ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. ๒๕๔๐

วศ
กว
อว 4

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน

เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 7ว

ของ

นายจิระศักดิ์ ชัยสนิท

เรื่องที่ 1

การผลิตเยื่อชานอ้อยฟอกขาว จากแหล่งเพาะปลูกของภาคกลางตอนเหนือ

ผู้ดำเนินการ

นายจิระศักดิ์ ชัยสนิท

กลุ่มวิจัยและพัฒนา 3

กองการวิจัย

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

2541

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน

เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 7ว

ของ

นายจิระศักดิ์ ชัยสนิท

เรื่องที่ 1

การผลิตเยื่อชานอ้อยฟอกขาว จากแหล่งเพาะปลูกของภาคกลางตอนเหนือ

กง
เลขหมู่ กว
อง4
เลขทะเบียน 9983
วันที่ 14 พ.ค. 44

ผู้ดำเนินการ
นายจิระศักดิ์ ชัยสนิท

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
กง

กลุ่มวิจัยและพัฒนา 3
กองการวิจัย
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

2541

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยนี้ เสนอผลการศึกษาการผลิตเยื่อฟอกขาวจากชานอ้อยที่ได้จากแหล่งเพาะปลูกทางภาคกลางตอนเหนือ ในการผลิตเยื่อใช้กระบวนการผลิตเยื่อเคมีแบบโซดา และในการฟอกเยื่อเลือกใช้กระบวนการฟอกแบบปราศจากธาตุคลอรีน ซึ่งใช้การฟอกแบบ [D(EO)D] และ [D(EOP)D] โดยที่การฟอกเยื่อในขั้นตอนการสกัดด้วยด่างจะมีการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงไปด้วยเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการฟอก

ผลจากการศึกษาวิจัย พบว่าตัวอย่างชานอ้อยประกอบด้วย มัดเส้นใย เปลือกอ้อย และขุยอ้อย เท่ากับร้อยละ 58.8. 18.8 และ 13.7 ของน้ำหนักชานอ้อยเริ่มต้น ตามลำดับ และมีส่วนที่สูญหายซึ่งเป็นเศษสกปรกต่างๆ ร้อยละ 8.7 และมีอัตราส่วนมัดเส้นใย : ขุยอ้อยเท่ากับ 4.3 : 1

ในการผลิตเยื่อโซดาชานอ้อย จะให้ผลผลิตเยื่อเท่ากับร้อยละ 53.9 ของน้ำหนักชานอ้อยอบแห้ง โดยสิ้นเปลืองโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 213 กิโลกรัม ต่อการผลิตเยื่อแห้ง 1 ตัน สมบัติทางเชิงกลของเยื่อที่ได้มีคุณภาพดีและมีความแข็งแรงเทียบเท่ากับเยื่อชานอ้อยที่ได้จากแหล่งผลิตเยื่อแหล่งอื่น

การเปรียบเทียบผลการฟอกเยื่อระหว่างการฟอกเยื่อแบบ D_1-(EO)-D_2 และ D_1-(EOP)-D_2 ผลจากการศึกษาทดลองชี้ให้เห็นว่า ผลผลิตเยื่อที่ได้ในแต่ละขั้นของการฟอกทั้งสองแบบไม่แตกต่างกันและให้ผลผลิตเยื่อสุดท้ายเท่ากัน โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 90.4 ของน้ำหนักเยื่อโซดาอบแห้ง แสดงว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติมลงไปในขั้นการสกัดด้วยด่างที่มีทั้งออกซิเจนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมด้วย ไม่ทำให้ผลผลิตเยื่อลดลง และเยื่อฟอกที่ได้ให้ค่าความขาวสว่างสูงถึงร้อยละ 83.4 และ 84.5 ตามลำดับ นอกจากนี้สมบัติทางเชิงกลของเยื่อที่ได้จากการฟอกแบบ D_1-(EO)-D_2 และแบบ D_1-(EOP)-D_2 ยังมีค่าไม่แตกต่างกัน แสดงว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติมลงไปในขั้นการสกัดด้วยด่างที่มีออกซิเจนร่วมด้วยนั้น ไม่มีผลต่อการลดสมบัติด้านความแข็งแรงของเยื่อฟอกที่ได้แต่อย่างไร

สรุปได้ว่าชานอ้อยจากแหล่งเพาะปลูกทางภาคกลางตอนเหนือ มีปริมาณและความแข็งแรงของเส้นใยอยู่ในระดับที่เหมาะสม สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นเยื่อกระดาษได้ดี และในการผลิตเยื่อชานอ้อยฟอกขาว 1 ตัน จะต้องใช้ชานอ้อยอบแห้งเป็นวัตถุดิบเท่ากับ 3.49 ตัน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
สารบัญตาราง	ก
สารบัญภาพ	ข
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย	1
1.2 องค์ประกอบของชานอ้อย	2
1.3 การแยกขุยอ้อย	3
1.4 วัตถุประสงค์	5
1.5 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย	5
1.6 ระยะเวลาของการศึกษาวิจัย	5
1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ	5
บทที่ 2 วิธีการทดลอง	6
2.1 วัตถุดิบ	6
2.2 เครื่องมือ	6
2.3 สารเคมี	6
2.4 วิธีการทดลอง	8
2.4.1 ศึกษาองค์ประกอบของชานอ้อย	8
2.4.2 ศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อโซดาชานอ้อยด้วยกระบวนการต้มเยื่อโซดา	9
2.4.3 ศึกษาวิจัยการฟอกเยื่อโซดาชานอ้อยแบบปราศจากธาตุคลอรีน	10
2.4.4 ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางเชิงกลของเยื่อโซดาชานอ้อย ก่อนและหลังการฟอกเยื่อ	13
บทที่ 3 ผลการทดลอง	14
3.1 ศึกษาองค์ประกอบของชานอ้อย	14
3.2 ศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อโซดาชานอ้อยด้วยกระบวนการต้มเยื่อโซดา	14
3.3 ศึกษาวิจัยการฟอกเยื่อโซดาชานอ้อยแบบปราศจากธาตุคลอรีน	15
3.4 ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางเชิงกลของเยื่อโซดาชานอ้อย ก่อนและหลังการฟอกเยื่อ	18
บทที่ 4 วิจารณ์ผลการทดลอง	19
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
คำขอบคุณ	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก ก. คำร้องบริษัทอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษไทย จำกัด	31
ภาคผนวก ข. คำอธิบายศัพท์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ – ทดสอบ	33

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดง องค์ประกอบของชานอ้อยที่แยกได้ด้วยวิธีแยกขุยแบบแห้งและการแยกขุยแบบเปียก	14
2	แสดง สมบัติของเยื่อเคมีโซดาชานอ้อยและปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อ	15
3	แสดง สมบัติทางเชิงกลของเยื่อโซดาชานอ้อย	15
4	แสดง สมบัติของเยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาวที่ได้จากการฟอกเยื่อแบบ D_1-(EO)-D_2	16
5	แสดง สมบัติของเยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาวที่ได้จากการฟอกเยื่อแบบ D_1-(EOP)-D_2	17
6	แสดง สมบัติของเยื่อชานอ้อยที่ได้ก่อนและหลังการฟอก	18

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดง ค่า kappa number ของเยื่อในแต่ละขั้นตอนการฟอก	21
2	แสดง ค่า ความขาวสว่างของเยื่อในแต่ละขั้นตอนการฟอก	22
3	แสดง ค่าดัชนีความต้านแรงดึงขาดของเยื่อโซดาชานอ้อยและเยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาว	23
4	แสดง ค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดของเยื่อโซดาชานอ้อยและเยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาว	24
5	แสดง ค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุของเยื่อโซดาชานอ้อยและเยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาว	25

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย

ด้วยบริษัทอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษไทย จำกัด มีความประสงค์จะศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการนำชานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ได้จากต้นอ้อย ซึ่งมีปริมาณมากจากแหล่งเพาะปลูกของภาคกลางตอนเหนือของประเทศไทยมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ จึงได้ขอความร่วมมือจาก กลุ่มวิจัยและพัฒนา 3 กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ทำการศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อฟอกขาวจากชานอ้อยซึ่งเก็บรวบรวมได้จากจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดใกล้เคียง เนื่องจากบริษัทฯต้องการดำเนินธุรกิจด้านอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษจึงต้องการให้มีการศึกษาวิจัย เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยไปปรับเข้าสู่กระบวนการผลิตจริงในโรงงาน ซึ่งจะเริ่มต้นเดินเครื่องผลิตได้ประมาณปี 2542 โดยบริษัทฯ ได้กำหนดสภาวะการผลิตเยื่อฟอกขาวจากชานอ้อย ดังนี้

- สภาวะการต้มเยื่อ
  - โซเดียมไฮดรอกไซด์, ร้อยละของน้ำหนักชานอ้อยอบแห้ง 15.5
  - อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มเยื่อ (cooking temperature), องศาเซลเซียส 175
  - เวลาที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส (cooking time), นาที 22
  - อัตราส่วนชานอ้อยต่อน้ำ (wood : liquor ratio) 1:5
- สภาวะการฟอกเยื่อ

ขั้นตอนการฟอก	ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (D_1)	ขั้นการสกัดด้วยด่าง (EO)	ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (D_2)
- อุณหภูมิที่ใช้ในการฟอกเยื่อ , องศาเซลเซียส	55	75	75
- เวลาที่ใช้ในการฟอกเยื่อ, นาที	60	90	240
- ความข้นของน้ำเยื่อ (consistency), ร้อยละ	10	10	10
- โซเดียมไฮดรอกไซด์, ร้อยละของน้ำหนักชานอ้อยอบแห้ง	-	2.0	-
- คลอรีนไดออกไซด์, ร้อยละของน้ำหนักชานอ้อยอบแห้ง	1.1	-	0.4

ชานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ที่ได้จากต้นอ้อย ภายหลังจากการบีบเอาน้ำตาลออกแล้วจะเหลือส่วนที่เป็นกากใยสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าจากของเหลือทิ้งทางการเกษตร

1.2 องค์ประกอบของชานอ้อย

ได้มีรายงานการศึกษา [3] เกี่ยวกับองค์ประกอบของชานอ้อย ซึ่งสรุปว่าประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

- ขุยอ้อย (pith)
- เนื้ออ้อย (fiber of the rind)
- เปลือกอ้อย (epidermis)

องค์ประกอบทั้ง 3 ส่วนนี้ จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยแต่ละส่วนจะกระจายอยู่ที่ส่วนต่างๆ ของต้นอ้อย ดังนี้

1.2.1 ขุยอ้อย ประกอบด้วยส่วนของขุยอ้อยหรือ parenchyma cell ซึ่งมีประมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักต้นอ้อยอบแห้งส่วนใหญ่อยู่ตรงใจกลางของลำต้นมีทิศทางขนานไปกับความยาวของลำต้น แต่ขุยอ้อยบางส่วนจะมีทิศทางตามภาคตัดขวางของลำต้น บริเวณตรงใจกลางของต้นอ้อยมีมัดเส้นใยกระจายอยู่ด้วยประมาณร้อยละ 15 ของน้ำหนักต้นอ้อยอบแห้ง เส้นใยที่พบมีทั้งแบบผนังเซลล์บาง ลูเมนกว้าง และเส้นใยผนังหนา นอกจากนี้ยังพบ vessel element ที่มีผนังเซลล์หนาด้วย

ในการต้มเยื่อ ขุยอ้อยสามารถดูดซึมสารเคมีเข้าได้ง่าย และเกิดปฏิกิริยาได้เร็ว ทำให้สิ้นเปลืองสารเคมีมาก ด้วยเหตุนี้ก่อนการต้มเยื่อจึงต้องแยกขุยอ้อยออกให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

1.2.2 เนื้ออ้อย ส่วนนี้ของต้นอ้อยประกอบด้วยส่วนที่เป็นมัดเส้นใยคุณภาพดีมีประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักต้นอ้อยอบแห้ง มัดเส้นใยมีโครงสร้างที่แข็งแรงและรวมกันอยู่อย่างหนาแน่นที่แกนของต้นอ้อยเพื่อทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่ลำต้นมีทิศทางการเรียงตัวขนานกับลำต้นของอ้อย เส้นใยในชั้นของแกนนี้มีขนาดใหญ่กว่าเส้นใยที่อยู่ในส่วนขุยอ้อยและมีความต้านทานต่อปฏิกิริยาเคมีดีกว่า จากการที่มัดเส้นใยนี้ขนานกับลำต้นทำให้สามารถแยกจากกันได้ง่ายเมื่อเทียบกับส่วนขุยอ้อย ที่ส่วนแกนของต้นอ้อยมีเส้นใยรวมกันอยู่อย่างหนาแน่น โดยเส้นใยแต่ละเส้นจะเชื่อมติดกันตามความยาวเส้นใยโดยไม่มีการ cross-link ทำให้แกนอ้อยมีความถ่วงจำเพาะสูงมากกว่าไม้เนื้อแข็งหลายชนิด เส้นใยในส่วนแกนนี้มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ ในการผลิตเป็นเยื่อกระดาษได้ดีกว่าเส้นใยสั้น ซึ่งกระจายอยู่ในส่วนของขุยอ้อย และสามารถแยกเป็นเส้นใยเดี่ยวๆ ได้ง่าย นอกจากนี้ยังให้ผลผลิตเยื่อสูงกว่าเส้นใยที่ได้จากขุยอ้อยอีกด้วย

อย่างไรก็ตามในกระบวนการหีบน้ำอ้อยหลังจากแยกน้ำอ้อยออกแล้วจะเหลือส่วนของกากใยที่เป็นวัสดุเหลือทิ้ง ซึ่งประกอบด้วยเส้นใยสั้นที่ได้จากส่วนของข้ออ้อยและขุยอ้อย เส้นใยยาวที่ได้จากแกนอ้อยและเนื้ออ้อย ดังนั้นเยื่อชานอ้อยจึงเป็นส่วนผสมของเส้นใยสั้นจากขุยอ้อย/ข้ออ้อยและเส้นใยยาวที่ได้จากส่วนแกนหรือเนื้ออ้อย

