ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ
กว
อว 5

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน

เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 7 ว

ของ

นายจิระศักดิ์ ชัยสนิท

เรื่องที่ 2

การผลิตเยื่อปอสาคุณภาพสูง

High Quality Paper Mulberry Pulp

ผู้ดำเนินการ

นางรุ่งอรุณ วัฒนวงศ์
นักวิทยาศาสตร์ 8 ว
นายธีระชัย รัตนโรจน์มงคล
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว
นายจิระศักดิ์ ชัยสนิท
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

กลุ่มวิจัยและพัฒนา 3
กองการวิจัย
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

พ.ศ. 2542

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน

เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 7 ว

ของ

นายจิระศักดิ์ ชัยสนิท

เรื่องที่ 2

การผลิตเยื่อปอสาคุณภาพสูง

High Quality Paper Mulberry Pulp

วพ
เลขหมู่ ๗๑
๘๒๕
เลขทะเบียน 9985
วันที่ 14 พฤ 47

ผู้ดำเนินการ

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
วพ.

นางรุ่งอรุณ วัฒนวงศ์

นักวิทยาศาสตร์ 8 ว

นายธีระชัย รัตนโรจน์มงคล

นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

นายจิระศักดิ์ ชัยสนิท

นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

กลุ่มวิจัยและพัฒนา 3

กองการวิจัย

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

พ.ศ. 2542

การผลิตเยื่อปอสาคุณภาพสูง

บทคัดย่อ

ในรายงานการศึกษาวิจัยนี้พบว่าเปลือกปอสามีค่าการละลายในด่าง (1 % NaOH) ค่อนข้างสูงมาก ซึ่งค่านี้จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าเปลือกปอสาจะมีการเสื่อมสลายตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อเก็บทิ้งไว้ตามธรรมชาติ เส้นใยของเปลือกปอสามีความยาวเฉลี่ยสูงมากถึง 8.2 มิลลิเมตร เมื่อนำไปผลิตเป็นเยื่อกระดาษจะให้สมบัติด้านความแข็งแรงสูงมาก ในการศึกษาทดลองผลิตเยื่อพบว่าการนำเปลือกปอสาไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนนำไปต้มจะให้เยื่อที่มีปริมาณลิกนินต่ำกว่าเยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาแช่น้ำเพียงอย่างเดียวมาก ซึ่งตัวบ่งชี้ปริมาณลิกนินในเยื่อคือ ค่า Kappa number โดยเยื่อที่ได้จากการนำเปลือกปอสาไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 และร้อยละ 2 จะมีค่า Kappa number ต่ำกว่าเยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาแช่น้ำเพียงอย่างเดียวถึง 4.0 และ 7.1 หน่วย ตามลำดับ และในการศึกษาทดลองฟอกเยื่อพบว่า ณ ที่ระดับการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เดียวกันสภาวะการฟอกที่ระดับความข้นของน้ำเยื่อสูงจะให้เยื่อฟอกที่มีความขาวสว่างสูงกว่าสภาวะการฟอกที่ระดับความข้นของน้ำเยื่อต่ำ

ผลจากการศึกษาวิจัยนี้สรุปได้ว่าสามารถหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อปอสาซึ่งใช้กระบวนการผลิตแบบปราศจากคลอรีนที่ให้ค่าความขาวสว่างสูงถึงร้อยละ 84.7 โดยไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

สารบัญตาราง . ..... ก

สารบัญภาพ . ..... ข

บทที่ 1. บทนำ 1

1. 1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย 2

1.4 ระยะเวลาของการศึกษาวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ 2

บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์ (Literature review) 3

บทที่ 3 วิธีการทดลอง 5

3.1 วัตถุดิบ 5

3.2 สารเคมีที่ใช้ 5

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ 5

3.4 การเตรียมวัตถุดิบและสารละลายที่ใช้ในการผลิตเยื่อฟอกขาว 6

3.5 การดำเนินการทดลอง 7

บทที่ 4 ผลการทดลอง 13

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 13

4.2 การวัดขนาดของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ 14

4.3 การผลิตเยื่อปอสาในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม 15

4.3.1 การผลิตเยื่อปอสาในเชิงหัตถกรรม 15

4.3.2 การผลิตเยื่อปอสาในเชิงอุตสาหกรรม 17

4.3.3 การศึกษาเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อระหว่างเปลือกปอสาที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำทั้งในเชิงหัตถกรรมและในเชิงอุตสาหกรรม..... 19

4.3.4 การศึกษาเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อในเชิงหัตถกรรมระหว่างเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำและผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 21

4.4 การฟอกเยื่อปอสาที่ได้จากการต้มในเชิงหัตถกรรม..... 23

4.4.1 ที่ความข้นของน้ำเยื่อเท่ากับร้อยละ 10 23

4.4.2 ที่ความข้นของน้ำเยื่อเท่ากับร้อยละ 16 25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง	27
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	37
คำขอบคุณ	40
เอกสารอ้างอิง	41
ภาคผนวก ก คำอธิบายศัพท์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบ	42
ภาคผนวก ข แสดงภาพเยื่อปอสาคุณภาพสูงที่ได้	46

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา (Chemical compositions of ,Paper Mulberry)	13
2	แสดงผลการวัดขนาดของเส้นใย (Dimension of fiber)	14
3	แสดงผลการผลิตเยื่อปอสาและความสิ้นเปลืองของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (เชิงหัตถกรรม)	15
4	แสดงสมบัติทางกายภาพของเยื่อปอสาในเชิงหัตถกรรม	16
5	แสดงผลการผลิตเยื่อปอสาและความสิ้นเปลืองของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (เชิงอุตสาหกรรม)	17
6	แสดงสมบัติทางกายภาพของเยื่อปอสาในเชิงอุตสาหกรรม	18
7	แสดงผลการผลิตเยื่อปอสาและความสิ้นเปลืองของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (เชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม)	19
8	แสดงสมบัติทางกายภาพของเยื่อปอสา(เชิงหัตถกรรม และเชิงอุตสาหกรรม)	20
9	แสดงผลการผลิตเยื่อปอสาและความสิ้นเปลืองของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (เชิงหัตถกรรม)	21
10	แสดงสมบัติทางกายภาพของเยื่อปอสาในเชิงหัตถกรรม	22
11	แสดงผลการฟอกเยื่อปอสาและความสิ้นเปลืองของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ที่ความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 10	23
12	แสดงสมบัติทางกายภาพของเยื่อฟอก ที่ความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 10	24
13	แสดงผลการฟอกเยื่อปอสาและความสิ้นเปลืองของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ที่ความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 16	25
14	แสดงสมบัติทางกายภาพของเยื่อฟอก ที่ความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 16	26
15	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของไม้ (Chemical compositions of wood)	27

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เปรียบเทียบผลผลิตเยื่อระหว่างการต้มในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม	29
2	เปรียบเทียบค่าความขาวสว่างของเยื่อระหว่างการต้มในเชิงหัตถกรรมและ เชิงอุตสาหกรรม	29
3	เปรียบเทียบปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ระหว่างการต้มในเชิงหัตถกรรมและ เชิงอุตสาหกรรม	30
4	เปรียบเทียบค่า kappa number ของเยื่อที่ได้ระหว่างการต้มในเชิงหัตถกรรมและ เชิงอุตสาหกรรม	30
5	เปรียบเทียบค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดระหว่างการต้มในเชิงหัตถกรรมและ เชิงอุตสาหกรรม	31
6	เปรียบเทียบค่าดัชนีความต้านแรงดึงระหว่างการต้มในเชิงหัตถกรรมและ เชิงอุตสาหกรรม	32
7	เปรียบเทียบค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุระหว่างการต้มในเชิงหัตถกรรมและ เชิงอุตสาหกรรม	33
8	แสดงอิทธิพลของการแช่เปลือกปอสาต่อค่า kappa number (ที่ระดับกการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง)	34
9	แสดงอิทธิพลของการแช่เปลือกปอสาต่อค่าผลผลิตเยื่อ (ที่ระดับกการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง)	35
10	แสดงความขาวสว่างต่อปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอก	36

การผลิตเยื่อปอสาคุณภาพสูง

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกกระดาษสาและผลิตภัณฑ์กระดาษสาแปรรูปต่าง ๆ ในแต่ละปีคิดเป็นมูลค่าการส่งออกหลายร้อยล้านบาทเป็นเพราะความมีเอกลักษณ์พิเศษของกระดาษสาอันเนื่องมาจากลวดลายอันงดงามในเนื้อกระดาษสา ซึ่งเกิดจากริ้วของเส้นใยตามธรรมชาติ และจากเทคนิคการผลิตลายต่าง ๆ ลงบนกระดาษสา นอกจากนี้การให้ความรู้สึกที่นุ่มนวลเมื่อสัมผัส ตลอดจนมีความหยุ่นตัวสูงและสามารถรับแรงกระทำต่าง ๆ ได้ดีไม่ว่าจะเป็นแรงดึงหรือแรงฉีกขาด กระดาษสาจึงมีทั้งความสวยงามและความคงทนในการใช้งาน ประเทศที่นำเข้ากระดาษสาและผลิตภัณฑ์แปรรูปส่วนมากเป็นประเทศในยุโรปตะวันตก และประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นกลุ่มประเทศที่ล้วนแล้วแต่ให้ความสำคัญต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและธรรมชาติเป็นอย่างมาก และมักมีมาตรการต่างๆ เพื่อกีดกันการนำเข้าสินค้าที่มีกระบวนการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในการผลิตเยื่อปอสาฟอกขาวที่ต้องผ่านขั้นตอนการฟอกให้ขาวขึ้น ถ้ายังมีการใช้สารประกอบคลอรีนเป็นสารฟอกอยู่ก็อาจจะก่อให้เกิดปัญหาต่อการส่งออกของกระดาษสาและผลิตภัณฑ์แปรรูปต่างๆ ในตลาดได้ ซึ่งหากมองในแง่ของการพัฒนาการค้าแบบยั่งยืนแล้วจะถือว่าอยู่ในภาวะที่เสี่ยงเป็นอย่างมาก ควรจะได้มีการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการฟอกขาวให้เหมาะสม โดยไม่ใช้สารประกอบคลอรีนเป็นสารฟอก

แหล่งผลิตกระดาษสาส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะอยู่แถบจังหวัดทางภาคเหนือของประเทศ ซึ่งได้แก่ เชียงใหม่ ลำปาง แพร่และน่าน เป็นต้น ส่วนในภาคอื่น ๆ ของประเทศมีผลิตบ้างแต่เป็นส่วนน้อย โดยส่วนใหญ่การผลิตกระดาษสามักจะทำกันเป็นอุตสาหกรรมในระดับครัวเรือน ส่วนที่จัดว่าเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กจนถึงขนาดกลางมีเพียง 2–3 รายเท่านั้น ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงการผลิตระดับอุตสาหกรรมครัวเรือนหรือการผลิตแบบชาวบ้านเท่านั้น จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นพบว่าในการฟอกเยื่อปอสา ชาวบ้านในหลายที่ยังคงใช้สารประกอบคลอรีน เช่น แคลเซียมไฮโปคลอไรท์เป็นสารฟอก และมีบางท้องที่ที่ได้เปลี่ยนมาใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารฟอกแทนสำหรับปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการฟอกขาวแต่ละท้องที่จะมีปริมาณการใช้ที่แตกต่างกันออกไปและคุณภาพด้านความขาวสว่างของเยื่อที่ได้ก็แตกต่างกันออกไปมาก ความขาวสว่างของเยื่อกระดาษที่สุ่มได้ในท้องตลาดจะอยู่ในช่วงร้อยละ 67 - 77 และมีการใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการฟอกในช่วงร้อยละ 3 - 13 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง ความแตกต่างที่มีช่วงกว้างทั้งด้านคุณภาพความขาวสว่างของกระดาษที่ได้และปริมาณสารเคมีที่ใช้ฟอกเป็นตัวชี้ให้เห็นถึงความสิ้นเปลืองในการใช้สารเคมีเป็นอย่างมากในบางท้องที่ เมื่อมองในภาพรวมของประเทศแล้วนับว่าเป็นความสูญเสียค่อนข้างมาก

กรมวิทยาศาสตร์บริการได้เล็งเห็นปัญหาดังกล่าวจึงได้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่อง"การผลิตเยื่อปอสาคุณภาพสูงเพื่อใช้ในงานหัตถกรรม"นี้ขึ้น เพื่อศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้นสำหรับใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตเยื่อปอสาฟอกขาวภายในประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การผลิตเยื่อปอสาฟอกขาวในแต่ละท้องที่มี

คุณภาพใกล้เคียงกันและมีการใช้สารเคมีในระดับที่เหมาะสม และนอกจากนี้ยังมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ต้องการเผยแพร่ข้อมูลทางวิชาการด้านเทคโนโลยีการผลิตเยื่อและกระดาษให้ผู้ผลิตทั่วไปได้รับทราบ โดยจะเน้นการผลิตในระดับครัวเรือนหรือในเชิงหัตถกรรม และสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการฟอก จะศึกษาเฉพาะการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ไซด์เป็นสารฟอกเท่านั้นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตเยื่อฟอก

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อปอสาฟอกขาวโดยใช้วิธีการฟอกแบบปราศจากคลอรีน (Total chlorine free bleaching) และให้ได้เยื่อฟอกที่มีความขาวสว่างไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

1.3 ขอบเขตการศึกษา

เพื่อให้การศึกษาเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้จึงได้วางแนวทางการดำเนินงาน ดังนี้

1.3.1 วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและวัดขนาดของเส้นใยของเปลือกปอสา

1.3.2 ศึกษาเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อระหว่างการผลิตในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม

1.3.3 ศึกษาเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำกับไม่ผ่านการแช่น้ำ ทั้งในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม

1.3.4 ศึกษาเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำและผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนนำไปผลิตเป็นเยื่อกระดาษในเชิงหัตถกรรม

1.3.5 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกแบบขั้นตอนเดียว โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารฟอกในเชิงหัตถกรรม

1.4 ระยะเวลาในการศึกษาวิจัย มกราคม 2542 - กุมภาพันธ์ 2542

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 ได้ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและขนาดของเส้นใยของเปลือกปอสา

1.5.2 ได้สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อปอสาฟอกขาวที่ทำให้ไม่เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน

1.5.3 ได้เยื่อปอสาฟอกขาวคุณภาพสูงสำหรับไว้ใช้งานหัตถกรรมต่าง ๆ

1.5.4 ขจัดข้ออ้างด้านการกีดกันทางการค้าระหว่างประเทศเกี่ยวกับการตกค้างของสารคลอรีนในกระดาษได้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทรรศน์
(Literature review)

วันทนี สาตราคม และคณะ (ปี 2517) " การศึกษาเกี่ยวกับการทำเยื่อกระดาษจากปอกะสา " ได้ศึกษาวิธีการผลิตเยื่อกระดาษจากปอกะสาอายุ 1, 2 และ 3 ปี รวมทั้งศึกษาสมบัติของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้ โดยทดลองนำปอกะสามาย่อยทำเยื่อด้วยกรรมวิธีแบบซัลเฟต แบบโซดา และแบบกึ่งเคมี (นิวตรัลซัลไฟต์เซมิเคมิคอล) วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ เปลือกล้วน เนื้อไม้ล้วน และใช้ทั้งต้น (เนื้อไม้รวมกับเปลือก) หลังผ่านการย่อยเยื่อแล้วนำเยื่อปอสาที่ได้มาฟอกต่อด้วยวิธีฟอกแบบหลายขั้นตอน และศึกษาสมบัติของเยื่อก่อนและหลังฟอกจากการศึกษาพบว่าปอกะสาที่มีอายุ 3 ปี ให้ปริมาณเยื่อสูงสุด เยื่อที่ผลิตด้วยกรรมวิธีแบบเซัลเฟตที่ได้จากปอสาทั้งต้นที่มีอายุ 2 ปี มีคุณภาพดีที่สุด ปริมาณและคุณภาพของเยื่อที่ผลิตจากปอสาทั้งต้นและจากส่วนปอสาที่เป็นเนื้อไม้ล้วน แตกต่างกันเล็กน้อย เยื่อที่ผลิตด้วยกรรมวิธีแบบกึ่งเคมีมีปริมาณสูงกว่าและคุณภาพดีกว่า เยื่อที่ผลิตด้วยกรรมวิธีแบบโซดา เยื่อที่ผลิตจากเปลือกปอกะสาล้วนมีสมบัติด้านความเหนียวสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีค่าความต้านทานแรงฉีกขาดสูงมาก อาจเหมาะสำหรับทกระดาษบางชนิดพิเศษได้ และในการฟอกเยื่อ พบว่าเยื่อปอสาที่มีอายุน้อยกว่าได้เยื่อที่มีความขาวสว่างสูงกว่าเยื่อที่มีอายุมากกว่า

