# เสถียรภาพด้านความขาวสว่างและคุณลักษณะในการทำกระดาษของเยื่อชานอ้อยฟอกเมื่อเก็บรักษาที่ระดับความชื้นสูง

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้ได้พยายามที่จะศึกษาอิทธิพลของความชื้นในเยื่อชานอ้อยฟอกขาวที่มีต่อคุณลักษณะที่สำคัญของเยื่อ เช่น ความขาวสว่าง ความอุ้มน้ำ และความเหนียว ซึ่งอาจเกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาเยื่อที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 50 เป็นเวลานาน 60 วัน แนวทางการทดลองได้กำหนดขึ้นเพื่อทดสอบอิทธิพลร่วมจากปัจจัยต่าง ๆ คือ 1) ปัจจัยทางเคมี ได้แก่การล้างเยื่อหลังฟอกด้วยน้ำยากรดกำมะถันและโซเดียมซัลไฟต์ 2) ปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ความชื้นสัมพัทธ์ในระดับสูงมาก คือร้อยละ 90 และระดับปกติคือ ร้อยละ 65 และ 3) ปัจจัยที่เกี่ยวกับตัวเยื่อเอง ได้แก่การนำเยื่อจากขุย (pith) มาทดลองฟอกทดสอบอิทธิพลของปัจจัยทางเคมีตามข้อ 1) และทดสอบแนวโน้มในการกลับสีเทียบกับเยื่อจากชานอ้อยแยกขุย ทั้งนี้เพื่อสามารถคาดคะเนถึงอิทธิพลของความชื้นในเยื่อ ระยะเวลาการเก็บรักษาและอิทธิพลร่วมจากปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิด (หรืออาจเกิดขึ้น) ในการผลิตจริงต่อคุณลักษณะเยื่อดังกล่าวแล้ว

ผลการทดลองชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นที่จะต้องแยกขุยอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้เยื่อที่มีความขาวสว่างสูงและคงทน การล้างเยื่อหลังฟอกด้วยกรดกำมะถันเจือจางมีผลต่อเยื่อฟอกทั้งจากชานอ้อยแยกขุยและจากขุย แต่การล้างด้วยกรดไม่มีผลต่อการลดการสูญเสียความขาวสว่างในการทดสอบเร่งการกลับสีด้วยความร้อนชื้น (wet heat) การทดลองเก็บเยื่อฟอกจากชานอ้อยแยกขุยภายในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 พบว่าเยื่อที่มิได้ผ่านการล้างด้วยสารเคมีมีการเปลี่ยนแปลงความขาวสว่างน้อยมาก (ไม่เกิน 0.5 หน่วย) เยื่ออื่นลดลงประมาณ 1—1.5 หน่วย อย่างไรก็ตามเยื่อที่ล้างด้วยกรดยังคงมีความขาวสว่างสูงที่สุดภายหลังเวลา 61 วัน ส่วนเยื่อที่เก็บในความชื้นสัมพัทธ์ปกติ มีความขาวสว่างเปลี่ยนแปลงลดลงแต่เฉพาะเยื่อที่ล้างด้วยกรด

ในด้านคุณลักษณะในการทำกระดาษ ไม่ปรากฏว่าเยื่อสูญเสียความเหนียวแต่อย่างใดในการเก็บรักษาตลอดเวลา 61 วัน การสนองตอบของค่าความอุ้มน้ำ (drainage time) ต่อการบดมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในกรณีของเยื่อที่เก็บในความชื้นสัมพัทธ์สูง แต่จะลดลงสำหรับเยื่อที่เก็บในความชื้นสัมพัทธ์ปกติ เยื่อที่เก็บในความชื้นสัมพันธ์ปกติแห้งสนิทภายหลังเวลา 15 วัน การตรวจสอบในวันที่ 61 ไม่ปรากฏว่ามีราหรือรอยด่างเกิดขึ้น แต่เยื่อที่เก็บภายในความชื้นสูงพบว่ามีราเริ่มจากรอยด่างสีชมพูและสีน้ำตาลจางๆ ในเยื่อที่ผ่านการล้างด้วยกรดในปริมาณมากถึงร้อยละ 75 ในวันที่ 61 ส่วนเยื่ออื่น ๆ พบราดำเพียงเล็กน้อยในเยื่อเท่านั้น

ผลจากการทดลองได้ให้ข้อมูลที่ชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มในการกลับสีของเยื่อฟอกชื้น ความจำเป็นในการแยกขุยจากชานอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพ และผลของสภาพกรดด่างในเยื่อต่อการเกิดรา ข้อมูลเหล่านี้จักเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณากำหนดสภาวะการผลิตเยื่อฟอก และเป้าหมายด้านคุณภาพได้ตามสมควร

**ข้อมูลพื้นฐาน**

ประสบการณ์จากการเก็บรักษาเยื่อฟอกขาวชนิดแผ่นแห้ง พบว่าเยื่อฟอกขาวจะกลับสีภายหลังจากการอบแห้งและเข้ามัด โดยความขาวสว่างของเยื่อจะลดลงประมาณร้อยละ 1—2 G.E. ภายในเวลา 2—4 สัปดาห์ แล้วเปลี่ยนแปลงอีกเพียงเล็กน้อยหรือคงที่อยู่หลังจากนั้น แต่กรณีของเยื่อแผ่นเบียก (wet lap) ถึงแม้ว่าไม่ได้ผ่านขั้นตอนการทำให้แห้งด้วยความร้อนอันเป็นตัวเร่งการกลับสีที่สำคัญก็ตาม การกลับสีก็อาจเกิดขึ้นได้หากเก็บไว้เป็นเวลานานโดยเยื่อ

มีสภาวะทางเคมีที่ไม่เหมาะสม เช่น ล้างเยื่อไม่ดีพอ ทำให้มีคลอรีนตกค้าง สภาวะการฟอกเยื่อไม่เหมาะสม หรืออื่น ๆ รวมทั้งการที่เยื่อชานอ้อยเป็นเยื่อที่มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูง ง่ายต่อการถูกทำลายทางเคมีและเป็นเหตุของการกลับสี นอกจากนี้สภาพความชื้นสูงยังเป็นปัจจัยสำคัญในการเร่งการกลับสีอีกด้วย

การกลับสีและการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะในการทำกระดาษของเยื่อชานอ้อยฟอกในระหว่างการเก็บรักษาเยื่อที่มีความชื้นสูงถึงร้อยละ 50 หรือกว่านั้น จึงเป็นเรื่องเดาได้ยาก โดยที่คุณสมบัติดังกล่าวจะเป็นข้อกำหนดคุณภาพ (specification) ที่สำคัญของเยื่อฟอก การศึกษาทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลดังกล่าวย่อมเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการกำหนดเป้าหมายในการผลิตให้ถูกต้องและประหยัด ปัญหาอันเนื่องมาจากความชื้นในเยื่ออีกประการหนึ่งคือการเกิดราหรือการเจริญเติบโตของจุลชีวะ ซึ่งพบเสมอในการเก็บเยื่อชนิดแผ่นเปียกและก่อให้เกิดผลเสียโดยเฉพาะกับความขาวสว่าง ในทางปฏิบัติการควบคุมกระทำได้ประการเดียวคือการใช้สารเคมีควบคุม ปัญหาการสูญเสียความขาวสว่างของเยื่อฟอกเนื่องจากจุลชีวะเป็นคนละปัญหากับการกลับสีที่กล่าวถึงข้างต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยทางเคมีและกายภาพเท่านั้น การศึกษาปัญหาทั้งสองจึงไม่อาจกระทำร่วมกันได้โดยง่าย

เนื่องจากการกลับสีเป็นกระบวนการที่อาศัยระยะเวลา ในบางกรณีจึงจำเป็นต้องทดสอบแนวโน้มในการกลับสีของเยื่อฟอกโดยวิธีเร่งการกลับสีด้วยปัจจัยทางกายภาพซึ่งกระทำกันหลายวิธี เช่นวิธีอบด้วยความร้อนแห้ง (dry heat aging) วิธีอบด้วยความร้อนชื้น (wet heat aging) และวิธีใช้แสงอุลตราไวโอเลทเพื่อเลียนแบบความเปลี่ยนแปลงด้านความขาวสว่างของเยื่อหรือกระดาษตามธรรมชาติ สำหรับเยื่อฟอกที่ใช้เพื่อทำกระดาษ (paper pulp) วิธีอบด้วยความร้อนและความชื้นสัมพันธ์สูง มีสหสัมพันธ์เป็นอย่างสูงกับการกลับสีตามธรรมชาติของเยื่อภายในระยะเวลา 1—2 ปี ส่วนวิธีอื่น ๆ ไม่พบสหสัมพันธ์ที่น่าพอใจ