1.2.3 ส่วนเปลือกอ้อยเป็นส่วนที่อยู่นอกสุดของต้นอ้อย เป็นส่วนซึ่งบางที่สุด แต่มีความหนาแน่นสูงมากประกอบด้วยไขมัน และวัสดุอื่นๆ ทำเป็นเยื่อได้ยากมีสีเข้มกว่าขุยอ้อย เปลือกนี้อาจมีสีแดงหรือสีเขียว ส่วนเปลือกอ้อยนี้มีประมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักต้นอ้อยอบแห้ง ละลายได้ช้าและไม่สมบูรณ์ในระหว่างการต้มเยื่อ ถ้าไม่แยกออกพร้อมกับการแยกขุยอ้อยจะทำให้เกิดจุดดำๆ ในเยื่อ ด้วยเหตุที่ส่วนเปลือก

อ้อยไม่ใช่เส้นใย ส่วนมากแยกออกได้โดยวิธี wet depith ถ้ายังคงมีจุดดำๆ ในเยื่อตกค้างอยู่ก็สามารถแยกโดยเครื่องทำความสะอาดแบบ centrifugal cleaner เพราะว่าเซลล์ผิวนอกมีความหนาแน่นสูงหรือแยกออกได้โดยการฟอกแบบหลายขั้นตอน

1.3 การแยกขุยอ้อย (depithing)

ก่อนนำชานอ้อยไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นเยื่อสำหรับทำกระดาษ จำเป็นต้องมีการแยกขุยอ้อยออกเสียก่อน เพื่อให้ได้เยื่อที่มีคุณภาพดีและสิ้นเปลืองสารเคมีน้อย ได้มีการศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมในการแยกขุยอ้อยมาอย่างต่อเนื่องยาวนานจนถึงปัจจุบันนับระยะเวลาได้ 60 ปีได้มีการตีพิมพ์การปรับปรุงวิธีการแยกขุยอ้อย ในเอกสารต่างๆ มากมาย โดยเริ่มต้นครั้งแรกเมื่อต้นปี ค.ศ. 1940 นายเวลล์และนายแอ็คชิสัน (Well & Atchison) ได้พัฒนาการแยกขุยอ้อยให้ง่ายขึ้น แต่ใช้ได้เฉพาะในห้องปฏิบัติการและโรงงานต้นแบบเท่านั้น ไม่สามารถพัฒนาไปถึงขั้นอุตสาหกรรมได้ จนกระทั่งต้นปี ค.ศ.1950 จึงสามารถปรับปรุงวิธีการแยกขุยอ้อยและการต้มเยื่อชานอ้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนำวิธีการแยกขุยอ้อยไปใช้ในทางการค้าได้ พร้อมทั้งมีการสรุปว่าการแยกขุยอ้อยตามวิธีดั้งเดิม ซึ่งเป็นวิธีการแยกแบบแห้ง (dry method) ซึ่งจะทำการแยกขุยอ้อยออก ในขณะที่ชานอ้อยมีน้ำหนักแห้งประมาณร้อยละ 75-90 นั้น ไม่มีประสิทธิภาพและได้มีการปรับปรุงวิธีการแยกขุยอ้อยเป็น 2 แบบ คือ วิธีการแยกขุยอ้อยแบบชื้น (moist method) ซึ่งจะทำการแยกขุยอ้อยออกในขณะที่ชานอ้อยมีความชื้นสูงมากประมาณร้อยละ 40-50 หรือคิดเป็นน้ำหนักแห้งร้อยละ 50-60 การแยกขุยอ้อยวิธีนี้จะกระทำที่โรงงานน้ำตาล หลังการหีบน้ำอ้อยออกแล้ว และอีกวิธีหนึ่งคือวิธีแยกขุยอ้อยแบบเปียก (wet method) ซึ่งจะทำการแยกขุยอ้อยออกในขณะที่ชานอ้อยมีน้ำหนักแห้งร้อยละ 10-18 เป็นวิธีการแยกขุยอ้อยออกที่นิยมใช้ในโรงผลิตเยื่อเพื่อนำชานอ้อยที่ผ่านการแยกขุยออกแล้วเข้าสู่หม้อต้มเยื่อ ซึ่งวิธีการนี้สามารถนำไปใช้ในทางการค้าได้อย่างสมบูรณ์ในปลายปี ค.ศ. 1950

เยื่อกระดาษที่ได้จะมีคุณภาพดีหรือไม่ จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแยกขุยอ้อยออกจากชานอ้อยเป็นสำคัญ ถ้าสามารถแยกขุยอ้อยออกได้หมดจะได้เยื่อคุณภาพดี การแยกขุยอ้อยในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 วิธี คือ

1.3.1 <u>การแยกขุยแบบแห้ง</u> (dry depithing) เป็นวิธีแยกขุยอ้อยหลังการทำให้แห้ง ในโกดังหรือหลังการทำให้แห้งที่ร้อยละ 70-90 ของน้ำหนักชานอ้อยอบแห้ง วิธีนี้เป็นวิธีการแยกขุยอ้อยที่โรงงานผลิตเยื่อกระดาษ นิยมใช้มากที่สุดในระยะเริ่มต้นจนถึงช่วงปลายปี ค.ศ. 1950 ในปัจจุบันไม่นิยมใช้การแยกขุยอ้อยด้วยวิธีนี้

1.3.2 <u>การแยกขุยแบบชื้น</u> (moist depithing) เป็นวิธีที่ใช้แยกขุยอ้อยในโรงงานน้ำตาลหลังการบีบน้ำอ้อยออกแล้ว ชานอ้อยจะถูกแยกขุยอ้อยออกในสภาวะที่มีความชื้นสูงประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักชานอ้อยอบแห้ง วิธีนี้มักนิยมใช้ในโรงงานน้ำตาลมากกว่าในโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ

1.3.3 <u>การแยกขุยแบบเปียก</u> (wet depithing) การแยกขุยอ้อยแบบเปียกนี้จะนิยมทำในโรงผลิตเยื่อ วิธีนี้ชานอ้อยจะถูกทำให้เปียกน้ำโดยมีความข้น (consistency) ร้อยละ 10-18 ก่อนเข้าเครื่องแยกขุยอ้อยและเมื่อออกจากเครื่องแยกขุยอ้อยมีความข้นร้อยละ 16-22 วิธีนี้สามารถแยกได้ทั้งขุยอ้อยและสิ่งสกปรก

เป็นการทำความสะอาดและแยกขุยของชานอ้อยครั้งสุดท้ายก่อนเข้าสู่หม้อต้มเยื่อ

1.3.4 การแยกขุยแบบผสม (combination methods) มีผู้เชี่ยวชาญการผลิตเยื่อจากชานอ้อยหลายคนพบว่าการใช้วิธีเปียกทำให้ได้เส้นใยสะอาดว่าวิธีอื่น แต่ถ้าขุยอ้อยที่ต้องการแยกนั้นมีปริมาณมากจะดำเนินการได้ยากและไม่สามารถใช้วิธีแบบเปียกนี้แต่เพียงลำพังในทางการค้าได้ ขณะเดียวกันก็พบว่าวิธีแยกขุยแบบชื้น เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในเชิงพาณิชย์ แม้ว่าจะไม่ใช่วิธีที่ให้เส้นใยที่ดีที่สุดก็ตาม ในปลายปี ค.ศ. 1950 ได้มีการสรุปผลการศึกษาวิธีการแยกขุยอ้อยว่า การแยกขุยอ้อยควรใช้ร่วมกันอย่างน้อย 2 วิธี โดยใช้วิธีการแยกขุยแบบแห้งหรือแบบชื้นเป็นขั้นตอนแรกแล้วตามด้วยแบบเปียกเป็นขั้นตอนสุดท้าย

ชานอ้อยที่ผ่านการแยกขุยออกแล้ว (depithed bagasse) นำไปผ่านกระบวนการผลิตเยื่อและกระบวนการฟอกเยื่อ สำหรับกระบวนการฟอกเยื่อจะมีหลายแบบ ซึ่งมีทั้งระบบการฟอกแบบดั้งเดิมที่ใช้ก๊าซคลอรีนคือแบบปราศจากธาตุคลอรีน (elemental chlorine free) และแบบปราศจากคลอรีน (total chlorine free) ในรายงานการวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการฟอกแบบปราศจากธาตุคลอรีน โดยมีลำดับการฟอกเป็นแบบ D-(EO)-D และแบบ D-(EOP)-D ซึ่งเป็นกระบวนการฟอกจริงในโรงงานผลิตเยื่อฟอกขาวจากชานอ้อยของบริษัทฯ

กระบวนการฟอกเยื่อแบบปราศจากธาตุคลอรีน แบบ D-(EO)-D และ แบบ D-(EOP)-D มีการใช้สารเคมีหลายชนิด เช่น ก๊าซออกซิเจน คลอรีนไดออกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น โดยขั้นตอนการฟอกจะเรียกชื่อตามสารเคมีใช้และใช้เป็นสัญลักษณ์เพื่อเรียกชื่อแทนขั้นตอนการฟอก ดังนี้

สัญลักษณ์	ขั้นตอนการฟอก	สารเคมี
D	ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (chlorine dioxide)	ClO_2
E	ขั้นการสกัดด้วยด่าง (alkaline extraction)	NaOH
EO	ขั้นการสกัดด้วยด่างโดยมีก๊าซออกซิเจนร่วมด้วย (extraction with oxygen)	NaOH, O_2
EOP	ขั้นการสกัดด้วยด่างโดยมีการใช้ก๊าซออกซิเจนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมด้วย (extraction with oxygen and hydrogen peroxide)	NaOH, O_2, H_2O_2

ทั้งนี้บริษัทฯ ผู้นำส่งตัวอย่างต้องการให้ได้เยื่อฟอกขาวที่ผลิตจากชานอ้อยมีค่าความขาวสว่างอยู่ที่ระดับร้อยละประมาณ 83 - 85

1.4 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อชานอ้อยฟอกขาวจากแหล่งวัตถุดิบทางภาคกลางตอนเหนือของประเทศไทย

1.5 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

เพื่อให้การศึกษาวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ จึงวางแผนเพื่อกำหนดขอบเขตการดำเนินงานดังนี้

1.5.1 ศึกษาองค์ประกอบของชานอ้อย

1.5.2 ศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อโซดาชานอ้อยด้วยกระบวนการต้มเยื่อโซดา (Soda process)

1.5.3 ศึกษาวิจัยการฟอกเยื่อโซดาชานอ้อยแบบปราศจากธาตุคลอรีน (Elemental Chlorine Free; ECF) เป็นการฟอกแบบ 3 ขั้นตอน มีรูปแบบการฟอกเป็น แบบ D-(EO)-D และ แบบ D-(EOP)-D

1.5.4 ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางเชิงกลของเยื่อโซดาชานอ้อยก่อนและหลังการฟอกเยื่อ

1.6 ระยะเวลาของการศึกษาวิจัย มกราคม 2541 - ตุลาคม 2541

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.7.1 บริษัทอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษไทย จำกัด ซึ่งเป็นผู้นำส่งตัวอย่างชานอ้อย สามารถนำผลการทดลองไปใช้ในโรงผลิตเยื่อฟอกขาวชานอ้อย เนื่องจากข้อมูลที่ได้สามารถปรับเข้าสู่กระบวนการผลิตในโรงงานได้โดยตรง

1.7.2 เจ้าหน้าที่ของกลุ่มวิจัยและพัฒนา 3 กองการวิจัย ได้ประสบการณ์เพิ่มขึ้นในการผลิตเยื่อชานอ้อยฟอกขาวด้วยกระบวนการผลิตเยื่อแบบปราศจากธาตุคลอรีน

1.7.3 เป็นการเพิ่มมูลค่าและใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จากแหล่งวัตถุดิบดังกล่าว

บทที่ 2

วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

บริษัทอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษไทย จำกัด ส่งตัวอย่างชานอ้อยให้กรมวิทยาศาสตร์บริการ ดำเนินการในเดือน มกราคม 2541 มีน้ำหนักประมาณ 20 กิโลกรัม และมีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 48

2.2 เครื่องมือ

2.2.1 หม้อต้มทรงกระบอก (autoclave)

2.2.2 เครื่องกระจายเยื่อ (disintegrator)

2.2.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก (balance)

2.2.4 เครื่องคัดแยกขนาด (vibratory flat screen)

2.2.4 เครื่องบดเยื่อ (beater) แบบ PFI-mill

2.2.5 เครื่องทำแผ่นทดสอบมาตรฐาน (standard handsheet machine)

2.2.6 กรวยกรองแบบแก้ว (fritted glass buchner funnel)

2.2.7 เครื่องทดสอบการอุ้มน้ำของเยื่อ (freeness tester)

2.2.8 ชุดทดสอบน้ำหนักมาตรฐาน (basis weight)

2.2.9 เครื่องทดสอบความหนา (thickness tester)

2.2.10 เครื่องทดสอบความต้านแรงดึงขาด (tensile tester)

2.2.11 เครื่องทดสอบความต้านแรงฉีกขาด (tear tester)

2.2.12 เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุ (burst tester)

2.2.13 เครื่องทดสอบความชื้น (moisture balance)

2.2.14 เครื่องวัดความขาวสว่าง (brightness tester)

2.2.15 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

2.2.16 เครื่องดูดสูญญากาศ (vacuum pump)

2.2.17 เครื่องให้ความร้อนด้วยโพลีเอทีลีนไกลคอล (polyethyleneglycol bath)

2.3 สารเคมี

2.3.1 คลอรีนไดออกไซด์ (chlorine dioxide)