สุรัชและสมจิตต์ (ปี 2536) การฟอกเยื่อปอสาโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้นข้นร้อยละ 50 จำนวน 100-160 มิลลิลิตรต่อเปลือกปอสาแห้ง 1 กิโลกรัม โซเดียมซิลิเกต ชนิดเหลว 80 มิลลิลิตร โดยทำการละลายโซเดียมซิลิเกตในน้ำต้มเยื่อที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เมื่อเติมโซเดียมซิลิเกตลงไปแล้วคนให้ทั่ว แล้วเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงไปคนให้ทั่ว ปิดฝาภาชนะต้มให้สนิท ต้มต่อที่อุณหภูมิเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นล้างน้ำให้สะอาด จะได้เยื่อฟอกขาว ลักษณะที่ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้นจะได้กระดาษที่ขาวกว่าการใช้คลอรีน และไม่เกิดปัญหากับสภาพแวดล้อม แต่มีราคาแพงกว่าคลอรีน

นัยนา นิยมวัน และคณะ (ปี 2537) " การปรับปรุงกรรมวิธีผลิตกระดาษสา " ได้ทำการทดลองต้มเปลือกปอสาสดและเปลือกปอสาที่ผ่านการตากแห้งแล้ว ซึ่งเปลือกปอสาทั้ง 2 ชนิด ได้จากวิธีการลอกแบบเดียวกัน คือ วิธีการลอกเปลือกสุก ภายหลังจากการลอกเปลือกแล้ว นำเปลือกในที่ลอกได้มาต้มให้เป็นเยื่อด้วยกรรมวิธีโซดา โดยใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 7-10 ของเปลือกปอสาอบแห้ง ที่อุณหภูมิในการต้มเยื่อ 100 องศาเซลเซียส นาน 3-5 ชั่วโมง มีความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 10 แล้วนำเยื่อปอสาที่ได้ไปฟอกต่อให้ขาวด้วยแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ โดยใช้ปริมาณคิดเป็นร้อยละ 5 ของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง ที่อุณหภูมิในการฟอกคือการใช้น้ำอุ่นจากหม้อสำรอง ซึ่งได้ความร้อนที่เหลือจากเตาต้มเยื่อที่มีอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียสและนำมาทำต่อที่กลางแดด นาน 3 ชั่วโมง มีความข้นของน้ำเยื่อเยื่อร้อยละ 10 ได้เยื่อปอสาที่มีค่าความขาวสว่างร้อยละ 65-77 ในการทำกระดาษสาได้ออกแบบและสร้างเครื่องตีเยื่อแทนแรงงานในการใช้ค้อนทุบเพื่อกระจายเยื่อ ออกแบบและสร้างตะแกรงตักเยื่อให้เหมาะสมกับการทำกระดาษสา ทั้งแบบชนิดบางและหนาตามวิธีดั้งเดิมของไทย และตะแกรงญี่ปุ่น รวมทั้งออกแบบและสร้างเครื่องอบกระดาษสาแทนการตากโดยอาศัยแดด นอกจากนี้ยังแสดงต้นทุนการผลิตกระดาษสาในขนาดกำลังผลิตวันละ 10 และ 40 กิโลกรัมเปลือกสาแห้งไว้ด้วย

เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินท์ และคณะ (ปี 2538) " เทคโนโลยีการผลิตปอสาและกระดาษสา" กล่าวถึงการศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อและกระดาษสาแบบทำด้วยมือ วัตถุดิบที่ใช้ในการทำกระดาษสาซึ่งนำมาจากต้นปอสา สามารถนำมาใช้ทำกระดาษสาได้จาก 4 ส่วนคือ เปลือกนอก เปลือกใน เปลือกนอกรวมกับเปลือกใน และแกน สำหรับเปลือกในของปอสาถูกนำมาใช้ทำกระดาษสา ซึ่งเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางในแบบทำด้วยมือและให้ความแข็งแรงของเส้นใยสูงกว่าการใช้เปลือกนอก เปลือกนอกรวมกับเปลือกใน และแกน ในส่วนของเปลือกนอก และเปลือกนอกนอกรวมกับเปลือกใน ก็สามารถนำมาใช้ทำกระดาษสาแบบทำด้วยมือได้เช่นเดียวกัน และถ้าใช้เปลือกนอกรวมกับเปลือกใน จะช่วยลดต้นทุนในการลอกเปลือกปอสาได้ร้อยละ 50-80 และยังสามารถนำส่วนของเปลือกนอกที่มักทิ้งเป็นของเสียไปโดยไร้ประโยชน์ ซึ่งมีผลผลิตประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักเปลือกทั้งหมดมาใช้เป็นประโยชน์ได้ แต่ต้องมีการเพิ่มสารฟอกสีให้ขาวขึ้นกว่าการใช้เปลือกในเพียงอย่างเดียว ส่วนแกนของต้นปอสายังไม่มีกรรมวิธีที่เหมาะสมในการทำกระดาษสาแบบทำด้วยมือ วัตถุดิบที่ใช้ทำกระดาษสาที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะใช้วัตถุดิบชนิดใดก็ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้ประโยชน์ กล่าวคือถ้าใช้งานทางด้านศิลปะที่เน้นความสวยงาม การเลือกใช้เปลือกนอกอย่างเดียวหรือเปลือกนอกรวมกับเปลือกในสามารถทำได้ดี แต่ถ้าต้องการกระดาษสาที่มีความแข็งแรงสูงควรเลือกใช้เฉพาะเปลือกใน ในการผลิตกระดาษสา นำเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำแล้วไปต้มเยื่อโดยใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อยละ 10 ของน้ำหนักอบแห้ง เช่น เปลือกในปอสาหนัก 1 กิโลกรัมใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัม ต้มในน้ำ 15 ลิตร นาน 3-5 ชั่วโมง แล้วทำการฟอกเยื่อด้วยแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ โดยมีอัตราส่วนของเปลือกปอสาต่อผงคลอรีน เท่ากับ 1 ต่อ 10 โดยน้ำหนัก หรือใช้แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ร้อยละ 10 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง ระยะเวลาในการฟอก 6-12 ชั่วโมง นอกจากใช้คลอรีนในการฟอกแล้วยังมีการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มาทดแทนการใช้คลอรีนอีกด้วย เนื่องจากคลอรีนทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

จากเอกสารดังกล่าวข้างต้นพบข้อที่น่าสนใจในส่วนของการผลิตเยื่อและการฟอกเยื่อได้ว่ายังไม่มีการศึกษาวิจัยเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมทั้งในกระบวนการผลิตเยื่อและกระบวนการฟอกเยื่อ เพื่อให้ได้เยื่อฟอกขาวที่มีคุณภาพสูงทั้งทางด้านความขาวสว่าง ความสิ้นเปลืองปริมาณการใช้สารเคมี และสมบัติด้านความแข็งแรงของเส้นใย ดังนั้นกลุ่มวิจัยและพัฒนา 3 กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ จึงได้ดำเนินการศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อปอสาคุณภาพสูงขึ้น โดยศึกษาทั้งองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา วัดขนาดของเส้นใย กระบวนการผลิตเยื่อ ตลอดจนกระบวนการฟอกเยื่อ เพื่อให้ได้ข้อมูลในการผลิตเยื่อปอสาฟอกขาวต่อไป

บทที่ 3
วิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

ใช้เปลือกในปอสาซึ่งลอกเปลือกนอกออกแล้ว ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานผลิตกระดาษสา โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา โดยได้มาจากแหล่งปลูกที่ ตำบลสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี

3.2 สารเคมีที่ใช้

3.2.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์

3.2.2 กรดซัลฟูริก

3.2.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

3.2.4 โซเดียมไธโอซัลเฟต

3.2.5 โซเดียมซิลิเกต

3.2.6 แมกนีเซียมซัลเฟต

3.2.7 โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

3.2.8 โพแทสเซียมไดโครเมต

3.2.9 เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.3.1 หม้อต้มทรงกระบอก (Autoclave)

3.3.2 หม้อเหล็กไร้สนิม มีความจุประมาณ 5 ลิตร

3.3.3 เครื่องกระจายเยื่อ (Disintegrator)

3.3.4 เครื่องทำแผ่นทดสอบมาตรฐาน (Standard handsheet maker)

3.3.5 กรวยกรองแบบแก้ว (Fritted glass buchner funnel)

3.3.6 เครื่องทดสอบการอุ้มน้ำของเยื่อ (Canadian freeness tester)

3.3.7 เครื่องชั่ง (Analytical balance)

3.3.8 เครื่องทดสอบความหนา (Thickness tester)

3.3.9 เครื่องทดสอบความต้านแรงดึงขาด (Tensile tester)

3.3.10 เครื่องทดสอบความต้านแรงฉีกขาด (Tear tester)

3.3.11 เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุ (Burst tester)

3.3.12 เครื่องทดสอบความชื้น (Moisture balance)

3.3.13 เครื่องวัดความขาวสว่าง (Elrepho 2000)

3.3.14 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

3.3.15 เครื่องบดไม้แบบ Wiley mill

3.3.16 เครื่องให้ความร้อนด้วยโพลีเอทธิลีนไกลคอล (Polyethylene glycol bath)

3.3.17 กล้องจุลทรรศน์ (Optical microscope)

3.4 การเตรียมวัตถุดิบและสารละลายที่ใช้ในการผลิตเยื่อและฟอกเยื่อ

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี มีขั้นตอนดังนี้

3.4.1.1 นำตัวอย่างเปลือกปอสาที่ได้รับไปตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

3.4.1.2 สุ่มตัวอย่างเปลือกปอสาที่แห้งแล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดไม้จนได้ผงละเอียด (คล้ายขี้เลื่อย) พอสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.4.1.3 นำผงไม้ที่ได้จากข้อ 2.4.1.2 ไปร่อนผ่านตะแกรง # 40 mesh แล้วเก็บส่วนที่ผ่านตะแกรง # 40 mesh ไว้

3.4.1.4 นำส่วนของที่ผ่านตะแกรง # 40 mesh มาร่อนผ่านตะแกรง # 60 mesh อีกครั้ง แล้วเก็บเฉพาะตัวอย่างที่ค้างบนตะแกรง # 60 meshไว้

3.4.2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการผลิตเยื่อและวัดขนาดเส้นใย

นำเปลือกปอสาที่ลอกส่วนเปลือกนอกออกแล้วไปตากแห้งที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการคัดเลือกแยกเปลือกปอสาส่วนที่สกปรกทิ้งไป แล้วนำเปลือกปอสาที่ผ่านการคัดเลือกแล้วมาชั่งให้มีปริมาณมากพอสำหรับการทดลองผลิตเยื่อและวัดขนาดเส้นใย

3.4.3 การเตรียมสารละลาย

3.4.3.1 สารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 5 (W/V)

3.4.3.2 สารละลายของโซเดียมซิลิเกต ความเข้มข้นร้อยละ 2 (W/V)

3.4.3.3 สารละลายของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 5 (W/V)

3.4.3.4 สารละลายของแมกนีเซียมซัลเฟต ความเข้มข้นร้อยละ 1 (W/V)

หมายเหตุ W/V คือ Weight/Volume เป็นความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยของน้ำหนักต่อปริมาตร

3.5 การดำเนินการทดลอง

3.5.1 การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา (Chemical composition analysis)

3.5.1.1 นำผงไม้ที่ผ่านตะแกรง # 40 mesh จากข้อ 3.4.1.3 มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

- ปริมาณเถ้า (Ash content) ตาม Tappi T 211
- การละลายในน้ำร้อน (Hot-water solubility) ตาม Tappi T 207
- การละลายในด่างร้อยละ 1 (1% NaOH solubility) ตาม Tappi T 212
- การละลายในอัลกอฮอล์-เบนซิน (Alcohol benzene solubility) ตาม Tappi T 204
- ปริมาณลิกนิน (Lignin content) ตาม Tappi T 222
- ปริมาณเพนโตแซน (Pentosans content) ตาม Tappi T 223

3.5.1.2 นำผงไม้ที่ค้างบนตะแกรง # 60 mesh จากข้อ 3.4.1.4 มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

- ปริมาณโฮโลเซลลูโลส (Holocellulose) ตาม Tappi section, January 10.1946
- ปริมาณอัลฟ่าเซลลูโลส (Alpha cellulose) ตาม Tappi T 203
- ปริมาณเบต้าเซลลูโลส (Beta cellulose) ตาม Tappi T 203
- ปริมาณแกมมาเซลลูโลส (Gamma cellulose) ตาม Tappi T 203

3.5.2 การวัดขนาดของเส้นใยของเปลือกปอสา (Fiber dimension measurement)

3.5.2.1 ชั่งเปลือกปอสาที่แห้งแล้ว 30 กรัมน้ำหนักอบแห้ง นำไปแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปใส่ในบีกเกอร์ แล้วต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยให้มีปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์คิดเป็นร้อยละ 12 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง ปริมาณน้ำที่ใช้คิดเป็นอัตราส่วนระหว่างไม้ต่อน้ำ (wood : ligour ratio) เท่ากับ 1 ต่อ 10 ต้มเดือดนานประมาณ 4 ชั่วโมง เปลือกปอสาจะเปื่อยยุ่ย นำเปลือกปอสาที่เปื่อยยุ่ยไปล้างน้ำด่างออกให้หมด

3.5.2.2 นำเยื่อปอสาที่เปื่อยยุ่ยไปกระจายในน้ำด้วยเครื่องกวนแบบแม่เหล็กเมื่อเส้นใยกระจายตัวแยกจากกันจนเป็นเส้นใยเดี่ยวแล้วจึงนำไปทำสไลด์ประมาณ 20 แผ่น แล้ววัดขนาดของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์

3.5.3 การผลิตเยื่อปอสาในเชิงหัตถกรรมไม่ใช้ความดันในการผลิต (Unpressurized pulping) และ และเชิงอุตสาหกรรมใช้ความดันในการผลิต (Pressurized pulping)

3.5.3.1 การผลิตเยื่อปอสาในเชิงหัตถกรรม

3.5.3.1.1 ชั่งเปลือกปอสา 200 กรัมน้ำหนักอบแห้ง แล้วนำไปแช่น้ำค้างคืนไว้ นำเปลือกปอสาที่แช่น้ำแล้วบรรจุลงในหม้อเหล็กไร้สนิมขนาดความจุ 5 ลิตรแล้วเทส่วนผสมของน้ำยาต้มเยื่อตามสภาวะการทดลองที่กำหนด ดังนี้

สภาวะการผลิตเยื่อ	
เปลือกปอสา, กรัมน้ำหนักอบแห้ง	200
ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH), ร้อยละของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง	4, 6, 8, 10
เวลาที่ใช้ในการปรับอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส , นาที	60
เวลาที่ใช้ในการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส , ชั่วโมง	3
อัตราส่วนระหว่างเปลือกปอสาต่อน้ำ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	1 : 10

3.5.3.1.2 เมื่อครบกำหนดเวลาแล้ว เทน้ำดำออกจากหม้อต้ม เก็บน้ำดำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป

3.5.3.1.3 นำเยื่อปอสาที่ได้ไปล้างให้สะอาดด้วยน้ำประปาแล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติของเยื่อปอสา ดังนี้

- ผลผลิตเยื่อ (Pulp yield)
- Kappa number ตาม Tappi T 236 cm-85
- ความขาวสว่าง (Brightness) ตาม Scan C 11-75 และ ISO 2470
- สมบัติทางกายภาพของเยื่อ (Physical properties) ประกอบด้วย
  1. ทำแผ่นทดสอบมาตรฐาน ตาม Tappi T 205 om-88 (กระจายเยื่อที่ 10,000 รอบ)
  2. น้ำหนักมาตรฐาน (Basis weight) ตาม Tappi T 410 om-89
  3. ความหนา (Thickness) ตาม Tappi T 411 om-93
  4. ความต้านแรงดึงขาด (Tensile strength) ตาม Tappi T 404 om-92
  5. ความต้านแรงฉีกขาด (Tear strength) ตาม Tappi T 414 om-82
  6. ความต้านแรงดันทะลุ (Burst strength) ตาม Tappi T 403 om-85

โดยเก็บแผ่นทดสอบมาตรฐานไว้ในห้องควบคุมสภาวะการทดสอบเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบที่สภาวะการทดสอบ : อุณหภูมิ,องศาเซลเซียส 27 ± 1
ความชื้นสัมพัทธ์, ร้อยละ 65 ± 2

3.5.3.2 การผลิตเยื่อปอสาในเชิงอุตสาหกรรม

3.5.3.2.1 ชั่งเปลือกปอสา 200 กรัมน้ำหนักอบแห้ง แล้วนำไปแช่น้ำค้างคืนไว้ นำเปลือกปอสาที่แช่น้ำแล้วบรรจุลงในหม้อต้มทรงกระบอก (autoclave) แล้วเทส่วนผสมของน้ำยาต้มเยื่อลงไป ตามสภาวะการทดลองที่กำหนดดังนี้

