ผลการใช้ AMS ในการต้มเยื่อชานอ้อยด้วยกระบวนการโซดา

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาทดลองต้มเยื่อจากชานอ้อยใหม่และชานอ้อยเสื่อมสภาพโดยใช้โซดาเข้มข้นร้อยละ 16 เยื่อที่ได้จากชานอ้อยเสื่อมสภาพจะมีคุณสมบัติทั้งทางเคมีและทางกายภาพต่ำกว่าเยื่อชานอ้อยใหม่ เยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพมีสีคล้ำให้ความขาวสว่างต่ำมาก โดยประมาณร้อยละ 19—20 Elrepho และมีปริมาณลิกนินในเยื่อสูงกว่าชานอ้อยใหม่ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพให้ดีขึ้น โดยเติม anthraquinone monosulfonic acid (AMS) ในปริมาณร้อยละ 0.2 และ 0.5 ของน้ำหนักชานอ้อยแห้ง จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการเติม AMS ลงไปมีส่วนช่วยให้เยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพมีความขาวสว่างสูงขึ้น มีปริมาณลิกนินในเยื่อลดลงและช่วยเพิ่มผลผลิตเยื่อหลังร่อน (screened yield) ให้สูงขึ้นอีกด้วย โดยความขาวสว่างจะเพิ่มขึ้นและปริมาณลิกนินจะลดลงเป็นสัดส่วนตรงกับปริมาณการใช้ AMS ที่เพิ่มขึ้น

คำนำ

ปัญหาที่โรงงานผลิตเยื่อกระดาษโดยใช้ชานอ้อยเป็นวัตถุดิบกำลังประสบอยู่ในปัจจุบันคือ การเสื่อมสภาพของชานอ้อยระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากระยะเวลาการหีบอ้อยมีเพียงปีละประมาณ 4 เดือนเท่านั้น ชานอ้อยเสื่อมสภาพเมื่อนำมาทำเป็นเยื่อจะมีค่า kappa number สูงและมีสีคล้ำกว่าเยื่อปกติ การต้มเยื่อสิ้นเปลืองโซดาไฟมากกว่า แต่ไม่อาจแก้ปัญหาเรื่องสีเยื่อและลด kappa number ได้

เป็นที่แน่นอนว่าคุณลักษณะในการทำเป็นเยื่อที่เปลี่ยนแปลงไปนี้ ย่อมเกิดจากการเสื่อมสภาพของชานอ้อย แต่เหตุผลที่ใช้อธิบายยังเป็นเพียงข้อสันนิษฐานซึ่งเข้าใจว่า ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากปฏิกริยาการหมัก (fermentation) ของน้ำตาลที่ติดมาในชานอ้อย โดยน้ำตาลจะเปลี่ยนเป็นกรดทำให้ pH ลดลงต่ำถึง 4—5 และอุณหภูมิภายในกองชานอ้อยสูงมาก (60—70°C) สภาพความเป็นกรดและอุณหภูมิสูงทำให้เกิด acid hydrolysis ในเฮมิเซลลูโลส (และปฏิกริยาที่สลับซับซ้อนอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดสี) ในการต้มเยื่อเฮมิเซลลูโลสจึงถูกละลายออกมามากกว่าในเยื่อปกติ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สิ้นเปลืองโซดาไฟสูงมาก จนเหลือปริมาณโซดาไฟเพียงส่วนน้อยที่ใช้ในการแยกลิกนิน จึงทำให้เยื่อมี kappa number สูงมาก ดังนั้นการต้มเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพให้ได้ผลจึงควรหาสารที่สามารถลดการทำลายเฮมิเซลลูโลส

ได้มีผู้ศึกษาปฏิกริยา carbohydrate stabilization โดยเติมสารต่าง ๆ เช่น sodium borohydride, anthraquinone และ anthraquinone derivative ในปริมาณน้อยลงในน้ำยาต้มเยื่อ ซึ่งสารประกอบเหล่านี้นอกจากช่วยลดการทำลายคาร์โบไฮเดรทแล้วสารบางตัวเช่น anthraquinone และ anthraquinone derivative ยังช่วยเพิ่มอัตราการละลายของลิกนินอีกด้วย

งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ anthraquinone derivative ที่มีชื่อว่า anthraquinone monosulfonic acid (anthraquinone—2—sulfonic acid) ซึ่งต่อไปจะเรียกย่อว่า AMS เนื่องจากมีรายงานว่า AMS มีประสิทธิภาพในการลดการทำลายคาร์โบไฮเดรทสูง และช่วยเพิ่มผลผลิตเยื่อหลังร่อน ในการทดลองได้แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างเยื่อจากชานอ้อยเสื่อมสภาพ และเยื่อชานอ้อยใหม่ ขั้นที่สองเป็นการทดลองเพื่อศึกษาผลของการเติม AMS ต่อคุณสมบัติเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพ

วัตถุดิบ

ชานอ้อยใหม่ (fresh bagasse) และชานอ้อยเสื่อมสภาพ (deteriorated bagasse) ได้รับจากโรงงานชานอ้อยเสื่อมสภาพมีสีน้ำตาลเข้ม ทั้งสองตัวอย่างยังไม่ได้แยกขุยออก ได้ทำการแยกขุยในห้องปฏิบัติการโดยแช่ชานอ้อยในน้ำประมาณ 3 ชั่วโมง ตีให้กระจายในเครื่องกวนเยื่อ แล้วนำมาล้างบนตะแกรงเบอร์ 20 โดยใช้น้ำฉีด ขุยอ้อยจะหลุดรอดผ่านตะแกรง เหลือชานอ้อยที่สะอาดค้างอยู่ นำชานอ้อยไปผึ่งลมให้แห้ง ชานอ้อยที่แยกขุยออกแล้ว (depithed bagasse) ทั้งสองตัวอย่าง มีน้ำหนักประมาณร้อยละ 80 ของชานอ้อยก่อนแยกขุย

วิธีการทดลอง

1. การเปรียบเทียบคุณสมบัติทั่วไปของเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพและเยื่อชานอ้อยใหม่

การต้มเยื่อใช้กระบวนการโซดา อุปกรณ์การต้มเยื่อประกอบด้วยอ่างบรรจุ polyethylene glycol ซึ่งทำหน้าที่เป็นสื่อความร้อน หม้อต้มเป็นกระบอกเหล็กไร้สนิมขนาดความจุ 2 ลิตร จำนวน 6 กระบอก ติดตั้งกับเพลาและแป้นหมุนอยู่ภายในอ่าง ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า

สภาวะการต้มเยื่อ

น้ำหนักชานอ้อยแห้ง, กรัม/ภาชนะที่ใช้	120
อัตราส่วนน้ำยา/ไม้	6:1
ปริมาณโซดาไฟที่เติม, ร้อยละของชานอ้อยแห้ง	16
เวลาถึงอุณหภูมิสูงสุด (170°ซ), นาที	130
เวลาที่อุณหภูมิสูงสุด (170°ซ.), นาที	0, 10, 20

เมื่อต้มจนครบกำหนดเวลาแล้ว นำหม้อต้มลงแช่ในน้ำเย็นประมาณ 3 นาที แล้วเทน้ำดำออกเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารเคมี ล้างเยื่อด้วยน้ำประปา ตีให้เยื่อกระจายใน LW. disintegrator เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปร่อนคัดกากด้วย vibratory flat screen ขนาดร่อง 0.006 นิ้ว เยื่อที่ได้นำไปทดสอบหา

— pulp yield

— kappa number ตามวิธี Tappi ; T 236 m 60

— brightness ทำแผ่นทดสอบตามวิธี Scan-C 11 : 75 วัดความขาวสว่างด้วยเครื่อง Elrepho (Electric reflectance photometer)

— นำไปบดใน PFI mill 1 000 รอบ แล้วทำแผ่นทดสอบมาตรฐานตามวิธี Tappi ; T 205 m 58 เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ โดยเก็บแผ่นทดสอบมาตรฐานไว้ในห้องทดสอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ

สภาวะห้องทดสอบ ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 2%

อุณหภูมิ 72 ± 1°C

— วิธีการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ให้เป็นไปตามมาตรฐานของ Tappi ดังนี้

tensile strength Tappi ; T 404 os—76

tear strength Tappi ; T 414 ts—65

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1

2. การศึกษาผลการเติม AMS ต่อคุณสมบัติเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพ

เครื่องมือและวิธีการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 แต่การล้างเยื่อได้ใช้เอทานอลร้อน (60-70°C) เพิ่มเติมต่อจากการล้างด้วยน้ำประปา ทั้งนี้เพื่อละลาย AMS ที่อาจเหลือค้างในเยื่อ เยื่อที่ได้จะมีสีค่อนข้างแดง กำหนดปริมาณการใช้ AMS และสภาวะการต้มดังนี้

สภาวะการต้มเยื่อ

น้ำหนักชานอ้อยแห้ง, กรัม/ภาชนะที่ใช้	120
อัตราส่วนน้ำยา/ไม้	6:1
ปริมาณโซดาไฟที่เติม, ร้อยละของชานอ้อยแห้ง	12, 16
ปริมาณ AMS ที่เติม, ร้อยละของชานอ้อยแห้ง	0.2, 0.5
เวลาถึงอุณหภูมิสูงสุด (170°ซ.), นาที	130
เวลาที่อุณหภูมิสูงสุด (170°ซ.), นาที	10

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 อิทธิพลของสภาวะการต้มเยื่อต่อคุณสมบัติเยื่อจากชานอ้อยใหม่และชานอ้อยเสื่อมสภาพ

(Effect of cooking conditions on properties of pulp from fresh and deteriorated bagasse)

Pulp properties	Fresh bagasse			Deteriorated bagasse		
Cooking time at 170 °C, min.	0	10	20	0	10	20
Physical properties						
at PFI-mill, rev.	1000	1000	1000	1000	1000	1000
freeness, ml CSF.	410	380	390	350	310	310
tensile index, kN. m/kg	88.6	90.0	82.1	69.4	64.0	63.2
tear index, $N.m^2/kg$	5.0	5.2	5.1	5.2	4.9	4.7
apparent density, kg/m^3	770	760	750	740	760	740
stretch, %	3.0	3.3	3.0	2.4	2.2	2.3
brightness °Elrepho, %	30	32.5	31	19.5	16.5	15.0
Chemical properties						
kappa number	18	18	19	32	38	40
klason lignin, %	—	1.86	—	—	—	—
chemical consumption, g NaOH/kg pulp	185	203	211	269	303	318
Yield						
total yield, %	58.4	57.0	59.2	50.4	50.4	50.0
screened yield, %	43.7	45.0	48.5	48.7	47.0	46.7
reject, %	14.7	12.0	10.7	1.7	3.3	3.3

ตารางที่ 2 ผลการใช้ AMS ต่อคุณสมบัติเยื่อจากชานอ้อยเสื่อมสภาพ (Effects of AMS addition on properties of pulp from deteriorated bagasse)

Pulp properties						
NaOH charged, %	12			16		
AMS added, %	0	0.2	0.5	0	0.2	0.5
Physical properties						
at PFI—mill, rev.	1000	1000	1000	1000	1000	1000
freeness, ml CSF.	420	420	400	440	420	420
tensile index, kN.m/kg	43.5	45.0	48.2	49.9	48.0	47.0
tear index, $N.m^2/kg$	4.8	5.0	5.3	4.8	5.1	5.2
apparent density, kg/m^3	620	640	660	680	690	680
stretch, %	2.0	2.0	2.2	2.1	2.3	2.0
brightness °Elrepho, %	18.0	20.0	21.0	23.0	26.5	29.0
Chemical properties						
kappa number	65	57	44	34	20	14
klason lignin, %	8.6	7.2	—	—	—	2.0
Yield						
total yield, %	56.5	56.0	56.9	49.0	50.2	49.9
screened yield, %	43.6	48.2	51.6	43.3	46.0	46.2
reject, %	12.9	7.9	5.3	5.7	4.2	3.7

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ที่สภาวะการต้มเดียวกัน เยื่อที่ได้จากชานอ้อยเก่าเสื่อมสภาพจะให้ผลผลิตเยื่อรวม ต่ำกว่าเยื่อชานอ้อยใหม่ แต่ผลผลิตเยื่อหลังร่อนของเยื่อทั้งสองชนิดอยู่ในระดับเดียวกัน คืออยู่ในช่วงผลผลิตร้อยละ 44—48 โดยที่เยื่อชานอ้อยใหม่จะมีกาก (screening) สูงกว่า การเพิ่มระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตเยื่อหลังร่อน และลดกากของเยื่อชานอ้อยใหม่อย่างเห็นได้ชัด แต่มีผลน้อยมากต่อผลผลิตของเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพ