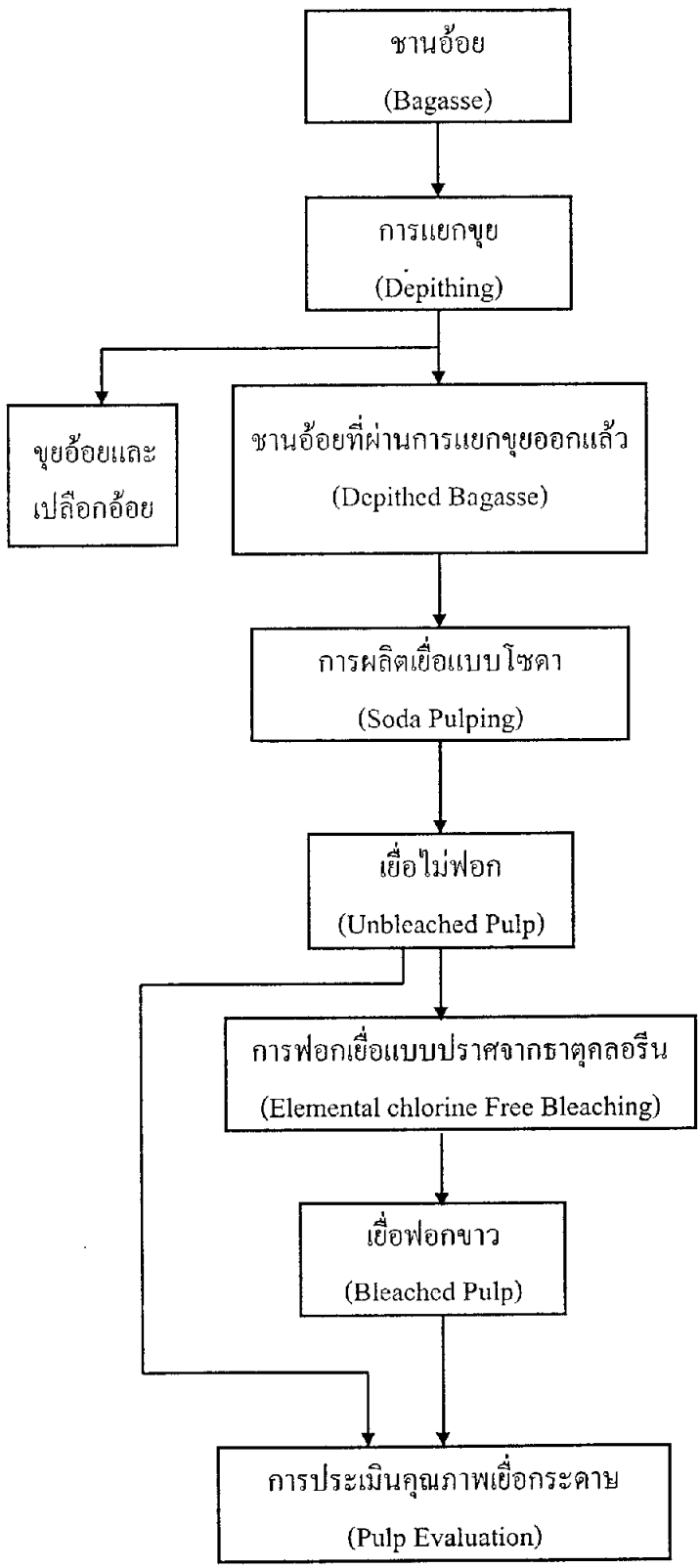
2.3.2 กรดซัลฟูริค (sulphuric acid)

2.3.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide)

2.3.4 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide)

2.3.5 ก๊าซออกซิเจน (oxygen gas)

แผนผังแสดงการผลิตเยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาว



2.4 วิธีการทดลอง

2.4.1 ศึกษาองค์ประกอบของชานอ้อย

นำตัวอย่างชานอ้อย (raw bagasse) ที่ได้รับจากบริษัทฯ มาทำการการแยกขุยอ้อยและเปลือกอ้อยโดยใช้วิธีการแยก 2 วิธีต่อเนื่องกันตามลำดับ คือ

- วิธีแยกขุยอ้อยแบบแห้ง (dry depithing)
- วิธีแยกขุยอ้อยแบบเปียก (wet depithing)

<u>วิธีแยกขุยอ้อยแบบแห้ง</u>

2.4.1.1 การแยกขุยอ้อยและเปลือกออกจากชานอ้อยด้วยวิธีแบบแห้ง ดำเนินการดังนี้

2.4.1.1.1 นำกากชานอ้อยที่ได้รับจากโรงงานไปตากแห้งในบรรยากาศ จนกระทั่งมีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 10

2.4.1.1.2 ชั่งน้ำหนักชานอ้อย 2000 กรัมน้ำหนักอบแห้ง แล้วร่อนแยกขุยอ้อยและเปลือกอ้อย โดยผ่านตะแกรง # 40 mesh จะสามารถแยกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- ส่วนที่ 1 ค้างอยู่บนตะแกรงจะเป็นส่วนของมัดเส้นใย เปลือกอ้อย และขุยอ้อยปนกันอยู่
- ส่วนที่ 2 ลอดตะแกรงลงไปด้านล่างจะเป็นขุยอ้อยละเอียด นำไปชั่งหาน้ำหนักแล้วแบ่งหาปริมาณความชื้น เพื่อทราบน้ำหนักที่แน่นอน

<u>วิธีแยกขุยอ้อยแบบเปียก</u>

2.4.1.2 การแยกขุยอ้อยและเปลือกอ้อยออกจากชานอ้อยด้วยวิธีแบบเปียก ดำเนินการดังนี้

2.4.1.2.1 ใช้ชานอ้อยที่ได้จาก ส่วนที่ 1 ข้อ 2.4.1.1.2 หนัก 1900 กรัมน้ำหนักอบแห้ง แช่เปียกในน้ำที่ความข้นร้อยละ 0.2 ทิ้งไว้เป็นเวลา 1/2 ชั่วโมง แล้วนำไปกระจายในเครื่องกระจาย เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นถ่ายลงในถังพลาสติกซึ่งมีขนาดความจุ 20 ลิตร แล้วปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานาน 30 นาที

2.4.1.2.2 เมื่อครบกำหนดเวลา ชานอ้อยในถังจะสามารถแยกได้เป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่ลอยอยู่บนผิว ส่วนที่แขวนลอย และส่วนที่จมอยู่ก้นถัง ทำการแยกส่วนต่างๆ ออกจากกัน ดังนี้

- <u>ส่วนที่ลอยอยู่ผิวบน</u>จะเป็นเปลือกอ้อยใช้ตระแกรงขนาด # 40 mesh ตักออกแล้วนำไปตากแห้ง ชั่งหาน้ำหนัก แบ่งหาปริมาณความชื้น เพื่อทราบน้ำหนักที่แน่นอน
- <u>ส่วนที่แขวนลอย</u>ในน้ำจะเป็นส่วนของมัดเส้นใย แยกออกโดยใช้ตะแกรงขนาด # 40 mesh ตักออก ใช้น้ำฉีดล้างตะแกรงเล็กน้อยเพื่อให้ขุยอ้อยที่ ติดอยู่หลุดออกไป เก็บน้ำส่วนนี้ไว้สำหรับกรองแยกขุยอ้อยออก แล้วนำส่วนของกลุ่มเส้นใยไปตากแห้งในบรรยากาศ หลัง

จากนั้นชั่งหาน้ำหนัก และแบ่งหาปริมาณความชื้น แล้วคำนวณหาน้ำหนักเป็นร้อยละของชานอ้อยอบแห้งเริ่มต้น เก็บชานอ้อยส่วนที่แยกขุยออกแล้ว (depithed bagasse) นี้ไว้ใช้เป็นวัตถุดิบ ในการต้มเยื่อต่อไป

- ส่วนที่จมอยู่ก้นถัง ส่วนใหญ่จะเป็นขุยอ้อยที่อุ้มน้ำจนอิ่มตัวแล้วจมลงลงสู่ก้นถัง นอกจากนี้ยังมีเม็ดทรายผสมอยู่บ้างเล็กน้อย แยกขุยอ้อยออกโดยกวนส่วนผสม ในน้ำเล็กน้อยเพื่อให้ขุยอ้อยกระจายตัวขึ้นมาจากก้นถัง แล้วดูดน้ำออกจนเหลือ แต่ทรายที่อยู่ก้นถัง นำส่วนของน้ำขุยอ้อยไปรวมกับน้ำขุยอ้อยที่แยกได้จากข้อ 2.4.1.2.2 แล้วจึงนำไปกรองบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักหาปริมาณความชื้นเพื่อทราบน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำน้ำหนักของขุยอ้อยที่ได้จากวิธีแยกแบบเปียกนี้ไปรวมกับน้ำหนักขุยอ้อยที่ได้จากวิธีแบบแห้ง จากข้อ 2.4.1.1.2 คำนวณหาน้ำหนักของแต่ละส่วนที่ได้คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักชานอ้อยอบแห้งเริ่มต้น

2.4.2 ศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อโซดาชานอ้อยด้วยกระบวนการต้มเยื่อโซดา (Soda process)

2.4.2.1 การผลิตเยื่อ

2.4.2.1.1 นำชานอ้อยที่ผ่านการแยกขุยออกแล้ว (depithed bagasse) ซึ่งต่อไปนี้ในรายงานการศึกษาวิจัยนี้จะขอเรียกสั้นๆ ว่า "ชานอ้อย" มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อ โดยใช้กระบวนการผลิตเยื่อเคมีแบบโซดา ชั่งชานอ้อยหนัก 1000 กรัมน้ำหนักอบแห้งบรรจุลงในหม้อต้มทรงกระบอก (autoclave) แล้วเทส่วนผสมของน้ำยาต้มเยื่อตามสภาวะการทดลองที่กำหนด

สภาวะการต้มเยื่อ	
โซเดียมไฮดรอกไซด์, ร้อยละของน้ำหนักชานอ้อยอบแห้ง	15.5
อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มเยื่อ (cooking temperature), องศาเซลเซียส	175
เวลาที่ใช้ในการปรับอุณหภูมิถึง 175 องศาเซลเซียส (raising time to temperature), นาที	60
เวลาที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส (cooking time), นาที	22
อัตราส่วนชานอ้อยต่อน้ำ (wood : liquor ratio)	1:5

ปิดฝาหม้อต้มทรงกระบอกแล้วอัดอากาศให้มีความดัน 3.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นปล่อยอากาศออกจากหม้อต้มทรงกระบอก แล้วใส่ลงในเครื่องให้ความร้อนด้วยโพลีเอทีลีนไกลคอล

โดยที่หม้อทรงกระบอก ถูกติดตั้งอยู่บนเพลาซึ่งหมุนตลอดเวลา โดยควบคุมอุณหภูมิและเวลาตามสภาวะการทดลองที่กำหนด

2.4.2.1.2 เมื่อต้มครบกำหนดเวลาแล้ว นำหม้อต้มลงแช่ในน้ำเย็นประมาณ 3 นาที แล้วเทน้ำดำออก เก็บน้ำดำไว้เพื่อวิเคราะห์หา ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป (chemical consumption) ในการต้มเยื่อ

2.4.2.1.3 นำเยื่อที่ได้มาล้างให้สะอาดด้วยน้ำประปา แล้วนำไปกระจายเพื่อให้เส้นใยแยกออกจากกันเป็นเวลา 3 นาที ในเครื่องกระจายเยื่อ (LW disintegrator) แล้วนำไปร่อนคัดกากด้วยเครื่องคัดแยกขนาด (vibratory flat screen) ขนาดร่อง 0.008 นิ้ว เพื่อแยกกากเยื่อหรือส่วนที่ต้มไม่สุก (rejected yield) ออกจากผลผลิตเยื่อ (accepted yield) นำเยื่อที่ได้ไปวิเคราะห์ ดังนี้

1. ผลผลิตเยื่อ (total yield ; accepted and rejected yield)
2. Kappa number เพื่อหาปริมาณลิกนินในเยื่อ (total lignin in pulp) ตามมาตรฐาน Tappi T 236
3. ความขาวสว่าง โดยแบ่งเยื่อไปทำแผ่นทดสอบความขาวสว่างตามมาตรฐาน Scan C11-75 ซึ่งเป็นสมบัติทางด้านทัศนศาสตร์ แล้ววัดค่าความขาวสว่างด้วยเครื่อง Elropho 2000 ตามมาตรฐาน ISO 2470

2.4.3 ศึกษาวิจัยการฟอกเยื่อโซดาชานอ้อยแบบปราศจากธาตุคลอรีน (Elemental Chlorine Free; ECF) เป็นการฟอก 3 ขั้นตอน มีรูปแบบการฟอกเป็นแบบ D_1-(EO)-D_2 และแบบ D_1-(EOP)-D_2

นำเยื่อโซดาชานอ้อยมาฟอกสีให้ขาวขึ้น โดยใช้กระบวนการฟอกเยื่อแบบปราศจากธาตุคลอรีนเป็นแบบ 3 ขั้นตอน ซึ่งเรียงลำดับขั้นตอนการฟอก ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (D_1)
ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการสกัดด้วยด่าง (E)
ขั้นตอนที่ 3 ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (D_2)

ดังนั้นลักษณะการฟอกจะมีลำดับในขั้นตอนการฟอกเป็นแบบ D_1-E-D_2

สำหรับการฟอกในขั้นการสกัดด้วยด่าง จะมีความแตกต่างกันตามชนิดของสารเคมีที่ใช้ร่วมด้วย ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

<u>รูปแบบที่ 1</u> เป็นการฟอกแบบ EO
<u>รูปแบบที่ 2</u> เป็นการฟอกแบบ EOP

ในแบบที่ 1 จะมีการใช้สารเคมี 2 ชนิดคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์และก๊าซออกซิเจน ส่วนแบบที่ 2 จะมีการใช้สารเคมี 3 ชนิดคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ก๊าซออกซิเจน และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งในการฟอกจะเป็นการศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่เติมลงในขั้นการสกัดด้วยด่างที่มีออกซิเจนร่วมด้วย ปริมาณการใช้สารเคมีในขั้นตอนต่างๆ ทั้ง 2 รูปแบบ มีดังนี้

หมายเหตุ ในการทดลองได้ใช้ปริมาณสารเคมี ตามสภาวะการผลิตเยื่อฟอกขาวจากชานอ้อย ซึ่งกำหนดโดยบริษัทอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษไทย จำกัด เช่น กำหนดการใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ในขั้นการสกัดด้วยด่างคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักเยื่อออบแห้ง เท่ากับ 2.0 เป็นต้น

ขั้นตอนการฟอก	ปริมาณสารเคมี, ร้อยละของน้ำหนักเยื่อออบแห้ง	
	D_1-(EO)-D_2	D_1-(EOP)-D_2
1. ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ในขั้น D_1	1.1	1.1
2. ขั้นการสกัดด้วยด่าง		
โซเดียมไฮดรอกไซด์	2.0	2.0
ออกซิเจน	excess	excess
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	-	0.3
3. คลอรีนไดออกไซด์ในขั้น D_2	0.4	0.4

การฟอกเยื่อแบบ D_1-(EO)-D_2 และ D_1-(EOP)-D_2

- การฟอกเยื่อทั้ง 2 รูปแบบ จะดำเนินการทดลองเหมือนกัน ในขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (D_1 และ D_2) ส่วนในขั้นการสกัดด้วยด่างจะแตกต่างกันตรงที่มีการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้าร่วมด้วย

2.4.3.1 ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (D_1)