สภาวะการผลิตเยื่อ	
เปลือกปอสา, กรัมน้ำหนักอบแห้ง	200
ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH), ร้อยละของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง	4, 6, 8, 10
เวลาที่ใช้ในการปรับอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส , นาที	60
เวลาที่ใช้ในการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส , ชั่วโมง	3
อัตราส่วนระหว่างเปลือกปอสาต่อน้ำ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	1 : 10

ปิดฝาหม้อต้มทรงกระบอกแล้วอัดอากาศ (pressure impregnation) ให้มีความดัน 3.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นปล่อยอากาศออกจากหม้อต้มทรงกระบอกแล้วนำหม้อต้มทรงกระบอกใส่ลงในเครื่องให้ความร้อนด้วยโพลีเอทธิลีนไกลคอล (polyethylene glycol) โดยที่หม้อต้มทรงกระบอกติดตั้งอยู่บนเพลาซึ่งหมุนตลอดเวลา โดยควบคุมอุณหภูมิและเวลาตามสภาวะการทดลองที่กำหนดในการต้มเยื่อโซดา

3.5.3.2.2 เมื่อต้มเยื่อจนครบกำหนดเวลาแล้ว นำหม้อต้มลงแช่ในน้ำเย็นประมาณ 3 นาที แล้วเทน้ำดำออก เก็บน้ำดำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป ล้างเยื่อที่ได้ให้สะอาดด้วยน้ำประปา นำเยื่อที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติของเยื่อปอสา ตามข้อ 3.5.3.1.3

หมายเหตุ ในการศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อปอสาในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรมนี้มีความแตกต่างกันที่

- เชิงหัตถกรรม เป็นการต้มเยื่อในระบบเปิด ไม่ใช้ความดันในการผลิต ต้มในหม้อเหล็กไร้สนิม
- เชิงอุตสาหกรรม เป็นการต้มเยื่อในระบบปิด ใช้ความดันในการผลิต ซึ่งต้องอุปกรณ์พิเศษ คือ หม้อต้มความดัน

3.5.4 การศึกษาเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อระหว่างเปลือกปอสาที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำทั้งในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม

การต้มเยื่อปอสา โดยดำเนินการศึกษาทั้งในเชิงหัตถกรรม (วิธีการทดลองตามข้อ 3.5.3.1.1 ถึง 3.5.3.1.3) และเชิงอุตสาหกรรม (วิธีการทดลองตามข้อ 3.5.3.2.1 ถึง 3.5.3.2.2) ที่ระดับการใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 8 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง โดยใช้เปลือกปอสาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำ โดยผลจากการศึกษาวิจัยพบว่าทั้งในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม ตามวิธีการทดลองข้อ 3.5.3.1 และข้อ 3.5.3.2 เยื่อปอสาที่ได้มีค่า kappa number ผลผลิตเยื่อ และค่าความขาวสว่าง อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสามารถเปรียบเทียบการผลิตเยื่อระหว่างเปลือกปอสาที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำได้ชัดเจนจึงกำหนดปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง เป็นเกณฑ์

3.5.5 การศึกษาเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อในเชิงหัตถกรรมระหว่างเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำและผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ทำการต้มเยื่อปอสาในเชิงหัตถกรรม (วิธีการทดลองตามข้อ 3.5.3.1.1 ถึง 3.5.3.1.3) โดยใช้เปลือกปอสาที่ผ่านการแช่ในน้ำและผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อยละ 1 และ 2 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง เป็นเวลา 24 ช.ม.

3.5.6 การฟอกเยื่อปอสา (Bleaching)

เนื่องจากเยื่อปอสาที่ได้มีสีคล้ำ จึงต้องนำไปทำการฟอกเพื่อให้ได้เยื่อที่มีสีขาวสะอาดตา ซึ่งในการทดลองนี้จะเป็นการฟอกแบบขั้นตอนเดียวและใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารฟอก

วัตถุดิบที่ใช้เป็นเยื่อปอสาที่ ผลิตในเชิงหัตถกรรมที่ระดับการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

A = เปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำ ที่ระยะเวลาการแช่ 24 ชั่วโมง

B = เปลือกปอสาที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 1 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง ที่ระยะเวลาการแช่ 24 ชั่วโมง

C = เปลือกปอสาที่ผ่านการแ ช่ด้วยสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 2 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง ที่ระยะเวลาการแช่ 24 ชั่วโมง

โดยในการศึกษาทดลองได้กำหนดการใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 3 ระดับ คือ ที่ร้อยละ 2, 3 และ 4 ของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง และที่ความข้นของน้ำเยื่อ 2 ระดับ คือ ที่ระดับร้อย ละ 10 และ 16 โดยมีระยะเวลาการฟอก 4 ชั่วโมง รวมทั้งหมดเท่ากับ 18 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการ ทดลองมีวิธีดำเนินการดังนี้

3.5.6.1 ชั่งเยื่อปอสา 30 กรัมน้ำหนักอบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง แล้วนำไปบรรจุในถุงพลาสติกทนความร้อนแล้วเติมสารละลายของน้ำยาฟอกลงไปผสมกับเยื่อในแต่ละชุดการทดลองโดยมีปริมาณสารที่ใช้เป็นไปตามสภาวะการฟอกที่กำหนดดังนี้

สภาวะการฟอกเยื่อ	
ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2), ร้อยละของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง	2, 3, 4
ปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$), ร้อยละของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง	0.05
ปริมาณโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3), ร้อยละของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง	2.0
อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส	95
เวลาที่ใช้ในการฟอก, ชั่วโมง	4
ความเข้มข้นของน้ำเยื่อ, ร้อยละ	10, 16
ความเป็นกรด-ด่าง	10.5-11.0

3.5.6.2 หลังจากเติมสารละลายของน้ำยาฟอกเยื่อลงไปแล้วปรับความข้นของน้ำเยื่อให้ได้ร้อยละ 10 คลุกเคล้าน้ำเยื่อให้สม่ำเสมอ ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในช่วง 10.5 -11.0 ด้วยสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.5.6.3 หลังปรับความเป็นกรด-ด่างให้ได้ตามสภาวะที่กำหนดแล้วคลุกเคล้าน้ำเยื่อให้สม่ำเสมออีกครั้งปิดปากถุงพลาสติกให้แน่นแล้วนำถุงพลาสติกไปใส่ลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง ขณะทำการฟอกให้หมั่นคลุกเคล้าน้ำเยื่อในถุงพลาสติกให้เข้ากันด้วย

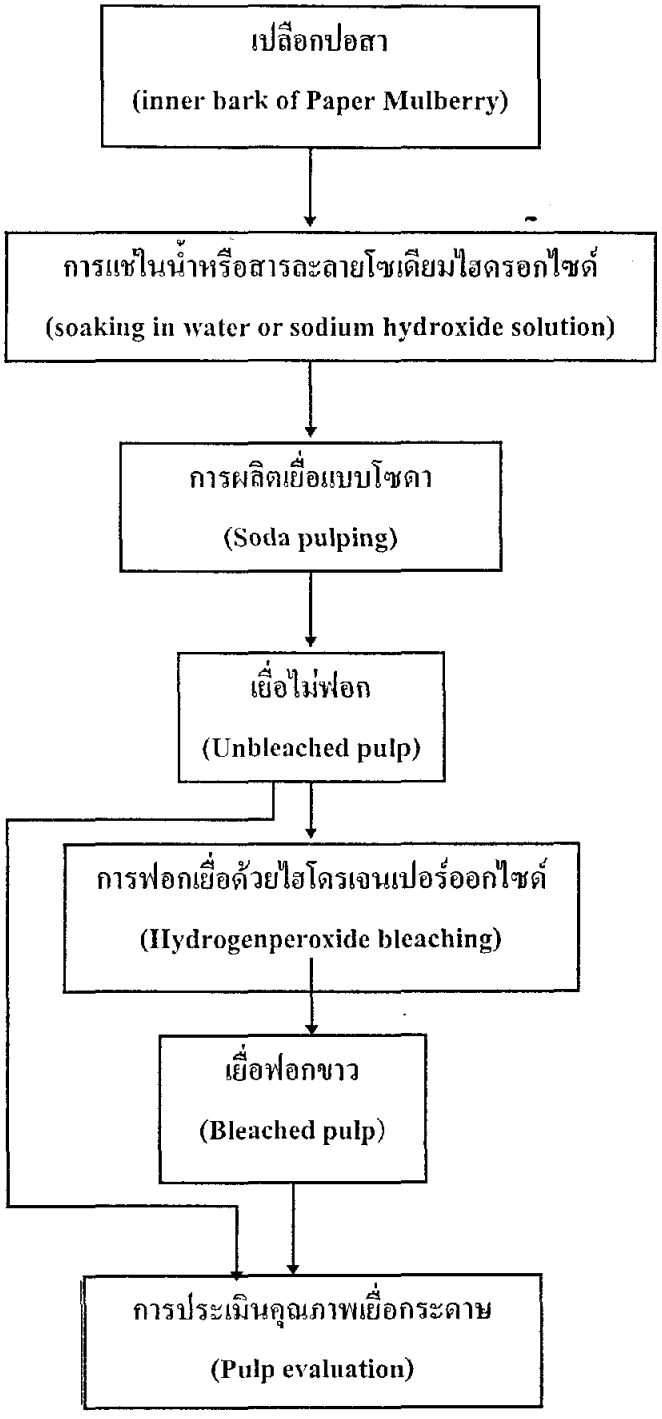
3.5.6.4 เมื่อครบกำหนดเวลาในการฟอกเปิดปากถุงเทน้ำเยื่อออก กรองน้ำเยื่อ(ในแต่ละชุดการทดลอง)ด้วยกรวยกรองแบบแก้วเพื่อแยกส่วนที่เป็นน้ำและเยื่อออกจากกัน

3.5.6.5 ส่วนที่เป็นน้ำนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือเพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ถูกใช้ไปในการฟอกเยื่อ

3.5.6.6 นำส่วนที่เป็นเยื่อซึ่งค้างอยู่บนกรวยกรองไปล้างด้วยน้ำให้สะอาด แล้วนำเยื่อฟอกขาวที่ได้ ไปวิเคราะห์ทดสอบสมบัติต่าง ๆ ตามข้อ 3.5.3.1.3

3.5.6.7 ดำเนินการเหมือนข้อ 3.5.6.1 -3.5.6.6 โดยเปลี่ยนตัวแปรทั้ง 3 คือ ชนิดของวัตถุดิบ, ปริมาณไฮโดรเจนออกไซด์ และความข้นของน้ำเยื่อ ตามสภาวะการฟอกเยื่อที่กำหนด

แผนผังแสดงการผลิตเยื่อปอสาฟอกขาว



บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา

(Chemical compositions of Paper Mulberry)

รายการวิเคราะห์	ร้อยละ ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง
ปริมาณเถ้า (Ash content)	5.8
การละลายในน้ำร้อน (Hot - water solubility)	16.7
การละลายในด่างร้อยละ 1 (1% NaOH solubility)	43.9
การละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน (Alc-benzene solubility)	8.0
ปริมาณลิกนิน (Lignin content)	4.9
ปริมาณเพนโตซาน (Pentosans)	12.9
โฮโลเซลลูโลส (Holocellulose)	73.0
อัลฟา - เซลลูโลส (alpha cellulose)	60.9
เบต้า - เซลลูโลส (beta cellulose)	3.3
แกมม่า - เซลลูโลส (gamma cellulose)	8.8

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าเปลือกปอสามีปริมาณอัลฟา-เซลลูโลสสูงถึงร้อยละ 60.9 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง และมีปริมาณลิกนินค่อนข้างต่ำเพียง ร้อยละ 4.9 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง

4.2 การวัดขนาดของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์

ผลการวัดขนาดของเส้นใยเปลือกปอสา แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการวัดขนาดของเส้นใย (Dimension of fiber)

ขนาดของเส้นใย	
ความยาว,มิลลิเมตร	8.2
ความกว้าง,ไมโครเมตร	20.3
ความหนาของผนังเส้นใย,ไมโครเมตร	5.4
อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง	409

เส้นใยของเปลือกปอสาที่พบจะมีลักษณะค่อนข้างเรียวยาว มีความยาวเฉลี่ยที่วัดได้เท่ากับ 8.2 มิลลิเมตร ผนังเส้นใยค่อนข้างบาง โดยมีความหนาของผนังเส้นใยเท่ากับ 5.4 ไมโครเมตร พบ vessel element และ parenchyma cell ปะปนอยู่บ้างในจำนวนน้อย แต่จะพบ epidermis cell ในจำนวนที่สูงมาก

4.3 การผลิตเยื่อปอสาในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม

4.3.1 การผลิตเยื่อปอสาในเชิงหัตถกรรม

ผลการผลิตเยื่อและสมบัติทางกายภาพของเยื่อแสดงดังตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 แสดงผลการผลิตเยื่อปอสาและความสิ้นเปลืองของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (เชิงหัตถหกรรม)

สมบัติของเยื่อปอสา	ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต้มเยื่อ, ร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง			
	4	6	8	10
ผลผลิตเยื่อ,ร้อยละของน้ำหนักเปลือกสาอบแห้ง	68.3	66.1	60.8	56.9
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, ร้อยละของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติม	98.0	93.1	87.6	83.7
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, กิโลกรัม/ตันเปลือกปอสาอบแห้ง	39.2	55.9	70.0	83.7
ความขาวสว่าง,ร้อยละ	25.6	37.6	46.4	47.1
Kappa number, หน่วย	24.3	22.9	19.9	16.1

1.ในการทดลองต้มเยื่อในเชิงหัตถกรรมผลจากการทดลองพบว่าเมื่อใช้ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการต้มเยื่อร้อยละ 4, 6, 8, 10 ของน้ำหนักเปลือกสาอบแห้ง โดยเปลือกปอสาที่ใช้มีการแช่น้ำอย่างน้อย 12 ชั่วโมง จะทำให้สิ้นเปลืองปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 39.2, 55.9, 70.0, และ 83.7 กิโลกรัมต่อตันเปลือกปอสาอบแห้ง ตามลำดับ และความสิ้นเปลืองจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการใช้ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมในการต้มเยื่อมากขึ้น

2. ที่ระดับการต้มโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4, 6, 8, และ 10 ของน้ำหนักเปลือกสาอบแห้ง จะพบว่า

2.1 ผลผลิตเยื่อปอสาที่ได้เท่ากับร้อยละ 68.3, 66.1, 60.8 และ 56.9ของน้ำหนักเปลือกสาอบแห้ง และค่า kappa number ของเยื่อที่ได้ เท่ากับ 24.3, 22.9, 19.9, 16.1 หน่วย ตามลำดับ ซึ่งทั้งผลผลิตเยื่อ และค่า kappa number จะลดลงเมื่อมีการใช้ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการต้มเยื่อมากขึ้น

2.2 เยื่อที่ได้มีความขาวสว่างร้อยละ 25.6, 37.6, 46.4, 47.1 ตามลำดับ ความขาวสว่างของเยื่อจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการต้มเยื่อมากขึ้น

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ตารางที่ 4 แสดงสมบัติทางกายภาพของเยื่อปอสาในเชิงหัตถกรรม

สมบัติของเยื่อปอสา	ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต้มเยื่อ, ร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง			
	4	6	8	10
ฟรีเนส, มิลลิลิตร (ml.CSF)	380	350	330	210
ดัชนีความต้านแรงดึง, กิโลนิวตัน.เมตร/กิโลกรัม	58.5	63.3	64.3	69.5
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด, นิวตัน.ตารางเมตร/กิโลกรัม	65.3	66.6	68.2	78.2
ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ, กิโลปาสกาล.ตารางเมตร/กรัม	5.5	7.0	7.1	8.2

ผลจากการทดลองพบว่าเยื่อปอสาที่ระดับการต้มโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4, 6, 8, และ 10 ของน้ำหนักเปลือกสาอบแห้ง

1. ค่าฟรีเนสของเยื่อปอสาที่ได้ เท่ากับ 380, 350, 330 และ 210 มิลลิลิตร (ml.CSF) ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าลดลงตามปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการต้มเยื่อมากขึ้น และค่าฟรีเนสมีค่าค่อนข้างต่ำมากเมื่อเทียบกับเยื่อใยยาวทั่วไปซึ่งจะมีค่าฟรีเนสประมาณ 650 มิลลิลิตร (ml.CSF) แสดงว่าเยื่อปอสามีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงกว่าเยื่อใยยาว

2. เยื่อที่ได้มีค่าดัชนีความต้านแรงดึงเท่ากับ 58.5, 63.3, 64.3 และ 69.5 กิโลนิวตัน.เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดเท่ากับ 65.3, 66.6, 68.2 และ 78.2 นิวตัน.ตารางเมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุเท่ากับ 5.5, 7.0, 7.1, และ 8.2 กิโลปาสกาล.ตารางเมตรต่อกรัม ตามลำดับ