ความสิ้นเปลืองสารเคมีที่ใช้ในเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพสูงกว่าเยื่อชานอ้อยใหม่ถึงร้อยละ 30—40 ของปริมาณโซดาไฟที่ใช้ การเพิ่มระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดมีผลต่อการเพิ่มความสิ้นเปลืองโซดาไฟที่ใช้ทั้งในเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพและเยื่อชานอ้อยใหม่ เยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพจะมีปริมาณลิกนินสูงกว่าโดยมี kappa number อยู่ในช่วง 30—40 ในขณะที่เยื่อชานอ้อยใหม่มี kappa number อยู่ในช่วง 18—20 เท่านั้น การเพิ่มระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดมีผลต่อการเพิ่ม kappa number ของเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพอย่างเห็นได้ชัด แต่มีผลน้อยมากต่อการเพิ่ม kappa number ของเยื่อชานอ้อยใหม่

รูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ที่สภาวะการต้มเดียวกัน เยื่อชานอ้อยเก่าเสื่อมสภาพมีคุณสมบัติทางกายภาพต่ำกว่าเยื่อชานอ้อยใหม่และมีความขาวสว่างต่ำกว่าประมาณ 10—15 หน่วย การเพิ่มระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดมีผลต่อการลดความขาวสว่างของเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพ แต่มีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยน

แปลงความขาวสว่างของเยื่อชานอ้อยใหม่ เยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพมีคุณสมบัติด้านความเหนียวต่ำกว่าทั้งคุณสมบัติด้านความต้านแรงดึงและความต้านแรงฉีกขาด นอกจากนี้การเพิ่มระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดมีผลโดยตรงต่อการลดคุณสมบัติด้านความเหนียวทั้งของเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพและเยื่อชานอ้อยใหม่

ผลการเติม AMS ต่อคุณสมบัติเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพ

ที่สภาวะการต้มเดียวกัน ปริมาณลิกนินในเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพจะลดลงตามปริมาณการเพิ่ม AMS แต่จะมีอัตราการลดปริมาณลิกนินแตกต่างกันบ้างตามความเข้มข้นของโซดาไฟที่ใช้ ที่การใช้โซดาไฟร้อยละ 16 เยื่อมี kappa number เท่ากับ 34 และจะลดลงเป็น 20 และ 14 เมื่อมีการเติม AMS ร้อยละ 0.2 และ 5.0 ของน้ำหนักชานอ้อยแห้งตามลำดับ สำหรับที่การใช้โซดาไฟร้อยละ 12 เยื่อมี kappa number เท่ากับ 65 และจะลดลงเป็น 56 และ 44 ตามลำดับการเพิ่ม AMS ที่ใช้จากรูปที่ 3 จะเห็นว่า solpe ของเส้น kappa number ที่การใช้โซดาไฟร้อยละ 12 จะมีค่าสูงเท่ากันตลอด แต่ที่การใช้โซดาไฟร้อยละ 16 ความชัน (slope) ของเส้น kappa number ที่เติม AMS ร้อยละ 0.2 มีค่าสูงกว่า ที่ 0.5 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าที่ระดับ kappa number สูงในช่วง 40—65 จะมีอัตราการลดปริมาณลิกนินในเยื่อสูงและเป็นสัดส่วนตรงกับปริมาณการเพิ่ม AMS ที่ใช้ สำหรับเยื่อที่ระดับ kappa number ต่ำกว่า 20 การเพิ่ม AMS มีผลบ้างเล็กน้อยต่อการลดปริมาณลิกนินในเยื่อ

นอกจากนี้แล้ว AMS ยังช่วยเพิ่มผลผลิตเยื่อหลังร่อนให้สูงขึ้นตามปริมาณการใช้ AMS เพิ่มขึ้น จากการทดลองจะเห็นว่าที่การใช้โซดาไฟร้อยละ 12 จะมีอัตราการเพิ่มผลผลิตเยื่อหลังร่อนสูงกว่าที่การใช้โซดาไฟร้อยละ 16

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าการเติม AMS ลงไปมีผลต่อการเพิ่มความขาวสว่างของเยื่อ โดยที่เยื่อจะมีความขาวสว่างเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้ AMS ที่เพิ่มขึ้น และการเติม AMS ลงไปไม่มีผลเสียต่อคุณสมบัติทางด้านความเหนียวของเยื่อแต่อย่างใด

