

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



กระบวนการผลิตสารเพิ่มเนื้อ
สำหรับอุตสาหกรรมกระดาษในเชิงอุตสาหกรรม

๔/พ.
๑๖/๓/๑๓
๑๖๖๗
เลขหมู่ _____
เลขทะเบียน _____
วันเดือนปี _____

นายฉัตรพงษ์ สุทธิวงศ์สุนทร
นายสมชาติ ทรงจิตสมบูรณ์
นายอิสระ ศิลปอนันต์

612657201

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2537

**INDUSTRIAL PRODUCTION PROCESS OF SIZING AGENT
FOR PAPER INDUSTRY**

MR. NATTAPONG SUTTIWONGSUNTORN
MR. SOMCHART SONGCHITSOMBOON
MR. ITSARA SILPA-ANAN

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

1995/4

หัวข้อโครงการพิเศษ กระบวนการผลิตสารเพิ่มเนื้อสำหรับอุตสาหกรรมกระดาด
ในเชิงอุตสาหกรรม

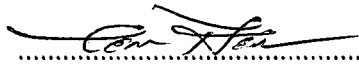
โดย นายฉัตรพงษ์ สุทธิวงศ์สุนทร
นายสมชาติ ทรงจิตสมบูรณ์
นายอิสระ ศิลปอนันต์

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นำโครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ลายเซ็นต์



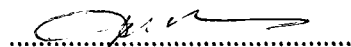
(ผศ.ดร. เเพชญชัย ไชยสิทธิ์)

หัวหน้าภาควิชาเคมี



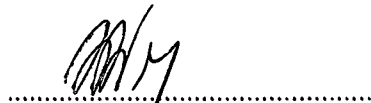
(ผศ.ดร. เเพชญชัย ไชยสิทธิ์)

ประธานกรรมการ



(ผศ.ดร. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล)

กรรมการ



(ผศ.ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

หัวข้อโครงการพิเศษ	กระบวนการผลิตสารเพิ่มเนื้อสำหรับอุตสาหกรรมกระดาษ ในเชิงอุตสาหกรรม
นักศึกษา	นายณัฐพงษ์ สุทธิวงศ์สุนทร นายสมชาติ ทรงจิตสมบูรณ์ นายอิสระ ศิลปอนันต์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2537

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาถึงสารเพิ่มเนื้อที่ผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรมกระดาษ เพื่อเพิ่มความต้านทานการซึมของน้ำและเพิ่มความแข็งแรงของกระดาษด้วยพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อระหว่างแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก และพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อระหว่างยางธรรมชาติกับอะคริลาไมด์ และโรซินมาลิกแอนไฮดรายด์ โดยสารเหล่านี้จะถูกเติมลงในน้ำเยื่อระหว่างขั้นตอนการตีเยื่อกระดาษ แล้วปรับค่าความเป็นกรด-เบสของกระบวนการผลิตกระดาษให้อยู่ในช่วง 4.1 - 4.5 จากการศึกษาพบว่ากระดาษที่ใช้โรซินมาลิกแอนไฮดรายด์ปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์สามารถต้านการซึมของน้ำได้ดี และกระดาษที่ใช้สารเพิ่มเนื้อตัวอื่นมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

Special Project Title Industrial Production Process of Sizing Agent for Paper Industry
Name Mr. Nattapong Suttiwongsuntorn
 Mr. Somchart Songchitsomboon
 Mr. Itsara Silpa-anan
Special Project Advisor Asst.Prof.Dr. Nipon Wongwisedsirikul
Department Chemistry
Academic Year 1995

Abstract

This Project was to study sizing agents which were produced from natural materials for paper industries to increase resistance to absorption by water and strength of paper. The graft copolymer of starch and acrylic acid monomer, the graft copolymer of natural rubber and acrylamide monomer and the adduct by reaction between rosin and maleic anhydride were used as sizing agents and added to paper stocks during the beating operation. Adjust the pH of stocks to 4.1 - 4.5 and continue to paper process. It was found from this study that the paper which used rosin-maleic anhydride adduct content 2 % was good resistance to water absorption. The other sizing agents only increased the strength of paper.

กิติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จเรียบร้อยได้ ต้องขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษศิริกุล ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการดำเนินโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณคณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษที่กรุณาตรวจสอบและแก้ไข
โครงการพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้อง

ขอขอบคุณ อาจารย์ยุทธนาพงศ์ แดงเพ็ง และ อาจารย์จรรยา ชงไชย และพี่ๆ
เจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยและพัฒนา 4 กรมวิทยาศาสตร์และบริการฯ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษา

ณัฐพงษ์ สุทธิวงศ์สุนทร

สมชาติ ทรงจิตสมบูรณ์

อิสระ ศิลปอนันต์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อโครงการพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อโครงการพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง - จ
สารบัญตาราง	ฉ - ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 แป้งมันสำปะหลังมันสำปะหลัง	3
2.2 โรซิน	7
2.3 ยางธรรมชาติ	10
2.4 กระบวนการผลิตกระดาษ	12
2.5 กระบวนการเพิ่มเนื้อ	14
บทที่ 3 การวิจัยและดำเนินงาน	18
สารเคมีที่ใช้	18
เครื่องมือและอุปกรณ์	19
การทดลอง	
3.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน	20
3.2 การสังเคราะห์สารเพิ่มเนื้อสำหรับกระดาษ	20
3.3 การศึกษาผลของปริมาณสารเพิ่มเนื้อที่มีต่อกระดาษ	21
3.4 การศึกษาสมบัติด้านการซึมน้ำของกระดาษ	22
3.5 การศึกษาสมบัติเชิงกลของกระดาษ	22
บทที่ 4 ผลการทดลอง	24
4.1 การศึกษาผลของสารเพิ่มเนื้อต่อสมบัติการด้านการซึมน้ำของกระดาษ	24
4.2 การศึกษาผลของสารเพิ่มเนื้อที่มีต่อสมบัติเชิงกลของกระดาษ	25
4.3 การศึกษาผลของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง และพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติในการเป็นสารเพิ่มเนื้อ ต่อสมบัติเชิงกลของกระดาษ	28

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	33
ภาคผนวก	36
บรรณานุกรม	45

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าคอบบ์ที่วัดได้เป็นเวลา 45 วินาที	
เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณโรซินเอสเทอร์	24
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าคอบบ์ที่วัดได้เป็นเวลา 120 วินาที	
เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณโรซินเอสเทอร์	24
ตารางที่ 4.3 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของกระดาษที่ผลิตได้	
เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณโรซินเอสเทอร์	25
ตารางที่ 4.4 แสดงความหนาของกระดาษต่อ 5 แผ่น	
เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณโรซินเอสเทอร์	25
ตารางที่ 4.5 แสดงความหนาแน่นของกระดาษ	
เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณโรซินเอสเทอร์	26
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความแข็งแรงดึงของกระดาษ	
เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณโรซินเอสเทอร์	26
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความต้านทานการต่อฉีกขาดของกระดาษเมื่อเปลี่ยนแปลง	
ปริมาณโรซินเอสเทอร์	27
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความต้านทานต่อการทะลุของกระดาษเมื่อเปลี่ยนแปลง	
ปริมาณโรซินเอสเทอร์	27
ตารางที่ 4.9 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของเยื่อกระดาษ เมื่อใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของ	
แป้งมันสำปะหลังและพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ	
เป็นสารเพิ่มเนื้อ	28
ตารางที่ 4.10 แสดงความหนาของกระดาษเมื่อใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของ	
แป้งมันสำปะหลังและพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ	
เป็นสารเพิ่มเนื้อ	28
ตารางที่ 4.11 แสดงความหนาแน่นของกระดาษเมื่อใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของ	
แป้งมันสำปะหลังและพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ	
เป็นสารเพิ่มเนื้อ	29
ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความแข็งแรงดึงของกระดาษเมื่อใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของ	
แป้งมันสำปะหลังและพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ	
เป็นสารเพิ่มเนื้อ	29

<p>ตารางที่ 4.13 แสดงค่าความต้านทานการนึ่งกษาคของกระดษเมือใช้พอลิเมอร้ร่วมแบบต่อของ แป้งมันสำปะหลังและพอลิเมอร้ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ เป็นสารเพิ่มเนื้อ</p>	<p>29</p>
<p>ตารางที่ 4.14 แสดงค่าความต้านทานการทะลุของกระดษเมือใช้พอลิเมอร้ร่วมแบบต่อของ แป้งมันสำปะหลังและพอลิเมอร้ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ เป็นสารเพิ่มเนื้อ</p>	<p>30</p>

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของอะไมโลส	4
รูปที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของอะไมโลเพกติน	5
รูปที่ 3 โครงสร้างของกรดเรซิน	8
รูปที่ 4 โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ	10
รูปที่ 5 โครงสร้างที่ผิวเส้นใยกระดาษ	16
รูปที่ 6 แสดงการดึงดูดของสารเพิ่มเนื้อบนผิวเส้นใยกระดาษ	17
รูปที่ 7 แสดงการดึงดูดของสารเพิ่มเนื้อบนผิวเส้นใยกระดาษ	17
รูปที่ 8 กราฟแสดงค่าความแข็งแรงดึงของกระดาษ เมื่อใช้โรซินเอสเทอร์เป็นสารเพิ่มเนื้อ	31
รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดของกระดาษ เมื่อใช้โรซินเอสเทอร์เป็นสารเพิ่มเนื้อ	31
รูปที่ 10 กราฟแสดงค่าความต้านทานต่อทะลุของกระดาษ เมื่อใช้โรซินเอสเทอร์เป็นสารเพิ่มเนื้อ	32

บทที่ 1

บทนำ

การเพิ่มเนื้อในอุตสาหกรรมกระดาษ คือ การนำสารเพิ่มเนื้อผสมในกระบวนการผลิตกระดาษ เพื่อเพิ่มสมบัติด้านการซึมของของเหลว ได้แก่ น้ำ หมึก น้ำมัน ไม่ให้ทะลุผ่านกระดาษ นอกจากนี้ยังปรับปรุงสมบัติด้านความหนา ความทนทานในการเก็บรักษา และสมบัติเชิงกลของกระดาษ

ปัจจุบันสารเพิ่มเนื้อที่ใช้ในอุตสาหกรรมภายในประเทศมีราคาค่อนข้างสูง จึงได้มีการนำวัตถุดิบจากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ เช่น ชันสน แป้งมันสำปะหลัง และ ยางธรรมชาติ เป็นต้น

โรซิน (rosin) มีในประเทศมาช้านานแล้ว และได้จากต้นสน มีการนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง โรซินส่วนใหญ่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้เสียเงินตราต่างประเทศปีละจำนวนมาก

แป้งมันสำปะหลัง ประเทศไทยมีปัญหาเกี่ยวกับมันสำปะหลัง เนื่องจากมีปริมาณมากเกินไปเกินความต้องการของตลาดทำให้มีราคาตกต่ำ

ยางธรรมชาติ เป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศที่มีความสำคัญอย่างหนึ่ง ทำรายได้ให้แก่ประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท ยางธรรมชาติถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางเพราะมีราคาถูกและหาได้ง่าย

วัตถุดิบเหล่านี้สามารถนำมาผลิตใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อ แต่อย่างไรก็ตามสมบัติของสารดังกล่าวยังไม่เหมาะสม จำเป็นจะต้องมีการปรับปรุงเพื่อให้มีสมบัติเหมาะสมตามความต้องการเพื่อนำไปใช้งานในอุตสาหกรรม การปรับปรุงสมบัติสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเตรียมอนุพันธ์ และ การเตรียมพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ เป็นต้น

วิธีการใช้สารเพิ่มเนื้อ มี 2 วิธีคือ การเพิ่มเนื้อภายใน (internal sizing) และการเพิ่มเนื้อที่ผิว (surface sizing) การเพิ่มเนื้อภายใน เป็นวิธีเติมสารเคมีลงในน้ำเยื่อ (stock) สำหรับทำกระดาษ และตกตะกอนบนเส้นใย เพื่อควบคุมการซึมของของเหลว สารเคมีที่ใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อ ได้แก่ ชันสน

การเพิ่มเนื้อที่ผิว เป็นการทำให้เกิดการกระจายตัวของสารที่เกิดฟิล์ม เช่น แป้งแปรรูป เพื่อควบคุมความเป็นรูพรุน ความหนาของแผ่น และเพิ่มความแข็งแรงอื่นๆ

ขั้นตอนการดำเนินงานโดยย่อ

1. ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์ไวนิล
2. ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติกับมอนอเมอร์ไวนิล
3. ทำการสังเคราะห์โรซินเอสเทอร์
4. ศึกษาสมบัติของสารที่สังเคราะห์ได้
5. นำสารที่สังเคราะห์ได้มาใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อ ในกระบวนการผลิตกระดาษ
6. ทดสอบสมบัติของกระดาษที่ผลิตได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำสารเพิ่มเนื้อที่สังเคราะห์ได้ไปใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ
2. สามารถทำการปรับปรุงสมบัติของผลผลิตทางการเกษตรให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม
3. เพื่อเป็นการพัฒนาเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ
4. เพื่อลดการนำเข้าสารเพิ่มเนื้อจากต่างประเทศ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 แป้งมันสำปะหลัง

แป้งเป็นสารประกอบจำพวกคาร์โบไฮเดรตที่พบในลักษณะเม็ด (granule) เม็ดแป้งจะสะสมอยู่ตามส่วนต่างๆของพืช โดยส่วนมากจะสะสมอยู่ในเมล็ด ราก หัว ผล และที่แกนลำต้น ในลักษณะเป็นอาหารที่สามารถใช้ในช่วงการเริ่มต้นการงอก และการเจริญเติบโต แป้งมีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวไม่ละลายน้ำ ขนาดเล็ก มีโปรตีน ไขมัน และเกลืออนินทรีย์ผสมอยู่ด้วย เม็ดแป้งมีรูปร่างต่างๆ และมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดประมาณตั้งแต่ 1-1000 ไมโครเมตร