2.4.3.1.1 ชั่งเยื่อโซดาชานอ้อยหนัก 250 กรัมน้ำหนักอบแห้ง แล้วบรรจุเยื่อลงในถุงพลาสติกทนความร้อน แล้วเติมสารละลายของคลอรีนไดออกไซด์ (ในรูปของแอกทีฟคลอรีน) ร้อยละ 1.1 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง ปรับความข้นของน้ำเยื่อให้ได้เท่ากับร้อยละ 10 (เป็นความข้นของน้ำเยื่อตามสภาวะการฟอกเยื่อของบริษัทฯ ซึ่งถ้าเปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลกระทบต่อระบบการผลิตเยื่อ) คลุกเคล้าให้เข้ากันดี ปิดปากถุงให้แน่น นำไปแช่ลงในอ่างน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิคงที่ไว้ที่ 55 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที ระหว่างช่วงเวลาฟอกให้นำถุงเยื่อขึ้นมานวดเพื่อคลุกเคล้าเยื่อและน้ำยาฟอกให้เข้ากันดี เป็นครั้งคราว เพื่อให้ปฏิกิริยาการฟอกเยื่อเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ โดยมีสภาวะการฟอกในขั้น D_1 ดังนี้

สภาวะการฟอกขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (D_1)	
คลอรีนไดออกไซด์ (ในรูปแอกทีฟคลอรีน), ร้อยละของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	1.1
ความข้นของน้ำเยื่อ, ร้อยละ	10
อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส	55
เวลาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส, นาที	60

2.4.3.1.2 เมื่อครบกำหนดเวลา 60 นาที นำถุงเยื่อออกมาแล้ว แยกน้ำออกจากเยื่อโดยใช้กรวยกรองแบบแก้ว (fritted glass buchner funnel) ล้างเยื่อที่ค้างอยู่บนกรวยให้สะอาด นำเยื่อที่ได้ไปหาความ

ชั้นเพื่อคำนวณหาผลผลิตเยื่อ แล้วนำเยื่อ D_1 ที่ได้ แบ่งทดสอบหาค่า kappa และความขาวสว่าง หลังจากนั้นนำเยื่อไปทำการฟอกในขั้นการสกัดด้วยด่าง

2.4.3.2 ขั้นการสกัดด้วยด่าง

2.4.3.2.1 นำเยื่อที่ผ่านการฟอกในขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (D_1) มาชั่งให้มีน้ำหนักเท่ากับ 200 กรัมน้ำหนักเยื่ออบแห้ง แล้วบรรจุในถุงพลาสติก เติมปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2.0 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง โดยมีสภาวะการทดลอง ดังนี้

สภาวะการฟอกในขั้นการสกัดด้วยด่าง		
รูปแบบ	EO	EOP
โซเดียมไฮดรอกไซด์, ร้อยละของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	2.0	2.0
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, ร้อยละของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	-	0.3
ความข้นของน้ำเยื่อ (consistency), ร้อยละ	10	10
อุณหภูมิ,องศาเซลเซียส	75	75
เวลาที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส, นาที	90	90
ปริมาณออกซิเจน, อัดก๊าซออกซิเจนที่ 3.0 kg/cm^2 นาน 3 นาที หลังจาก evacuated ที่ - 400 mbar	excess	excess

2.4.3.2.2 หลังจากเติมปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วปรับความข้นของน้ำเยื่อให้ได้ร้อยละ 10 คลุกเคล้าเยื่อให้สม่ำเสมอแล้ว ถ่ายเยื่อจากถุงพลาสติกลงในหม้อต้มทรงกระบอกขนาดบรรจุ 2.5 ลิตร ปิดฝาแล้วใช้ตู้อบสูญญากาศดูดอากาศออกที่ - 400 มิลลิบาร์ จากนั้นอัดก๊าซออกซิเจนให้มีความดัน 3.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรลงไปในหม้อต้มทรงกระบอกนาน 3 นาที แล้วนำหม้อต้มทรงกระบอก ใส่ลงในเครื่องให้ความร้อนด้วยโพลีเอทีลีนไกลคอล โดยที่หม้อต้มทรงกระบอก ติดตั้งอยู่บนเพลาซึ่งหมุนตลอดเวลา ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 75 องศาเซลเซียส ปิดฝาเครื่องให้ความร้อน

2.4.3.2.3 เมื่อครบกำหนดเวลานำหม้อต้มทรงกระบอกออกจากเครื่องให้ความร้อน เปิดฝาของหม้อต้มทรงกระบอก เทเยื่อออก กรองเยื่อที่ได้ด้วยกรวยกรองแบบแก้วเพื่อแยกส่วนที่เป็นของเหลวและเยื่อออกจากกัน

2.4.3.2.4 ส่วนที่เป็นของเหลวนำไปวิเคราะห์ เพื่อคำนวณหาความสิ้นเปลืองของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป

2.4.3.2.5 ล้างเยื่อให้สะอาด แล้วนำเยื่อที่ผ่านการฟอกทั้ง 2 รูปแบบ คือ รูปแบบ EO และ EOP เรียกเยื่อที่ได้นี้ว่าเยื่อ D_1(EO) และเยื่อ D_1(EOP) ตามลำดับ (เป็นเยื่อผ่านการฟอกขั้นคลอรีนไดออกไซด์ก่อนแล้วฟอกต่อด้วยขั้นการสกัดด้วยด่าง) ไปหาความชื้นเพื่อคำนวณหาผลผลิตเยื่อ แบ่งทดสอบหาค่า kappa number และความขาวสว่าง หลังจากนั้นนำเยื่อไปทำการฟอกต่อในขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (D_2)

2.4.3.3 ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (D_2)

2.4.3.3.1 นำเยื่อ D_1(EO) และ D_1(EOP) ที่ได้ไปฟอกต่อด้วยคลอรีนไดออกไซด์ (D_2) โดยดำเนินการทดลองเหมือนข้อ 2.4.3.1 แต่ใช้ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ (ในรูปแอกทีฟคลอรีน) ร้อยละ 0.4 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง โดยมีสภาวะการฟอก ดังนี้

สภาวะการฟอกขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (D_2)	
คลอรีนไดออกไซด์ (ในรูปแอกทีฟคลอรีน), ร้อยละของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	0.4
ความข้นของน้ำเยื่อ, ร้อยละ	10
อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส	75
เวลาที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส, นาที	240

2.4.3.3.2 ล้างเยื่อให้สะอาด นำเยื่อ D_1(EO)D_2 และ D_1(EOP)D_2 ที่ได้ไปวิเคราะห์ ดังนี้

1. ผลผลิตเยื่อ (total yield ; accepted and rejected yield)
2. Kappa number เพื่อหาปริมาณลิกนินในเยื่อ (total lignin in pulp) ตามมาตรฐาน Tappi T 236
3. ความขาวสว่าง โดยแบ่งเยื่อไปทำแผ่นทดสอบความขาวสว่างตามมาตรฐาน Scan C11-75 ซึ่งเป็นสมบัติทางด้านทัศนศาสตร์ แล้ววัดค่าความขาวสว่างด้วยเครื่อง Elropho 2000 ตามมาตรฐาน ISO 2470

2.4.4 ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางเชิงกลของเยื่อโซดาชานอ้อยก่อนและหลังการฟอกเยื่อ

การประเมินคุณภาพเยื่อ

นำเยื่อโซดาชานอ้อยก่อนฟอก และเยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาว ไปทำแผ่นทดสอบตามมาตรฐาน Tappi T 205 โดยบดเยื่อด้วยเครื่องบดแบบ PFI mill ตามมาตรฐาน Tappi T 248 เพื่อทดสอบสมบัติทางเชิงกล ดังนี้

- ความต้านแรงดึงขาด ตามมาตรฐาน Tappi T 404
- ความต้านแรงฉีกขาด ตามมาตรฐาน Tappi T 414
- ความต้านแรงดันทะลุ ตามมาตรฐาน Tappi T 403

ในการทดสอบสมบัติทางเชิงกลและทางทัศนศาสตร์ ของแผ่นทดสอบมาตรฐานที่เตรียมได้ จะต้องเก็บแผ่นทดสอบไว้ในห้องควบคุมสภาวะการทดสอบเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ก่อนการทำการทดสอบ

สภาวะการทดสอบ : อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส 27 ± 1

ความชื้นสัมพัทธ์, ร้อยละ 65 ± 2

บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 ศึกษาองค์ประกอบของชานอ้อย

การศึกษาองค์ประกอบของชานอ้อยใช้วิธีการแยกขุยอ้อย เปลือกอ้อยและมัดเส้นใยเป็น 2 วิธีร่วมกันอย่างต่อเนื่องด้วยวิธีการแยกขุยแบบแห้ง (dry depithing) และการแยกขุยแบบเปียก (wet depithing) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบของชานอ้อยที่แยกได้ด้วยวิธีการแยกขุยแบบแห้งและการแยกขุยแบบเปียก

องค์ประกอบของชานอ้อย	น้ำหนักชานอ้อยเริ่มต้น, ร้อยละ
มัดเส้นใย	58.8
ขุยอ้อย	13.7
เปลือกอ้อย	18.8
ทราย	0.04
ส่วนที่สูญหายไป	8.66

1. ผลการใช้วิธีการแยกขุยอ้อยทั้งแบบแห้งและแบบเปียกร่วมกันอย่างต่อเนื่องพบว่าตัวอย่างชานอ้อยมีมัดเส้นใยที่สามารถนำไปผลิตเป็นเยื่อโซดาชานอ้อยได้ คิดเป็นร้อยละ 58.8 ของน้ำหนักชานอ้อยเริ่มต้น ส่วนปริมาณขุยอ้อยและเปลือกอ้อยมีปริมาณร้อยละ 13.7 และ 18.8 ของน้ำหนักชานอ้อยเริ่มต้น ตามลำดับ

2. จากปริมาณของมัดเส้นใยและขุยอ้อย ที่แยกได้ สามารถนำไปคำนวณหาอัตราส่วนของเส้นใยต่อขุยอ้อย ได้ดังนี้ Fiber : Pith ratio = 58.8 : 13.7

= 4.3 : 1

3.2 ศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อโซดาชานอ้อยด้วยกระบวนการต้มเยื่อโซดา (soda process)

การต้มเยื่อชานอ้อยที่ผ่านการแยกขุยแล้วด้วยกระบวนการโซดา (soda process) โดยใช้ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15.5 ของน้ำหนักชานอ้อยที่แยกขุยอบแห้ง ซึ่งเป็นปริมาณตามสภาวะการต้มเยื่อของบริษัทฯ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 . แสดงสมบัติของเยื่อโซดาชานอ้อยและปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อ

สมบัติของเยื่อโซดาชานอ้อย	
ผลผลิตเยื่อ, ร้อยละของน้ำหนักชานอ้อยอบแห้ง	53.9
กากเยื่อ, ร้อยละ	1.1
ความขาวสว่าง, ร้อยละ	38.0
ค่า kappa number, หน่วย	15.5
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, ร้อยละของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติม	76.7
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, กิโลกรัมต่อตันของชานอ้อยอบแห้ง	115
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, กิโลกรัมต่อตันเยื่อ	213

ผลการทดลองพบว่า การต้มเยื่อตามสภาวะที่กำหนด ให้ผลผลิตเยื่อโซดาชานอ้อยเท่ากับร้อยละ 53.9 ของน้ำหนักชานอ้อยอบแห้ง เยื่อที่ได้มีค่า kappa number เท่ากับ 15.5 และในการผลิตเยื่อชานอ้อย 1 ตัน จะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 213 กิโลกรัม

หมายเหตุ ค่า kappa number ที่ได้ภายหลังการต้มเยื่อเท่ากับ 15.5 ซึ่งเป็นผลจากการใช้สภาวะการทดลองตามข้อ 2.1.2.1.1 และถ้าค่า kappa number มีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่าที่ระดับนี้ จะส่งผลต่อปริมาณการใช้สารเคมีเพื่อแยกลิกนินออกจากเยื่อ และการเพิ่มค่าความขาวสว่างของเยื่อฟอกขาวที่ได้ ในขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (D_2)

สมบัติทางเชิงกลของเยื่อโซดาชานอ้อย แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงสมบัติทางเชิงกลของเยื่อโซดาชานอ้อย

สมบัติทางเชิงกล	เยื่อโซดาชานอ้อย		
จำนวนรอบของการบด, รอบ	0	1000	2000
การอุ้มน้ำของเยื่อ (freeness), มิลลิลิตร CSF degree	610	400	290
ดัชนีความต้านแรงดึงขาด, กิโลนิวตัน-เมตรต่อกิโลกรัม	37.3	62.7	68.9
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด, นิวตัน-ตารางเมตรต่อกิโลกรัม	7.59	6.95	6.84
ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ, กิโลพาสคัล-ตารางเมตรต่อกรัม	2.28	4.36	4.72

การต้มเยื่อโซดาชานอ้อย ตามสภาวะที่กำหนดในตารางที่ 2 ที่ระดับการบดเยื่อ 2000 รอบ พบว่าเยื่อที่ได้มีการอุ้มน้ำของเยื่อ 290 มิลลิลิตร CSF และมีค่าดัชนีความต้านแรงดึงขาด ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ เท่ากับ 68.9 กิโลนิวตัน-เมตรต่อกิโลกรัม, 6.84 นิวตัน-ตารางเมตรต่อกิโลกรัม และ 4.72 กิโลพาสคัล-ตารางเมตรต่อกรัม ตามลำดับ

ภาควิทยาศาสตร์บริการ

3.3 ศึกษาวิจัยการฟอกเยื่อโซดาชานอ้อยแบบปราศจากธาตุคลอรีน (Elemental Chlorine Free ; ECF)

การฟอกเยื่อโซดาชานอ้อยแบบปราศจากธาตุคลอรีนโดยการฟอกเป็นแบบ 3 ขั้นตอน มีรูปแบบการฟอกเป็นแบบ D_1-(EO)-D_2 และแบบ D_1-(EOP)-D_2 ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 แสดงสมบัติของเยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาวที่ได้จากการฟอกเยื่อแบบ D_1-(EO)-D_2

สมบัติของเยื่อโซดาฟอกขาว	ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ [D1]	ขั้นการสกัดด้วยด่าง (EO)	ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ [D2]	เยื่อฟอกแบบ $D_1(EO)D_2$
ผลผลิตเยื่อ, ร้อยละของน้ำหนักเยื่ออบแห้งเริ่มต้น	96.9	97.6	95.6	90.4
ปริมาณของคลอรีนไดออกไซด์ที่ถูกใช้ไป, ร้อยละของปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เติม	100	-	100	-
ปริมาณของคลอรีนไดออกไซด์ที่ถูกใช้ไป, กิโลกรัมต่อตันเยื่อ	11.0	-	4.0	15.0
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, ร้อยละของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติม	-	60.0	-	-
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, กิโลกรัมต่อตันเยื่อ	-	12.0	-	12.0
ความขาวสว่าง, ร้อยละ (เริ่มต้น = 38.0)	51.3	68.8	83.4	83.4
ค่า kappa number, หน่วย (เริ่มต้น = 15.5)	7.9	1.2	0.3	0.3