สรุป 1. เมื่อเปรียบเทียบที่สภาวะการต้มเดียวกัน เยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพจะมีคุณสมบัติต่ำกว่าเยื่อชานอ้อยใหม่ทั้งด้านเคมีและทางกายภาพ เยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพให้ความขาวสว่างประมาณร้อยละ 15—20 Elrepho และมี kappa number 32—40 ส่วนเยื่อชานอ้อยใหม่มีความขาวสว่างร้อยละ 30—33 Elrepho และมี kappa number 18—19 ชานอ้อยใหม่มีผลผลิตเยื่อรวมสูงกว่า แต่เยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพมีผลผลิตเยื่อหลังร่อนสูงกว่า เพราะเยื่อชานอ้อยใหม่มีปริมาณ reject สูงมาก สำหรับคุณสมบัติด้านความเหนียวจะเห็นว่าเยื่อชานอ้อยใหม่มีค่าความต้านแรงดึงสูงกว่าเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพประมาณร้อยละ 25 และ มีค่าความต้านทานแรงฉีดขาดสูงกว่าเล็กน้อย

2. การเติม AMS ลงไป มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตเยื่อหลังร่อน และลดค่า kappa number ของเยื่อโดยปริมาณการเพิ่มผลผลิตเยื่อหลังร่อน และการลดของ kappa number จะเพิ่มขึ้นและลดลงตามปริมาณการเพิ่ม AMS ตามลำดับ

3. การเติม AMS ลงไป นอกจากไม่มีผลเสียต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อแล้ว ยังช่วยเพิ่มความขาวสว่างของเยื่อชานอ้อยเสื่อมสภาพให้ได้เท่าเทียมกับเยื่อชานอ้อยใหม่

4. ในขั้นนี้เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาแนวทางปรับปรุงคุณภาพเยื่อโดยการเติม AMS ซึ่งเป็น additive ตัวหนึ่ง การทดลองในขั้นต่อไปควรศึกษาถึงปริมาณการใช้ AMS ที่เหมาะสมควบคู่ไปกับปริมาณการใช้โซดาไฟ เวลาและอุณหภูมิ

5. เนื่องจาก AMS มีราคาค่อนข้างสูง จึงควรพิจารณา additive ตัวอื่น ๆ ควบคู่ไปด้วย โดยเฉพาะ anthraquinone และควรศึกษาถึงการสนองตอบของการฟอกเยื่อต่อการใช้ additive เหล่านี้ในการต้มแบบโซดา

Figure 1 Influences of Cooking Time on Chemical Consumption Kappa Number and Pulp Yield (16 % NaOH on od. bagasse)