แป้งมันสำปะหลังมีขนาดเม็ดตั้งแต่ 5 - 35 ไมโครเมตร โดยปกติเม็ดใหญ่จะอยู่ในช่วง 25 - 35 ไมโครเมตร และเม็ดเล็กจะอยู่ในช่วง 5 - 15 ไมโครเมตร แป้งมันสำปะหลังสามารถดูดซึมน้ำได้ในปริมาณ 0.48 กรัม/กรัมของน้ำหนักแห้งของแป้ง ขณะที่เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดแป้งเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 28 เปอร์เซ็นต์ แหล่งกำเนิดที่ให้แป้งในเชิงพาณิชย์คือ เมล็ดของพืช ได้แก่ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวฟ่างและข้าวเจ้า หัว รากได้แก่ มันสำปะหลัง มันฝรั่ง และแกนลำต้นของต้นสาเก สมบัติต่างๆของแป้งจะขึ้นอยู่กับพืชที่ใช้ทำการผลิต แป้งในเชิงพาณิชย์แบ่งออกเป็นสามกลุ่มคือ กลุ่มแรกเป็นแป้งที่ทำจากหัว ราก และลำต้น กลุ่มที่สองเป็นแป้งที่ทำจากพืชเมล็ด ส่วนกลุ่มที่สามเป็นแป้งที่มีลักษณะแว็กซ์ (waxy starch) ซึ่งแป้งกลุ่มนี้ได้จากพืชเมล็ด แต่มีสมบัติทางฟิสิกส์เหมือนแป้งที่ได้จากราก

เคมีของแป้ง (Chemistry of starch)

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน ในอัตราส่วน 6 : 10 : 5 โดยมีสูตรทั่วไปคือ ($C_6H_{10}O_5$) เมื่อพิจารณาแป้งในแง่พอลิเมอร์พบว่าแป้งเป็นพอลิเมอร์แบบควบแน่นของกลูโคส โดยประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสซ้ำกัน (anhydroglucose unit ; AGU)

การเชื่อมกันระหว่างกลูโคสแต่ละหน่วยเกิดขึ้นจากการกำจัดโมเลกุลน้ำ ในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาของพอลิเมอร์แบบขั้น (step polymerisation) หน่วยกลูโคสเหล่านี้เชื่อมกันตรงอะตอมออกซิเจนที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 (C-1 oxygen) ซึ่งเรียกว่าพันธะกลูโคไซด์

(glucoside bond) พันธะที่เชื่อมนี้มีความเสถียรภายใต้สภาวะเบส แต่สามารถไฮโดรไลส์ภายใต้สภาวะกรด โดยหมู่ไฮดรอกซิลสามารถเกิดปฏิกิริยาไปเป็นอีเทอร์ และสามารถถูกออกซิไดซ์ไปเป็นหมู่อัลดีไฮด์ คีโตน และคาร์บอกซิลิก

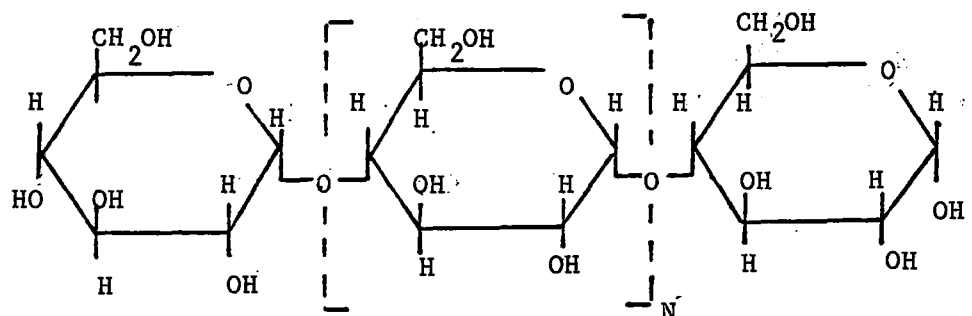
โครงสร้างโมเลกุล (Molecular structure)

แป้งไม่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมเดียว แต่ประกอบด้วยของผสมระหว่างพอลิแซคคาไรด์ 2 ชนิดคือ 1) อะไมโลส ซึ่งเป็นพอลิเมอร์เส้นตรง และ 2) อะไมโลเพกทิน ซึ่งเป็นพอลิเมอร์โซ่สาขา สัดส่วนของพอลิแซคคาไรด์ทั้งสองในแป้งแต่ละชนิดเป็นปัจจัยหลักอย่างหนึ่งที่มีผลต่อสมบัติต่างๆของแป้ง

(1) อะไมโลส (Amylose)

อะไมโลส เป็นพอลิเมอร์เส้นตรงที่ประกอบด้วยสายโซ่ของหน่วยกลูโคส ซึ่งเชื่อมกันด้วยพันธะกลูโคไซด์ตรงตำแหน่งคาร์บอน 1 - 4 โดยหน่วยกลูโคสเหล่านี้มีลักษณะของ α - D - glucopyranose ดังรูปที่ 1 สัดส่วนของอะไมโลสในแป้งแสดงถึงการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลและอะไมโลสมีองศาของการเกิดพอลิเมอร์เฉลี่ย (average degree of polymerisation ; D.P.) แปรผันไปตามชนิดของพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำแป้ง

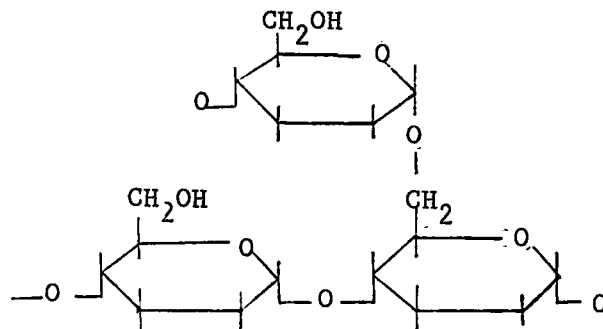
โดยมากอะไมโลสมีค่า D.P. อยู่ในช่วง 250 - 4000 AGU / amylose molecule คือเมื่อคิดเป็นน้ำหนักโมเลกุลจะประมาณ 40,000 - 650,000 โดยทั่วไปแป้งประกอบด้วยอะไมโลสประมาณ 15 - 25 เปอร์เซ็นต์ แต่สำหรับแป้งมันสำปะหลังจะมีอะไมโลสอยู่ในช่วง 16.5 - 22.2 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของอะไมโลส

(2) อะไมโลเปกติน (Amylopectin)

อะไมโลเปกตินเป็นพอลิเมอร์แบบโซ่สาขา ที่ประกอบด้วยหน่วย AGU เชื่อมกันด้วยพันธะ α - D (1 - 4) เหมือนในอะไมโลส และมีโซ่สาขาเป็นระยะตรงคาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ด้วยพันธะกลูโคไซด์ตรง α - D (1 - 6) โดยแต่ละโซ่สาขาประกอบด้วย หน่วยแอนไฮโดรกลูโคสประมาณ 20 - 30 หน่วย โครงสร้างของอะไมโลเปกตินดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของอะไมโลเปกติน

พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ (Graft Copolymer)

พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่เป็นสายโซ่หลัก เชื่อมกับพอลิเมอร์สายโซ่สาขาด้วยพันธะโควาเลนต์ โดยที่ทั้งสายโซ่หลักและสายโซ่สาขาอาจเป็น โฮโมพอลิเมอร์ หรือ โคพอลิเมอร์ก็ได้

ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ (Graft Copolymerisation)

พอลิเมอร์สายโซ่หลักก็คือ แป้ง ส่วนสายโซ่สาขาอาจมีประจุบวก ลบ หรือ ไม่มีประจุก็ได้ พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อสามารถเตรียมได้โดยตรงจาก ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อกับมอนอเมอร์ เช่น กรดอะคริลิก อะคริลาไมด์ และอะคริเลตเอสเทอร์ เป็นต้น

โดยหลักการทั่วไปวิธีการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์แบบต่อมีอยู่ 2 แบบ

1) พอลิเมอร์ที่เป็นสายโซ่สาขาจะเกิดพันธะเชื่อมโดยตรงกับพอลิเมอร์สายโซ่หลักด้วยปฏิกิริยาเคมี

วิธีการนี้มีข้อดีหลายประการคือเป็นวิธีการที่ง่าย และมีปัญหาในการเกิดโฮโมพอลิเมอร์น้อย สามารถควบคุมความยาวและจำนวนสายโซ่สาขาได้ ทำให้ได้พอลิเมอร์แบบต่อที่มีสมบัติดี แต่มีปัญหาในการผลิตคือมี ความยากในการผลิต ดังนั้นวิธีการนี้จึงทำได้ยาก ยกเว้นเมื่อทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อในสารละลาย

2) วิธีการทำให้พอลิเมอร์สายโซ่หลัก มีตำแหน่งที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา ซึ่งทำให้เกิดอนุมูลอิสระ หรือไอออนบนสายโซ่พอลิเมอร์ หลังจากนั้นจะใช้มอนอเมอร์ที่สามารถทำให้เกิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อซึ่งเกิดเป็นพอลิเมอร์โซ่สาขา

การเตรียมพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง สามารถทำได้โดยใช้แป้งมันสำปะหลังทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ไวนิล

แป้งมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการการเกิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ เพื่อปรับผิวกระดาษให้มีความมัน และความเรียบ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของกระดาษและยังเพิ่มความสามารถในการดูดซับหมึกอีกด้วย

สารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้ง

1. แป้งมันสำปะหลัง (starch)

โดยแป้งอาจได้มาจาก ข้าวโพด ข้าวสาลี มันฝรั่ง มันสำปะหลัง

2. มอนอเมอร์ (monomer)

มอนอเมอร์ที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นพวกไวนิลและโมเลกุลไคอินซึ่งมีพันธะคู่ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อได้ เช่น ไวนิลอะซิเตต กรดอะคริลิก อะคริลาไมด์ อะคริโลไนไตรล์ มาลิกอิกแอนไฮดรายด์

3. สารเคลื่อนย้ายสายโซ่

สารเคมีที่ใช้เป็น สารเคลื่อนย้ายสายโซ่ เช่น n-dodecyl mercaptan , n-cetyl mercaptan , bromoform , carbon tetrachloride ซึ่งปริมาณจะใช้ประมาณ 0.01 - 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมอนอเมอร์

4. ตัวริเริ่มปฏิกิริยา

ตัวริเริ่มปฏิกิริยา คือสารที่สามารถจะให้อนุมูลอิสระ เพื่อที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างแป้งและมอนอเมอร์ได้ สารที่ใช้เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา เช่น สารประกอบเอโซ และสารประกอบเปอร์ซัลเฟต

5. สารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิวทำให้แป้งที่จะกระจายตัวในน้ำมันมีความเสถียร การใช้สารลดแรงตึงผิว จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ชนิดของสารลดแรงตึงผิว ได้แก่ cationic anionic , amphoteric , nonionic แต่สารลดแรงตึงผิวชนิดแคทออนิกจะไม่ใช้ตัวเดียว ส่วนมากจะใช้ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวตัวอื่นๆ โดยสารลดแรงตึงผิวจะใช้ในปริมาณ 5 - 10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักมอนอเมอร์

2.2 โรซิน (Rosin)

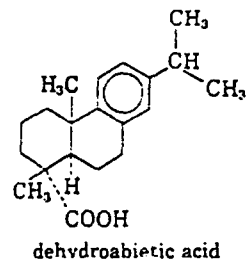
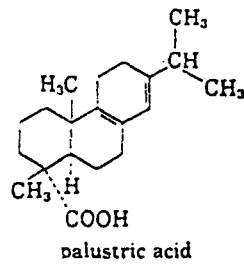
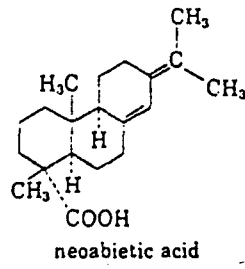
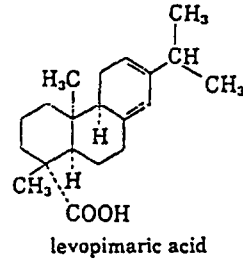
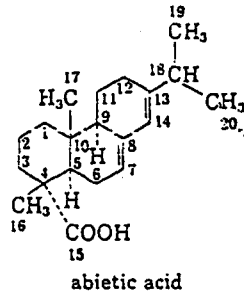
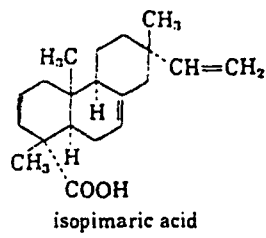
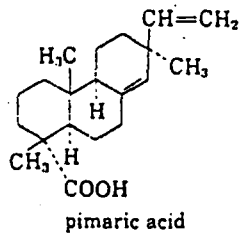
โรซิน เป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่รู้จักกันดี โรซินจะอยู่ในรูปของ gum , wood , tall oil ซึ่งจะสามารถแยกออกจากกันโดยวิธีการกลั่น โรซินเป็นผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติที่ได้จากต้นสน ซึ่งเป็นไม้ยืนต้น ตระกูล *Pinus palustris* , *Pinus elliotti* และ *Pinus taeda*

Gum rosin ผลิตได้จากของเหลวที่ไหลออกมาจากการกรีดเปลือกไม้ของต้นสน โดยของเหลวที่ไหลออกมานั้นเรียกว่า oleoresin ซึ่งมีส่วนประกอบของ gum rosin , turpentine และ aqueous exudate จากนั้นนำ oleoresin มากลั่นแยก gum rosin ออกมา

Wood rosin ได้จากการนำต่อไม้ของต้นสนที่มีอายุมาก มาสกัดด้วยตัวทำละลาย เช่น aromatic petroleum hydrocarbon หรือ ketone เป็นต้น

Tall oil rosin เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ของกระบวนการผลิตกระดาษ โดยเศษไม้ชิ้นเล็กๆจะถูกย่อยด้วยความร้อน และความดัน กับส่วนผสมของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมซัลไฟด์ เกลือโซเดียมของ lignin rosin และ กรดไขมัน จะลอยอยู่บนผิวของส่วนผสม จากนั้นนำส่วนบนที่เรียกว่า crude tall oil ไปกลั่นลำดับส่วน เพื่อแยก tall oil rosin ออกจาก กรดไขมัน