การทดลองฟอกเยื่อแบบ D_1-(EO)-D_2 ให้ผลการทดลอง ดังนี้

1. ผลผลิตเยื่อในแต่ละขั้นของการฟอกเท่ากับร้อยละ 96.9, 97.6 และ 95.6 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้งตามลำดับ จะเห็นว่าเยื่อฟอกที่ได้ในแต่ละขั้นมีการสูญเสียผลผลิตเยื่อเพียงเล็กน้อย

2. ความสิ้นเปลืองปริมาณสารเคมีที่ใช้

2.1 ในขั้นคลอรีนไดออกไซด์ พบว่าคลอรีนไดออกไซด์ในเยื่อ D_1 และเยื่อ D_2 จะถูกใช้ไปในการฟอกเยื่อทั้งหมด

2.2 ในขั้นการสกัดด้วยด่างที่มีออกซิเจนร่วมด้วย (EO) จะสิ้นเปลืองโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 12.0 กิโลกรัมต่อการผลิตเยื่อ 1 ตัน

3. ค่า kappa number ของเยื่อ D_1, D_1(EO) และ $D_1(EO)D_2$ ที่ได้ในแต่ละขั้นตอนของการฟอกเท่ากับ 7.9, 1.2 และ 0.3 หน่วย ตามลำดับ

4. ค่าความขาวสว่างของเยื่อ D_1, D_1(EO) และ $D_1(EO)D_2$ ที่ได้ในแต่ละขั้นตอนของการฟอกเท่ากับร้อยละ 51.3, 68.8 และ 83.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 แสดงสมบัติของเยื่อโซดาซานอ้อยฟอกขาวที่ได้จากการฟอกเยื่อแบบ D_1-(EOP)-D_2

สมบัติของเยื่อโซดาฟอกขาว	ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (D_1)	ขั้นการสกัดด้วยด่าง (EOP)	ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ (D_2)	เยื่อฟอกแบบ D_1(EOP)D_2
ผลผลิตเยื่อ, ร้อยละของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง	96.9	97.8	95.4	90.4
ปริมาณของคลอรีนไดออกไซด์ที่ถูกใช้ไป, ร้อยละของปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เติม	100	-	100	-
ปริมาณของคลอรีนไดออกไซด์ที่ถูกใช้ไป, กิโลกรัมต่อตันเยื่อ	11.0	-	4.0	15.0
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, ร้อยละของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติม	-	69.5	-	-
ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกใช้ไป, กิโลกรัมต่อตันเยื่อ	-	13.9	-	13.9
ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ถูกใช้ไป, ร้อยละของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติม	-	100	-	-
ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ถูกใช้ไป, กิโลกรัมต่อตันเยื่อ	-	30	-	30
ความขาวสว่าง, ร้อยละ (เริ่มต้น = 38.0)	51.3	74.8	84.5	84.5
ค่า kappa number, หน่วย (เริ่มต้น = 15.5)	7.9	1.1	0.2	0.2

การทดลองฟอกเยื่อแบบ D_1-(EOP)-D_2 ให้ผลการทดลอง ดังนี้

1. ผลผลิตเยื่อในแต่ละขั้นของการฟอกเท่ากับร้อยละ 96.9, 97.8 และ 95.4 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง ตามลำดับ จะเห็นว่าเยื่อฟอกที่ได้ในแต่ละขั้นมีการสูญเสียผลผลิตเยื่อเยื่อเพียงเล็กน้อย แสดงว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติมลงไปในขั้นการสกัดด้วยด่าง ที่มีทั้งออกซิเจนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมด้วย (EOP) ไม่ทำให้ผลผลิตเยื่อลดลง

2. ความสิ้นเปลืองปริมาณสารเคมีที่ใช้

2.1 ในขั้นคลอรีนไดออกไซด์ พบว่าคลอรีนไดออกไซด์ในเยื่อ D_1 และเยื่อ D_2 จะถูกใช้ไปในการฟอกเยื่อทั้งหมด เหมือนกับการฟอกเยื่อแบบ D_1-(EO)-D_2

2.2 ในขั้นการสกัดด้วยด่าง ที่มีออกซิเจนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมด้วย (EOP) จะสิ้นเปลืองโซเดียมไฮดรอกไซด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 13.9 และ 3.0 กิโลกรัมต่อการผลิตเยื่อ 1 ตัน

3. ค่า kappa number ของเยื่อ D_1, D_1(EOP) และ D_1(EOP)D_2 ที่ได้ในแต่ละขั้นตอนของการฟอกเท่ากับ 7.9, 1.1 และ 0.2 หน่วย ตามลำดับ

4. ค่าความขาวสว่างของเยื่อ D_1, $D_1(EO)$ และ $D_1(EOP)D_2$ ที่ได้ในแต่ละขั้นตอนของการฟอกเท่ากับร้อยละ 51.3, 74.8 และ 84.5 ตามลำดับ

3.4 ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางเชิงกลของเยื่อโซดาชานอ้อยก่อนและหลังการฟอกเยื่อ

สมบัติของเยื่อโซดาชานอ้อยที่ได้ก่อนและหลังการฟอกเยื่อแบบปราศจากธาตุคลอรีน แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 6 แสดงสมบัติของเยื่อโซดาชานอ้อยที่ได้ก่อนและหลังการฟอก

สมบัติทางเชิงกล	เยื่อโซดาชานอ้อยก่อนฟอก	เยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาว	
		$D_1(EO)D_2$	$D_1(EOP)D_2$
จำนวนรอบของการบด, รอบ	2000	2000	2000
การอุ้มน้ำของเยื่อ, มิลลิลิตร CSF degree	290	280	280
ดัชนีความต้านแรงดึงขาด, กิโลนิวตัน-เมตรต่อกิโลกรัม	68.9	64.2	65.4
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด, นิวตัน-ตารางเมตรต่อกิโลกรัม	6.84	6.71	6.77
ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ, กิโลพาสคัล-ตารางเมตรต่อกรัม	4.72	4.43	4.58

ผลการทดลองพบว่าที่ระดับการบดเยื่อเดียวกัน (ที่ 2000 รอบ ด้วยเครื่องบดแบบ PFI-mill)

1. ดัชนีความต้านแรงดึงขาดของเยื่อโซดาชานอ้อยไม่ฟอก มีค่าสูงกว่าเยื่อโซดาชานอ้อย ที่ฟอกแบบ D_1-(EO)-D_2 และ D_1-(EOP)-D_2 ร้อยละ 7.3 และ 5.3 ตามลำดับ

2. ดัชนีความต้านแรงฉีกขาดของเยื่อโซดาชานอ้อยไม่ฟอก มีค่าสูงกว่าเยื่อโซดาชานอ้อย ที่ฟอกแบบ D_1-(EO)-D_2 และ D_1-(EOP)-D_2 ร้อยละ 1.9 และ 1.0 ตามลำดับ

3. ดัชนีความต้านแรงดันทะลุของเยื่อโซดาชานอ้อยไม่ฟอก มีค่าสูงกว่าเยื่อโซดาชานอ้อย ที่ฟอกแบบ D_1-(EO)-D_2 และ D_1-(EOP)-D_2 ร้อยละ 6.5 และ 3.1 ตามลำดับ

บทที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาองค์ประกอบของชานอ้อย เพื่อแยกขุยอ้อยและเปลือกอ้อยออกจากชานอ้อยโดยใช้ 2 วิธีต่อเนื่องกัน

4.1.1 การแยกขุยอ้อย โดยใช้วิธีการแยกแบบวิธีแห้งและเปียกร่วมกันอย่างต่อเนื่อง ให้ผลการแยกสรุปได้ว่า ปริมาณมัดเส้นใยที่จะนำไปใช้ผลิตเป็นเยื่อโซดาชานอ้อย สามารถแยกได้คิดเป็นร้อยละ 58.8 ของน้ำหนักชานอ้อยเริ่มต้น ปริมาณขุยอ้อยและเปลือกอ้อยแยกได้ร้อยละ 13.7 และ 18.8 ของน้ำหนักชานอ้อยเริ่มต้น ตามลำดับ จะเห็นว่าปริมาณของเปลือกอ้อยที่แยกได้มีปริมาณมากผิดปกติ ทั้งนี้เนื่องจากไม่สามารถแยกขุยอ้อยและมัดเส้นใยออกจากเปลือกอ้อยได้อย่างสมบูรณ์ ยังมีบางส่วนของมัดเส้นใยและขุยอ้อยติดอยู่กับเปลือกอ้อย และพบว่าในการแยกขุยอ้อยนี้มีน้ำหนักส่วนที่สูญหายไปคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 8.7 ของน้ำหนักชานอ้อยเริ่มต้น น้ำหนักส่วนที่หายไปเป็นเศษสกปรกที่ติดมากับชานอ้อย อันเนื่องมาจากตัวอย่างชานอ้อยที่บริษัทฯ ส่งมาจะกองรวมกันอยู่ที่พื้น ดังนั้นผลการทดลองที่ได้จึงแตกต่างกับองค์ประกอบของชานอ้อยตามรายงานทางวิชาการ[1)]

4.1.2 จากปริมาณของมัดเส้นใยและขุยอ้อย ที่แยกได้ สามารถนำไปคำนวณหาอัตราส่วนของเส้นใยต่อขุยอ้อย ได้ดังนี้ Fiber : Pith ratio = 58.8 : 13.7

= 4.3 : 1

4.2 ศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อเคมีชานอ้อยด้วยกระบวนการโซดา (Soda process)

ผลการทดลองพบว่า เยื่อโซดาชานอ้อยที่ได้มีผลผลิตเยื่อร้อยละ 53.9 ของน้ำหนักชานอ้อยอบแห้ง มีค่า kappa number เท่ากับ 15.5 โดยสิ้นเปลืองสารเคมีที่ใช้ในการผลิตคิดเป็นปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 213 กิโลกรัมต่อการผลิตเยื่อ 1 ตัน ซึ่งในการผลิตจริง โรงงานสามารถลดปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปได้อีกประมาณร้อยละ 20 ของสภาวะที่กำหนดไว้

สมบัติทางเชิงกลของเยื่อที่ได้ เมื่อเทียบกับเอกสารรายงานทางวิชาการ[2)] ซึ่งเป็นเยื่อชานอ้อยจากแหล่งเพาะปลูกของภาคกลางตอนเหนือ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าเยื่อชานอ้อยที่ได้จากการผลิตเยื่อด้วยกระบวนการโซดา ตามสภาวะที่กำหนดในการทดลองนี้ สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษได้ดี

4.3 ศึกษาวิจัยการฟอกเยื่อโซดาชานอ้อยแบบปราศจากธาตุคลอรีน (Elemental Chlorine Free ; ECF) เป็นการฟอกแบบ 3 ขั้นตอน มีรูปแบบการฟอกเป็น แบบ D_1-(EO)-D_2 และ แบบ D-(EOP)-D_2

การฟอกเยื่อโซดาชานอ้อยแบบปราศจากธาตุคลอรีนโดยการฟอกเป็นแบบ 3 ขั้นตอน มีรูปแบบการฟอกเป็น D_1-(EO)-D_2 และแบบ D_1-(EOP)-D_2 ผลจากการทดลองพบว่า

4.3.1 ผลผลิตเยื่อ การฟอกแบบ D_1-(EO)-D_2 และ D_1-(EOP)-D_2 ให้ผลผลิตเยื่อในแต่ละขั้นของการฟอกไม่แตกต่างกันและให้ผลผลิตเยื่อสุดท้ายเท่ากัน โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 90.4 ของน้ำหนักเยื่อโซดาอบแห้งตามตารางที่ 4 และ 5 แสดงว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติมลงไปในขั้นการสกัดด้วยด่างที่มีทั้งออกซิเจนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมด้วยไม่ทำให้ผลผลิตเยื่อลดลง