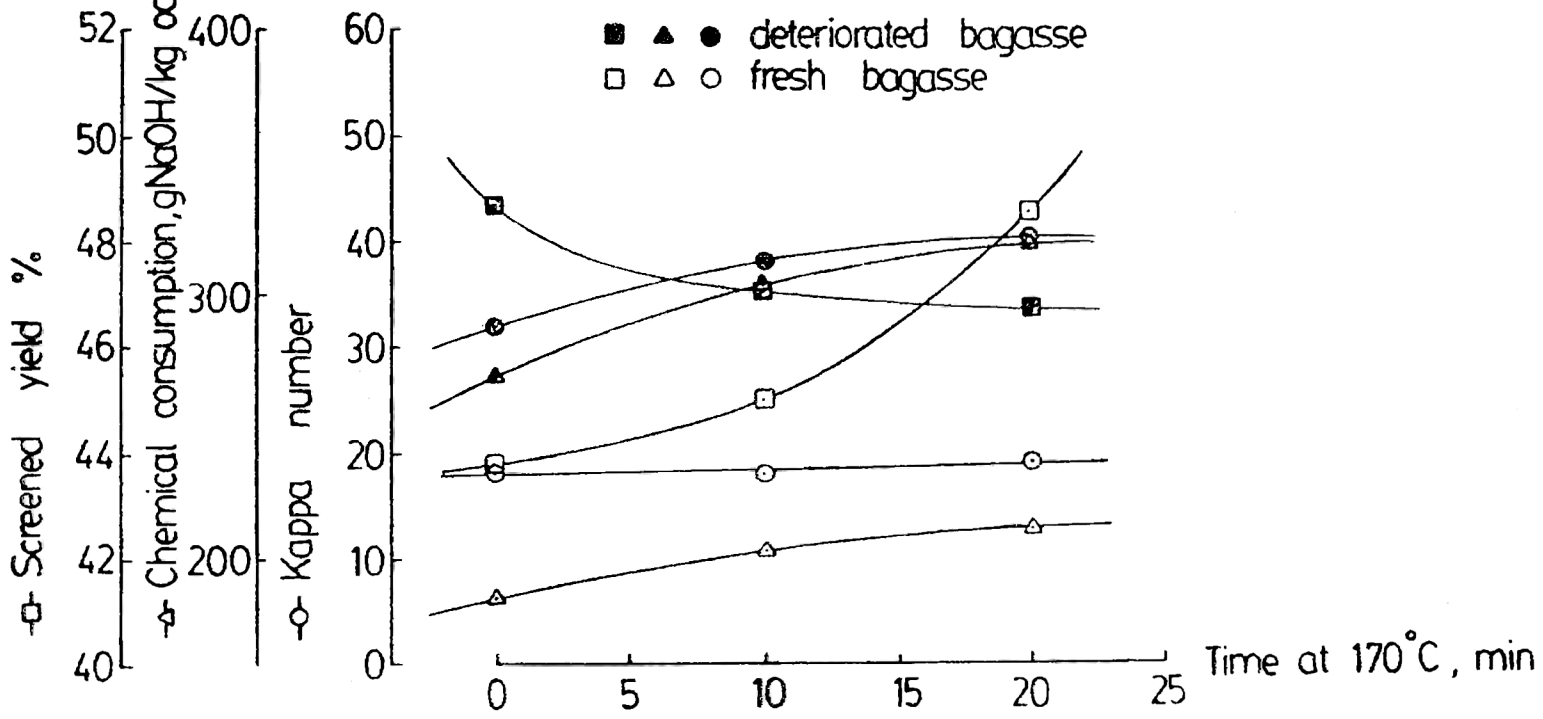

Figure 2 Influences of Cooking Time on Physical Properties of Pulps (16 % NaOH on od bagasse)