นอกเหนือไปจากเรื่องของความขาวสว่างแล้ว การเปลี่ยนแปลงในด้านคุณลักษณะในการทำกระดาษ เช่น การสนองตอบของเยื่อต่อการบด (beating response) การเปลี่ยนแปลงความเหนียวของเยื่อและคุณสมบัติด้าน drainage ก็ควรได้รับความสนใจ

## จุดประสงค์และขอบเขต

ศึกษาความเปลี่ยนแปลงคุณภาพเยื่อชานอ้อยฟอกขาวในด้านความขาวสว่างและคุณลักษณะในการทำกระดาษ ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะความชื้นในเยื่อประมาณร้อยละ 50 เป็นเวลา 60 วัน เพื่อแสวงหาข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณากำหนดสภาวะการผลิตและคุณภาพตามเป้าหมาย

การศึกษาทดลองนี้จะบ่งชี้ถึงความเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเยื่อที่เก็บรักษาตามสภาวะในการทดลองอันจะเป็นส่วนหนึ่งในการเก็บรักษาจริง โดยจะทำการเก็บเยื่อในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ที่อุณหภูมิปกติ พร้อมกันนี้จะได้นำปัจจัยทางเคมี ได้แก่ การล้างเยื่อหลังการฟอกด้วยกรดกำมะถันเจือจาง และน้ำยาโซเดียมซัลไฟต์เพื่อปรับปรุงเสถียรภาพของความขาวสว่างเข้ามาพิจารณาร่วมกันกับระยะเวลาการเก็บรักษาด้วย สำหรับปัจจัยทางชีวภาพซึ่งยากแก่การศึกษาและควบคุมนั้น ไม่อาจนำมาศึกษาประกอบกันในการทดลองนี้ได้ ปัจจัยนี้จึงเป็นสภาวะพื้นฐาน (background condition) และจะมีเพียงการตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นเท่านั้น

## วัตถุดิบและวิธีการทดลอง

**วัตถุดิบ** เยื่อชานอ้อยฟอกขาวที่ใช้ในการทดลองเก็บภายในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สูง เป็นเยื่อจากชานอ้อยแยกขุย ทำเป็นเยื่อด้วยกระบวนการโซดาโดยห้องปฏิบัติการของโรงงาน เยื่อก่อนฟอกมี kappa

number = 16.0 ก่อนฟอกได้ทำความสะอาดเยื่ออีกครั้งด้วยเซ็นตริคคลีนเนอร์ขนาดเล็กในห้องปฏิบัติการ ส่วนที่แยกออกเป็นทรายละเอียดมีไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนักเยื่อ

การฟอกเยื่อกระทำเป็น 4 ขั้นคือ ฟอกด้วยคลอรีน (chlorination, C) สกัดด้วยด่าง (alkali extraction, E) และฟอกด้วยไฮโปคลอไรท์ (hypochlorite, H) อีก 2 ครั้ง โดยกำหนดเป้าหมายความขาวสว่างเป็น 84° Elrepho สภาวะการฟอกเยื่อปรากฏในตารางที่ 1 การฟอกเยื่อด้วยคลอรีนใช้ถังพลาสติกโพลีเอทิลีนสีขาวขนาด 30 ลิตร จำนวน 5 ถัง ทำการฟอกในเวลาใกล้เคียงกัน ขั้นสกัดด้วยด่างทำในถุงพลาสติกแช่ในอ่างน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิ สำหรับการฟอกด้วยไฮโปคลอไรท์ ทั้งสองขั้นกระทำในถังพลาสติกเช่นเดียวกับขั้นคลอรีน การล้างเยื่อระหว่างขั้นตอนใช้น้ำประปาโดยตลอด ยกเว้นภายหลังไฮโปคลอไรท์ขั้นสุดท้าย ใช้น้ำกลั่นล้างจานจนหมดคลอรีน (ตรวจด้วย starch—iodide paper) เนื่องจากเยื่อมีปริมาณมากและอุ้มน้ำ ต้องใช้เวลาในการล้างเยื่อมากกว่าปกติ จึงจำเป็นต้องลดระยะเวลาการฟอกในขั้นไฮโปคลอไรท์ให้น้อยกว่ากำหนดเดิม และเป็นเหตุให้เยื่อฟอกมีความขาวสว่างน้อยกว่าเป้าหมายเล็กน้อยคือ 82.3° Elrepho เยื่อที่ฟอกทั้งหมดคิดเป็นน้ำหนักแห้ง 3 200 กรัม

ตารางที่ 1 การฟอกเยื่อชานอ้อยแยกขุยด้วยขั้นตอน CEHH (CEHH Bleaching of depithed bagasse pulp)

| Bleaching conditions | Bleaching sequences | | | |
|---|---|---|---|---|
| | C | E | H | H |
| Chemical charge, g/kg. pulp | 45.0 | 20.0 | 15.0 | 10.0 |
| Chemical cosumed, g/kg. pulp | 34.9 | 7.1 | 5.2 | 2.4 |
| Consistency, % | 3.5 | 8.0 | 5.0 | 5.0 |
| Reaction time, hr | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 3.5 |
| Temperature. °C | ambient | 70 | ambient | ambient |
| pH initial | 2.0 | 14.0 | 12.0 | 12.0 |
| final | — | 14.0 | 9.5 | 10.0 |
| pulp brightness, °Elrepho | — | — | — | 82.3 |

**หมายเหตุ** ปริมาณไฮโปคลอไรท์ ที่ใช้คิดเป็นกรัมของคลอรีนที่ใช้ได้ (available chlorine)

สำหรับเยื่อฟอกขาวจากขุยอ้อย (pith) เป็นเยื่อโซดาที่ต้มในห้องปฏิบัติการของกรมวิทยาศาสตร์บริการ เยื่อก่อนฟอกมีค่า kappa number = 27.6 และผลผลิตเยื่อร้อยละ 51 ฟอกเยื่อด้วยขั้นตอน CEHH ได้เยื่อที่มีความขาวสว่าง 69.3° Elrepho รายละเอียดการต้มและฟอกเยื่อจากขุยแสดงไว้ในตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 การต้มเยื่อขุยอ้อยโดยขบวนการโซดา (Soda pulping of bagasse pith)

| | | |
|---|---|---|
| **pulping data :** | weight of pith | = 0.5 kg. OD |
| | cooking liquor concentration | = 20. g. NaOH/l |
| | liquor to pith ratio | = 8 : 1 |
| | maximum temperature, C | = 170 |
| | time to/at max. temp., min | = 100/60 |
| **results :** | NaOH consumed, % on charge | = 90 |
| | total yield, % | = 51 |
| | pulp kappa number | = 27.6 |

ตารางที่ 3 การฟอกเยื่อจากขุยอ้อยโดยขั้นตอน CEHH (CEHH Bleaching of pulp from pith)

| Bleaching conditions | Bleaching sequences | | | |
|---|---|---|---|---|
| | C | E | H | H |
| Chemical charge, g/kg pulp | 62.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| Chemical consumed, g/kg pulp | 61.6 | — | 9.1 | 7.2 |
| Consistency, % | 3.0 | 7 | 5 | 5 |
| Reaction time, hr | 1.0 | 1.5 | 3 | 4 |
| Temperature, °C | ambient | 70 | ambient | ambient |
| pH initial | 2.0 | 10.0 | 10.0 | 10.5 |
| final | — | 8.0 | 9.0 | 8.5 |
| pulp brightness, °Elrepho | — | — | — | 69.3 |

**การทดลอง** การทดลองแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1. การใช้สารเคมี (chemical treatment) เยื่อที่ได้จากการฟอกถูกแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ไม่มีการใช้สารเคมี (no chemical treatment) ส่วนที่ 2 ล้างด้วยกรดกำมะถันเจือจาง และส่วนที่ 3 ล้างด้วยน้ำยาโซเดียมซัลไฟต์ การล้างทำในถังพลาสติกขนาด 50 ลิตร เมื่อผสมเยื่อกับสารเคมีจนทั่วถึง และปรับค่าความเป็นกรดด่างจนได้ตามที่ต้องการแล้ว แยกน้ำออกจากน้ำเยื่อโดยใช้เครื่องเหวี่ยง รายละเอียดของการใช้สารเคมี สำหรับเยื่อฟอกขาวจากชานอ้อยแยกขุยปรากฏในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การใช้สารเคมีปรับปรุงความขาวสว่างของเยื่อชานอ้อยฟอกขาว (Chemical treatment of bleached bagasse pulps)

| Treatment conditions | No treatment | Dilute sulphuric acid | Sodium sulphite solution |
|---|---|---|---|
| Weight of pulp, g. OD | 1 100 | 1 100 | 1 100 |
| Solution concentration | — | 0.1 N | 4% $Na_2SO_3$ |
| Quantity applied in % on pulp weight | — | 0.32 | 1.0 |
| Pulp consistency | — | 2.5 | 2.5 |
| Final pH of pulp slurry | 9.3 | 4.6 | 9.4 |

