

ผลของแอนทราควิโนนต่อการต้มเยื่อกระดาษโดยวิธีโซดา จากไม้ยูคาลิปต์

Effect of Anthraquinone in Soda Pulping of Red Gum Wood

ปรีชา เกียรติกระจาย¹

Preecha Kiatgrajai

ABSTRACT

Effects of anthraquinone to soda cooked at active alkali 18% and temperature 170°C, *Eucalyptus camaldulensis* were to the rates of delignification and some pulp properties: breaking length, bursting strength, tearing strength and folding endurance. The delignification and pulp properties from 0.1% anthraquinone were better than 0.05% anthraquinone and straight soda cooks and they revealed a similar result to 0.5% anthraquinone and sulfate cooks.

บทคัดย่อ

สารแอนทราควิโนนที่ใส่ในการต้มเยื่อจากไม้ยูคาลิปต์โดยวิธีโซดาที่ปริมาณต่างกัมมันต์ 18% และอุณหภูมิ 170° ซ. มีผลต่อการแยกกลินิน และคุณสมบัติบางประการของเยื่อ เช่น แรงดึง แรงดันทะลุ แรงฉีกขาด และแรงหักพับ ปริมาณแอนทราควิโนน 0.1% จะให้ผลต่อการแยกกลินิน และคุณสมบัติของเยื่อดีกว่า 0.05% และเยื่อโซดาเพียงอย่างเดียว และให้ผลใกล้เคียงกับปริมาณแอนทราควิโนน 0.5% และวิธีซัลเฟต

คำนำ

กระดาษเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับชีวิตประจำวันของมนุษย์ ซึ่งสามารถนำปริมาณการใช้กระดาษเป็นตัวบอกถึงความเจริญของแต่ละประเทศได้ ในระยะ 5 ปีที่ผ่านมาปริมาณการใช้กระดาษในประเทศไทยได้เพิ่มขึ้นอย่างมาก และคาดว่าปริมาณการใช้กระดาษแต่ละปีจะมากกว่าหนึ่งล้านตันใน

ไม้ซ้า ซึ่งมีเพียง 20-30% ที่ใช้เยื่อใหม่มาผลิต ถ้าจะประเมินการใช้กระดาษภายในประเทศที่เพิ่มขึ้นเพียง 1 กก. ต่อคนต่อปี ความต้องการเยื่อใหม่ที่เพิ่มขึ้นแต่ละปีจะไม่ต่ำกว่าหนึ่งหมื่นตัน

ถึงแม้ว่าการผลิตเยื่อกระดาษในประเทศไทยได้เริ่มมานานกว่า 30 ปี แล้วก็ตาม โรงงานผลิตเยื่อกระดาษไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร ดังเช่นกำลังการผลิตเยื่อในปัจจุบันมีประมาณหนึ่งแสนตัน ซึ่งเป็นการผลิตเยื่อฟอกทั้งหมด ระหว่างปี 2532 คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนได้อนุญาตให้ตั้งโรงงานผลิตเยื่อกระดาษขนาดใหญ่หลายโครงการ ซึ่งแต่ละโครงการวางแผนใช้ไม้ยูคาลิปต์เป็นวัตถุดิบเป็นส่วนใหญ่ และคาดว่าโครงการที่ได้รับการส่งเสริมนี้จะสามารถผลิตเยื่อกระดาษให้เพียงพอกับการใช้กระดาษของประเทศไปได้อีกหลายปี

ได้มีการศึกษาคุณสมบัติของเยื่อกระดาษจากไม้ยูคาลิปต์โดยวิธีซัลเฟตจากคณะวิจัยของกองวิจัยผลิตผลป่าไม้ (2530) และทัศนีย์และคณะ (2525)

¹ ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dept. of Forest Products, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10903, Thailand.

ยืนยันว่าเยื่อคุณภาพดีมีคุณสมบัติทางด้านความแข็งแรงเหมาะสมที่จะนำมาผลิตกระดาษพิมพ์และกระดาษเขียน และอาจใช้เป็นส่วนผสมได้ในการผลิตกระดาษเพื่อการบรรจุภัณฑ์เป็นปริมาณสูง ไม้ยูคาลิปต์เป็นไม้ที่สามารถแยกกลินินได้ง่ายกว่าไม้ใบแคบหรือไม้สนที่มีเส้นใยยาว สามารถนำมาผลิตเยื่อโซดาโดยเติมสารที่ช่วยในการแยกกลินินลงไปเพียงเล็กน้อย เช่นแอนทราควิโนน จะทำให้อัตราการแยกกลินินและคุณสมบัติเยื่อใกล้เคียงกับวิธีซัลเฟต (Baba *et al*, 1985 และ Fossom *et al*, 1980) ข้อดีของการต้มเยื่อโดยวิธีโซดาจะเป็นการลดมลภาวะทางอากาศลงและยังลดปัญหาและการลงทุนในการนำสารเคมีกลับคืนมาได้ นอกจากนี้ขนาดของโรงงานที่ผลิตเยื่อโดยวิธีนี้สามารถทำได้ในขนาดเล็กกว่าโรงงานที่ผลิตเยื่อโดยวิธีซัลเฟตอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อหาผลของแอนทราควิโนนในการต้มเยื่อโดยวิธีโซดาของไม้ยูคาลิปต์พันธุ์คามาลดูเลนซิสต่ออัตราการแยกกลินินและคุณสมบัติของเยื่อที่ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ไม้ยูคาลิปต์ที่ใช้ทดลองมีอายุ 5 ปี ได้สุ่มมาจากสวนป่าคลองท่อม จังหวัดกระบี่ จำนวน 10 ต้น โดยตัดฟันตั้งแต่ต้นปี 2526 มาแปรรูปทันทีให้มีขนาดหน้าตัดไม่เกิน 4×4 ซม. แล้วทำเป็นชิ้นไม้สับด้วยเครื่องสับชิ้นไม้สับ แล้วผึ่งให้แห้ง

สารแอนทราควิโนนใช้เกรด A.R. ซื้อมาจากบริษัท BDH Chemicals จำกัด

สารเคมี อุปกรณ์ และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของไม้ การวิเคราะห์น้ำหนักเยื่อ การคัดขนาดชิ้นไม้สับและเตรียมชิ้นไม้สับเพื่อต้มเยื่อ การต้มเยื่อและหาผลผลิตเยื่อ การวิเคราะห์หาตัวเลขค่าปเปอร์และปริมาณกลินินในเยื่อ การบดเยื่อ การหาค่าความอิสระของเยื่อ การทำแผ่นเยื่อทดสอบและวิธีทดสอบหาคุณสมบัติของแผ่นเยื่อ ทำตามวิธีการที่ระบุไว้ในเอกสารดังต่อไปนี้