4.3.2 การผลิตเยื่อปอสาในเชิงอุตสาหกรรม

ผลการผลิตเยื่อและสมบัติทางกายภาพของเยื่อแสดงดังตารางที่ 5 และ ตารางที่ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 แสดงผลการผลิตเยื่อปอสาและความสิ้นเปลืองของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (เชิงอุตสาหกรรม)

สมบัติของเยื่อปอสา	ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต้มเยื่อ, ร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง			
	4	6	8	10
ผลผลิตเยื่อ,ร้อยละของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง	67.9	65.9	60.2	59.9
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, ร้อยละของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติม	96.0	93.6	90.1	79.7
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, กิโลกรัม/ตันเปลือกปอสาอบแห้ง	38.4	56.2	72.0	79.7
ความขาวสว่าง,ร้อยละ	26.9	40.9	43.7	46.1
Kappa number, หน่วย	19.9	18.8	17.2	16.5

1.ในการทดลองต้มเยื่อในเชิงอุตสาหกรรมในเชิงหัตถกรรมไปในแนวเดียวกัน ผลจากการทดลองพบว่าเมื่อใช้ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการต้มเยื่อร้อยละ 4, 6, 8, 10 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง โดยเปลือกสาที่ใช้มีการแช่น้ำอย่างน้อย 12 ชั่วโมง จะทำให้สิ้นเปลืองปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 38.4, 56.2, 72.0 และ 79.7 กิโลกรัมต่อตันเปลือกปอสาอบแห้ง ตามลำดับ และความสิ้นเปลืองจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการใช้ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมในการต้มเยื่อมากขึ้น

2.ที่ระดับการต้มโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4, 6, 8, และ 10 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้งจะพบว่า

2.1 ผลผลิตเยื่อปอสาที่ได้เท่ากับร้อยละ 67.9, 65.9, 60.2 และ 59.9 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง และค่า kappa number ของเยื่อที่ได้ เท่ากับ 19.9, 18.8, 17.2, 16.5 หน่วย ตามลำดับ ซึ่งทั้งผลผลิตเยื่อและค่า kappa number จะลดลงเมื่อมีการใช้ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการต้มเยื่อมากขึ้น

2.2 เยื่อที่ได้มีความขาวสว่างร้อยละ 26.9, 40.9, 43.7, 46.1 ตามลำดับ ความขาวสว่างของเยื่อจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการต้มเยื่อมากขึ้น

3. ผลผลิตเยื่อที่ได้จากการต้มในเชิงอุตสาหกรรมมีแนวโน้มต่ำกว่าการต้มเยื่อในเชิงหัตถกรรม แต่ไม่มากนัก ที่ทุกระดับของการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการต้มเยื่อ

4. ค่า kappa number ของเยื่อในเชิงอุตสาหกรรมจะมีแนวโน้มต่ำกว่าเชิงหัตถกรรม เนื่องจากสิ้นเปลืองปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์มากกว่า

ตารางที่ 6 แสดงสมบัติทางกายภาพของเยื่อปอสาในเชิงอุตสาหกรรม

สมบัติของเยื่อปอสา	ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต้มเยื่อ, ร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง			
	4	6	8	10
ฟรีเนส, มิลลิลิตร (ml.CSF)	370	350	320	280
ดัชนีความต้านแรงดึง, กิโลนิวตัน.เมตร/กิโลกรัม	63.1	66.8	67.7	70.5
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด, นิวตัน.ตารางเมตร/กิโลกรัม	78.5	81.9	93.6	99.9
ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ, กิโลปาสกาล.ตารางเมตร/กรัม	5.7	5.8	6.8	8.1

ผลจากการทดลองพบว่าเยื่อปอสาที่ระดับการต้มโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4, 6, 8, และ 10 ของน้ำหนักเปลือกสาอบแห้ง

1. ค่าฟรีเนสของเยื่อปอสาที่ได้ เท่ากับ 370, 350, 320,และ 280 มิลลิลิตร (ml.CSF) ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าลดลงตามปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการต้มเยื่อมากขึ้น และค่าฟรีเนสมีค่าค่อนข้างต่ำมากเมื่อเทียบกับเยื่อใยยาวทั่วไปซึ่งจะมีค่าฟรีเนสประมาณ 650 มิลลิลิตร (ml.CSF) แสดงว่าเยื่อปอสามีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงกว่าเยื่อใยยาว

2. เยื่อที่ได้มีค่าดัชนีความต้านแรงดึงเท่ากับ 63.1, 66.8, 67.7 และ 70.5 กิโลนิวตัน.เมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดเท่ากับ 78.5, 81.9, 93.6 และ 99.9 นิวตัน.ตารางเมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุเท่ากับ 5.7, 5.8, 6.8 และ 8.1 กิโลปาสกาล.ตารางเมตรต่อกรัม ตามลำดับ

4.3.3 การศึกษาเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อระหว่างเปลือกปอสาที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำทั้งในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม

ผลการผลิตเยื่อและสมบัติทางกายภาพของเยื่อแสดงดังตารางที่ 7 และตารางที่ 8 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 แสดงผลการผลิตเยื่อและความสิ้นเปลืองของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (เชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม)

สมบัติของเยื่อปอสา	ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต้มเยื่อ, ร้อยละ 8 ของน้ำหนักอบแห้ง (เชิงหัตถกรรม)		ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต้มเยื่อ, ร้อยละ 8 ของน้ำหนักอบแห้ง (เชิงอุตสาหกรรม)	
	ผ่านการแช่น้ำ	ไม่ผ่านการแช่น้ำ	ผ่านการแช่น้ำ	ไม่ผ่านการแช่น้ำ
ผลผลิตเยื่อ,ร้อยละของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง	60.8	59.7	60.2	60.6
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, ร้อยละของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติม	87.6	97.0	90.1	97.5
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, กิโลกรัม/ตันเปลือกปอสาอบแห้ง	70.0	77.6	72.0	78.0
ความขาวสว่าง,ร้อยละ	46.4	29.1	43.7	39.9
Kappa number, หน่วย	19.9	23.3	17.2	18.9

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองของการผลิตเยื่อจากเปลือกปอสาที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำ ที่ระดับการต้มโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเปลือกสาอบแห้ง พบว่า

1. ในเชิงหัตถกรรม การสิ้นเปลืองปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการต้มเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำจะสิ้นเปลืองปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์น้อยกว่าเปลือกปอสาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำ โดยจะสิ้นเปลืองน้อยกว่าเปลือกปอสาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำถึง 7.6 กิโลกรัมต่อตันเปลือกปอสาอบแห้ง (จาก 70.0 เป็น 77.6) และในเชิงอุตสาหกรรมการสิ้นเปลืองปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการต้มเปลือกสาที่ผ่านการแช่น้ำจะสิ้นเปลืองปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์น้อยกว่าเปลือกปอสาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำ เช่นเดียวกัน โดยจะสิ้นเปลืองน้อยกว่าเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำถึง 6.0 กิโลกรัมต่อตันเปลือกปอสาอบแห้ง (จาก 72.0 เป็น 78.0) ดังนั้นจึงควรแช่เปลือกปอสาก่อนการต้มเยื่อเพราะทำให้น้ำด่างที่ใช้ในการต้มเยื่อซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้เร็วกว่า

2. ผลผลิตเยื่อถือว่าไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อต้มเปลือกปอสาที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำ ทั้งในเชิงหัตถกรรมและอุตสาหกรรม

3. ในเชิงหัตถกรรม เมื่อใช้เปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำจะให้ค่าความขาวสว่างสูงกว่าที่ใช้เปลือกปอสาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำถึงร้อยละ 17.3 (46.4-29.1) และในเชิงอุตสาหกรรมจะให้ค่าความขาวสว่างสูงกว่าที่ใช้เปลือกปอสาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำเพียงร้อยละ 3.8 (43.7 - 39.9)

4. ในเชิงหัตถกรรม เมื่อใช้เปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำค่า kappa number ของเยื่อต่ำกว่าที่ใช้เปลือกปอสาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำถึง 3.4 หน่วย (19.9-23.3) และในเชิงอุตสาหกรรมจะให้ค่า kappa number ของเยื่อต่ำกว่าที่ใช้เปลือกปอสาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำเพียง 1.7 หน่วย (17.2 -18.9) และค่า kappa number ของเยื่อในเชิงอุตสาหกรรมจะมีแนวโน้มน้อยกว่าเชิงหัตถกรรมเนื่องจากการสิ้นเปลืองปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์มากกว่า

ตารางที่ 8 แสดงสมบัติทางกายภาพของเยื่อปอสา (เชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม)

สมบัติของเยื่อปอสา	ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต้มเยื่อ, ร้อยละ 8 ของน้ำหนักอบแห้ง (เชิงหัตถกรรม)		ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต้มเยื่อ, ร้อยละ 8 ของน้ำหนักอบแห้ง (เชิงอุตสาหกรรม)	
	ผ่านการแช่น้ำ	ไม่ผ่านการแช่น้ำ	ผ่านการแช่น้ำ	ไม่ผ่านการแช่น้ำ
ฟรีเนส, มิลลิลิตร (ml.CSF)	330	350	320	340
ดัชนีความต้านแรงดึง, กิโลนิวตัน.เมตร/กิโลกรัม	64.3	64.0	67.7	67.9
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด, นิวตัน.ตารางเมตร/กิโลกรัม	68.2	62.5	93.6	83.4
ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ, กิโลปาสกาล.ตารางเมตร/กรัม	7.1	6.3	6.8	6.9

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองของการผลิตเยื่อจากเปลือกปอสาที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำ ที่ระดับการต้มโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง พบว่า

1. ทั้งในเชิงหัตถกรรมและอุตสาหกรรม ค่าฟรีเนสของเยื่อปอสาที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก

2. ในเชิงหัตถกรรม เปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำเยื่อที่ได้มีค่าดัชนีความต้านแรงดึงเท่ากับ 64.3 กิโลนิวตัน.เมตรต่อกิโลกรัม มีค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดเท่ากับ 68.2 นิวตัน.ตารางเมตรต่อกิโลกรัม และมีค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุเท่ากับ 7.1 กิโลปาสกาล.ตารางเมตรต่อกรัม ซึ่งความแข็งแรงของเยื่อที่ได้มากกว่าเยื่อที่ได้จากเปลือกสาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำ โดยค่าดัชนีความต้านแรงดึงมากกว่า 0.3 (64.3-64.0) กิโลนิวตัน.เมตรต่อกิโลกรัม ค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดมากกว่า 5.7 (68.2-62.5) นิวตัน.ตารางเมตรต่อกิโลกรัม และค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุมากกว่า 0.8 (7.1-6.3) กิโลปาสกาล.ตารางเมตรต่อกรัม ในขณะที่ในเชิงอุตสาหกรรม เปลือกปอสาที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำเยื่อที่ได้ มีค่าดัชนีความต้านแรงดึงและค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุไม่แตกต่างกัน แต่ค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดของเยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำมีค่ามากกว่าเยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ไม่ ผ่านการแช่น้ำถึง 10.2 (83.4-93.6) นิวตัน.ตารางเมตรต่อกิโลกรัม ดังนั้นในการต้มเยื่อปอสาควรจะนำเปลือกปอสาแช่น้ำไว้ก่อนทำการต้มเยื่อ และเยื่อที่ได้จากการต้มในเชิงหัตถกรรมจะมีความแข็งแรงของเส้นใยต่ำกว่าเยื่อที่ได้จากการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม (แสดงในรูปของความต้านแรงฉีกขาด) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการต้มในเชิงอุตสาหกรรมเวลาที่ใช้ในการต้มสามารถทำให้น้ำด่างซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้อย่างสม่ำเสมอเท่าๆ กัน

4.3.4 การศึกษาเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อในเชิงหัตถกรรมระหว่างเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำและผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ศึกษาเปรียบเทียบผลของการผลิตเยื่อระหว่างเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำและการแช่ด้วยสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 1 และ 2 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง ที่ระยะเวลาการแช่เท่ากับ 24 ชั่วโมงและมีอัตราส่วนระหว่างไม้ต่อน้ำเท่ากับ 1:10 โดยจะเลือกทำการศึกษาที่การผลิตเยื่อในเชิงหัตถกรรมที่ระดับเดียว คือ ที่ระดับการใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 8 เท่านั้น

ผลการผลิตเยื่อและสมบัติทางกายภาพของเยื่อแสดงดังตารางที่ 9 และตารางที่ 10 ตามลำดับ

ตารางที่ 9แสดงผลการผลิตเยื่อและความสิ้นเปลืองของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (เชิงหัตถกรรม)

สมบัติของเยื่อปอสา	ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต้มเยื่อ, ร้อยละ 8 ของน้ำหนักอบแห้ง(เชิงหัตถกรรม)		
	A	B	C
ผลผลิตเยื่อ,ร้อยละของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้งเริ่มต้น (wood before soaking)	51.6	51.1	47.1
ร้อยละของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง (wood after soaking)	68.8	69.9	65..2
น้ำหนักที่หายไปหลังผ่านการแช่ (% Loss due to an effect of soaking)	25.0	26.9	27.8
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, ร้อยละของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติม	87.1	81.8	88.1
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, กิโลกรัม/ตันเปลือกปอสาอบแห้งเริ่มต้น (wood before soaking)	52.3	47.8	50.8
กิโลกรัม/ตันเปลือกปอสาอบแห้ง (wood after soaking)	69.7	65.4	70.4
ความขาวสว่าง,ร้อยละ	48.2	47.2	48.7
Kappa number, หน่วย	22.0	18.0	14.9

หมายเหตุ A = เยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาผ่านการแช่น้ำ

B = เยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาผ่านแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1

C = เยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาผ่านแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2

เปรียบเทียบเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำและการแช่ด้วยสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 1 และ 2 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง ผลจากการทดลองพบว่า

1.การแช่เปลือกปอสาในสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อยละ 1 และ 2 ของเปลือกปอสาอบแห้งก่อนนำไปต้มเยื่อ จะช่วยลดค่า kappa number ของเยื่อลงจาก 18.0 เป็น 14.9 ตามลำดับ (เปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำมีค่า kappa number เท่ากับ 22.0) โดยจะลดลงตามปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการแช่

2. ผลผลิตเยื่อและความขาวสว่างของเยื่อที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 10 แสดงสมบัติทางกายภาพของเยื่อปอสาในเชิงหัตถกรรม

สมบัติของเยื่อปอสา	ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต้มเยื่อ, ร้อยละ 8 ของน้ำหนักอบแห้ง		
	A	B	C
ฟรีเนส, มิลลิลิตร (ml.CSF)	350	400	420
ดัชนีความต้านแรงดึง, กิโลนิวตัน.เมตร/กิโลกรัม	64.3	66.6	63.4
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด, นิวตัน.ตารางเมตร/กิโลกรัม	64.5	63.7	66.2
ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ, กิโลปาสกาล.ตารางเมตร/กรัม	7.6	7.8	7.9

เปรียบเทียบเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำและการแช่ด้วยสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 1 และ 2 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง ผลจากการทดลองพบว่าสมบัติทางกายภาพของเยื่อที่ได้ถือว่าไม่แตกต่างกันมากนัก

4.4 ผลการฟอกเยื่อปอสาที่ได้จากการต้มเชิงหัตถกรรม

เยื่อปอสาที่นำมาฟอกเป็นเยื่อปอสาที่ผ่านการต้มเยื่อในเชิงหัตถกรรมที่ระดับการใช้ปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเปลือกสาอบแห้ง โดยใช้เยื่อที่ได้จากการต้มเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำและการแช่ด้วยสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 1 และ 2 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง ที่ระยะเวลาการแช่เท่ากับ 24 ชั่วโมง และทำการฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ดังนี้

4.4.1 ที่ความข้นของน้ำเยื่อเท่ากับร้อยละ 10

ผลการฟอกเยื่อและสมบัติทางกายภาพของเยื่อแสดงดังตารางที่ 11 และ ตารางที่ 12 ตามลำดับ

ตารางที่ 11 แสดงผลการฟอกเยื่อปอสาและความสิ้นเปลืองของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ที่ความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 10

สมบัติของเยื่อฟอก	ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต้มเยื่อ, ร้อยละ 8 น้ำหนักอบแห้ง								
	BA			BB			BC		
ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ฟอกเยื่อ, ร้อยละของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง	2	3	4	2	3	4	2	3	4
ผลผลิตเยื่อ,ร้อยละของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง	98.4	98.0	97.8	97.7	96.5	95.4	97.4	96.6	94.1
ความขาวสว่าง,ร้อยละ	73.9	74.3	76.4	77.9	80.7	81.3	78.3	81.0	82.0
ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ถูกใช้ไป, ร้อยละของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติม	62.9	57.7	49.1	83.2	72.9	73.1	83.2	72.1	77.8
ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ถูกใช้ไป, กิโลกรัมต่อตันเยื่อปอสาอบแห้ง	12.6	17.3	19.6	16.6	21.9	29.2	16.6	21.6	31.1

