สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การรีไซเคิลกระดาษจากกล่องนม

ธนัญญา เกียรติสุรนนท์
พัชรินทร์ แซ่เอี้ยว

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43914
วัน, เดือน, ปี 18 ต.ค. 2545
.b.....
.i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Paper Recycling from Milk Boxes

Thananya Kiatisuranont

Patcharin Sae Eiow

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

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การรีไซเคิลกระดาษจากกล่องนม

โดย นางสาวธนัญญา เกียรติสุรนนท์

นางสาวพัชรินทร์ แซ่เอี้ยว

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์

อาจารย์ สุจินต์ ตันติพิสิฐกุล

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้นับโครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

_____ หัวหน้าภาค

(ผศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

_____ ประธานกรรมการ

(อาจารย์ พรทิพย์ ศัพทอนันต์)

_____ กรรมการ

(ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย)

_____ กรรมการ

(ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์)

_____ กรรมการ

(อาจารย์ สุจินต์ ตันติพิสิฐกุล)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การรีไซเคิลกระดาษจากกล่องนม
นักศึกษา	นางสาวธนัญญา เกียรติสุรนนท์
	นางสาวพัชรินทร์ แซ่เอี้ยว
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อ. สุจินต์ ตันติพิสิฐกุล
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณลักษณะของกระดาษที่รีไซเคิลจากกล่องนม สภาวะที่ศึกษาได้แก่ จำนวนวันที่ปั่นกวน ความเร็วในการปั่นกวน ปริมาณเยื่อกระดาษที่ใช้ ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ รวมทั้งปรับปรุงกระดาษที่เตรียมได้โดยผสมกับชานอ้อย เพื่อศึกษาคุณลักษณะของกระดาษที่ได้และนำกระดาษที่เตรียมได้มาเปรียบเทียบกับกระดาษที่มีตามท้องตลาด 3 ชนิด คือ กระดาษถ่ายเอกสาร กระดาษหนังสือพิมพ์ และกระดาษสา

จากการศึกษาคุณลักษณะของกระดาษ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมกระดาษ คือ ความเร็วในการปั่นกวน 600 รอบ / นาที เป็นเวลา 4 วัน (วันละ 8 ชั่วโมง) ปริมาณเยื่อกระดาษ 30 กรัมให้กระดาษที่มีความหนาเหมาะสม ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ฟอกเยื่อให้ขาว 30 มิลลิลิตรต่อเยื่อกระดาษ 50 กรัม เมื่อผสมเยื่อกระดาษกับชานอ้อยในอัตราส่วน 90:10, 70:30 และ 50:50 พบว่ากระดาษที่มีการผสมชานอ้อยร้อยละ 10 ใช้เวลาในการซึมน้ำและน้ำมันนานกว่ากระดาษที่ผสมชานอ้อยร้อยละ 30 และ50 ส่วนความสามารถในการอมน้ำมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 ชนิด เมื่อพิจารณาค่าความต้านแรงดึง (MPa) พบว่ากระดาษที่ผสมชานอ้อยร้อยละ 10 มีค่ามากที่สุด และเมื่อนำกระดาษที่มีและไม่มีการผสมชานอ้อย เปรียบเทียบกับกระดาษในท้องตลาด พบว่าค่าความต้านแรงดึงของกระดาษหนังสือพิมพ์มีค่ามากที่สุดและกระดาษที่ผสมชานอ้อยร้อยละ 50 มีค่าน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Paper Recycling from Milk Boxes
Name	Miss Thananya Kiatisuranont
	Miss Patcharin Sae Eiow
Special Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Malinee Chaisupakitsin
Special Project Co-Advisor	Mrs.Sujin Tontipisitkul
Department	Environmental Resouce Chemistry
Acadamic Year	2001

ABSTRACT

This research aims to study characteristic of paper recycling from milk boxes. Experimental conditions of study are day and speed of rotation quantity of paper pulp and hydrogen peroxide. Characteristic of paper modified by mixing bagasses fiber was examined compared with 3 kinds of commercial papers, xerox paper, newspaper and handmade Sa paper.

From study on characteristic of prepared paper, it was found that suitable conditions for preperation paper are speed 600 rpm, 4 days (each day 8 hour) , quantity of paper pulp 30 g, hydrogen peroxide for bleaching brightness 30 ml per paper pulp 50 g. Mixing paper pulp with bagasses fiber at the ratio of 90:10, 70:30, and 50:50 found that paper contained 10% of bagasses fiber provided longer time of water and oil absorption than paper contained 30% and 50% of bagasses fiber but water retention was the same. The highest tensile strength was found in paper contain 10% of bagasses fiber. Comparison of tensile strength of commercial papers, paper with and without bagasses fiber, the results show that newspaper exhibits the highest value and paper with 50% bagasses fiber shows the lowest tensile strength.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยคำแนะนำ การช่วยแก้ไขปัญหาและความเอาใจใส่ดูแลจาก ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมโครงงานพิเศษ

ขอขอบพระคุณ อ. สุจินต์ ตันติพิสิฐกุล อาจารย์ผู้ร่วมควบคุมโครงงานพิเศษเป็นอย่างสูงที่ช่วยให้คำแนะนำและอนุเคราะห์วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณ อ.พรทิพย์ ศัพทอนันต์ และ ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย อาจารย์และกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ ที่กรุณาตรวจทานแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณกฤษณะ เกษประดิษธ์ และคุณสุดใจ สอนสะอาด เจ้าหน้าที่อาคารฝึกงานทางอุตสาหกรรมเคมีและพอลิเมอร์ ที่อำนวยความสะดวกตลอดการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ และเพื่อนนักศึกษาทุกท่านที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนการทำโครงงานพิเศษนี้มาโดยตลอด

นอกจากนี้ขอขอบคุณบุคคลท่านอื่นๆที่ให้ความกรุณาช่วยเหลือซึ่งผู้จัดทำมิได้กล่าวถึงอีกมากมายทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ธนัญญา เกียรติสุรนนท์
พัชรินทร์ แซ่เอี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 การผลิตกระดาษ	4
2.2 ชานอ้อย	7
2.3 ข้อมูลพื้นฐานของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	13
2.4 ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการฟอกเยื่อกระดาษโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	14
2.5 แรงตึงผิว (surface tension)	16
2.6 สมบัติแรงดึง (tensile properties)	17
2.7 แหล่งของกระดาษที่นำกลับมาใช้	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	23
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	23
3.3 การเตรียมกระดาษเพื่อใช้ในการทดลอง	24
3.4 การดำเนินการทดลอง	24
3.5 การวิเคราะห์	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 ทดสอบหาระยะเวลาการเปื่อยยุ่ยของกระดาษที่ความเร็วของการปั่นกวน 325 รอบ/นาที 28

4.2 ทดสอบหาความเร็วในการปั่นที่มีผลต่อการเปื่อยยุ่ยของกระดาษมากที่สุด ในเวลา 4 วัน 28

4.3 การเตรียมแผ่นกระดาษ 30

4.4 ศึกษาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 32

4.5 ศึกษาการเตรียมเยื่อกระดาษที่มีการเติมชานอ้อย 33

4.6 การวิเคราะห์ค่าความต้านแรงดึง ของกระดาษ 7 ชนิด 36

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 38

5.2 ข้อเสนอแนะ 39

บรรณานุกรม 40

ภาคผนวก ก. การคำนวณปริมาณกระดาษที่สามารถนำไปใช้แปรรูป 41

ภาคผนวก ข. ตารางผลการทดลอง 43

ภาคผนวก ค. มาตรฐานอุตสาหกรรมกระดาษ 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 น้ำหนักโมเลกุลของเซลลูโลสและอนุพันธ์	6
ตารางที่ 2.2 แสดงการวิเคราะห์ทางเคมีของชานอ้อย (คิดเป็น% เมื่อปราศจากความชื้น)	8
ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบค่าแสดงความสามารถเป็นตัวออกซิไดซ์ ในรูปของแอกทีฟคลอรีน (active chlorine) และแอกทีฟออกซิเจน (active oxygen) ระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กับสารอื่นๆ ที่มีสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์	14
ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของกระดาษที่มีปริมาณเยื่อกระดาษ 30 กรัม เตรียมจากการ ปั่นเยื่อด้วยความเร็ว 600รอบ/นาที	30
ตารางที่ 4.2 คุณลักษณะของกระดาษที่มีปริมาณเยื่อกระดาษ 50 กรัม เตรียมจากการ ปั่นเยื่อด้วยความเร็ว 600รอบ/นาที	31
ตารางที่ 4.3 คุณลักษณะของกระดาษผสมปริมาณชานอ้อยร้อยละ10	33
ตารางที่ 4.4 คุณลักษณะของกระดาษผสมปริมาณชานอ้อยร้อยละ30	33
ตารางที่ 4.5 คุณลักษณะของกระดาษผสมปริมาณชานอ้อยร้อยละ50	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของเส้นใย	5
รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของเส้นใยเซลลูโลส	6
รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะเส้นใยของชานอ้อย ภาพขยาย 100 เท่า	9
รูปที่ 2.4 แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำในหยดน้ำ	17
รูปที่ 2.5 แผนภาพความเค้น - ความเครียด	18
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยที่มีการรีไซเคิล 100% กับเส้นใยที่ยังไม่เคยผ่านการรีไซเคิล	21
รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของเส้นใยกระดาษที่ถูกปั่นกวนด้วยความเร็วต่างกัน	29
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าความต้านแรงดึงของกระดาษที่มีปริมาณเยื่อกระดาษ 30 กรัม ที่ความเร็วปั่นกวน 600 รอบ/นาที	31
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความต้านแรงดึงของกระดาษที่มีปริมาณเยื่อกระดาษ 50 กรัม ที่ความเร็วปั่นกวน 600 รอบ/นาที	32
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความต้านแรงดึง (เมกกะพาสคัล) ของกระดาษที่ผสมชานอ้อย	35
รูปที่ 4.5 กระดาษผสมชานอ้อยถ่ายด้วยกล้อง Polarizing Microscope 100 เท่า	35
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าความต้านแรงดึงของกระดาษ 7 ชนิด	36
รูปที่ 4.7 แสดงภาพขยายการเปรียบเทียบค่าความต้านแรงดึงจากรูป 4.6 ของกระดาษสา และกระดาษที่ได้จากการทดลอง	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

กระดาษเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่มนุษย์รู้จักผลิตและใช้มาแล้วตั้งแต่สมัยโบราณ เมื่อกว่า 5 พันปีมาแล้วอียิปต์ใช้ปาปิริส (papyrus) ซึ่งเป็นพืชลักษณะคล้ายต้นกกมาทับให้แบนเป็นแผ่น แล้วใช้เขียนจารึกแบบกระดาษ อย่างไรก็ตามถ้าพูดถึงกระดาษที่แท้จริงแล้ว จะต้องผ่านกระบวนการทำให้เส้นใยของพืชแยกออกจากกันแล้วประสานกันใหม่เป็นแผ่นกระดาษ ชาวจีนสมัยประมาณคริสตศักราช 100 เป็นผู้ค้นพบ โดยเริ่มทำจากเส้นใยของเปลือกต้นสา ซึ่งเป็นกระดาษทำนองเดียวกันกับกระดาษที่ใช้กันมากในเมืองจีนและญี่ปุ่น ในปัจจุบันกระบวนการผลิตกระดาษได้มีการพัฒนาวิธีการอย่างต่อเนื่องกันมา จากการผลิตด้วยมือโดยใช้อุปกรณ์ง่ายๆ จนถึงการใช้เครื่องมือที่ทันสมัยและมีความสลับซับซ้อนมากขึ้นอย่างในปัจจุบัน

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงานพิเศษ

สถานการณ์ปัจจุบันเกี่ยวกับมลพิษของสิ่งแวดล้อม กำลังทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ปัญหามลพิษในหลาย ๆ ด้านจำเป็นต้องมีการแก้ไขโดยเร่งด่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหามูลฝอยพวกกระดาษจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งรัฐเองก็ตระหนักในปัญหาดังกล่าวนี้ จึงได้กำหนดมาตรการแผนงานต่างๆ มารองรับเพื่อแก้ไขปัญหา ปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ปัญหาทรัพยากรที่ร่อยหรอ ในขณะนี้ประเทศกำลังพัฒนาด้านอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษจึงทำให้เกิดความต้องการปริมาณวัตถุดิบสูง เช่น ต้นไม้ และมีการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศในปริมาณมาก แต่สถานการณ์ในประเทศกลับมีการทิ้งผลิตภัณฑ์ที่ทำจากกระดาษที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นวัตถุดิบใหม่ได้ โดยไม่ได้คัดแยกเสียก่อนทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมขนส่งและกำจัด ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการในการคัดแยกมูลฝอยเพื่อให้ได้กระดาษที่ต้องการ รวมทั้งจะต้องกำหนดกลไกต่างๆ ที่จะพัฒนาและส่งเสริมการนำกระดาษกลับมาใช้ใหม่อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

เนื่องจากกระดาษมีประโยชน์ในวงการอุตสาหกรรมต่างๆ อาทิดอกไม้ประดิษฐ์ ร่ม โคมไฟ กล่องกระดาษ สมุดบันทึก แฟ้มเอกสาร กระดาษห่อของขวัญ ซึ่งได้มีการวิจัยในการทำกระดาษจากเส้นใยธรรมชาติหลายๆ ชนิด ซึ่งกระดาษสาที่ผลิตจากต้นสาเป็นหนึ่งในเส้นใยที่ได้รับความนิยม จึงมีการวิจัยการทำกระดาษสาให้เทคนิคที่เข้าใจง่ายสามารถผลิตได้ในครัวเรือน[1] ซึ่งขบวนการผลิตกระดาษสาและกระดาษที่ผลิตจากเส้นใยชนิดอื่น มักจะมีการฟอกเยื่อโดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การฟอกเยื่ออยู่มากมาย เช่น การฟอกเยื่อโดยวิธีทางชีวภาพ[2] ซึ่งจะดีกว่าการใช้สารเคมีเพราะไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมอีกทั้งมีงานวิจัยที่ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการฟอกขาว[3]

ในการวิจัยนี้ได้ใช้กล่องนมในการผลิตกระดาษรีไซเคิล โดยได้มีการเติมเส้นใยจากธรรมชาติ (ชานอ้อย) รวมกับเยื่อกระดาษที่ได้จากกล่องนม เพื่อศึกษาคุณลักษณะของกระดาษว่ามีผลต่อคุณภาพกระดาษอย่างไร

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการเตรียมเยื่อกระดาษจากกล่องนม
2. ศึกษาคุณภาพของกระดาษที่ทำจากกล่องนมเพียงอย่างเดียว
3. ศึกษาคุณภาพของกระดาษทีทำจากกล่องนมโดยมีการเติมชานอ้อย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทดสอบหาระยะเวลาที่ทำให้กระดาษเปื่อยยุ่ยเหมาะสมที่สุดโดยทำการปั่นเป็นเวลา 7 วัน (วันละ 8 ชั่วโมง)
2. ทดสอบหาความเร็วรอบที่ใช้ในการปั่นกระดาษให้มีความเปื่อยยุ่ยมากที่สุด (325 และ600 รอบ / นาที)
3. ทดสอบหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ใช้ในการฟอกกระดาษ (10 , 20 , 30 , 40 ,50 และ 60 มิลลิลิตร ต่อกระดาษ 50 กรัม)
4. ศึกษาปริมาณชานอ้อยที่มีผลต่อคุณลักษณะของกระดาษโดยแปรค่าปริมาณชานอ้อยด้วยการผสมเยื่อกระดาษกับชานอ้อยในอัตราส่วน 90:10 , 70:30 และ 50:50 โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

1. เตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
2. นำกล่องนมมาแยกชิ้นส่วน
3. ทดลองสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเยื่อกระดาษจากกล่องนม
4. ทำกระดาษโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากข้อ 3.
5. ทำการวิเคราะห์คุณภาพกระดาษ
6. ทำกระดาษโดยมีการเติมชานอ้อย และทำการวิเคราะห์คุณภาพกระดาษตามข้อ 5.
7. เปรียบเทียบคุณภาพเยื่อกระดาษ ที่ทำจากกล่องนมเพียงอย่างเดียวกับเยื่อกระดาษที่มีการเติมชานอ้อย
8. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเยื่อกระดาษจากกล่องนม
2. ทราบถึงคุณภาพกระดาษที่ทำจากกล่องนมเพียงอย่างเดียว
3. ทราบถึงผลของเส้นใยธรรมชาติ (ชานอ้อย) ที่มีผลต่อคุณลักษณะของกระดาษ

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย											
	เม ย	พ ค	มิ ย	ก ค	ส ค	ก ย	ต ค	พ ย	ธ ค	ม ค	ก พ	มี ค
ศึกษาและค้นคว้าข้อมูล												
ตั้งวัตถุประสงค์และขอบเขต												
จัดทำเค้าโครงงานวิจัย												
เสนอเค้าโครงงานวิจัย												
เตรียมอุปกรณ์และสารเคมี												
หาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมเยื่อกระดาษ												
ทดลองและวิเคราะห์คุณภาพกระดาษ												
สรุปและวิจารณ์												
ค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม												
จัดทำรูปเล่มรายงาน												
เตรียมเสนอโครงงานพิเศษ												
เสนอโครงการพิเศษ												

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

ในปัจจุบันมีการใช้กระดาษในกิจกรรมต่างๆ อย่างแพร่หลาย ในประเภทของงานและลักษณะที่แตกต่างกันดังนั้นจึงอาจจำแนกประเภทของกระดาษตามการใช้งานได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. บรรจุภัณฑ์ (Packaging) เป็นการใช้กระดาษเพื่อการบรรจุหรือใส่สิ่งของในรูปแบบต่างๆ กัน เช่น กล่อง หีบห่อ ถุง ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมอย่างสูงอยู่ในปัจจุบัน

2. การสื่อสาร (Cultural paper, Carrier of letter and Symbols) เป็นการใช้กระดาษในการติดต่อสื่อสารในรูปแบบของงานพิมพ์ เขียน โปสเตอร์ แผ่นปลิว สมุด และหนังสือ

3.วัสดุดูดซึม (Absorption media) เป็นการใช้กระดาษดูดสารในรูปแบบต่างๆ เช่น กระดาษเช็ดหน้า กระดาษทิชชู นอกจากนี้ยังมีการนำกระดาษประเภทนี้ไปใช้ดูดกลิ่น หรือสารเคมีบางชนิดได้อีกด้วย

4. กระดาษชนิดพิเศษ (Special paper) เป็นการใช้กระดาษในกิจการพิเศษเฉพาะงาน เช่น ใช้ทำโครงสร้างอาคาร บุฝาผนัง วัสดุดูดซับเสียงเพื่อช่วยลดเสียงก้อง กระดาษประเภทนี้จะทำขึ้นเพื่อใช้เฉพาะงานตามความต้องการของผู้ใช้เท่านั้น

2.1 การผลิตกระดาษ[4]

ในกระบวนการผลิตกระดาษจะแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนคือ การเตรียมหรือเลือกวัตถุดิบ การผลิตเยื่อกระดาษ และการผลิตแผ่นกระดาษ ซึ่งแต่ละขั้นตอนละเอียดดังนี้

1. วัตถุดิบ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษได้มาจากส่วนต่างๆ ของพืช พวกเส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุอินทรีย์ที่สำคัญ หาได้ง่ายจากธรรมชาติและมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ด้วยเหตุนี้เส้นใยธรรมชาติสารเติมแต่ง (Additives) จำพวกสารตัวเติม (Filler) และสารเสริมแรง (Reinforcement) ในพอลิเมอร์เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เพิ่มปริมาณและลดต้นทุนการผลิต

โครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติประกอบด้วย

1.1 เซลลูโลส (Cellulose) เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลประเภทกลูโคสเพียงชนิดเดียว เซลลูโลสจะพบได้พืชเท่านั้น และจัดเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างของผนังเซลล์พืช

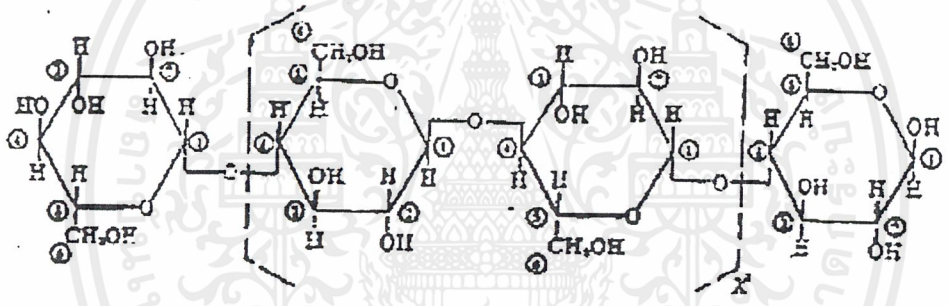
1.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicelluose) เป็นพอลิเมอร์น้ำตาลหลายชนิดผสมกัน เช่น กลูโคส แมนโนส ไซโลส อะราบิโนส เฮมิเซลลูโลส มีสมบัติพิเศษที่สามารถอมน้ำและพองตัวได้ ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญและมีความจำเป็นต่อการทำกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ลิกนิน (Lignin) เป็นพอลิเมอร์ของสารฟีนิลโพรเพนที่จับตัวกันเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติ มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ ลิกนินจะช่วยให้เส้นใยมีความแข็งแรงและทำให้อ่อนตัวได้ยาก นอกจากนี้ลิกนินที่เกาะอยู่กับเส้นใยถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะทำให้ได้เส้นใยมีคุณภาพไม่ดี

1.4 สารที่สกัดได้ (Extractive Substance) เป็นสารชนิดต่างๆ ที่มีอยู่ในพืชซึ่งจะถูกสกัดออกได้ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์สารเหล่านี้ได้แก่ สารสี (Pigment) โปรตีน

พืชแต่ละชนิดจะมีส่วนประกอบเหล่านี้ในปริมาณและลักษณะที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุ และการเก็บรักษาก่อนนำมาใช้งาน



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของเส้นใย

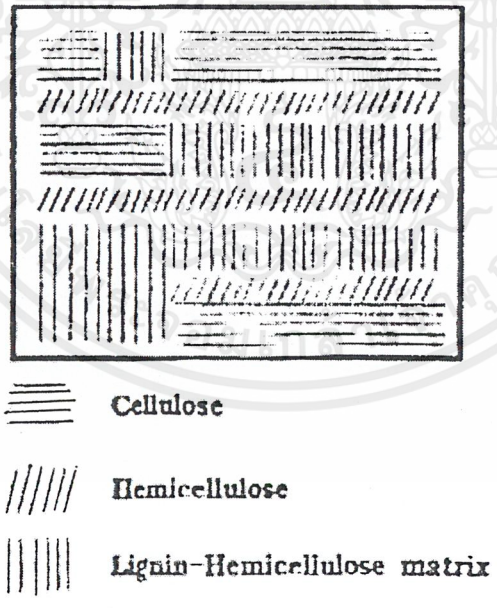
จากการวิเคราะห์ โครงสร้างทางเคมีโดยการเผาไหม้ของเซลลูโลสในเส้นใยฝ้าย (Cotton fibers) แสดงให้เห็นว่าส่วนใหญ่อยู่ในรูป Hexose anhydride ซึ่งอยู่ในรูปของ Anhydroglucose ถึง 95% คุณสมบัติของเซลลูโลสและอนุพันธ์คือเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงดังรูปที่ 2.1 น้ำหนักโมเลกุลของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ดังนั้นสามารถปรับปรุงได้โดยการเพิ่มน้ำหนักโมเลกุล ในทางอุตสาหกรรมจะพิจารณาโดยทำการทดสอบความหนืดซึ่งสามารถบอกน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณ การกระจายน้ำหนักโมเลกุลของวัสดุเซลลูโลสมีความสำคัญ เพราะส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลจะส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 น้ำหนักโมเลกุลของเซลลูโลสและอนุพันธ์

Material tested	Molecular weight	Degree of polymerization[a]
Native cellulose	Over 570 000	Over 3,500
Chemical cottons	80,000-500,000	500-3,000
Wood pulps	90,000-210 000	600-1,300
Commercial regenerated celluloses	30,000 90 000	200-600
Commercial mercerloses	25 000-875 000	100-3,500
Commercial cellulose acetates	45,000 100 000	175-360

[a]จำนวนหน่วยของกลูโคสในโมเลกุล



รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของเส้นใยเซลลูโลส

พืชประกอบด้วยเซลล์หลายชนิดซึ่งมีขนาด รูปร่างและโครงสร้างเฉพาะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชนั้นๆ ต้นสามีเส้นใยที่เรียกว่า Tracheids ซึ่งมีความยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.03 มิลลิเมตร ส่วนเส้นใยที่อยู่ในไม้ผลัดใบเรียกว่า Wood fibers ยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.01 มิลลิเมตร เมื่อศึกษาโครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลสด้วย X-ray พบว่าโมเลกุลของเส้นใยเซลลูโลสมีการจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบประกอบด้วยบริเวณที่เป็นผลึก (Crystalline regions) และแยกออกจากกันด้วยส่วนที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous) ซึ่งเป็นบริเวณที่โมเลกุลเซลลูโลสอยู่กันอย่างไม่เป็นระเบียบ ดังรูปที่ 2.2

สมบัติทางกายภาพที่สำคัญของเซลลูโลส

1) การดูดซับความชื้น

ส่วนใหญ่เซลลูโลสมีการดูดหรือคายไอน้ำและของเหลวอื่นๆ ในบรรยากาศรอบๆจนกระทั่งถึงสมดุล ซึ่งสมดุลของปริมาณความชื้นของเซลลูโลสจะเปลี่ยนไปตามความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศรอบ ๆ นั้น ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อคุณสมบัติบางประการ เช่น เมื่อความชื้นสูงขึ้น ค่าความแข็งแรง (Tensile strength) ของเส้นใยฝ้ายจะมีค่ามากขึ้น ส่วนเส้นใยเรยอน (Rayon) จะมีค่าลดลง

2) การละลายและความหนืด

เซลลูโลสไม่ละลายน้ำแต่ละลายในกรดเข้มข้น เช่น กรดซัลฟูริก 72% กรดไฮโดรคลอริก 40% และกรดฟอสฟอริก 85% เซลลูโลสจะเกิดไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็วในสารละลายกรดที่อุณหภูมิห้องอย่างไรก็ตามปฏิกิริยาจะหยุดที่อุณหภูมิต่ำ

ในสารละลายของเกลือเข้มข้นบางชนิด เช่น ซิงค์คลอไรด์ (Zinc chloride) 72% และสารละลายอัลคาไลไฮดรอกไซด์ (Alkali hydroxide) ทำให้เซลลูโลสบวมและบางครั้งทำให้เซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถละลายได้ ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของเซลลูโลสและอนุพันธ์โดยที่ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความเข้มข้นของเซลลูโลสเพิ่มขึ้น

3) ความหนาแน่น

ความหนาแน่นของเซลลูโลสที่เป็นเส้นใยเดี่ยวจะไม่มีค่าแน่นอน ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเส้นใยของเซลลูโลสแปรตามแหล่งที่มา และอาจเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการปรับปรุงทางเคมี

2.2 ชานอ้อย [5]

ชานอ้อยเป็นเส้นใยธรรมชาติที่ได้จากเกษตรกรรมโดยการบดต้นอ้อยในลูกกลิ้ง เพื่อให้ได้น้ำตาล ชานอ้อยมีหลายสีแต่โดยทั่วไปจะเป็นสีเหลืองเทาหมองๆจนถึงสีเหลืองซีด ซึ่งจัดเป็นสารประกอบประเภทลิกโนเซลลูโลส (สารที่ประกอบด้วยลิกนิน และเซลลูโลส) นอกจากนี้ชานอ้อยมีลักษณะเป็นเกะกะไม่ระเบียบ และมีมากมายหลายขนาดขึ้นกับการบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติทางกายภาพของชานอ้อย

ชานอ้อยประกอบด้วยสองส่วนที่แยกกันอย่างเห็นได้ชัด คือ ส่วนแรกเป็นชั้นผนังหนาและจะค่อนข้างยาวซึ่งเป็นส่วนของเส้นใยที่ได้จากเปลือกนอก และมัดท่อลำเลียงที่กระจายอยู่ภายในลำต้น ส่วนที่สองเป็นส่วนที่มีความสำคัญที่ได้จากเซลล์ที่มีผนังบางของพาเรนไคมา (Parenchyma) ของลำต้นซึ่งทำหน้าที่เก็บสะสมน้ำตาลอ้อย ส่วนประกอบของทั้งหมดของชานอ้อยในส่วนของเส้นใย และแกนกลางได้แสดงในตารางที่ 2.2

เส้นใยอ้อยมีลักษณะคล้ายกับเส้นใยของฝ้าย และขนสัตว์ คือมีลักษณะโครงสร้างขดเป็นวงมีความยาวโดยเฉลี่ยประมาณ 1.0 - 4.0 mm และกว้าง 0.010 - 0.04 mm ลักษณะของเส้นใยนั้นขึ้นกับชนิดของชานอ้อย

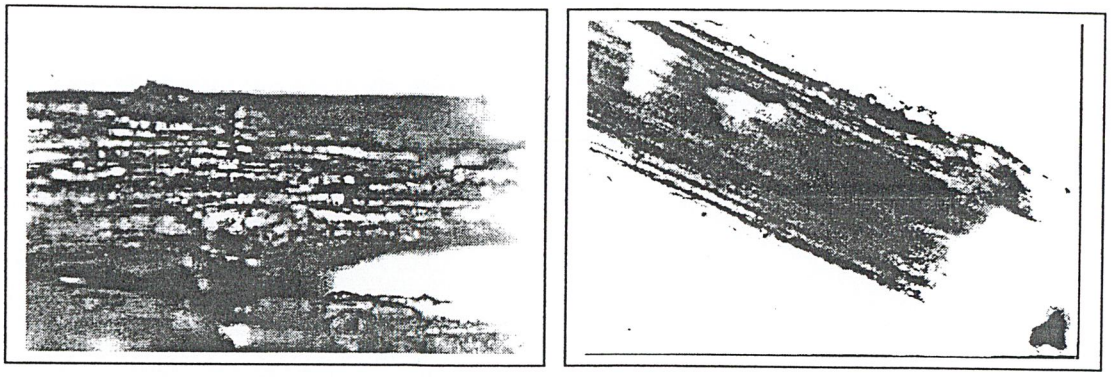
ตารางที่ 2.2 แสดงการวิเคราะห์ทางเคมีของชานอ้อย (คิดเป็น% เมื่อปราศจากความชื้น)

Constituent	Entire bagasse	Entire bagasse	Bagasse fiber	Bagasse pith
cellulose	40.00	46.00	56.60	55.40
gums (araban, galactan, xylan)	24.40	24.60	26.11	29.30
protein	1.80			
sugars				
sucrose	14.00			
glucose	1.40			
acids	0.40			
fats and waxes	0.60	3.45	2.25	3.33
ash	2.40	2.40	1.30	3.02
lignin	15.00	19.95	19.15	22.30
silica		2.00	0.46	2.42

องค์ประกอบของชานอ้อย

ชานอ้อยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเส้นใยประมาณ 42 – 43% ความชื้น (Moisture) 46 – 52% และส่วนอื่นๆ ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำตาล 2 – 8 %ส่วนประกอบทางเคมีของชานอ้อยประกอบด้วยเซลลูโลส ลิกนิน และสารพอลิเมอร์ธรรมชาติ เซลลูโลส ในชานอ้อยเป็นโฮโมพอลิเมอร์ประเภท D-กลูโคส พอลิเมอร์ของเฮมิเซลลูโลสประเภท D-ไซเลนและลิกนินเป็นประเภทฟีโนลิกธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(1) (2)

รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะเส้นใยของชานอ้อย ภาพขยาย 100 เท่า
(1) เส้นใยชานอ้อยที่ยังไม่ผ่านการต้มเยื่อ
(2) เส้นใยชานอ้อยที่ผ่านการต้มเยื่อ

ประโยชน์จากชานอ้อย

ชานอ้อย คือ ส่วนของอ้อยที่เหลือภายหลังจากการหีบน้ำอ้อยออก โดยใช้ลูกหีบหนึ่งหรือหลายชุดซึ่งจะมีประมาณ 30% ของอ้อยที่หีบ ชานอ้อยมีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมมาก เช่น ใช้ทำไม้อัด เยื่อกระดาษ พลาสติก อาหารสัตว์ ตลอดใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันเตาในโรงงานอุตสาหกรรม ขี้เถ้าที่เหลือนำมาผสมกับหินปูนและถ่านหินสามารถผลิตเป็นอิฐก่อสร้างได้ ในบางประเทศนำชานอ้อยไปผลิตกระแสไฟฟ้า การใช้ประโยชน์จากชานอ้อย ได้แก่

1. เชื้อเพลิงและการผลิตกระแสไฟฟ้า

ชานอ้อยสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาหม้อน้ำเพื่อผลิตเป็นไอน้ำใช้ในการต้มเคี่ยวน้ำตาล ชานอ้อย (ความชื้นประมาณ 49%) หนัก 1 ตัน จะให้พลังงานความร้อนเทียบเท่าน้ำมันเตา 0.18 ตัน ถ่านหิน 0.26 ตัน ก๊าซธรรมชาติ 0.209 ลูกบาศก์เมตร ไม้ 0.55 ตัน และไอน้ำที่ผลิตได้นำไปชักลากมอเตอร์สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งชานอ้อยที่นำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าต้องมีปริมาณมากพอ เพราะต้องใช้แทนถ่านหินหรือน้ำมันเตาซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่นับวันมีแต่หมดสิ้นไปโดยไม่สามารถทำให้เกิดขึ้นใหม่ได้

2. ผลิตเยื่อกระดาษ

ประเทศที่ริเริ่มนำชานอ้อยมาทำเยื่อกระดาษ ได้แก่ ฝรั่งเศส เมื่อปี ค.ศ. 1838 ต่อมาแพร่หลายทั่วไปและสามารถทำกระดาษอัดหรือไม่อัดโดยพิจารณาเส้นใยที่นำมาผลิตด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับความแข็งแรง จำนวนเส้นใย ความต้านทานต่อความชื้นและการผุพังได้ดี นอกจากนี้สามารถใช้ชานอ้อยผลิตพาร์ติเคิลบอร์ด (Particle board) นำมาอัดเป็นแผ่นเล็กๆ เป็นชิ้นๆ โดยใช้ความร้อนและสารเคมี ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ ตู้ทีวี กระเป๋าเดินทาง โต๊ะ ภาชนะ ฯลฯ

3. อาหารสัตว์

ชานอ้อยเมื่อทำให้แห้ง (ความชื้นประมาณ 10%) สามารถใช้ผสมกับกากน้ำตาลในอัตราส่วนกากน้ำตาล 70 ส่วนต่อชานอ้อย 30 ส่วน ทำเป็นอาหารสัตว์ได้

4. ผลิตคอนกรีต

ผสมชานอ้อย 6 ส่วนต่อปูนซีเมนต์ 1 ส่วนเพื่อให้มีราคาถูกลง มีน้ำหนักเบา และเพื่อต่อต้านการทำปฏิกิริยากับสีโป๊ว

5. ผลิตพลาสติก

เนื่องจากส่วนประกอบของชานอ้อยมีลิกนินผสมอยู่ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการผลิตพลาสติก นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมอื่นๆใช้เป็นวัตถุดิบ เช่น เนื้อไม้ที่ไม่ใช้แล้วนำมาย่อยสลายด้วยกรด ความร้อนและความดัน แล้วอัดเป็นเม็ดพลาสติก

6. สารเสริมแรง

ชานอ้อยสามารถใช้เป็นสารเสริมแรงในพอลิเมอร์เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกล โดยนำเส้นใยมาผสมกับพอลิเมอร์เมตริกซ์เพื่อผลิตเป็นพอลิเมอร์คอมพอสิต

7. ผลิตถ่านกัมมันต์

ชานอ้อยเป็นวัสดุธรรมชาติที่สามารถนำมาผลิตถ่านกัมมันต์ได้ โดยการนำไปเผาที่อุณหภูมิต่ำ (Carbonization) แล้วจึงกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$)

สำหรับเส้นใยที่ใช้ในการทำกระดาษ จะได้มาจากส่วนต่าง ๆ ของพืช ซึ่งอาจจำแนกออกได้เป็น 2 พวก คือ

1. พวกที่เป็นเนื้อไม้ (Wood) เป็นส่วนที่ได้จากส่วนเนื้อของลำต้นพืชยืนต้นซึ่งให้เส้นใยขนาดต่างๆ กัน อาจแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามสมบัติของเนื้อไม้คือ

ก. ไม้เนื้อแข็ง (Hard wood) เป็นเนื้อไม้จากพืชยืนต้นพวกแองจิโอสเปอร์มไม้พวกนี้มีการผลัดใบ เช่น ไม้สัก ไม้ยาง ไม้เนื้อแข็งมีเส้นใยค่อนข้างสั้น แข็ง และมีสีสัน เส้นใยที่ได้จากไม้พวกนี้จะมีคุณภาพค่อนข้างต่ำ ไม่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการทำกระดาษ

ข. ไม้เนื้ออ่อน (Soft wood) เป็นเนื้อไม้จากพืชยืนต้นพวกจิมโนสเปอร์ม ไม้พวกนี้ไม่มีการผลัดใบ เช่น ไม้สนสองใบ สนสามใบ ไม้เนื้ออ่อนมีเส้นใยขนาดยาว เนื้อไม้ชนิดนี้จะมีความอ่อนตัวสูงกว่าไม้เนื้อแข็ง และเส้นใยที่มีคุณภาพดีเหมาะสมต่อการทำเป็นกระดาษ

2. พวกที่ไม่ใช่เนื้อไม้ (Non-wood) เป็นส่วนที่ได้จากพืชล้มลุกและเปลือกไม้ของพืชบางชนิด เส้นใยพวกนี้มีขนาดแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของพืชเหล่านั้น อาจแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. หญ้า (Grass) เป็นส่วนที่ได้จากพืชตระกูลหญ้าและไม้ไผ่

ข. เปลือกไม้ (Bast) เป็นส่วนที่ให้เส้นใยจากเปลือกของลำต้นของพืชยืนต้น เส้นใยจากเปลือกไม้เป็นที่นิยมใช้ทำกระดาษกันมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว เช่น การทำกระดาษสาจากเปลือกต้นสา กระดาษข่อยจากเปลือกต้นข่อย

ค. ผล (Fruit) เป็นส่วนของผลที่มีเส้นใย เช่น มะพร้าว ปาล์ม ใยจากผลไม่นิยมใช้ทำกระดาษ เนื่องจากเป็นเส้นใยที่มีความแข็ง