ทศนีย์ (2529), ปรีชา (2532), ปรีชาและคณะ (2532), TAPPI T236m-60, TAPPI T222m-45 และ TAPPI T205m-53

การวิเคราะห์หาลักษณะประกอบเคมีของไม้

ตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์หาลักษณะประกอบเคมีของไม้ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างชิ้นไม้สับจากกองมา 500 กรัม แล้วบดและคัดขนาดระหว่าง 40/60 ผึ่งให้แห้งให้แห้ง ประมาณ 1 สัปดาห์ นำผงที่แห้งมาวิเคราะห์หาปริมาณสารที่ละลายได้ในแอลกอฮอล์-เบนซิน แอลกอฮอล์และน้ำร้อน ปริมาณที่เข้า กลินินและไฮโดรเซลลูโลส ตามวิธีการในเอกสารที่ได้กล่าวมาแล้ว

สถานะในการต้มเยื่อ

ในการต้มเยื่อชิ้นไม้สับจากยูคาลิปต์ทำได้ 3 วิธี คือ วิธีโซดา โซดา-แอนทราควิโนน และวิธีซัลเฟต โดยใช้ชิ้นไม้สับอบแห้ง 450 กรัมของแต่ละ

	Pulping processes		
	Soda	Soda-Anthraquinone	Sulfate
Active alkali, %	18	18	20
Sulfidity, %	0	0	30
% Anthraquinone added	0	.01 – .50	0
Liquor to wood ratio	4 : 1	4 : 1	3.5 : 1
Maximum temperature, °C	170	170	170
Time to maximum temperature, min	60	60	60

สภาวะโดยกำหนดสภาวะทั้งหมดของการต้มเชื้อดังต่อไปนี้

สำหรับสัญลักษณ์และเวลาต้มเชื้อที่อุณหภูมิสูงสุด แตกต่างกันตามวิธีต้มเชื้อ ตามที่กำหนดใน Table 1

ผลและวิจารณ์

องค์ประกอบเคมีของไม้ยูคาลิปต์

ปริมาณสารแทรกที่ละลายได้ในตัวทำละลายต่าง ๆ องค์ประกอบของซีเถ้า และองค์ประกอบของผนังเซลล์ ของไม้ยูคาลิปต์อายุ 5 ปี ที่ใช้ในการทดลองมีค่าเฉลี่ยตามลำดับดังนี้ ปริมาณสารแทรกที่ละลายได้ใน แอลกอฮอล์-เบนซีน แอลกอฮอล์ และน้ำร้อนเป็น 1.59, 0.74 และ 1.29% ปริมาณซีเถ้า 0.21% ปริมาณไฮโดรเซลลูโลส 71.1% และปริมาณลิกนิน 31.1%

จะเห็นว่าปริมาณสารแทรกและปริมาณซีเถ้าของไม้ยูคาลิปต์มีค่าต่ำและเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อกระดาษ ส่วนปริมาณไฮโดรเซลลูโลสและลิกนินก็อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับที่รายงานโดยทัศนีย์และคณะ (2525) สำหรับปริมาณลิกนินจะมีค่าสูงกว่าไม้ใบกว้างโดยทั่ว ๆ ไป

ผลผลิตเชื้อ ตัวเลขคัลปา และปริมาณลิกนินในเชื้อ

ผลผลิตเชื้อ ปริมาณชิ้นไม้ที่ไม่แยกเชื้อ และตัวเลขคัลปาของเชื้อจากทุกสภาวะในการต้มเชื้อแสดงได้ดัง Table 2 ผลผลิตเชื้อจากไม้ยูคาลิปต์ที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้ ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 45-50% ปริมาณชิ้นไม้ที่ไม่แยกเชื้อต่ำกว่า 4% และตัวเลขคัลปาของเชื้ออยู่ระหว่าง 15 ถึง 66

เมื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการต้มเชื้อและตัวเลขคัลปาในเชื้อดัง Figure 1 จะเห็นว่าเชื้อที่ได้จากวิธีโซดาและที่เติมแอนทราควิโนน .01% มีตัวเลขคัลปาระหว่าง 33-66 ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก และไม่เหมาะที่จะนำมาทำเชื้อฟอก

ตัวเลขคัลปาของเชื้อที่ได้จากวิธีโซดาที่เติมแอนทราควิโนน .05-0.5% มีค่าระหว่าง 20-40 ซึ่งยังมีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่จะนำมาฟอกเชื้อ ตัวเลขคัลปาของเชื้อที่ได้จากวิธีซัลเฟตส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่า 20 ซึ่งเป็นเชื้อที่เหมาะสมจะนำมาฟอกได้

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขคัลปากับปริมาณลิกนินในเชื้อ ประเมินได้จากการเลือกเชื้อ 5 ตัวอย่างที่มีค่าตัวเลขคัลปาดังแต่ 20 ถึง 66 มาวิเคราะห์หาปริมาณลิกนินในเชื้อ และสร้างสมการการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประเมินหาค่าปริมาณลิกนินจากค่าตัวเลข

Table 1 Symbols of soda, soda-anthraquinone and sulfate cooks of red gum wood at 170° C and different cooking time.

Processes	Cooking time, min					
	30	60	90	120	150	180
Soda	—	—	SO-9	SO-12	SO-15	SO-18
Soda-anthraquinone,	% anthraquinone added					
0.01	—	SA (.01) -6	SA (.01) -9	SA (.01) -12	SA (.01) -15	—
0.05	SA (.05) -3	SA (.05) -6	SA (.05) -9	SA (.05) -12	—	—
0.10	SA (.10) -3	SA (.10) -6	SA (.10) -9	SA (.10) -12	—	—
0.20	SA (.20) -3	SA (.20) -6	SA (.20) -9	SA (.20) -12	—	—
0.50	SA (.50) -3	SA (.50) -6	SA (.50) -9	SA (.50) -12	—	—
Sulfate	SU-3	SU-6	SU-9	SU-12	—	—

Table 2 Pulping yield and Kappa number of red gum pulps from soda, soda-anthraquinone and sulfate cooks.

Treatments*	Pulping yield, %	Reject, %	Kappa No.
SO-9	49.22	0.51	66.31
SO-12	47.58	0.22	45.32
SO-15	45.55	0.13	53.36
SO-18	45.03	0.10	45.50
SA (.01) -6	50.12	0.95	60.12
SA (.01) -9	49.95	0.22	43.56
SA (.01) -12	49.79	0.24	40.07
SA (.01) -15	45.59	0.11	33.55
SA (.05) -3	49.07	3.93	63.10
SA (.05) -6	48.53	0.41	32.68
SA (.05) -9	48.68	0.17	29.45
SA (.05) -12	48.41	0.13	27.70
SA (.10) -3	51.34	0.65	41.68
SA (.10) -6	48.82	0.68	27.63
SA (.10) -9	48.07	0.68	27.30
SA (.10) -12	47.76	0.14	24.06
SA (.20) -3	50.34	0.66	35.58
SA (.20) -6	49.22	0.16	28.60
SA (.20) -9	48.18	0.17	24.28
SA (.20) -12	48.49	0.06	23.48
SA (.50) -3	50.75	0.40	32.16
SA (.50) -6	48.85	0.28	23.20
SA (.50) -9	49.15	0.28	25.37
SA (.50) -12	47.98	0.05	18.95
SU-3	46.83	0.08	21.75
SU-6	45.33	0.00	17.81
SU-9	46.09	0.00	19.01
SU-12	44.78	0.00	15.64

*See Table 1.