สำหรับเยื่อฟอกขาวจากขุยมิได้มีการวัดปริมาณกรดหรือน้ำยาซัลไฟต์แน่นอน แต่อาศัยการวัด pH ของน้ำเยื่อเป็นหลัก (pH 4.5 สำหรับ acid treatment และ 9.4 สำหรับ sulphite treatment)

2. การทดสอบการกลับสีโดยวิธีอบด้วยความร้อนชื้น แผ่นทดสอบที่ใช้เป็นเป็นแผ่นทดสอบขนาด 60 กรัม/ตารางเมตร ทำขึ้นตามมาตรฐาน Tappi T205 os —71 แต่เพิ่มความระมัดระวังเกี่ยวกับความสะอาดเป็นพิเศษ ด้วยการใช้น้ำกลั่นในการเตรียมแผ่นทดสอบทั้งหมดและใช้ตะแกรงสเตนเลสแทนตะแกรงบรอนซ์

ในการทดสอบ ใช้เดสิเกเตอร์แก้วบรรจุสารละลายอิ่มตัวของโซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้ได้สูงถึงร้อยละ 87 วางแผ่นทดสอบซึ่งทราบค่าความขาวสว่างและ reflectance factor (Ro, $R\infty$) แล้ว ลงในช่องรับตัวอย่าง (ทำด้วยตะแกรงสเตนเลส) ในเดสิเกเตอร์ แล้วปิดฝานำไปตั้งในตู้อบซึ่งให้ความร้อนและปรับอุณหภูมิไว้ที่ 85°C เป็นเวลา 16 ชวโมง เมื่อครบกำหนด นำแผ่นทดสอบมาเก็บในห้องทดสอบ (27°C, 65% RH) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้ววัดค่าความขาวสว่าง และ reflectance factor โดยใช้ "Elrepho" Electric Reflectance Photometer สำหรับการวัดความขาวสว่างใช้ filter R 8 (457 nm) ส่วนค่า luminous reflectance factor (Ro) และ intrinsic reflectance factor ($R\infty$) ใช้ filter FMY/C (557 nm) ค่า Ro และ $R\infty$ ที่ได้นำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายแสง (S) และดูดซับแสง (K) จากสมการของ Kubelka—Munk;

$$S = \frac{10^3.R\infty}{W(1-R^2\infty)} .\ln \frac{(1-Ro\,R\infty)}{(1-Ro/R\infty)} \quad m^2/kg$$

$$\frac{k}{s} = \frac{(1-R\infty)^2}{2\,R\infty} \quad m^2/kg$$

โดยที่ W เป็นน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษเป็น กรัม/ตารางเมตร และคำนวณหาค่า post colour number จากสมการ

$$P.C.\ no. = 100\ [\ (K/S)_t - (K/S)_o\ ]$$

โดยที่ subscripts t และ o หมายถึงค่าที่ได้ภายหลังและก่อนการทดลองเร่งอายุกระดาษตามลำดับ

3. การทดลองเก็บเยื่อฟอกที่มีความชื้นสูง เยื่อฟอกจากชานอ้อยแยกขุย ทั้งสามประเภท คือ เยื่อที่ไม่ใช้สารเคมี เยื่อที่ผ่านการใช้กรดและเยื่อที่ใช้น้ำยาซัลไฟต์ ซึ่งมีความชื้นประมาณร้อยละ 55—60 ถูกแบ่งออกเป็นประเภทละ 7 ตัวอย่าง ๆ ละ 150 กรัม กระจายเยื่อออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 2—3 เซนติเมตร

แล้วบรรจุในถุงพลาสติกที่เจาะรูขนาดเล็กโดยรอบ นำเยื่อประเภทละ 6 ตัวอย่างหรือ 6 ถุง เก็บในตู้ควบคุมความชื้น (90—92% RH) โดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตและกระดาษซับชุ่มน้ำ และอุณหภูมิ (27°C) ตัวอย่างกลุ่มนี้เรียกว่า "กลุ่ม A" หรือ "pulp A" เยื่อส่วนที่เหลืออีกประเภทละถุงคือตัวอย่าง "กลุ่ม B" หรือ "pulp B" นำไปเก็บในห้องทดสอบ (65% RH และ 27°C) ดูสรุปในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สภาวะการเก็บเยื่อฟอกขึ้น (Storage conditions for moist—bleached pulps)

| Storage conditions | no treatment | | no treatment | | no treatment | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | A | B | A | B |
| Relative humidity, % | 90—92 | 65±2 | 90—92 | 65±2 | 90—92 | 65±2 |
| Temperature, °C | 27±1 | | | | | |
| Moisture in pulp, % (A only) | 40—60 | — | 40—60 | — | 40—60 | |
| O.D. Weight of sample ,g | ——————— | | 150——————— | | | |
| Storage time, days, A | ———— | | 7, 15, 30, 45, 60———— | | | |
| B | ——————— | | 60——————— | | | |

4. การทดสอบและการวิเคราะห์ รายการทดสอบและวิเคราะห์เป็นไปตามที่แสดงในตารางที่ 6 และ 7 วิธีการวิเคราะห์ทดสอบส่วนใหญ่จะเป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบของ TAPPI หรือ SCAN มีการทดสอบบางรายการที่จำเป็นต้องปฏิบัติแตกต่างออกไปจากมาตรฐานหรือไม่อาจทดสอบให้แน่ชัดได้ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปดังนี้

4.1 การวัดค่าความขาวสว่าง ไม่สามารถใช้แผ่นทดสอบตาม SCAN C 11: 62 ทั้งนี้เพราะเยื่อจากชานอ้อยมีส่วนละเอียดมาก ซึ่งส่วนละเอียดเหล่านี้มีความขาวสว่างต่ำกว่าเยื่อ เมื่อทำแผ่นทดสอบด้วย buchner funnel มักปรากฏบนผิวแผ่นเยื่อ ทำให้ค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อนมาก ดังนั้นในการวัดความขาวสว่างจึงใช้แผ่นทดสอบขนาด 60 กรัม/ตารางเมตร ซึ่งเตรียมโดยวิธีตามข้อ 2

4.2 แม้ว่าเครื่อง Elrepho จะเป็น photometer ที่มีความแม่นยำถูกต้องสูงมาก แต่เพื่อความมั่นใจสำหรับความถูกต้องในระยะยาวตลอดการทดลองในโครงการนี้ จึงได้ใช้ barium sulphate ซึ่งเป็นมาตรฐานปฐมภูมิ (primary standard) ในการปรับตั้ง (calibration) และวัดค่าการสะท้อนแสงของ opal glass ซึ่งเป็นมาตรฐานใช้งานควบคู่กันไปทุกครั้งตลอดเวลาที่ทำการทดลอง ค่าการสะท้อนแสงของ opal glass คงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

4.3 การทดสอบ drainage time ใช้อุณหภูมิมาตรฐาน 27°C แทน 20° C ตามที่กำหนดใน Tappi T 221 su—72 ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิ 20° C ต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำปกติมาก จนกลายเป็นความไม่สะดวกในการทดสอบ อุณหภูมิน้ำโดยทั่วไปใกล้เคียงกับ 27°C ตลอดปี และได้ทำ correction factor แก้ความคลาดเคลื่อนสำหรับอุณหภูมิอื่น ๆ นอกเหนือไปจาก 27° C

4.4 การตรวจสอบจุลชีวะ กระทำโดยอาศัยการสังเกตจากภายนอกทุกวัน เมื่อครบกำหนด นำออกทดสอบ นับจำนวนชิ้นที่พบราหรือสิ่งที่คิดว่าเป็นรา เพื่อประเมินความมากน้อยของการเกิดราส่วนการตรวจสอบว่าเป็นราจริงหรือไม่ ได้ส่งตัวอย่างให้กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพเป็นผู้ดำเนินการ

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์และทดสอบเยื่อฟอกขาว (Analysis and testing of bleached pulps)

| Properties | Testing Methods |
|---|---|
| pH of hot water extract of pulp | T 253. pm—76 |
| Brightness, light scattering & absorption coefficients | SCAN M 7 : 69 |
| Pulp evaluation (PFI mill—3 levels) | T 248 pm—74 |
| Drainage time | T 221 su—72 |
| Freeness | T 227 m—58 |

