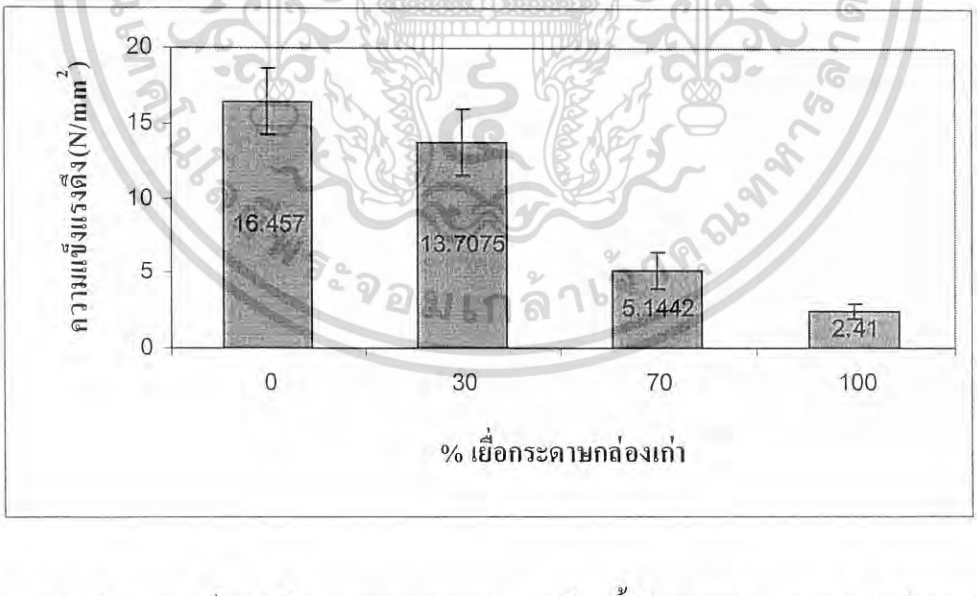
กระดาษผสมเป็นกระดาษที่ได้จากการผสมระหว่างเยื่อจากกาบกล้วยน้ำว้ากับเยื่อกระดาษกล่องเก่า โดยนำเยื่อกระดาษกล่องเก่าจากบริษัทพิมพ์ดีบรรจุภัณฑ์ จำกัด มาผสมกับเยื่อจากกาบกล้วยน้ำว้าตามอัตราส่วนดังนี้ เยื่อกระดาษกล่องเก่า : เยื่อจากกาบกล้วยน้ำว้า เท่ากับ 30:70 และ 70:30 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง ผลแสดงดังรูปที่ 4.9 ถึง 4.12 และตารางที่ 4.7 ถึง 4.9

1. สมบัติเชิงกล

- ความแข็งแรงดึง (tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%elongation at break)

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษผสม

% เยื่อกระดาษกล่องเก่า	ความแข็งแรงดึง (N/mm^2)	% การดึงยืด ณ จุดขาด
0	16.457±2.1810	2.651±0.4830
30	13.707±2.2125	2.049±0.3708
70	5.144±1.2179	1.436±0.2381
100	2.410±0.50	15.51±0.50



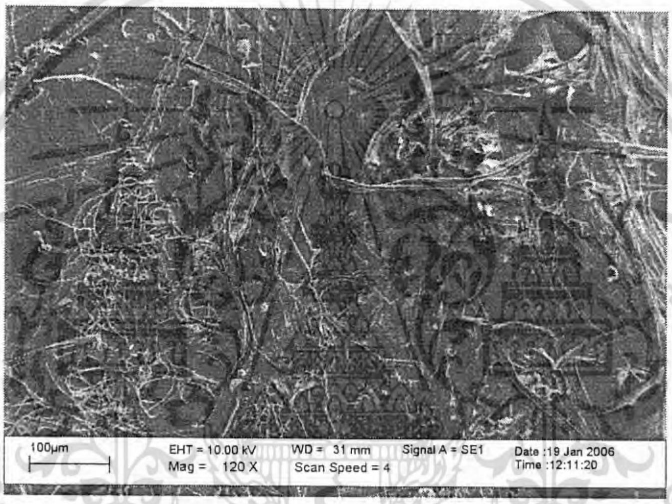
รูปที่4.9 แสดงค่าความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษผสมในอัตราส่วนต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

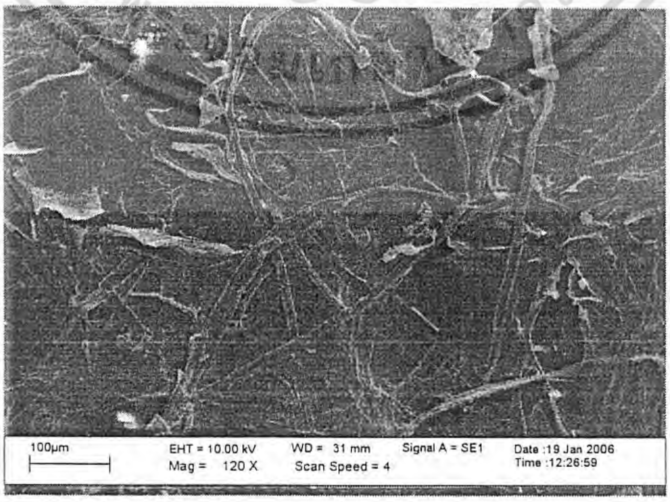
ตารางที่ 4.11 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกาบกล้วยเล็บมือนาง

ชนิดของกล้วย	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
กล้วยเล็บมือนาง	0.405±0.0284	08:33:36±0.52	3.08±0.41
กล้วยน้ำว้า	0.394	มากกว่า 44:30:23	มากกว่า 4.83

3. <u>สัณฐานวิทยา</u>

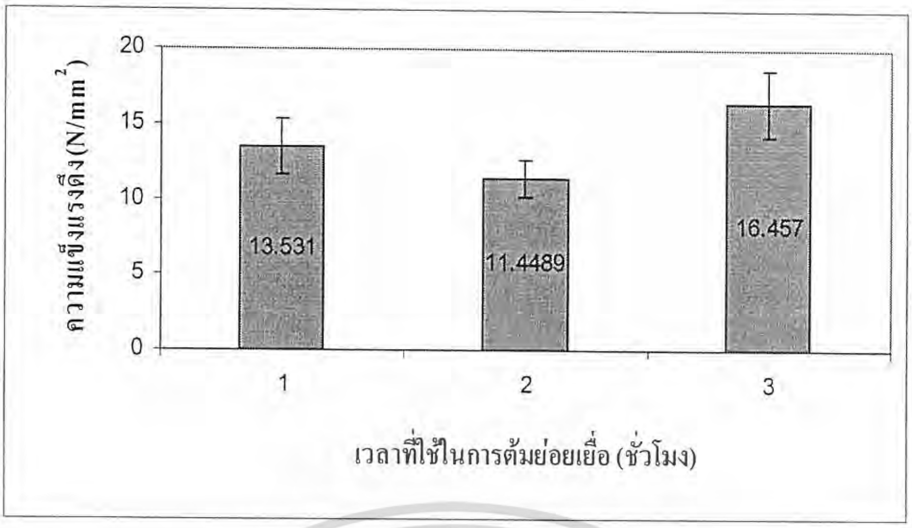


รูปที่ 4.15 สัณฐานวิทยาของกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยเล็บมือนางที่กำลังขยาย 120 เท่า