กัปปาในเยื่อ จากการกระทำต่าง ๆ พบว่า สมการถดถอยเชิงเส้นของตัวเลขกัปปา (K) และปริมาณลิกนิน (L) ตาม Figure 2 มีค่าดังนี้

$$L = -2.22 + 0.1524 K;$$

$$r^2 = 0.978$$

จะเห็นว่ากำลังสองของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมการถดถอยเชิงเส้นนี้มีค่าสูง และเมื่อนำไปประเมินปริมาณลิกนินในเยื่อ สามารถ

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ต้มเยื่อ และปริมาณลิกนินในเยื่อได้ดัง Figure 3 ซึ่งยืนยันว่าปริมาณลิกนินในเยื่อที่ต้มโดยวิธีโซดา และที่เติมแอนทราควิโนน .01% ส่วนใหญ่มีปริมาณลิกนินสูงกว่า 4% ส่วนเยื่อจากวิธีโซดาที่เติมแอนทราควิโนน .05-0.5% มีปริมาณลิกนินระหว่าง 1-3% และเยื่อซัลเฟตจะมีปริมาณลิกนินต่ำกว่า 1%

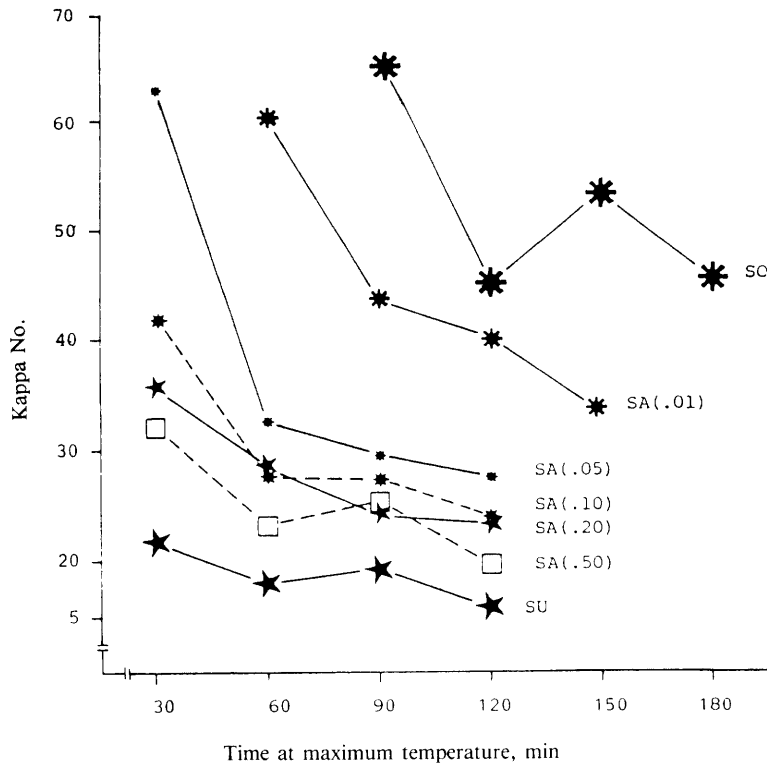


Figure 1 Effect of cooking time to Kappa number in red gum pulp from soda, soda-anthraquinone and sulfate cooks.

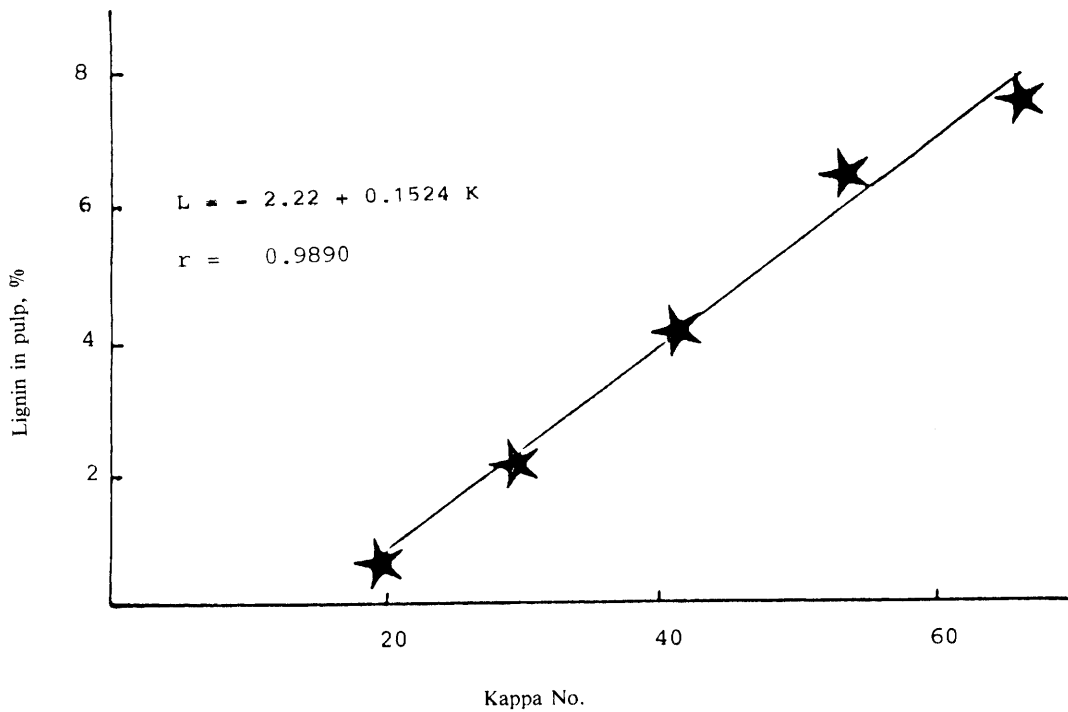


Figure 2 Relationship between lignin in pulp and Kappa No.