ตารางที่ 7 ความถี่ในการวิเคราะห์และทดสอบ

| Properties | Frequency, days | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Brightness | 7 | 15 | 30 | 45 | 60 |
| pH of hot water extract | 7 | 15 | 30 | 45 | 60 |
| $\rho$ evaluation | | 15 | 30 | 60 | |
| Freeness & drainage time | 7 | 15 | 30 | 45 | 60 |

## ผลการทดลองและข้อวิจารณ์

1. ผลจากการใช้สารเคมี ต่อความขาวสว่างของเยื่อ การล้างเยื่อภายหลังฟอกด้วยกรดกำมะถันเจือจาง มีผลให้ความขาวสว่างของเยื่อฟอกสูงขึ้นอีกประมาณ 1.5 หน่วย ทั้งในกรณีเยื่อจากชานอ้อยแยกขุยและเยื่อแยกขุย การเพิ่มขึ้นของความขาวสว่างดังกล่าวนี้มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 การทดสอบนัยสำคัญได้กำหนดให้ความแตกต่างซึ่งอาจเกิดขึ้น ในการวัดความขาวสว่างของเยื่อตัวอย่างเดียวกันมีค่า 0.5 หน่วย (Tappi T 452 os—77) ระบุค่า repeatability และ reproducibility เป็น 0.3 และ 1.3 หน่วยตามลำดับ ดังนั้นการเพิ่มของความขาวสว่าง อันเนื่องมาจากการล้างเยื่อด้วยกรดจึงมีนัยสำคัญสูงมาก (ดูตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ผลของการใช้สารเคมีในการปรับปรุงความขาวสว่างของเยื่อฟอกขาว (Effects of chemical treatment on pulp brightness)

| Pulp/treatment | Brightness, °Elrepho | | t—statistics | Remarks on effects of treatment |
|---|---|---|---|---|
| | $\bar{X}\pm$ Sn—1 | n | | |
| **Depithed bagasse** | | | | |
| — sulphite treatment | 82.56±0.32 | 12 | —1.31 | — not significant at 90% |
| — no treatment | 82.26±0.48 | 12 | 6.29 | — significant at 99% |
| — acid treament | 83.74±0.26 | 12 | | |
| **Pith** | | | | |
| — sulphite treatment | 70.10±0.49 | 6 | 1.15 | — not significant at 90% |
| — no treatment | 69.30±0.40 | 6 | 4.07 | — significant at 99% |
| — acid treament | 70.82±0.46 | 6 | | |

2. การทดลองเร่งการกลับสีของเยื่อด้วยความร้อนชื้น ผลการทดลองเร่งการกลับสีของเยื่อเพื่อทดสอบแนวโน้มในการกลับสีเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน พบว่าเยื่อจากชานอ้อยแยกขุยมีการเกิดสีในเยื่อน้อยกว่าเยื่อฟอกแยกขุย ซึ่งเห็นได้จากค่า P.C. number (ตารางที่ 9) ความขาวสว่างของเยื่อจากชานอ้อยแยกขุยลดลงภายหลังการทดลอง ประมาณ 7 หน่วย ในขณะที่ความขาวสว่างของเยื่อจากขุยลดลง 10 หน่วย แต่มีค่า P.C. number สูงกว่าถึงสามเท่า ซึ่งส่วนใหญ่เนื่องมาจากการที่เยื่อจากขุยมีความขาวสว่างต่ำกว่า การทดลองแสดงถึงผลเสียหายของขุยต่อความคงทนของความขาวสว่างของเยื่อ

ตารางที่ 9 ผลการทดลองเร่งอายุการกลับสีด้วยความร้อนชื้นของเยื่อฟอกขาวจากชานอ้อยแยกขุยและขุยอ้อย (Wet heat aging test of bleached pulps from depithed bagasse and pith*)

| pulp/treatment | Brightness, °Elrepho | | P.C. number |
|---|---|---|---|
| | initial | after aging | |
| **Depithed bagasse** | | | |
| sulphite treatment | 82.56 | 75.66 | 1.00 |
| no treatment | 82.28 | 75.56 | 1.06 |
| acid treatment | 83.74 | 76.28 | 1.13 |
| **Pith** | | | |
| sulphite treatment | 70.10 | 60.61 | 3.33 |
| no treatment | 69.30 | 59.99 | 3.07 |
| acid treatment | 70.82 | 60.92 | 3.14 |

* 87% RH, 85 °C, 16 h.

การใช้สารเคมี ไม่มีผลต่อการช่วยการกลับสีของเยื่อ แต่อย่างไรก็ตามภายหลังการทดลองเร่งการกลับสีเยื่อที่ผ่านการใช้กรด ยังคงมีความขาวสว่างสูงที่สุด

3. อิทธิพลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความขาวสว่างของเยื่อฟอก ข้อมูลจากการทดลองในตารางที่ 10 และรูปที่ 1 ชี้ให้เห็นว่าการเก็บเยื่อชื้นภายในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สูง มีผลให้เยื่อฟอกมีความขาวสว่างลดลง ซึ่งเห็นได้ชัดในกรณีของเยื่อที่ล้างด้วยน้ำยาซัลไฟต์ และกรดกำมะถันเจือจาง สำหรับเยื่อฟอกมิได้ผ่านการใช้สารเคมี หากตัด data ของวันที่ 47 ออก พบว่าเยื่อดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงค่าความขาวสว่างน้อยที่สุด ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ในตารางที่ 10 ก. แสดงว่าความขาวสว่างของเยื่อลดลงเนื่องจากการเก็บรักษา โดยมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งหมายความว่าอิทธิพลของการเก็บรักษายังไม่ชัดเจนนัก ดังจะเห็นได้จากกรณีของเยื่อที่ไม่ได้ใช้สารเคมี

ตารางที่ 10 ความขาวสว่างของเยื่อชานอ้อยฟอกขาวเก็บในความชื้นสัมพันธ์สูง และความชื้นสัมพันธ์ปกติ
(Brightness of bleached bagasse pulps stored under high and normal relative humidity)

| Pulp/treatment | Pulp brightness, °Elrepho | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | day, 0 | 7 | 15 | 33 | 47 | 61 | (61 B) |
| Sulphite treatment | 82.56 | 81.08 | 81.60 | 81.50 | 80.50 | 81.0 | 82.42 |
| No treatment | 82.28 | 82.08 | 81.93 | 81.60 | 80.00 | 82.20 | 82.54 |
| Acid treatment | 83.74 | 82.70 | 82.24 | 82.0 | 82.18 | 82.60 | 82.90 |

**หมายเหตุ** (B) = normal relative humidity (65%RH, 27°C)

ตารางที่ 10 ก. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลในตารางที่ 10 สำหรับเยื่อ A (ไม่รวมวันที่ 47)
[(The analysis of variance of data in Table 10 for pulp A. only) (The data of the 47th day are not included)]

| Source of variation | Sum of squares | Degree of freedom | Mean square | F |
|---|---|---|---|---|
| Chemical treatment | 3.0927 | 2 | 1.546 | 10.52* |
| Storage time | 2.4442 | 4 | 0.6110 | 4.16** |
| Residual | 1.1759 | 8 | 0.01469 | — |
| Total | 6.7128 | 14 | — | — |

* นัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

** นัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

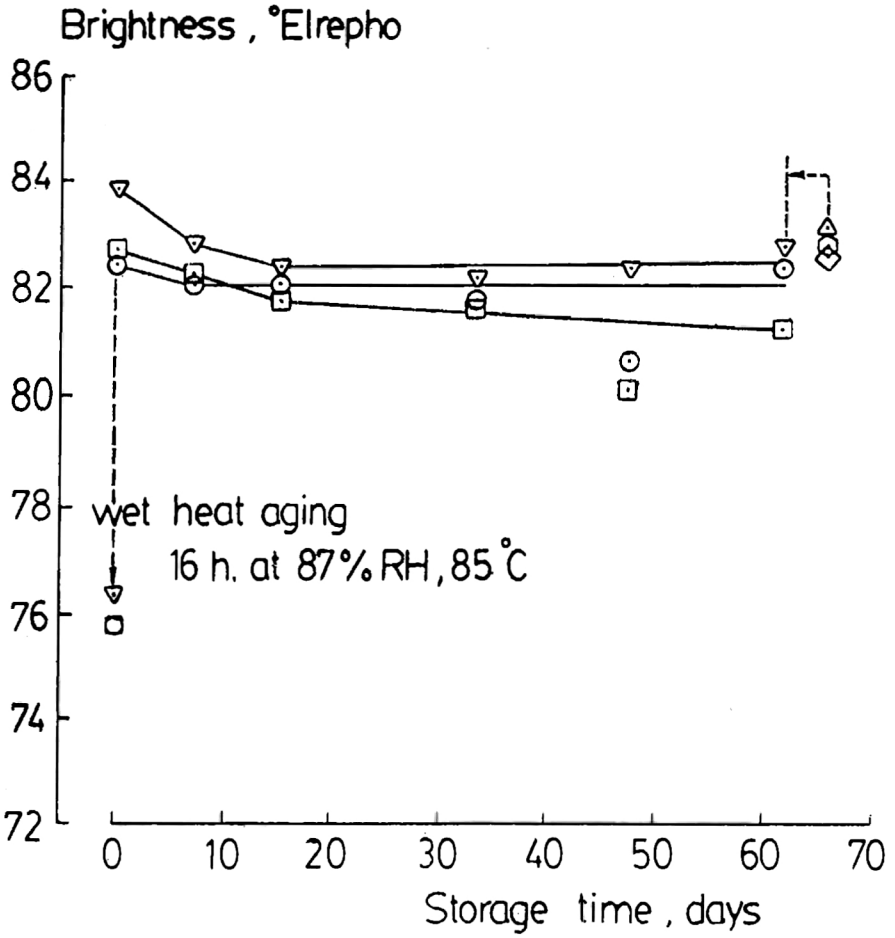


Figure 1 Brightness change during the storage of moist-bleached bagasse pulps

| | pulp A | pulp B |
|---|---|---|
| no treatment | ⊙ | ⊙ |
| sulphite treatment | ⊡ | ◇ |
| acid treatment | ▽ | △ |

เป็นการยากที่จะระบุว่าความขาวสว่างของเยื่อฟอกจากแต่ละ treatment ลดลงเท่าใด ทั้งนี้เพราะค่าที่วัดได้กระจายมาก หากจะพิจารณาจากรูปที่ 1 เยื่อฟอกจะสูญเสียความขาวสว่างมากในช่วง 7 วันแรก และจากนั้นความขาวสว่างก็มิได้เปลี่ยนแปลงมากนักหรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย ฉะนั้นหากนำค่าความขาวสว่างของเยื่อในวันที่ 7, 15, 33 และ 61 มาเฉลี่ยกันจะพบว่า เยื่อฟอกที่ล้างด้วยน้ำยาซัลไฟต์มีความขาวสว่างลดลงประมาณ 1.3 หน่วย เยื่อฟอกที่ล้างด้วยกรดลดลง 1.5 หน่วย แต่เยื่อฟอกตัวอย่างที่มิได้ผ่านการใช้สารเคมีเลย มีความขาวสว่างลดลงเพียง 0.3 หน่วยเท่านั้น จากผลที่กล่าวแล้วนี้ เป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่ง กล่าวคือเยื่อซึ่งมิได้ผ่านการใช้สารเคมีจะไม่สูญเสียความขาวสว่าง (หรือถ้ามีก็ไม่เกิน 0.5 หน่วย) ในขณะที่เยื่อฟอกที่ล้างด้วยน้ำยาซัลไฟต์มีความขาวสว่างเริ่มต้นเท่ากัน มีค่า pH ของเยื่อใกล้เคียงกัน แต่มีการสูญเสียความขาวสว่างถึง 1.3 หน่วย เมื่อเก็บในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สูง ข้อสังเกตเท่าที่มีคือเยื่อที่มิได้ผ่านการใช้สารเคมี มี pH ลดลง แต่เยื่อที่ล้างด้วยน้ำยาซัลไฟต์ยังมี pH สูงกว่า (ตารางที่ 12) แม้ว่าอิทธิพลของความเป็นกรดด่างของเยื่อต่อความขาวสว่าง เป็นสิ่งที่ทราบกันดี แต่สำหรับกรณีนี้ยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างเหมาะสม

สำหรับเยื่อกลุ่ม B ความขาวสว่างภายหลังเวลา 61 วัน มิได้ลดลงเลยในกรณีของเยื่อที่ไม่ใช้สารเคมี กับเยื่อที่ใช้น้ำยาซัลไฟต์ ส่วนเยื่อที่ผ่านการใช้กรดมีความขาวลดลงเกือบ 1 หน่วย อย่างไรก็ตามเยื่อกลุ่ม B ทั้งหมดมีความขาวสว่างสูงกว่าเยื่อกลุ่ม A ชัดเจน เฉพาะเยื่อที่ไม่ใช้สารเคมีกับเยื่อที่ใช้น้ำยาซัลไฟต์

**4. ความเปลี่ยนแปลงในด้านคุณลักษณะในการทำกระดาษ** คุณลักษณะในการทำกระดาษที่สำคัญซึ่งได้ทำการศึกษา ได้แก่ drainage characteristics และคุณสมบัติด้านความเหนียวดังจะกล่าวถึงต่อไป

4.1 Drainage characteristics สำหรับเยื่อกลุ่ม A ซึ่งเก็บรักษาในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 เป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า freeness ของเยื่อทั้งสาม treatments มิได้มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด (รูป 4b) แต่ผลการทดสอบ drainage time (รูปที่ 4a) แสดงให้เห็นว่าค่า drainage time ของเยื่อที่เก็บไว้เป็นระยะเวลานานจะมีการสนองตอบต่อการบดมากกว่าเยื่อในระยะเริ่มแรก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเยื่อที่เก็บไว้เป็นระยะเวลานานในสภาวะความชื้นสูงจะมีความต้านทานการไหลของน้ำ (drainage resistance) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเยื่อในระยะเริ่มแรกที่ผ่านการบดมาเท่า ๆ กัน

สำหรับเยื่อกลุ่ม B ซึ่งเก็บรักษาในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 เป็นเวลา 61 วันเยื่อแห้งสนิทเมื่อผ่านการตีให้กระจายหรือการบดเท่า ๆ กันกับเยื่อกลุ่ม A เยื่อกลุ่ม B จะ free กว่ากลุ่ม A โดยเห็นได้ชัดเจนจากทั้งค่า freeness และ drainage time ความแตกต่างนี้ถือเป็นสิ่งปกติธรรมดาระหว่างเยื่อแห้ง (เช่น dry lap) และเยื่อที่ไม่เคยผ่านการทำให้แห้งมาก่อน (เช่น slush pulp)

ข้อสังเกตที่สำคัญประการหนึ่งคือ เยื่อที่ผ่านการล้างด้วยกรดมีความอุ้มน้ำหรือความต้านทานการไหลของน้ำต่ำที่สุดโดยเฉพาะกลุ่ม B ซึ่งเห็นได้จากผลการทดสอบ drainage time ที่ให้ผลความแตกต่างได้ชัดเจนดีกว่าค่า freeness ในรายงานนี้ให้ความสำคัญต่อค่า drainage time มากกว่า

4.2 คุณสมบัติด้านความเหนียว การพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านความเหนียวของเยื่ออาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง ความต้านทานแรงดึงและความหนาแน่นเสมือนเพื่อใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ความเปลี่ยนแปลงด้านศักยภาพในการยึดเหนี่ยว (bonding potential) ของเยื่อและความต้านทานแรงฉีกขาดและความต้านทานแรงดึง เป็นเครื่องบ่งชี้ชี้ความเปลี่ยนแปลงที่อาจเนื่องมาจากความเสื่อมสภาพของเยื่อ

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเสมือนและความต้านทานแรงดึงของเยื่อฟอกที่เก็บในระยะเวลา 0,33 และ 61 วัน อาจแสดงได้โดยเส้นตรง