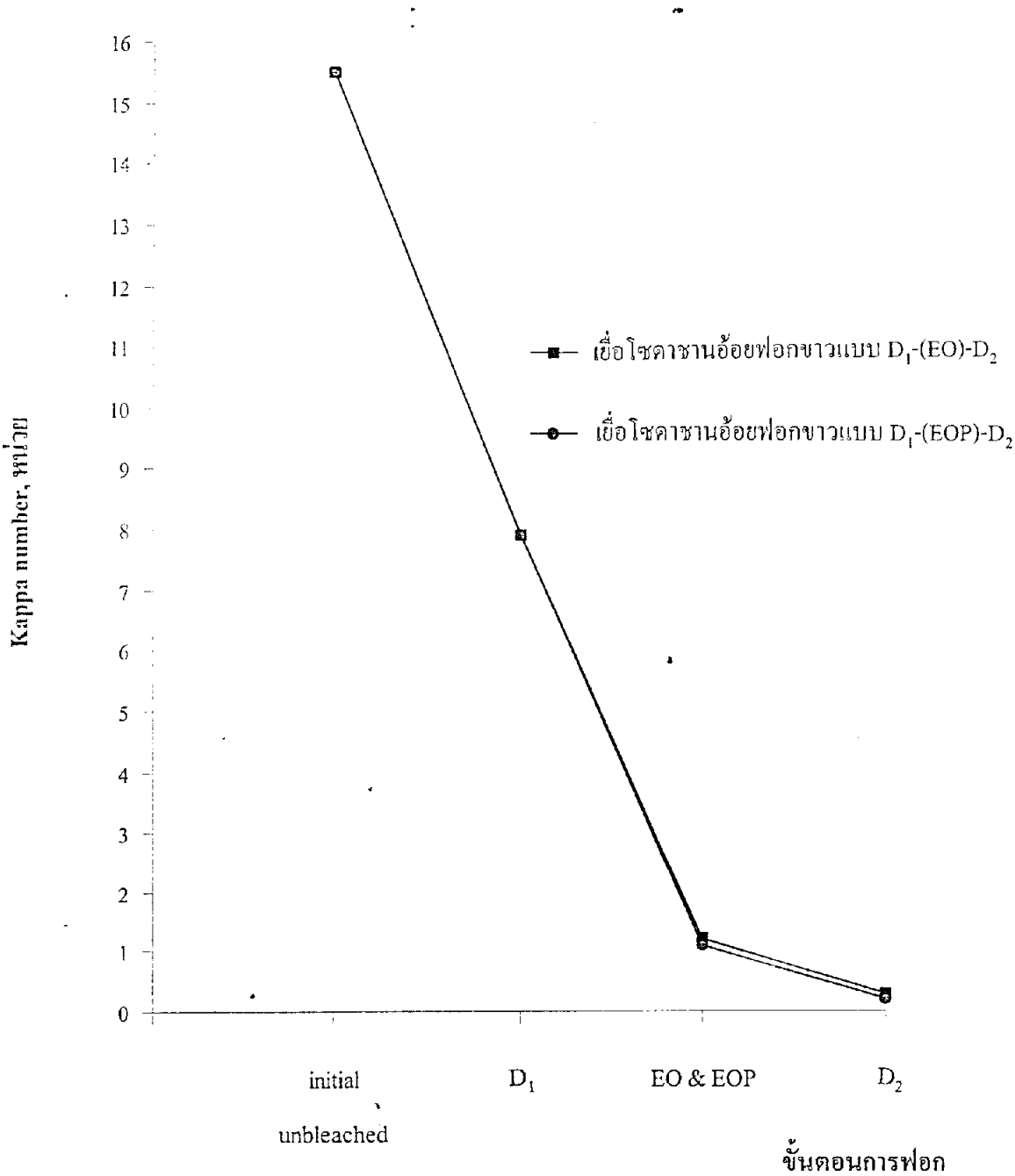
4.3.2 ความสิ้นเปลืองปริมาณสารเคมีที่ใช้

4.3.2.1 ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ การฟอกเยื่อแบบ D_1-(EO)-D_2 และ D_1-(EOP)-D_2 ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เติมลงไปจะถูกใช้ในการฟอกเยื่อจนหมด ทั้งในขั้นตอนการฟอกเยื่อ D_1 และ D_2 โดยมีปริมาณการใช้คลอรีนไดออกไซด์รวมทั้งหมด เท่ากับ 15.0 กิโลกรัม ต่อการผลิตเยื่อฟอกโซดาชานอ้อย 1 ตัน แสดงว่าปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่กำหนดไว้ เป็นระดับที่คุ้มทุนทางเศรษฐกิจมากที่สุด

4.3.2.2 ในขั้นการสกัดด้วยด่าง การฟอกในขั้นนี้จะมี 2 แบบ คือแบบที่มีออกซิเจนร่วมด้วยอย่างเดียว (EO) และแบบที่มีทั้งออกซิเจนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมด้วย (EOP) จะสิ้นเปลืองการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 12.0 และ 13.9 กิโลกรัมต่อตันเยื่อ ตามลำดับ พบว่าในเยื่อ EOP จะสิ้นเปลืองการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์สูงกว่าในเยื่อ EO ถึง 1.9 กิโลกรัมต่อตันเยื่อ อย่างไรก็ตามในการฟอกทั้ง 2 แบบนี้จะยังคงมีโซเดียมไฮดรอกไซด์เหลืออยู่ในระบบสูงถึงร้อยละ 30 ขึ้นไป แสดงว่าเราสามารถลดปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในขั้นการสกัดด้วยด่างลงได้อีกประมาณร้อยละ 30 ของสภาวะที่กำหนดไว้

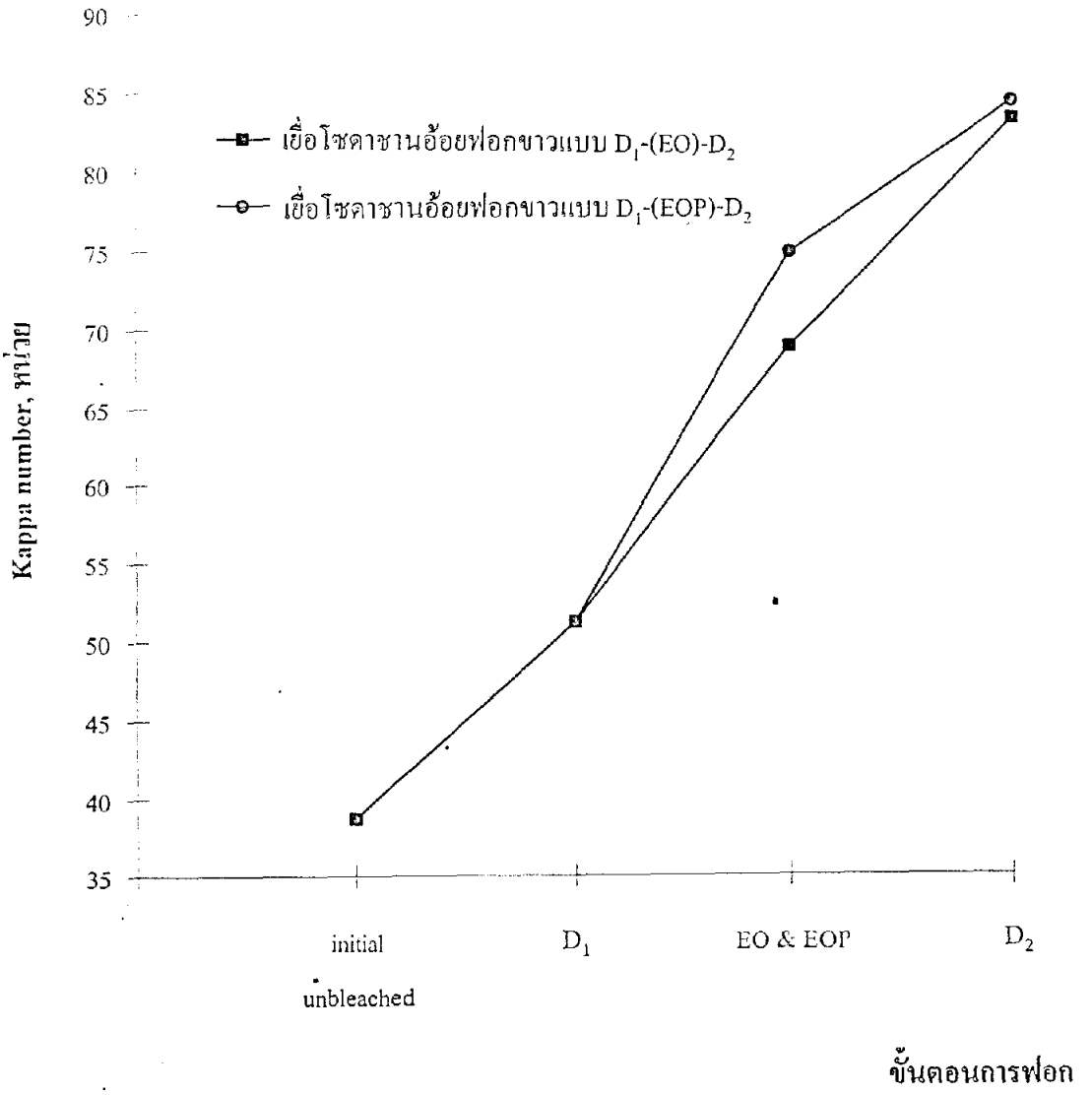
4.3.4 ค่า kappa number ของเยื่อ D_1, $D_1(EO)$ และ $D_1(EO)D_2$ มีค่าเท่ากับ 7.9, 1.2 และ 0.3 หน่วย ตามลำดับ และเยื่อ D_1, $D_1(EOP)$ และ $D_1(EOP)D_2$ มีค่าเท่ากับ 7.9, 1.1 และ 0.2 หน่วย ตามลำดับ จะเห็นว่าค่า kappa number ของเยื่อแบบ D_1-(EO)-D_2 และ $D_1(EOP)D_2$ มีความแตกต่างกันน้อยมาก แสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แสดงค่า Kappa number ของเยื่อในแต่ละขั้นตอนการฟอก



4.3.5 ค่าความขาวสว่างของเยื่อฟอก D_1, $D_1(EO)$ และ $D_1(EO)D_2$ มีค่าเท่ากับร้อยละ 51.3, 68.8 และ 83.4 ตามลำดับ และเยื่อฟอก D_1, $D_1(EOP)$ และ $D_1(EOP)D_2$ มีค่าเท่ากับร้อยละ 51.3, 74.8 และ 84.5 ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าความขาวสว่างของเยื่อแบบ D_1-(EOP)-D_2 สูงกว่าเยื่อแบบ $D_1(EOP)D_2$ เท่ากับ 1.1 หน่วย สำหรับในขั้นการสกัดด้วยด่าง จะพบว่าค่าความขาวสว่างของเยื่อแบบ D_1-(EOP) สูงกว่าเยื่อแบบ $D_1(EOP)D_2$ ถึง 6.0 หน่วย แสดงว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติมลงไปในขั้นการสกัดด้วยด่างมีผลต่อการเพิ่มความขาวสว่างอย่างชัดเจน แสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 แสดงค่าความขาวสว่าง ของเยื่อในแต่ละขั้นตอนการฟอก

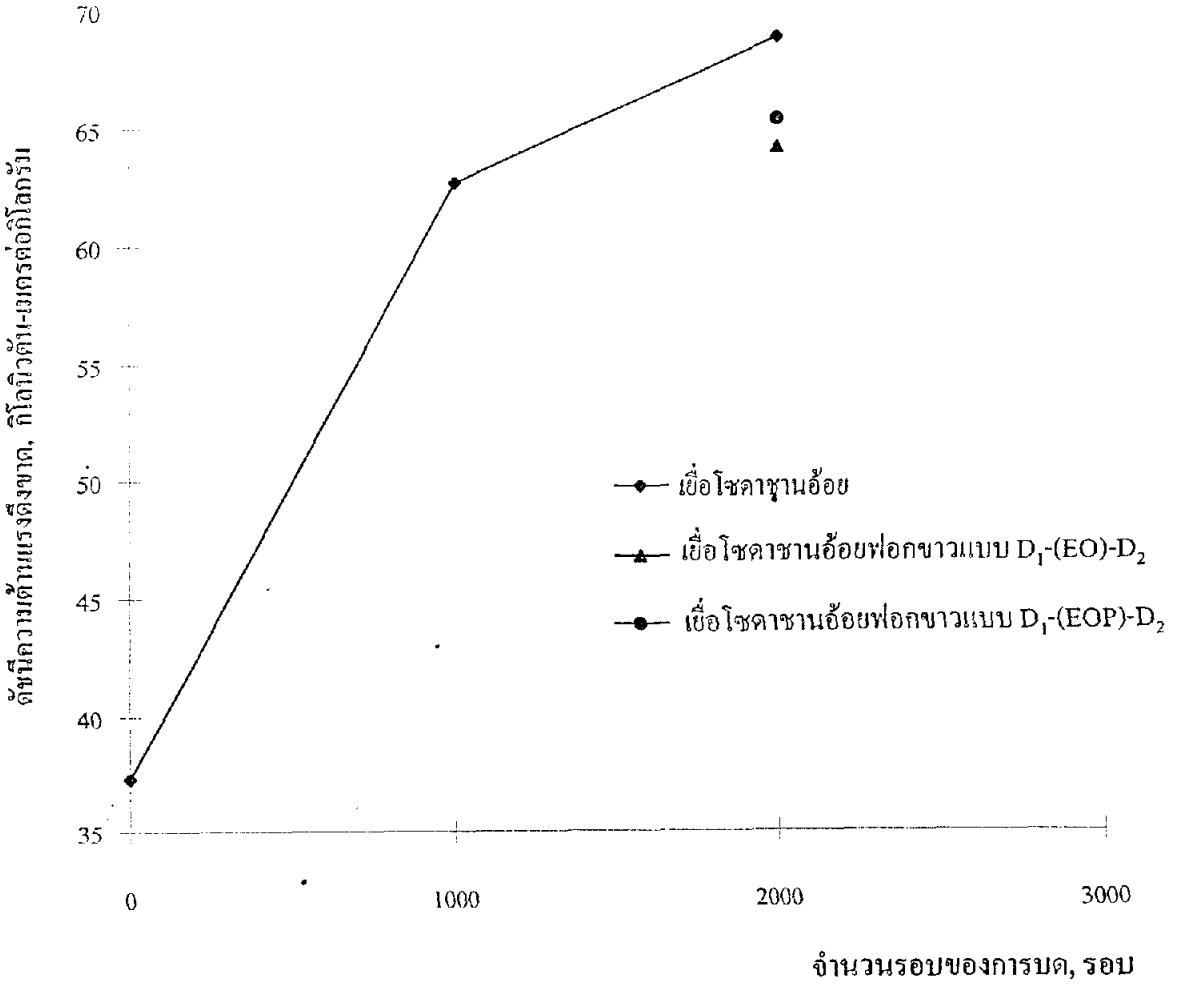


4.4 ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของเยื่อโซดาชานอ้อยที่ได้ทั้งก่อนและหลังการฟอกเยื่อ

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของเยื่อโซดาชานอ้อยที่ได้ก่อนและหลังการฟอกเยื่อ ผลการทดสอบ ณ ที่ระดับการบดเยื่อเดียวกัน (ที่ 2000 รอบ ด้วยเครื่องบดแบบ PFI-mill) จะเห็นว่า