ง. ใบ (Leaf) เป็นส่วนจากใบของพืชที่ให้เส้นใย เช่น ใบอ้อย ใบปาล์ม

ส่วนต่าง ๆ ของพืชเหล่านี้จะให้เส้นใยที่มีลักษณะแตกต่างกันการนำเส้นใยไปใช้ทำกระดาษจึงขึ้นอยู่กับชนิดของกระดาษที่ต้องการและกระบวนการผลิตเป็นสำคัญ

2. การผลิตเยื่อกระดาษ เป็นขั้นตอนที่นำวัตถุดิบจากส่วนต่าง ๆ ของพืชมาย่อยด้วยกระบวนการที่เหมาะสม เพื่อทำให้วัตถุดิบมีความอ่อนและแยกออกจากกันเป็นเส้นใย วัตถุดิบที่ใช้อาจมีขนาดและลักษณะแตกต่างกัน ดังนั้นก่อนนำวัตถุดิบไปย่อยจึงต้องทำให้วัตถุดิบมีขนาดเล็ก ๆ ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น ตัด บด เพื่อทำให้สะดวกต่อการนำเข้าไปในเครื่องย่อย การผลิตเยื่อกระดาษจะมีขั้นตอนในการผลิตดังต่อไปนี้

2.1 การย่อยเยื่อ เมื่อทำชิ้นวัตถุดิบให้มีขนาดตามที่ต้องการแล้ว จึงนำวัตถุดิบเหล่านี้ไปย่อยเป็นเส้นใยซึ่งในระบบอุตสาหกรรมมีวิธีทำได้หลายวิธีดังนี้

ก. Mechanical process เป็นการย่อยวัตถุด้วยวิธีกล โดยการบดให้วัตถุดิบแตกออกจากกันจนเป็นเยื่อกระดาษหรือเส้นใย วิธีนี้นิยมใช้ผลิตเยื่อทำกระดาษหนังสือพิมพ์รายวัน ซึ่งเป็นกระดาษที่ไม่ต้องการความคงทนถาวรสูงมากนัก

ข. Thermomechanical process เป็นวิธีการย่อยที่มีการอบวัตถุดิบด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิประมาณ 120 – 140 °C ในเวลาที่เหมาะสม แล้วจึงนำไปบดต่อจน ได้เยื่อกระดาษตามที่ต้องการวิธีนี้นิยมใช้ทำเยื่อไม้เพื่อทำกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์เขียนบางชนิด

ค. Chemimechanical process เป็นวิธีการย่อยเยื่อ ที่มีการต้มวัตถุดิบด้วยสารเคมีจนอ่อนนุ่มแล้วจึงบดให้เป็นเยื่อกระดาษ

ง. Chemithermomechanical process วิธีนี้เมื่อต้มวัตถุดิบด้วยสารเคมีจนอ่อนนุ่มแล้ว จึงบดเยื่อไม้ที่อุณหภูมิประมาณ 120 –140 ° C จนเป็นเยื่อกระดาษ

จ. Semichemical process เป็นวิธีการย่อยเยื่อไม้ โดยการต้มด้วยสารเคมีแล้วบดให้เส้นใยแยกออกจากกัน เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในกระบวนการย่อยเยื่อ และให้เยื่อที่มีคุณภาพดี ซึ่งสามารถนำไปใช้ทำกระดาษชนิดต่างๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ. Chemical process เป็นวิธีการย่อยเยื่อไม้ที่ใช้ปฏิกิริยาจากสารเคมีและความร้อน เพื่อช่วยย่อยให้เยื่อกระดาษแยกตัวออกมาจากลิกนินและสารที่ไม่ต้องการ วิธีการนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายอยู่ในปัจจุบัน

2.2 การล้างร่อนเยื่อ เยื่อกระดาษที่ผ่านการย่อยมาแล้ว อาจมีสิ่งต่างๆ ตกค้างอยู่บนเส้นใยและเส้นใยที่ได้ยังมีขนาดแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องล้างเส้นใยเพื่อทำให้เส้นใยมีความสะอาดเพิ่มขึ้น พร้อมกับแยกเส้นใยที่ยังถูกย่อยได้ไม่สมบูรณ์ออกจากกันด้วยตะแกรงร่อนเยื่อที่ได้หลังจากล้างและแยกเพื่อคัดขนาดแล้วจะมีสีน้ำตาลหรือสีเหลือง ซึ่งสามารถนำไปใช้ทำกระดาษที่ไม่ต้องการความขาวมากนัก แต่กระดาษที่ได้จะมีคุณภาพเหมาะสมกับงานบางชนิดเท่านั้น

2.3 การฟอกเยื่อ เส้นใยของเยื่อกระดาษที่ผ่านการล้างร่อนเยื่อมาแล้วจะมีสีน้ำตาลหรือสีเหลือง เนื่องจากบางส่วนของเส้นใยยังคงมีลิกนินติดอยู่ จึงต้องฟอกเยื่อเหล่านี้เพื่อกำจัดลิกนินและทำให้เยื่อมีสีขาวเพิ่มขึ้นด้วย กระบวนการซึ่งเป็นที่นิยมอยู่ในปัจจุบันประกอบด้วย

ก. ฟอกด้วยคลอรีน เป็นการฟอกเยื่อด้วยก๊าซคลอรีนโดยผ่านก๊าซคลอรีนลงไปในน้ำเยื่อ

ข.ล้างด้วยโซดาไฟ เยื่อที่ฟอกด้วยคลอรีนแล้วจะต้องล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อกำจัดคลอรีนส่วนที่ตกค้างอยู่ และในขณะเดียวกันเป็นการกำจัดลิกนินที่ตกค้างอยู่ออกจากเส้นใยด้วย

ค. การฟอกด้วยไฮโป เส้นใยที่ผ่านการฟอก 2 ขั้นตอนแรกมาแล้ว จะมีสีน้ำตาลอ่อนจึงอาจต้องฟอกต่อไปอีกด้วยสารละลายไฮโป การฟอกด้วยไฮโปจะต้องทำในช่วงระยะเวลาสั้นๆ เนื่องจากถ้าฟอกนานเกินไปจะทำให้เส้นใยถูกทำลายจนเปื่อยยุ่ย และมีสมบัติเลวลงได้

ง. ฟอกด้วยคลอรีนไดออกไซด์ เยื่อที่ผ่านการฟอกไฮโปอาจมีความขาวยังไม่เพียงพอจึงต้องฟอกต่อไปอีกด้วยคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) การฟอกขั้นนี้เป็นการฟอกขั้นสุดท้าย เยื่อที่ได้จะมีความขาวตามต้องการ และการฟอกด้วยคลอรีนไดออกไซด์จะไม่ทำให้เยื่อมีคุณภาพเลวลง

แต่เนื่องจากการฟอกด้วยคลอรีนจะทำให้น้ำมีการปนเปื้อนด้วยสารเคมีที่เป็นพิษจึงได้มีการใช้สารเคมีอีกชนิดหนึ่งเข้าไปใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการฟอกเยื่อนั่นก็คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) ซึ่งก่อให้เกิดผลดี ดังนี้คือ [10]

1. ช่วยลดปริมาณการใช้สารคลอรีนในกระบวนการฟอกเยื่อ ซึ่งเป็นการลดปริมาณสารพิษที่เพิ่มขึ้น
2. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ และลดการกลับสี (brightness reversion) ของเยื่อกระดาษได้ เมื่อนำไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไปใช้ในขั้นตอนต่างๆในกระบวนการฟอกเยื่อ เช่น

2.1 ใช้ในขั้นออกซิเจน (oxygen stage, O) ซึ่งในประเทศไทย ได้มีการใช้ออกซิเจนเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการฟอกเยื่อกระดาษ โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อลดปริมาณสารลิกนิน การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ช่วยเสริมในขั้นนี้ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดปริมาณลิกนินในเยื่อได้ดีกว่าการใช้ออกซิเจนแต่เพียงอย่างเดียว ลักษณะการใช้จะเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 0.2–0.5 ต่อน้ำหนักเยื่อแห้ง ขั้นตอนนี้ซึ่งมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ช่วยเสริมประสิทธิภาพการฟอก ใช้สัญลักษณ์เป็น Op

2.2ใช้ในขั้นการสกัดตัวอย่าง(extraction stage, E) เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ปริมาณร้อยละ 0.3-0.8 ต่อน้ำหนักเยื่อแห้ง จะส่งผลทำให้เยื่อที่ได้จากขั้นนี้มีความขาวสว่างขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้โซเดียมเปอร์ออกไซด์เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเพิ่มความคงทน ในการกลับสีของกระดาษและยังช่วยลดปริมาณลิกนิน ที่เหลือในเยื่อได้อย่างดีด้วย ขั้นตอนการสกัดตัวอย่าง ซึ่งใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ช่วยเสริมประสิทธิภาพการฟอกใช้สัญลักษณ์เป็น Ep

2.3.ขั้นเปอร์ออกไซด์ (peroxide stage, P) การฟอกเยื่อในขั้นนี้ นิยมใช้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการฟอกเยื่อกระดาษ โดยมีปริมาณการใช้ประมาณร้อยละ 0.5 – 3.0 ต่อน้ำหนักเยื่อแห้ง ขึ้นอยู่กับความต้องการสมบัติทางด้านแสงของกระดาษ คือ ความขาวสว่าง (brightness) ข้อดีของการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในขั้นตอนนี้คือ เยื่อที่ได้มีค่า การกลับสีต่ำกว่า การใช้สารประกอบคลอรีน เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรด์ เป็นสารฟอกแต่เมื่อเทียบประสิทธิภาพในการเพิ่มความขาวสว่าง การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะได้เยื่อที่มีค่าความขาวสว่าง การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะได้เยื่อที่มีค่าความขาวสว่างต่ำกว่าที่ระดับปริมาณการใช้เท่ากัน

2.3 ข้อมูลพื้นฐานของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ [6]

สารละลายของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะมีสภาพความเป็นกรดอ่อน (pH 2.0) ซึ่งในสภาพนี้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะมีเสถียรภาพอยู่ได้ค่าคงที่ในการแตกตัวเท่ากับ 2*10-11 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้องถึงอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นช่วงของอุณหภูมิที่ใช้ในการฟอกเยื่อกระดาษด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในกระบวนการฟอกเยื่อกระดาษ) ค่า redox potential เท่ากับ –0.2 โวลต์ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 10-11

สูตรโครงสร้างของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ คือ H_2O_2 สารละลายของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาด มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 50 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายวัตถุประสงค์ เช่น ใช้ผสมเป็นน้ำยาล้างแผล ใช้ในขั้นตอน การลอกแป้งและฟอกขาวในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบ ค่าแสดงความสามารถเป็นตัวออกซิไดส์ ในรูปของแอกทีฟคลอรีน (active chlorine) กับแอกทีฟออกซิเจน (active oxygen) ระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับสารอื่นๆที่มีสมบัติ เป็นตัวออกซิไดส์

Oxidant, 1 kg	Active Chlorine, kg	Active Oxygen, kg
$NaClO$	0.93	0.21
$NaClO_2$	1.57	0.35
ClO_2	2.63	0.59
Na_2O_2	0.91	0.20
H_2O_2	2.09	0.47
$KMnO_4$	1.11	0.25

จากข้อมูลดังกล่าวพบว่า ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีความสามารถเป็นตัวออกซิไดส์ในรูปของแอกทีฟคลอรีน และแอกทีฟออกซิเจนสูงกว่าสารประกอบอื่นๆหลายชนิดยกเว้นคลอรีนไดออกไซด์

2.4 ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการฟอกเยื่อกระดาษโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ [6]

การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารฟอก (bleaching agent) เยื่อกระดาษทำในสภาพด่าง (alkalinity) มีค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 10.5-11 โดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดส์และเป็นสารฟอกในเวลาเดียวกัน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เติมลงในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะทำให้เกิดเปอร์ไฮดรอกซิลไอออน (perhydroxylion,OOH) ซึ่งว่องไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันมาก สมดุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเปอร์ไฮดรอกไอออน ในสภาวะที่เป็นด่าง (alkali condition) แสดงในสมการที่ (1)

$$H_2O_2 + OH \rightleftharpoons OOH + H_2O \qquad (1)$$

ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 10.5 จะมีเปอร์ไฮดรอกซิลไอออนอยู่มากกว่าร้อยละ 90 และเมื่อเพิ่มความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น มากกว่านี้จะทำให้สมดุลของปฏิกิริยาไปทางด้านขวาเพิ่มมากขึ้น (OOH มากขึ้น) แต่เมื่อเพิ่มความเป็นกรดด่างสูงมากเกินไป (มากกว่า 11.5) จะทำให้เกิดการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กลายเป็นน้ำและออกซิเจนดังสมการที่ (2)

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + HO_2 \qquad (2)$$

ในการสลายจะเกิดเป็นตัวกลาง radical ซึ่งจะว่องไวต่อปฏิกิริยามากตาม สมการ (3) และสมการ (4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_2O_2 + OOH \longrightarrow HO + O^{-}_{2\cdot} + H_2O \qquad (3)$$

$$H_2O_2 + OOH \longrightarrow HO^{-} + O_2 + HO_2 \qquad (4)$$

3. การผลิตแผ่นกระดาษ การผลิตแผ่นกระดาษเป็นการนำเยื่อกระดาษที่ย่อยจนเป็นเส้นใยเรียบร้อยแล้วมาทำให้เป็นแผ่นกระดาษโดยกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

1. การเตรียมเยื่อ (Stock preparation) เยื่อที่ผ่านการฟอกแล้วจะถูกนำมาผสมกับน้ำส่งแล้วเข้าไปในเครื่องบดเยื่อ (Refiner) เพื่อทำให้เส้นใยมีความอ่อนตัวเพิ่มขึ้น และแยกเป็นเส้นใยเดียวซึ่งมีขนาดและความยาวตามที่ต้องการ เพื่อให้เหมาะสมกับการทำกระดาษแต่ละชนิดนอกจากนี้การบดเยื่อยังทำให้เส้นใยบางส่วนแตกออกเป็นริ้ว ซึ่งส่วนที่แตกออกเป็นริ้วของเส้นใยจะช่วยเพิ่มพื้นที่ในการยึดเหนี่ยว ทำให้กระดาษมีความเหนียวและมีความหนาแน่นเสมอ ในระหว่างนี้จะมีการเติมสารบางชนิดลงไปด้วยเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของกระดาษ เช่น สารกันซึม สารทึบแสง

2. การผลิตแผ่นกระดาษ เยื่อที่ผสมส่วนประกอบต่าง ๆ จนมีสมบัติตามที่ต้องการแล้วจะถูกนำไปทำเป็นกระดาษด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

2.1 การทำแผ่นกระดาษ (Sheet formation) เป็นการทำให้เยื่อกระดาษเรียงตัวกันเป็นแผ่น โดยการผ่านน้ำเยื่อกระดาษลงบนตะแกรง น้ำจะไหลผ่านตะแกรงและเหลือแผ่นกระดาษตกค้างอยู่บนตะแกรง

2.2 การอัดรีดกระดาษ (Pressing) กระดาษที่เป็นแผ่นแล้วจะยังคงมีน้ำตกค้างอยู่จึงต้องอัดรีดกระดาษเพื่อไล่น้ำออก นอกจากนี้การอัดรีดกระดาษยังทำให้กระดาษมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและเป็นแผ่นเรียบ

2.3 การอบกระดาษ (Drying) กระดาษที่อัดรีดเพื่อไล่น้ำยังคงมีน้ำตกค้างอยู่สูงกว่าความต้องการจึงต้องอบกระดาษเหล่านั้นต่อไปอีกเพื่อให้ปริมาณของน้ำในกระดาษตามต้องการ โดยปกติกระดาษจะมีน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 8

2.4 การเข้าม้วน (Reeling) กระดาษที่อบแห้งแล้วจะนำไปเข้าม้วนเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

กระดาษที่ผ่านกระบวนการเหล่านี้ เมื่อตรวจสอบคุณภาพจนได้ตามที่ต้องการแล้วก็สามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งอาจใช้ในรูปแผ่นกระดาษโดยตรงหรือแปรรูปไปเพื่อให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระดาษที่ผลิตได้ตามที่ต้องการมาแล้วจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1. เยื่อกระดาษ (Pulp) เป็นส่วนสำคัญของแผ่นกระดาษ ที่ได้มาจากเส้นใยของพืช เยื่อกระดาษที่ใช้ทำกระดาษจะมีสมบัติแตกต่างกันตามชนิดของกระดาษที่ผลิต เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น กระดาษทำกล่องจะใช้เยื่อสีน้ำตาลที่ยังไม่ได้ฟอกสี

2. สารปรุงแต่ง (Additive, Filler) เป็นส่วนที่เติมลงไปในกระดาษในขณะทำการผลิตเพื่อช่วยปรับปรุงแผ่นกระดาษให้มีสมบัติตามต้องการ อาจแบ่งชนิดของสารพวกนี้ได้ดังนี้

2.1 สารป้องกันการดูดซึม (Sizing) เป็นสารที่ใส่ลงในกระดาษ หรือเคลือบบนผิวกระดาษ เพื่อทำให้กระดาษมีการดูดซึมของเหลวได้พอเหมาะกับการใช้งาน สารที่นิยมใช้ส่วนใหญ่เป็นพวก ชันสน สารส้ม แป้งบางชนิด

2.2 สารเพิ่มความทึบแสง เป็นสารที่ผสมลงในกระดาษเพื่อให้กระดาษมีความทึบแสงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้แผ่นกระดาษมีความเรียบร้อยและดูดซึมหมึกพิมพ์ได้ดี สารพวกนี้ได้แก่ ดินขาว (Kaolin) หินปูน ($CaCO_3$) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)

2.3 สารเพิ่มความเหนียว เป็นสารที่ผสมลงในกระดาษ เพื่อที่จะเพิ่มความเหนียวให้กับกระดาษ สารที่ใช้พวกนี้ เช่น gum arabic แป้ง

2.4 สารสี (Pigment) การผสมสีลงในกระดาษเพื่อทำให้กระดาษมีสีตามต้องการ นอกจากนี้ในการทำกระดาษสีขาวจะมีการผสมสีน้ำเงินหรือสีม่วงลงไปเพื่อทำให้กระดาษมีสีเทาอ่อน ซึ่งจะช่วยให้ดูขาวสว่างขึ้น

2.5 แรงตึงผิว (Surface Tension)[7]

แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลในของเหลวมีความสำคัญต่อสมบัติของเหลวหลายประการดังที่กล่าวมาแล้ว เช่น ของเหลวที่มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมากจะมีจุดเดือดสูง ทำให้ความดันไอต่ำกว่าในของเหลวที่มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลน้อย ซึ่งมีจุดเดือดต่ำ เป็นต้น แต่ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่มีต่อผิวของของเหลว ซึ่งมีอยู่ 2 ประเภทด้วยกันคือ