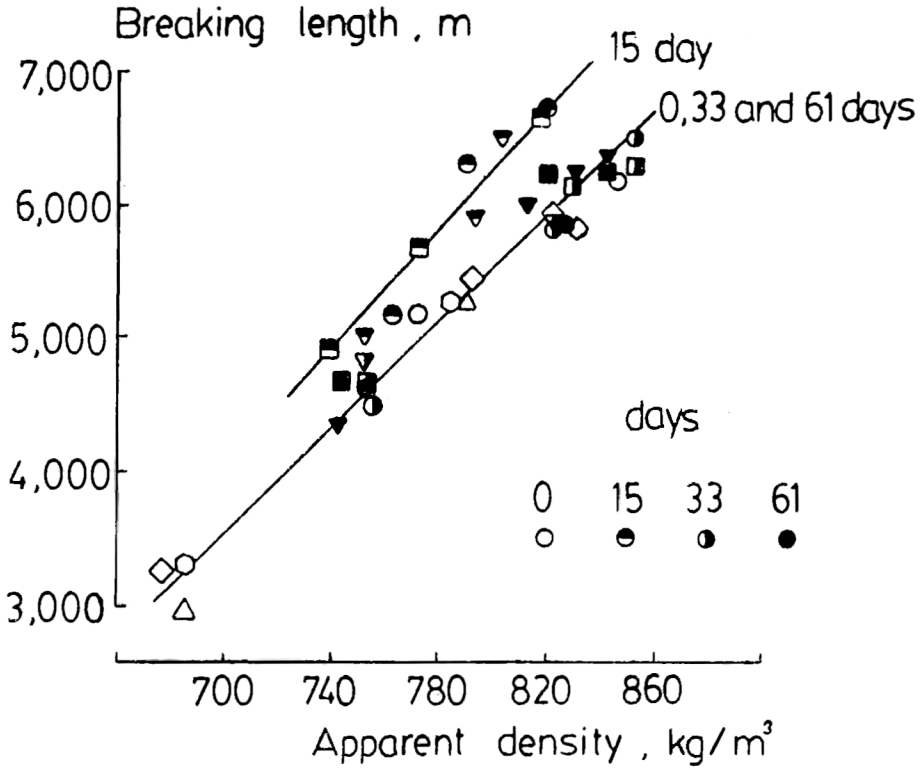


Figure 2 Apparent density VS. Breaking length

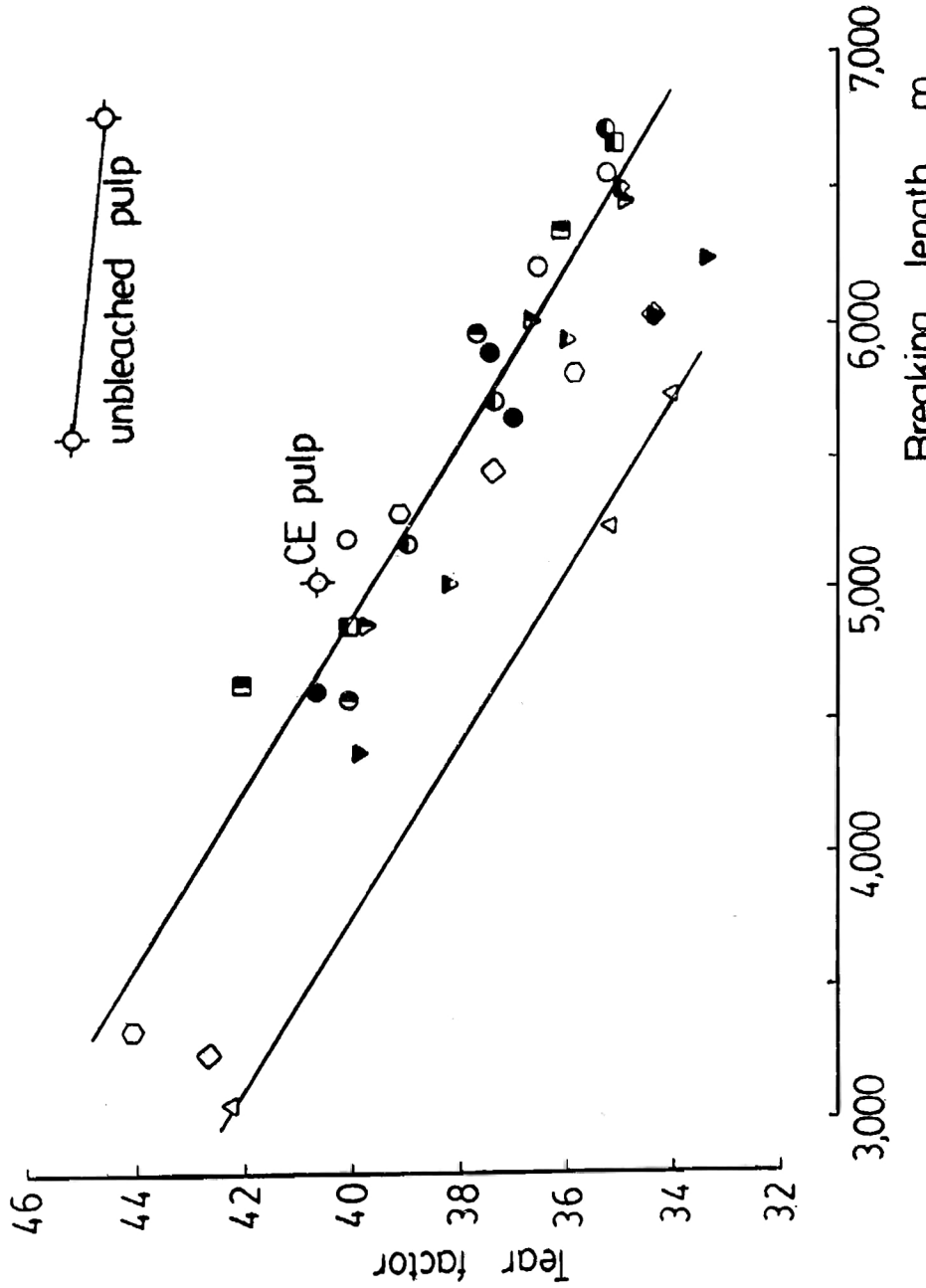


Figure 3 Tear - Tensile relationship

เส้นหนึ่งในขณะที่เยื่อที่วันที่ 15 มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงขึ้นอีก 600—1 000 เมตร เมื่อเปรียบเทียบที่ความหนาแน่นเสมือนเท่า ๆ กัน (ดูรูปที่ 2) ข้อที่สรุปได้อย่างชัดเจนก็คือ การเก็บรักษาเยื่อฟอกชั้นไม่มีผลเสียต่อศักยภาพในการยึดเหนี่ยวของเยื่อเลย ไม่ว่าจะเป็นการเก็บภายในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สูงมากโดยเยื่อยังคงมีความชื้น (ปริมาณน้ำในเยื่อ) อยู่คงที่ประมาณร้อยละ 40—60 หรือเป็นการเก็บโดยปล่อยให้แห้งในอากาศ (air dry—ซึ่งได้แก่แผ่นเยื่อนอกสุดซึ่งสัมผัสอากาศตลอดเวลา) ก็ตาม

ในด้านความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงฉีกขาดและแรงดึง (รูปที่ 3) ข้อมูล (data points) ทั้งหมดสามารถแสดงได้เป็นเส้นตรงเส้นหนึ่ง ยกเว้นเยื่อกลุ่ม B เฉพาะตัวอย่างที่ล้างด้วยกรด ซึ่งมีค่าความต้านทานแรงฉีกขาดลดลงเมื่อเปรียบเทียบที่ความต้านทานแรงดึงเท่ากัน ฉะนั้นสำหรับเยื่อที่เก็บภายในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สูง อาจสรุปได้ว่าเยื่อมิได้สูญเสียความเหนียวแต่อย่างใด แต่กรณีของเยื่อกลุ่มตัวอย่างที่ล้างด้วยกรดยังไม่อาจอธิบายด้วยข้อมูลที่มีในขณะนี้ อนึ่งแม้ว่าความแตกต่างที่พบในเยื่อตัวอย่างของวันที่ 15 (รูปที่ 2) และเยื่อกลุ่ม B ที่ล้างด้วยกรด (รูปที่ 3) อาจมีแนวโน้มที่ชัดเจนเพียงใดก็ตาม แต่ความแตกต่างดังกล่าวยังคงอยู่ภายในหรือใกล้เคียงกับ reproducibility limit (Tappi T 248pm—74 โดยสมมุติว่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานแปรตามค่าเฉลี่ย) จึงเป็นการยากอย่างยิ่งที่จะสรุปนัยสำคัญหรืออธิบายถึงมูลเหตุของความแตกต่างเหล่านั้น

5. การเกิดราในเยื่อ ตัวอย่างเยื่อกลุ่ม A เก็บได้นานถึงเวลา 15 วัน โดยไม่มีรอยด่าง (stain) หรือรา (mold) เกิดขึ้นให้เห็นด้วยตาเปล่า การสังเกตจากภายนอกในวันที่ 20 พบว่าเยื่อที่ผ่านการใช้กรด เริ่มมีรอยด่างสีชมพูจาง ๆ บนชั้นเยื่อ ในวันที่ 33 เมื่อนำตัวอย่างออกมาตรวจสอบตามกำหนด พบว่าในเยื่อที่ผ่านการใช้กรดมีชั้นเยื่อที่ปรากฏรอยด่างสีชมพูจางและสีน้ำตาลอ่อนจางมาก ประมาณร้อยละ 25 ส่วนเยื่อที่ใช้น้ำยาซัลไฟต์ และเยื่อที่ใช้สารเคมี ตรวจพบจุดดำเล็ก ๆ บนเยื่อสองสามชั้นเท่านั้น ในวันที่ 47 และ 61 ปรากฏว่าเยื่อที่ผ่านการใช้กรด มีจำนวนชั้นเยื่อที่เกิดรอยด่างเพิ่มขึ้นอีกเป็นประมาณร้อยละ 50 และ 75 ตามลำดับ แต่เยื่อที่ใช้น้ำยาซัลไฟต์ และเยื่อที่ไม่ใช้สารเคมียังคงพบจุดราดำบนเยื่อเพียงสองสามชั้นเช่นเดิม ผลการตรวจสอบราทางห้องปฏิบัติการยืนยันว่ารอยด่างสีชมพูและสีน้ำตาล รวมทั้งจุดดำในเยื่อนั้นเกิดจากราจริง