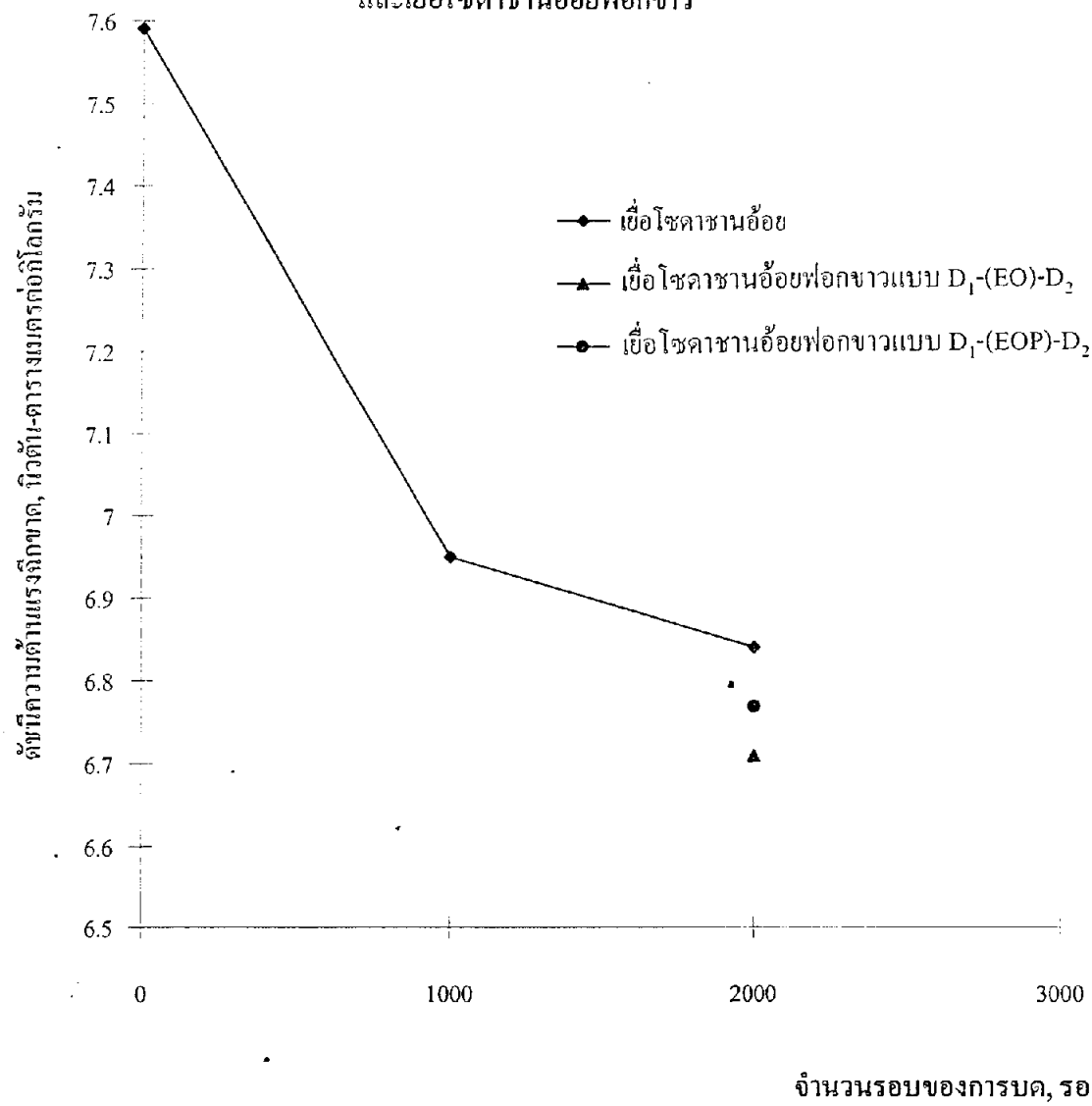
4.4.1 ดัชนีความต้านแรงดึงขาดของเยื่อโซดาชานอ้อยไม่ฟอก มีค่าสูงกว่าเยื่อโซดาชานอ้อย ที่ฟอกแบบ D_1-(EO)-D_2 และ D_1-(EOP)-D_2 ร้อยละ 7.3 และ 5.3 ตามลำดับ ตามตารางที่ 3 และ 6 แสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 3 แสดงค่าดัชนีความต้านแรงดึงขาดของเยื่อโซดาชานอ้อย และเยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาว



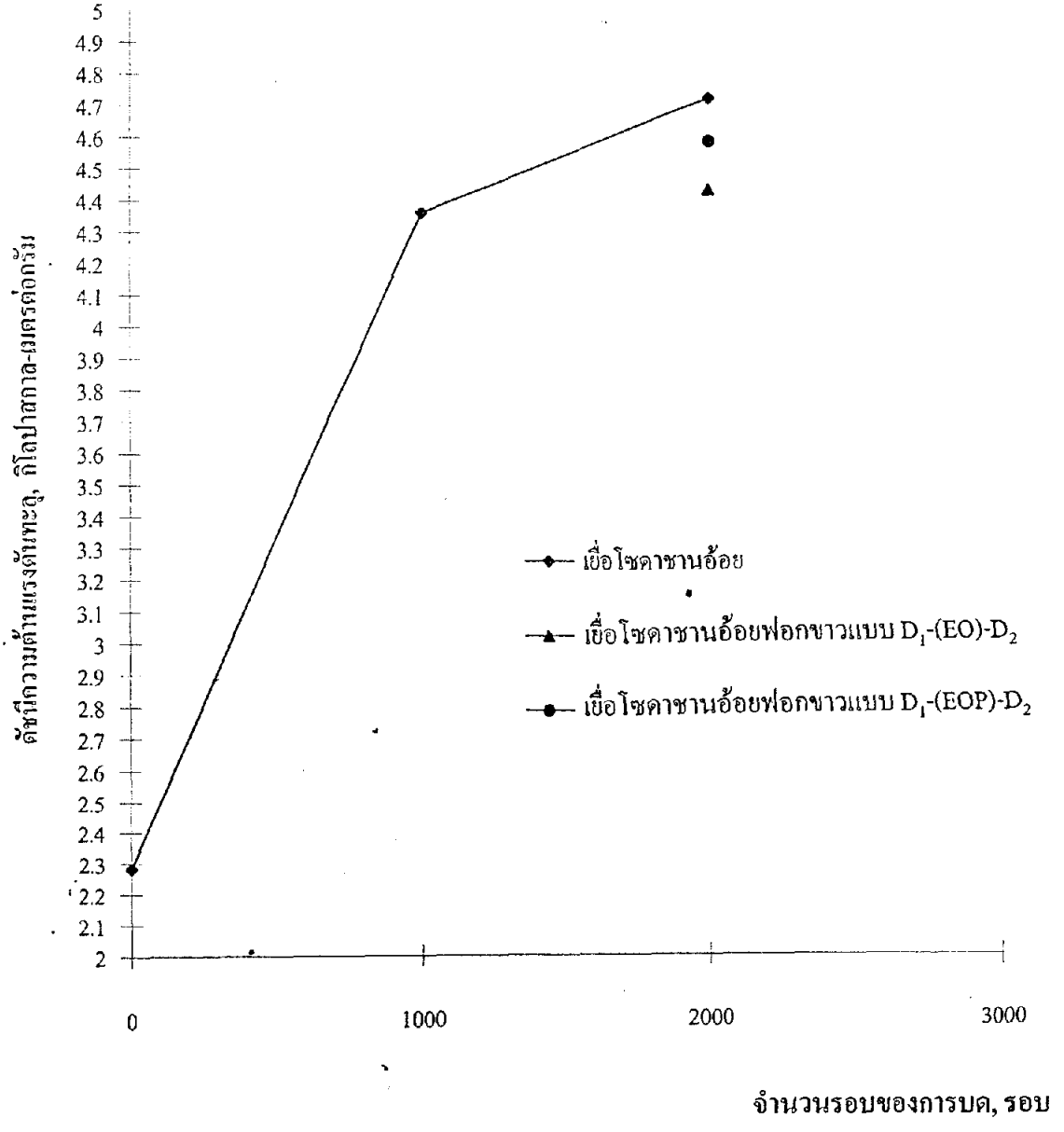
4.4.2 ดัชนีความต้านแรงฉีกขาดของเยื่อโซดาชานอ้อยไม่ฟอก มีค่าสูงกว่าเยื่อโซดาชานอ้อย ที่ฟอกแบบ D_1-(EO)-D_2 และ D_1-(EOP)-D_2 ร้อยละ 1.9 และ 1.0 ตามลำดับ ตามตารางที่ 3 และ 6 แสดงในภาพที่ 4

ภาพที่ 4 แสดงค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดของเยื่อโซดาชานอ้อย และเยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาว



4.4.3 ดัชนีความต้นแรงดันทะลุของเยื่อโซดาชานอ้อยไม่ฟอก มีค่าสูงกว่าเยื่อโซดาชานอ้อย ที่ฟอกแบบ D_1-(EO)-D_2 และ D_1-(EOP)-D_2 ร้อยละ 6.5 และ 3.1 ตามลำดับ ตามตารางที่ 3 และ 6 แสดงในภาพที่ 5

ภาพที่ 5 แสดงค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุของเยื่อโซดาชานอ้อย และเยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาว



4.4.4 สมบัติทางเชิงกลของเยื่อเคมีแบบโซดา เมื่อผ่านกระบวนการฟอกแล้ว เยื่อฟอกที่ได้จะมีสมบัติทางเชิงกลลดลงเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อเปรียบเทียบสมบัติเยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาวทั้งแบบ D_1-(EO)-D_2 และแบบ D_1-(EOP)-D_2 แล้ว จะเห็นว่าสมบัติทางเชิงกลของเยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาวทั้ง 2 แบบ ไม่ว่าจะเป็นความต้านแรงดึงขาด ความต้านแรงฉีกขาด และความต้านแรงดันทะลุ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติมลงไปในปริมาณ 3.0 กิโลกรัมต่อตันเยื่อในขั้นการสกัดด้วยด่าง ที่มีออกซิเจนร่วมด้วยนั้น ไม่มีผลต่อการลดสมบัติด้านความแข็งแรงของเยื่อที่ได้แต่อย่างไร

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. องค์ประกอบของชานอ้อย ตัวอย่างชานอ้อยที่ บริษัทอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษไทย จำกัด มีองค์ประกอบรวมซึ่งเป็นส่วนของ มัดเส้นใย เปลือกอ้อย และขุยอ้อย เท่ากับร้อยละ 58.8, 18.8 และ 13.7 ของน้ำหนักชานอ้อยเริ่มต้น ตามลำดับ และมีส่วนที่สูญหายซึ่งเป็นเศษสกปรกต่างๆ เท่ากับร้อยละ 8.7 และมีอัตราส่วนมัดเส้นใยต่อขุยอ้อยเท่ากับ 4.3 : 1

2. ในการผลิตเยื่อโซดาชานอ้อย มีค่า kappa number เท่ากับ 15.5 และให้ผลผลิตเยื่อร้อยละ 53.9 จะต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 213 กิโลกรัม ต่อการผลิตเยื่อแห้ง 1 ตัน โดยสมบัติทางเชิงกลของเยื่อที่ได้มีคุณภาพดี มีความแข็งแรงสูงเทียบเท่ากับเยื่อชานอ้อยที่ได้จากแหล่งผลิตเยื่อของโลก

3. การฟอกเยื่อแบบปราศจากธาตุคลอรีน ซึ่งใช้การฟอกเยื่อแบบ D_1-(EO)-D_2 และ D_1-(EOP)-D_2 พบว่า

3.1 ผลผลิตเยื่อ เยื่อฟอกแบบ D_1-(EO)-D_2 และแบบ D_1-(EOP)-D_2 ให้ผลผลิตเยื่อเท่ากัน คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักเยื่อโซดาชานอ้อยอบแห้งเท่ากับ 90.4

3.2 ความสิ้นเปลืองปริมาณสารเคมี

- ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ เยื่อฟอกทั้ง 2 รูปแบบ ใช้คลอรีนไดออกไซด์รวมทั้งหมดเท่ากับ 15.0 กิโลกรัมต่อการผลิตเยื่อฟอกโซดาชานอ้อย 1 ตัน

- ขั้นการสกัดด้วยด่าง เยื่อ EO และเยื่อ EOP ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 12.0 และ 13.9 กิโลกรัมต่อการผลิตเยื่อฟอกโซดาชานอ้อย 1 ตัน โดยเยื่อ EOP ต้องใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 3.0 กิโลกรัม ต่อการผลิตเยื่อฟอกโซดาชานอ้อย 1 ตัน

4. ค่า kappa number ของเยื่อฟอกแบบ D_1-(EO)-D_2 และ D_1-(EOP)-D_2 มีค่าเท่ากับ 0.3 และ 0.2 ตามลำดับ จะเห็นว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน

5. ความขาวสว่าง ของเยื่อฟอกแบบ D_1-(EO)-D_2 และ D_1-(EOP)-D_2 มีค่าเท่ากับ 83.4 และ 84.5 ตามลำดับ ดังนั้นถ้าต้องการค่าความขาวสว่างที่ระดับร้อยละ 83.4 ก็เลือกใช้การฟอกแบบ D_1-(EO)-D_2 แต่ถ้าต้องการให้เยื่อฟอกมีค่าความขาวสว่างสูงถึงร้อยละ 84.5 ก็ต้องเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงในขั้นการสกัดด้วยด่างในปริมาณ 3.0 กิโลกรัมต่อน้ำหนักเยื่อแห้ง 1 ตัน

6. สมบัติทางเชิงกลของเยื่อเคมีแบบโซดามีค่าสูงกว่าเยื่อที่ผ่านการฟอกทั้ง 2 รูปแบบ และเมื่อเปรียบเทียบเยื่อโซดาชานอ้อยฟอกขาวแล้ว จะเห็นว่าสมบัติทางเชิงกลของเยื่อฟอกแบบ D_1-(EOP)-D_2 และแบบ D_1-(EOP)-D_2 มีค่าไม่แตกต่างกันนัก แสดงว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติมลงไปในขั้นการสกัดด้วยด่างที่มีออกซิเจนร่วมด้วยนั้น ไม่มีผลต่อการลดสมบัติด้านความแข็งแรงของเยื่อที่ได้

7. ชานอ้อยจากแหล่งเพาะปลูกทางภาคกลางตอนเหนือ สามาถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นเยื่อกระดาษได้ดี โดยมีปริมาณและความแข็งแรงของเส้นใย อยู่ในระดับที่เหมาะสม และในการผลิตเยื่อชานอ้อยฟอกขาว 1 ตัน จะต้องใช้ชานอ้อยอบแห้งเป็นวัตถุดิบเท่ากับ 3.49 ตัน

8. ความขาวสว่างของเยื่อฟอกทั้ง 2 รูปแบบ มีค่าสูงกว่าร้อยละ 83.0 ตรงตามความต้องการของบริษัทฯ ที่จะนำชานอ้อยจากแหล่งเพาะปลูกของภาคกลางตอนเหนือ มาใช้ในการผลิตเยื่อชานอ้อยฟอกขาวแบบปราศจากธาตุคลอรีน ให้ได้เยื่อฟอกขาวมีค่าความขาวสว่างประมาณร้อยละ 83.0-85.0

คำขอบคุณ

คุณรุ่งอรุณ วัฒนวงศ์ หัวหน้ากลุ่มวิจัยและพัฒนา 3 กองการวิจัย ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำตลอดจนการตรวจสอบผลการศึกษาวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. ธีระชัย รัตนโรจน์มงคล "การนำชานอ้อยมาใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ" วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ ปีที่ 46 ฉบับที่ 144 พฤษภาคม 2540 หน้า 32-34

2. รุ่งอรุณ วัฒนวงศ์ "การผลิตกระดาษ" ความรู้เฉพาะวิชาชีพหลังการพิมพ์ 1 ศูนย์ฝึกอบรมเทคโนโลยีการพิมพ์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช พ.ศ.2538 หน้า 53-59

3. J.E. Pulp and Paper manufacture. 3rd.ed. vol.3 Atlanta : The Joint Textbook Committee of the Paper Industry, 1983. p.22-42

4. Pulp and Paper Follow-Up Seminar Mexico 1982 : Lectures presented by professor Hans W. Giertz p.19

5. Singh, A. Mechanisms of reactions of chlorine, chlorine dioxide and nitrogen dioride. Journal of Pulp and Paper Science, March, 1990, vol.16, no.2.