หมายเหตุ BA = เยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาผ่านการแช่น้ำ

BB = เยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาผ่านแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1

BC = เยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาผ่านแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2

ผลการฟอกเยื่อปอสาที่ระดับความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 10 ผลจากการทดลองพบว่า

1. ที่ระดับการฟอกโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ร้อยละ 2, 3 และ 4 ของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง เยื่อฟอกขาวที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำ จะสิ้นเปลืองปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 12.6, 17.3 และ 19.6 กิโลกรัมต่อตันเยื่อปอสาอบแห้ง และเยื่อปอสาฟอกขาวที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 และ 2 จะสิ้นเปลืองปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 16.6, 21.9, 29.2 และ 16.6, 21.6, 31.1 กิโลกรัมต่อตันเยื่อปอสาอบแห้ง ตามลำดับ จะเห็นว่าความสิ้นเปลืองปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอกเพิ่มขึ้น และความสิ้นเปลืองปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของเยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะมากกว่าเยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำ

2. การเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการฟอกเยื่อไม่มีผลต่อเปลี่ยนแปลงผลผลิตเยื่อ

3. ความขาวสว่างของเยื่อฟอกที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อมีการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการฟอกมากขึ้น และเยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะมีความขาวสว่างมากกว่าเยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกสาที่ผ่านการแช่น้ำ

ตารางที่ 12 แสดงสมบัติทางกายภาพของเยื่อฟอก ที่ความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 10

สมบัติของเยื่อฟอก	ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต้มเยื่อ, ร้อยละ 8 น้ำหนักอบแห้ง								
	BA			BB			BC		
ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ฟอกเยื่อ, ร้อยละของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง	2	3	4	2	3	4	2	3	4
ฟรีเนส, มิลลิลิตร (ml.CSF)	390	400	380	410	415	410	400	390	400
ดัชนีความต้านแรงดึง, กิโลนิวตัน.เมตร/กิโลกรัม	60.4	59.0	58.9	63.1	60.5	59.7	62.0	61.6	61.8
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด, นิวตัน.ตารางเมตร/กิโลกรัม	62.4	61.2	60.8	63.4	64.2	65.0	65.9	65.7	65.7
ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ, กิโลปาสกาล.ตารางเมตร/กรัม	7.3	7.2	7.0	7.7	7.5	7.4	7.8	7.7	7.8

ผลการฟอกเยื่อปอสาที่ระดับความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 10 เยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำและการแช่ด้วยสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 1 และ 2 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง ที่ระดับการใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอกร้อยละ 2 , 3 และ 4 ของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง ผลจากการทดลองพบว่าสมบัติทางกายภาพของเยื่อฟอกที่ได้ถือว่าไม่แตกต่างกันมากนัก

4.4.2 ที่ความข้นของน้ำเยื่อเท่ากับร้อยละ 16

ผลการฟอกเยื่อและสมบัติทางกายภาพของเยื่อแสดงดังตารางที่ 13 และ ตารางที่ 14 ตามลำดับ

ตารางที่ 13 แสดงผลการฟอกเยื่อปอสาและความสิ้นเปลืองของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ที่ความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 16

สมบัติของเยื่อฟอก	ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต้มเยื่อ, ร้อยละ 8 น้ำหนักอบแห้ง								
	BA			BB			BC		
ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ฟอกเยื่อ, ร้อยละของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง	2	3	4	2	3	4	2	3	4
ผลผลิตเยื่อ,ร้อยละของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง	98.2	98.1	97.5	97.9	96.3	95.1	97.8	96.3	93.8
ความขาวสว่าง,ร้อยละ	76.0	76.7	77.5	77.6	82.0	82.9	79.7	83.3	84.7
ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ถูกใช้ไป, ร้อยละของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติม	82.7	66.3	63.4	86.7	90.0	87.4	94.7	92.5	80.4
ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ถูกใช้ไป, กิโลกรัม/ตันเยื่อปอสาอบแห้ง	16.5	19.9	25.4	17.3	27.0	34.9	19.5	27.7	32.2

ผลการฟอกเยื่อปอสาที่ระดับความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 16 ผลจากการทดลองพบว่า

1. ที่ระดับการฟอกโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ร้อยละ 2, 3 และ 4 ของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง เยื่อฟอกขาวที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำ จะสิ้นเปลืองปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 16.5, 19.9 และ 25.4 กิโลกรัมต่อตันเยื่อปอสาอบแห้ง และเยื่อปอสาฟอกขาวที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 และ 2 จะสิ้นเปลืองปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 17.3, 27.0, 34.9 และ 19.5, 27.7, 32.2 กิโลกรัมต่อตันเยื่อปอสาอบแห้ง ตามลำดับ จะเห็นว่าความสิ้นเปลืองปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอกเพิ่มขึ้น และความสิ้นเปลืองปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของเยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะมากกว่าเยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำ

2. การเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการฟอกเยื่อไม่มีผลต่อเปลี่ยนแปลงผลผลิตเยื่อ

3. ความขาวสว่างของเยื่อฟอกที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อมีการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการฟอกมากขึ้น และเยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะมีความขาวสว่างมากกว่าเยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกสาที่ผ่านการแช่น้ำ

ตารางที่ 14 แสดงสมบัติทางกายภาพของเยื่อฟอก ที่ความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 16

สมบัติของเยื่อฟอก	ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ต้มเยื่อ, ร้อยละ 8 น้ำหนักอบแห้ง								
	BA			BB			BC		
ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ฟอกเยื่อ, ร้อยละของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง	2	3	4	2	3	4	2	3	4
ฟรีเนส, มิลลิลิตร (ml.CSF)	385	400	390	400	405	420	410	405	400
ดัชนีความต้านแรงดึง, กิโลนิวตัน.เมตร/กิโลกรัม	61.2	60.4	59.2	63.5	61.3	60.4	64.9	65.2	65.8
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด, นิวตัน.ตารางเมตร/กิโลกรัม	63.1	62.2	60.7	64.0	64.2	64.4	65.4	65.5	65.3
ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ, กิโลปาสกาล.ตารางเมตร/กรัม	7.4	7.4	7.3	7.5	7.4	7.2	7.6	7.7	7.6

ผลการฟอกเยื่อปอสาที่ระดับความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 16 เยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำและการแช่ด้วยสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 1 และ 2 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง ที่ระดับการใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอกร้อยละ 2 , 3 และ 4 ของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง ผลจากการทดลองพบว่าสมบัติทางกายภาพของเยื่อฟอกที่ได้ถือว่าไม่แตกต่างกันมากนัก

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

ผลจากการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสาตามตารางที่ 1 พบว่าเปลือกปอสามีปริมาณการละลายในน้ำร้อนและในด่าง (1 % NaOH) ค่อนข้างสูงมากโดยมีค่าของการละลายเท่ากับ ร้อยละ 16.7 และ 43.9 ตามลำดับ โดยเฉพาะค่าการละลายในด่างที่สูงมากจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าเปลือกปอสามีการเสื่อมสลายตัวอย่างรวดเร็วเมื่อทิ้งไว้ตามธรรมชาติ ซึ่งนับเป็นข้อด้อยอย่างมากของเปลือกปอสาในการนำมาใช้ทำเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นเยื่อกระดาษ เมื่อเทียบกับวัตถุดิบซึ่งเป็นไม้ชนิดอื่นดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของไม้ (Chemical compositions of wood)

องค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition)	ชนิดของไม้ (Type of wood)			
	เปลือกปอสา (Paper Mulberry)	ชานอ้อย (Bagasse)	ยูคาลิปตัส (Eucalyptus)	ไม้ไผ่ (Bamboo)
ปริมาณเถ้า (Ash content)	5.8	2.9	0.6	1.8
การละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน (alcohol-benzene solubility)	8.0	1.1	1.6	3.6
การละลายในน้ำร้อน (Hot - water solubility)	16.7	1.8	3.3	5.5
การละลายใน 1% ด่าง (1% NaOH solubility)	43.9	30.2	16.9	27.3
ปริมาณลิกนิน (Lignin content)	4.9	18.7	25.2	23.0
โฮโลเซลลูโลส (Holocellulose)	73.1	70.1	75.0	73.6
อัลฟา - เซลลูโลส (alpha cellulose)	60.9	37.7	45.0	50.2
เบต้า - เซลลูโลส (beta cellulose)	3.3	17.6	10.1	11.6
ปริมาณเพนโตแซน (Pentosans)	12.9	22.0	14.3	19.1

หมายเหตุ : ข้อมูลอ้างอิงของไม้ชานอ้อย, ไม้ยูคาลิปตัสและไม้ไผ่เป็นค่าเฉลี่ย

ดังนั้นในการเก็บรักษาเปลือกปอสาสำหรับการใช้งานในระยะยาว ควรมีระบบการเก็บรักษาที่ดีเพื่อที่จะได้ยืดระยะเวลาของการเสื่อมสลายออกไป หากทิ้งไว้เป็นเวลานานเปลือกปอสาจะขึ้นราและมีการเสื่อมสลายตัวอย่างรวดเร็ว และเมื่อนำไปผลิตเป็นเยื่อกระดาษจะให้เยื่อที่มีคุณภาพต่ำ แต่อย่างไรก็ตามส่วนที่เป็นข้อดีของเปลือกปอสาก็มีอยู่มากจากการที่เปลือกปอสามีปริมาณลิกนินต่ำจึงทำให้สามารถใช้สารเคมีในการต้มเยื่อได้ต่ำและอุณหภูมิที่ใช้ไม่จำเป็นต้องสูงนัก (8% NaOH, 100 $^{\circ}$C) ซึ่งโดยปกติแล้วการใช้ทั้งพลังงานความร้อนและพลังงานเคมีที่ต่ำขนาดนี้ วัตถุดิบซึ่งเป็นไม้ชนิดอื่นจะไม่สามารถผลิตเป็นเยื่อได้ นอกจากต้องใช้พลังงานกลเข้าช่วย ไม้ทั่วไปจะมีลิกนินอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 20 – 25 ในไม้เนื้อแข็ง (hardwood) และประมาณร้อยละ 25 – 35 ในไม้เนื้ออ่อน (softwood)

5.2 การวัดขนาดเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์

ผลจากการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเส้นใยของเปลือกปอสาจะมีลักษณะเรียวยาว มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 8.2 มิลลิเมตร ซึ่งยาวกว่าเยื่อที่ใช้ทำกระดาษทั่วไปค่อนข้างมาก ซึ่งเยื่อโดยทั่วไปถ้าเป็นเยื่อใยยาวจะมีความยาวเฉลี่ยของเส้นใยอยู่ในช่วงประมาณ 3 – 5 มิลลิเมตร และถ้าเป็นเยื่อใยสั้นจะมีความยาวเฉลี่ยของเส้นใยในช่วงประมาณ 1 – 2 มิลลิเมตร จากการที่เปลือกปอสามีเส้นใยที่ค่อนข้างยาวมากนี่เองก่อให้เกิดผลทั้งข้อดีและข้อเสียดังนี้ คือ เส้นใยที่มีความยาวมาก เมื่อนำมาทำเป็นกระดาษจะให้กระดาษที่มีความแข็งแรงสูงสามารถรับแรงกระทำต่างๆ ได้ดีแต่ในขณะเดียวกันเส้นใยที่ยาวมากไปก็จะทำให้เกิดการเกี่ยวพันกันเป็นกลุ่มก้อนของเส้นใย ทำให้กระดาษที่ได้มีเนื้อกระดาษไม่เรียบสม่ำเสมอ (wild formation) ทำให้การควบคุมคุณภาพในการผลิตทำได้ค่อนข้างยากและหากต้องการให้เนื้อกระดาษเรียบสม่ำเสมอก็จำเป็นต้องเพิ่มการบด ตัดเส้นใยมากขึ้น ซึ่งทำให้ต้องใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น

5.3 การผลิตเยื่อปอสา

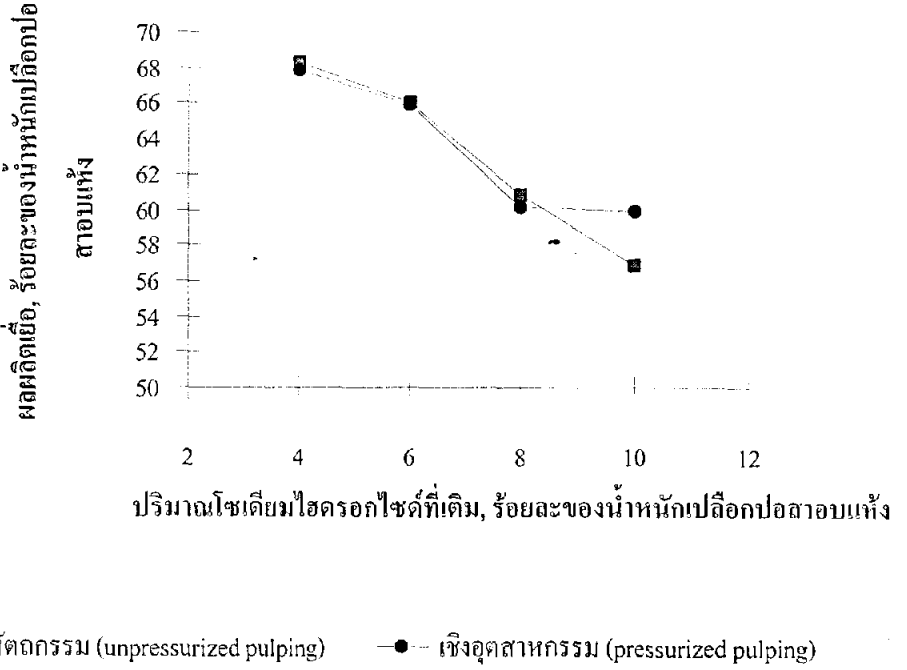
5.3.1 การเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อระหว่างการผลิตในเชิงหัตถกรรมและอุตสาหกรรม

ผลจากการทดลองผลิตเยื่อทั้งในเชิงหัตถกรรมและอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดให้มีการใช้สารเคมีในการต้ม 4 ระดับ คือที่ระดับการใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 4, 6, 8 และ 10 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง แสดงดังตารางที่ 3-6 พบว่า

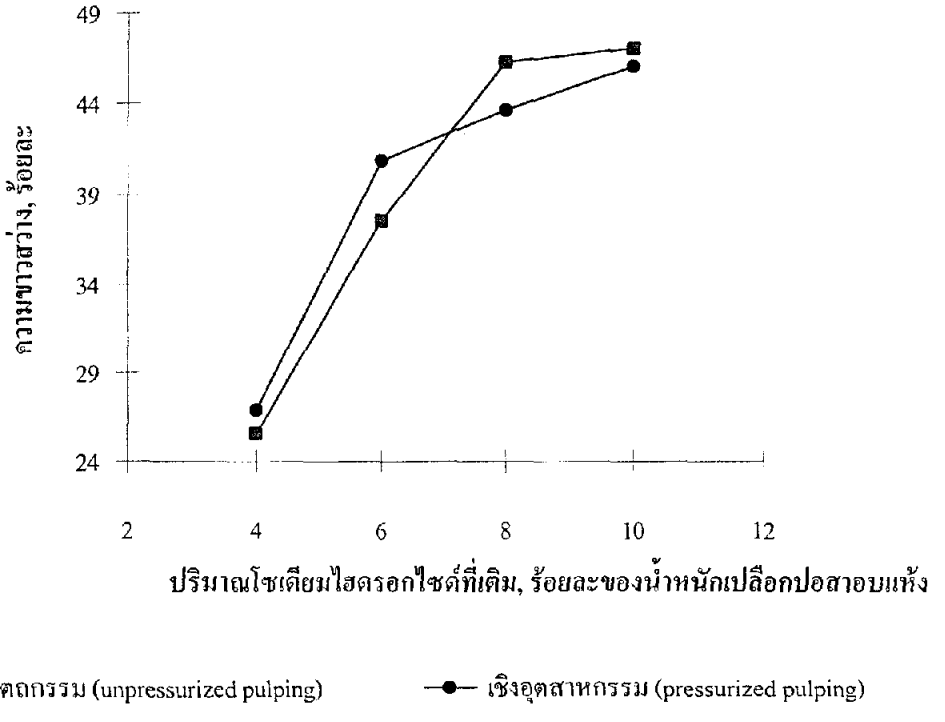
5.3.1.1 ณ ที่ระดับการใช้สารเคมีในการผลิตเดียวกัน เยื่อปอสาที่ได้จากการผลิตทั้ง 2 ระบบจะให้ผลการผลิตค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก ทั้งในด้านผลผลิตเยื่อ ความขาวสว่าง และความสิ้นเปลืองปริมาณสารเคมีที่ใช้ (ภาพที่ 1, 2 และ 3) แต่เยื่อที่ได้จากการผลิตในเชิงหัตถกรรมจะมีปริมาณลิกนินในเยื่อ ซึ่งแสดงในรูปของค่า kappa number สูงว่าการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม (ภาพที่ 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการผลิตเยื่อในเชิงอุตสาหกรรม สามารถกำจัดลิกนินออกได้ดีกว่าการผลิตในเชิงหัตถกรรม ณ ที่ระดับการใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 4, 6 และ 8 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง แต่ที่ระดับการใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ ร้อยละ 10 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง ค่า kappa number ของเยื่อที่ได้ทั้ง 2 ระบบถือว่าไม่แตกต่างกัน

การเลือกใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 8 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง มีความเหมาะสมในการผลิตเยื่อทั้งในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม เนื่องจากเยื่อที่ได้มีค่า kappa number ต่ำ จึงมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในขั้นการทดลองฟอกต่อไป ซึ่งเป็นการฟอกแบบขั้นตอนเดียว โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

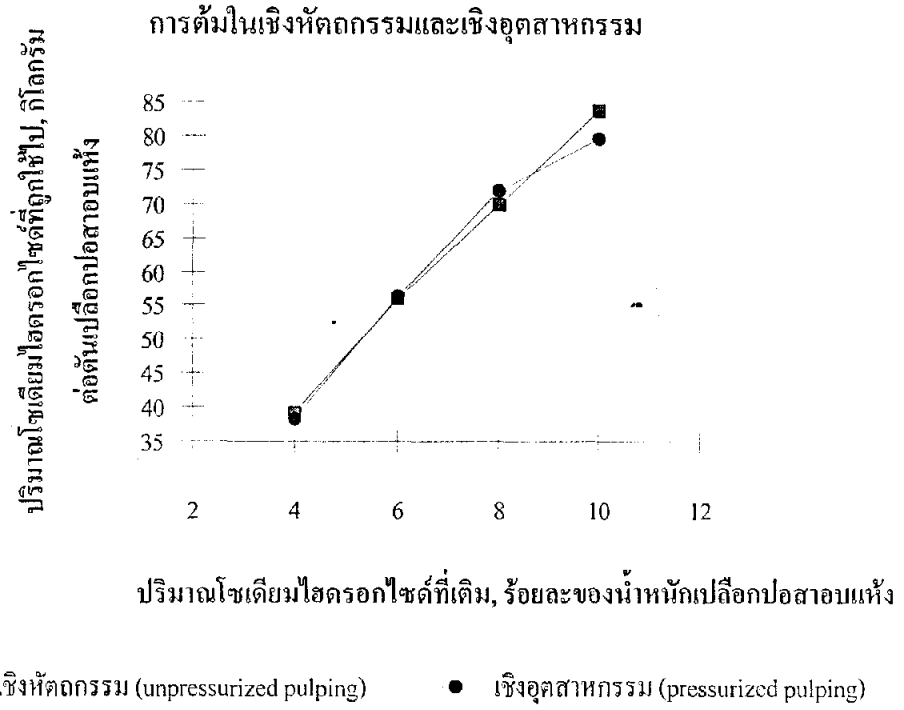
ภาพที่ 1 เปรียบเทียบผลผลิตเยื่อระหว่าง
การต้มในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม



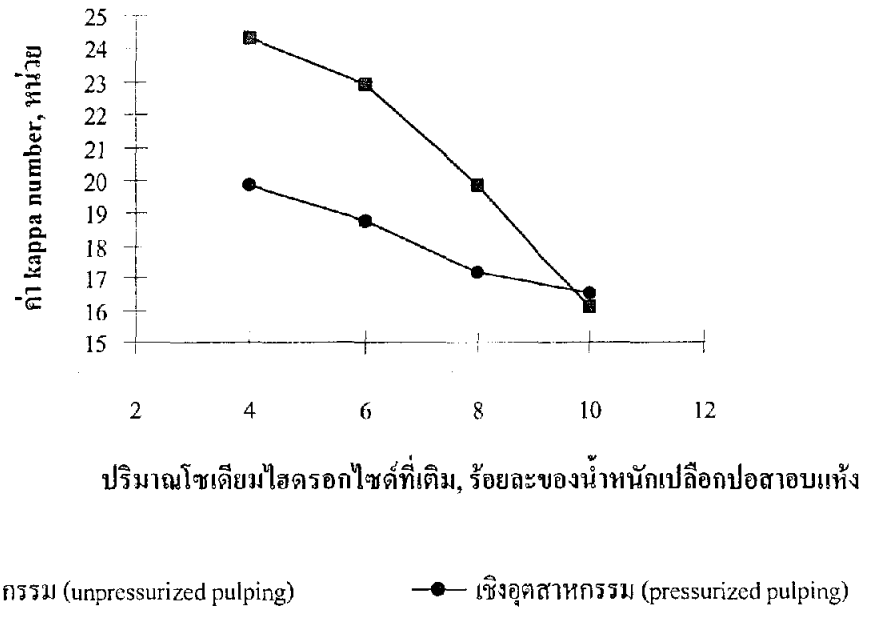
ภาพที่ 2 เปรียบเทียบค่าความขาวสว่างของเยื่อระหว่าง
การต้มในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ระหว่าง
การต้มในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม



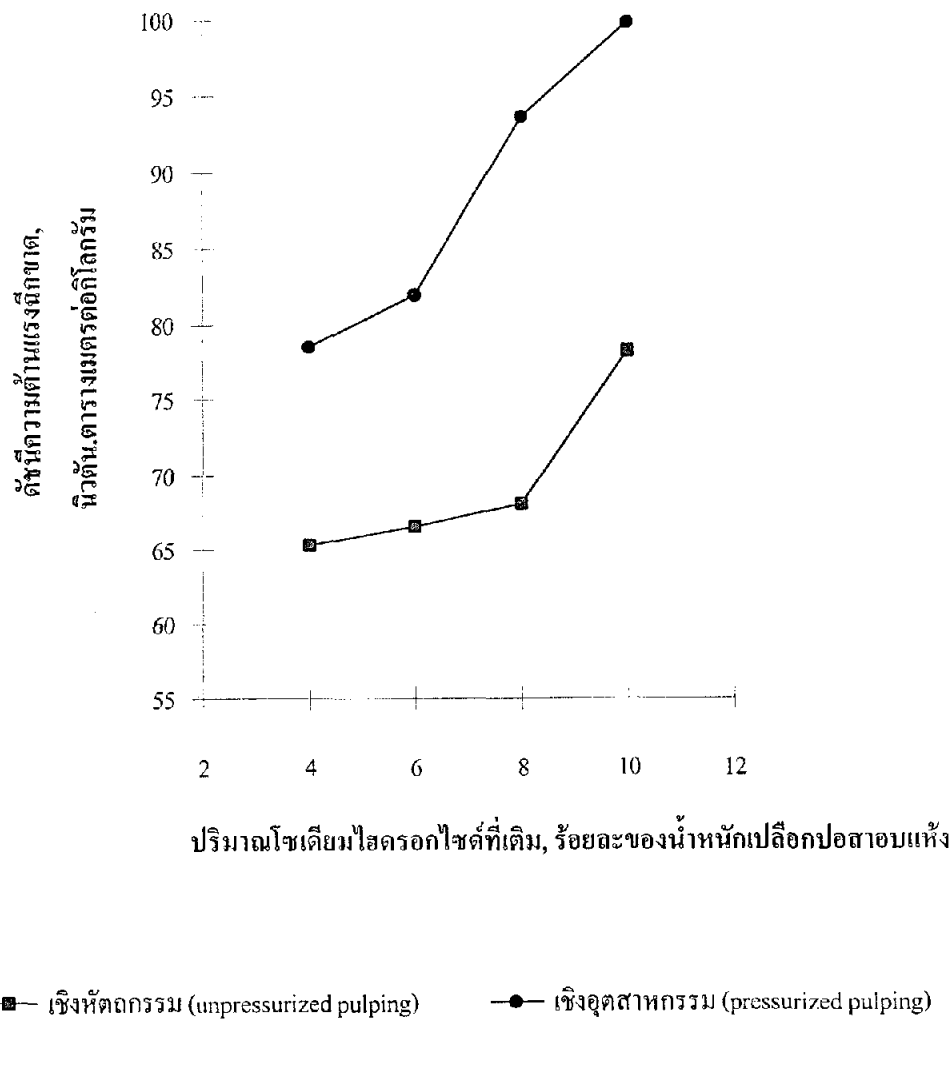
ภาพที่ 4 เปรียบเทียบค่า kappa number ของเยื่อที่ได้
ระหว่างการต้มในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม



5.3.1.2 จากตารางที่ 4 และ 6 เยื่อเปลือกปอสามีค่าฟรีเนสค่อนข้างต่ำมากเมื่อเทียบกับเยื่อใยยาวทั่วไป ณ ที่ระดับการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการผลิตเยื่อเท่ากับร้อยละ 10 เยื่อเปลือกปอสาที่ได้จากการผลิตในเชิงหัตถกรรมและอุตสาหกรรมจะมีค่าฟรีเนสเท่ากับ 210 และ 280 ml CSF ตามลำดับ ในขณะที่เยื่อใยยาวทั่วไปจะมีค่าฟรีเนสอยู่ในช่วงประมาณ 650 - 700 ml CSF ค่าฟรีเนสที่ต่ำมากจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าเยื่อเปลือกปอสามี ความสามารถในการอุ้มน้ำสูงมาก ซึ่งนับเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตกระดาษอุตสาหกรรม เพราะการรีดน้ำออกจากแผ่นกระดาษทำได้ค่อนข้างยากและใช้พลังงานมากกว่าการใช้เยื่อใยยาวทั่วไป

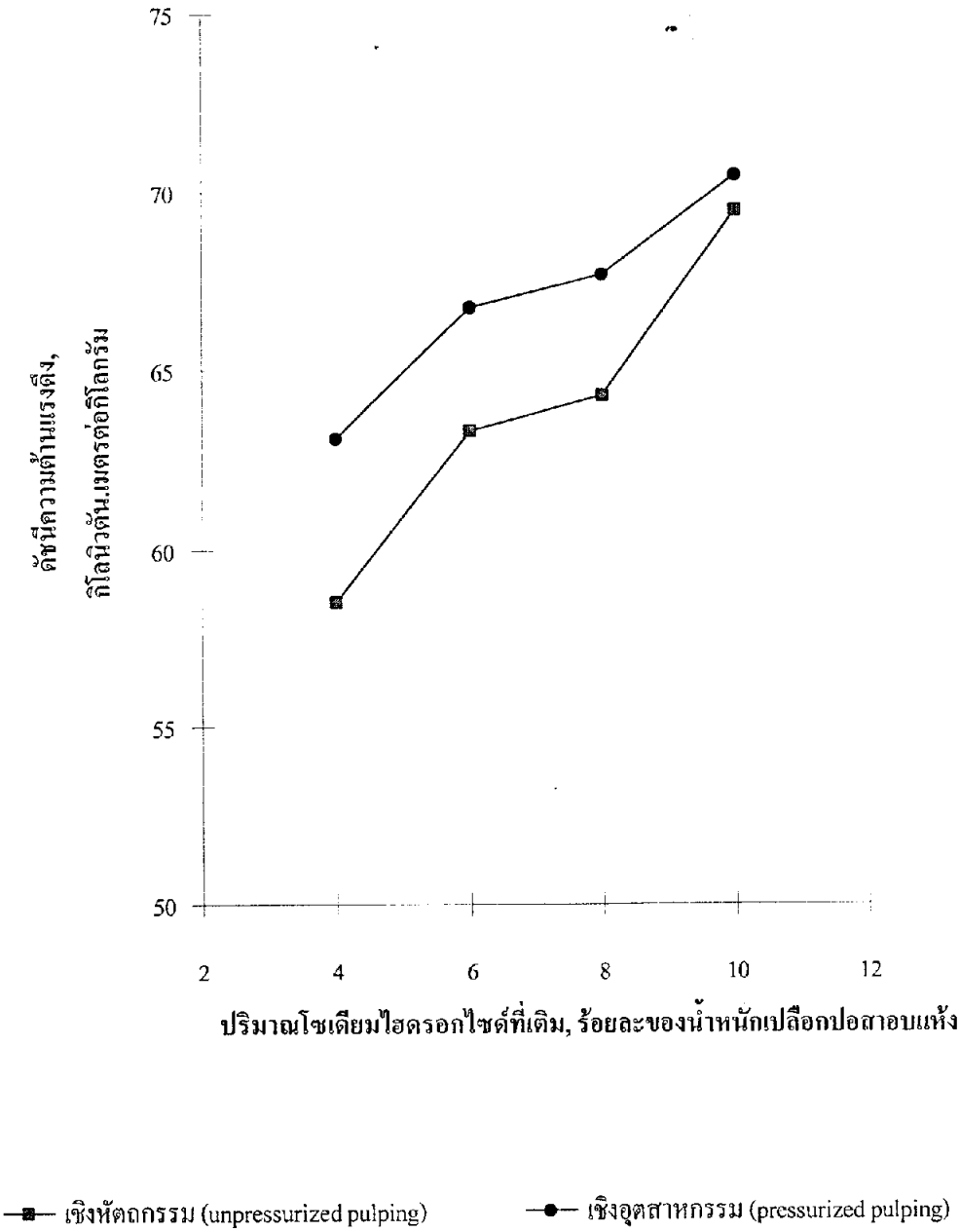
5.3.1.3 เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4 และตารางที่ 6 พบว่าสมบัติทางเชิงกลของเยื่อเปลือกปอสาจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น และเยื่อที่ได้จากการผลิตในเชิงหัตถกรรมจะมีความแข็งแรงของเส้นใย ซึ่งแสดงในรูปของค่าความต้านแรงฉีกขาดจะมีค่าต่ำกว่าเยื่อที่ได้จากการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมอย่างชัดเจน ส่วนค่าความต้านแรงดันทะลุ และความต้านแรงดึงจะมีค่าใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 5, 6, 7)

ภาพที่ 5 เปรียบเทียบค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาด
ระหว่างการต้มในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม



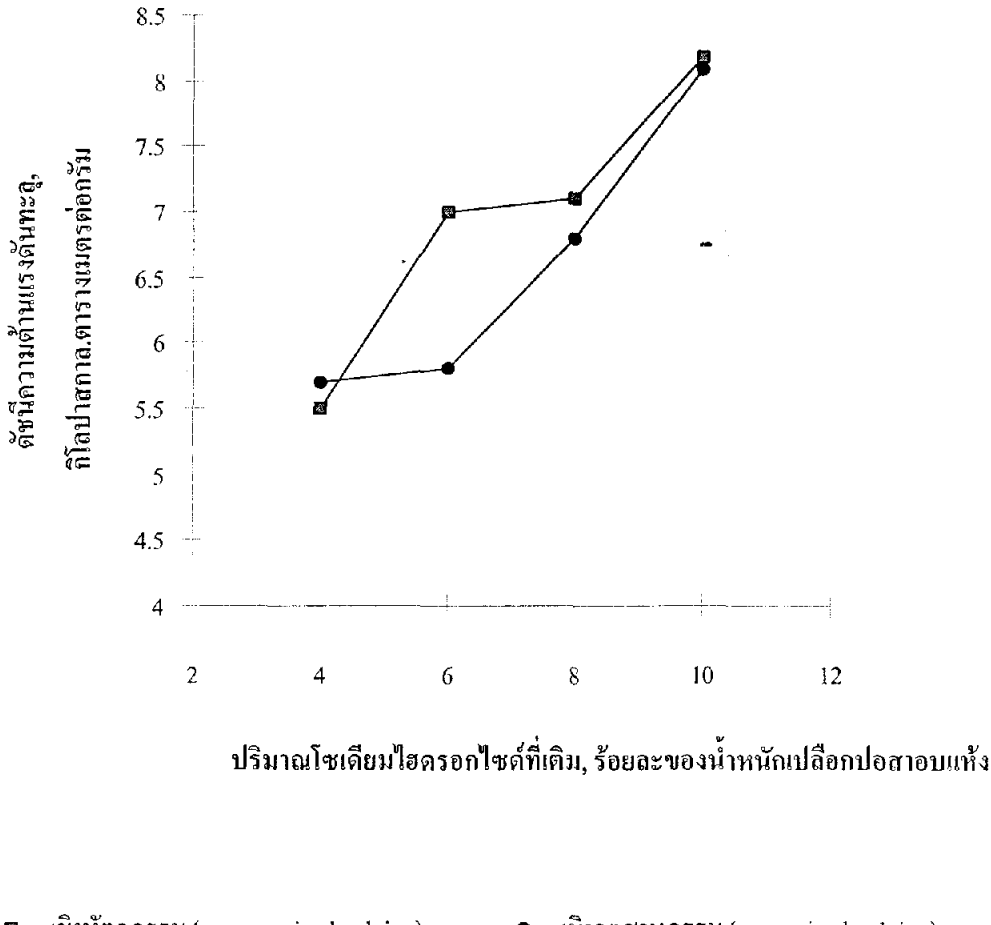
ค่าความต้านแรงฉีกขาดของเยื่อที่ได้จากการผลิตในเชิงหัตถกรรม จะมีความแข็งแรงของเส้นใยต่ำกว่าเยื่อที่ได้จากการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมอย่างชัดเจน