สำหรับเยื่อกลุ่ม B ซึ่งเก็บในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ปกติ เยื่อแห้งสนิทภายหลังเวลาผ่านไปประมาณ 15 วัน และเมื่อครบกำหนด 61 วัน ไม่ปรากฏว่ามีรอยด่างหรือลักษณะการเกิดราในเยื่อทั้งสาม treatments เลย แม้ว่าการทดลองนี้มิได้เตรียมเพื่อการทดสอบปัจจัยทางด้านชีวภาพ แต่ผลที่ได้ก็พอที่จะให้ข้อสังเกตที่สำคัญได้คือ 1) เยื่อชานอ้อยฟอกขาวที่มีความชื้นในเยื่อประมาณร้อยละ 50—60 ไม่ว่าเยื่อจะมีฤทธิ์เป็นกรดหรือด่างก็ตาม สามารถเก็บไว้ได้นานถึง 15 วัน โดยไม่เกิดราแน่นอน 2) หากเยื่อเลยกำหนดเวลา 15 วันไปแล้ว เยื่อยังคงมีความชื้นสูงในระดับเดิมและสัมผัสอากาศ การเกิดราย่อมมีขึ้นแน่นอน และจะเกิดมากในเยื่อที่มีฤทธิ์เป็นกรด

## สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทั้งหมดที่กล่าวถึงข้างต้น สามารถสรุปเป็นสาระสำคัญได้ดังนี้

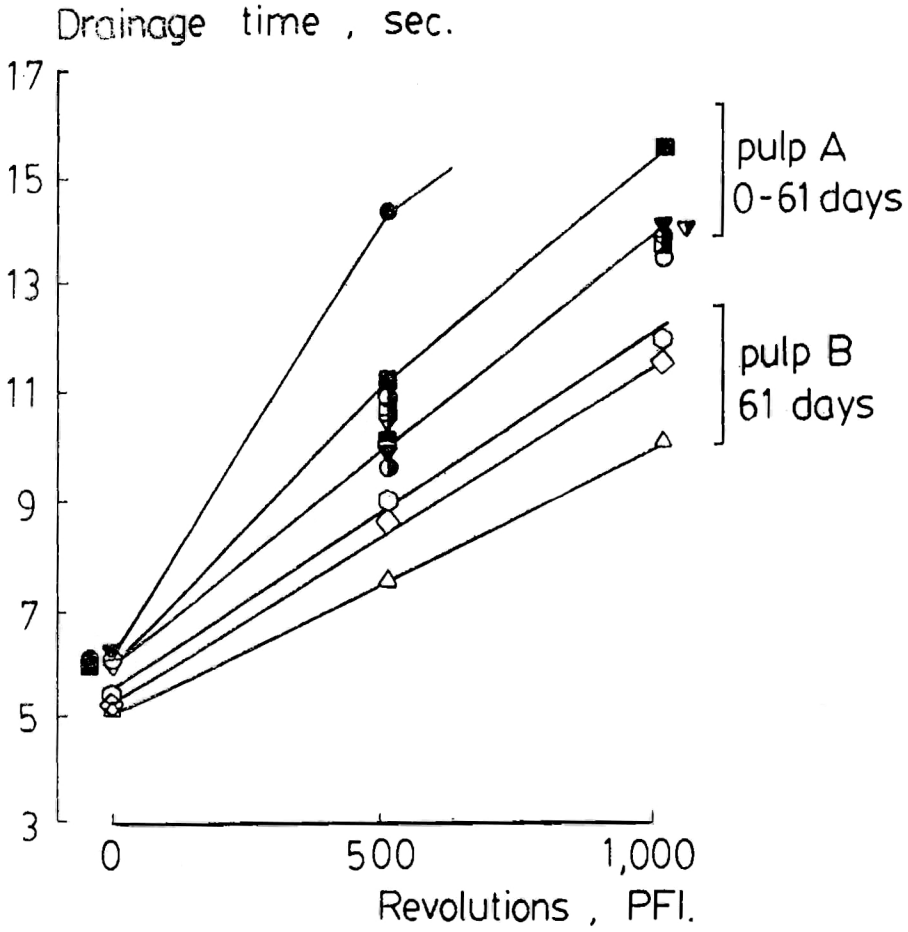


Figure 4a Drainage Characteristics of Bleached Bagasse Pulps (moist-stored pulps): Drainage time

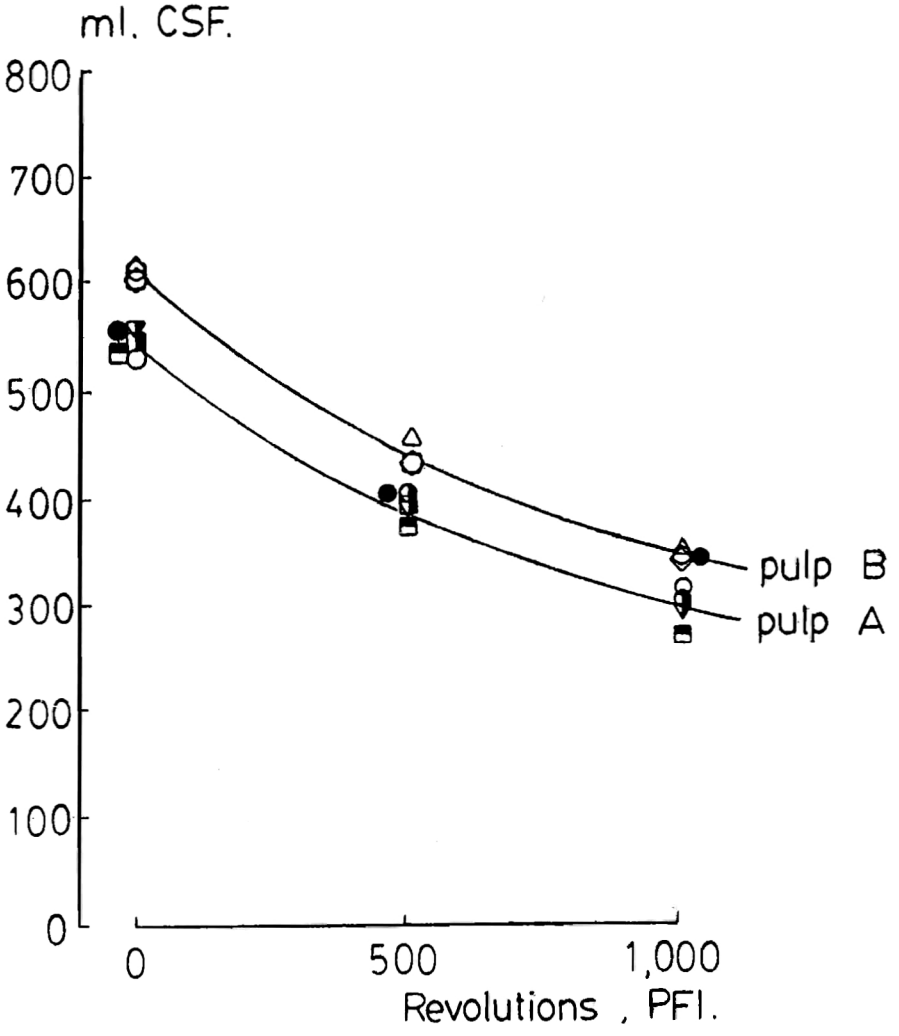


Figure 4b Freeness VS Beating

1. การล้างเยื่อภายหลังฟอกด้วยกรดกำมะถันเจือจาง มีผลให้เยื่อฟอกทั้งกรณีเยื่อจากชานอ้อยแยกขุยและขุยมีความขาวสว่างเพิ่มขึ้นได้ 1 หน่วยเป็นอย่างน้อย ปริมาณกรดที่ต้องการขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการล้างเยื่อหลังฟอก สำหรับเยื่อฟอกจากชานอ้อยแยกขุยในการทดลองนี้ ต้องการเนื้อกรดกำมะถันคิดเป็นร้อยละ 0.32 ของน้ำหนักเยื่อ การล้างเยื่อด้วยน้ำยาโซเดียมซัลไฟต์ไม่มีผลต่อการเพิ่มความขาวสว่างของเยื่อ