โรซิน เป็นสารประกอบผสมของกรด monocarboxylic ของ alkylated hydrophenanthrene ซึ่งเรียกว่า กรดเรซิน (resin acids) กรดเรซินสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทตามโครงสร้างของกรด ได้แก่ กรดอะไบติก (abietic acid) ซึ่งมีหมู่ไฮโปฟิลาตรงคาร์บอนตำแหน่งที่ 13 และ กรดไพรมาริก (primaric acid) ที่มีหมู่เมทิล และไวนิล ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 13 เช่นเดียวกัน

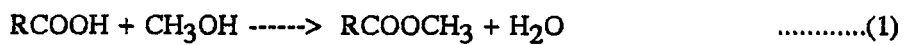
Abietic-type acids*Pimaric-type acids*

รูปที่ 3 แสดง โครงสร้างของกรดเรซิน

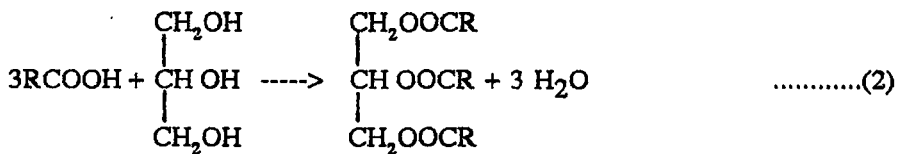
อนุพันธ์ของโรซิน

ผลิตภัณฑ์โรซินส่วนใหญ่จะขายอยู่ในรูปอนุพันธ์ ซึ่งมีการเปลี่ยนสภาพหมู่คาร์บอกซิลิก หรือ พันธะคู่ ในปฏิกิริยา

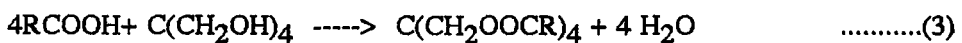
หมู่คาร์บอกซิลิกจะทำปฏิกิริยากับโลหะออกไซด์ , ไฮดรอกไซด์ หรือ เกลือ ไปเป็นเกลือ หรือ สบู่ของโรซิน อนุพันธ์ของโรซินที่สำคัญที่สุด คืออนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิก โดยปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน กับ monohydric หรือ polyhydric alcohols ได้แก่ methyl alcohol , ethylene glycol , triethylene glycol , glycerol , และ pentaerythritol ดังสมการต่อไปนี้



methyl ester



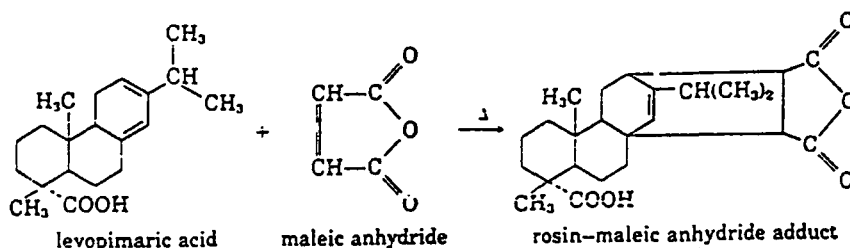
glycerol ester



pentaerythritol ester

การเปลี่ยนกรดคาร์บอกซิลิกไปเป็นเกลือของโลหะ หรือเอสเทอร์ หรืออนุพันธ์ของโรซินสามารถทำได้โดยใช้ปฏิกิริยา Diels - Alder กับ dienophiles เช่น กรดอะคริลิก หรือ มาลีนิกแอนไฮไดรด์

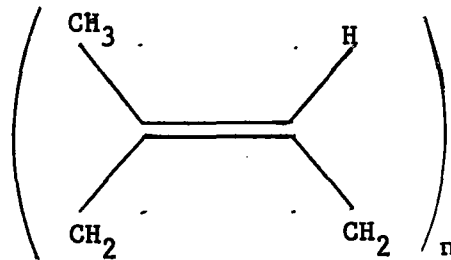
โรซิน นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมกระดาษ เพื่อปรับปรุงให้กระดาษสามารถต้านการซึมผ่านของน้ำได้ โดยตัดแปลงโรซินด้วยมาลีนิกแอนไฮไดรด์ ดังสมการที่ 4 เพื่อใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อ และใช้อะลูมิเนียมซลเฟตหรือสารสัมผัสผสมลงไปในส่วนผสมของกระดาษ ส่วนที่เป็นประจุบวกของ aluminium mono และ diresinate จะดึงดูดกับประจุลบของเส้นใยกระดาษ ส่วนที่เป็น hydrophobic aluminium resinate จะต้านการซึมผ่านของน้ำในกระดาษ



.....(4)

2.3 ยางธรรมชาติ (Natural rubber , NR)

ยางธรรมชาติเป็นพอลิเมอร์ประเภทไฮโดรคาร์บอน มีโครงสร้างประกอบด้วยหน่วยที่ซ้ำกันคือ ไอโซพรีน (C_5H_8) โดยพันธะคู่ของไอโซพรีนแต่ละหน่วยจะจัดเรียงตัวมีโครงสร้างแบบซิส ยางธรรมชาติเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ มีชื่อทางเคมีว่า ซิส-1,4-พอลิไอโซพรีน (cis-1,4-polyisoprene) โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติได้รับการยืนยัน โดยข้อมูลทางสเปกโทรสโคปี ดังนี้



รูปที่ 4 โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ (cis - 1,4 polyisoprene)

ยางธรรมชาติประกอบด้วยโมเลกุลของ ซิส-1,4-พอลิไอโซพรีน ที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 50,000-3,000,000 โดยประมาณ ร้อยละ 60 จะมีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่า 1,300,000 การพัฒนาการใช้ยางธรรมชาติ

ในปี ค.ศ.1612 ได้มีการค้นพบแหล่งกำเนิดของยางธรรมชาติ ในบริเวณตอนใต้ของทวีปอเมริกา และเรียกชื่อของเหลวที่มีลักษณะข้นขาวคล้ายน้ำนม ซึ่งไหลออกมาจากรอยแผลของต้นยางที่ถูกกรีดว่า ลาเท็กซ์ (Latex) ซึ่งเป็นภาษาสเปนแปลว่าน้ำนม ต่อมาชาวยุโรปได้นำยางไปใช้ประโยชน์ในการลบรอยดินสอ จึงเรียกกยางธรรมชาติว่า Rubber

ต่อมาได้มีการพัฒนายางธรรมชาติมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ทำให้ปริมาณการใช้ยางธรรมชาติเพิ่มขึ้นและได้มีการค้นคว้าดัดแปลงยางธรรมชาติเพื่อช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น โดยการปรับปรุงโครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติ

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อได้มีการศึกษามาเป็นเวลานาน ซึ่งเป็นวิธีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของพอลิเมอร์โดยใช้ปฏิกิริยาเคมี และเริ่มสนใจในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติมาก ในปี ค.ศ. 1983

วิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติที่สำคัญมีวิธีการดังนี้

1. การย้ายโซ่พอลิเมอร์ (Polymer Transfer)
2. พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อผ่านหมู่ไม่อิ่มตัว
(Copolymerisation via the Unsaturated Group)
3. การพอลิเมอไรเซชันโดยปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox Polymerisation)
4. การสังเคราะห์ด้วยเคมีแสง (Photochemical Synthesis)
5. การสังเคราะห์ด้วยการฉายรังสีพลังงานสูง
(High Energy Irradiation Synthesis)

1. การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติโดยกลไกการย้ายโซ่ของพอลิเมอร์

ในระหว่างการเกิดอนุมูลอิสระ ช่วงแรกของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ปฏิกิริยาการย้ายโซ่ที่จะเกิดขึ้นระหว่างอนุมูลอิสระของพอลิเมอร์กับตัวเริ่มปฏิกิริยา หรือมอนอเมอร์ หรือสารเคมีที่ช่วยให้เกิดการย้ายโซ่ เช่น เมอร์แคปแทน เป็นต้น หรือตัวทำละลาย หรือพอลิเมอร์ หรือกับอนุมูลอิสระของพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้น

ปฏิกิริยาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ สามารถทำได้ทั้งในรูปของสารละลายอินทรีย์และอิมัลชัน สำหรับยางธรรมชาติที่เป็นของแข็งจะละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสม ซึ่งผสมมอนอเมอร์และตัวเริ่มอยู่ ส่วนยางธรรมชาติซึ่งอยู่ในรูปอิมัลชัน จะเติมมอนอเมอร์และตัวเริ่มปฏิกิริยาให้แพร่กระจายในน้ำยาง

2. การสังเคราะห์โดยการผ่านหมู่ไม่อิ่มตัวในยางธรรมชาติ

ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ ซึ่งเกิดผ่านหมู่ไม่อิ่มตัวในยางธรรมชาติเป็นการเกิดกราฟท์โดยทั่วไป

3. การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ โดยปฏิกิริยารีดอกซ์

เป็นปฏิกิริยาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อที่มีประโยชน์มากในเชิงการค้า สามารถทำได้กับมอนอเมอร์แทบทุกชนิด อย่างไรก็ตามวิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมเฉพาะปฏิกิริยาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของมอนอเมอร์ไวนิลเท่านั้น

4. การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อด้วยแสง

โมเลกุลของสารอินทรีย์สามารถดูดกลืนพลังงานแสงที่มองเห็นได้ หรือแสงอัลตราไวโอเล็ต ทำให้โมเลกุลอยู่ในสภาวะเร้า ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อได้

5. การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อโดยการฉายรังสีพลังงานสูง

พอลิเมอร์เมื่อถูกฉายรังสีที่มีพลังงานสูง จะทำให้เกิดปฏิกิริยา 2 ชนิด

ก. การขาดหายไปของอะตอมหรือหมู่ที่เกาะอยู่บนพอลิเมอร์

ข. ปฏิกิริยาการสลายพันธะในโซ่พอลิเมอร์

2.4 กระบวนการผลิตกระดาษ

วัตถุดิบ

วัตถุดิบในการผลิตกระดาษคือ เซลลูโลส ซึ่งจะอยู่ในรูปของเส้นใย โรงงานผลิตกระดาษจะใช้วัตถุดิบจากแหล่งต่าง ๆ กันในการทำกระดาษ ประเทศตะวันตกใช้ไม้เนื้ออ่อน (soft wood) เป็นวัตถุดิบหลัก อินเดียใช้ไม้ไผ่เป็นวัตถุดิบหลัก เป็นต้น

การทำเยื่อ

พื้นฐานของกระบวนการทำเยื่อมี 3 วิธีคือ

1. กระบวนการทางเคมี (Chemical)
2. กระบวนการกึ่งเคมี (Semi-chemical)
3. กระบวนการเชิงกล (Mechanical)

ขั้นตอนของการเตรียมเยื่อ ประกอบด้วย

- การทำให้เส้นใยแยกตัวออกจากกันในน้ำ
- การทำความสะอาด
- การนวดเยื่อ
- การใช้วัสดุผสม

1. การทำให้เส้นใยแยกตัวออกจากกันในน้ำ

คือการทำให้เส้นใยแยกตัวออกจากกันไปแขวนลอยในน้ำ เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการนี้จะเรียกว่า "ไฮดร่า พัลเปอร์" ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ทำให้เส้นใยแยกตัวออกจากกันด้วยกระแสน้ำเพื่อให้ได้ "น้ำเยื่อ" ก่อนที่จะเข้าขั้นต่อไปของการเตรียมเยื่อ

2. การทำความสะอาดเส้นใย

สิ่งที่เป็นประโยชน์ในการผลิตกระดาษ ก็คือตัวเส้นใยเท่านั้นสิ่งเจือปนที่ไม่ใช่เส้นใยจะไม่มีประโยชน์ต่อการผลิตกระดาษเลย สิ่งเจือปนเหล่านี้จะทำให้คุณภาพของกระดาษลดลง ซึ่งควรจะทำกากำจัดออกไปเสียก่อน

3. การนวดเยื่อ

วัตถุประสงค์ของการนวดเยื่อ

- เพื่อให้เนื้อกระดาษมีคุณภาพดีขึ้น
- เพื่อเพิ่มพื้นที่การยึดเหนี่ยวของเยื่อ
- เพื่อช่วยให้กระดาษที่ผลิตได้เหนียวขึ้น
- เพื่อตัดเส้นใยให้สั้นลง ซึ่งจะทำให้กระดาษที่ผลิตได้มีคุณภาพดีขึ้น

4. การผสมสารเติมแต่ง

คือการผสมสารเติมแต่งลงไปในน้ำเยื่อเพื่อปรับปรุงให้กระดาษมีสมบัติดีขึ้น สารเติมแต่งที่ใช้ ได้แก่ สารเพิ่มเนื้อ (sizing agent) สารตัวเติม (filler) หรือสารเพิ่มน้ำหนัก (loading material)

การผลิตแผ่นกระดาษ

หลังจากการเตรียมน้ำเยื่อแล้ว จะนำน้ำเยื่อมาผลิตเป็นแผ่นกระดาษ วิธีการอย่างง่ายก็คือ การนำเอาน้ำเยื่อมาลาดบนลวดตะแกรง จากนั้นปล่อยให้น้ำไหลทะลุผ่านลวดตะแกรง จนเหลือเส้นใยเป็นแผ่นบางๆที่ยังเปียกอยู่มาก เรียกว่า "แผ่นเปียก" แผ่นเปียกนี้จะถูกทำให้แห้งเป็นแผ่นกระดาษ

หลังจากการผลิตเป็นแผ่นกระดาษและการทำให้แห้งแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการ

- การเพิ่มเนื้อ (sizing)
 - การเคลือบผิว (coating)
 - การฉาบผิว (calendering)
1. การเพิ่มเนื้อ สารที่ใช้มากคือ แป้งและเจลาติน การเพิ่มเนื้อนี้มี 3 วิธีด้วยกันคือ
 - Tube sizing
 - Press sizing
 - Calender sizing

2. การเคลือบผิว เพื่อปรับปรุงผิวของกระดาษ

3. การฉาบผิว เพื่อเพิ่มความลื่นและความหนาแน่น

หลังจากการฉาบผิว(calendering) แล้วเข้าสู่การม้วน(winding)