6. Savoie, M., and Tessier, P. Pulp bleaching. Tappi Journal, June, 1997, p.145-153.

7. Lachenal, D., Joncourt, MJ., Froment, P., and Chirat, C. Reduction of the formation of AOX during chlorine dioxide bleaching. Journal of Pulp and Paper Science, Januany, 1998, vol.24, no.1, p.14-17.

8. H.A. Simons Ltd. Simons Consulting Group, Vancouver, BC, Canada. Appita Asia vol.49, no.1, p.6-10.

9. Thomas J. McDonough. Brightness development in the final ClO_2 stages of an ECF kraft pulp bleaching sequence : modeling and effects of pulping conditions. 1996 Pulping Conference p.201-205.

10. Ljunggren, S., and E. Bergnor Gidnert. Reduced AOX and biological effects by modification of a mill ClO_2-stage. 1996 Pulping Confereng, p.207-215.

11. Douglas C. Pryke and Douglas W. Reeve. Chlorine dioxide delignification practices in Canada. 1996 Pulping Conference, p.217-235.

12. " Bleaching of Chemical Pulp " : Pulp and Paper Third Edition Vol.1 P.675-678

ภาคผนวก ก

คำร้อง บริษัทอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษไทย จำกัด

27 พ.ย. 254

Thai Pulp Paper Industry Co., Ltd.
บริษัท อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษไทย จำกัด

-1 ธ.ค. 2540

ที่ TPI 109/2540

วันที่ 27 พฤศจิกายน 2540

กรมวิทยาศาสตร์บริการ
เลขรับที่ 5041
วันที่ 27 พ.ย. 254 เวลา 16.55 น.

กองการวิจัย เลขที่ 13/4
วันที่ -1 ธ.ค. 2540 เวลา 14.30 น.

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ทำการศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อกระดาษจากชานอ้อย

เรียน อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ

สิ่งที่ส่งมาด้วย รายละเอียดของการผลิตเยื่อฟอกขาวจากชานอ้อย (เอกสารหมายเลข 1 และ 2)

เนื่องด้วย บริษัท อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษไทย จำกัด ได้ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตเยื่อกระดาษจากชานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุดจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเยื่อฟอกขาวจากชานอ้อยเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับการปฏิบัติจริงในโรงงาน

ดังนั้น บริษัทฯ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์หน่วยงานวิจัยและพัฒนา 3 กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ศึกษาวิจัยการผลิตเยื่อฟอกขาวจากชานอ้อยโดยหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อและการฟอกเยื่อ ตามรายละเอียดของการผลิตเยื่อฟอกขาวจากชานอ้อย (เอกสารหมายเลข 1 และ 2)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา ให้ความอนุเคราะห์จักเป็นพระคุณอย่างสูง

ขอแสดงความนับถือ

(นายทิพัฒน์ สุทธิวิเศษศักดิ์)
รองผู้จัดการโครงการ

เรียน รองอธิบดี (ดร.ชวลิต)
เพื่อโปรดพิจารณา
๔ ธ.ค. ๔๐

เรียน ผอ.กวจ.
เห็นควรมอบหมายให้ ดร.ชวลิต เป็นผู้ประสานงานและดำเนินการต่อไป
๔ ธ.ค. ๔๐

เรียน ผอ.กวจ.
เห็นควรมอบหมายให้ ดร.ชวลิต เป็นผู้ประสานงานและดำเนินการต่อไป
๒๘ พ.ย. ๔๐

เรียน ผอก.กว.
เสนอโครงการฯ ตามหนังสือ ดังกล่าวข้างต้น ดร.ชวลิต เป็นผู้ประสานงานและดำเนินการต่อไป
๒๘ พ.ย. ๔๐

ได้รับเงินค่าธรรมเนียมการวิเคราะห์.....ตัวอย่าง
ตัวอย่างละ.....บาท รวมเป็นเงิน 20000 บาท
ใบเสร็จเล่มที่ 2434 เลขที่ 084
.....ผู้รับเงิน
วันที่ 25 ก.ค. 41

99 อาคารเอ็มไพร์ ถนนวิทยุ แขวงลุมพินี เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10400 โทรศัพท์ (02) 6920859 - 66 แฟกซ์(02) 2470925
99 Empire Bldg., Vitayu Rd., Lumpini, Patumwan Dist., Bangkok, THAILAND 10400 Tel. +66 2 6920859 - 66 Fax +66 2 2470925

5 ธ.ค. 41

ได้รับใบเสร็จไปแล้ว

ภาคผนวก ข

คำอธิบายศัพท์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบ

1. alkali charge - หมายถึง ปริมาณด่างในน้ำยาต้มเยื่อแบบโซดา และซัลเฟต โดยระบุเป็นน้ำหนักต่อหน่วยน้ำหนักไม้หรือเป็นร้อยละ ในกระบวนการซัลเฟต อาจ ระบุ alkali charge เป็น active หรือ effective alkali ก็ได้

2. air-dry weight - น้ำหนักวัสดุแห้งเป็นน้ำหนักที่ได้เมื่อวางผึ่งเป็นเวลานานพอสมควรในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิปกติ สำหรับเยื่อกระดาษจะมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10

3. black liquor - น้ำดำจากการต้มเยื่อ มีสีน้ำตาลเข้มจนดำ ประกอบด้วยลิกนิน และสารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อ คาร์โบไฮเดรท และสารอื่น ๆ ในไม้ที่ละลายออกมา

4. cellulose - เซลลูโลส เป็น homopolymer ของหน่วย d-glucose จับตัวต่อกันตามยาวด้วย 1-4 β -glucosidic bond มีความยาวตามธรรมชาติประมาณ 10,000 หน่วย ซึ่งในระหว่างแถวมีการยึดเหนี่ยวกันโดย H-bond จนเป็นเส้นโต ประมาณ 35°A เรียกว่า elementary fibril อันเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดที่ ปรากฏเป็นเอกเทศตามธรรมชาติ เซลลูโลสมีความเป็นผลึกร้อยละ 60-80 ทนทานต่อสารเคมีโดยมีสารเคมีที่ละลายเซลลูโลสได้ไม่กี่ชนิด เช่น กรดกำมะถัน (>68%) กรดเกลือ (>41%) สังกะสีคลอไรด์ quarternary ammonium compounds และ complexing agents บางตัว เช่น CuO, NH_3H_2O และ CuO-ethylene diamine-H_2O

5. consistency - ความข้นของน้ำเยื่อ คิดเป็นอัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักเยื่ออบแห้งในน้ำเยื่อ

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

เนื่องจากน้ำเยื่อมิได้เป็นสารละลายแท้จริง (true solution) จึงควรเรียก consistency ว่า "ความข้น" แทนคำว่าความเข้มข้น ซึ่งหมายถึง concentration ของ true solution ในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษแบ่งความข้นเป็น 3 ระดับ คือ low consistency (0-6 %), medium consistency (6-20 %), และ high consis-tency (20-40 %)

6. kappa number - เป็นดัชนีบ่งชี้ปริมาณลิกนินที่เหลือในเยื่อ หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรของด่างทับทิมเข้มข้น 0.1 N ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับเยื่อแห้ง 1 กรัม ตามสภาวะที่กำหนด ตามมาตรฐาน kappa number มีสหสัมพันธ์ที่ดีกับ klason lignin เฉพาะในช่วงที่ผลิตเยื่อต่ำกว่าร้อยละ 70 เท่านั้น

7. lignin - เป็น polymer อสัณฐานประกอบด้วย phenyl propane unit เฉลี่ยประมาณ 2500 หน่วย จับตัวกันเป็นโครงร่างข่ายสามมิติด้วย ether bond (ส่วนใหญ่เป็น phenyl-o-aryl bond) และ C-C bond ลิกนินมีความเข้มข้นสูงที่สุดในส่วนเชื่อมต่อระหว่างเส้นใย (middle lamella) ทำหน้าที่การยึดเส้นใยให้ติด อยู่ด้วยกัน ลิกนินมีคุณสมบัติเป็น thermoplastic อุณหภูมิที่อ่อนตัว (120-200°C) ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้น

8. oven-dry weight - น้ำหนักวัสดุอบแห้ง หมายถึง น้ำหนักเมื่ออบที่อุณหภูมิ 105°C จนกระทั่งน้ำหนักวัสดุไม่ลดลงอีก ในทางปฏิบัติถือว่าหากชั่งครั้งต่อไปน้ำหนักลดลงน้อยกว่าร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักชั่งครั้งก่อนก็ใช้ได้

9. pulp yieid - ผลผลิตเยื่อที่ได้จากการต้ม คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักวัตถุดิบ

10. rejects - กากที่เหลือจากการคัดเยื่อในตะแกรงหรือเซนตริคลีนเนอร์

11. screenings - ส่วนที่ค้างอยู่บนตะแกรงหรือเซนตริคลีนเนอร์

หมวดทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อ

12. beater - เครื่องบดเยื่อ เป็นคำที่ใช้เรียกเครื่องบดเยื่อมาแต่เดิม เช่น hollander beater ปัจจุบันเราเรียกเครื่องบดเยื่อ แบบกรวย (conical) หรือจาน (disk) ว่า refiner ส่วนคำว่า beater หมายถึง เครื่องบดในประเภทเดียวกับ hollander beater beater ที่ใช้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานในห้องปฏิบัติการ คือ valley beater เครื่องบดเยื่อชนิดอื่นในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ PFI mill, kollergang และ lampen mill

13. beating - หมายถึง การบดเยื่อเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ เช่น ความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ การยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใย ซึ่งมีผลให้กระดาษมีเนื้อแน่นและทนต่อแรงดึงได้สูงขึ้น แต่มีผลให้ความต้านทานแรงฉีกขาดและความทึบแสงลดลง

14. brightness - ความขาวสว่าง หมายถึง reflectivity ของแผ่นเยื่อหรือกระดาษ วัดที่ช่วงคลื่นแสง 457 nm เปรียบเทียบกับ MgO [ISO 2469-1977 (E) ใช้ perfect reflecting diffuser] โดยถือว่า MgO มี reflectivity เป็น 100% ความขาวสว่างเป็นคุณสมบัติทางกายภาพโดยแท้ ไม่สามารถบ่งบอกคุณลักษณะเกี่ยวกับสีได้ ค่าที่วัดได้จะขึ้นอยู่กับ การกระจาย (light scattering) และการดูดซับแสง (light absorption) ของเยื่อเท่านั้น ฉะนั้นความขาวสว่างจึงเป็นค่าที่มีประโยชน์อย่างยิ่งแต่เฉพาะในการระบุคุณสมบัติของเยื่อฟอก หรืออีกนัยหนึ่งการวัดผลการ

ฟอกเยื่อเท่านั้น แต่ยังไม่เพียงพอต่อการบ่งบอกความขาว (whiteness) ของกระดาษ การวัดความขาวสว่างขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ซึ่งมีหลายแบบแตกต่างกันในด้าน optical geometry เป็นสำคัญ อุปกรณ์วัดความขาวสว่างที่รู้จักกันดี ได้แก่ Elrepho, G.E. และ photovolt ค่าที่วัดได้จากเครื่องมือเหล่านี้แตกต่างกันกันเล็กน้อย แต่ไม่สามารถระบุให้ถูกต้องแน่ชัดเป็นเกณฑ์ได้ว่ามากน้อยเพียงใด

15. basis weight - น้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่มาตรฐาน มีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร เรียกกันว่ากรัมกระดาษ แต่ปัจจุบัน ISO และ TAPPI ใช้คำว่า grammage แทน basis weight โดยทั่วไปหมายถึงน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ที่เก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิและความชื้นที่ควบคุมมาตรฐานการทดสอบ สำหรับน้ำหนักมาตรฐานที่กำหนดยอมให้ค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อนได้ร้อยละ 5 ถ้าเป็นกระดาษแข็งมีน้ำหนักมาก ๆ อาจลดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเหลือเพียงร้อยละ 3

16. burst index - เหมือน burst factor แต่ปรับหน่วยเป็นระบบ SI unit รายงานค่าเป็น MN/kg หรือ kPa/g/m^2

17. freeness test - เป็นการทดสอบคุณสมบัติในการให้น้ำไหลผ่านของเยื่อดังกล่าวแล้ว ในเรื่อง drainability freeness test ที่แพร่หลายที่สุดคือ Canadian Standard Freeness ซึ่งเดิมมีจุดประสงค์เพื่อการควบคุมการบดเยื่อไม้บดเท่านั้น แต่ปัจจุบันใช้แพร่หลายมากที่สุด แม้ว่าการประยุกต์ใช้งานจริง ๆ จะมีข้อจำกัดมากก็ตาม การรายงานผลงานเป็นค่ามิลลิลิตร เช่น 400 ml. CSF.

18. tear index - โดยความหมายก็เหมือนกันกับ tear factor แต่ปรับหน่วยเป็นระบบ SI unit รายงานค่าเป็น mN/g/m^2 หรือ N/m^2/kg ซึ่งหมายถึงความต้านทานแรงฉีกขาดเป็นมิลลินิวตันของกระดาษหนัก 1 กรัมต่อตารางเมตร จึงมีความหมายที่เข้าใจได้ง่ายกว่า tear factor

20. tensile index - เหมือนกับ breaking length ในหลักการปรับหน่วยเป็นระบบ SI unit

$$\text{tensile index} = \frac{\text{tensile strength}}{\text{basis weight}}$$

รายงานค่าเป็น N.m^2/m.g หรือ kN.m/kg หมายถึงความต้านทานแรงดึงสูงสุดเป็นกิโลนิวตันของกระดาษหน้ากว้าง 1 เมตร หนัก 1 กรัมต่อตารางเมตร