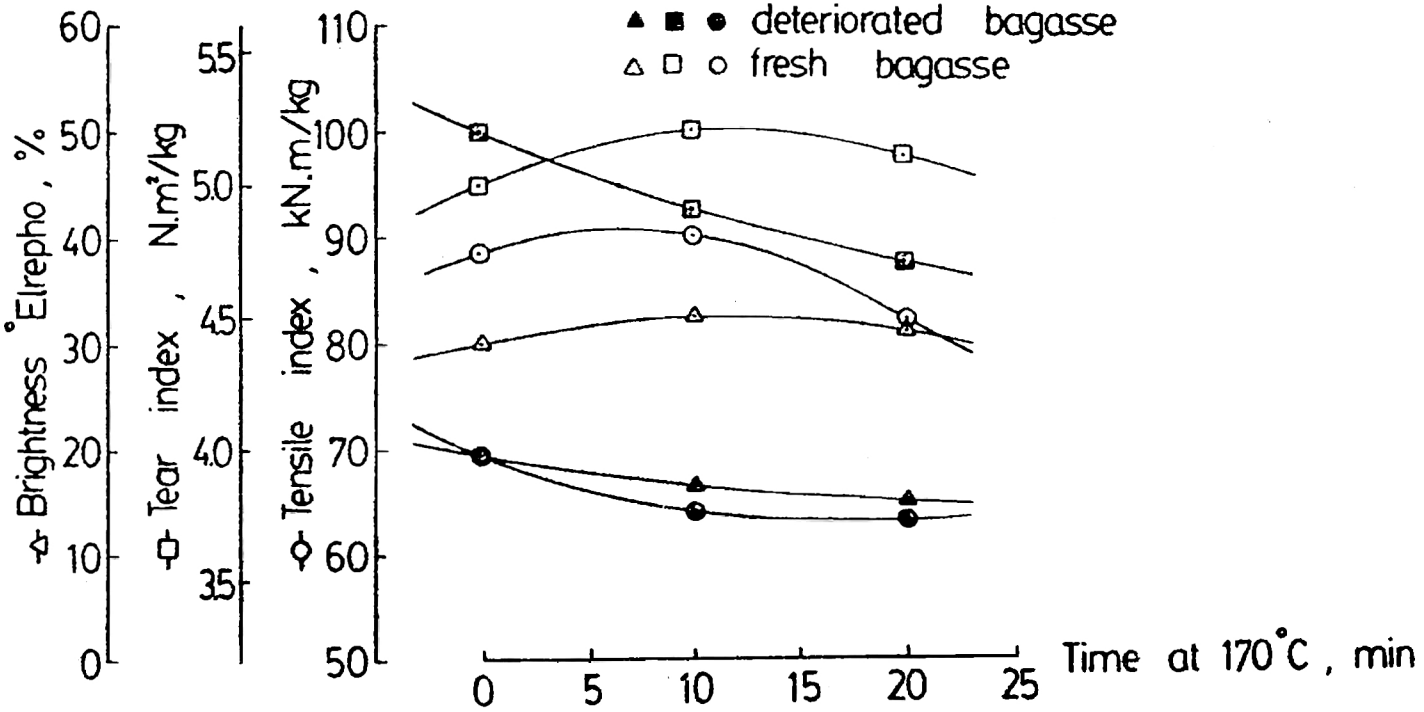

Figure 3 Effects of AMS in Soda Pulping of Deteriorated Bagasse

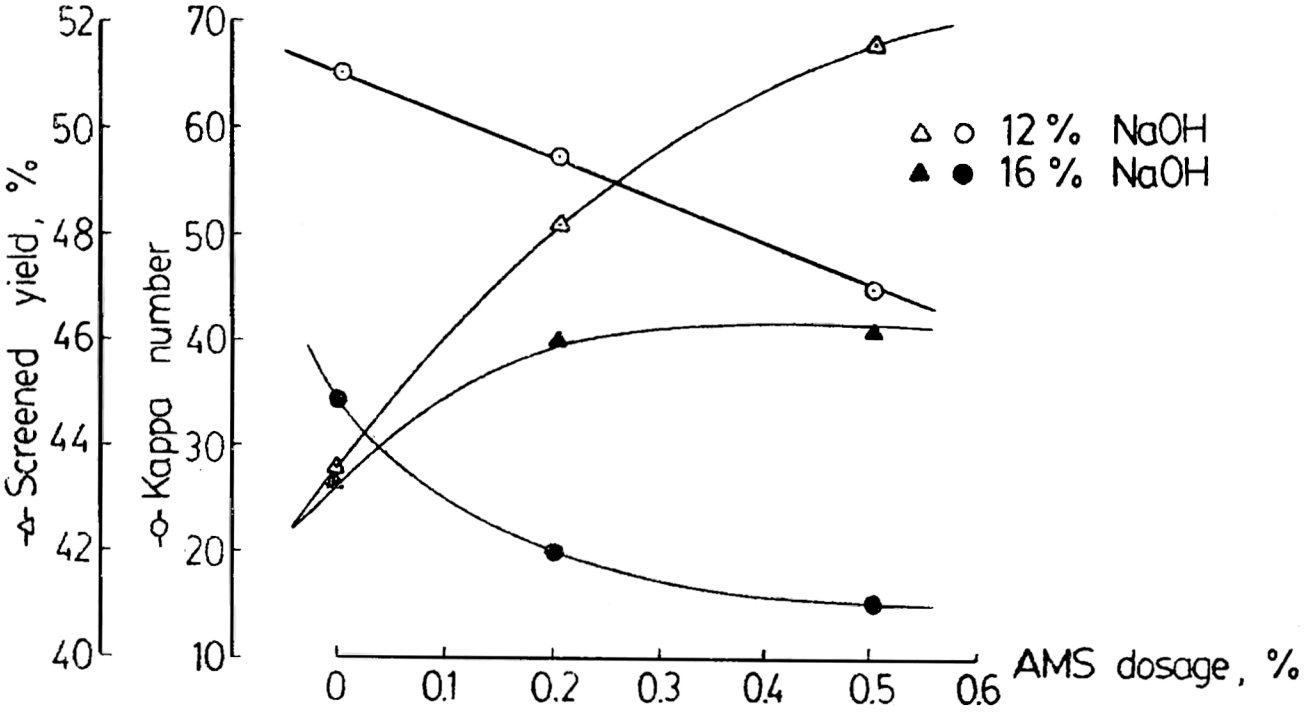

Figure 4. Effects of AMS on Physical Properties of Pulps from Deteriorated Bagasse