2.5 กระบวนการเพิ่มเนื้อ

วัตถุประสงค์ของการเพิ่มเนื้อในกระดาษ เพื่อต้านทานการซึมทะลุผ่านและแพร่กระจายของของเหลว เช่น น้ำ , หมึก , น้ำมัน เป็นต้น กระดาษที่ไม่ได้ผ่านการเพิ่มเนื้อจะยากต่อการพิมพ์ เพราะหมึกจะแพร่กระจาย และทะลุผ่านกระดาษได้

กระบวนการ เพิ่มเนื้อ มี 2 กระบวนการที่ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ

1. การเพิ่มเนื้อภายใน (Internal sizing)

สารเพิ่มเนื้อจะถูกผสมกับเยื่อทำกระดาษ และตกตะกอนบนเส้นใย เพื่อควบคุมการซึมของของเหลว สารเคมีหลักที่ใช้เป็น สารเพิ่มเนื้อได้แก่ โรซิน , ซิฟิ่ง และสารสังเคราะห์ที่พัฒนาขึ้น กระบวนการนี้อาจเรียกว่า engine sizing เนื่องจากสารเคมีจะถูกเติมเข้าไปใน stock โดยใช้เครื่องจักรในการผสม

2. การเพิ่มเนื้อที่ผิว (Surface sizing)

การประยุกต์ของการกระจายของสารเคมีที่เกิดเป็นฟิล์ม เช่น แป้งคัดแปลง , กาว และพอลิเมอร์คัดแปลง สามารถใช้ในการผลิตกระดาษได้ การเพิ่มเนื้อที่ผิวอาจจะเติมซิฟิ่ง หรือโรซินจำนวนเล็กน้อย เพื่อเป็นการเพิ่มเนื้อภายใน อย่างไรก็ตามการเพิ่มเนื้อที่ผิวเป็นการทำเพื่อควบคุมความเป็นรูพรุน ความหนาของแผ่นกระดาษ ปรับปรุงความต้านทานการซึมของหมึกในการพิมพ์ และเพิ่มสมบัติความแข็งแรงอื่นๆ กระดาษจะถูกฉายที่ผิว และมีการเติมสารเพิ่มเนื้อภายในเพื่อเป็นการควบคุมทั้งความลึกของการซึม และช่วยให้มีการกระจายตัวของสารเพิ่มเนื้อที่ผิวดีขึ้น การเพิ่มเนื้อภายในมีข้อได้เปรียบ คือใช้ปรับปรุงความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านโครงสร้างกระดาษ ซึ่งผลของการเพิ่มเนื้อที่ผิวจะจำกัดอยู่ในขอบเขตที่ผิวเท่านั้น

สารเพิ่มเนื้อควรมีสมบัติดังต่อไปนี้

1. มีความสามารถในการต้านทานน้ำได้ดีมาก (Strong hydrophobic)
2. สามารถตกค้างอยู่บนผิวเส้นใยได้มาก (Retained on fiber)
3. สามารถกระจายบนผิวเส้นใยได้ดี (Distribution)
4. สามารถเกาะติดบนเส้นใยได้แน่น (Anchored)

ในอุตสาหกรรมกระดาษ ผู้ผลิตจะผลิตกระดาษให้มีความเป็นด่าง pH 6 - 10 เพื่อทนทานต่อการเก็บรักษา ดังนั้นกระบวนการเพิ่มเนื้อบนเส้นใยกระดาษ สารเพิ่มเนื้อจะต้องสามารถต้านทานการซึมทะลุผ่านของของเหลวได้ดีในสภาวะเบส สารเคมีที่สำคัญนอกจากสารเพิ่มเนื้อแล้ว สารเคมีอีกประเภทหนึ่งที่จำเป็นคือ cationic materials เช่น อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ($Al(OH)_3$) เพื่อช่วยให้สารเพิ่มเนื้อสามารถยึดติดบนผิวเส้นใยได้ เพราะสารเพิ่มเนื้อไม่สามารถยึดติดกับเส้นใยได้โดยตรง

Cationic material เป็นสารที่มีประจุบวก เช่น Al^{3+} ซึ่งจะดึงดูดกับประจุลบที่มีอยู่บนผิวเส้นใยของกระดาษ

กระดาษแต่ละชนิดจะต้องการให้น้ำซึมทะลุผ่านไม่เท่ากัน กระดาษชนิดใดที่ต้องการให้น้ำซึมทะลุผ่านช้าลง ก็จะต้องมีการเติมสารต้านน้ำบางชนิดลงไป เพื่อช่วยให้กระดาษมีความสามารถในการต้านทานการซึมทะลุผ่านของน้ำได้ การทำให้กระดาษสามารถต้านการซึมทะลุผ่านของน้ำ ในทางวิชาการเรียกว่าการเพิ่มเนื้อ และสารต้านน้ำที่ใช้เรียกว่าสารเพิ่มเนื้อ

ในวงการกระดาษจะแบ่งระดับของการเพิ่มเนื้อออกเป็น 4 ระดับคือ

กระดาษที่ไม่มีการเพิ่มเนื้อ คือกระดาษที่ไม่มีการต้านการซึมผ่านของน้ำเลย เช่น กระดาษสุขภัณฑ์

กระดาษที่มีการเพิ่มเนื้อจำนวนน้อย คือมีการต้านการซึมผ่านของน้ำน้อย เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์

กระดาษที่มีการเพิ่มเนื้อปานกลาง คือมีการต้านการซึมผ่านของน้ำปานกลาง เช่น กระดาษถุง

กระดาษที่มีการเพิ่มเนื้อจำนวนมาก คือกระดาษที่มีการต้านการซึมผ่านของน้ำได้มาก เช่น กระดาษที่ใช้ในการพิมพ์ระบบออฟเซต

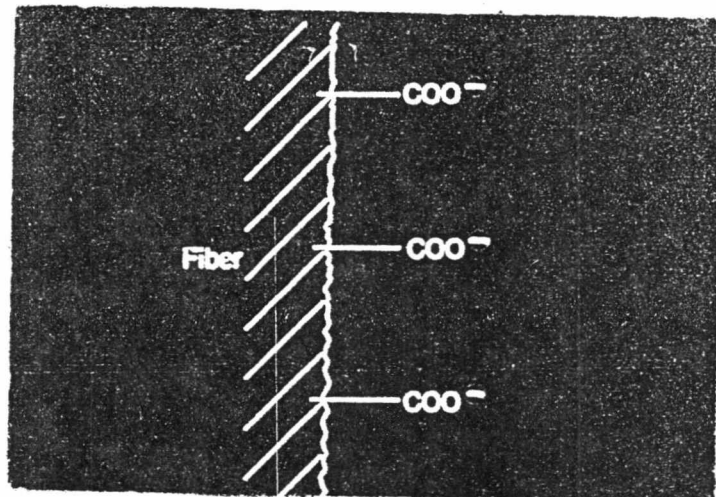
วิธีการที่จะทำให้กระดาษต้านการซึมทะลุผ่านของน้ำ จะต้องใช้สารเพิ่มเนื้อเคลือบบนผิวของเส้นใยบางๆ

การซึมทะลุผ่านของน้ำจะเกิดจากการที่น้ำไหลทะลุเข้าไปในเนื้อกระดาษตามรูพรุนของแผ่นกระดาษ (internal fiber capillaries) ซึ่งรูพรุนนี้เป็นช่องว่างระหว่างเส้นใยภายในกระดาษ

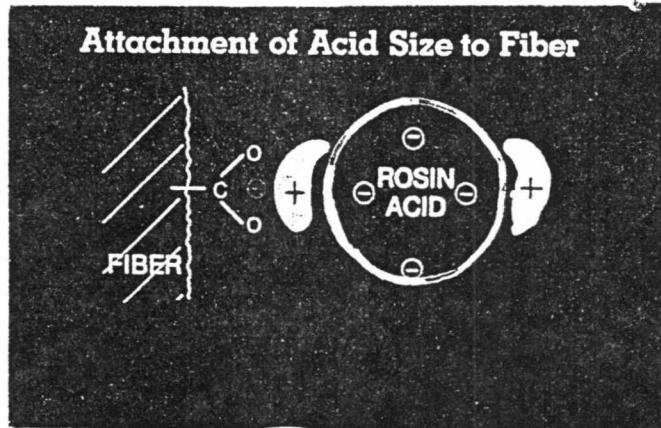
สารเพิ่มเนื้อซึ่งจะเป็นตัวทำให้การไหลทะลุหรือการซึมทะลุผ่านของน้ำช้าลง ในกระบวนการผลิตกระดาษจะใช้สารต้านน้ำผสมเข้าไป 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกก็คือผสมเข้าไปในเยื่อในระหว่างการเตรียมเส้นใย ซึ่งเรียกว่าการเพิ่มเนื้อของเยื่อ (stock sizing) ขั้นตอนที่ 2 ก็คือผสมเข้าไปในน้ำแป้งที่จะนำไปใช้ในการฉาบผิวกระดาษ

การเพิ่มเนื้อของเยื่อจะเป็นการทำให้เกิดการต้านน้ำที่เส้นใยทุกเส้นทั่วทั้งแผ่นกระดาษ ส่วนการฉาบผิวกระดาษนั้นถ้าใช้น้ำแป้งล้วนๆแล้ว (ในการฉาบแป้งที่ผิวกระดาษคือผิวเส้นใย) จะทำให้เส้นใยกลับมีความสามารถเปียกน้ำได้มากขึ้น เพราะแป้งเป็นสารที่มีสมบัติชอบน้ำจึงทำให้น้ำซึมทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อกระดาษได้เร็วขึ้น แต่ถ้าผสมสารต้านน้ำลงไปด้วย สารต้านน้ำก็จะทำให้ผิวเส้นใยเปียกน้ำได้น้อยลง และพฤติกรรมเหล่านี้จะเกิดขึ้นกับเส้นใยที่อยู่ผิวของกระดาษเท่านั้น

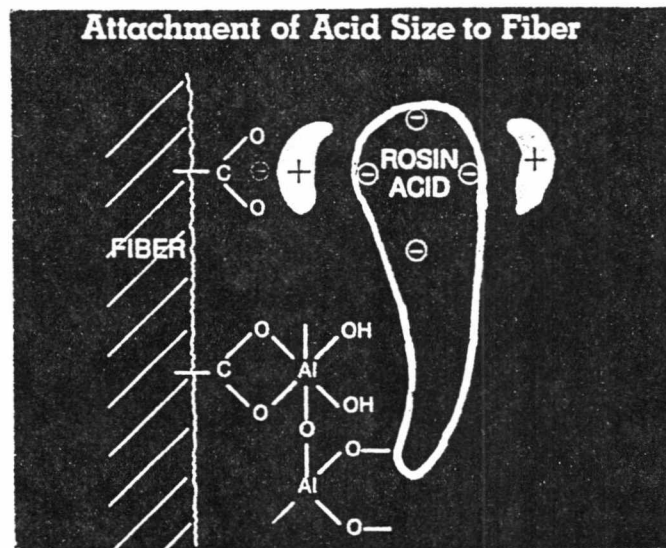
โดยธรรมชาติของสารต้านน้ำทุกชนิดจะไม่สามารถละลายน้ำได้เลย ดังนั้นในการที่จะนำสารต้านน้ำเคลือบบนผิวเส้นใยบางๆ ให้นั้น ขั้นแรกจะต้องทำให้สามารถละลายในน้ำได้เสียก่อนด้วยปฏิกิริยาทางเคมี หรือต้องทำให้แตกตัวเป็นเม็ดเล็กๆแขวนลอยอยู่ในน้ำในรูปของอิมัลชันก่อนที่จะนำไปผสมกับเยื่อ จากนั้นจึงทำให้เกิดการตกตะกอนลงมาเคลือบอยู่บนผิวของเส้นใยอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 5. โครงสร้างที่ผิวของเส้นใยกระดาษ



รูปที่ 6 แสดงการดึงดูดของสารเพิ่มเนื้อบนผิวเส้นใยกระดาษ



รูปที่ 7. แสดงการดึงดูดของสารเพิ่มเนื้อบนผิวเส้นใยกระดาษ

บทที่ 3

การวิจัยและดำเนินงาน

สารเคมีที่ใช้

สารเคมี	เกรด	บริษัท
แป้งมันสำปะหลัง	เกรดการค้า	-
Na ₂ EDTA	เกรดวิเคราะห์	J.T.Baker Inc.
โพรพิลีนไกลคอล	เกรดการค้า	J.T.Baker Inc.
โปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต	เกรดวิเคราะห์	Fluka
กรดอะคลริก	เกรดการค้า	-
อะคริลามิค	เกรดการค้า	-
โซเดียมไฮดรอกไซด์	เกรดวิเคราะห์	-
กรดไนตริกเข้มข้น	เกรดวิเคราะห์	Merck
มาลิกแอ็นไฮดรารด์	เกรดวิเคราะห์	Fluka
กลีเซอรอล	เกรดวิเคราะห์	Fluka
โรซิน	เกรดการค้า	-
ยางธรรมชาติชนิดแอมโมเนียสูง	เกรดการค้า	-
กรดโอลิก	เกรดวิเคราะห์	Fluka
เทอร์เทียรีบิวทิลไฮโดรเปอร์ออกไซด์	เกรดวิเคราะห์	-
เตตระเอทิลเพนตามีน	เกรดวิเคราะห์	-
เยื่อกระดาษ ชนิดไยสั้น BBKP (Bamboo Kraft Pulp)	เกรดการค้า	Phenex Pulp & Paper
สารส้ม (alum)	เกรดการค้า	-

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หม้อปฏิกิริยาแบบ 4 คอ (4 - necked reaction vessel) บริษัท Scott Duran
2. ไบพัดปั่นกวนสแตนเลสแบบ 3 ชั้น
3. เครื่องกลเชิงกล (mechanic stirrer) บริษัท Kika Werk รุ่น RW 20
4. เทอร์โมมิเตอร์ 0 - 100 องศาเซลเซียส และ 0 - 300 องศาเซลเซียส
5. เครื่องชั่งละเอียดชนิด 2 ตำแหน่ง บริษัท Satorius
6. เครื่องชั่งละเอียดชนิด 3 ตำแหน่ง บริษัท Satorius
7. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
8. ชุดควบแน่น (condenser)
9. เครื่องกระจายเชื้อ Tappi Standard Disintegrator บริษัท Testing Machine Inc.
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
10. เครื่องเตรียมแผ่นกระดาษ Hand Sheet (British Pulp Evaluation Apparatus)
บริษัท Mavis Engineering Co.,Ltd. กรมวิทยาศาสตร์บริการ
11. เครื่องอัดกระดาษ บริษัท Toyoseiki Co.,Ltd. กรมวิทยาศาสตร์บริการ
12. เครื่องอบแห้ง Emersion Speed Drier Model 20
บริษัท Emersion Apparatus Co.,Ltd. กรมวิทยาศาสตร์บริการ
13. เครื่องวัดสมบัติด้านการซึมซับ Cobb's Test กรมวิทยาศาสตร์บริการ
14. เครื่องทดสอบแรงดึงแบบPendulum บริษัท Toyoseiki Co.,Ltd.
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
15. เครื่องทดสอบสมบัติด้านทานการฉีกขาด แบบ Elmendorf - Type Tearing
บริษัท Lorentzen & Wettres Co.,Ltd. กรมวิทยาศาสตร์บริการ
16. เครื่องทดสอบสมบัติด้านทานต่อการทะลุ Monitor / Burst Model 13 - 09
บริษัท Testing Machine Inc. กรมวิทยาศาสตร์บริการ

การทดลอง

3.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

3.1.1 การเตรียมสารละลาย Na.EDTA ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

ชั่งเกลือไดโซเดียมของกรดเอทิลีนไดเอมีนเตตระแอะซีติก 2 โมเลกุลของน้ำ (Ethylenediamine tetraacetic acid disodium salt dihydrate) จำนวน 10 กรัม ในบีกเกอร์ขนาด 200 มล. เติมน้ำกลั่น 75 มล. กวนสารให้เข้ากันและให้ความร้อนแก่สารในขณะที่กวนตลอดเวลาจนส่วนที่เป็นของแข็งละลายหมด แล้วทำให้สารละลายเย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเทสารละลายลงขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่นลงไปจนสารละลายมีปริมาตร 100 มล.

