

การผลิตเยื่อกระดาษจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส โดยใช้ด่างผสมโซเดียมไดไธโอไนต์

ALKALINE PULPING OF *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* WITH SODIUM DITHIONITE AS ADDITIVE

นิยมน เพชรผุด*

Niyom Petchpud

ABSTRACT

This study was an attempt to determine whether sodium dithionite could be used as an additive to improve yield and properties of Eucalyptus pulp in alkaline pulping.

Eucalyptus camaldulensis wood chips have been pulped in a laboratory digester of 5 liter capacity by soda process, sulfate process and soda process with sodium dithionite (SD) as an additive.

Pulping conditions were 18 percent active alkali (as Na_2O on o.d. wood), 25 percent sulfidity, 5 percent sodiumdithionite, time to max. tem 1:30 h, time at max. tem 2:30 h, max. tem 170°C and liquor to wood ratio 4:1.

The cooked chips were defibred by means of disintegrator and then washed and screened in the laboratory screen. Pulp yields, rejects and kappa numbers were determined. Selected pulps were beaten in PF1 mill and handsheet properties determined using TAPPI standard methods. Results were statistical analyzed and found that no significant advantages in yield of soda + SD pulp. However significantly reduce in rejects and Kappa number in soda + SD pulp have been observed. The beaten soda + SD pulps show higher strengths than conventional soda pulps but are no significant difference.

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้เพื่อต้องการทราบว่า Sodium dithionite ที่ใช้ผสมลงในกระบวนการต้มเยื่อกระดาษโดยกรรมวิธีที่ใช้ด่าง (Alkaline pulping) นั้น จะสามารถทำให้ผลผลิตของเยื่อเพิ่มขึ้น และความแข็งแรง (strengths) ต่าง ๆ ของเยื่อที่ได้เพิ่มขึ้นหรือไม่เพียงใด

ในการศึกษานี้ได้ใช้ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส โดยทดลองต้มเยื่อกระดาษในห้องทดลอง โดยใช้กรรมวิธีซัลเฟต กรรมวิธีโซดา และกรรมวิธีโซดา + โซเดียมไดไธโอไนต์ (SD) 5% ใช้ condition ในการต้มเยื่อดังนี้

active alkali 18%, sulfidity 25%, liquor to wood ratio 4:1, cooking tem. 170°C , time to max. tem 1:30 h, time at max. tem 2:3 h, เยื่อที่ได้นำไปล้าง กรอง ทาผลผลิต (yield) เหน (reject) ค่า kappa number และนำไปตี (beat) ทบแผ่น และหาความแข็งแรงต่าง ๆ (strengths) ของ

* ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ วนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กทม. 10903

ผลตาม TAPPI standard ผลที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า โซเดียมไดไฮไดรด์ ไม่ทำให้ผลผลิตของเยื่อกระดาษเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ reject และค่า Kappa number ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และความแข็งแรงของเยื่อกระดาษจากกรรมวิธีโซดา และกรรมวิธีโซดา + SD ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตาม ความแข็งแรงของเยื่อกระดาษจากกรรมวิธีโซดา - SD ก็มีแนวโน้มที่จะสูงกว่าเยื่อจากกรรมวิธีโซดาทั่ว ๆ ไป

คำนำ

เนื่องจากไม้ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตเยื่อกระดาษนั้น มีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรมกระดาษที่ขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ราคาไม้เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ และมีผลทำให้ราคาเยื่อกระดาษสูงตามไปด้วย ดังนั้นวิธีการใดก็ตามที่จะทำให้ผลผลิต (yield) เยื่อกระดาษเพิ่มสูงขึ้นต่อหน่วยวัตถุดิบที่ใช้ จึงได้รับความสนใจกันมากขึ้น

ในการผลิตเยื่อกระดาษโดยกรรมวิธีที่ใช้ด่าง (alkaline pulping) นั้น อาจทำให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นได้โดยวิธีการต่าง ๆ หลายวิธีได้แก่