1. แรงโคฮีชัน (cohesion) คือ แรงดึงดูดระหว่างอนุภาคหรือโมเลกุลชนิดเดียวกัน

2. แรงแอดฮีชัน (adhesion) คือ แรงดึงดูดระหว่างอนุภาคหรือโมเลกุลต่างชนิดกัน

เมื่อหยดน้ำลงบนแผ่นไม้หรือกระดาษ จะพบว่าโมเลกุลของน้ำกับน้ำจะมีแรงดึงดูดแบบโคฮีชัน ส่วนโมเลกุลของน้ำกับไม้จะมีแรงดึงดูดแบบแอดฮีชัน ถ้าแรงแบบแอดฮีชันมากกว่าโคฮีชันแล้ว จะทำให้แผ่นไม้หรือกระดาษนั้นเปียก แต่ถ้าเปลี่ยนแผ่นไม้มาเป็นแผ่นกระดาษเคลือบขี้ผึ้งแล้วจะพบว่าแผ่นกระดาษที่เคลือบด้วยขี้ผึ้งไม่เปียก เพราะว่าแรงระหว่างโมเลกุลของน้ำกับขี้ผึ้งอ่อนมาก (adhesive force) เมื่อเทียบกับแรงระหว่างโมเลกุลของน้ำกับน้ำ (cohesive force) จึงทำให้โมเลกุลของน้ำเข้าร่วมกันเป็นหยดน้ำด้วยแรงโคฮีชันกลิ้งบนแผ่นกระดาษเคลือบขี้ผึ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เมื่อพิจารณาหยดน้ำหรือเม็ดฝนจะมีลักษณะเกือบเป็นทรงกลม ทั้งนี้เนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำไม่สมดุลกันที่ผิวของหยดน้ำ โดยโมเลกุลของน้ำที่ผิวจะถูกดึงดูดด้วยโมเลกุลข้างเคียงที่อยู่ภายในเท่านั้น ส่วนผิวของหยดน้ำที่สัมผัสกับอากาศจะไม่มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับอากาศเลย ดังนั้นโมเลกุลของน้ำที่ผิวจึงมีแต่แรงดึงเข้าภายในเท่านั้น และแรงนี้จะพยายามดึงโมเลกุลที่ผิวมากที่สุด ทำให้ผิวของน้ำหดตัวโดยพยายามลดพื้นที่ผิวให้เหลือน้อยที่สุด คือมีรูปร่างเป็นทรงกลม แรงที่ดึงโมเลกุลที่ผิวของของเหลว (น้ำ) เข้ามาภายในทำให้เกิดความดึงผิวหรือความตึงผิว (surface tension)

รูปที่ 2.4 แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำในหยดน้ำ

2.6 สมบัติแรงดึง (tensile properties) [8]

การทดสอบหาความแข็งแรงดึงคือการทดสอบหาความเค้น – ความเครียด (stress – strain) ของวัสดุ และจากข้อมูลที่หาได้สามารถทำให้ทราบสมบัติความยืดหยุ่น การแปรรูปถาวร (plastic deformation) และความแข็งแรงคราด (yield strength) ความแข็งแรงแรงดึง (tensile strength) และความเหนียว (toughness) เพื่อให้เข้าใจแผนภาพความเค้น – ความเครียดได้ดีขึ้น จำเป็นต้องเข้าใจศัพท์ต่อไปนี้เสียก่อน

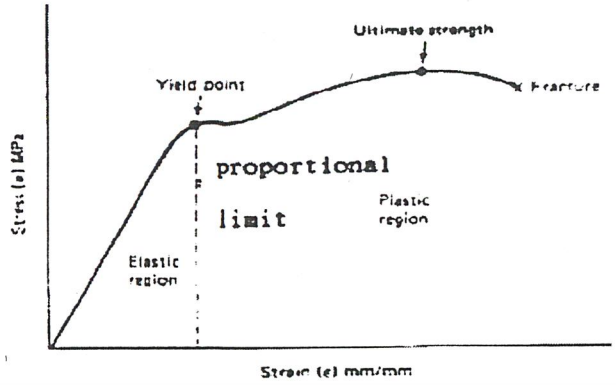
ก. ความเค้น (stress , σ)

ความเค้นหมายถึงความสามารถหรือความทนต่อแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัสดุ (loads) ต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัด มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือ พาสคัล (pascals, Pa) (1 Pa = 1 N/m^2)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43914



รูปที่ 2.5 แผนภาพความเค้น – ความเครียด

ข. ความเครียด (strain)

ความเครียดเป็นอัตราส่วนของการยืด (elongation) หรือการแปรรูป (deformation) ต่อความยาวของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบนั่นคือการเปลี่ยนแปลงขนาดจากขนาดเดิม มีหน่วยเป็นหน่วยความยาวต่อหน่วยความยาว วัสดุจะยืดหยุ่น (elastic) คือจะไม่เกิดการแปรรูปหรือวัสดุจะกลับมามีขนาดเหมือนเดิมทุกประการทันทีที่แรงที่มากระทำต่อวัสดุนั้นถูกเอาออกไปภายใต้ความเค้นจำกัดหนึ่งๆ (proportionnal limit) แต่ถ้าความเค้นเกินขีดจำกัดนี้ วัสดุจะเกิดการแปรรูปถาวรขึ้น (permanent set) ซึ่งจะแปรรูปมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความเค้นมากขนาดไหน การไม่สามารถคืนสู่ขนาดเดิมของวัสดุนี้เรียกว่าความเครียดพลาสติก (plastic strain) นั่นคือความเค้นจะไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเครียดอีกต่อไป

2.7 แหล่งของกระดาษที่นำกลับมาใช้'

กระดาษที่นำกลับมาใช้จะถูกเก็บอย่างง่าย ๆ ซึ่งมีแหล่งอยู่ปริมาณมาก ในที่นี้รวมด้วย แหล่งทำการค้า ร้านค้าขายปลีก บริษัท และที่พักอาศัย ตัวอย่างเช่น การขายส่ง การขายปลีก ซึ่งมีกล่องกระดาษเก่า ที่พักอาศัยมีหนังสือพิมพ์เก่า และสำนักงานและสถาบันการค้าจะมีกระดาษเอกสารต่างๆ

ประเภทของการเก็บรวมรวม

โดยส่วนมากกระดาษที่จะนำกลับมาใช้จะมีแหล่งที่เฉพาะ ในที่นี้จะมีปริมาณมากอันซึ่งมีการคัดเลือกแยก หรือจะค่อยๆสลายไปเอง เราจะพบว่ามีแนวโน้มการเก็บรวบรวมขยะกระดาษ การเคลื่อนย้ายก็เป็นส่วนสำคัญเมืองหลวงและประเทศต่างๆ ได้พยายามที่มองเป้าหมายการนำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจ เมื่อดูในเรื่องของอุตสาหกรรมกระดาษและความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการความสามารถในการนำกลับมาใช้ ซึ่งอาจจะมีความพยายามในการจัดให้มีการปรับเปลี่ยนภาระหน้าที่ของการจัดการจากกลุ่มหนึ่งสู่กลุ่มอื่นๆ สามารถทำงานร่วมกันได้

การเก็บรวบรวมและขบวนการ

กระดาษที่นำกลับมาใช้อาจจะถูกจัดกลุ่มจากสถาบันการค้าคัดเลือกจากการเก็บรวบรวมจากที่พักอาศัย หรือมีการเก็บรวบรวมแบบผสม กระดาษอาจจะค่อยๆสลาย ขยะและเศษอาหารจะไม่รวมกับกระดาษที่นำกลับมาใช้ การเก็บรวบรวมแบบผสมมีความหลากหลายของกระดาษและการปนเปื้อนในระดับสูง

กระดาษที่นำกลับมาใช้ทั้งหมดอาจจะมีหรือไม่มีการคัดเลือกขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของวัสดุที่ถูกเก็บรวบรวมและความต้องการของตลาด การคัดเลือกอาจจะมีความหลากหลาย ทำโดยการ หมุนไปรอบๆในระบบเครื่องกลของฉาก แม่เหล็ก และสายพานลำเลียง หลังจากผ่านขบวนการแล้วกระดาษที่นำกลับมาใช้ส่วนมากจะถูกมัดไว้โดยใช้เส้นลวดอย่างแน่นหนา ซึ่งมีหน่วยการขนส่งประมาณ 1600 ปอนด์ อยู่ในช่วง 500 – 2000 กระดาษที่ห่ออาจจะมีความหลากหลายในขนาดพอสมควร แต่โดยทั่วไปจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 4 ฟุต ยาว 5 – 6 ฟุต รูปลักษณะของหีบห่อสามารถบรรทุกได้ง่าย

อำนาจของรัฐ

สภาวะทางการตลาดจะไม่มีปัจจัยเพียงตัวเดียวซึ่งเป็นผลกระทบต่อการรวบรวมกระดาษที่นำกลับมาใช้และการใช้ประโยชน์ รัฐบาลจะออกกฎหมายที่สำคัญ เพราะว่าเป็นโครงสร้างที่จำเป็นต่อการเก็บรวบรวม กระดาษที่นำกลับมาใช้จะมีราคาที่เปลี่ยนแปลงเป็นพิเศษ ราคาจะต่ำมากในช่วงปี 1991 – 1993

เราจะพบการแทรกแซงในการรีไซเคิลและการเก็บกระดาษที่นำกลับมาใช้เพราะว่ามีการควบคุมการตั้งเป้าหมายการเปลี่ยนแปลงการฝังกลบความสำเร็จในเป้าหมาย รัฐบาลได้ใช้ วิธีอัตราการนำกลับใช้ การห้ามการฝังกลบ และเพิ่มค่าธรรมเนียม. โดยส่วนมากมีการตั้งเป้าหมายการรีไซเคิลซึ่งมีช่วงจาก 25 – 70%

สมบัติของกระดาษที่นำกลับมาใช้

สมบัติโดยทั่วไป คือ ความแข็งแรง ขนาด และลักษณะของพื้นผิว ความแข็งแรง (ความสามารถในการยืด การฉีกขาด ความกดอัด และพันธะภายใน) เป็นส่วนสำคัญในกระดาษ ยกตัวอย่างเช่น ใช้เส้นใยรีไซเคิลใน liner และ medium linerboard เส้นใยรีไซเคิลจะแข็งกว่าเส้นใยบริสุทธิ์ ส่วนกระดาษที่ใช้พิมพ์ เขียน และกระดาษสื่อสารส่วนที่สำคัญ คือ สมบัติของพื้นผิว ความเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดำเนินงานในการใช้เส้นใย

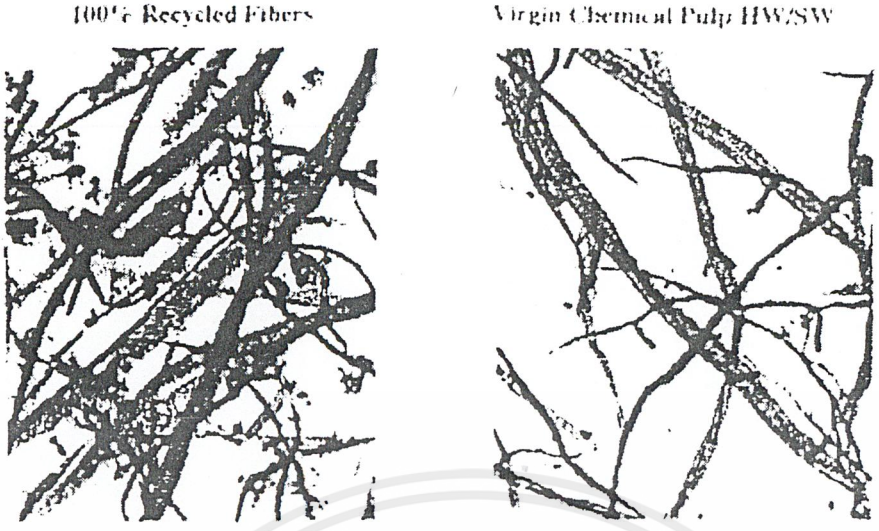
ขยะกระดาษจะถูกนำไปใช่เป็นวัสดุใช้ทดแทนโดยตรงเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น วัสดุที่นำไปใช้ทดแทนโดยตรง เช่น หนังสือพิมพ์เก่านำกลับไปผลิตเป็นหนังสือพิมพ์อีกหรือกล่องกระดาษเก่าที่ยับย่นจะนำกลับไปทำเป็นกล่องกระดาษใหม่ การdowncycling ตัวอย่างเช่น กระดาษขาวที่ใช้ในสำนักงานนำไปทำกระดาษชำระ

ผลกระทบของการรีไซเคิลต่อสมบัติของเส้นใย

เส้นใยกระดาษมีโครงสร้างลักษณะเป็นท่อซึ่งมีผลให้มีความแข็งแรงมากกว่าเหล็ก อลูมิเนียม หรือแก้ว การเพิ่มอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ของเส้นใยกระดาษมีแนวโน้มทำให้เส้นใยอ่อนลงเมื่อทำการรีไซเคิลซ้ำ ผู้ผลิตหลีกเลี่ยงการนำเอากระดาษลูกฟูกที่มาจากการผลิตกล่องในเอเชียกลับมาใช้ใหม่ เพราะพวกเขาได้ทดลองรีไซเคิล 4 – 5 ครั้งทำให้พบว่าความเหนียวและความแข็งแรงจะน้อยลง การรีไซเคิลเป็นการดึงน้ำออกจากเส้นใย และเปลี่ยนสมบัติเชิงกลซึ่งทำให้ความเค้นลดน้อย รูปร่างการกดทับ การรีไซเคิลแต่ละครั้งมีผลต่อการสูญเสียจำนวนพอลิแซคคาไรด์และการแตกพันธะเซลลูโลสบางส่วนนำไปสู่น้ำหนักโมเลกุลต่ำซึ่งไม่สามารถกลับมาคืนรูปได้อีก และการสูญเสียน้ำ สิ่งที่ปะปนอยู่กับกระดาษ เช่น หมึกจะต้องมีการนำสิ่งเหล่านี้ออกก่อนที่จะทำการรีไซเคิล

เมื่อไม่นานมานี้มีการศึกษาผลกระทบของการรีไซเคิลต่อสมบัติทางเคมีของเยื่อ สรุปได้ว่าการรีไซเคิลซ้ำจะมีผลเพียงเล็กน้อยกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเส้นใย หมายความว่าการวิเคราะห์ทางเคมีไม่สามารถใช้เป็นเครื่องมือสำหรับแยกความแตกต่างระหว่างเส้นใยบริสุทธิ์และเส้นใยที่ผ่านการรีไซเคิล การสูญเสียสมบัติความเหนียวจากการรีไซเคิลจะเกี่ยวข้องกับทางกายภาพของเยื่อ Howard และ Bichard ได้ทำการศึกษาผลกระทบสมบัติทางกายภาพของเยื่อจากการรีไซเคิล การรีไซเคิลซ้ำในแต่ละรุ่นเมื่อทำหารเฉลี่ยความยาวเส้นใย ความแข็งแรงภายในเส้นใยจะไม่มีผล เมื่อทำการรีไซเคิลและโครงสร้างจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในพอลิเมอร์เซลลูโลส อย่างไรก็ตามความเป็นไปได้ที่พันธะของเส้นใยจากการรีไซเคิลจะส่งผลในการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกระดาษที่ผลิตขึ้น ความแข็งแรงของพันธะจะถูกควบคุมโดยเส้นต่อเส้นที่เชื่อมต่อกัน และผลของพันธะไฮโดรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยที่มีการรีไซเคิล 100% กับเส้นใยที่ยังไม่เคยผ่านการรีไซเคิล

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเส้นใย เกี่ยวข้องกับการรีไซเคิลกระดาษขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใย เยื่อเคมีในผลิตภัณฑ์ เช่น กระดาษสำนักงาน หรือกล่องกระดาษสีน้ำตาลจะสูญเสียพันธะทางธรรมชาติสูง จากการขยายตัวหรือรีดน้ำออกจากเส้นใยเมื่อทำการรีไซเคิล

เยื่อเชิงกลพบในผลิตภัณฑ์ เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีความเป็นไปได้ว่าพันธะของกระดาษพวกนี้จะต่ำจากการรีไซเคิล โดยการทำให้เส้นใยเรียบ ดังนั้นจึงมีการสูญเสียความแข็งแรง

เส้นใยที่มีการปนเปื้อน

การเพิ่มอัตราการนำมาใช้จะเพิ่มปริมาณการปนเปื้อนในขยะกระดาษ กระบวนการรีไซเคิลที่ดีที่สุดจะต้องมีการทำความสะอาดและใช้วัตถุดิบเพียงชนิดเดียวที่ผ่านมากระดาษที่นำมารีไซเคิลได้มาจากแหล่งอุตสาหกรรมที่เป็นส่วนเกินวัตถุดิบ การที่มีวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวสิ่งปนเปื้อนประกอบอยู่จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อย ขยะที่ใช้ที่มีการปนเปื้อนมากของวัตถุดิบจะมีการกำหนดเกณฑ์ให้มีความครอบคลุมการบำบัดและความสะอาด การแข่งขันสำหรับแหล่งเส้นใยบริสุทธิ์จะมีความต้องการมากกว่าวัตถุดิบที่มีการปนเปื้อน พบว่าเส้นใยที่มีการนำกลับมาใช้ใหม่จะต้องการระบบที่ปรับปรุงเพื่อความสะอาด การจัดกระบวนการผลิตและการบำบัดสำหรับเส้นใยที่มีความแตกต่างกันจึงจำเป็นจะต้องมีความสะอาดมากที่สุดและมีการทำลายเส้นใยน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพผลิตภัณฑ์รีไซเคิล

ในทางการค้า ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการรีไซเคิล หมายถึง คุณภาพที่ต่ำซึ่งตรงกันข้ามกับผลิตภัณฑ์วัตถุดิบใหม่ ผลิตภัณฑ์รีไซเคิลที่ได้ผ่านการใช้มาน้อยและมีความสะอาดสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ทำให้เสียต้นทุนการผลิตต่ำ ปัจจุบันผู้บริโภคคาดหวังกับผลิตภัณฑ์รีไซเคิลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เท่ากับวัตถุดิบบริสุทธิ์ ประสบการณ์จากผู้บริโภคกระดาษคุณภาพดีแสดงให้เห็นว่ามีความสนใจที่ต้องการผลิตภัณฑ์รีไซเคิล

การออกแบบบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้เกิดขยะรูปแบบใหม่ ซึ่งนำไปสู่ " การลดต้นกำเนิด" สิ่งนี้จึงเป็นการพยายามที่จะลดปริมาณของวัตถุดิบบรรจุภัณฑ์ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับกระดาษบรรจุภัณฑ์ที่ถูกรีไซเคิลเส้นใยจะสูญเสียความแข็งแรง Arthur D. Little ,Inc. ได้แก้ข้อกังขานี้ ว่าอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระดาษซึ่งมีวัตถุดิบที่เป็นขยะมาก อาจมีบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีอยู่ ถ้านำมาใช้ให้เหมาะสมจะประสบความสำเร็จในระยะยาว กับผลิตภัณฑ์ที่ทำจากขยะซึ่งต้องมีการแข่งขันกับผลิตภัณฑ์วัตถุดิบที่เป็นเส้นใยบริสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์
3. ชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลขนาดที่ผ่านตะแกรง 20 เมช แต่ค้างบนตะแกรง 50 เมช

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องปั่นกวน Yamato high torque Labo-Stirrer
2. เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกลด้วยคอมพิวเตอร์ และโปรแกรม WINDAP : LLOYD INSTRUMENTS LTD.
3. ไมโครมิเตอร์
4. กล้อง Polarizing Microscope รุ่น optiphot - pol Nikon
5. เวอร์เนียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเตรียมกระดาษเพื่อใช้ในการทดลอง