3.1.2 การเตรียมกรดไนตริก ความเข้มข้น 1 โมลาร์

วัดปริมาตรของกรดไนตริกเข้มข้น 15.6 มล. เทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มล. และเติมน้ำกลั่นลงไปจนสารละลายมีปริมาตร 250 มล.

3.1.3 การเตรียมสารละลายโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตความเข้มข้น 0.1 โมลาร์

ในสารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 1 โมลาร์

ชั่งโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตจำนวน 2.7 กรัม ในบีกเกอร์ 250 มล. เทสารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 100 มล. กวนให้เข้ากัน จนส่วนที่เป็นของแข็งละลายหมด นำสารละลายที่ได้เก็บในขวดลิษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้ในการทดลอง

3.2 การสังเคราะห์สารเพิ่มเนื้อสำหรับกระดาษ

3.2.1 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง

ชั่งแป้งมันสำปะหลังหนัก 250 กรัม ลงในหม้อปฏิริยาขนาด 2000 มล. ที่มีชุดปั่นกวน เติมน้ำกลั่นปริมาตร 1100 มล. อ่อนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้ากับหม้อปฏิริยาทำการปั่นกวนสารพร้อมกับให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสารละลายแป้งมันสำปะหลังเป็นเจลใส ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เติมกรดอะคริลิกจำนวน 720 กรัม (10 โมล) สารละลายไดโซเดียม EDTA 50 มล. ($\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O} / \text{H}_2\text{O} = 20.845:100$) โพรพิลีนไกลคอล 2 มล. ทำการปั่นกวนที่ความเร็วรอบประมาณ 2000 รอบต่อนาที

เติมสารละลายโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ในกรดไนตริกความเข้มข้น 1 นอร์มอลจำนวน 100 มล. ลงไปอย่างรวดเร็ว หลังจากปฏิริยาสิ้นสุดนำพอลิเมอร์

ที่สังเคราะห์ได้มาตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วนำไปบดให้ละเอียด

สังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลัง 3 ชนิด โดยทำการเปลี่ยนแปลงมอนอเมอร์จากกรดอะคริลิก 10 โมล ไปเป็นอะคริลาไมด์ 10 โมล และอะคริลาไมด์ 5 โมล รวมกับกรดอะคริลิก 5 โมล

3.2.2 การสังเคราะห์โรซินมาลิกแอนไฮดรายด์

ชั่งโรซินหนัก 70 กรัมใส่ลงในขวดก้นกลมแบบ 3 คอ ขนาด 500 มล. ปั่นกวนพร้อมทั้งให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนกระทั่งโรซินละลายหมด เพิ่มอุณหภูมิไปที่ประมาณ 160 องศาเซลเซียส เติมกลีเซอรอลจำนวน 40 กรัม จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิไปที่ 250 องศาเซลเซียส เติมมาลิกแอนไฮดรายด์จำนวน 30 กรัม ทำการปั่นกวนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

3.2.3 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติกับอะคริลาไมด์

ชั่งน้ำยางธรรมชาติชนิดแอมโมเนียมสูงที่มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 60 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 100 ส่วน ใส่ในขวด 3 คอ หรือหม้อปฏิกิริยาขนาดที่เหมาะสม เติมสารละลายแอมโมเนียความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 30 ส่วน ผ่านก๊าซไนโตรเจนอย่างน้อย 30 นาทีพร้อมปั่นกวนตลอดเวลา และปรับอุณหภูมิเป็น 25 องศาเซลเซียส จากนั้นค่อย ๆ ลดอัตราของก๊าซไนโตรเจนค่อยๆเติมอะคริลาไมด์และกรดโอลีอิก 0.3 ส่วน กับเทอร์เทียรีบิวทิลไฮโดรเปอร์ออกไซด์ 0.1 ส่วน ปั่นกวนด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นค่อยๆเติมเตตระเอทิลีนเพนตามีน ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ลงไป 4.44 เท่าของเทอร์เทียรีบิวทิลไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ทำการปั่นกวนต่อที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลาประมาณ 15 นาที หยุดปฏิกิริยาพร้อมปิดก๊าซไนโตรเจน ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ อย่างน้อย 24 ชั่วโมง

8.3 การศึกษาผลของปริมาณสารเพิ่มเนื้อที่มีต่อกระดาษ

3.3.1 การเตรียมสารเพิ่มเนื้อสำหรับผสมในกระดาษ

หาปริมาณของแข็งทั้งหมดของสารเพิ่มเนื้อ จากนั้นนำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

3.3.2 การผลิตกระดาษ

ชั่งเยื่อกระดาษหนัก 33 กรัม (เยื่อกระดาษมีความชื้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์) แช่วิน้ำนานกว่า 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมากระจายเยื่อด้วยเครื่อง Tappi Standard Disintegrator

โดยใช้ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 วินาที แล้วเติมน้ำให้มีปริมาตร 4 ลิตร (ความเข้มข้นประมาณ 0.825 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก)

นำน้ำเยื่อที่เตรียมได้เติมสารเพิ่มเนื้อ โดยแต่ละครั้งของการทดลองมีปริมาณสารเพิ่มเนื้อแตกต่างกันดังนี้ 0 , 0.5 , 1.0 , 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของเยื่อกระดาษ หรือเติมสารเพิ่มเนื้อเท่ากับ 0 , 15 , 30 , 45 และ 60 มล. ตามลำดับ เติมน้ำละลายสารส้มจนกระทั่งมี pH เท่ากับ 4.5 เติมน้ำส้มเพิ่มจนปริมาตร 20 ลิตร คนให้เยื่อกระดาษกระจายสม่ำเสมอ

นำน้ำเยื่อที่ผสมแล้วมาผลิตกระดาษ โดยใช้ปริมาณน้ำเยื่อ 800 มล. ต่อกระดาษ 1 แผ่น ด้วยเครื่อง Hand Sheet จะได้กระดาษที่มีน้ำหนัก 1.2 กรัม ต่อ 200 ตารางเซนติเมตร หรือ 60 กรัมต่อตารางเมตร

นำกระดาษที่ผลิตได้แต่ละแผ่นมารองด้วยกระดาษซับน้ำ ซ้อนทับกันประมาณ 10 ชั้น จากนั้นนำไปอัดด้วยเครื่องอัดความดันโดยใช้ความดัน 3.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบกำหนดนำมาเปลี่ยนกระดาษซับน้ำใหม่ แล้วนำไปอัดต่ออีก 2.5 นาที จากนั้น นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็น เวลา 3 นาที

3.4 การศึกษาสมบัติด้านการซึมน้ำของกระดาษ

ชั่งน้ำหนักของกระดาษที่ผลิตได้ แล้วนำมาวางบนเครื่อง Cobb's Test ที่มีพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร แล้วเทน้ำลงไป 100 มล. เริ่มจับเวลาตามที่ต้องการ ก่อนถึงเวลาที่กำหนด 15 วินาทีแล้วเทน้ำทิ้ง แล้วรอถึงเวลาที่กำหนด รองกระดาษซับ 1 แผ่นนำกระดาษที่ทดสอบมารีดน้ำออกโดยใช้ลูกกลิ้งเหล็กหนัก 10 กก. 1 ครั้ง ชั่งน้ำหนักหาปริมาณน้ำที่ซึมเข้าไปในกระดาษ ทำการทดสอบที่เวลา 45 วินาที และเวลา 120 วินาที

3.5 การศึกษาสมบัติเชิงกลของกระดาษ

ชั่งน้ำหนักของกระดาษทดสอบ 10 แผ่น แล้วหาค่าเฉลี่ยบันทึกผลเก็บไว้ จากนั้นนำกระดาษไปวัดความหนาต่อกระดาษ 5 แผ่น

3.5.1 การทดสอบความแข็งแรงดึงของกระดาษ

ตัดกระดาษให้มีขนาด 1.5 X 16 ซม. นำมาทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง ระยะเวลาที่ขาดจะอยู่ในช่วง 15 - 25 วินาที แรงดึงสูงสุดที่ใช้ 5 กิโลกรัม ค่าแรงที่อ่านได้มีหน่วย kgf. / 15 mm.

คำนวณค่าความแข็งแรงดึง

$$\text{Tensile index} = \frac{\text{แรงที่อ่านได้ ณ จุดขาด} \times 654 \text{ kN.m}}{\text{น้ำหนักเฉลี่ยของกระดาษ (g/m}^2\text{)} \text{ kg.}}$$

3.5.2 การทดสอบความต้านทานการฉีกขาด

ตัดกระดาษให้มีขนาด 5 X 6.3 ซม. นำมาทดสอบโดยใช้เครื่อง Elmendorf - Type Tearing ทดสอบครั้งละ 4 แผ่น ใช้ pendulum ขนาด A / 4 นำกระดาษที่ตัด 4 แผ่น ใส่เข้าไปในที่ยึดทั้งสอง ระหว่างที่ยึดจับตรงแท่น และที่ยึดจับตรง pendulum กดใบมีดตัดกระดาษฉีกนำก่อน 2 ซม. ตั้งเข็มชี้อ่านค่าไปที่จุดเริ่มต้น ปลดล๊อค pendulum ให้ตกอิสระ แล้วอ่านค่าที่วัดได้ (mN.)

คำนวณค่าความต้านทานการฉีกขาด

$$\text{Tear index} = \frac{\text{แรงที่อ่านได้ ณ จุดฉีกขาด} \times 1/2 \text{ N.m}^2}{\text{น้ำหนักเฉลี่ยของกระดาษ (g/m}^2\text{)} \text{ kg.}}$$

3.5.3 การทดสอบความต้านทานต่อการทะลุ

ตัดกระดาษให้มีขนาด 6 X 15 ซม. ทดสอบหาค่าความต้านทานการทะลุด้วยเครื่อง Monitor / Burst - 200 Model 13 - 09 กำหนดให้มีความดันลมไม่ต่ำกว่า 80 psi. ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็น kPa. หรือ kN. / m²

คำนวณค่าความต้านทานต่อการทะลุ

$$\text{Burst index} = \frac{\text{แรงดันที่อ่านได้ (kPa.)} \text{ MN.}}{\text{น้ำหนักเฉลี่ยของกระดาษ (g/m}^2\text{)} \text{ kg.}}$$

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาผลของสารเพิ่มเนื้อต่อสมบัติการด้านการซึมน้ำของกระดาษ

จากสารเพิ่มเนื้อที่สังเคราะห์ได้มีโรซินมาลิกอิกแอนไฮดรยด์(โรซินเอสเทอร์)ทำ
 นั้นที่มีสมบัติในการต้านน้ำ และได้ทำการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเพิ่มเนื้อต่อ
 น้ำหนักเยื่อกระดาษจาก 0 - 2 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 45 วินาที และ 120 วินาที พบว่าปริมาณสารเพิ่ม
 เนื้อในช่วง 0 - 1 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถนำมาทดสอบการต้านน้ำด้วยวิธีของคอบบ์ (Cobb's Test)
 ได้ เนื่องจากน้ำซึมทะลุแผ่นกระดาษก่อนเวลาที่กำหนด ดังนี้

โรซินเอสเทอร์ 0 - 0.5 เปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการผลิตกระดาษ น้ำสามารถซึม
 ทะลุผ่านแผ่นกระดาษทันที

โรซินเอสเทอร์ 1.0 เปอร์เซ็นต์น้ำสามารถซึมทะลุผ่านกระดาษที่เวลา 10 วินาที

โรซินเอสเทอร์ 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าคอบบ์ที่วัดได้ที่เวลา 45 วินาที เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณโรซินเอสเทอร์

ปริมาณสารเพิ่มเนื้อ โรซินเอสเทอร์ (เปอร์เซ็นต์)	ค่า คอบบ์ ที่วัดได้ (g/m^2)
1.5	23
2.0	14

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าคอบบ์ที่วัดได้ที่เวลา 120 วินาที เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณโรซินเอสเทอร์

ปริมาณสารเพิ่มเนื้อ โรซินเอสเทอร์ (เปอร์เซ็นต์)	ค่า คอบบ์ ที่วัดได้ (g/m^2)
1.5	28
2.0	20

4.2 การศึกษาผลของสารเพิ่มเนื้อโพรซินเอสเทอร์ที่มีต่อสมบัติเชิงกลของกระดาษ

โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเพิ่มเนื้อโพรซินเอสเทอร์ต่อน้ำหนักเยื่อกระดาษที่ผลิตได้มีผิวเรียบหนาสม่ำเสมอ แล้วนำกระดาษที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆ ได้ดังนี้