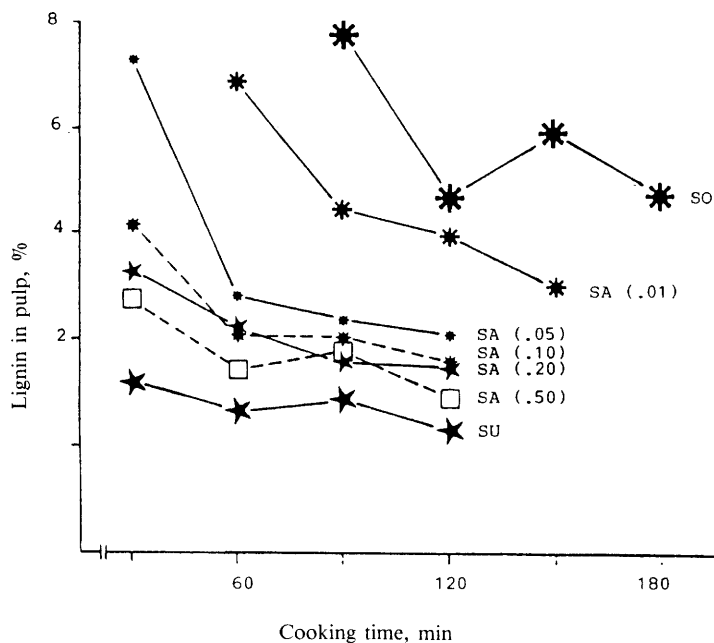


Figure 3 Lignin in pulp from soda, soda-anthraquinone and sulfate cooks of red gum wood at different cooking time.

ผลจากการเติมแอนทราควิโนนที่ .05% หรือมากกว่าจะทำให้อัตราการแยกลิกนินเร็วขึ้น และสามารถแยกลิกนินออกจากเยื่อได้มากขึ้น การเพิ่มปริมาณแอนทราควิโนนจาก .05% เป็น 0.5% มีผลต่อการแยกลิกนินออกจากเยื่อไม่มากนัก และความเร็วและปริมาณการแยกลิกนินออกจากเยื่อของโซดา-แอนทราควิโนนที่ศึกษาในครั้งนี้น้อยกว่าวิธีซัลเฟต ถึงแม้ว่าแอนทราควิโนนจะช่วยให้ผลในการแยกลิกนินออกจากเยื่อได้น้อยกว่าวิธีซัลเฟตก็ตาม แต่การต้มเยื่อโดยวิธีโซดา-แอนทราควิโนนนั้นไม่มีธาตุกำมะถันเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งจะเป็นวิธีการต้มเยื่อที่ลดมลภาวะทางอากาศได้ดีกว่าวิธีซัลเฟต การต้มเยื่อโดยวิธีนี้สามารถทำได้ในกำลังการผลิตที่เล็กกว่าวิธีซัลเฟต และระบบการนำสารเคมีกลับคืนมา ระบบการกำจัดมลภาวะทำได้ง่ายกว่าและลงทุนน้อยกว่าวิธีซัลเฟต ที่ต้องระวังในการใช้วิธีนี้คือปริมาณและราคาของแอนทราควิโนนนั้นมีพอเพียงที่จะมาทำอุตสาหกรรมผลิตเยื่อ เพราะสารแอนทราควิโนนยังไม่สามารถนำกลับคืนมาใช้ได้จากน้ำยาต้มเยื่อได้

ความยากง่ายในการบดเยื่อ

จากการใช้เครื่องบดเยื่อชนิด PFI mill โดยตั้งระยะห่างระหว่างจานบด 0.5 มม. และถ่วงด้วยน้ำหนัก 3.4 kgf/cm บดเยื่อครั้งละ 30 กรัม ค่าปริมาณของแข็ง 10% จากเยื่อที่ต้มโดยวิธีโซดา-แอนทราควิโนน (.05 และ .10%) และวิธีซัลเฟต ทุกสภาวะการต้มเยื่อที่ 0, 1,000, 2,500, 5,000, 10,000 และ 15,000 รอบ วัดค่าความอิสระของเยื่อเฉลี่ยดังที่แสดงไว้ใน Table 3

จากผลการทดลองพบว่า ที่ค่าความอิสระของเยื่อระหว่าง 350-550 ml CS เยื่อของทุกสภาวะต้มเยื่อใช้พลังงานในการบดเยื่อไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด ที่ความอิสระของเยื่อต่ำกว่า 350 ml CS เยื่อที่ได้จากวิธีโซดา และโซดา-แอนทราควิโนนที่ 0.05% ส่วนใหญ่จะใช้พลังงานในการบดเยื่อสูงกว่าเยื่อที่ได้จากวิธีการอื่น ๆ

คุณสมบัติของเยื่อทดสอบ

ตัวอย่างคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นเยื่อทดสอบจากไม้ยูคาลิปตัสที่ต้มเยื่อโดยวิธีโซดาและใส่

Table 3 Freeness of red gum pulp from soda, soda-anthraquinone and sulfate cooks refined by PFI mill at different rotations.

Treatments	Pulp freeness refined at revs $\times 10^{-3}$					
	0	1.0	2.5	5.0	10.0	15.0
SO-9	744	642	557	476	362	239
SO-12	617	509	434	376	234	162
SO-18	681	510	413	345	226	169
SA (.05) -3	763	630	560	487	353	353
SA (.05) -6	687	483	413	307	207	184
SA (.05) -9	598	431	400	301	210	204
SA (.05) -12	594	422	348	286	198	169
SA (.10) -3	700	—	—	325	258	170
SA (.10) -6	616	—	—	290	230	120
SA (.10) -12	575	—	—	265	131	173
SU-3	576	—	—	351	236	—
SU-6	566	—	—	350	230	—
SU-12	571	—	—	301	251	—

แอนทราควิโนน 0.10% คัมเขื่อนาน 60 นาที ที่ระดับความอิสระของเยื่อต่าง ๆ แสดงได้ดัง Figure 4 ลักษณะของเส้นกราฟต่าง ๆ ของคุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อที่ทดลองเปลี่ยนแปลงไปตามความอิสระของเยื่อ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับเยื่อเคมีจากไม้ใบกว้างที่รายงานมาโดยทั่ว ๆ ไป คือ ความแน่น แรงดึง แรงดันทะลุ และแรงหักพับจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความอิสระของเยื่อลดลง ความหนาของแผ่นเยื่อจะลดลงตามความอิสระของเยื่อ และแรงฉีกขาดของแผ่นเยื่อจะเพิ่มขึ้นที่ความอิสระลดลงในช่วงหนึ่ง หลังจากนั้นแล้วแรงฉีกขาดของเยื่อจะคงตัวหรือลดลง เนื่องจากความยาวของไฟเบอร์ถูกตัดให้สั้นลง

จากตัวอย่างคุณสมบัติทางกายภาพเฉลี่ยของแผ่นเยื่อทดสอบตาม Figure 4 ได้นำมาเขียนกราฟและหาคุณสมบัติทางกายภาพเฉลี่ยของแผ่นเยื่อทดสอบที่คัมเยื่อโดยวิธีโซดา โซดา-แอนทราควิโนน ที่ใส่แอนทราควิโนน 0.05 และ 0.1% และวิธีซัลเฟตทุก ๆ การกระทำ แล้วหาค่าความหนา น้ำ