ภาพที่ 6 เปรียบเทียบค่าดัชนีความต้านแรงดึง
ระหว่างการต้มในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม



ค่าความต้านแรงดึงของเยื่อที่ได้จากการผลิตในเชิงหัตถกรรมและในเชิงอุตสาหกรรมมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

ภาพที่ 7 เปรียบเทียบค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุ
ระหว่างการต้มในเชิงหัตถกรรมและเชิงอุตสาหกรรม



ค่าความต้านแรงดันทะลุของเยื่อที่ได้จากการผลิตในเชิงหัตถกรรมและในเชิงอุตสาหกรรมก็เช่นเดียวกันมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

5.3.2 การเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อระหว่างเปลือกปอสาที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำทั้งในเชิงหัตถกรรมและอุตสาหกรรม

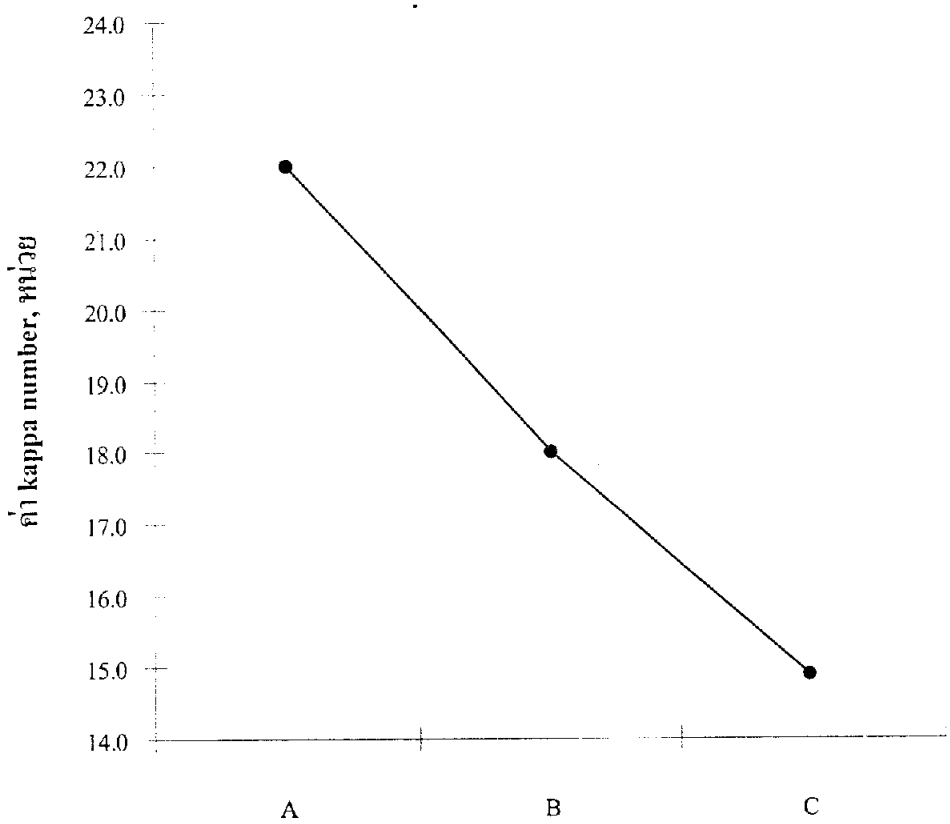
ผลจากการศึกษาทดลองตามตารางที่ 7 และตารางที่ 8 ชี้ให้เห็นว่า ณ ที่ระดับการใช้สารเคมีในการผลิตเดียวกันเยื่อที่ได้จากการใช้เปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำจะมีคุณภาพดีกว่าเยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำ ทั้ง 2 ระบบ

5.3.3 การเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อระหว่างเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำและผ่านการแช่ในสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 9 และตารางที่ 10 ชี้ให้เห็นว่าการแช่เปลือกปอสาในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนนำไปต้มเยื่อจะช่วยลดปริมาณลิกนินในเยื่อลงได้อย่างมาก โดยปริมาณลิกนินจะลดลงตามปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการแช่ โดยสามารถลดปริมาณลิกนินในเยื่อจากเยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำมีค่า kappa number เท่ากับ 22.0 ลดลงเหลือเท่ากับ 18.0 และ

14.9 ในเยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับร้อยละ 1 และ 2 ของเปลือกปอสาอบแห้ง ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 8 ทำนองเดียวกันกับผลผลิตเยื่อ ผลผลิตเยื่อที่ได้จะมีค่าลดลงตามปริมาณความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการแช่ แสดงดังภาพที่ 9 สำหรับความขาวสว่างและสมบัติของเยื่อที่ได้จะมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน

ภาพที่ 8 แสดงอิทธิพลของการแช่เปลือกปอสาต่อค่า kappa number
(ที่ระดับการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง)

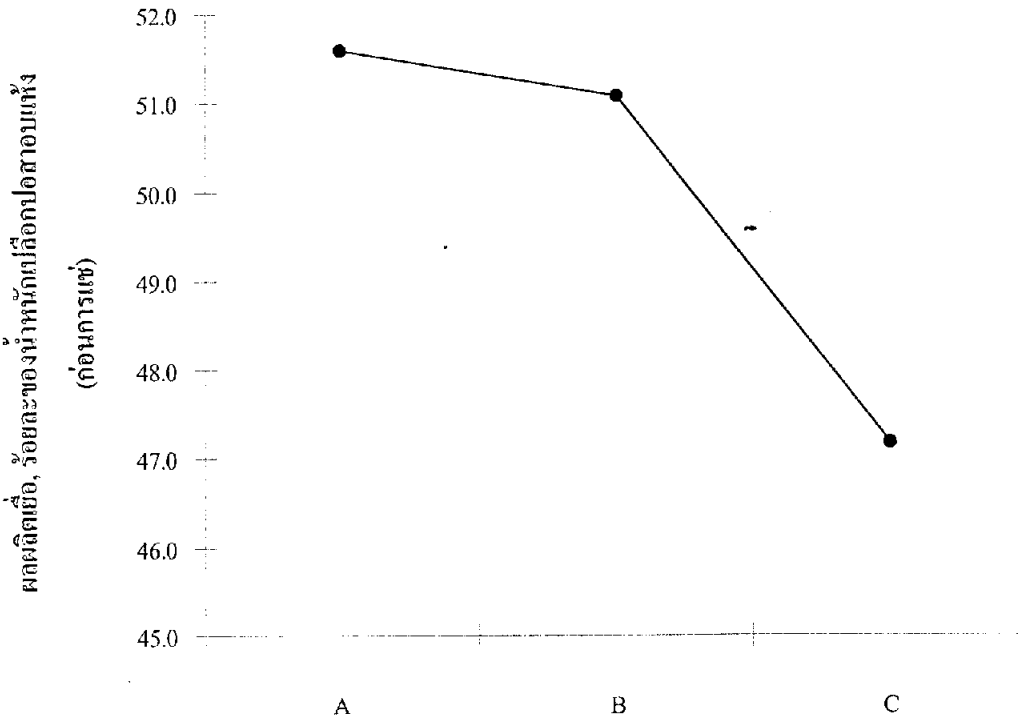


A = เยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำ

B = เยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1

C = เยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2

ภาพที่ 9 แสดงอิทธิพลของการแช่เปลือกปอสาต่อผลผลิตเยื่อ
(ที่ระดับการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง)



A = เยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำ

B = เยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1

C = เยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2

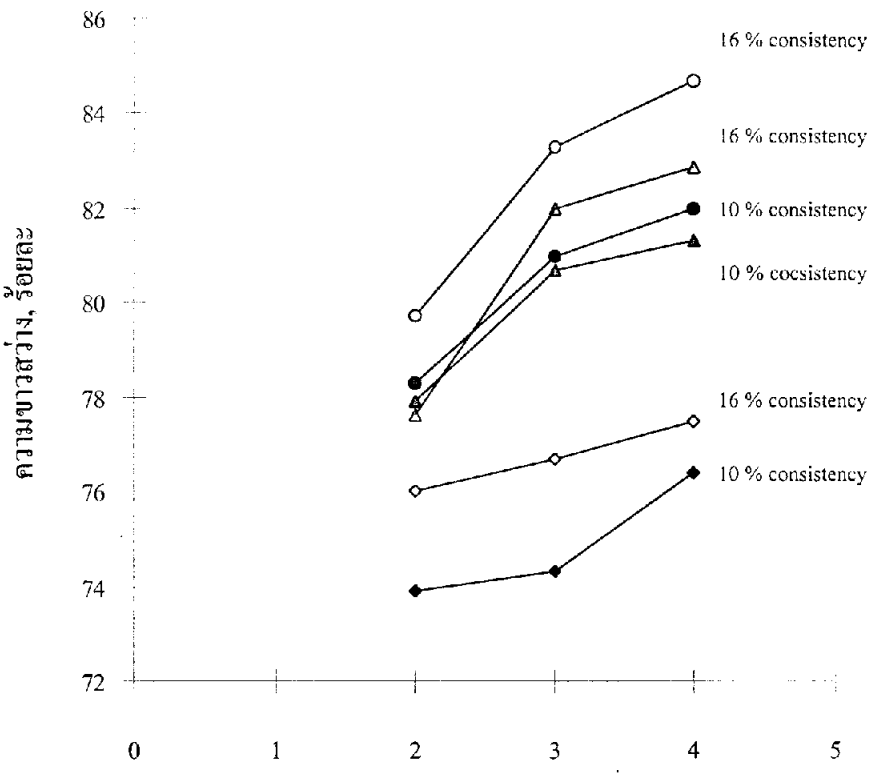
5.4 การฟอกเยื่อปอสา

นำเยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำและผ่านการแช่สารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อยละ 1 และ 2 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง มาทำการทดลองฟอกแบบขั้นตอนเดียวโดยกำหนดปริมาณการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3 ระดับ คือ ที่ร้อยละ 2, 3 และ 4 ของน้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง และกำหนดความข้นของน้ำเยื่อเป็น 2 ระดับ คือ ที่ความข้นของน้ำเยื่อเท่ากับร้อยละ 10 และ 16 ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 11 ถึงตารางที่ 14

5.4.1 ความขาวสว่างของเยื่อฟอกที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้เพิ่มขึ้น แสดงดังภาพที่ 10

5.4.2 เมื่อเปรียบเทียบเยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่ในน้ำและการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 และ 2 พบว่าเยื่อฟอกที่ระดับการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2 จะให้เยื่อฟอกที่มีค่าความขาวสว่างสูงสุดที่ทุกระดับของการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และที่ระดับความข้นของน้ำเยื่อ เช่น ที่ระดับการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 4 และที่ระดับความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 16 เยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำและการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 และ 2 จะมีค่าความขาวสว่างเท่ากับร้อยละ 77.5 , 82.9 และ 84.7 ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 10

ภาพที่ 10 แสดงความขาวสว่างต่อปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอก



ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอก, ร้อยละ (น้ำหนักเยื่อปอสาอบแห้ง)

5.4.3 ที่ระดับการใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เดียวกัน เยื่อฟอกที่ได้จากการฟอกที่ระดับความข้นของน้ำเยื่อสูงจะให้ค่าความขาวสว่างสูงกว่าเยื่อฟอกที่ได้จากการฟอกที่ระดับความข้นของน้ำเยื่อต่ำ ไม่ว่าจะเป็นเยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่ในน้ำหรือแช่ในสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์ก็ตาม เช่น ที่ระดับการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 4 เยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2 จะให้ค่าความขาวสว่างเท่ากับร้อยละ 82.0 และ 84.7 ณ ที่ระดับความข้นของน้ำเยื่อเท่ากับร้อยละ 10 และ 16 ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 10

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีพบว่าเปลือกปอสามีปริมาณการละลายในด่างสูงมาก ซึ่งค่านี้จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าเปลือกปอสาจะมีการเสื่อมสลายตัวอย่างรวดเร็วเมื่อทิ้งไว้ตามธรรมชาติ และการที่เปลือกปอสามีปริมาณลิกนินต่ำทำให้สามารถนำไปทำเป็นเยื่อกระดาษได้โดยง่าย

6.2 การวัดขนาดเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์

การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเส้นใยของเปลือกปอสามีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 8.2 มิลลิเมตร ซึ่งยาวกว่าเยื่อที่ใช้ทำกระดาษทั่วไปค่อนข้างมากและจากการที่เปลือกปอสามีเส้นใยที่ค่อนข้างยาวมากนี่เอง เมื่อนำมาทำเป็นกระดาษจะให้กระดาษที่มีความแข็งแรงสูง แต่กระดาษที่ได้จะมีค่าความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษต่ำ (wild formation)

6.3 การผลิตเยื่อปอสา

6.3.1 การเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อระหว่างการผลิตในเชิงหัตถกรรมและอุตสาหกรรม

6.3.1.1 ณ ที่ระดับการใช้สารเคมีเดียวกันในการผลิต เยื่อปอสาที่ได้จากการผลิตทั้ง 2 ระบบ จะให้ผลผลิตเยื่อ ความขาวสว่าง และความสิ้นเปลืองปริมาณสารเคมีที่ใช้ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่เยื่อที่ได้จากการผลิตในเชิงหัตถกรรมจะมีปริมาณลิกนินในเยื่อสูงกว่าในเชิงอุตสาหกรรม

6.3.1.2 เยื่อที่ได้จากการผลิตในเชิงหัตถกรรม จะมีความต้านแรงฉีกขาดต่ำกว่าเยื่อที่ได้จากการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมอย่างชัดเจน ส่วนค่าความต้านแรงดันทะลุ และความต้านแรงดึงจะมีค่าใกล้เคียงกัน

6.3.2 การเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อระหว่างเปลือกปอสาที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำทั้งในเชิงหัตถกรรมและอุตสาหกรรม

ณ ที่ระดับการใช้สารเคมีเดียวกันในการผลิต เยื่อที่ได้จากการผลิตทั้ง 2 ระบบจะให้ผลในทำนองเดียวกัน คือ เยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำจะมีคุณภาพดีกว่าเยื่อที่ได้จากเปลือกปอสาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำทั้งในแง่ของการลดปริมาณลิกนิน และความขาวสว่างของเยื่อที่ได้

6.3.3 การเปรียบเทียบผลการผลิตเยื่อระหว่างเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่น้ำและผ่านการแช่ในสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

การแช่เปลือกปอสาในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนนำไปต้มเยื่อจะช่วยลดปริมาณลิกนินในเยื่อลงได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการแช่ในน้ำ โดยปริมาณลิกนินจะลดลงตามปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ใช้ในการแช่

6.4 การฟอกเยื่อปอสา

6.4.1 ความขาวสว่างของเยื่อฟอกที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น

6.4.2 เยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะให้ค่าความขาวสว่างสูงกว่าเยื่อฟอกที่ได้จากเปลือกปอสาแช่น้ำ

6.4.3 การฟอกเยื่อที่ใช้สภาวะความข้นของน้ำเยื่อสูงจะให้เยื่อฟอกที่มีค่าความขาวสว่างสูงกว่าเยื่อฟอกที่ได้จากการใช้สภาวะความข้นของน้ำเยื่อต่ำ

สรุปผลจากการทดลองการผลิตเยื่อปอสาคุณภาพสูงในเชิงหัตถกรรม พบว่า

1. สภาวะการผลิตเยื่อที่เหมาะสม คือ

- **การแช่เปลือกปอสาในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง ก่อนการต้มเยื่อ**
- **การต้มเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง**

2. สภาวะการฟอกเยื่อที่เหมาะสม คือ

- **การใช้สารละลายของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 4 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง**
- **การใช้ความข้นของน้ำเยื่อร้อยละ 16**

สรุปผลจากการทดลองการผลิตเยื่อปอสาคุณภาพสูงในเชิงอุตสาหกรรม พบว่า

สภาวะการผลิตเยื่อที่เหมาะสม คือ

- **การต้มเยื่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง แต่เนื่องจากเยื่อเปลือกปอสาที่ได้มีค่าฟรีเนสที่ต่ำมาก ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าเยื่อเปลือกปอสามีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงมาก ซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตกระดาษอุตสาหกรรม เพราะการรีดน้ำออกจากแผ่นกระดาษทำได้ค่อนข้างยากและใช้พลังงานมากกว่าการใช้เยื่อใยยาวทั่วไป**

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาเกี่ยวกับวิธีหาสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บและดูแลรักษาเปลือกปอสา เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาไว้ใช้งานในระยะยาว

2. ในการฟอกควรคลุกเคล้าสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ให้เข้ากับน้ำเยื่อให้ดีเสียก่อนแล้วจึงใส่ส่วนผสมของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) และแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) ลงไปผสมภายหลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฟอก

3. ถ้าต้องการเยื่อฟอกขาวที่มีความสว่างสูงมากกว่าร้อยละ 80 ขึ้นไปควรแช่เปลือกปอสาในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนนำไปต้มเยื่อ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ควรอยู่ในช่วงร้อยละ 1 - 2 ของน้ำหนักเปลือกปอสาอบแห้ง เนื่องจากการแช่เปลือกปอสาในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนนำไปต้ม

เยื่อจะช่วยลดปริมาณลิกนินในเยื่อลงได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการแช่ในน้ำ โดยปริมาณลิกนินจะลดลงตามปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ใช้ในการแช่

4. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อและการฟอกเยื่อจะแปรเปลี่ยนไปตามปัจจัยการผลิตต่างๆ อาทิเช่น อุณหภูมิ สารเคมี เวลา สายพันธ์ของปอสา อายุการตัด เป็นต้น ดังนั้นในการผลิตจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ด้วย

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ

1. โรงงานผลิตกระดาษสา โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ให้ความอนุเคราะห์เปลือกปอสาที่ได้จากแหล่งปลูกที่ตำบลสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ในการศึกษาวิจัย

2. บริษัทไทยเปอร์ออกไซด์ จำกัด ให้ความอนุเคราะห์สารละลายของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์ และคณะ. เทคโนโลยีการผลิตปอสาและกระดาษสา. เชียงใหม่ : ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร, 2538

วันทนี สาตราคม นีโลบล เดชาวงศ์ และรุ่งอรุณ ศิริพันธุ์. การศึกษาเกี่ยวกับการทำเยื่อกระดาษจากปอกะสา. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ 2517

สมศักดิ์ ไชยมงคล และคณะ. การปลูกสาสำหรับอุตสาหกรรมกระดาษสา. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 2537

Abbot, J. Catalytic decomposition of alkaline hydrogen peroxide in the presence of metal ions : binuclear complex formation. Journal of Pulp and Paper Science, January, 1991, vol.17, no.1, p.10-17.