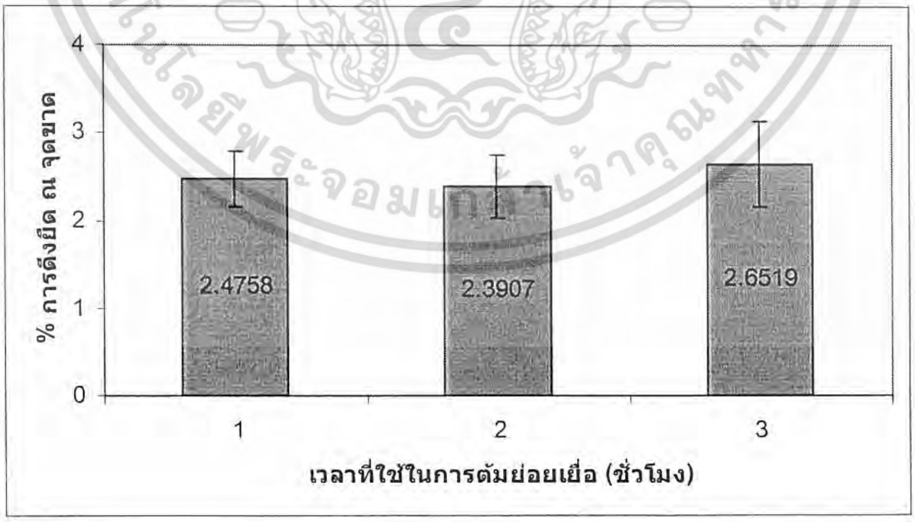
รูปที่ 4.16 สัณฐานวิทยาของกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยน้ำว้าที่กำลังขยาย 120 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นถึงเวลาในการต้มย่อยเยื่อที่มีผลต่อความแข็งแรงดึงของกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยน้ำว้า พบว่าเมื่อใช้เวลาในการต้มย่อยเยื่อที่นานกว่าจะทำให้มีสมบัติด้านความแข็งแรงดึงที่ดีกว่า ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากเวลาที่นานขึ้นทำให้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีโอกาสแทรกเข้าไปย่อยเยื่อได้นานขึ้น ทำให้จากเดิมที่เส้นใยจับตัวกันเป็นมัดถูกย่อยให้แตกออกเป็นเส้นใยเดี่ยวๆมากขึ้น ไม่ค่อยมีกลุ่มของเส้นใย ทำให้เกิดการเกี่ยวพันกันของเส้นใยดีกว่า ส่งผลให้กระดาษนั้นมีความแข็งแรงดึงเพิ่มขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่า เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่ของเซลลูโลสมากขึ้นและเกิดความแข็งแรงมากขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 4.6 แสดงเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 พบว่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดมีแนวโน้มไม่แตกต่างกันมากนักและมีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากโดยทั่วไปโครงสร้างของโซ่โมเลกุลเซลลูโลสเป็นแบบเชิงเส้น มีการจัดเรียงสายโซ่อย่างเป็นระเบียบ มีแรงดึงดูดระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลที่เรียงชิดกันได้ดี ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความสามารถในการยืดตัวต่ำ

2. <u>การซึมน้ำและน้ำมัน</u>

ตารางที่ 4.5 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆกัน

เวลาในการต้มย่อยเยื่อ	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
1 ชั่วโมง	0.360±0.0096	00:29:07±0.16	1.46±0.31
2 ชั่วโมง	0.383±0.0096	00:09:37±0.05	1.40±0.18
3 ชั่วโมง	0.404±0.0088	00:11:48±0.01	2.89±0.48

ตารางที่ 4.6 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆกัน

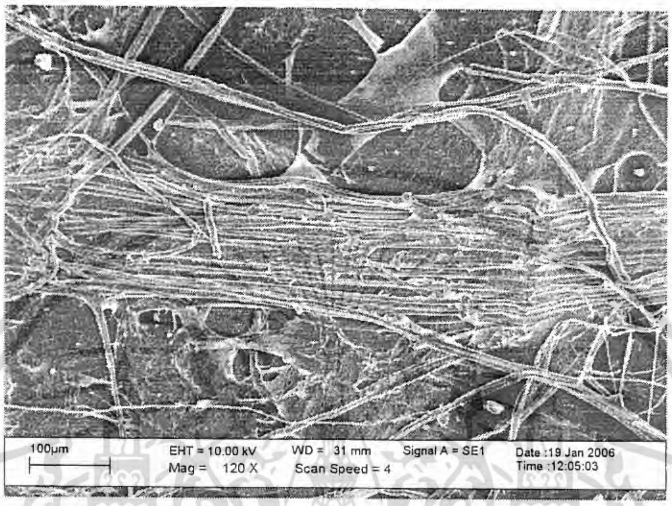
เวลาในการต้มย่อยเยื่อ	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
1 ชั่วโมง	0.397±0.0132	08:29:36±1.47	4.46±0.67
2 ชั่วโมง	0.416±0.0091	07:02:52±1.73	4.83±1.51
3 ชั่วโมง	0.394	มากกว่า 44:30:23	มากกว่า 4.83

จากตารางที่ 4.5 และ 4.6 และสัณฐานวิทยาของกระดาษดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 พบว่า เมื่อใช้เวลาในการต้มย่อยเยื่อที่ต่างกันจะให้ลักษณะสัณฐานวิทยาของกระดาษต่างกัน โดยถ้าใช้เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 1 ชั่วโมง เส้นใยที่ได้หลังจากการย่อยเยื่อยังคงมีลักษณะเป็นมัดของเส้นใยอยู่ เยื่อแตกออกจากกันน้อย ทำให้เกิดช่องว่างหรือรูระหว่างเส้นใยอยู่มากดังรูป ในขณะที่ถ้าใช้เวลาในการต้มย่อยเยื่อนานขึ้น เส้นใยที่ได้หลังจากการย่อยเยื่อจะมีลักษณะค่อนข้างแตกออกจากกันเป็น

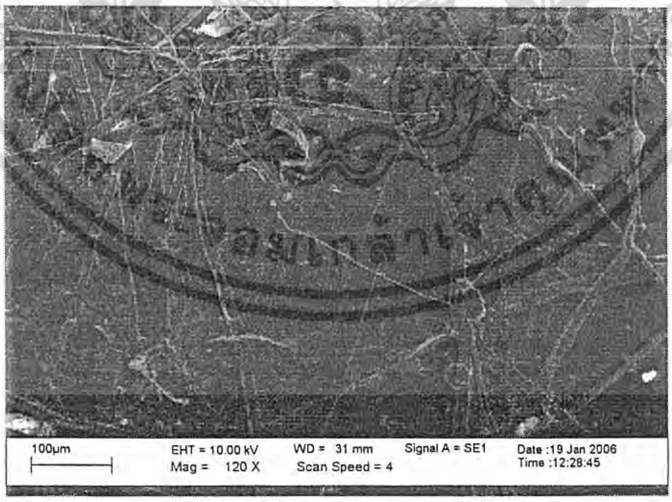
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยเดี่ยวๆ มัดของเส้นใยเหลือน้อย เป็นฝอยของเส้นใยได้ดีกว่า ทำให้เมื่อนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษจะเกิดการประสานตัวกันของเส้นใยได้ดีกว่า เกี่ยวพันกันได้ดีกว่า เกิดช่องว่างหรือรูน้อยกว่า จึงได้กระดาษที่มีลักษณะเนื้อแน่นมากกว่า มีผลทำให้การซึมน้ำและน้ำมันใช้เวลานานกว่า

3. <u>สัณฐานวิทยา</u>



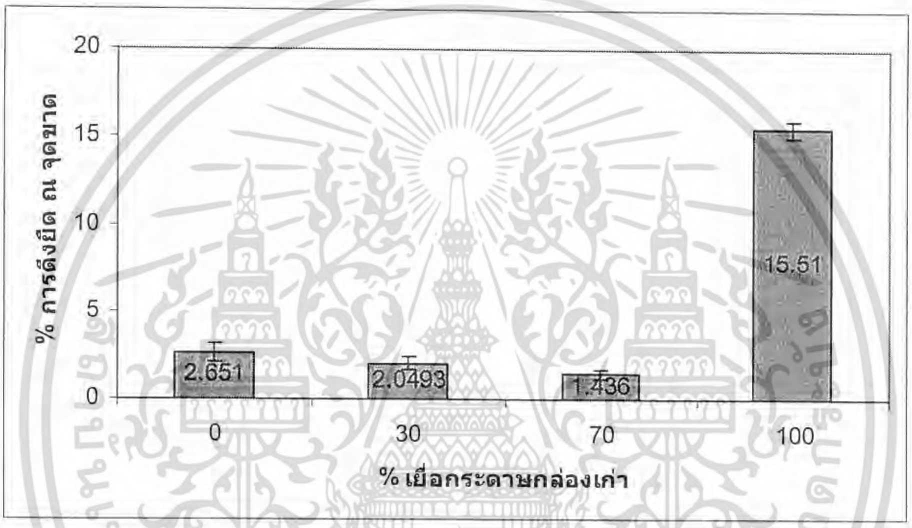
รูปที่ 4.7 สัณฐานวิทยาของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 1 ชั่วโมง ที่กำลังขยาย 120 เท่า