4.2.1 การวัดค่าน้ำหนักของกระดาษ (Basis weight)

โดยการชั่งน้ำหนักของกระดาษที่ผลิตได้ แล้วแปลงหน่วยให้เป็นกรัมต่อตารางเมตร (g/m^2)

ตารางที่ 4.3 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของกระดาษที่ผลิตได้ เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณโพรซินเอสเทอร์

ปริมาณสารเพิ่มเนื้อ โพรซินเอสเทอร์ต่อน้ำหนักเยื่อ (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักกระดาษ (g/m^2)
0.0	65.65
0.5	65.23
1.0	65.82
1.5	59.55
2.0	59.74

4.2.2 การวัดความหนาของกระดาษ (Thickness)

โดยทำการวัดความหนาคอกระดาษ 5 แผ่น มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงความหนาของกระดาษต่อ 5 แผ่น เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณโพรซินเอสเทอร์

ปริมาณสารเพิ่มเนื้อ โพรซินเอสเทอร์ต่อน้ำหนักเยื่อ (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาของกระดาษ (มม. / 5 แผ่น)
0.0	0.669
0.5	0.635
1.0	0.672
1.5	0.632
2.0	0.657

4.2.3 การวัดความหนาแน่นของกระดาศที่ผลิตได้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความหนาแน่นของกระดาศ เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณโรซินเอสเทอร์

ปริมาณสารเพิ่มเนื้อโรซินเอสเทอร์ต่อน้ำหนักกระดาศ (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น (kg / m^3)
0.0	490.66
0.5	513.62
1.0	489.73
1.5	471.07
2.0	454.6

4.2.4 การทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile Strength)

โดยวัดออกมาในหน่วยของ Tensile index มีหน่วยเป็นกิโลนิวตัน X เมตรต่อกิโลกรัม ($\text{kN} \cdot \text{m} / \text{kg}$)

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความแข็งแรงดึงของกระดาศ เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณโรซินเอสเทอร์

ปริมาณสารเพิ่มเนื้อโรซินเอสเทอร์ต่อน้ำหนักเยื่อ (เปอร์เซ็นต์)	ความแข็งแรงดึง ($\text{kN} \cdot \text{m} / \text{kg}$)
0.0	7.40
0.5	7.60
1.0	8.35
1.5	8.79
2.0	8.74

4.2.5 การทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาด

โดยใช้กระดาษขนาด 5 X 6.3 เซนติเมตร จำนวน 4 แผ่น วัดผลออกมาในรูปแบบของ Tear index มีหน่วยเป็น $N.m^2 / kg$

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความต้านทานการฉีกขาดของกระดาษ เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณโรซินเอสเทอร์

ปริมาณสารเพิ่มเนื้อ โรซินเอสเทอร์ต่อน้ำหนักเยื่อ (เปอร์เซ็นต์)	ความต้านทานต่อการฉีกขาด ($N.m^2 / kg$)
0.0	3.53
0.5	3.88
1.0	3.54
1.5	4.26
2.0	4.14

4.2.6 การทดสอบความต้านทานต่อการทะลุ (Burst strength) ของกระดาษ วัดออกมาในรูปแบบของ Burst index มีหน่วยเป็น MN / kg .

ตารางที่ 4.8 แสดงความต้านทานการทะลุของกระดาษ เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณโรซินเอสเทอร์

ปริมาณสารเพิ่มเนื้อ โรซินเอสเทอร์ต่อน้ำหนักเยื่อ (เปอร์เซ็นต์)	ความต้านทานต่อการทะลุ (MN / kg)
0.0	0.59
0.5	0.57
1.0	0.55
1.5	0.57
2.0	0.57

4.3 การศึกษาผลของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งและพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ

ในการใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อต่อสมบัติเชิงกลของกระดาษ

โดยให้แป้งมันสำปะหลังที่กราฟท์ดัด วัยกรคอะคริลิกและยางธรรมชาติที่กราฟท์ด้วยอะคริลาไมด์ ปริมาณที่ใช้คือใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง 15 เปอร์เซ็นต์ และใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ 10 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อ กระดาษที่ผลิตได้มีผิวหยาบและหนา เนื่องจากสารเพิ่มเนื้อที่ใช้ไม่กระจายตัวในน้ำเยื่อ และละลายน้ำไม่หมด

4.3.1 น้ำหนักของเยื่อกระดาษ (Basis weight)

ตารางที่ 4.9 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของกระดาษที่ผลิตได้ เมื่อใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง และพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติเป็นสารเพิ่มเนื้อ

ชนิดของสารเพิ่มเนื้อ	น้ำหนักของกระดาษ (g/m ²)
พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง	81.08
พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ	76.90

4.3.2 ความหนาของกระดาษ (Thickness)

ตารางที่ 4.10 แสดงความหนาของกระดาษต่อ 5 แผ่น เมื่อใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง และพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติเป็นสารเพิ่มเนื้อ

ชนิดของสารเพิ่มเนื้อ	ความหนาของกระดาษ (มม./5 แผ่น)
พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง	0.813
พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ	0.617

4.3.3 ความหนาแน่นของกระดาษ (Density)

ตารางที่ 4.11 แสดงความหนาแน่นของกระดาษ เมื่อใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง และพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ

ชนิดของสารเพิ่มเนื้อ	ความหนาแน่นของกระดาษ (kg/m ³)
พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง	498.65
พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ	623.18

4.3.4 ความแข็งแรงดึงของกระดาษ (Tensile strength)

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความแข็งแรงดึงของกระดาษ เมื่อใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง และพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ

ชนิดของสารเพิ่มเนื้อ	ความแข็งแรงดึง (kN . m / kg)
พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง	6.69
พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ	14.20

4.3.5 ค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดของกระดาษ (Tear strength)

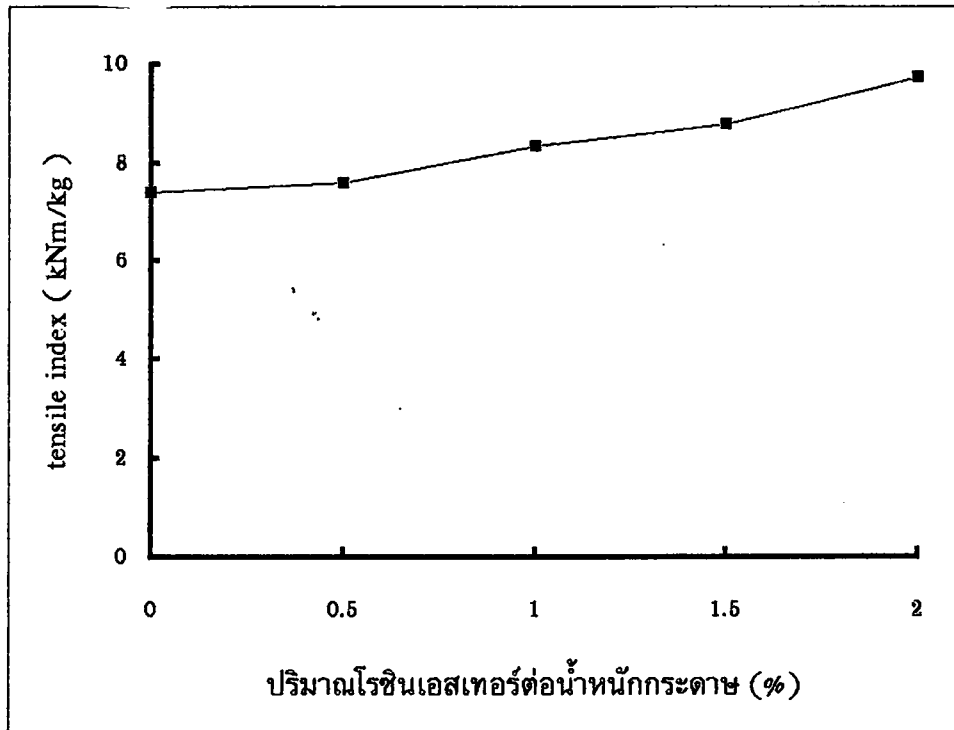
ตารางที่ 4.13 แสดงค่าความต้านทานการฉีกขาดของกระดาษ เมื่อใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง และพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ

ชนิดของสารเพิ่มเนื้อ	ความต้านทานต่อการฉีกขาด (N . m ² / kg)
พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง	2.44
พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ	3.34

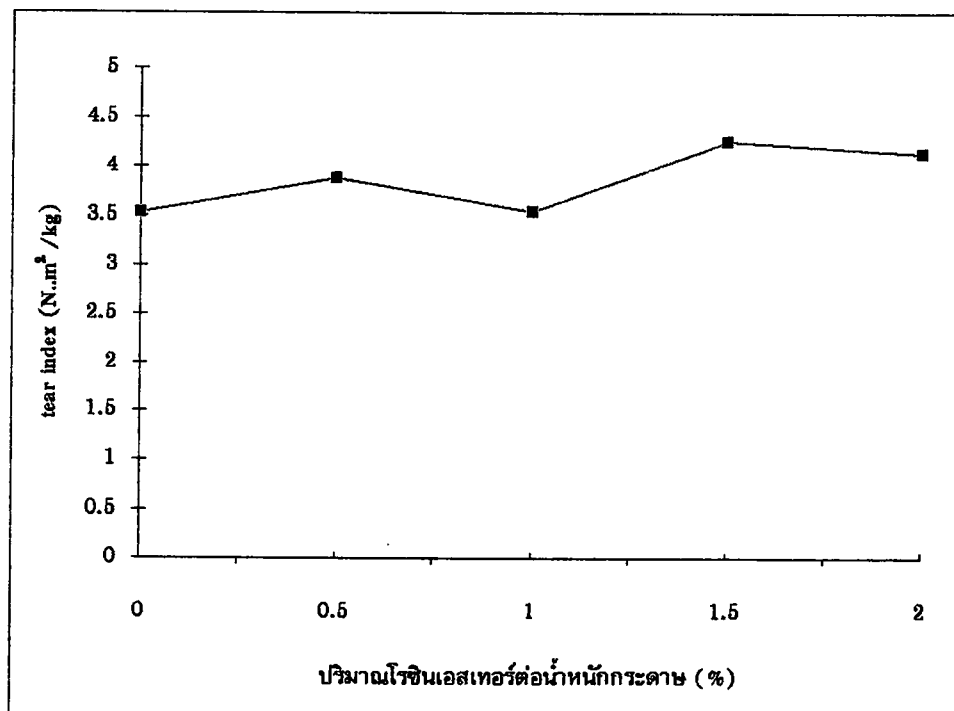
4.3.6 ความต้านทานต่อการทะลุของกระดาษ (Burst strength)

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าความต้านทานต่อการทะลุของกระดาษ เมื่อใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของ
แป้งมันสำปะหลัง และพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ

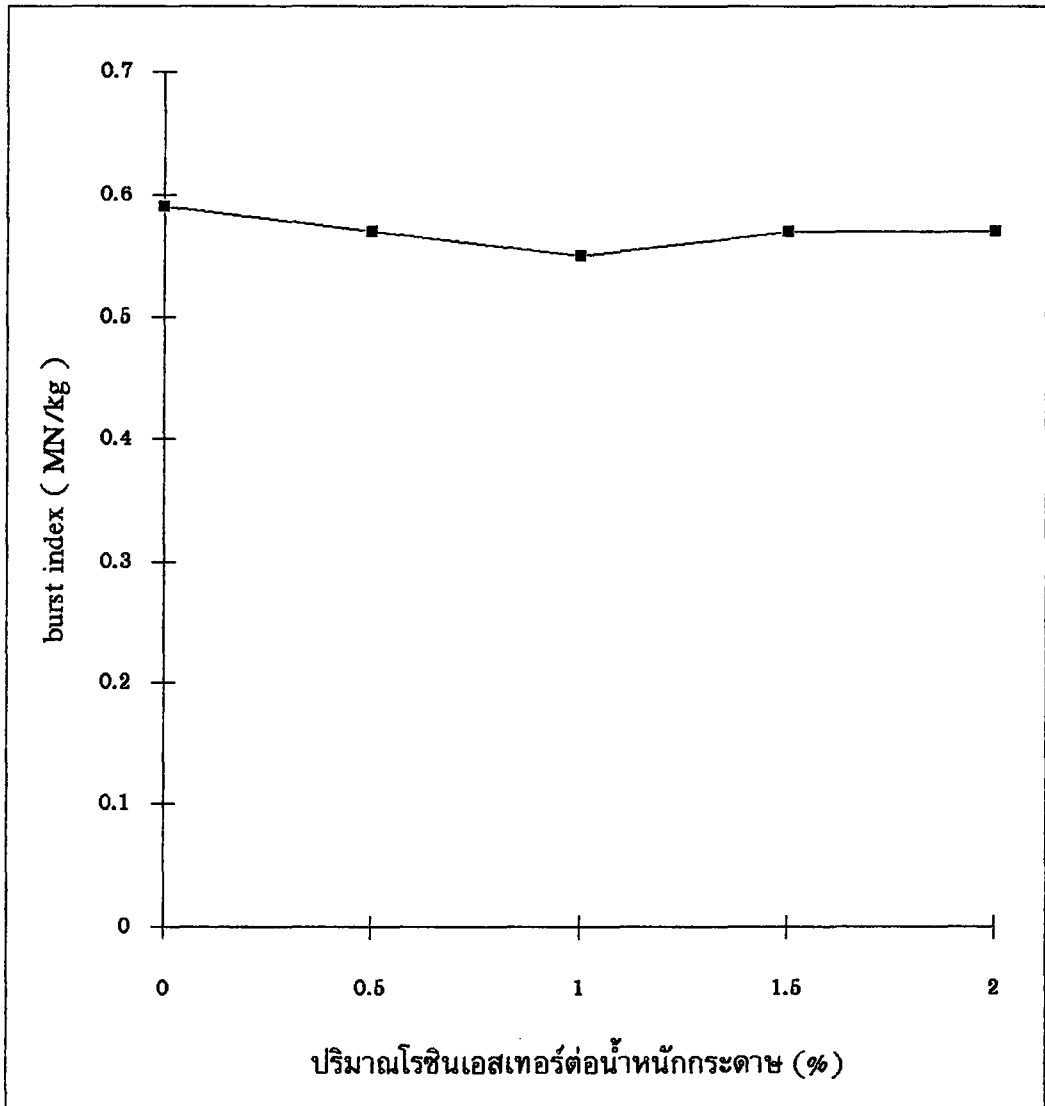
ชนิดของสารเพิ่มเนื้อ	ความต้านทานต่อการทะลุ (MN / kg)
พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง	0.44
พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ	0.79