กล่องนมหลังจากล้างทำความสะอาดและตากแห้งแล้ว นำมาแยกเป็นชิ้นส่วนได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้ 1. ส่วนที่อยู่ด้านนอกสุดซึ่งมีสีเคลือบอยู่ 2. ส่วนตรงกลางเป็นกระดาษสีน้ำตาล 3. ส่วนที่อยู่ในสุดสัมผัสกับน้ำนมซึ่งเป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกเคลือบแผ่นอลูมิเนียม นำส่วนที่เป็นกระดาษสีน้ำตาลมาใช้ในการทดลอง โดยทำการฉีกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำมาชั่ง 100 กรัมแช่ในน้ำ 6 ลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน

3.4 การดำเนินการทดลอง

3.4.1 ทดสอบหาระยะเวลาการเปื่อยยุ่ยของกระดาษที่ความเร็วของการปั่นกวน 325 รอบ/นาที

นำกระดาษที่เตรียมไว้มาปั่นกวนที่ความเร็ว 325 รอบ/นาที เป็นเวลา 7 วัน โดยในแต่ละวันจะมีการนำเยื่อกระดาษขึ้นมาผึ่งให้แห้ง และเลือกวันที่ทำให้กระดาษมีความเปื่อยยุ่ยมากที่สุดไปใช้ในการทดลองต่อไป (ปั่นวันละ 8 ชั่วโมง)

3.4.2 ทดสอบหาความเร็วในการปั่นที่มีผลต่อการเปื่อยยุ่ยของกระดาษมากที่สุด ในเวลาที่เหมาะสม จากข้อ 3.4.1

เปลี่ยนความเร็วในการปั่นกวนจาก 325 รอบ/นาที เป็น 600 รอบ/นาที ใช้เวลาในการปั่นกวนตามผลการทดลองข้อ 3.4.1 จากนั้นนำเยื่อกระดาษที่ได้ไปส่องดูลักษณะเส้นใยด้วยกล้อง Polarizing Microscope

3.4.3 เตรียมแผ่นกระดาษ

เยื่อกระดาษที่ปั่นกวนด้วยความเร็วที่เลือกแล้วในข้อ 3.4.2 นำมาเตรียมเป็นกระดาษโดยชั่งเยื่อกระดาษที่บีบน้ำออกจนแห้ง 30 และ 50 กรัม นำเยื่อกระดาษมากระจายตัวในตะแกรง แล้วผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณลักษณะของกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 ศึกษาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ใช้สภาวะที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองข้างต้นมาทำการเตรียมเยื่อกระดาษ แล้วแปรค่าปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10 , 20 , 30 ,40 , 50 และ 60 มิลลิลิตร ตามลำดับ ต่อกระดาษ 50 กรัม น้ำ 600 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เปรียบเทียบความขาวของกระดาษที่ได้

3.4.5 ศึกษาการเตรียมเยื่อกระดาษที่มีการเติมชานอ้อย

3.4.5.1 นำชานอ้อยไปต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อให้เยื่อมีความอ่อนตัวมากขึ้น ซึ่งการต้มจะใช้สารเคมีและสภาวะดังนี้

ปริมาณ	ร้อยละ 10 ของมวลเยื่อแห้ง
ปริมาณน้ำต่อเยื่อแห้ง	10 : 1 (ปริมาณ / ปริมาตร)
อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มเยื่อ	100 °C
เวลาในการต้มเยื่อ	3 ชั่วโมง

3.4.5.2 เตรียมเยื่อกระดาษโดยใช้สภาวะที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองข้างต้น จากนั้นนำเยื่อกระดาษมาผสมกับชานอ้อยที่ผ่านการต้มเยื่อแล้ว ในอัตราส่วน 90 : 10 , 70 : 30 และ 50 : 50 โดยน้ำหนัก ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะของกระดาษ

3.5 การวิเคราะห์

1. ความหนาของกระดาษ เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ คือ micrometer

2. ความชื้นของกระดาษ (ISO 287)

   วิธีทดลอง

   1. ชั่งหามวลของกระดาษที่ต้องการหาความชื้น
   2. นำกระดาษไปอบที่ 105 °C จนมวลคงที่
   3. ชั่งหามวลสุดท้ายของกระดาษ

   ข้อแนะนำ

   1. การชั่งกระดาษไม่ควรทำในขณะร้อน ควรพักกระดาษไว้จนอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องในขวดใส่สารดูดความชื้น แล้วจึงนำออกมาชั่งหามวลต่อไป

2. ในทางปฏิบัตินั้น ถ้ามวลของกระดาษเปลี่ยนไปน้อยกว่าร้อยละ 0.1 ก็ถือว่ามวลของกระดาษนั้นคงที่

วิธีคำนวณ

$$\text{ความชื้นของกระดาษ (ร้อยละ)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

โดย A = น้ำหนักกระดาษก่อนอบ (กรัม)

B = น้ำหนักกระดาษหลังอบ (กรัม)

3. ความสามารถในการอมน้ำของกระดาษ

วิธีทดลอง

1. ชั่งมวลของกระดาษตัวอย่าง
2. นำแผ่นกระดาษที่ทราบมวลแล้วไปแช่น้ำ 1 นาที
3. นำกระดาษขึ้นมาแขวนผึ่งไว้ 1 นาที
4. ชั่งหามวลของกระดาษอีกครั้ง

วิธีคำนวณ

$$\text{ความสามารถในการอมน้ำของกระดาษ (ร้อยละ)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

A = น้ำหนักกระดาษหลังแช่น้ำ (กรัม)

B = น้ำหนักกระดาษก่อนแช่น้ำ (กรัม)

4. ความสามารถในการซึมน้ำของกระดาษ (มอก. 214 - 2520)

วิธีทดลอง

1. หยดน้ำลงบนพื้นราบที่มีความเรียบเสมอกัน
2. วางแผ่นกระดาษที่ต้องการทดสอบการซึมน้ำลงบนหยดน้ำพร้อมกับบันทึกเวลาจนกระทั่งหยดน้ำซึมขึ้นมาถึงด้านบนของกระดาษ

5. ความสามารถในการซึมน้ำมันของกระดาษ

วิธีการหาการซึมน้ำมันของกระดาษสามารถทำได้ด้วยวิธีการเดียวกับการทดลองเรื่องความสามารถในการซึมน้ำของกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ความต้านแรงดึง (Tensile Strength at break) (มอก. 1353 เล่ม 3 -2540)

เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ คือ LLOYD INSTRUMENTS LTD.

วิธีคำนวณ

ความต้านแรงดึง (นิวตัน/ตารางเมตร) = F / A

เมื่อ F = แรงดึง (นิวตัน)

A = พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ (ตารางมิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

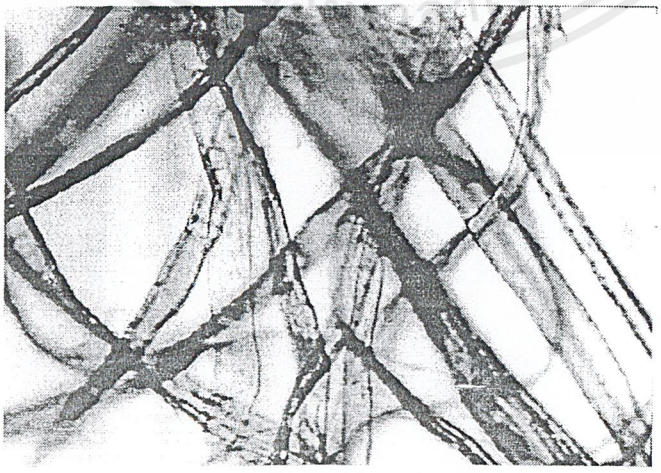
4.1 ทดสอบหาระยะเวลาการเปื่อยยุ่ยของกระดาษที่ความเร็วของการปั่นกวน 325 รอบ/นาที

เมื่อทำการปั่นกวนกระดาษจากกล่องนมด้วยความเร็ว 325 รอบ/นาที เป็นเวลา 7 วัน พบว่าวันที่ทำให้กระดาษมีความเปื่อยยุ่ยเหมาะสมที่สุดเมื่อเทียบกับเวลา(วัน) คือวันที่ 4 ของการปั่น เพราะหลังจากวันที่ 4 ความยุ่ยของกระดาษเริ่มคงที่ โดยพิจารณาจากการกระจายตัวของเยื่อกระดาษที่ขึ้นรูปเป็นแผ่น

หมายเหตุ ใช้เวลาในการปั่น 8 ชั่วโมงต่อ 1 วัน

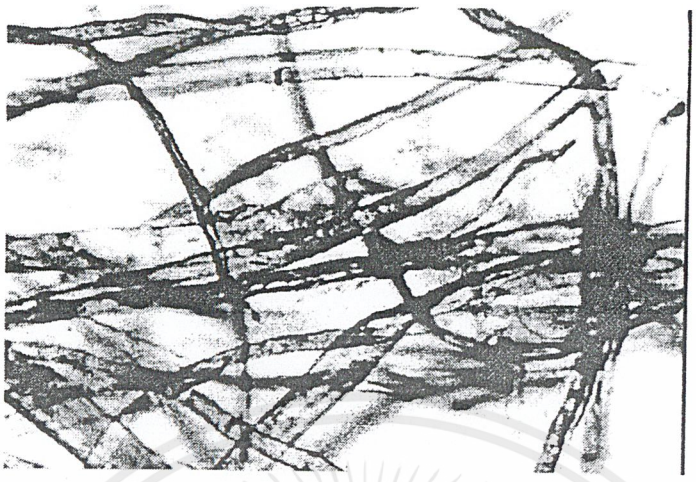
4.2 ทดสอบหาความเร็วในการปั่นที่มีผลต่อการเปื่อยยุ่ยของกระดาษมากที่สุด ในเวลา 4 วัน

เมื่อทำการปั่นกวนกระดาษด้วยความเร็ว 325 รอบ/นาที และ 600 รอบ/นาที เป็นเวลา 4 วัน แล้วนำเยื่อกระดาษที่ได้ไปส่องด้วยกล้อง Polarizing Microscope กำลังขยาย 100 เท่า จะได้รูปดังนี้

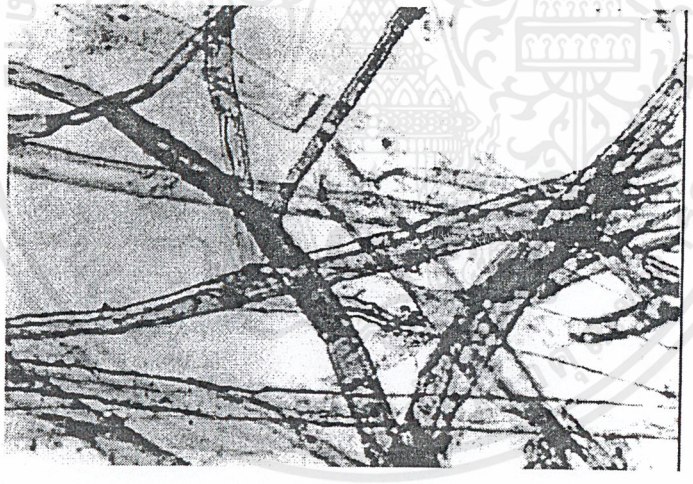


(1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(2)



(3)

รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของเส้นใยกระดาษที่ถูกปั่นกวนด้วยความเร็วต่างกัน

(1) ภาพแสดงเส้นใยกระดาษที่ไม่ได้ทำการปั่นกวน

(2) ภาพแสดงเส้นใยกระดาษที่ถูกปั่นกวนด้วยความเร็ว 325รอบ/นาที

(3) ภาพแสดงเส้นใยกระดาษที่ถูกปั่นกวนด้วยความเร็ว 600 รอบ/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยกระดาษที่ไม่ได้ทำการปั่นกวน กับเส้นใยที่ทำการปั่นกวน พบว่าเส้นใยกระดาษที่ไม่ได้ทำการปั่นมีลักษณะแข็งแรงเห็นเป็นเส้นชัดเจน ในขณะที่เส้นใยที่ถูกปั่นกวนจะถูกทำลาย มีลักษณะหงิกงอ และเป็นขุยเล็กๆตามผิวของเส้นใย

และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยที่ทำการปั่นกวนด้วยความเร็ว 325 รอบ/นาที กับ 600 รอบ/นาที จะเห็นว่าลักษณะของเส้นใยที่ถูกปั่นกวนด้วยความเร็ว 600 รอบ/นาที มีลักษณะเป็นขุยมากกว่าเส้นใยที่ปั่นกวนด้วยความเร็ว 325 รอบ/นาที เป็นผลให้เนื้อกระดาษมีความยุ่ยและกระจายตัวมากกว่า เมื่อขึ้นรูปเป็นกระดาษจึงมีความเรียบสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงเลือกใช้ความเร็วในการปั่นกวนที่ 600 รอบ/นาที

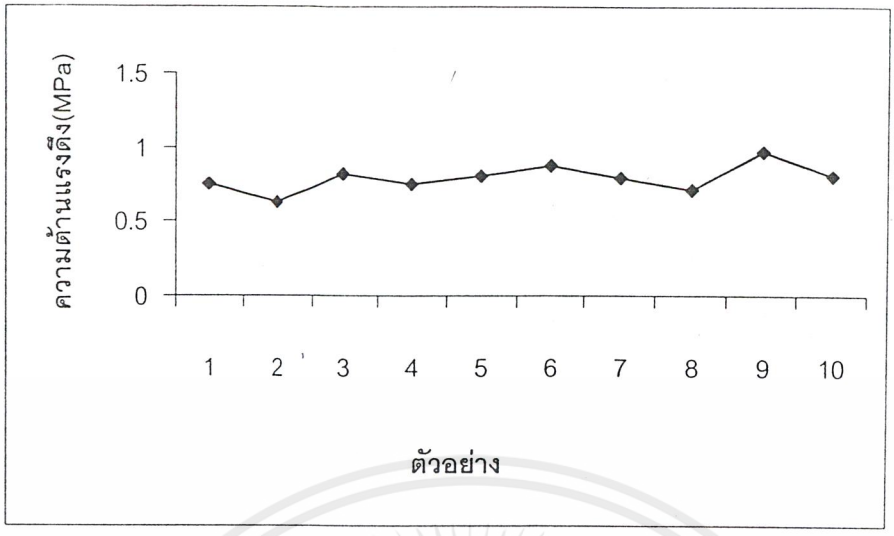
4.3 การเตรียมแผ่นกระดาษ

เมื่อนำเยื่อกระดาษที่เตรียมโดยใช้ความเร็วในการปั่นกวน 600 รอบ / นาที เป็นเวลา 4 วัน ทำการบีบน้ำออกจนแห้งแล้วนำไปชั่งน้ำหนักให้ได้ 30 กรัม และ 50 กรัมมาขึ้นรูปเป็นแผ่น จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาสมบัติของกระดาษ จะได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของกระดาษที่มีปริมาณเยื่อกระดาษ 30 กรัม เตรียมจากการปั่นเยื่อด้วยความ เร็ว 600 รอบ/นาที

รายการที่	คุณลักษณะ	ค่าที่ได้จากการทดสอบ
1	ความชื้น ร้อยละ	4.12
2	ความสามารถในการอมน้ำ ร้อยละ	84.77
3	ความสามารถในการซึมน้ำ วินาที	2.14
4	ความสามารถในการซึมน้ำมัน วินาที	0.96
5	ความต้านแรงดึง เมกกะพาสคัล	0.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

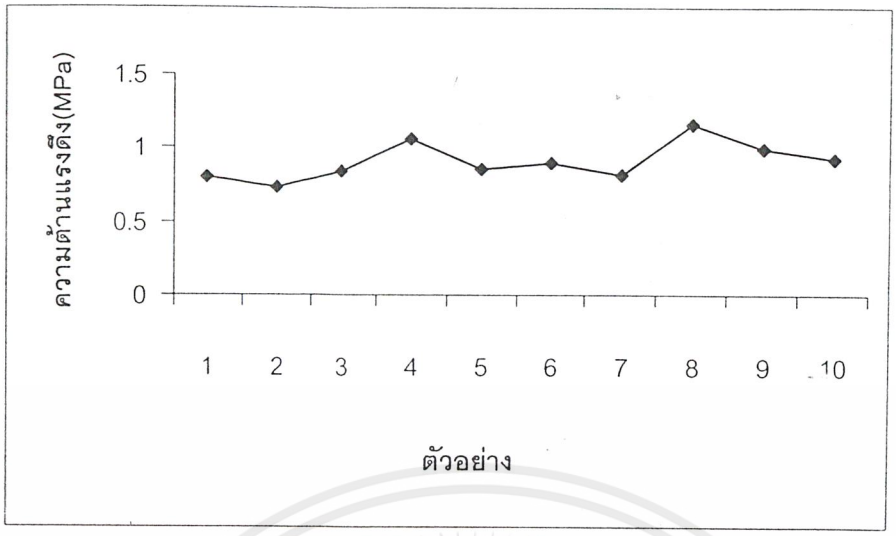


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าความต้านแรงดึงของกระดาษที่มีปริมาณเยื่อกระดาษ 30 กรัม ที่ความเร็วปั่นกวน600 รอบ/นาที

ตารางที่ 4.2 คุณลักษณะของกระดาษที่มีปริมาณเยื่อกระดาษ 50 กรัม ด้วยความเร็วปั่นกวน 600/นาที

รายการที่	คุณลักษณะ	ค่าที่ได้จากการทดสอบ
1	ความชื้น ร้อยละ	5.66
2	ความสามารถในการอมน้ำ ร้อยละ	84.24
3	ความสามารถในการซึมน้ำ วินาที	4.67
4	ความสามารถในการซึมน้ำมัน วินาที	2.47
5	ความต้านแรงดึง เมกกะพาสคัล	1.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความต้านแรงดึงของกระดาษที่มีปริมาณเยื่อกระดาษ 50 กรัม ที่ความเร็วปั่นกวน 600 รอบ/นาที

จากตาราง เมื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะของกระดาษที่มีปริมาณเยื่อกระดาษ 30 และ 50 กรัม ด้วยความเร็วปั่นกวน 600 รอบ / นาที พบว่า กระดาษที่มีปริมาณเยื่อ 30 กรัมจะมีความชื้นภายในกระดาษน้อยกว่ากระดาษที่มีปริมาณเยื่อ 50 กรัม ส่วนความสามารถในการซึมน้ำและน้ำมันนั้น กระดาษที่มีปริมาณเยื่อ 30 กรัมจะซึมได้เร็วกว่า เนื่องจากมีรูพรุนมากกว่า และเมื่อเปรียบเทียบเวลาในการซึมน้ำและน้ำมัน พบว่ากระดาษที่เตรียมได้ซึมน้ำมันได้เร็วกว่าน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยจากกล่องนมที่ใช้ได้รับการปรับปรุงสภาพแล้ว

เมื่อพิจารณาความต้านแรงดึงกระดาษที่มีปริมาณเยื่อ 50 กรัม พบว่าจะมีค่ามากกว่ากระดาษที่มีปริมาณเยื่อ 30 กรัม แต่ในความเป็นจริงเมื่อทำการขึ้นรูปกระดาษบนตะแกรง กระดาษจะมีความหนาเกินไปที่จะทำเป็นผลิตภัณฑ์ได้ดี ดังนั้นจึงเลือกปริมาณเยื่อกระดาษ 30 กรัม มาทำการศึกษาต่อไป