รูปที่ 4.8 สัณฐานวิทยาของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง ที่กำลังขยาย 120 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 พบว่ากระดาษที่เตรียมจากเยื่อกาบกล้วย 100 % มีความแข็งแรงดึงมากที่สุด และกระดาษที่มีปริมาณเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก จะให้ค่าความแข็งแรงดึงมากกว่ากระดาษที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก แสดงว่าค่าความแข็งแรงดึงของกระดาษนี้ขึ้นกับความยาวหรือลักษณะของเส้นใย เนื่องจากเส้นใยจากกาบกล้วยมีความยาวมากกว่าเส้นใยจากกระดาษกล่องเก่า เนื่องจากเส้นใยยาวมีส่วนที่สามารถจัดเรียงตัวชิดกันไปได้ จึงก่อให้เกิดแรงวันเดอร์วาล์วรวมทั้งพันธะไฮโดรเจนระหว่างเส้นใยยาวนี้ ทำให้มีความแข็งแรงดึงที่ดีนั่นเอง แต่เส้นใยจากกระดาษกล่องเก่าได้ผ่านการรีไซเคิล (recycle) และผ่านการการดึงลิกนินออกมาแล้วหลายครั้ง ทำให้มีลักษณะเป็นเส้นใยที่สั้น และมีความแข็งแรงดึงไม่ดีเท่าเส้นใยยาวที่มาจากกาบกล้วย



รูปที่ 4.10 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษผสมในอัตราส่วนต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.10 กระดาษที่เตรียมจากเยื่อกระดาษกล่องเก่า 100 % ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดสูงกว่ากระดาษที่เตรียมจากเยื่อผสม และกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วย 100 % ทั้งนี้เป็นเพราะเส้นใยสั้นในกระดาษที่เตรียมจากเยื่อกระดาษกล่องเก่า 100 % มีการจัดเรียงตัวแบบกระจัดกระจายหรือเกาะเกี่ยวกันแบบสุ่ม (random) มีส่วนที่เรียงตัวเป็นระเบียบหรือผลึกน้อย ดังนั้นเมื่อทำการออกแรงดึงจึงสามารถยืดได้มาก และบางส่วนของเส้นใยยาวอาจเกิดการเกี่ยวพันกันเป็นปมของเส้นใย หรือไปขัดขวางการส่งแรงของเส้นใยสั้น ทำให้ดึงยืดได้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การซึมน้ำและน้ำมัน

ตารางที่ 4.8 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษผสม

ปริมาณเยื่อกระดาษกล่องเก่าใน 100 ส่วน	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
30	0.344±0.0223	00:33:50±0.06	3.74±0.51
70	0.483±0.0292	00:03:26±0.01	2.66±0.33

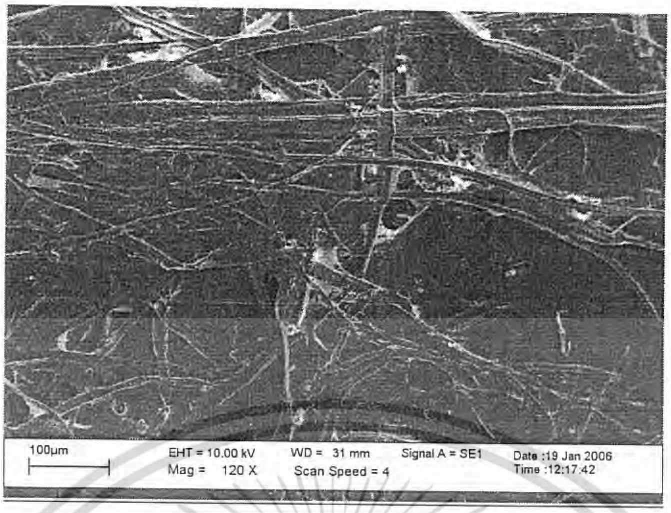
ตารางที่ 4.9 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษผสม

ปริมาณเยื่อกระดาษกล่องเก่าใน 100 ส่วน	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
30	0.346±0.0259	17:21:07±6.87	4.17±0.75
70	0.462±0.0574	01:05:47±0.31	1.81±0.31

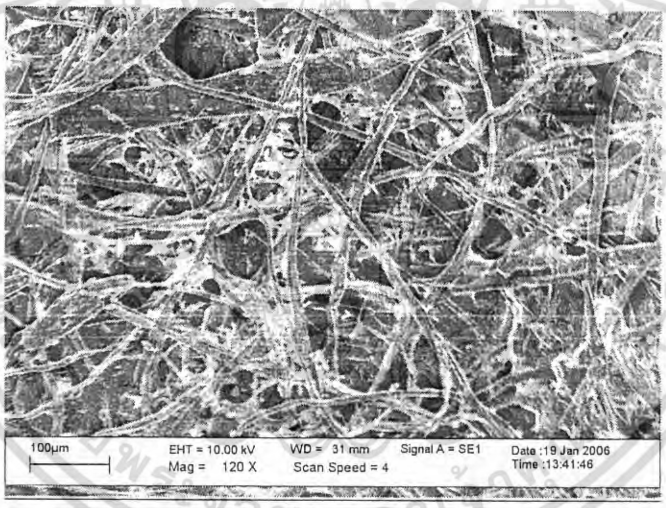
จากตารางที่ 4.8 และ 4.9 พบว่ากระดาษผสมที่มีปริมาณเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก มีความสามารถในการซึมน้ำและน้ำมันได้เร็วกว่า เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากสัณฐานวิทยาของกระดาษผสมดังรูปที่ 4.11 และ 4.12 พบว่ากระดาษผสมที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 30 มีการประสานกันของเส้นใยได้ดีกว่าและมีรูพรุนน้อยกว่ากระดาษผสมที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 70 ซึ่งมีรูพรุนอยู่มาก ทำให้น้ำและน้ำมันซึมผ่านได้เร็วกว่านั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สัณฐานวิทยา



รูปที่ 4.11 สัณฐานวิทยาของกระดาษผสมที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 30 ที่กำลังขยาย 120 เท่า



รูปที่ 4.12 สัณฐานวิทยาของกระดาษผสมที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 70 ที่กำลังขยาย 120 เท่า

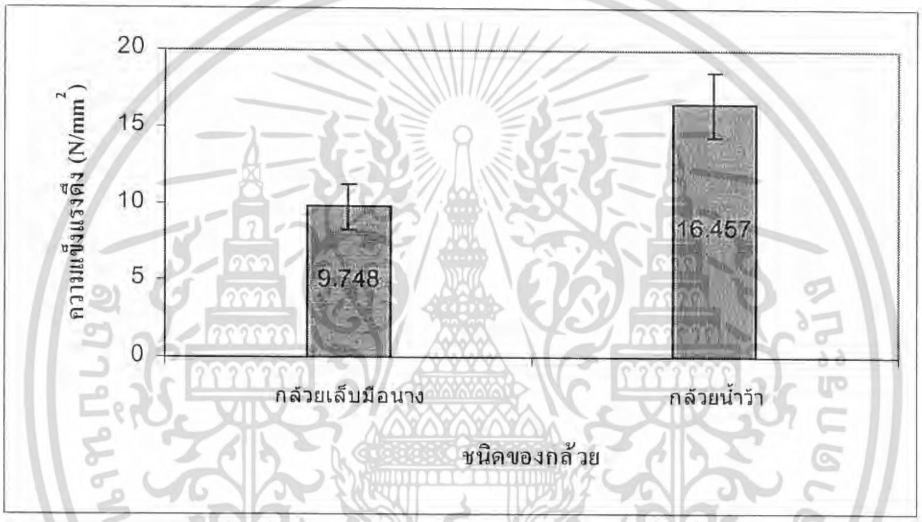
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการเปรียบเทียบระหว่างกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษจากกาบกล้วยเล็บมือนาง