รูปที่ 8 กราฟแสดงค่าความแข็งแรงดึงของกระดาษ เมื่อใช้โรซินเอสเทอร์เป็นสารเพิ่มเนื้อ



รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดของกระดาษ เมื่อใช้โรซินเอสเทอร์เป็นสารเพิ่มเนื้อ



รูปที่ 10 กราฟแสดงค่าความต้านทานต่อการทะลุของกระดาษ เมื่อใช้โรซินเอสเทอร์เป็นสารเพิ่มเนื้อ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 การศึกษากระบวนการผสมสารเพิ่มเนื้อชนิดต่างๆที่สังเคราะห์ได้ในการผลิตกระดาษ

กระบวนการผสมสารเพิ่มเนื้อชนิดต่างๆที่สังเคราะห์ได้จากวัสดุธรรมชาติลงไป ในน้ำเยื่อ จะต้องทำให้สารเพิ่มเนื้อสามารถละลายน้ำได้หรือทำให้เป็นสารแขวนลอย และสามารถกระจายตัวในน้ำได้ การใช้โรซินมาลิกแอนไฮดรยด์ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มเนื้อ ซึ่งมีการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปเพื่อช่วยให้โรซินมาลิกแอนไฮดรยด์สามารถละลายน้ำได้ และนำมาเตรียมให้มีความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ วัดค่าความเป็นกรดเบสได้ 9.47 นำไปผสมลงในน้ำเยื่อ จากนั้นทำให้สารโรซินมาลิกแอนไฮดรยด์ตกตะกอนจับอยู่รอบๆเส้นใย โดยการเติมสารละลายสารส้มซึ่งเป็นสารประกอบที่มีประจุบวกทำหน้าที่เป็นสารทำให้ตกตะกอน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ควบคุมความเป็นกรดเบสของน้ำเยื่อ ทำให้ความเป็นกรดเบสของน้ำเยื่อในช่วง 4.1 - 4.5 ทำให้โรซินมาลิกแอนไฮดรยด์ตกตะกอน เมื่อนำน้ำเยื่อไปเตรียมเป็นกระดาษจะทำให้กระดาษสามารถด้านการซึมทะลุผ่านของน้ำได้ดี ส่วนพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง และพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในขั้นตอนการฉาบผิวกระดาษ ทำให้กระดาษมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากไม่มีเครื่องมือที่ใช้ทดลองทำการฉาบผิว กระดาษ จึงไม่สามารถทำการทดลองได้ อย่างไรก็ตามได้ทำการทดลองตามวิธีเดียวกันกับการใช้สารเพิ่มเนื้อโรซินมาลิกแอนไฮดรยด์ พบว่าการใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง ให้ผลทางด้านความต้านทานการซึมทะลุผ่านของน้ำ และสมบัติเชิงกลของกระดาษไม่เป็นที่น่าพอใจ เพราะไม่สามารถทำให้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังละลายน้ำได้หมด จึงทำให้กระจายตัวในน้ำเยื่อไม่ดี ส่วนพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติสามารถเตรียมเป็นอิมัลชันได้ แต่อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการทำเป็นแผ่นกระดาษ พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติจะอุดตันตะแกรงที่เครื่อง Hand sheet ทำให้น้ำไหลช้าลง แต่อย่างไรก็ตามก็สามารถจับตัวอยู่บนเส้นใยได้ดี ทำให้กระดาษมีความหนาแน่นมาก

5.2 การศึกษาสมบัติด้านการซึมผ่านของน้ำ

จากสารเพิ่มเนื้อที่สังเคราะห์ได้ทั้งหมดมีเพียงโรซินมาลิกแอนไฮดราตส์ ที่สามารถด้านการซึมผ่านได้ดี และจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณของโรซินมาลิกแอนไฮดราตส์ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของสารเพิ่มเนื้อต่อน้ำหนักเยื่อ ทำให้กระดาษที่ผลิตได้มีความต้านทานการซึมน้ำเพิ่มขึ้น ในอุตสาหกรรมกระดาษมีการใช้ปริมาณของสารเพิ่มเนื้อตั้งแต่ 2 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แต่เนื่องจากโรซินมาลิกแอนไฮดราตส์มีหมู่ที่ไม่ชอบน้ำ ทำให้สามารถต้านทานการซึมน้ำได้ดี

5.3 การศึกษาสมบัติเชิงกลของกระดาษ

จากผลการศึกษาสมบัติเชิงกลของกระดาษที่มีโรซินมาลิกแอนไฮดราตส์ เป็นสารเพิ่มเนื้อ พบว่าเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของสารเพิ่มเนื้อต่อน้ำหนักเยื่อ ทำให้ความแข็งแรงดึงของกระดาษเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความต้านทานการฉีกขาดและค่าความต้านทานต่อการทะลุไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นการใช้โรซินมาลิกแอนไฮดราตส์เป็นสารเพิ่มเนื้อ ไม่ทำให้สมบัติเชิงกลของกระดาษที่มีอยู่เดิมเปลี่ยนแปลง เมื่อใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังและพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติเป็นสารเพิ่มเนื้อ พบว่าเพิ่มความแข็งแรงดึงของกระดาษ โดยเฉพาะพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติซึ่งสามารถกระจายตัวในน้ำเยื่อได้ดี สมบัติด้านความต้านทานต่อการฉีกขาดและความต้านทานต่อการทะลุของกระดาษเพิ่มขึ้น เนื่องจากเส้นใยกระดาษมีการยึดติดกันมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษากระบวนการเพิ่มเนื้อ โดยการฉาบผิวที่กระดาด เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมกระดาด
2. การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง และพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ โดยทำการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของมอนอเมอร์ เพื่อศึกษาสมบัติการต้านทานต่อการซึมน้ำ
3. การประยุกต์ใช้โรซินมาลีอิกแอนไฮดรายด์เป็นสารเพิ่มเนื้อสำหรับอุตสาหกรรมกระดาด ควรเริ่มต้นการใช้เปอร์เซ็นต์ของโรซินมาลีอิกแอนไฮดรายด์ มากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อกระดาด สำหรับกระดาดที่ต้องการต้านทานการซึมน้ำมาก
4. ควรทำการศึกษาการใช้โรซินมาลีอิกแอนไฮดรายด์ ร่วมกับพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังหรือพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของยางธรรมชาติ เพื่อเพิ่มสมบัติต้านทานต่อการซึมน้ำและสมบัติเชิงกลของกระดาด

ภาคผนวก

การคำนวณค่าความแข็งแรงดึง

$$\begin{aligned}
 \text{Tensile index} &= \frac{\text{ค่าที่อ่านได้ ณ จุดขาด}}{\text{น้ำหนักกระดาษ (g/m}^2\text{)}} \\
 &= \frac{(\text{kgf} \times 9.81 \text{ (N)}) / (15 \text{ mm} \times 1/1000 \text{ (M)})}{(\text{g} \times 1/1000 \text{ (kg)}) / \text{m}^2} && \text{N/M} \\
 & && \text{kg/m}^2 \\
 &= \frac{\text{kgf} \times 654}{\text{g/m}^2} && \text{kN.m} \\
 & && \text{kg}
 \end{aligned}$$

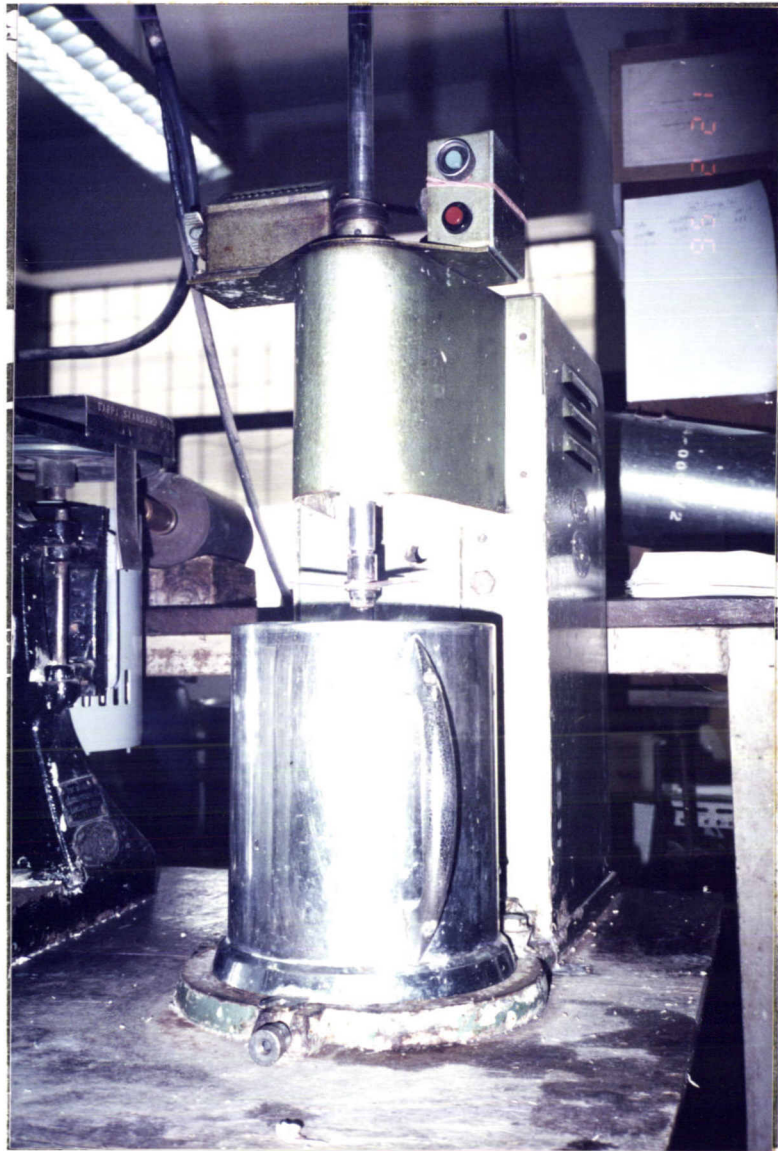
การคำนวณหาค่าความต้านทานการฉีกขาด

$$\begin{aligned}
 \text{Tear index} &= \frac{\text{ค่าที่อ่านได้ (mN)} \times 1/2}{\text{น้ำหนักกระดาษ (g/m}^2\text{)}} && \text{mN} \\
 & && \text{g/m}^2 \\
 & ; 1/2 \text{ เนื่องจากการฉีกขาดเป็น 2 ทิศทาง} \\
 &= \frac{\text{mN} \times 1/1000 \text{ (N)} \times 1/2}{(\text{g} \times 1/1000 \text{ (kg)}) / \text{m}^2} && \text{N.m}^2 \\
 & && \text{kg} \\
 &= \frac{\text{mN} \times 1/2}{\text{g/m}^2} && \text{N.m}^2 \\
 & && \text{kg}
 \end{aligned}$$

การคำนวณค่าความต้านทานต่อการทะลุของกระดาษ

$$\begin{aligned}
 & \text{Pa} = \text{N/m}^2 \\
 \text{Burst index} &= \frac{\text{ค่าที่อ่านได้ (kPa)}}{\text{น้ำหนักกระดาษ (g/m}^2\text{)}} \\
 &= \frac{1000 \times \text{N/m}^2}{(\text{g} \times 1/1000 \text{ (kg)}) / \text{m}^2} && \text{N/m}^2 \\
 & && \text{kg/m}^2 \\
 &= \frac{\text{kPa}}{\text{g/m}^2} && \text{MN} \\
 & && \text{kg}
 \end{aligned}$$

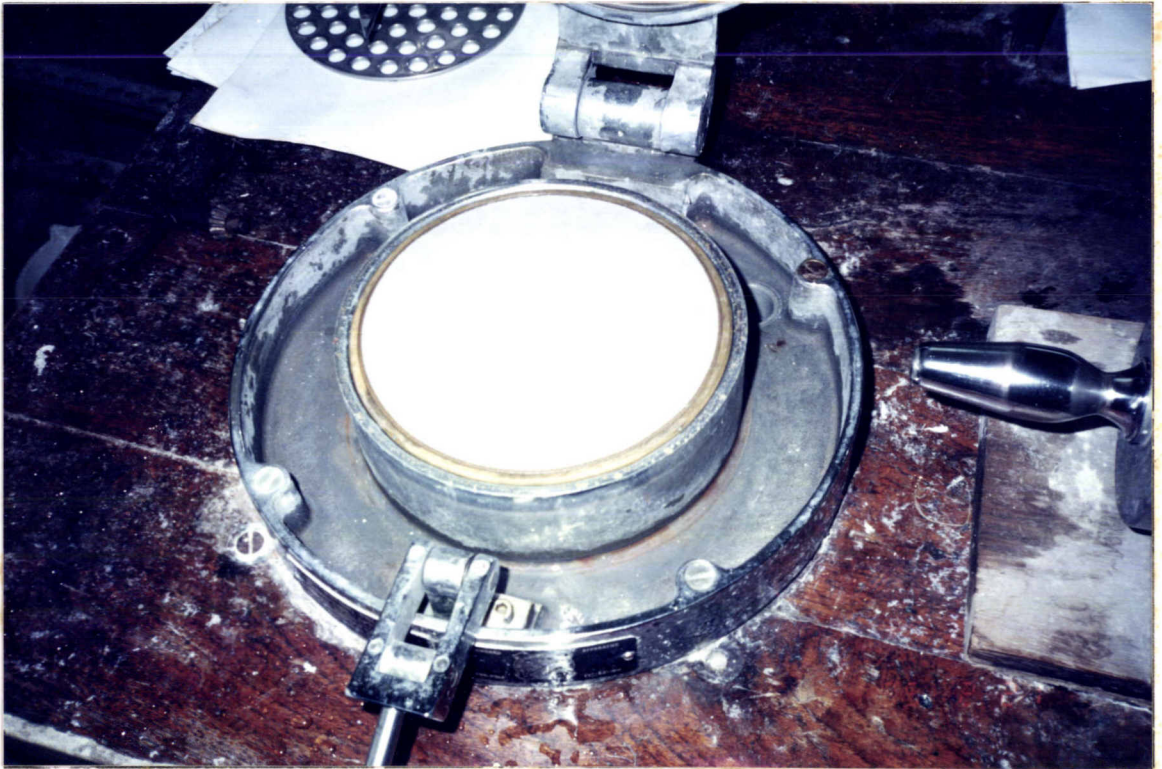
รูปภาพแสดงอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการผลิตกระดาษในโรงงานพิเศษ