2. การทดสอบแนวโน้มในการกลับสีของเยื่อ พบว่า เยื่อฟอกจากขุยชานอ้อยซึ่งฟอกให้ขาวได้ยากนั้น มีการกลับสีมากกว่าเยื่อฟอกจากชานอ้อยแยกขุย เยื่อที่ผ่านการล้างด้วยกรดยังคงมีความขาวสว่างสูงที่สุดภายหลังการทดสอบเร่งการกลับสี

3. การเก็บเยื่อชั้น เป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน จนถึง 61 วัน มีผลต่อเยื่อดังต่อไปนี้

3.1 เยื่อที่มิได้ใช้สารเคมี มีความขาวสว่างเปลี่ยนแปลงลดลงน้อยที่สุดไม่เกิน 0.5 หน่วย ในกรณีที่เก็บในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าร้อยละ 90 ส่วนเยื่อจาก treatment อื่นลดลง 1—1.5 หน่วย

3.2 ความขาวสว่างของเยื่อที่เก็บในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ปกติเปลี่ยนแปลงน้อยมากในกรณีเยื่อที่ล้างด้วยกรดและไม่มีการเปลี่ยนแปลงสำหรับเยื่ออื่น ชี้ให้เห็นถึงอิทธิพลของความชื้นในเยื่อต่อการกลับสีของเยื่อฟอก

3.3 เยื่อมิได้มีการสูญเสียความเหนียวแต่อย่างใดตลอดการเก็บรักษาในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สูง สำหรับการเก็บเยื่อที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ปกติ ปรากฏว่าเยื่อที่ล้างด้วยกรดมีค่าความต้านทานแรงฉีกขาดลดลงเมื่อเปรียบเทียบที่ความต้านทานแรงดึงเท่าๆ กัน โดยที่ผลการทดลองมีจำกัด จึงยังไม่ถือว่าเป็นข้อสรุปได้แน่นอน

3.4 การเก็บในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สูงเป็นเวลานานอาจทำให้เยื่ออุ้มน้ำมากขึ้นกว่าเยื่อในระยะเริ่มต้นซึ่งผ่านการบดมาเท่ากัน สำหรับเยื่อที่เก็บในสภาวะความชื้นปกติ ค่า freeness และ drainage time มีการสนองตอบต่อการบดในอัตราต่ำกว่าเยื่อที่เก็บในความชื้นสัมพัทธ์สูง

3.5 เยื่อฟอกชั้นจากทั้งสาม treatments เก็บได้นานถึง 15 วัน โดยไม่พบว่ามีรา แต่หลังจากเวลา 20 วัน เยื่อที่ล้างด้วยกรดจะเกิดราเป็นรอยด่างสีชมพูอ่อนและน้ำตาลอ่อนเป็นจำนวนมาก จนถึงร้อยละ 75 ในวันที่ 61 ส่วนเยื่ออื่น ๆ เกิดราจุดดำบนเยื่อเพียงสองสามชั้นเท่านั้น

ตารางที่ 11 ก. คุณสมบัติด้าน drainage ของเยื่อชานอ้อยฟอกขาวเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงและความชื้นสัมพัทธ์ปกติ

**(Drainage properties of bleached bagasse pulps stored under high and normal relative humidity)**

| Drainage properties | Initial | Storage time, days | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pulp A | | | | | | | | | Pulp B | | |
| | | 15 | | | 33 | | | 61 | | | 61 | | |
| | | N | S | A | N | S | A | N | S | A | N | S | A |
| Freeness, ml. CSF | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 533 | 550 | 532 | 551 | 552 | 546 | 548 | 556 | 549 | 543 | 610 | 604 | 616 |
| 500 | | 389 | 379 | 385 | 400 | 398 | 390 | 407 | 389 | 402 | 438 | 436 | 415 |
| 1000 rev. PFI | 314 | 315 | 275 | 313 | 304 | 307 | 314 | 351 | 291 | 295 | 347 | 338 | 351 |
| Drainage time, sec | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 6.1 | 5.9 | 6.3 | 5.9 | 6.0 | 5.9 | 5.9 | 6.0 | 5.9 | 6.2 | 5.4 | 5.3 | 5.1 |
| 500 | | 9.6 | 10.0 | 10.0 | 11.0 | 10.9 | 10.5 | 14.3 | 11.2 | 9.8 | 9.0 | 8.5 | 7.5 |
| 1000 rev. PFI | 13.5 | 13.4 | — | 13.9 | 13.9 | 13.6 | 13.9 | — | 15.6 | 14.1 | 11.9 | 11.6 | 10.2 |

หมายเหตุ : N = no treatment S = sulphite treatment A = acid treatment

ตารางที่ 11 ข. คุณลักษณะด้านความเหนียวของเยื่อชานอ้อยฟอกขาวเก็บในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สูงและปกติ

**(Strength properties of bleached bagasse pulps stored under high and normal relative humidity)**

| Strength properties | Initial | Storage time, day | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pulp A | | | | | | | | | Pulp B | | |
| | | 15 | | | 33 | | | 61 | | | 61 | | |
| | | N | S | A | N | S | A | N | S | A | N | S | A |
| Apparent density, $kg/m^3$ | | | | | | | | | | | | | |
| at 0 | 772 | 762 | 727 | 750 | 754 | 755 | 756 | 754 | 742 | 741 | 684 | 677 | 686 |
| 500 | — | 787 | 770 | 790 | 821 | 826 | 820 | 814 | 818 | 810 | 781 | 790 | 788 |
| 1000 rev. PFI | 842 | 815 | 815 | 800 | 851 | 853 | 851 | 824 | 839 | 837 | 829 | 822 | 817 |
| Breaking length, km. | | | | | | | | | | | | | |
| at 0 | 5.19 | 5.16 | 4.85 | 5.00 | 4.56 | 4.61 | 4.83 | 4.61 | 4.66 | 4.36 | 3.34 | 3.25 | 3.06 |
| 500 | — | 6.31 | 5.70 | 5.93 | 5.97 | 6.19 | 5.99 | 5.63 | 6.23 | 6.03 | 5.29 | 5.44 | 5.25 |
| 1000 rev. PFI | 6.20 | 6.67 | 6.65 | 6.50 | 6.52 | 6.32 | 6.44 | 5.88 | 6.25 | 6.23 | 5.80 | 6.02 | 5.74 |
| Tear factor | | | | | | | | | | | | | |
| at 0 | 40.0 | 38.9 | 40.0 | 38.1 | 40.0 | 42.0 | 39.7 | 40.6 | 40.1 | 39.8 | 44.0 | 42.6 | 42.2 |
| 500 | — | 37.3 | 35.5 | 36.0 | 38.7 | 35.5 | 36.6 | 37.0 | 37.3 | 34.3 | 39.1 | 37.3 | 35.2 |
| 1000 rev. PFI | 36.5 | 35.3 | 35.2 | 35.0 | 35.6 | 36.1 | 34.9 | 37.4 | 34.3 | 33.4 | 35.8 | 34.3 | 34.0 |

หมายเหตุ : N = no treatment S = sulphite treatment A = acid treatment

ตารางที่ 12 ความชื้น ความเป็นกรด และการเกิดราในเยื่อชานอ้อยฟอกขาวเก็บในความชื้นสัมพัทธ์สูงและความชื้นสัมพัทธ์ปกติ

**(Moisture content, pH occurence of mold in bleached bagasse pulps stored under high and normal relative humidity)**

| Storage time, days | Mold occurence in pulp | | | pH of hot water extract | | | Moisture content, % | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pulp A** | N | S | A | N | S | A | N | S | A |
| 7 | not found | | | 8.9 | 9.6 | 5.7 | 56 | 56 | 60 |
| 15 | not found | | | 8.6 | 9.6 | 6.2 | 52 | 58 | 59 |
| 33 | Few black spots of mold on 2—3 piecs of pulp | | pale pink stain, 25 % of pulp | 8.3 | 8.8 | 5.1 | 50 | 49 | 55 |
| 47 | ,, | ,, | ,, about 50 % | 8.5 | 9.4 | 5.3 | 42 | 48 | 45 |
| 61 | ,, | ,, | ,, about 75 % | 8.5 | 9.4 | 4.1 | 45 | 50 | 45 |
| **Pulp B** | | | | | | | | | |
| 51 | not found | | | 8.0 | 9.2 | 6.2 | 8.5 | 8.7 | 8.4 |

หมายเหตุ 1. N = no treatment, S = sulphite treatment, A = acid treatment

2. Pulp B dried completely after 15 days.