4.4 ศึกษาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้มีความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ ทดสอบการฟอกเยื่อด้วยปริมาณ 10 , 20 , 30 , 40 , 50 และ 60 มิลลิลิตร ตามลำดับ ต่อกระดาษ 50 กรัม น้ำ 600 มิลลิลิตร พบว่าปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ฟอกเยื่อกระดาษได้ขาวที่สุดเมื่อเทียบกับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติมลงไป อยู่ที่ปริมาณ 30 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากปฏิกิริยาในการฟอกเยื่อกระดาษเกิดขึ้นโดยเปอร์ไฮดรอกซิลไอออน ทำปฏิกิริยากับลิกนิน ที่มีอยู่ในเส้นใยซึ่งจะทำให้บางส่วนของหน่วยฟีนิลโพรเพน (phenyl propane unit) แตกออก ปฏิกิริยานี้เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของลิกนิน ทำให้ค่าการสะท้อนแสง ในช่วงที่ตามองเห็น (visible light) เพิ่มมากขึ้น

4.5 ศึกษาการเตรียมเยื่อกระดาษที่มีการเติมชานอ้อย

ผสมเยื่อกระดาษที่ใช้ความเร็วในการปั่นกวน 600 รอบ/นาที กับชานอ้อยในอัตราส่วน 90 : 10 , 70 : 30 และ 50 : 50 โดยน้ำหนัก ตามลำดับแล้วนำมาเตรียมกระดาษโดยใช้เยื่อผสม 30 กรัม นำไปวิเคราะห์หาสมบัติของกระดาษ จะได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 4.3 คุณลักษณะของกระดาษผสมปริมาณชานอ้อยร้อยละ 10

รายการที่	คุณลักษณะ	ค่าที่ได้จากการทดสอบ
1	ความชื้น ร้อยละ	4.80
2	ความสามารถในการอมน้ำ ร้อยละ	85.12
3	ความสามารถในการซึมน้ำ วินาที	2.26
4	ความสามารถในการซึมน้ำมัน วินาที	1.18
5	ความต้านแรงดึง เมกกะพาสคัล	1.09

ตารางที่ 4.4 คุณลักษณะของกระดาษผสมปริมาณชานอ้อยร้อยละ 30

รายการที่	คุณลักษณะ	ค่าที่ได้จากการทดสอบ
1	ความชื้น ร้อยละ	5.37
2	ความสามารถในการอมน้ำ ร้อยละ	84.78
3	ความสามารถในการซึมน้ำ วินาที	2.06
4	ความสามารถในการซึมน้ำมัน วินาที	0.78
5	ความต้านแรงดึง เมกกะพาสคัล	0.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 คุณลักษณะของกระดาษผสมปริมาณชานอ้อยร้อยละ 50

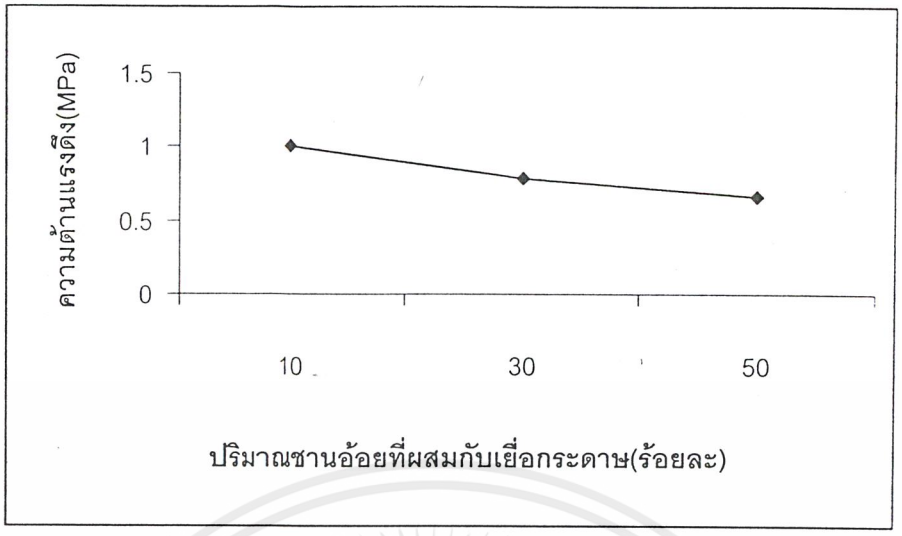
รายการที่	คุณลักษณะ	ค่าที่ได้จากการทดสอบ
1	ความชื้น ร้อยละ	5.44
2	ความสามารถในการอมน้ำ ร้อยละ	84.81
3	ความสามารถในการซึมน้ำ วินาที	1.67
4	ความสามารถในการซึมน้ำมัน วินาที	0.80
5	ความต้านแรงดึง เมกกะพาสคัล	0.70

จากตาราง จะเห็นว่ากระดาษที่ผสมชานอ้อย ร้อยละ 10 , 30 และ 50 เมื่อดูค่าความชื้นพบว่ากระดาษที่ผสมชานอ้อยร้อยละ 10 มีค่าความชื้นน้อยที่สุด แต่เมื่อดูความสามารถในการซึมน้ำและน้ำมันจะใช้เวลาในการซึมนานที่สุด เนื่องจากเยื่อกระดาษที่นำมาใช้มีการปรับปรุงผิวมาก่อน ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของน้ำกับกระดาษอ่อน

ซึ่งจากทฤษฎีแรงตึงผิว การซึมของน้ำและน้ำมันสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทำการหยดน้ำลงบนกระดาษ จะพบว่าโมเลกุลของน้ำกับน้ำ จะมีแรงดึงดูดแบบโคฮีชัน ส่วนโมเลกุลของน้ำกับกระดาษจะมีแรงดึงดูดแบบแอดฮีชัน ซึ่งถ้าแรงแบบแอดฮีชันมีมากกว่าโคฮีชันจะทำให้เกิดการซึม ผลการทดลองพบว่า กระดาษที่ผสมชานอ้อยร้อยละ 10 ซึ่งมีปริมาณกระดาษมากกว่ากระดาษผสมชานอ้อยร้อยละ 30 และ 50 ใช้เวลาในการซึมนานกว่า ดังนั้นอาจมีปัจจัยอื่น เช่น ความมีรูพรุนของเนื้อกระดาษที่ผสมชานอ้อยมาเกี่ยวข้อง และเนื่องจากแรงโคฮีชันของน้ำมีมากกว่าน้ำมันเวลาที่ใช้ในการซึมของน้ำจึงช้ากว่าน้ำมัน

เมื่อนำค่าความต้านแรงดึงของกระดาษที่ผสมชานอ้อยร้อยละ 10 , 30 และ 50 มาพล็อตกราฟ จะได้ดังรูป

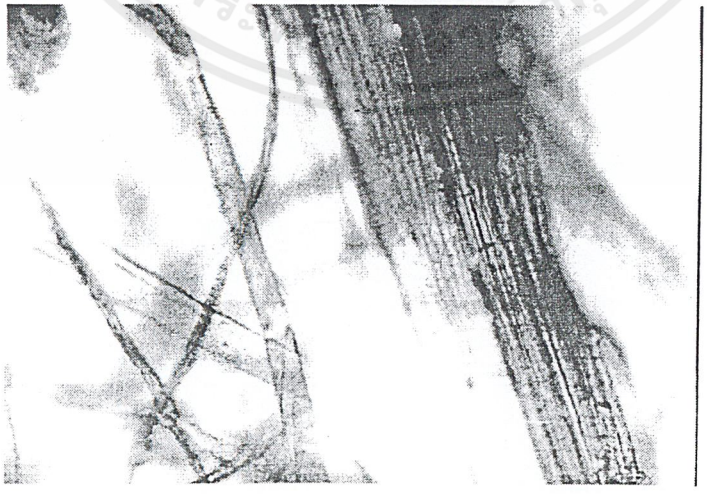
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความต้านแรงดึง (เมกกะพาสคัล) ของกระดาษที่ผสมชานอ้อย

จากกราฟ พบว่า ค่าความต้านแรงดึงขาดของกระดาษผสมชานอ้อย 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากที่สุด แสดงให้เห็นว่ากระดาษที่ได้มีคุณภาพดีที่สุดเมื่อเทียบกับกระดาษที่ผสมกับชานอ้อย 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากความต้านแรงดึงยิ่งมีค่ามาก ก็แสดงว่ากระดาษมีความแข็งแรงทนทาน

จากการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบตารางที่ 4.1 กับตารางที่ 4.3 , 4.4 และ 4.5 พบว่าการเพิ่มปริมาณชานอ้อยลงไปในกระดาษ ช่วยให้กระดาษมีคุณภาพดีทนน้ำมัน ถ้าใช้ชานอ้อยร้อยละ 10 แต่ถ้าเพิ่มปริมาณชานอ้อยสูงกว่าร้อยละ 10 จะทำให้ความต้านแรงดึงของกระดาษลดลง

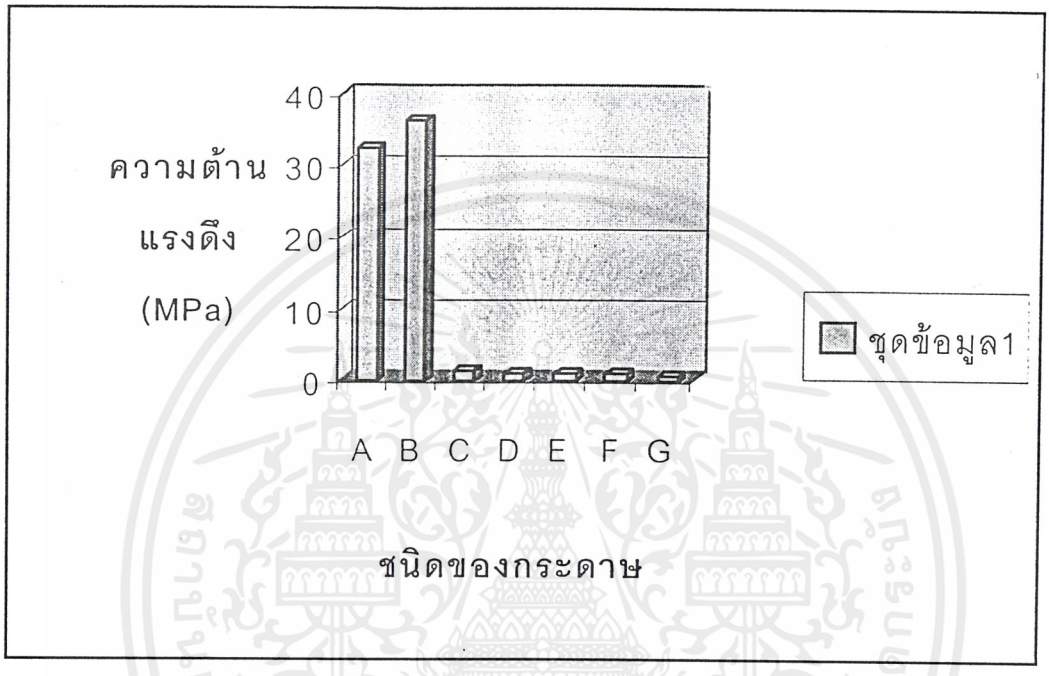


รูปที่ 4.5 กระดาษผสมชานอ้อยถ่ายด้วยกล้องPolarizing Microscope ขยาย 100 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การวิเคราะห์ค่าความต้านแรงดึง ของกระดาษ 7 ชนิด

ในการทดลองครั้งนี้ได้มีการทดสอบความต้านแรงดึงของกระดาษ 3 ชนิด ที่ใช้ทั่วไปในท้องตลาด เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับกระดาษที่ได้จากการทดลอง ให้ผลการทดลองดังรูป



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าความต้านแรงดึงของกระดาษ 7 ชนิด

โดย A คือ กระดาษถ่ายเอกสาร

B คือ กระดาษหนังสือพิมพ์

C คือ กระดาษสา

D คือ กระดาษจากการทดลองที่ใช้ความเร็วในการปั่นกวน 600 รอบ / นาที น้ำหนักเยื่อกระดาษเปียก 30 กรัม

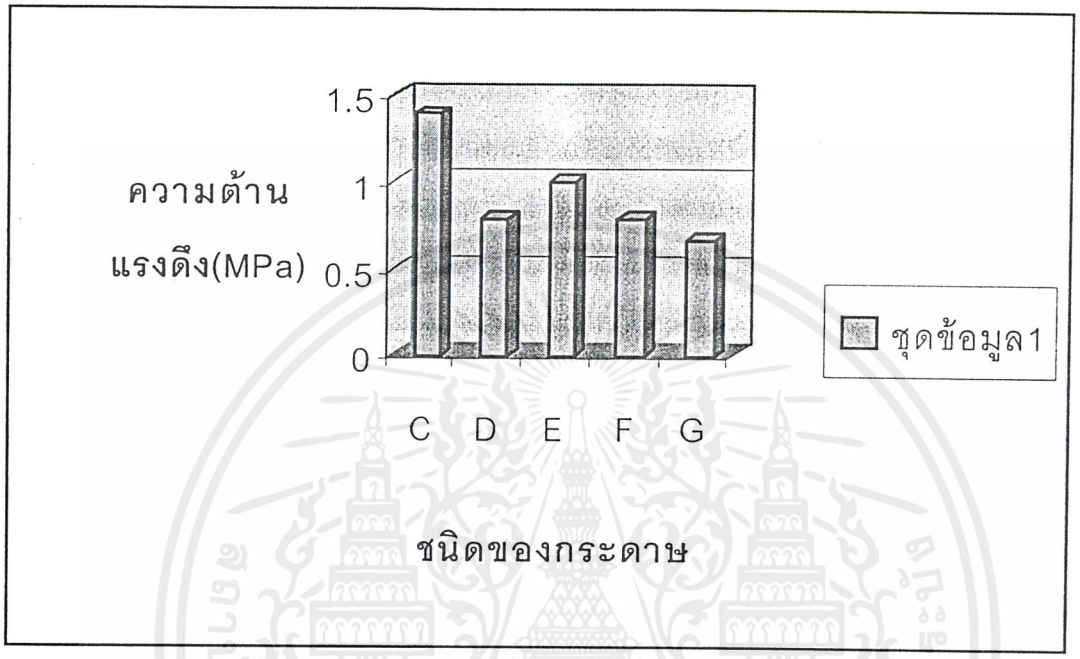
E คือ กระดาษที่มีการผสมเยื่อกระดาษกับชานอ้อยในอัตราส่วน 90 : 10

F คือ กระดาษที่มีการผสมเยื่อกระดาษกับชานอ้อยในอัตราส่วน 70 : 30

G คือ กระดาษที่มีการผสมเยื่อกระดาษกับชานอ้อยในอัตราส่วน 50 : 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป กระดาษ A , B , C , D , E , F และ G มีค่าความต้านแรงดึงเป็น 32.33 , 36.12 , 1.384 , 0.7893 , 1.0002 , 0.7900 และ 0.6668 เมกกะพาสคัล ตามลำดับ ทำให้พบว่ากระดาษถ่ายเอกสารและกระดาษหนังสือพิมพ์ มีความแข็งแรงกว่ากระดาษสากับกระดาษที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 4.7 แสดงภาพขยายการเปรียบเทียบค่าความต้านแรงดึงจากรูป 4.6 ของกระดาษสา และกระดาษที่ได้จากการทดลอง

จากรูป แสดงให้เห็นว่ากระดาษที่เติมชานอ้อยร้อยละ 10 มีค่าความต้านแรงดึงมากที่สุดเมื่อเทียบกับกระดาษที่ได้จากการทดลองทั้งหมด แต่คุณภาพยังไม่ดีเท่ากับกระดาษสา เนื่องจากชานอ้อยที่ผสมลงไปในกระดาษมีลักษณะเส้นใยสั้น ทำให้มีการเชื่อมโยงกันระหว่างเส้นใยน้อย แต่ยังสามารถนำมาใช้ได้ในกรณีที่ไม่ต้องการความแข็งแรงสูง

ส่วนกระดาษที่ปั่นกวนด้วยความเร็ว 600 รอบ/นาที มีค่าใกล้เคียงกับกระดาษผสมชานอ้อยร้อยละ 30 ในขณะที่กระดาษผสมชานอ้อยร้อยละ 50 มีค่าน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. เมื่อเปรียบเทียบเส้นใยของกระดาษที่ทำการปั่นกวนด้วยความเร็ว 325 รอบ/นาที ด้วยภาพถ่ายจากกล้อง Polarizing Microscorpe กำลังขยาย 100 เท่าพบว่า เส้นใยกระดาษที่ถูกปั่นกวนด้วยความเร็ว 600 รอบ/นาที เส้นใยมีลักษณะเป็นขุย มากกว่าเส้นใยที่ถูกปั่นกวนด้วยความเร็ว 325 รอบ/นาที รวมทั้งมีความยุ่ยและกระจายตัวมากกว่า

2. เมื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะของกระดาษที่มีปริมาณเยื่อกระดาษ 30 และ 50 กรัม โดยใช้ความเร็วในการปั่นกวน 600 รอบ / นาที พบว่าคุณลักษณะของกระดาษที่มีปริมาณเยื่อ 30 กรัม จะมีค่าความชื้น (ร้อยละ) และความต้านแรงดึง (Mpa) น้อยกว่า แต่ความสามารถในการซึมน้ำและน้ำมันจะใช้เวลาเร็วกว่าเนื่องจากมวลของเยื่อกระดาษน้อยกว่า ส่วนการอมน้ำ (ร้อยละ) มีความใกล้เคียงกัน

3. ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 30 มิลลิลิตรเป็นปริมาณที่เหมาะสมกับการฟอกเยื่อกระดาษ 50 กรัม ต่อน้ำ 600 มิลลิลิตร แต่ไม่เหมาะสมกับการนำไปฟอกกระดาษที่มีการผสมชานอ้อยเพราะไม่มากพอที่จะฟอกสีชานอ้อย

4. กระดาษที่ผสมชานอ้อยในอัตราส่วน 90:10, 70:30 และ 50:50 โดยน้ำหนัก พบว่าเมื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะของกระดาษ ทั้ง 3 อัตราส่วน กระดาษที่เติมชานอ้อยร้อยละ 10 จะมีคุณภาพดีที่สุด และดีกว่ากระดาษที่ไม่มีการผสมชานอ้อย

5.เมื่อนำกระดาษจากท้องตลาด 3 ชนิด ประกอบด้วย กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษถ่ายเอกสาร และกระดาษสามาวิเคราะห์ความต้านแรงดึง (tensile strength) เพื่อเปรียบเทียบกับกระดาษที่ได้จากการทดลอง คือ กระดาษที่ไม่มีการผสมชานอ้อย กระดาษที่มีการผสมชานอ้อยร้อยละ 10, 30, และ 50 เมื่อเรียงลำดับค่าความต้านแรงดึง จะได้ดังนี้ กระดาษหนังสือพิมพ์ > กระดาษถ่ายเอกสาร > กระดาษสา > กระดาษผสมชานอ้อยร้อยละ 10 > กระดาษผสมชานอ้อยร้อยละ 30 ≅ กระดาษที่ไม่มีการผสมชานอ้อย > กระดาษผสมชานอ้อยร้อยละ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การลอกกระดาษจากกล่องนมออกจากกันเป็น 3 ส่วน ควรลอกขณะเปียก แล้วจึงไปผึ่งให้แห้ง เนื่องจากจะทำให้ลอกได้ง่ายขึ้น

2. สามารถใช้เส้นใยพืชชนิดอื่นมาทำการผสมกับกระดาษจากกล่องนมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานได้ เช่น ใยสับปะรด เปลือกส้มโอ เป็นต้น

3. เส้นใยที่นำมาใช้ผสมกับกระดาษจากกล่องนมควรใช้เส้นใยยาว

4. กระดาษจากกล่องนมที่นำมาใช้ ยังไม่สามารถใช้ได้ทุกส่วน จึงควรมีการพัฒนาวิธีการนำกระดาษส่วนที่เหลือมาใช้ประโยชน์

5. กระดาษที่จะทำการรีไซเคิลไม่ควรทำซ้ำหลายครั้ง เนื่องจากคุณภาพของกระดาษจะลดลง เพราะเส้นใยถูกทำลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. นัยนา นิยมวันและคณะ. กระดาษสาไทย, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ฟันนี่พลิบลิชชิ่ง. ปีที่ 2 ฉบับที่ 2;2530.