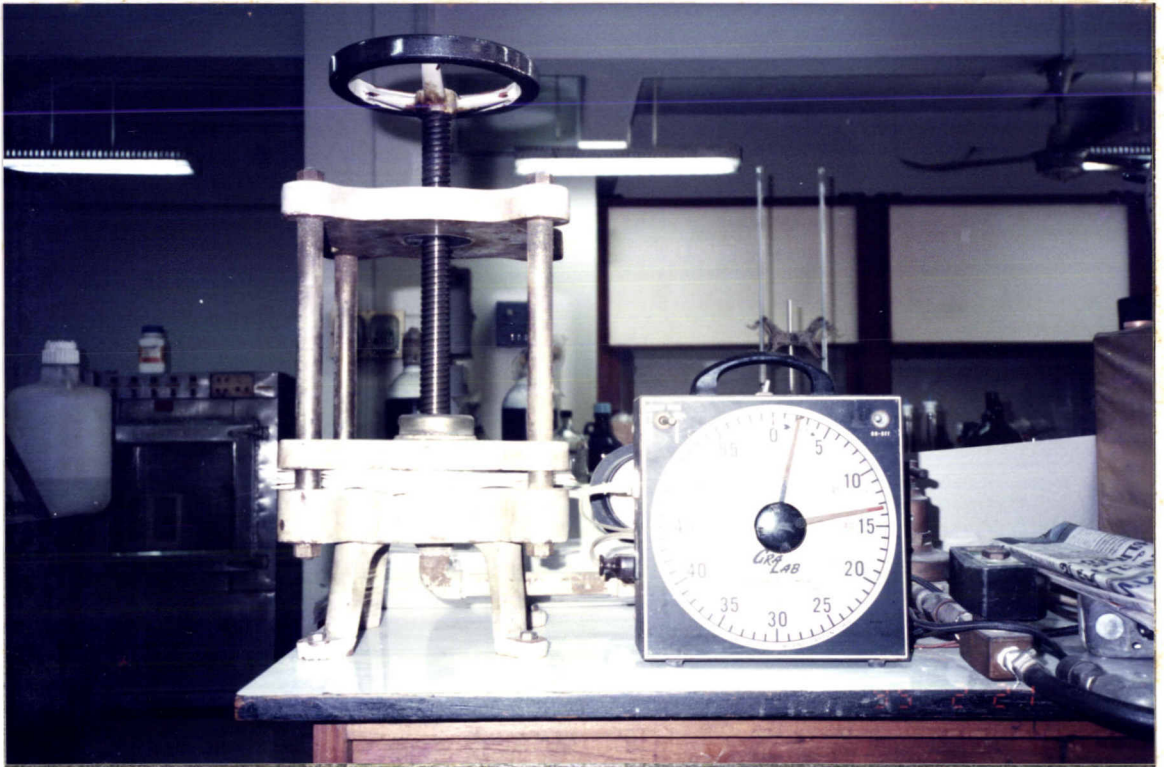
รูปที่ 1. เครื่องกระจายเชื้อกระดาษ Tappi Standard Disintegrator



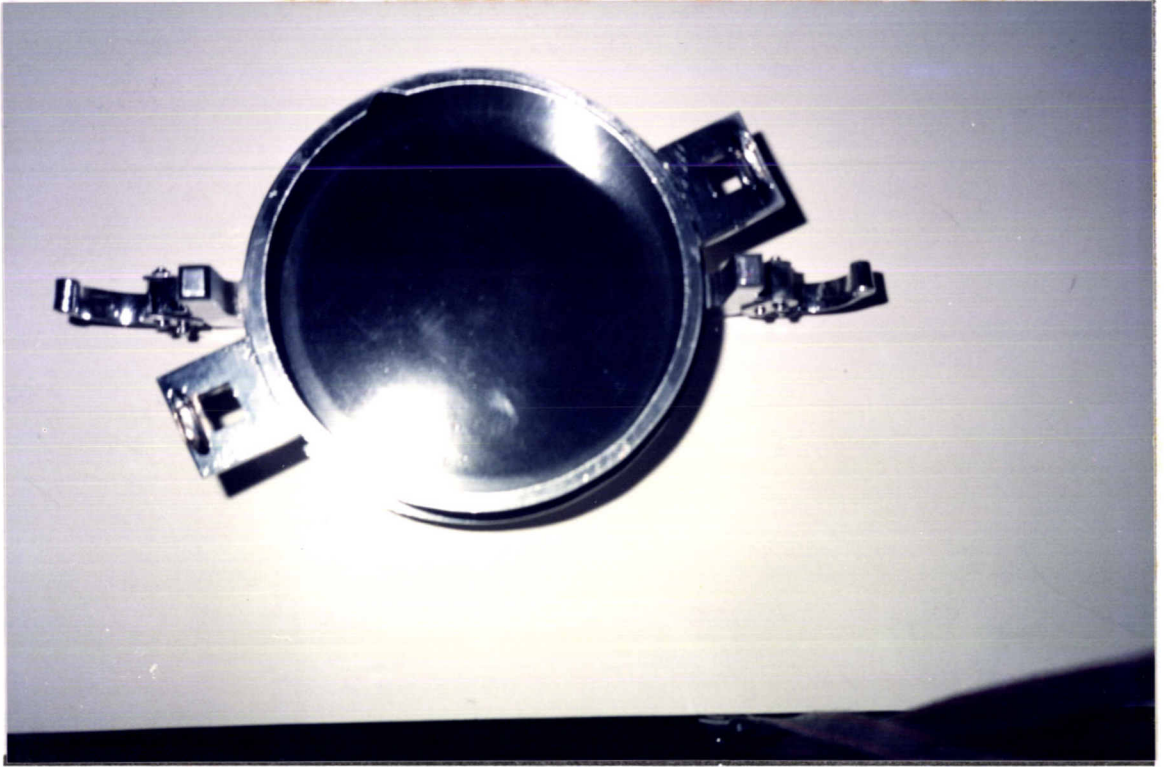
รูปที่ 2. เครื่องทำกระดาษแบบ Hand Sheet



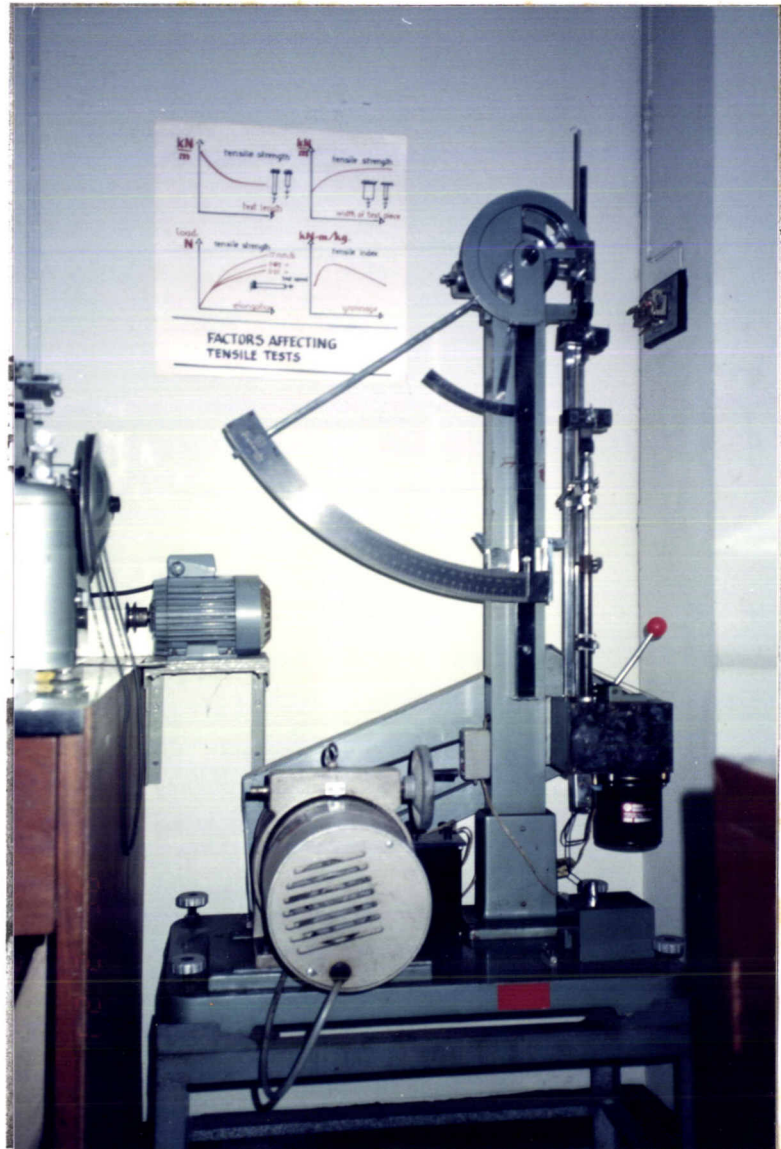
รูปที่ 3. แสดงกระดาษที่ผลิตได้หลังจากใช้เครื่อง Hand Sheet



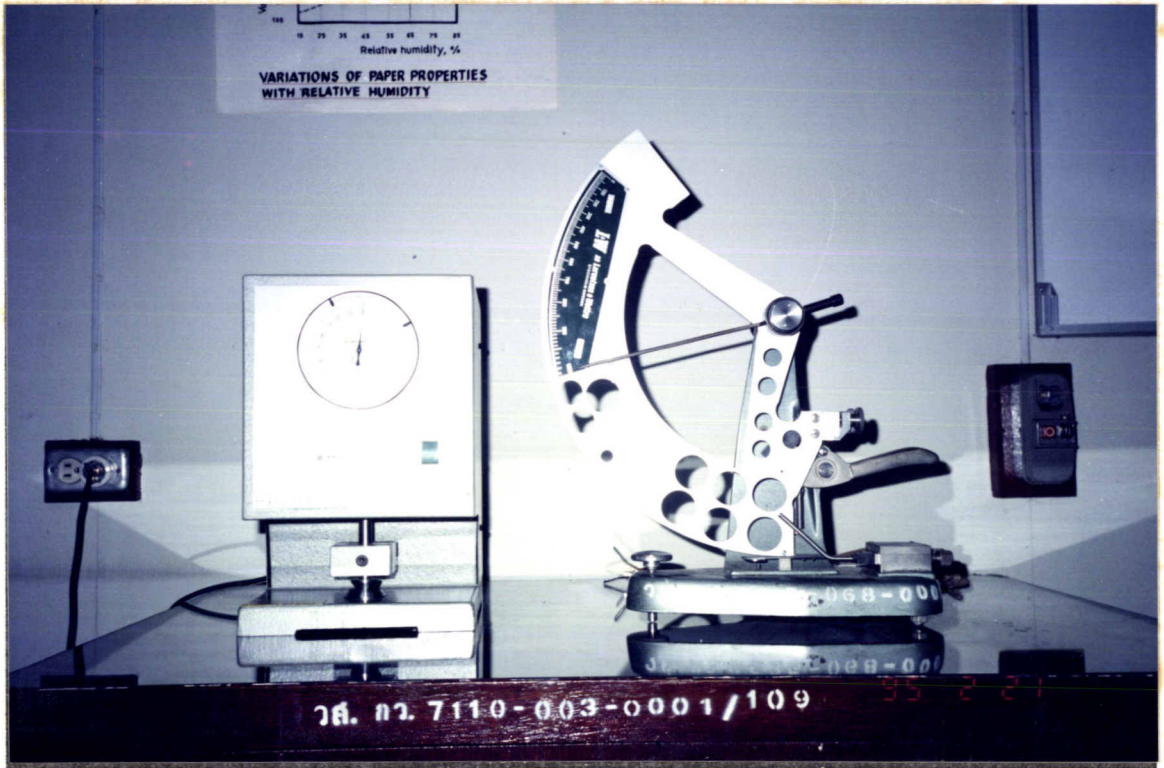
รูปที่ 4. เครื่องอัดกระดาษ



รูปที่ 5. อุปกรณ์สำหรับทดสอบสมบัติต้านการซึมน้ำ Cobb's Test



รูปที่ 6. เครื่องทดสอบแรงดึงแบบ Pendulum



รูปที่ 7. เครื่องวัดความหนาของกระดาษ (ซ้าย) และ เครื่องทดสอบความต้านทานการฉีกขาดของกระดาษ (ขวา)



รูปที่ 8. เครื่องทดสอบความต้านทานการทะลุของกระดวย

บรรณานุกรม

1. Trzasko, T.P. " Paper size Composition. " U.S.Pat. 4,687,519 Aug.18,1987.
2. Maeda, M. and Kodama, Y. " Process for Preparing Rosin Ester with Esterification and Hydrogenation. " U.S.Pat. 4,847,010 Jul 11,1989.
3. Strazdins, E. Chemistry and Application of Rosin Size, in The Sizing of Paper (Walter, F.R.ed.) 2nd ed., pp. 1-31, Tappi Press, Atlanta, 1989.
4. Hunter, D. Handmade Papers, in Pulp and Paper Manufacture (Ronald, G.M.ed.) Vol.3.pp.1-18, McGraw-Hill, New York, 1970.
5. Watkins, S.H. Rosin Size Preparation and Properties, in Tappi Monograph Series No.33, (John, W.S. ed.) pp. 5-36, Mack Printing, Easton, 1971.
6. สุรศักดิ์ วงศ์เรณู และวรวรรณ สนเปี่ยม " กระบวนการกราฟท์โคพอลิเมอโรเซชันของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาอะครีเลต " โครงการพิเศษ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2535