Colodette, JL., Rothenberg, S., and Dence, CW. Factors affecting hydrogen peroxide stability ... Part II : hydrogen peroxide stability in the presence of sodium silicate. Journal of Pulp and Paper Science, January, 1989, vol.15, no.1, p.3-10.

____. Factors affecting hydrogen peroxide stability ... Part III : hydrogen peroxide stability in the presence of magnesium and combinations of stabilizers. Journal of Pulp and Paper Science, March, 1989, vol.15, no.2, p.45-50.

Fairbank, MG., et al. The role of silicate in the peroxide brightening of mechanical pulp : 4. the role of silicate as a buffer during peroxide brightening. Journal of Pulp and Paper Science, July, 1989, vol.15, no.4, p.132-135.

Froass, WC., Francis, RC., Dence, CW., and Lefevre, G. The interactions of calcium, magnesium and silicate ions under alkaline conditions. Journal of Pulp and Paper Science, July, 1997, vol.23, no.7, p.318-325.

Le Fevre, G., and Moran, JR. silicate chemistry key to solving mill scale problems. Tappi Journal, vol.79, no.11, p.77-81.

ภาคผนวก ก

คำอธิบายศัพท์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบ

1.ash content	ปริมาณเถ้า คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักไม้หรือเยื่อ การหาปริมาณเถ้าโดยวิธีเผาที่ 575±25 °C (Tappi T 211) เป็นการหาปริมาณเกลือแร่และสารอนินทรีย์โดยทั่วไป
2.water solubility	สารสกัดในเยื่อหรือไม้ส่วนที่ละลายน้ำ แทนนินและน้ำตาลละลายได้ในน้ำเย็น แป้งจะละลายในน้ำร้อน
3.alcohol-benzene solubility	สารสกัดในเยื่อหรือไม้ที่ละลายได้ในสารผสม alcohol-benzene ได้แก่ waxes, resins, fats, phytosterols,non-volatile hydrocarbons เกลือแร่ที่ละลายน้ำและคาร์โบไฮเดรทที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย
4. 1% NaOH solubility	สารในเยื่อหรือไม้ซึ่งละลายได้ในด่างร้อน เป็นคาร์โบไฮเดรทที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น เฮมิเซลลูโลสที่เสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อน แสง การผุพังเพราะรา และการเสื่อมสภาพจากกระบวนการต้มหรือฟอกเยื่อ ปริมาณการละลายจะเพิ่มขึ้นถ้าเกิดการเสื่อมสลายดังกล่าว
5. lignin	เป็นโพลิเมอร์ (polymer) อสัณฐานประกอบด้วย phenyl propane unit เฉลี่ยประมาณ 2500 หน่วย จับตัวกันเป็นโครงร่างข่าย 3 มิติ ด้วย ether bond (ส่วนใหญ่เป็น phenyl-o-aryl-ether bond) และ C-C bond ลิกนินมีความเข้มสูงที่สุดในส่วนเชื่อมต่อระหว่างเส้นใย (middle lamella) ทำหน้าที่การยึดเส้นใยให้ติดอยู่ด้วยกัน ลิกนินมีคุณสมบัติเป็น thermo plastic อุณหภูมิที่อ่อนตัว (120 - 200°C) ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นปริมาณลิกนินในพืชหรือเยื่อหาได้โดยการแยกคาร์โบไฮเดรทออก
6. klason lignin	โดยละลายในกรด กำมะถันเข้มข้น 72% klason lignin มีคุณสมบัติบางอย่างแตกต่างจากลิกนินในธรรมชาติโดยสิ้นเชิง klason lignin คือ acid insoluble lignin (Tappi T 222)
7. pentosans	เฮมิเซลลูโลสชนิดที่ประกอบด้วยน้ำตาลที่มีคาร์บอนห้าตัว ได้แก่ xylose และ arabinose หาได้โดยการไฮโดรไลส์ไม้หรือเยื่อด้วย 3.85 N HCl เพื่อเปลี่ยน pentosans เป็น furfural แล้ววิเคราะห์หาปริมาณ pentosans จาก furfural ที่ได้โดยวิธี colorimetric (Tappi T 223) pentosans เป็นตัวบ่งชี้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสใน hardwood และ non-wood
8. holocellulose	หมายถึง คาร์โบไฮเดรททั้งหมดที่มีในพืช วิธีเตรียม holocellulose ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ไม่สามารถเตรียม holocellulose ได้ในปริมาณที่มีอยู่จริง

9. cellulose

เซลลูโลสเป็น homopolymer ของหน่วย d-glucose จับตัวต่อกันตามยาวด้วย 1-4 β glucosidic bond มีความยาวตามธรรมชาติประมาณ 10,000 หน่วย ซึ่งในระหว่างแถวมีการยึดเหนี่ยวกันโดย H-bond จนเป็นเส้นโตประมาณ 35 $^{\circ}$A เรียกว่า elementary fibril อันเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดที่ปรากฏเป็นเอกเทศตามธรรมชาติ เซลลูโลสมีความเป็นผลึกประมาณร้อยละ 60-80 ทนทานต่อสารเคมี โดยมีสารเคมีที่ละลายเซลลูโลสได้ไม่กี่ชนิด เช่น กรดกำมะถัน (> 68%) กรดเกลือ (> 41%) สังกะสีคลอไรด์,quarternary ammonium compounds และ complexing agents บางตัว เช่น CuO-NH_3H_2O และ CuO - ethylene diamine -H_2O

10. alpha cellulose

ส่วนของเยื่อที่ไม่ละลายในสารละลายโซดาไฟเข้มข้น 17.5 - 18.0% alpha cellulose ประกอบด้วย poly - d - glucose

11. beta cellulose

สารละลายที่แยก alpha cellulose ออกแล้ว เมื่อทำให้เป็นกลางจะได้ตะกอนอันเป็นส่วนที่เรียกว่า beta cellulose ซึ่งประกอบด้วย cellulose ขนาดสั้น ๆ ถ้าเป็นเยื่อซัลไฟต์ หรือมี xylan ปนมาด้วยถ้าเป็นเยื่อซัลเฟต

12. gamma cellulose

ส่วนที่เหลือเป็นสารละลายหลังจากแยกเอา alpha และ beta cellulose ออกแล้ว gamma cellulose เป็นคาร์โบไฮเดรทที่เราเรียกกันว่า เฮมิเซลลูโลส

13. air - dry weight (AD)

น้ำหนักวัสดุแห้งเป็นน้ำหนักที่ได้เมื่อวางผึ่งเป็นเวลานานพอสมควรในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิปกติ สำหรับเยื่อกระดาษจะมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10

14. oven-dry weight (OD)

น้ำหนักวัสดุอบแห้ง หมายถึง เมื่ออบที่อุณหภูมิ 105°C จนกระทั่งน้ำหนักวัสดุไม่ลดลงอีก ในทางปฏิบัติถือว่า หากชั่งครั้งต่อไปน้ำหนักลดลงน้อยกว่าร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักชั่งครั้งก่อนก็ใช้ได้

15. consistency, percent

ความข้นของน้ำเยื่อ คิดเป็นอัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักเยื่ออบแห้งในน้ำเยื่อ

$$\text{consistency, \%} = \frac{\text{น้ำหนักเยื่ออบแห้ง} \times 100}{\text{น้ำหนักเยื่อแห้ง} + \text{น้ำหนักน้ำ}}$$

เนื่องจากน้ำเยื่อ มิได้เป็นสารละลายแท้จริง (true solution) จึงควรเรียก consistency ว่า "ความข้น"แทนคำว่าเข้มข้น ซึ่งหมายถึง concentration ของ true solution ในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษแบ่งความเข้มข้นเป็นสามระดับ คือ low consistency (0 - 6%), medium consistency (6 - 20%) และ high consistency (20 - 40%)

16. kappa number

เป็นดัชนีบ่งชี้ปริมาณลิกนินที่เหลือในเยื่อ หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรของด่างทับทิมเข้ม 0.1 N ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับเยื่อแห้ง 1 กรัม ตามสภาวะที่กำหนดตามมาตรฐาน kappa number มีสหสัมพันธ์ที่ดีกับ klason lignin เฉพาะในช่วงที่ผลผลิตเยื่อต่ำกว่าร้อยละ 70 เท่านั้น

17. brightness

หมายถึง reflectivity ของแผ่นเยื่อหรือกระดาษวัดที่ช่วงคลื่นแสง 457 nm เปรียบเทียบกับ MgO (ISO 2469-1977 (E) ใช้ perfect reflecting diffuser โดยถือว่า MgO มี reflectivity 100% ความขาวสว่างเป็นคุณสมบัติทางกายภาพโดยแท้ไม่สามารถบ่งบอกคุณลักษณะเกี่ยวกับสีได้ ค่าที่วัดได้ขึ้นอยู่กับการกระจายแสง (light scattering) และการดูดซับแสง (light absorp-tion) ของเยื่อเท่านั้น ฉะนั้นความขาวสว่างจึงเป็นค่าที่มีประโยชน์อย่างยิ่งแต่เฉพาะในการระบุคุณสมบัติของเยื่อ

18. tensile strength

ความสามารถในการรับแรงดึงของกระดาษขึ้นอยู่กับการบดเยื่อและความตึงของกระดาษระหว่างที่ทำให้แห้ง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ความต้านแรงดึงขาดลดลง การทดสอบค่า tensile strength ตามมาตรฐานทั่วไปใช้เครื่องทดสอบแบบตุ้ม (pendulum type) การรายงานค่าควรรายงานเป็นหน่วยแรงที่มีความหมาย คือ แรงต่อหน่วยความกว้างของกระดาษ ได้แก่ กิโลนิวตันต่อเมตร (kN/m) หรือหน่วยกิโลกรัมแรงต่อเซ็นติเมตร (kgf/cm) เนื่องจากกระดาษเป็นวัสดุที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่สม่ำเสมอ การรายงานเป็นหน่วยแรงต่อพื้นที่หน้าตัดจึงไม่ถูกต้อง ในการทดสอบค่า tensile strength จะขึ้นอยู่กับระยะทดสอบ (test span) ความกว้างของชิ้นทดสอบและเวลาที่ใช้ในการทดสอบ (time to rupture) การใช้ระยะทดสอบยาวมากขึ้นหรือใช้เวลาทดสอบนานมากขึ้นจะทำให้ค่าที่ได้น้อยลง ถ้าระยะทดสอบเวลาเท่ากัน เครื่องทดสอบ แบบ pendulum และ constant straining rate จะให้ผลไม่แตกต่างกัน

19. tensile index

ดัชนีความต้านแรงดึงมีหน่วยเป็น kN.m/kg โดยคำนวณจาก

$$\text{tensile index} = \frac{\text{tensile strength}}{\text{grammage}}$$

20. tearing strength, internal

ความต้านแรงฉีกขาดของกระดาษเมื่อเกิดรอยฉีกขาดนำอยู่ก่อนแล้ว รายงานค่าเป็นหน่วยของแรง เช่น มิลลินิวตัน (mN) คุณสมบัตินี้จำเป็นสำหรับกระดาษหลายชนิด รวมทั้งถุงบรรจุที่ปิด โดยการเย็บ วัดด้วยเครื่องทดสอบแบบ Elmendorf ซึ่งอาศัยพลังงานกลจากลูกตุ้มซึ่งมีหลายขนาด ขนาดของลูกตุ้มบอกหน่วยของงานต่อขีดเสกล เช่น 68.8 g.cm/div (ขนาดกลาง) เครื่องมืออื่นก็มีแต่ไม่แพร่หลายนัก เช่น Brech - Imsct

21. tear index

ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด มีหน่วยเป็น $mN.m^2/kg$ โดยคำนวณจาก

$$\text{tear index} = \frac{\text{tearing strength}}{\text{grammage}}$$

22. burst strength

ความต้านแรงดันทะลุ มีหน่วยเป็นแรงต่อหน่วยพื้น ที่ เช่น กิโลปาสกาล (kPa) หรือกิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร เครื่องทดสอบแรงดันทะลุที่แพร่หลายที่สุด คือ Mullen ในมาตรฐาน Tappi,SCAN test และ ISO แบ่งแยกเครื่องทดสอบ Mullen สำหรับกระดาษและกระดาษแข็งออกจากกัน โดยมีความแตกต่างสำคัญที่ขนาดของปากจับชิ้นทดสอบ และ pumping rate ค่าแรงดันทะลุขึ้นอยู่กับการยืดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและการยืดตัวของกระดาษ ฉะนั้นโดยทั่วไปค่าแรงดันทะลุจึงสัมพันธ์โดยตรงกับค่าแรงตึง

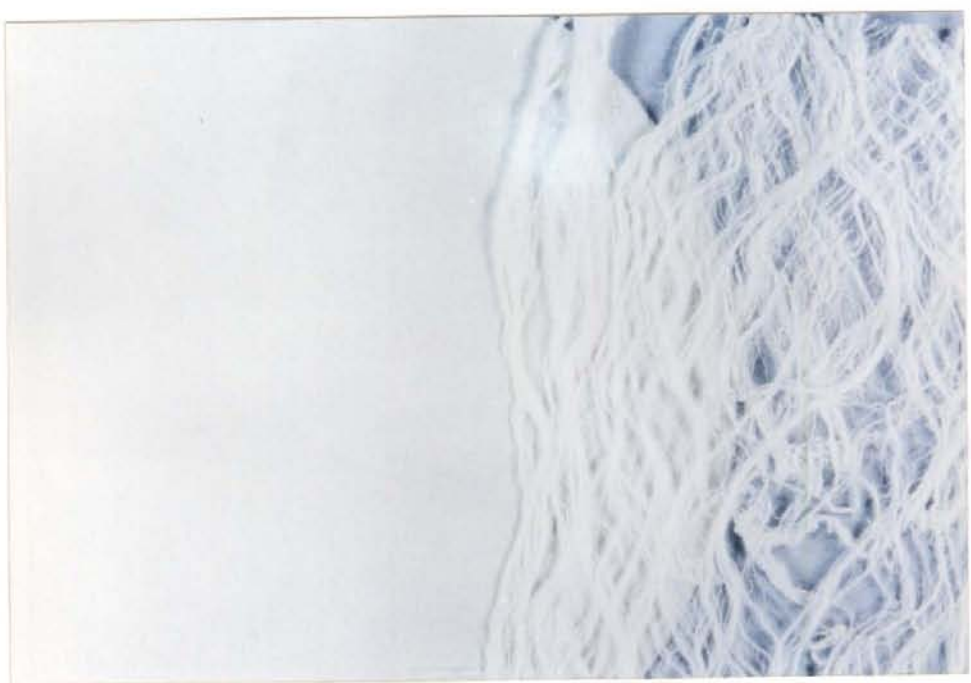
23. burst index

ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ มีหน่วยเป็น $kPa.m^2/g$ โดยคำนวณจาก

$$\text{burst index} = \frac{\text{bursting strength}}{\text{grammage}}$$

ภาคผนวก ข
แสดงภาพเยื่อปอสาคุณภาพสูงที่ได้

เยื่อปอสาคุณภาพสูงหลังผ่านการต้ม



เยื่อปอสาคุณภาพสูงหลังผ่านการฟอกขาว