2. หรรษา ปุณณะพยัคฆ์. การฟอกเยื่อกระดาษโดยวิธีการทางชีวภาพ, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 11 ฉบับที่ 2;2539.

3. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, ข่าวสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. สหมิตรพริ้นติ้ง, ปีที่ 42 ฉบับที่ 434, 2543, 15.

4. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ. เอกสารสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย วิชาเคมี ว.053. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2536.

5. จุฑามาศ บุญยาแย้ม. ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล,วารสารน้ำตาล 4. 2539. 1 – 6.

6. **www.thaienvironment.com**. การฟอกเยื่อกระดาษด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

7. วิชัย ธรานนท์. เคมีฟิสิกัล 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2542. 89 – 90.

8. ชลธิชา นุ่มหอม. โพลิเมอร์. พรศิวพิมพ์, 2538. 50 -54.

9. Charles P. Rader. *Plastics, Rubber, and Paper Recycling*. 1995.

10. Bouchard,J.,and Douck,M. *The Effect of Recycling on the Chemical Properties of Pulps*. 20 (5), May 1994.

11. Howard,R.C.,and Bichard,W. *The Basic Effects of Recycling on Pulp Properties*. May 1991, P.4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การคำนวณปริมาณกระดาษที่สามารถนำไปใช้แปรรูป

การคำนวณหาปริมาณกระดาษจากกล่องนมที่สามารถนำไปใช้แปรรูป

1. หลังจากล้างทำความสะอาดกล่องนมแล้ว ผึ่งให้แห้ง ให้ชั่งน้ำหนักกล่องนมรวม 1 กล่อง โดยแยกตามขนาดปริมาตรกล่องนม หาค่าเฉลี่ยชุดตัวอย่าง 10 ชิ้น

2. นำกล่องนมมาแยกชิ้นส่วน 3 ชิ้น โดยด้านนอกสุดเป็นกระดาษเคลือบสี ส่วนกลางเป็นกระดาษสีน้ำตาล และชั้นสุดท้ายเป็นอลูมิเนียมเคลือบฟิล์ม

3. ชั่งน้ำหนักกระดาษสีน้ำตาลที่อยู่ส่วนกลางโดยใช้ตัวอย่าง 10 ชิ้นหาค่าเฉลี่ย นำค่าที่ได้มาคำนวณในสูตร

ปริมาณกระดาษที่สามารถนำไปใช้แปรรูป (%) = (A/B)*100

A = น้ำหนักกระดาษกล่องนมส่วนที่เป็นสีน้ำตาล (กรัม)
B = น้ำหนักกระดาษกล่องนมรวม (กรัม)

ค่าที่ได้จากการคำนวณจะแสดงให้เห็นถึงปริมาณสุทธิของกระดาษที่แปรรูปจากกระดาษสีน้ำตาลของกล่องนมหากไม่มีการสูญหายตกหล่นของเยื่อกระดาษ

ในการทดลองครั้งนี้ ได้ใช้กล่องนมขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 10 กล่องมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาปริมาณกระดาษที่สามารถนำไปใช้แปรรูปกระดาษใหม่ ดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงน้ำหนักกระดาษกล่องนม ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

กล่องที่	น้ำหนักกล่องนมรวม (กรัม)	น้ำหนักกระดาษชั้นกลาง (กรัม)
1	9.5290	2.1200
2	8.9950	1.6600
3	9.3063	2.2300
4	10.0200	1.9300
5	9.3742	2.1300
6	9.4566	1.5400
7	9.4085	2.1900
8	9.3660	2.1500
9	9.1881	1.8400
10	9.3919	1.8296
$\bar{X}$	9.4036	1.9620

คำนวณตามสูตร ได้ดังนี้

ปริมาณกระดาษที่สามารถนำไปใช้แปรรูป (%) = (1.9620 / 9.4036) * 100

= 20.86 % ของกระดาษกล่องนมรวม

ถ้าต้องการกระดาษ 100 กรัม เพื่อใช้ในการทดลอง หาได้ ดังนี้

กระดาษ น้ำหนัก 1.9620 กรัม ได้มาจากกล่องนม 1 กล่อง

ถ้าต้องการกระดาษ น้ำหนัก 100 กรัม ต้องใช้กล่องนม $\frac{100 * 1}{1.9620}$ = 51 ± 2 กล่อง

ปัจจัยที่ทำให้ปริมาณกระดาษแปรรูปมีมากหรือน้อยขึ้นกับ

- การฉีกกระดาษ
- ขนาดของกล่องนม
- ความใส่ใจของผู้ผลิต
- ในแต่ละส่วนของการผลิตโอกาสที่เยื่อกระดาษจะสูญหายมีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางผลการทดลอง

ความชื้น

ตาราง แสดงน้ำหนักชิ้นกระดาษก่อนอบ –หลังอบ เพื่อหาค่าความชื้นในกระดาษ

- ที่ความเร็วในการปั่นกวน 600 รอบ/นาที น้ำหนักเยื่อกระดาษ 30 กรัม

ชิ้นที่	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)
1	0.3778	0.3613
2	0.4229	0.4073
3	0.3623	0.3380
4	0.3566	0.3458
5	0.3191	0.3107

- ที่ความเร็วในการปั่นกวน 600 รอบ/นาที น้ำหนักเยื่อกระดาษ 50 กรัม

ชิ้นที่	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)
1	0.7237	0.6801
2	0.6417	0.6043
3	0.5675	0.5387
4	0.5734	0.5446
5	0.5287	0.5046

- กระดาษผสมชานอ้อยในอัตราส่วน 90 : 10 โดยน้ำหนัก

ชิ้นที่	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)
1	0.4587	0.4344
2	0.4347	0.4131
3	0.4281	0.4063
4	0.2841	0.2718
5	0.3991	0.3828

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระดาษผสมชานอ้อยในอัตราส่วน 70 : 30 โดยน้ำหนัก

ชิ้นที่	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)
1	0.3142	0.2952
2	0.3195	0.3013
3	0.3276	0.3114
4	0.3933	0.3729
5	0.3891	0.3692

- กระดาษผสมชานอ้อยในอัตราส่วน 50 : 50 โดยน้ำหนัก

ชิ้นที่	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)
1	0.4549	0.4278
2	0.4318	0.4077
3	0.3210	0.3037
4	0.2868	0.2738
5	0.4612	0.4387

ความสามารถในการอมน้ำ

ตาราง แสดงน้ำหนักก่อน – หลังแช่น้ำของกระดาษเพื่อหาความสามารถในการอมน้ำ

- ที่ความเร็วในการปั่นกวน 600 รอบ/นาที น้ำหนักเยื่อกระดาษ 30 กรัม

ชิ้นที่	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหมักหลังแช่น้ำ (กรัม)
1	0.3750	2.6401
2	0.4208	2.7473
3	0.3602	2.3059
4	0.3554	2.2547
5	0.3166	2.0592

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ที่ความเร็วในการปั่นกวน 600 รอบ/นาที น้ำหนักเยื่อกระดาษ50 กรัม

ชิ้นที่	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)
1	0.7187	4.5863
2	0.6371	4.0813
3	0.5633	3.6585
4	0.5699	3.6043
5	0.5255	3.1943

- กระดาษผสมชานอ้อยในอัตราส่วน 90 : 10 โดยน้ำหนัก

ชิ้นที่	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)
1	0.4562	2.9478
2	0.4325	2.8523
3	0.4259	2.8775
4	0.2833	2.0738
5	0.3975	2.6081

- กระดาษผสมชานอ้อยในอัตราส่วน 70 :30โดยน้ำหนัก

ชิ้นที่	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)
1	0.3127	2.0499
2	0.3184	2.1034
3	0.3254	2.2136
4	0.3907	2.5847
5	0.3862	2.4382

- กระดาษผสมชานอ้อยในอัตราส่วน 50 : 50 โดยน้ำหนัก

ชิ้นที่	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)
1	0.4058	2.7733
2	0.4287	2.8237
3	0.3185	2.2921
4	0.2848	1.8850
5	0.4592	2.9155

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการซึมน้ำ

ตาราง แสดงเวลาที่ใช้ในการซึมน้ำของกระดาษ (วินาที)

- ที่ความเร็วในการปั่นกวน 600 รอบ/นาที น้ำหนักเยื่อกระดาษ 30 กรัม

ชิ้นที่	เวลาที่ใช้ในการซึมน้ำ(วินาที)
1	2.32 , 1.68 , 1.70 , 2.56 , 1.81
2	1.69 , 1.91 , 1.53 , 1.82 , 2.13
3	2.44 , 2.37 , 2.87 , 2.81 , 3.39
4	2.48 , 2.81 , 2.46 , 2.40 , 2.38
5	1.48 , 1.83 , 1.85 , 1.32 , 1.39

- ปั่นกวน 600 รอบ/นาที เยื่อกระดาษ50 กรัม

ชิ้นที่	เวลาที่ใช้ในการซึมน้ำ(วินาที)
1	4.36 , 8.15 , 4.52 , 5.29 , 3.54
2	3.66 , 4.68 , 4.19 , 3.23 , 5.53
3	5.43 ,4.15 , 5.44 , 5.89 , 5.49
4	3.61 , 3.76 , 4.30 , 3.20 , 4.76
5	3.28 , 3.15 , 5.09 , 5.69 , 6.29

- กระดาษผสมชานอ้อยในอัตราส่วน 90 :10 โดยน้ำหนัก

ชิ้นที่	เวลาที่ใช้ในการซึมน้ำ(วินาที)
1	1.92 , 1.94 , 2.38 , 2.47 , 2.50
2	2.35 , 1.96 , 2.30 , 2.31 , 2.26
3	2.42 , 2.10 , 2.07 , 2.31 , 2.30
4	2.23 , 2.38 , 2.27 , 2.42 , 2.44
5	2.41 , 2.21 , 2.11 , 2.13 , 2.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระดาษผสมชานอ้อยในอัตราส่วน 70 : 30 โดยน้ำหนัก

ชิ้นที่	เวลาที่ใช้ในการซึมน้ำ(วินาที)
1	1.96 , 2.12 , 2.20 , 1.90 , 1.80
2	2.10 , 2.30 , 2.20 , 2.17 , 2.00
3	1.99 , 2.10 , 1.91 , 2.07 , 2.16
4	2.11 , 2.02 , 1.95 , 2.23 , 2.00
5	2.10 , 2.16 , 2.09 , 2.00 , 2.01

- กระดาษผสมชานอ้อยในอัตราส่วน50 : 50 โดยน้ำหนัก

ชิ้นที่	เวลาที่ใช้ในการซึมน้ำ(วินาที)
1	1.68 , 1.80 , 1.72 , 1.80 , 1.90
2	1.50 , 1.47 , 1.65 , 1.72 , 1.77
3	1.71 , 1.60 , 1.55 , 1.81 , 1.50
4	1.61 , 1.48 , 1.59 , 1.70 , 1.71
5	1.80 , 1.71 , 1.70 , 1.56 , 1.65

ความสามารถในการซึมน้ำมัน

ตาราง แสดงเวลาที่ใช้ในการซึมน้ำมันของกระดาษ (วินาที)

- ที่ความเร็วในการปั่นกวน 600 รอบ/นาที น้ำหนักเยื่อกระดาษ 30 กรัม

ชิ้นที่	เวลาที่ใช้ในการซึมน้ำมัน(วินาที)
1	0.87 , 1.07 , 1.12 , 0.87 , 0.96
2	1.11 , 1.03 , 0.83 , 0.72 , 1.22
3	1.37 , 1.07 , 0.80 , 0.79 , 1.20
4	0.79 , 0.96 , 0.86 , 0.98 , 1.19
5	0.86 , 0.97 , 0.63 , 0.74 , 0.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ที่ความเร็วในการปั่นกวน 600 รอบ/นาที น้ำหนักเยื่อกระดาษ 50 กรัม

ชิ้นที่	เวลาที่ใช้ในการซึมน้ำมัน(วินาที)
1	2.73 , 1.53 , 2.68 , 2.65 , 2.30
2	1.47 , 1.47 , 2.14 , 2.44 , 2.89
3	3.44 , 2.43 , 2.16 , 2.09 , 2.49
4	2.23 , 2.43 , 1.59 , 2.29 , 1.48
5	3.16 , 3.80 , 3.68 , 2.70 , 3.56

- กระดาษผสมชานอ้อยในอัตราส่วน90 : 10โดยน้ำหนัก

ชิ้นที่	เวลาที่ใช้ในการซึมน้ำมัน(วินาที)
1	1.30 , 1.33 , 0.83 , 0.87 , 0.79
2	1.22 , 1.04 , 1.19 , 1.27 , 0.85
3	1.22 , 0.94 , 1.15 , 1.44 , 2.11
4	1.41 , 1.24 , 1.05 , 1.14 , 0.89
5	2.65 , 0.74 , 0.69 , 1.38 , 0.83

- กระดาษผสมชานอ้อยในอัตราส่วน70 : 30โดยน้ำหนัก

ชิ้นที่	เวลาที่ใช้ในการซึมน้ำมัน(วินาที)
1	0.83 , 1.02 , 0.95 , 1.09 , 0.98
2	0.54 , 0.56 , 0.53 , 0.56 , 0.54
3	0.88 , 0.73 , 0.69 , 0.57 , 0.54
4	0.98 , 0.81 , 0.61 , 0.52 , 0.55
5	1.09 , 0.76 , 0.83 , 0.67 , 1.57

- กระดาษผสมชานอ้อยในอัตราส่วน50 : 50โดยน้ำหนัก

ชิ้นที่	เวลาที่ใช้ในการซึมน้ำมัน(วินาที)
1	0.59 , 0.53 , 0.80 , 0.90 , 1.09
2	1.13 , 0.83 , 0.90 , 0.87 , 0.79
3	1.0 , 0.74 , 0.98 , 0.66 , 0.79
4	0.97 , 0.85 , 0.91 , 0.70 , 0.59
5	0.58 , 0.54 , 0.69 , 0.63 , 1.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านแรงดึง (Tensile strength)

ตาราง แสดงค่าความต้านแรงดึง (MPa) ของกระดาษชนิดต่างๆ

เมื่อ ความกว้างของชิ้นงาน เท่ากับ 15.14 มิลลิเมตร

main speed 0.4 mm/sec

- กระดาษที่ใช้ความเร็วในการการปั่นกวน 600 รอบ/ นาที เยื่อกระดาษ 30 กรัม

ตัวอย่าง	ความหนา (มิลลิเมตร)	F (N)	ความต้านแรงดึง (MPa)
1	1.12	12.53	0.7459
2	1.17	10.94	0.6232
3	0.74	11.82	0.8126
4	0.96	10.85	0.7533
5	0.87	10.54	0.8001
6	0.87	11.55	0.8768
7	0.86	10.26	0.7876
8	0.91	9.86	0.7158
9	0.76	11.18	0.9719
10	0.76	9.27	0.8058

Mean = 0.7893

Std dev = 0.0931

- กระดาษที่ใช้ความเร็วในการการปั่นกวน 600 รอบ/ นาที เยื่อกระดาษ 50 กรัม

ตัวอย่าง	ความหนา (มิลลิเมตร)	F (N)	ความต้านแรงดึง (MPa)
1	1.5166	18.32	0.7978
2	1.517	16.83	0.7326
3	1.26	15.98	0.8379
4	1.3266	21.25	1.058
5	1.53	19.68	0.8497
6	1.286	17.34	0.8907
7	1.530	18.85	0.8138
8	1.153	20.26	1.1600
9	1.286	19.33	0.9928
10	1.240	17.25	0.9189

Mean = 0.9052

Std dev = 0.1306

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระดาษผสมกับชานอ้อยในอัตราส่วน 90 : 10 โดยน้ำหนัก

ตัวอย่าง	ความหนา (มิลลิเมตร)	F (N)	ความต้านแรงดึง (MPa)
1	1.41	16.96	0.8019
2	0.93	14.78	1.0600
3	0.99	13.89	0.9353
4	1.09	18.02	1.1020
5	1.09	19.88	1.2160
6	1.09	18.30	1.1190
7	1.47	17.42	0.7898
8	1.18	16.92	0.9558
9	0.88	15.15	1.1470
10	1.01	13.26	0.8752

Mean = 1.0002

Std dev = 0.1496

- กระดาษผสมชานอ้อยในอัตราส่วน 70 : 30 โดยน้ำหนัก

ตัวอย่าง	ความหนา (มิลลิเมตร)	F (N)	ความต้านแรงดึง (MPa)
1	1.25	14.23	0.7591
2	1.05	13.31	0.8454
3	2.19	12.13	0.6796
4	1.05	14.82	0.9320
5	1.28	14.16	0.7374
6	1.35	13.41	0.6624
7	1.16	15.87	0.9270
8	0.84	11.92	0.9458
9	1.09	11.64	0.7118
10	1.11	11.65	0.6998

Mean = 0.7900

Std dev = 0.1119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระดาษผสมชานอ้อยในอัตราส่วน 50 : 50 โดยน้ำหนัก

ตัวอย่าง	ความหนา (มิลลิเมตร)	F (N)	ความต้านแรงดึง (MPa)
1	1.03	10.25	0.6632
2	0.99	9.32	0.6278
3	1.15	11.78	0.6829
4	1.09	10.54	0.6449
5	1.33	10.30	0.5161
6	0.93	10.48	0.7128
7	0.93	10.03	0.7190
8	0.97	11.26	0.7738
9	1.09	10.70	0.6542
10	1.09	11.01	0.6736

Mean = 0.6668

Std dev = 0.0678

- กระดาษถ่ายเอกสาร

ตัวอย่าง	ความหนา (มิลลิเมตร)	F (N)	ความต้านแรงดึง (MPa)
1	0.08	40.37	33.64
2	0.08	38.55	32.12
3	0.08	40.44	33.70
4	0.08	40.84	34.03
5	0.08	37.98	31.65
6	0.08	37.93	31.61
7	0.08	38.15	31.79
8	0.08	35.88	29.87
9	0.08	35.94	29.95
10	0.08	41.97	34.97

Mean = 32.33

Std dev = 1.715

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระดาษหนังสือพิมพ์

ตัวอย่าง	ความหนา (มิลลิเมตร)	F (N)	ความต้านแรงดึง (MPa)
1	0.07	38.83	36.98
2	0.07	38.80	36.50
3	0.07	38.65	36.20
4	0.07	37.06	35.29
5	0.07	37.05	35.29
6	0.07	38.42	36.13
7	0.07	39.88	36.14
8	0.07	38.73	36.09
9	0.07	37.57	35.78
10	0.07	38.60	36.76