หนักกระดาษ ความแน่น แรงดึง แพลเตอร์ของแรงดันทะลุ แพลเตอร์ของแรงฉีกขาด และแรงหักพับของแผ่นเยื่อที่ไม่ได้บด ที่ระดับความอิสระ 200, 300 และ 500 ml CS สรุปได้ดัง Table 4 จะเห็นว่าคุณสมบัติทางเมคานิกส์ของแผ่นเยื่อทดสอบที่ได้จากการคัมเยื่อโดยวิธีซัลเฟตจะดีกว่าวิธีโซดา-แอนทราควิโนน และดีกว่าวิธีโซดาไม่มากนัก รายละเอียดของคุณสมบัติดังกล่าวจะได้วิจารณ์เป็นหัวข้อตามลำดับต่อไปนี้

1. แรงดึง

แรงดึงเฉลี่ยของแผ่นเยื่อทดสอบที่ได้จากวิธีโซดา-แอนทราควิโนน และวิธีซัลเฟตที่ระดับความอิสระต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกับเยื่อที่ได้จากวิธีโซดา-แอนทราควิโนน ที่ .05 และ 0.1% ดังที่แสดงใน Figure 5 เยื่อที่ได้จากวิธีโซดา และโซดา-แอนทราควิโนนที่ 0.1% มีค่าแรงดึงต่ำกว่าเยื่อที่ได้จากวิธีโซดา-แอนทราควิโนนที่ .05% เล็กน้อย ส่วนเยื่อที่ได้จากวิธีโซดา-แอนทราควิโนนที่ 0.5% และเยื่อ

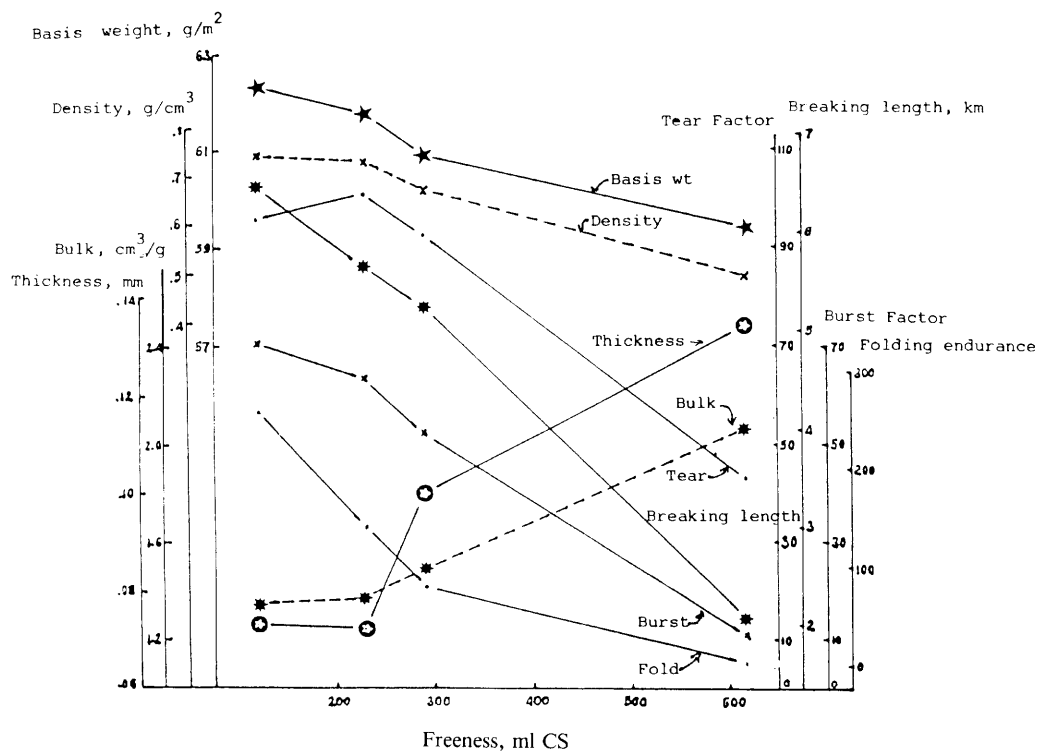


Figure 4 Physical properties of red gum pulp from a soda-anthraquinone cooks at .10% anthraquinone and one hour.

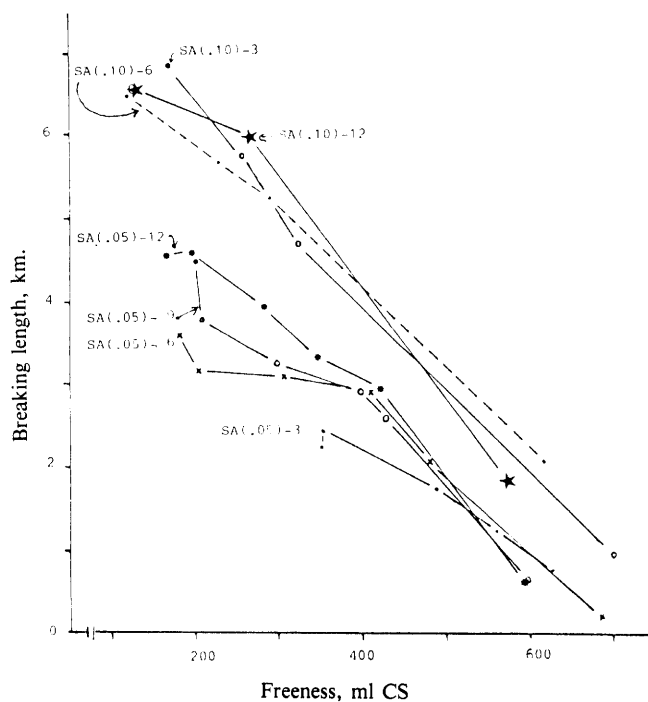


Figure 5 Breaking length of red gum pulp at different freeness from soda-anthraquinone cooks.

Table 4 Physical properties of unrefined and refined pulp at freeness of 200, 300 and 500 ml CS from soda, soda-anthraquinone and sulfate cooks of red gum wood.