เตรียมกระดาษจากกาบกล้วยเล็บมือนาง โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง เช่นเดียวกับการเตรียมกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า ผลการเปรียบเทียบสมบัติเชิงกล การซึมน้ำ น้ำมัน และสัณฐานวิทยาระหว่างกระดาษ 2 ชนิดนี้ แสดงได้ดังรูปที่ 4.13 ถึง รูปที่ 4.16 และตารางที่ 4.10 ถึง 4.11

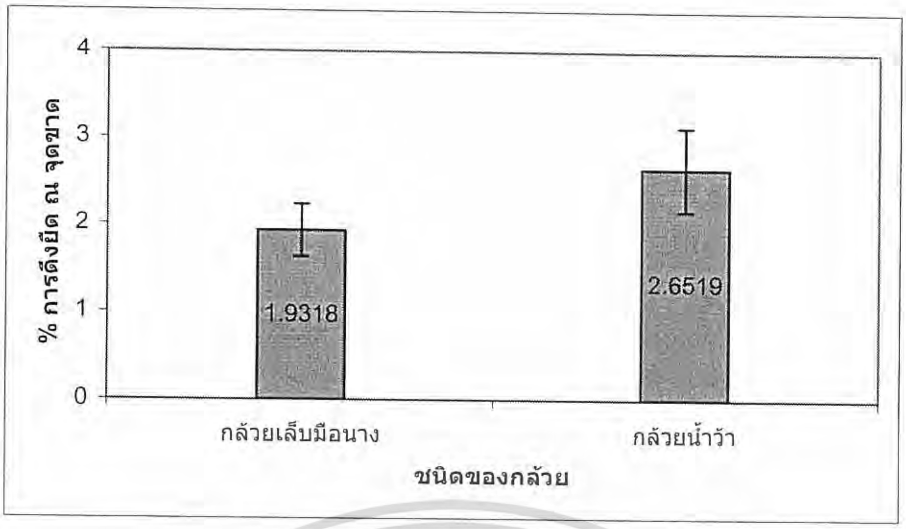
1. สมบัติเชิงกล

- ความแข็งแรงดึง (tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%elongation at break)



รูปที่ 4.13 แสดงค่าความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษจากกาบกล้วยเล็บมือนาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษจากกาบกล้วยเล็บมือนาง

เส้นใยของกล้วยเล็บมือนางมีปริมาณลิกนินอยู่มาก และมากกว่าเส้นใยของกล้วยน้ำว้า โดยสังเกตได้หลังจากการย่อยเยื่อ พบว่าเส้นใยของกล้วยเล็บมือนางมีสีดำหลงเหลือมากกว่า ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า เวลาในการย่อยเยื่อที่ 3 ชั่วโมง ที่เท่ากัน ไม่สามารถเอาลิกนินออกจากเส้นใยของกล้วยเล็บมือนางได้หมด และการที่มีลิกนินอยู่ในปริมาณที่มากเกินไปนี้เอง จะส่งผลให้สมบัติเชิงกลของกระดาษที่เตรียมจากกล้วยเล็บมือนางนี้ด้อยลงด้วย

2. <u>การซึมน้ำและน้ำมัน</u>

ตารางที่ 4.10 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกาบกล้วยเล็บมือนาง

ชนิดของกล้วย	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
กล้วยเล็บมือนาง	0.402±0.0219	00:05:58±0.01	1.86±0.21
กล้วยน้ำว้า	0.398±0.0093	00:11:48±0.01	2.89±0.48

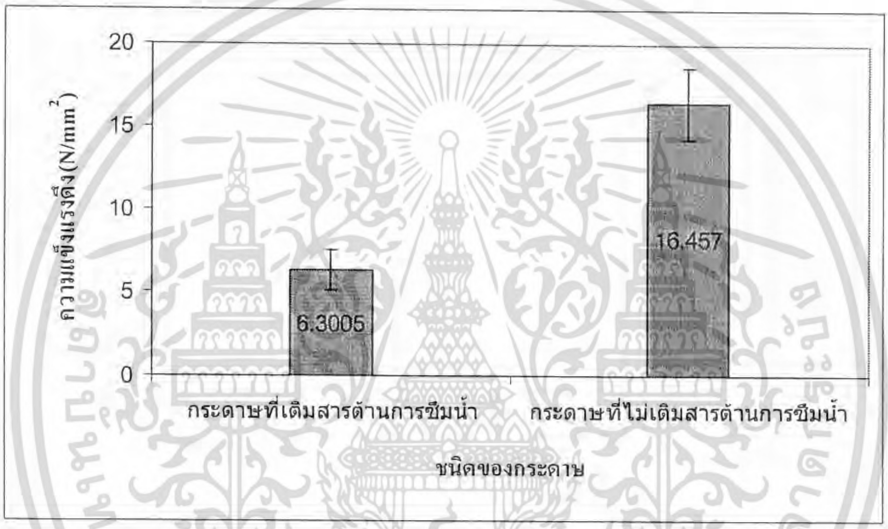
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการเปรียบเทียบระหว่างกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ

เตรียมกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำได้โดยการเติมสารส้มลงไป ในเยื่อก่อนการขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษ เป็นเวลาหนึ่งชั่วโมง เมื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษแล้วนำมาเปรียบเทียบกับกระดาษาจากกาบกล้วยน้ำว้าที่ไม่ได้ทำการเติมสารต้านการซึมน้ำ ดังแสดงผลการเปรียบเทียบในรูปที่ 4.17 ถึง 4.20 และตารางที่ 4.12 ถึง 4.13

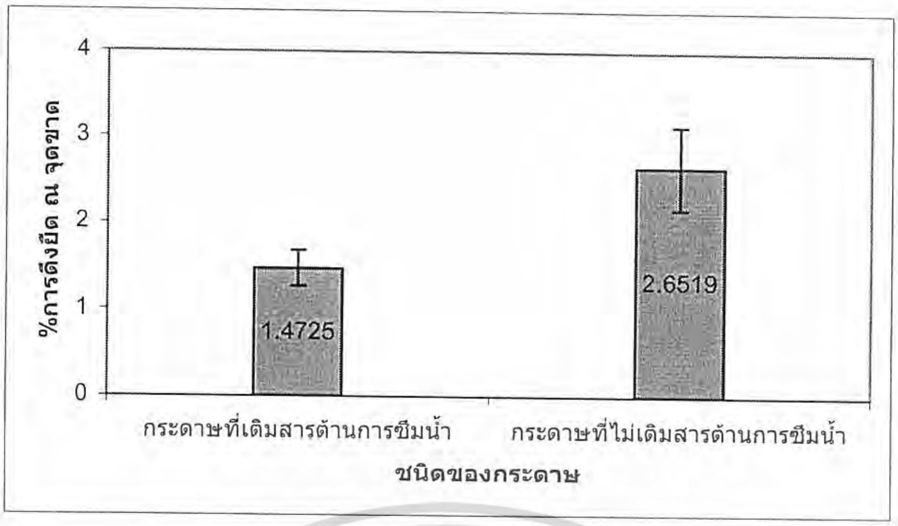
1. สมบัติเชิงกล

- ความแข็งแรงดึง (tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%elongation at break)



รูปที่ 4.17 แสดงความแข็งแรงดึงของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แสดงเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและ ไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ

2. <u>การซึมน้ำและน้ำมัน</u>

ตารางที่ 4.12 แสดงเวลาในการซึมน้ำของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ

ชนิดของกระดาษ	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
กระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำ	0.563±0.0367	00:41:20±0.06	1.41±0.16
กระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำ	0.398±0.0093	00:11:48±0.01	2.89±0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 แสดงเวลาในการซึมน้ำมันของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าที่เติมสารต้านการซึมน้ำและไม่เติมสารต้านการซึมน้ำ

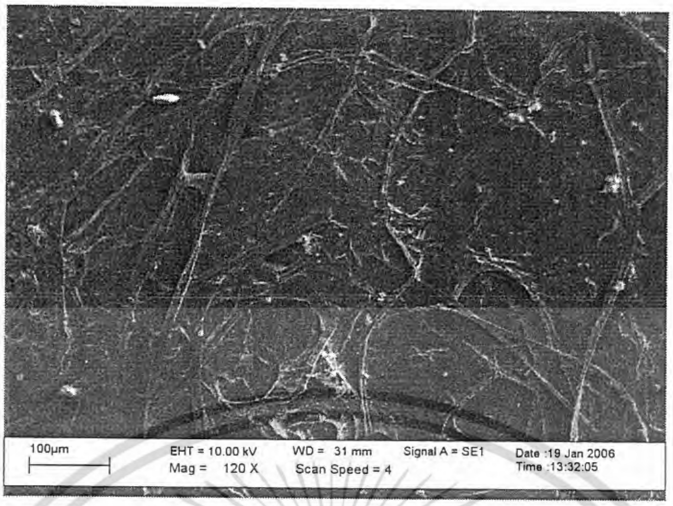
ชนิดของกระดาษ	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
กระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำ	0.546±0.0359	02:34:29±0.56	3.25±0.19
กระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำ	0.394	มากกว่า 44:30:23	มากกว่า 4.83

กระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยน้ำว้าที่ทำการเติมสารต้านการซึมน้ำแล้วนั้น เมื่อนำมาทดสอบพบว่ามีสมบัติเชิงกลแย่ลง เพราะเมื่อเติมสารต้านการซึมน้ำลงไปสารนี้จะไปขัดขวางการดึงยึดของเส้นใย ทำให้ค่าความแข็งแรงดึงและค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดต่ำลง ในขณะที่ช่วยต้านการซึมน้ำได้น้อยมาก แต่เมื่อนำไปทดสอบการต้านการซึมน้ำมันกลับให้ผลตรงกันข้าม กล่าวคือน้ำมันสามารถซึมผ่านกระดาษได้เร็วขึ้น แสดงว่าสารต้านการซึมน้ำมีความสามารถในการลดความมีขั้วของสายโซ่เซลลูโลสได้

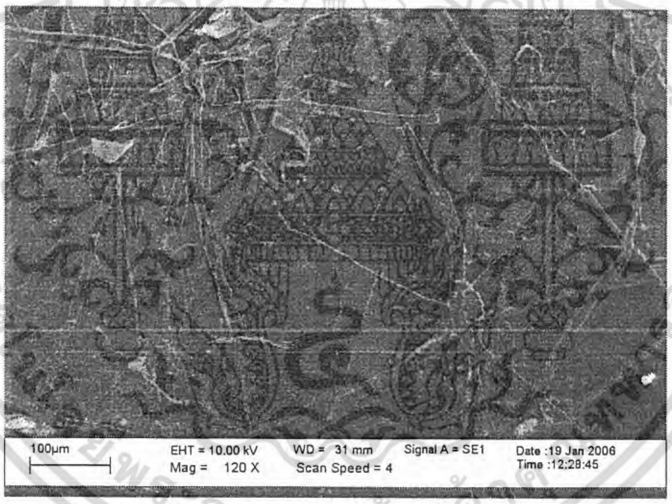
จากลักษณะการซึมของน้ำพบว่ามีลักษณะคล้ายกับการต้านไม่ให้โมเลกุลของน้ำซึมผ่านของใบบอน กล่าวคือ โมเลกุลของน้ำจะไม่ซึมผ่านกระดาษไปทันที แต่จะกลิ้งไปมาบนแผ่นกระดาษก่อนแล้วค่อยๆซึมลงไป นั่นคือสารต้านการซึมน้ำไปทำให้ค่าคอนแท็คแองเกิล (contact angle) ระหว่างโมเลกุลของน้ำกับกระดาษเพิ่มขึ้นนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สัณฐานวิทยา



รูปที่ 4.19 สัณฐานวิทยาของกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำ



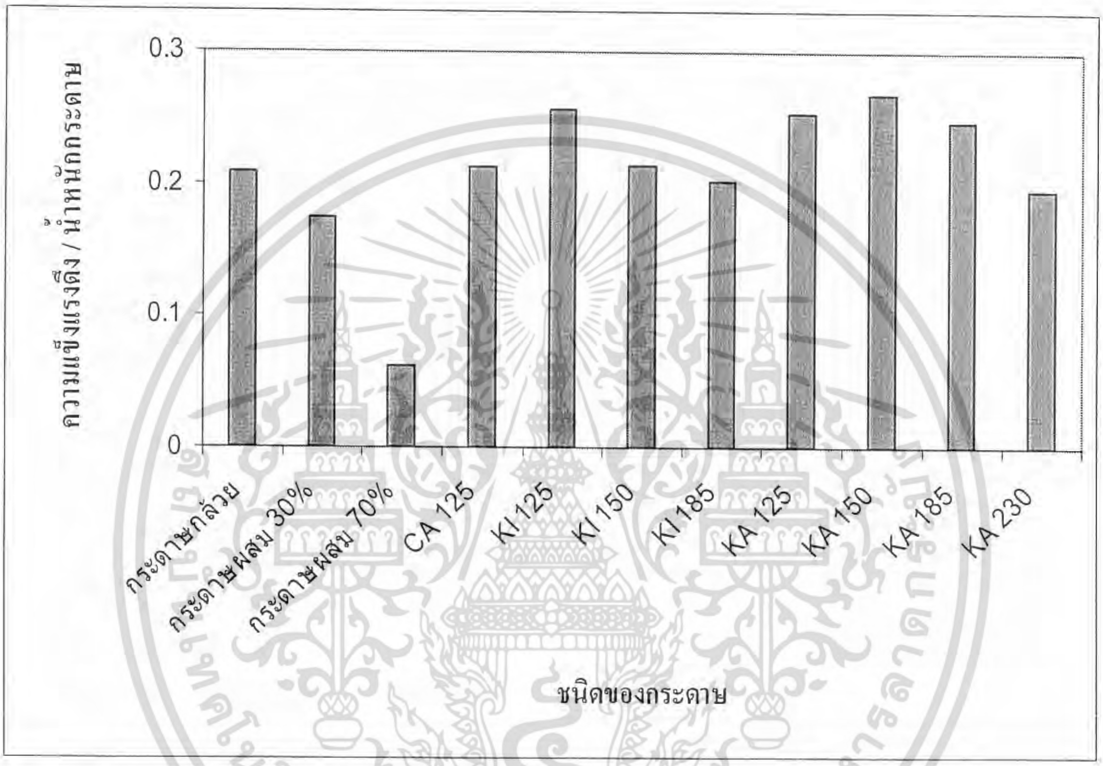
รูปที่ 4.20 สัณฐานวิทยาของกระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำ

เมื่อพิจารณาจากสัณฐานวิทยาของกระดาษดังรูปที่ 4.19 และ 4.20 พบว่าสารต้านการซึมน้ำเมื่อเติมลงไปอาจไปจับกับไอออนของโลหะในน้ำกระด้างที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นกระดาษทำให้เกิดตะกอนขึ้นซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ดแทรกอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการเปรียบเทียบระหว่างกระดาษกล้วย 100 % กระดาษผสมและกระดาษคราฟท์มาตรฐาน[3]

นำกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า 100 % นำมาเปรียบเทียบกับกระดาษผสม และกระดาษคราฟท์มาตรฐาน โดยเตรียมกระดาษด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง ผลแสดงดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างกระดาษกล้วย 100 % กระดาษผสมและกระดาษคราฟท์มาตรฐาน