Mean = 36.12

Std dev = 0.557

- กระดาษสา

ตัวอย่าง	ความหนา (มิลลิเมตร)	F (N)	ความต้านแรงดึง (MPa)
1	0.44	9.418	1.427
2	0.49	9.739	1.325
3	0.46	10.33	1.496
4	0.40	7.824	1.304
5	0.53	9.974	1.255
6	0.39	10.640	1.819
7	0.44	8.231	1.247
8	0.47	8.683	1.181
9	0.52	8.646	1.108
10	0.45	11.37	1.685

Mean = 1.384

Std dev = 0.225

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

มาตรฐานอุตสาหกรรมกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระดาษถ่ายเอกสาร

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน คุณลักษณะที่ต้องการ การบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบกระดาษถ่ายเอกสาร

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะ กระดาษถ่ายเอกสารที่ใช้กับเครื่องถ่ายเอกสารระบบหมึกผงแห้ง (dry toner xerographic copier)

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 กระดาษถ่ายเอกสาร หมายถึง กระดาษที่ใช้ถ่ายเอกสารและสิ่งพิมพ์ต่างๆ เพื่อทำสำเนาด้วยเครื่องถ่ายเอกสาร

3. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

3.1 ชื่อขนาด ความกว้าง และความยาว

ให้เป็นไปตามตารางที่ 1 โดยความกว้างและความยาวแต่ละด้านจะมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 1.0 มิลลิเมตร

การทดสอบให้ทำโดยการวัดด้วยเครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

3.2 ความได้ฉาก

ต้องเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยเมื่อพับกระดาษถ่ายเอกสารทบครึ่งตามด้านกว้างและด้านยาวทีละด้าน ให้มุมที่สมนัยกันทับกันพอดีด้านหนึ่ง ด้านตรงข้ามมุมที่สมนัยกันจะเหลื่อมกันได้ด้านละไม่เกิน 1.0 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ชื่อขนาด ความกว้าง และความยาว

(ข้อ 3.1)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ชื่อขนาด	ความกว้าง x ความยาว
A 3	297 x 420
A 4	210 x 297
A 5	148 x 210
B 4	250 x 353

4. คุณลักษณะที่ต้องการ

4.1 ลักษณะทั่วไป

ผิวของกระดาษต้องเรียบ ปราศจากข้อบกพร่อง เช่น รอยพับ ย่น ฉีกขาด สกปรกเปรอะเปื้อน เป็นขุย การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.2 ความโค้งงอ

เมื่อทดสอบตามข้อ 8.2 แล้ว ผิวหน้าต้องราบ ไม่โค้งงอ

4.3 คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

ต้องเป็นไปตามตารางที่ 2

5. การบรรจุ

5.1 ให้หุ้มห่อกระดาษถ่ายเอกสารขนาดเดียวกัน ด้วยกระดาษหรือวัสดุอื่นที่เหมาะสม แล้วปิดให้เรียบร้อย

5.2 จำนวนกระดาษถ่ายเอกสารในแต่ละห่อต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

(ข้อ 4.3)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด			วิธีทดสอบตาม
		น้ำหนักมาตรฐาน กรัมต่อตารางเมตร			
		70	75	80	
1	ความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักมาตรฐาน ร้อยละ ไม่เกิน	± 5	± 5	± 5	ISO 536
2	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	10	10	10	ISO 287
3	ความต้านแรงดันทะลุ กิโลพาสคัล ไม่น้อยกว่า	80	100	120	ISO 2758
4	ความทึบแสง ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	85	85	85	ISO 2471
5	ความขาวสว่าง ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	80	80	80	ISO 2470
6	ความเรียบ (วิธีเบกก์) วินาที ไม่น้อยกว่า	20	20	20	ISO 5627
7	ความหรงรูปแต่ละด้าน มิลลินิวตัน-เมตร	0.09 ถึง 0.25	0.09 ถึง 0.25	0.09 ถึง 0.25	ISO 2493
8	ความหนา มิลลิเมตร	0.09 ถึง 0.12	0.09 ถึง 0.12	0.09 ถึง 0.12	ISO 534

ผู้ใดนำมาตรฐานนี้ไปใช้ในทางที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผู้อื่น ต้องรับผิดชอบตามกฎหมาย

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่วัสดุหุ้มห่อกระดาษถ่ายเอกสารทุกห่อ อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) คำว่า "กระดาษถ่ายเอกสาร"

(2) ชื่อขนาด หรือขนาดเป็นมิลลิเมตร x มิลลิเมตร

(3) น้ำหนักมาตรฐาน เป็นกรัมต่อตารางเมตร

(4) จำนวนแผ่นในแต่ละห่อ

(5) เดือน ปีที่ทำ หรือรหัสรุ่นที่ทำ

(6) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

(7) ประเทศที่ทำ

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

6.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง กระดาษถ่ายเอกสารที่มีน้ำหนักมาตรฐานเดียวกัน ทำจากวัตถุดิบอย่างเดียวกันโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบการบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก

7.2.1.1 กรณีที่มีขนาดเดียวในรุ่น ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 3 สคมภ์ที่ 2

7.2.1.2 กรณีที่มีหลายขนาดในรุ่น ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 3 สคมภ์ที่ 2 โดยชักตัวอย่างขนาดที่ไม่ซ้ำกัน หากจำนวนขนาดน้อยกว่าขนาดตัวอย่างที่กำหนดในตารางที่ 3 สคมภ์ที่ 2 ให้ชักขนาดซ้ำกันได้ โดยให้จำนวนตัวอย่างซ้ำกันน้อยที่สุดเพื่อให้ได้ขนาดตัวอย่างตามจำนวนที่กำหนด

7.2.1.3 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 5. และข้อ 6. ในแต่ละรายการ ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ 3 สดมภ์ที่ 3 จึงจะถือว่ากระดาษถ่ายเอกสารรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 3 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบการบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก ขนาด ลักษณะทั่วไป และความโค้งงอ

(ข้อ 7.2.1 และข้อ 7.2.2)

ขนาดรุ่น	การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก		ขนาด ลักษณะทั่วไป และความโค้งงอ	
ห่อ	ขนาดตัวอย่าง ห่อ	เลขจำนวนที่ยอมรับ	ขนาดตัวอย่าง แผ่น	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 500	3	0	8	1
501 ถึง 1 200	13	1	13	2
เกิน 1 200	20	2	20	3

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด ลักษณะทั่วไป และความโค้งงอ

7.2.2.1 ให้ใช้ตัวอย่างชุดที่ใช้ทดสอบการบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากแล้ว ดึงกระดาษถ่ายเอกสาร 3 แผ่นแรกของตัวอย่างแต่ละห่อทิ้งก่อน และสุ่มตัวอย่างจากแต่ละห่อให้มีจำนวนใกล้เคียงกัน นำมารวมกันให้ได้จำนวนตามที่กำหนดในตารางที่ 3 สดมภ์ที่ 4

7.2.2.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 3. ข้อ 4.1 และข้อ 4.2 ในแต่ละรายการ ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ 3 สดมภ์ที่ 5 จึงจะถือว่ากระดาษถ่ายเอกสารรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

7.2.3.1 ให้ใช้ตัวอย่างชุดที่ใช้ทดสอบการบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากแล้ว สุ่มตัวอย่างจากแต่ละห่อให้มีจำนวนใกล้เคียงกัน นำมารวมกันให้ได้จำนวนไม่น้อยกว่า 100 แผ่น แล้วนำไปเตรียมเป็นชิ้นทดสอบสำหรับทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ ในแต่ละรายการ

7.2.3.2 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.3 จึงจะถือว่ากระดาษถ่ายเอกสารรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างกระดาษถ่ายเอกสารต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1.3 ข้อ 7.2.2.2 และข้อ 7.2.3.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่ากระดาษถ่ายเอกสารรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การทดสอบ

8.1 ภาวะทดสอบ

เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 27 ± 1 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 65 ± 2 เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง

8.2 การทดสอบความโค้งงอ

แช่วนกระดาษถ่ายเอกสารตัวอย่างไว้ในแนวดิ่งที่อุณหภูมิ 120 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที นำมาวางบนพื้นราบ แล้วตรวจพินิจทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระดาษหนังสือพิมพ์

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด แบบ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน คุณลักษณะที่ต้องการ การบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบกระดาษหนังสือพิมพ์

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 กระดาษหนังสือพิมพ์(newsprint) หมายถึง กระดาษที่ทำจากเยื่อเชิงกลเป็นหลัก เพื่อใช้พิมพ์หนังสือพิมพ์ หรือสิ่งพิมพ์อื่นที่ไม่ต้องการเก็บไว้นาน

3. แบบ

3.1 กระดาษหนังสือพิมพ์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

3.1.1 แบบม้วน

3.1.2 แบบแผ่น

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 น้ำหนักมาตรฐานและความหนา ของกระดาษหนังสือพิมพ์แบบม้วนและแบบแผ่น ให้เป็นดังนี้

4.1.1 กระดาษหนังสือพิมพ์ที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 45 กรัมต่อตารางเมตร ให้หนา 0.076 มิลลิเมตร

4.1.2 กระดาษหนังสือพิมพ์ที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 49 กรัมต่อตารางเมตร ให้หนา 0.081 มิลลิเมตร

4.1.3 กระดาษหนังสือพิมพ์ที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 52 กรัมต่อตารางเมตร ให้หนา 0.089 มิลลิเมตร

โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± ร้อยละ 5 สำหรับน้ำหนักมาตรฐาน และไม่เกิน ± 0.012 มิลลิเมตรสำหรับความหนา การวัดความหนาให้ปฏิบัติตาม TAPPI T 411

4.2 แบบม้วน

4.2.1 ความกว้าง ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 3 มิลลิเมตร

การวัดให้ใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1.0 มิลลิเมตร

4.2.2 เส้นผ่านศูนย์กลางของม้วน ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 1.5 เซนติเมตร

การวัดให้ใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1.0 มิลลิเมตร

4.2.3 เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ของแกนที่ใช้ม้วนกระดาษหนังสือพิมพ์ ต้องเท่ากับ 76^{+2}_{0} มิลลิเมตร

การวัดให้ใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1.0 มิลลิเมตร

4.3 แบบแผ่น

4.3.1 ความกว้างและความยาว ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย โดยแต่ละด้านจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 3 มิลลิเมตร หรือแนะนำให้เป็นไปตามตารางที่ 1

การวัดให้ใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1.0 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
ของกระดาษหนังสือพิมพ์แบบแผ่น
(ข้อ 4.3.1)

ชื่อขนาด	ความกว้าง มิลลิเมตร	ความยาว มิลลิเมตร
RA0	860 ± 4	1 220 ± 5
RA1	610 ± 4	860 ± 4
RA2	430 ± 3	610 ± 4

5. คุณลักษณะที่ต้องการ

.1 ลักษณะทั่วไป

5.1.1 กระดาษหนังสือพิมพ์ทุกแบบ ต้องมีผิวเรียบ ปราศจากรอยหิ่มแหงหะลุ หรือฉีกขาด

5.1.2 กระดาษหนังสือพิมพ์แบบม้วน ม้วนต้องเรียบและแน่นเสมอกันตลอดม้วน ที่ปากแกนทั้งสองข้างต้องมีจุกอุดหรือใช้วิธีอื่นที่ป้องกันไม่ให้บุบเบี้ยวหรือเสียรูป ในกรณีที่มีรอยต่อ จำนวนรอยต่อต้องไม่มากกว่า 3 แห่ง รอยต่อแต่ละแห่งต้องประกบกันสนิทและแข็งแรง และมีเครื่องหมายแสดงรอยต่อแต่ละแห่งให้เห็นเด่นชัดที่ข้างม้วน

5.1.3 กระดาษหนังสือพิมพ์แบบแผ่น ริมแต่ละด้านต้องเรียบและได้ฉากกัน

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

5.2 คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ
ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

6. การบรรจุ

6.1 ให้ห่อกระดาษหนังสือพิมพ์ทุกม้วน ด้วยกระดาษหรือวัสดุอื่นที่เหมาะสม เพื่อป้องกันความเสียหายระหว่างการขนส่ง

6.2 ให้ห่อกระดาษหนังสือพิมพ์แบบแผ่นที่มีขนาดเดียวกัน และมีหน่วยบรรจุเป็นรีม(500 แผ่น) ด้วยกระดาษหรือวัสดุอื่นที่เหมาะสม

(ข้อ 5.2)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด น้ำหนักมาตรฐาน กรัมต่อตารางเมตร			วิธีทดสอบตาม
		45	49	52	
1	น้ำหนักมาตรฐาน คลาดเคลื่อนได้ ร้อยละ ไม่เกิน	± 5			ISO 536
2	ความชื้น ร้อยละ	5 ถึง 10			ISO 287 (ไม่ต้องปรับภาวะชิ้นทดสอบ)
3	การดูดซึมน้ำมัน(IGT) แต่ละด้าน 1 000 ต่อมิลลิเมตร ไม่เกิน	30			IGT-information leaflet W 24
4	ความทึบแสงในการพิมพ์ ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	90			มอก.287
5	ความขาวสว่าง ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	50			มอก.287
6	ความเรียบ(Bekk) วินาที	30 ถึง 200			ISO 5627
7	ความต้านแรงดึงแนวขนานเครื่อง กิโลนิวตันต่อเมตร ไม่น้อยกว่า	1.40			ISO 1924/1

หมายเหตุ มอก.287 หมายถึง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระดาษพิมพ์และกระดาษเขียน มาตรฐานเลขที่ มอก.287

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่กระดาษหนังสือพิมพ์แต่ละรีม อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแสดงข้อความต่อไปนี้ไว้ที่ด้านใดด้านหนึ่งของรีม ที่เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ตัวอักษร "กระดาษหนังสือพิมพ์"

(2) น้ำหนักมาตรฐาน เป็นกรัมต่อตารางเมตร

(3) ขนาด

(3.1) แกนยาวของรีมกระดาษ ในกรณีที่ม้วนตามแนวยาวของม้วนกระดาษ

(3.2) แกนยาว ในกรณีที่ม้วนตามแนวขวางของม้วนกระดาษ หรือความกว้าง x ความยาว เป็นมิลลิเมตร x มิลลิเมตร

(4) ปริมาณรวม

(4.1) แกนม้วน ในกรณีที่ม้วนมีน้ำหนักหนึ่งม้วน เป็นกิโลกรัม

(4.2) แกนยาว ในกรณีที่ม้วนมีมากกว่าหนึ่งม้วน ผลรวมของแกนยาวของม้วนทั้งหมด เป็นเมตร

(5) เดือน ปีที่ทำ หรือหมายเลขที่ทำ

(6) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า หรือชื่อผู้จัดจำหน่าย

(7) ประเทศที่ทำ

ในกรณีที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศ ต้องมีข้อความแสดงประเทศที่ทำเป็นภาษาไทยกำกับไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง กระดาษหนังสือพิมพ์แบบ ขนาด และน้ำหนักมาตรฐานเดียวกัน ที่มีเครื่องหมายการค้าเดียวกัน มีส่วนผสมอย่างเดียวกัน ด้วยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

8.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด และลักษณะทั่วไป

8.2.1.1 กระดาษหนังสือพิมพ์แบบม้วน

(1) ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3 สดมภ์ที่ 2 นำไปทดสอบเส้นผ่านศูนย์กลาง ของม้วนและแกนก่อน แล้วจึงคึงตัวอย่างแต่ละม้วน 3 รอบแรกทิ้งก่อน

(ในระหว่างการดึงให้ตรวจลักษณะทั่วไปของม้วนไปด้วย) ตัดตัวอย่างทุกม้วน ม้วนละ 1 แผ่น ยาวแผ่นละ 2 เมตร ไปทดสอบความกว้าง ความหนา และลักษณะทั่วไป ตามลำดับ

(2) จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4.1 ข้อ 4.2 และข้อ 5.1 แต่ละรายการ ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ 3 สดมภ์ที่ 3 จึงจะถือว่ากระดาษหนังสือพิมพ์รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 3 แผนการชักตัวอย่างกระดาษหนังสือพิมพ์แบบม้วน

(ข้อ 8.2.1.1)

ขนาดรุ่น ม้วน	ขนาดตัวอย่าง ม้วน	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 50	2	0
51 ถึง 500	8	1
501 ถึง 3 200	13	2
เกิน 3 200	20	3

8.2.1.2 กระดาษหนังสือพิมพ์แบบแผ่น

(1) ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำ

นวนที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4 สดมภ์ที่ 2 ดึงตัวอย่างแต่ละรีม 3 แผ่นแรกทิ้งก่อน แล้วชักตัวอย่างจากแต่ละรีม รีมละ 1 แผ่น ไปทดสอบความกว้าง ความยาว ความหนา และลักษณะทั่วไป ตามลำดับ

(2) จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4.1 ข้อ 4.3 และข้อ 5.1 แต่ละรายการ ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ 4 สดมภ์ที่ 3 จึงจะถือว่ากระดาษหนังสือพิมพ์รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 4 แผนการชักตัวอย่างกระดาษหนังสือพิมพ์แบบแผ่น

(ข้อ 8.2.1.2)

ขนาดรุ่น รีม	ขนาดตัวอย่าง รีม	ขนาดตัวอย่างที่สุ่มจากสดมภ์ที่ 2 แผ่น	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 50	2	3	0
51 ถึง 500	8	8	1
501 ถึง 3 200	13	13	2
เกิน 3 200	20	20	3

8.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

8.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากตัวอย่างชุดเดียวกับที่ใช้ทดสอบขนาดและลักษณะทั่วไป ถ้าเป็นแบบม้วน ให้ตัดตัวอย่างทุกม้วน ม้วนละ 1 แผ่น ให้ได้ความยาวใกล้เคียงกัน และยาวรวมกันไม่น้อยกว่า 20 เมตร ถ้าเป็นแบบแผ่น ให้ชักตัวอย่างจากทุกรีมให้มีจำนวนใกล้เคียงกัน แล้วตัดตัวอย่างเป็นแผ่นทดสอบขนาด 300 มิลลิเมตร x 450 มิลลิเมตร โดยให้ด้านยาวเป็นแนวขนานเครื่อง จำนวน 40 แผ่น ในกรณีที่ไม่ทราบแนวขนานเครื่อง ตัดเป็นแผ่นทดสอบขนาด 450 มิลลิเมตร x 450 มิลลิเมตร จำนวน 40 แผ่น โดยแต่ละแผ่นต้องไม่มีรอยตำหนิเสียหายใด ๆ แล้วนำไปเตรียมชิ้นทดสอบให้มีจำนวนตามที่กำหนดในแต่ละวิธี

8.2.2.2 ผลการทดสอบเฉลี่ยของแต่ละรายการ ต้องเป็นไปตามตารางที่ 2 จึงจะถือว่ากระดาษหนังสือพิมพ์แบบม้วนหรือแบบแผ่นรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

8.3 เกณฑ์ตัดสิน

8.3.1 ตัวอย่างกระดาษหนังสือพิมพ์แบบม้วน ต้องเป็นไปตามข้อ

8.2.1.1(2) และข้อ 8.2.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่ากระดาษหนังสือพิมพ์แบบม้วนรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

8.3.2 ตัวอย่างกระดาษหนังสือพิมพ์แบบแผ่น ต้องเป็นไปตามข้อ 8.2.1.2(2) และข้อ 8.2.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่ากระดาษหนังสือพิมพ์แบบแผ่นรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

พิมพ์ที่ หจก. พี.เอ็น. การพิมพ์
150-152 ถนนริมคลองประปา บางซื่อ เขตดุสิต กทม. 10800
โทร. 5876453, 5876454, 5878071