Items	Cooking processes			
	SO	SA (.05)	SA (.10)	SU
Thickness, mm				
Unrefined pulp	.167 – .173	.137 – .168	.134 – .166	.134 – .140
500 ml	.130 – .136	.090 – .132	.122 – .134	.127 – .128
300 ml	.100 – .118	.098 – .100	.098 – .106	.096 – .098
200 ml	–	.093 – .126	.072 – .105	.092 – .092
Basis weight, g/m ²				
Unrefined pulp	56.4 – 57.7	54.7 – 57.8	59.4 – 61.9	62.1 – 63.7
500 ml	54.0 – 56.4	52.7 – 60.0	60.0 – 61.8	62.6 – 63.4
300 ml	54.6 – 57.0	55.0 – 55.5	60.8 – 63.7	62.4 – 64.0
200 ml	55.8 – 57.4	54.4 – 56.4	61.0 – 66.6	62.5 – 62.5
Density, g/cc				
Unrefined pulp	.33 – .34	.35 – .41	.40 – .49	.47 – .49
500 ml	.42 – .44	.43 – .47	.53 – .56	.54 – .56
300 ml	.48 – .56	.55 – .56	.64 – .68	.71 – .72
200 ml	.56 – .60	.55 – .61	.66 – .73	.75 – .75
Breaking length, km				
Unrefined pulp	.34 – .39	.23 – .66	.98 – 2.06	1.56 – 2.05
500 ml	1.50 – 1.70	1.60 – 1.90	2.70 – 3.20	2.50 – 3.20
300 ml	1.80 – 4.20	3.30 – 3.80	5.20 – 5.60	5.40 – 5.80
200 ml	1.50 – 3.80	3.20 – 4.70	5.80 – 6.30	6.10 – 6.10
Burst factor				
Unrefined pulp	0 – 1.65	1.39 – 6.68	3.74 – 11.4	8.17 – 11.5
500 ml	9 – 13	14 – 18	20 – 26	17 – 25
300 ml	21 – 35	36 – 46	45 – 51	50 – 56
200 ml	35 – 39	40 – 42	58 – 60	67 – 67
Tear factor				
Unrefined pulp	19.9 – 20.8	20.2 – 44.2	25.7 – 39.4	36.1 – 67.8
500 ml	61 – 75	51 – 78	60 – 70	56 – 84
300 ml	77 – 85	92 – 95	91 – 98	86 – 113
200 ml	84 – 88	84 – 91	98 – 100	106 – 106
Folding endurance				
Unrefined pulp	0	0 – 1	1 – 2	1 – 2
500 ml	2	2 – 4	25 – 35	15 – 30
300 ml	5 – 21	15 – 19	76 – 120	65 – 160
200 ml	26 – 32	25 – 90	170 – 240	275

ซัลเฟตทุกวิธีจะให้ค่าแรงดึงสูงกว่าเยื่อที่ได้จากวิธีโซดา-แอนทราควิโนนที่ 0.1%

จาก Figure 5 จะเห็นว่า แรงดึงของแผ่นเยื่อจะเพิ่มขึ้น เมื่อความอิสระของเยื่อลดลงเยื่อที่ได้จากวิธีโซดา และโซดา-แอนทราควิโนนที่ .05% จะมีค่าแรงดึงสูงสุดระหว่าง 3,000 ถึง 4,500 เมตร ที่ความอิสระต่ำกว่า 350 ml CS เยื่อโซดา-แอนทราควิโนนที่ .10% และเยื่อซัลเฟตจะให้แรงดึงสูงกว่า 4,500 เมตร จากค่าแรงดึงของเยื่อที่ได้จากสองวิธีหลังนี้มีความแข็งแรงพอที่จะนำมาผลิตกระดาษพิมพ์ กระดาษเขียนได้โดยตรง

2. แฟกเตอร์ของแรงดันทะลุ

ค่าเฉลี่ยแฟกเตอร์ของแรงดันทะลุของเยื่อยูคาลิปต์ที่ได้จากวิธีโซดา และโซดา-แอนทราควิโนนที่ .05 และ .10% ทุกระดับความอิสระของเยื่อแสดงได้ดัง Figure 6 แฟกเตอร์ของแรงดันทะลุจะเพิ่มขึ้นเมื่อความอิสระของเยื่อลดลง

เยื่อจากวิธีโซดา และโซดา-แอนทราควิโนนที่ .05% จะมีค่าต่ำกว่าที่ .10% และเยื่อซัลเฟตเยื่อที่ผลิตจากสองวิธีหลังนี้จะมีค่าแฟกเตอร์ของแรงดันทะลุระหว่าง 50-70% ที่ระดับความอิสระของเยื่อต่ำกว่า 350 ml CS

3. แฟกเตอร์ของแรงฉีกขาด

ค่าเฉลี่ยแฟกเตอร์ของแรงฉีกขาดทุกระดับความอิสระของแผ่นเยื่อยูคาลิปต์ที่ต้มโดยวิธีโซดา-แอนทราควิโนนที่ .05 และ .10% แสดงได้ดัง Figure 7 ค่าแฟกเตอร์ของแรงฉีกขาดจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อเยื่อถูกบดให้มีความอิสระลดลงจนกระทั่งความอิสระของเยื่อมีค่าประมาณ 300-450 ml CS จะให้ค่าแฟกเตอร์ของแรงฉีกขาดสูงสุด เมื่อค่าความอิสระของเยื่อต่ำกว่า 300 ml CS จะเป็นผลให้ค่าแฟกเตอร์ของแรงฉีกขาดไม่เพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มที่จะลดลง เนื่องจากเส้นใยเริ่มตัดให้มีขนาดสั้นลง ความสัมพันธ์ระหว่างความอิสระของเยื่อ และค่าแฟกเตอร์ของแรงฉีกขาดที่ได้จากการ

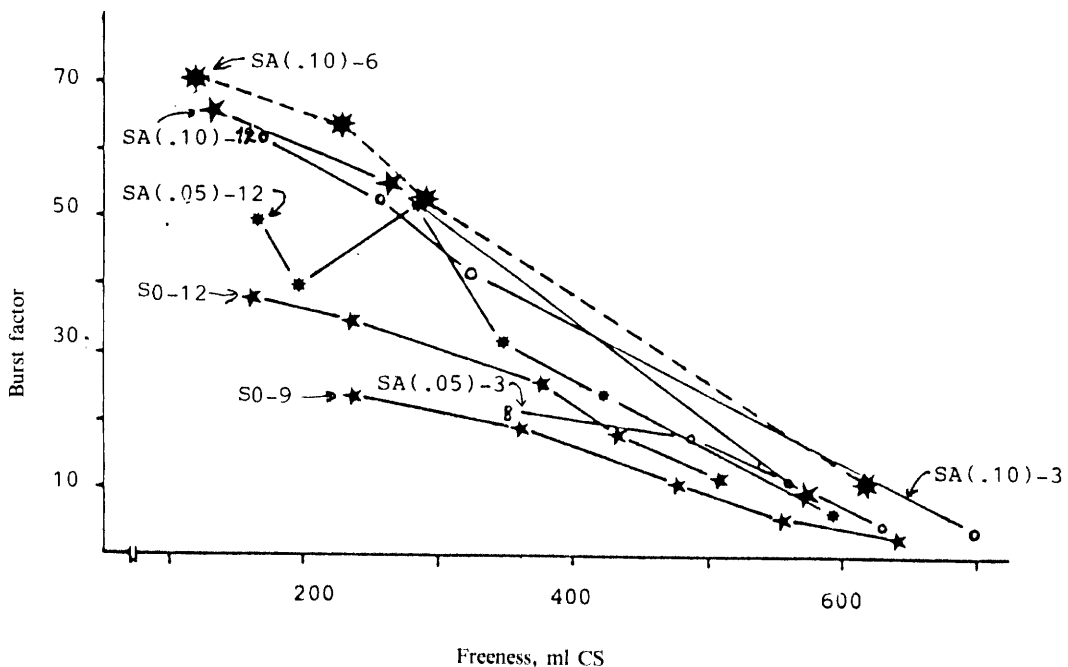


Figure 6 Burst factor of red gum pulp at different freeness from soda and soda-anthraquinone cooks.