จากรูปที่ 4.21 พบว่าโดยรวมแล้วกระดาษคราฟท์มาตรฐานมีค่าความแข็งแรงดึงต่อน้ำหนักกระดาษที่มากกว่ากระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า 100 % และกระดาษผสม เนื่องจากกระดาษคราฟท์มาตรฐานมีการขึ้นรูปกระดาษที่ดีกว่า ทำให้กระดาษมีความสม่ำเสมอและผ่านการปรับปรุงเนื้อกระดาษด้วยสารเคมีอื่นๆแล้ว ทำให้มีสมบัติความแข็งแรงดึงที่ดีกว่า และพบว่ากระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า 100 % เมื่อคำนวณค่าความแข็งแรงดึงต่อน้ำหนักกระดาษจะให้ค่าเท่ากับ 0.2093 ซึ่งใกล้เคียงกับกระดาษคราฟท์มาตรฐานชนิด CA 125 ส่วนกระดาษผสมที่มีกระดาษกล่องเก่าผสมอยู่ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักมีค่าเท่ากับ 0.1744 ซึ่งใกล้เคียงกับกระดาษคราฟท์มาตรฐานชนิด KA 230

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษจากเยื่อแห้งของกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้ความแข็งแรงดึงเป็นเกณฑ์พบว่า สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมงเป็นสภาวะที่ทำให้ได้แผ่นกระดาษที่มีสมบัติดีและราคาถูก
2. เมื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติของกระดาษจากเยื่อแห้งของกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษจากเยื่อแห้งของกาบกล้วยเล็บมือนางพบว่า กระดาษที่เตรียมจากเยื่อแห้งของกาบกล้วยน้ำว้ามีสมบัติที่มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตกระดาษเพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์มากกว่า
3. เมื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติของกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำกับกระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำพบว่า กระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำมีการซึมผ่านของน้ำช้ากว่ากระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำแต่มีการซึมผ่านของน้ำมันเร็วกว่า เมื่อพิจารณาจากสมบัติเชิงกลพบว่า กระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำมีสมบัติที่ดีกว่า
4. เมื่อทำการผสมเยื่อแห้งของกาบกล้วยน้ำว้ากับเยื่อกระดาษกล่องเก่าเพื่อปรับปรุงการกระจายตัวของเส้นใยและความสม่ำเสมอของกระดาษพบว่า กระดาษที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าผสม 30 ส่วนให้ความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดสูง
5. แผ่นกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยน้ำว้า 100% มีสมบัติในการต้านน้ำและน้ำมันได้ดีกว่ากระดาษผสม ส่วนกระดาษผสมที่มีปริมาณเยื่อกาบกล้วยน้ำว้ามากกว่าจะมีสมบัติต้านการซึมน้ำกับน้ำมันได้ดี
6. แผ่นกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยน้ำว้า 100% มีสมบัติความแข็งแรงดึงใกล้เคียงกับกระดาษCA 125 ส่วนกระดาษที่มีเยื่อกระดาษกล่องเก่าผสม 30 ส่วนมีสมบัติความแข็งแรงดึงใกล้เคียงกับกระดาษKA 230

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาสารละลายที่ใช้ในการต้มย่อยเยื่อชนิดอื่นๆ เพื่อนำมาเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการผลิตกระดาษจากกาบกล้วย
2. ควรมีการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผสมเยื่อกระดาษเก่ากับเยื่อจากกาบกล้วยน้ำว้า
3. ควรศึกษาการเติมสารเติมสารเติมแต่งชนิดอื่นๆเพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของกระดาษให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางบันทึกผลการซึมน้ำ

ตารางที่ ก-1 แสดงผลการซึมน้ำของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน (เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง)

ความเข้มข้นของ NaOH	ทดสอบครั้งที่	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
2%w/v	1	0.341	00:05:64	1.53
	2	0.352	00:06:88	2.26
	3	0.345	00:05:60	2.26
	4	0.364	00:10:29	3.14
	5	0.344	00:05:94	2.26
	เฉลี่ย	0.349±0.0092	00:06:87±0.03	2.29±0.57
4%w/v	1	0.387	00:04:66	2.01
	2	0.398	00:05:07	1.53
	3	0.412	00:05:96	1.53
	4	0.406	00:05:64	2.01
	5	0.393	00:04:11	2.54
	เฉลี่ย	0.399±0.0099	00:05:08±0.01	1.92±0.41
6%w/v	1	0.422	00:05:71	2.01
	2	0.454	00:06:69	2.54
	3	0.435	00:05:86	2.01
	4	0.441	00:06:64	2.26
	5	0.436	00:05:97	1.53
	เฉลี่ย	0.437±0.0115	00:06:17±0.007	2.07±0.37
8%w/v	1	0.405	00:11:16	3.46
	2	0.394	00:10:50	2.26
	3	0.387	00:11:21	2.54
	4	0.410	00:13:21	3.14
	5	0.398	00:11:33	3.06
	เฉลี่ย	0.398±0.0093	00:11:48±0.01	2.89±0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2 แสดงผลการซึมน้ำของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆกัน

เวลาในการต้มย่อยเยื่อ	ทดสอบครั้งที่	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
1 ชั่วโมง	1	0.348	00:18:95	1.53
	2	0.366	00:24:33	1.76
	3	0.371	00:25:33	1.76
	4	0.352	00:31:32	1.13
	5	0.363	00:45:45	1.13
	เฉลี่ย	0.360±0.0096	00:29:07±0.16	1.46±0.31
2 ชั่วโมง	1	0.386	00:14:03	1.32
	2	0.375	00:07:94	1.53
	3	0.372	00:05:89	1.53
	4	0.386	00:08:64	1.13
	5	0.396	00:10:38	1.53
	เฉลี่ย	0.383±0.0096	00:09:37±0.05	1.40±0.18
3 ชั่วโมง	1	0.405	00:11:16	3.46
	2	0.394	00:10:50	2.26
	3	0.387	00:11:21	2.54
	4	0.410	00:13:21	3.14
	5	0.398	00:11:33	3.06
	เฉลี่ย	0.398±0.0093	00:11:48±0.01	2.89±0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-3 แสดงผลการซึมน้ำของกระดาษผสมโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการย่อยเยื่อจากกาบกล้วยที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง

ปริมาณเยื่อกระดาษกล่องเก่าใน 100 ส่วน	ทดสอบครั้งที่	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
30	1	0.325	00:28:68	4.52
	2	0.335	00:36:37	3.46
	3	0.325	00:33:30	3.79
	4	0.361	00:30:40	3.79
	5	0.374	00:38:76	3.14
	เฉลี่ย	0.344±0.0223	00:33:50±0.06	3.74±0.51
70	1	0.481	00:04:50	2.54
	2	0.466	00:03:30	3.14
	3	0.515	00:02:40	2.54
	4	0.510	00:03:00	2.26
	5	0.446	00:03:10	2.83
	เฉลี่ย	0.483±0.0292	00:03:26±0.01	2.66±0.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-4 แสดงผลการซึมน้ำของกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำและกระดาษที่ไม่ได้เติมสาร ต้านการซึมน้ำโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการย่อยเยื่อจากกาบกล้วยที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง

ชนิดของกระดาษ	ทดสอบครั้งที่	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
กระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำ	1	0.535	00:45:23	1.43
	2	0.568	00:37:49	1.13
	3	0.519	00:44:76	1.53
	4	0.584	00:40:38	1.43
	5	0.610	00:38:17	1.53
	เฉลี่ย	0.563±0.0367	00:41:20±0.06	1.41±0.16
กระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำ	1	0.405	00:11:16	3.46
	2	0.394	00:10:50	2.26
	3	0.387	00:11:21	2.54
	4	0.410	00:13:21	3.14
	5	0.398	00:11:33	3.06
	เฉลี่ย	0.398±0.0093	00:11:48±0.01	2.89±0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-5 แสดงผลการซึมน้ำของกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยเล็บมือนางโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการย่อยเยื่อจากกาบกล้วยที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง

ชนิดของกระดาษ	ทดสอบครั้งที่	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (นาที/น้ำ 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำ/ปริมาณน้ำ (cm^2/น้ำ 1 หยด)
กระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยน้ำว้า	1	0.405	00:11:16	3.46
	2	0.394	00:10:50	2.26
	3	0.387	00:11:21	2.54
	4	0.410	00:13:21	3.14
	5	0.398	00:11:33	3.06
	เฉลี่ย	0.398±0.0093	00:11:48±0.01	2.89±0.48
กระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยเล็บมือนาง	1	0.374	00:05:56	2.01
	2	0.412	00:06:18	2.01
	3	0.385	00:05:43	1.76
	4	0.421	00:06:27	2.01
	5	0.422	00:04:49	1.53
	เฉลี่ย	0.402±0.0219	00:05:58±0.01	1.86±0.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
ตารางบันทึกผลการซึมน้ำมัน

ตารางที่ ข-1 แสดงผลการซึมน้ำมันของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน (เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง)

ความเข้มข้นของ NaOH	ทดสอบครั้งที่	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
2%w/v	1	0.322	04:48:49	3.14
	2	0.346	03:40:51	3.46
	3	0.348	04:14:46	4.52
	4	0.368	03:05:46	2.27
	5	0.365	05:35:26	4.52
	เฉลี่ย	0.349±0.0183	04:28:06±0.97	3.58±0.96
4%w/v	1	0.406	11:27:70	4.52
	2	0.396	09:40:68	3.14
	3	0.391	10:43:35	2.54
	4	0.386	11:43:95	3.14
	5	0.388	09:06:70	2.83
	เฉลี่ย	0.393±0.0079	10:54:12±1.12	3.23±0.76
6%w/v	1	0.335	14:14:82	3.14
	2	0.346	15:52:17	2.83
	3	0.353	15:11:42	3.14
	4	0.344	14:08:98	4.15
	5	0.346	13:01:30	3.79
	เฉลี่ย	0.344±0.0064	14:49:56±1.08	3.41±0.54
8%w/v	-	0.394	มากกว่า 44:30:23	มากกว่า 4.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 แสดงผลการซึมน้ำมันของกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่เวลาในการต้มย่อยเยื่อต่างๆกัน

เวลาในการต้มย่อยเยื่อ	ทดสอบครั้งที่	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
1 ชั่วโมง	1	0.388	06:50:20	3.79
	2	0.385	06:37:72	5.30
	3	0.391	06:41:67	4.90
	4	0.408	07:47:70	3.79
	5	0.415	09:45:56	4.52
	เฉลี่ย	0.397±0.0132	08:29:36±1.47	4.46±0.67
2 ชั่วโมง	1	0.425	07:52:85	5.30
	2	0.413	06:20:50	4.90
	3	0.423	07:06:20	7.06
	4	0.417	06:51:90	3.14
	5	0.402	04:36:11	3.79
	เฉลี่ย	0.416±0.0091	07:02:52±1.73	4.83±1.51
3 ชั่วโมง	-	0.394	มากกว่า 44:30:23	มากกว่า 4.83

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 แสดงผลการซึมน้ำมันของกระดาษผสมโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง

ปริมาณเยื่อกระดาษกล่องเก่าใน 100 ส่วน	ทดสอบครั้งที่	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
30	1	0.365	14:14:30	4.90
	2	0.325	14:54:50	4.15
	3	0.380	13:31:58	3.14
	4	0.325	12:04:33	3.79
	5	0.335	28:53:22	4.90
	เฉลี่ย	0.346±0.0259	17:21:07±6.87	4.17±0.75
70	1	0.550	00:52:32	1.53
	2	0.425	00:49:59	1.53
	3	0.405	01:30:06	2.26
	4	0.485	00:47:59	1.76
	5	0.445	01:16:85	2.01
	เฉลี่ย	0.462±0.0574	01:05:47±0.31	1.81±0.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 แสดงผลการซึมน้ำมันของกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำและกระดาษที่ไม่ได้เติมสาร ต้านการซึมน้ำโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการย่อยเยื่อจากกาบกล้วยที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง

ชนิดของกระดาษ	ทดสอบครั้งที่	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
กระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำ	1	0.521	02:33:48	3.14
	2	0.543	02:30:63	3.14
	3	0.505	01:49:84	3.46
	4	0.567	02:41:55	3.06
	5	0.595	03:25:37	3.46
	เฉลี่ย	0.546±0.0359	02:34:29±0.56	3.25±0.19
กระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำ	-	0.394	มากกว่า 44:30:23	มากกว่า 4.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-5 แสดงผลการซึมน้ำมันของกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยเล็บมือนางและกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการย่อยเยื่อจากกาบกล้วยที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง

ชนิดของกระดาษ	ทดสอบครั้งที่	ความหนาของกระดาษ (mm)	เวลาซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (นาที/น้ำมัน 1 หยด)	พื้นที่ซึมน้ำมัน/ปริมาณน้ำมัน (cm^2/น้ำมัน 1 หยด)
กระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยเล็บมือนาง	1	0.420	08:31:56	2.83
	2	0.421	09:20:21	3.79
	3	0.428	07:56:81	2.83
	4	0.406	08:16:47	2.83
	5	0.350	08:44:03	3.14
	เฉลี่ย	0.405±0.0284	08:33:36±0.52	3.08±0.41
กระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยน้ำว้า	-	0.394	มากกว่า 44:30:23	มากกว่า 4.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
น้ำหนักกระดาษ

วิธีหาน้ำหนักกระดาษ

1. ตัดกระดาษที่ต้องการหาน้ำหนักขนาด 5 x 5 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 5 ชิ้น
2. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 °C นาน 3 ชั่วโมง
3. นำออกจากตู้อบแล้วทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์
4. นำกระดาษที่ได้จากข้อ 3 ไปชั่งน้ำหนัก แล้วบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ ค-1 แสดงผลการทดลองของน้ำหนักกระดาษประเภทต่างๆ

ครั้งที่	น้ำหนักหลังอบของกระดาษประเภทต่างๆ		
	A	B	C
1	0.1696	0.2258	0.2188
2	0.2034	0.1634	0.2262
3	0.1758	0.2279	0.2155
4	0.2320	0.1637	0.2036
5	0.2017	0.2016	0.1731
เฉลี่ย	0.1965±0.0249	0.1964±0.0317	0.2074±0.0208

<u>หมายเหตุ</u> A แทนด้วยกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง

B แทนด้วยกระดาษผสมที่มีเยื่อกระดาษเก่า 30% โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกด์ไซด์เข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง

C แทนด้วยกระดาษผสมที่มีเยื่อกระดาษเก่า 70% โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกด์ไซด์เข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง

จากค่าน้ำหนักดังแสดงในตารางที่ ค-1 นั้นมีหน่วยเป็นกรัมต่อพื้นที่ในหน่วยตารางเซนติเมตร ดังนั้นจึงเปลี่ยนหน่วยเป็นกรัมต่อ 1 ตารางเมตร ซึ่งผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ค-2

ตารางที่ ค-2 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักของกระดาษประเภทต่างๆ

ประเภทของกระดาษ	น้ำหนักกระดาษ(g/m^2)
A	78.60
B	78.56
C	82.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3 แสดงน้ำหนักของกระดาษคราฟท์มาตรฐานที่ผลิตในอุตสาหกรรม

ชนิดของกระดาษคราฟท์มาตรฐาน	น้ำหนักกระดาษ (g/m^2)	น้ำหนักเฉลี่ยกระดาษ (g/m^2)
CA 125	119-131	125
KI 125	119-131	125
KI 150	142-157	149.5
KI 185	175-194	184.5
KA 125	119-131	125
KA 150	142-157	149.5
KA 185	175-194	184.5
KA 230	218-241	229.5

จากนั้นทำการเปรียบเทียบกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษผสมว่ามีความใกล้เคียงกับกระดาษคราฟท์มาตรฐานที่ผลิตในอุตสาหกรรมชนิดใด ซึ่งหาได้จากการนำค่าความแข็งแรงดึงหารด้วยน้ำหนักกระดาษชนิดนั้น ซึ่งผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ค-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-4 แสดงผลการเปรียบเทียบกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าและกระดาษผสมกับกระดาษคราฟท์มาตรฐาน

ชนิดของกระดาษ	น้ำหนักกระดาษ (g/m^2)	ความแข็งแรงดึง (N/mm^2)	ความแข็งแรงดึง/น้ำหนักกระดาษ
A	78.6	16.4570	0.2093
B	78.56	13.7075	0.1744
C	82.96	5.1442	0.0620
CA 125	125	26.6362	0.2130
KI 125	125	32.0212	0.2561
KI 150	149.5	32.0215	0.2141
KI 185	184.5	37.2725	0.2020
KA 125	125	31.7275	0.2538
KA 150	149.5	40.0850	0.2681
KA 185	184.5	45.6182	0.2472
KA 230	229.5	44.8812	0.1955

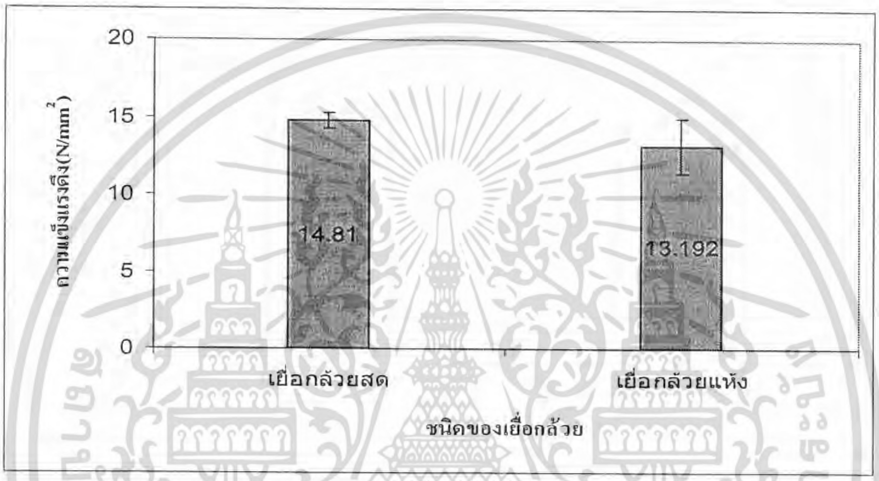
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

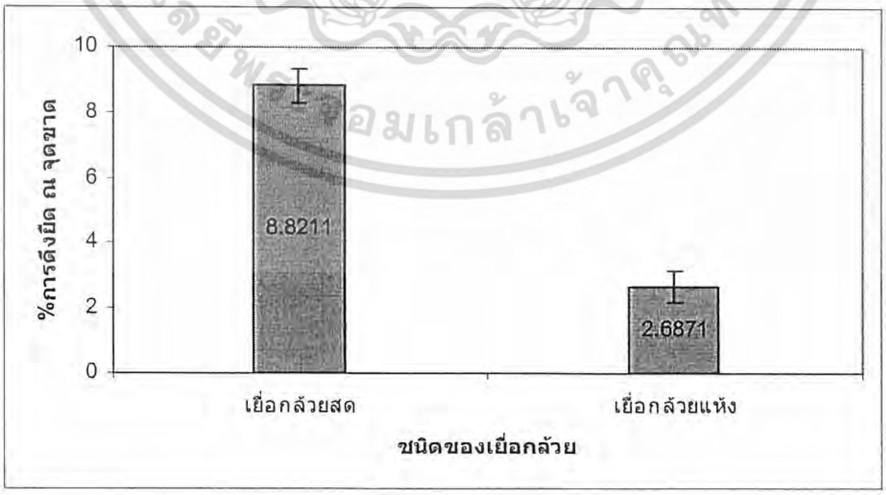
ผลการเปรียบเทียบระหว่างกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยสด และกระดาษที่เตรียมจากกาบกล้วยแห้ง

สมบัติเชิงกล

- ความแข็งแรงดึง (tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (%elongation at break)



รูปที่ ง-1 แสดงค่าความแข็งแรงดึงของกระดาษที่เตรียมจากเยื่อกล้วยสดและกระดาษที่เตรียมจากเยื่อกล้วยแห้ง



รูปที่ ง-2 แสดงเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของกระดาษที่เตรียมจากเยื่อกล้วยสดและกระดาษที่เตรียมจากเยื่อกล้วยแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ชลีพร ศิริฤกษ์. 2543. **ความเหมาะสมของการทำภาชนะบรรจุอาหารแห้งจากหยวกกล้วยน้ำว้า.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาทรัพยากร คณะ สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

2. ชาติชาย ธรรมธนารักษ์. 2544. ภาชนะกระดาษทดแทนพลาสติก.**วารสารจาร์พา.** (พ.ย./ธ.ค.) :40-44.

3. ฐิริญญา เสืองยง และมณฑล วงศ์วิจิตร.2547.**การพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษจากกาบกล้วยเพื่อใช้ทำบรรจุภัณฑ์.**วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

4. เดี่ยว วงศ์สุวรรณ และคณะ. 2530. **กล้วย.** กรุงเทพฯ : สหมิตรออฟเซท. อ้างถึงใน นุทิศเอี่ยมใส. 2538. การทดลองทำภาชนะบรรจุอาหารจากกาบกล้วย. ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

5. นุทิศ เอี่ยมใส. 2538. **การทดลองทำภาชนะบรรจุอาหารจากกาบกล้วย.** ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

6. เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. **กล้วย.** 3. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

7. ยุทธการ อาจารีย์ และคณะ. 2544. **โครงการพัฒนาเครื่องตีเส้นใยพืชและเปรียบเทียบคุณสมบัติของต้นกล้วย ต้นกก และต้นอ้อ เพื่อทดแทนกระดาษ.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

8. รุ่งอรุณ วัฒนวงศ์. 2546. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกระดาษ. ใน **เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชากระบวนการเคมีอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

9. เรือนแก้ว ประพฤติ .2541.**การฟอกเยื่อกระดาษแบบชีวภาพโดย *Phanerocheate chrysosporium* และ *Ganoderma lucidum*.**วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

10. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2544. **วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชนนานาสาระ (3).** 1. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

11. สมโพธิ หอมจำรูญ. 2537. **การเพิ่มความแข็งแรงของกระดาษกล่องไม่เคลือบโดยใช้แป้งแปรรูป.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

12. สราวุธ พัชรชมพู. 2545. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยต้นกล้วยน้ำว้ามาผลิตเยื่อกระดาษ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2540. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการทดสอบกระดาษและกระดาษแข็ง เล่ม 3 วิธีหาสมบัติที่เกี่ยวข้องกับแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบที่มีอัตราการเพิ่มแรงดึงคงที่.** กรุงเทพฯ: 1-3.

14. อัญชลี กมลรัตนกุล. 2545. **คู่มือการใช้กระดาษเพื่อการหีบห่อ.** 1. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

15. http://chemfinder.cambridgesoft.com/result.asp

16. http://msds.pcd.go.th/view_search_name.asp?vName=hydrogen+peroxide

17. http://msds.pcd.go.th/view_search_name.asp?vName=sodium+hydroxide

18. http://www.advanceagro.com/knowing/index.asp

19. http://www.doae.go.th/library/html/detail/KUmagazine/february_44/kanpluklbanana.htm

20. http://www.fda.moph.go.th/fda-net/html/product/precursors/Hydrogen%20peroxide.html

21. http://www.hindu.com/thehindu/mp/2002/12/02/stories/2002120201200400.html

22. http://www.kenaf.jp/kamizo_e/bananapaper.html

23. http://www.qualityreport.co.th/emic.htm

24. http://www.thaifarmzone.com/modules.php?name=News&file=article&sid=82

25. http://www.thaiscience.com/lab_vol/p24/autoclave2

26. http://suan_naratip.tripod.com/banana.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้