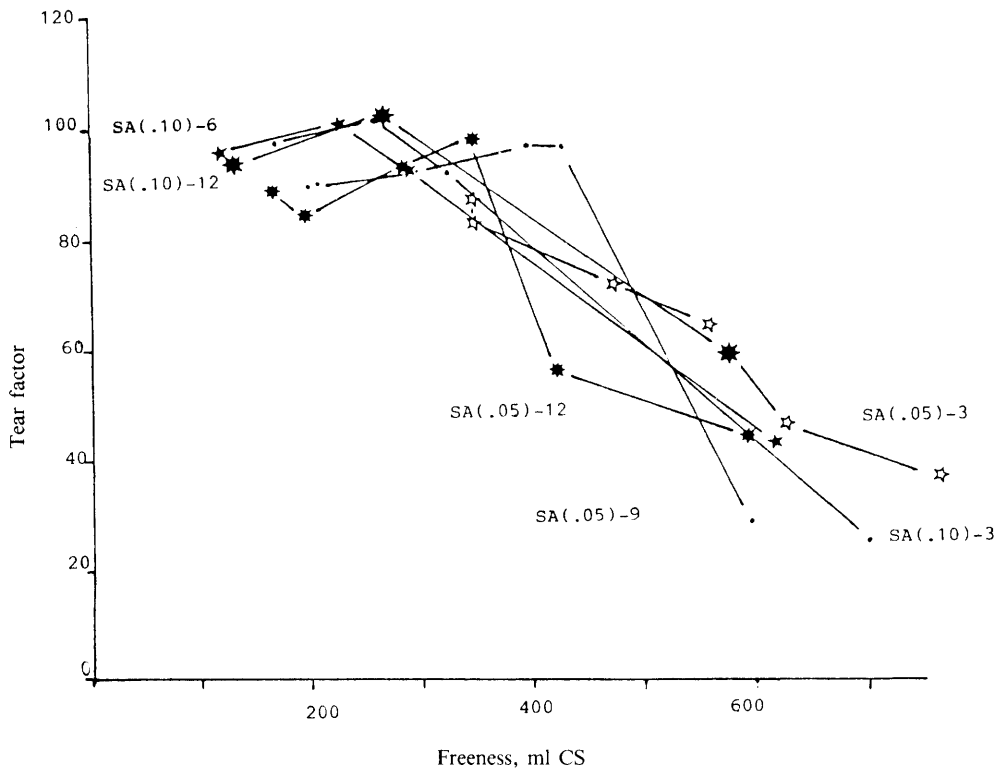


Figure 7 Tear factor of red gum pulp at different freeness from soda-anthraquinone cooks.

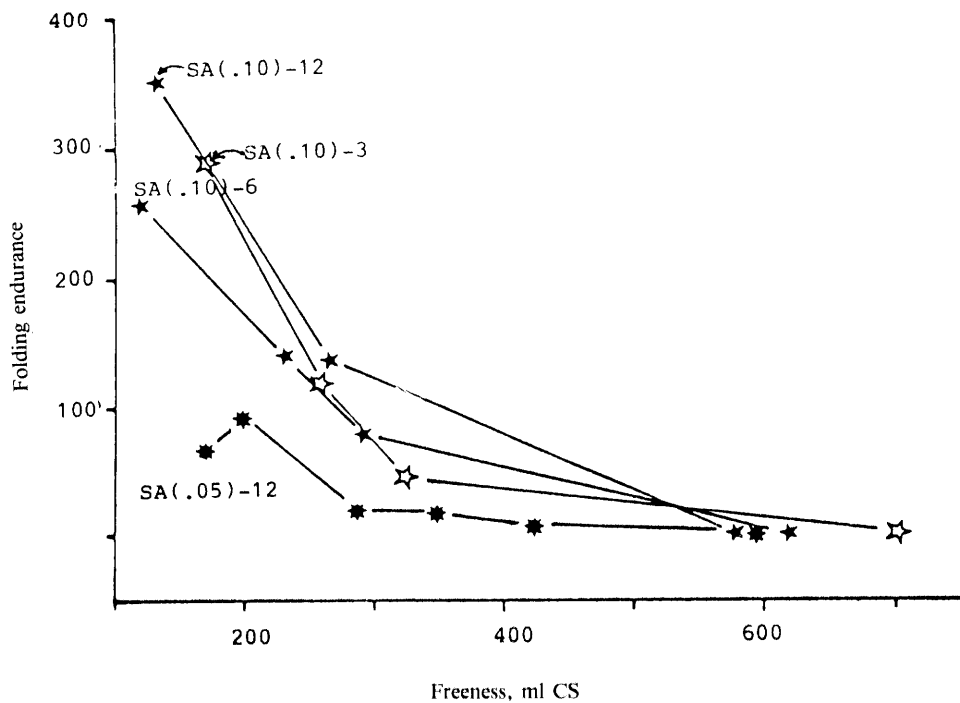


Figure 8 Folding endurance of red gum pulp at different freeness from soda-anthraquinone cooks.

ทดลองครั้งนี้เป็นเช่นเดียวกับเชื้อจากไม้ไผ่กว้าง โดยทั่ว ๆ ไป

แฟกเตอร์ของแรงฉีกขาดจากเชื้อโซดา และที่เติมแอนทราควิโนน .01% จะมีค่าต่ำสุด ส่วนเชื้อที่ได้จากการต้มเยื่อนั้น ๆ จะมีค่าแฟกเตอร์ของแรงฉีกขาดใกล้เคียงกัน ค่าแฟกเตอร์ของแรงฉีกขาดที่รายงานใน Table 4 มีค่าที่สูงกว่าพืชที่ให้เส้นใยสั้นโดยทั่ว ๆ ไป ซึ่งตามปกติค่านี้นอกจากพืชที่ให้เส้นใยสั้นควรมีค่าประมาณ 60 ก็นับว่าสูงแล้ว

4. แรงหักพับ

ค่าเฉลี่ยแรงหักพับทุกระดับความอิสระของแผ่นเยื่อเยื่อคลิปต์ที่ต้มโดยวิธีโซดา-แอนทราควิโนน ที่ .05 และ .10% แสดงได้ดัง Figure 8 จำนวนครั้งที่แผ่นเยื่อหักพับจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเยื่อถูกบดให้มีความอิสระลดลงจนถึง 300 ml CS และจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความอิสระลดลงต่ำกว่า เยื่อโซดา และที่เติมแอนทราควิโนน .05% หรือต่ำกว่าจะให้จำนวนครั้งของแรงหักพับน้อยกว่าที่เติมแอนทราควิโนน .10% และเยื่อซัลเฟตอย่างเด่นชัด เยื่อที่ผลิตจากวิธีหลังนี้มีค่าแรงหักพับใกล้เคียงกัน

สรุป

ผลของแอนทราควิโนนต่อการต้มเยื่อไม้ยูคาลิปต์ โดยวิธีโซดาที่ปริมาณต่างกัมมันต์ 18% และเติมแอนทราควิโนน .05-.50% และวิธีซัลเฟต สรุปได้ดังนี้

1. ผลผลิตเยื่อจากไม้ยูคาลิปต์ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 45-50% และไม่สามารถสรุปได้ว่าการเติมแอนทราควิโนนลงไปในกระบวนการต้มเยื่อโดยวิธีโซดาและการต้มเยื่อโดยวิธีซัลเฟต ให้ผลผลิตเยื่อที่แตกต่างกัน

2. คุณสมบัติทางเคมีของเยื่อและอัตราการแยกกลินิน เมื่อเติมแอนทราควิโนนตั้งแต่ 0.05% ของน้ำหนักขึ้นไม้สับยูคาลิปต์แห้งในการต้มเยื่อโดยวิธีโซดา ทำให้อัตราการแยกกลินินออกจากเยื่อ

ได้มากขึ้น และสามารถต้มเยื่อได้ในเวลาที่สั้นขึ้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณแอนทราควิโนน 0.05 ถึง 0.50% ในการต้มเยื่อโดยวิธีโซดาที่ปริมาณต่างกัมมันต์ 18% ยังให้อัตราการแยกกลินินออกจากเยื่อไม้ยูคาลิปต์ ได้ต่ำกว่าการต้มเยื่อโดยวิธีซัลเฟตที่ปริมาณต่างกัมมันต์ 20% และ sulfidity 30% ปริมาณแอนทราควิโนน 0.10% ที่เติมลงไปในกระบวนการต้มเยื่อไม้ยูคาลิปต์ โดยวิธีโซดาน่าจะเพียงพอสำหรับการต้มเยื่อฟอก จะเป็นการหลีกเลี่ยงการต้มเยื่อโดยวิธีซัลเฟต ซึ่งเป็นวิธีที่มีมลภาวะทางอากาศสูงและค่าใช้จ่ายในการนำสารเคมีกลับคืนมาที่สูงกว่า อีกประการหนึ่งแหล่งวัตถุดิบของสารต้มเยื่อโดยวิธีซัลเฟตยังไม่พบในประเทศไทย

3. ความแข็งแรงของแผ่นเยื่อทดสอบ แรงดึงแฟกเตอร์ของแรงดันทะลุ แฟกเตอร์ของแรงฉีกขาด และแรงหักพับของแผ่นเยื่อจากการต้มเยื่อโซดา-แอนทราควิโนนที่ 0.10% ให้ความแข็งแรงใกล้เคียงกับการเติมแอนทราควิโนนที่ 0.50% และเยื่อที่ได้โดยวิธีซัลเฟต ซึ่งให้ความแข็งแรงสูงกว่าการเติมแอนทราควิโนนที่ 0.05% และเยื่อที่ได้โดยวิธีโซดา

4. เยื่อที่ได้โดยวิธีโซดา-แอนทราควิโนน ที่เติมแอนทราควิโนน 0.10% จะให้ค่าแรงดึง แฟกเตอร์ของแรงดันทะลุ และแฟกเตอร์ของแรงฉีกขาดที่น่าพอใจที่ค่าความอิสระของเยื่อระหว่าง 300-400 ml CS ส่วนค่าแรงหักพับของแผ่นเยื่อทดสอบดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นอย่างน่าพอใจที่ความอิสระของเยื่อต่ำกว่า 300 ml CS

คำขอบคุณ

โครงการนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2525 ภายใต้รหัสโครงการ ว-ว 8.1.24 และประจำปี 2533 ภายใต้รหัสโครงการ ป-ม 2.32 โครงการนี้สำเร็จลงได้โดยการช่วยเหลือของ นายวินุญชัย พรชนรัตน์ และ น.ส.มยุรี ดวงเพชร

ที่ได้ต้มเยื่อและทดสอบคุณสมบัติบางประการของแผ่นเยื่อ

เอกสารอ้างอิง

- กองวิจัยผลิตผลป่าไม้. 2530. การใช้ประโยชน์ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส. กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 11 น.
- ทัศนีย์ กิตติรัตน์ตระการ. 2529. ปฏิกริยาไฟโรไลซิสของไม้ยูคาลิปตัสพันธุ์คามาลดูลเลนซิส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์., กทม.
- ทัศนีย์ รัตวานิช และคณะ. 2525. การทำเยื่อซัลเฟตจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส เคนซ์ และไม้ยูคาลิปตัส ชิตริออกดอรา สุก. การประชุมวิชาการป่าไม้ สาขาวนผลิตภัณฑ์ประจำปี 2525. กรมป่าไม้. 143-156.
- ปรีชา เกียรติกระจาย. 2532. การแยกกลินินของไม้สนสามใบ ไม้เลื้อย และไม้ไผ่รวก โดยวิธีซัลเฟต. วารสารวนศาสตร์ 8(1) : 12-27.
- ปรีชา เกียรติกระจาย, ประเทือง พุฒซ้อน และวีณา อีชะโรจน์. 2532. การศึกษาเบื้องต้นของการทำเยื่อกระดาษโดยวิธีซัลเฟตจากไม้ไผ่. วารสารวนศาสตร์. 8(2) : 171-190
- มยุรี ดวงเพชร. 2526. การต้มเยื่อโดยวิธีโซดาาร่วมกับแอนทราควิโนน ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส เคนซ์. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กทม.
- วิบูลย์ ชัยพรธรรณรัตน์. 2526. การทำเยื่อกระดาษจากไม้ยูคาลิปตัส โดยวิธีโซดาาร่วมกับแอนทราควิโนน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กทม.
- Baba, M.A., H. Vereramami and J.S. Rao. 1985. Soda-anthraquinone pulping of plantation eucalypts. Appita. 38 : 185-187.
- Fossom, G., S. Hugglund and B. Lindqvist. 1980. Alkaline pulping of pine and birch with anthraquinone as additives. Svensk Papperstiding. 15 and 16 : 430-433 and 455-460.