1. โดยการทำให้ลิกนินละลายและแยกออกจากไม้อย่างทั่วถึง และสม่ำเสมอ (improved uniformity of delignification) ภายในชิฟ (chip) แต่ละชิ้น และระหว่างชิฟทุกชิ้นภายในหม้อต้มเยื่อ (digester) ซึ่งวิธีนี้สามารถทำได้โดยใช้ชิฟที่มีขนาดพอเหมาะ เพื่อที่จะให้น้ำต้มเยื่อ (cooking liquor) ได้ซึมซาบเข้าไปในชิฟได้ง่ายและทั่วถึง อุณหภูมิและปริมาณสารเคมีที่ใช้ (chemical charge) ในการต้มเยื่อ ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม

2. ทำให้ชิ้นส่วนคาร์โบไฮเดรตเสถียร (Stabilization of carbohydrate fraction) โดยป้องกันไม่ให้คาร์โบไฮเดรตถูกตัดให้สั้นลงเรื่อย ๆ และละลาย (degradation and dissolution) ไปอยู่ในน้ำต้มเยื่อ จากปฏิกิริยาที่เรียกว่า "peeling reaction" อาจทำได้โดยเติมสาร reducing agent

บางตัวลงไปในการต้มเยื่อ เป็นต้นว่า Polysulfides, borohydrides, hydrogensulfide, anthraquinone etc.

3. โดยการทำให้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายออกมาตอนเริ่มต้มเยื่อ (cooking) นั้น กลับไปเกาะติดบนไฟเบอร์ (fiber) ใหม่ (resorption of polymeric carbohydrate)

4. โดยการลดการละลายของลิกนินลง (reduce delignification) คือยอมให้มีลิกนินตกค้างอยู่ในเยื่อมากขึ้น โดยเฉพาะเยื่อที่ไม่ต้องการฟอกสี (bleaching) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันในการค้า

สำหรับการเพิ่มผลผลิตโดยวิธีทำให้ชิ้นส่วนของคาร์โบไฮเดรตเสถียรดังในกรณีข้อ 2 ก็ใช้กันเหมือนกันในการศึกษาค้นคว้าทดลองครั้งนี้ ได้ทดลองเพิ่มผลผลิตเยื่อโดยทำให้คาร์โบไฮเดรตเสถียร ในการผลิตเยื่อโดยใช้ด่าง (alkaline pulping) ในกรรมวิธีโซดา (soda process) โดยใช้ไม้ยูคาลิปตัส *Eucalyptus camaldulensis* เป็นวัตถุดิบ ซึ่งเป็นไม้ที่ขึ้นได้ในทุกภาคของประเทศไทย เป็นไม้โตเร็ว ที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมากจากภาคเอกชน และมีปลูกกันมากในท้องถิ่นซึ่งหาวัตถุดิบเยื่อกระดาษและกระดาษวันออกเฉียงเหนือ และหวังกันว่าไม้ชนิดนี้จะ เป็นวัตถุดิบที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษของประเทศในอนาคต

ในการศึกษาค้นคว้าทดลองครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ต้องการเปรียบเทียบ

1. ปริมาณผลผลิตของเยื่อ (yield) ที่ได้ ระหว่าง

เยื่อที่ผลิตโดยกรรมวิธีโซดา (Soda process) กับเยื่อที่ผลิตโดยกรรมวิธีโซดาและเติมสาร Sodium dithionite (SD) และกับเยื่อที่ผลิตโดยกรรมวิธีซัลเฟต (Sulfate process)

2. degree of delignification (ปริมาณลิกนินที่ตกค้างในเยื่อของเยื่อที่ผลิตโดยกรรมวิธีโซดา กับเยื่อที่ผลิตโดยกรรมวิธีโซดาและเติมสาร Sodium dithionite และกับเยื่อที่ผลิตโดยกรรมวิธีซัลเฟต โดยให้ค่า Kappa number เป็นเกณฑ์ในการวัด)

3. สมบัติต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ (physical properties) ของเยื่อที่ผลิตโดยกรรมวิธีโซดา กับเยื่อที่ผลิตโดยกรรมวิธีโซดาและเติมสาร Sodium dithionite และกับเยื่อที่ผลิตโดยกรรมวิธีซัลเฟต

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดเลือก

ไม้ที่ใช้ทดลองเป็นไม้ยูคาลิปตัส ความเป็นลูเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis*) จากสวนป่าอายุประมาณ 5-7 ปี หลังจากปลูกเรียบร้อยแล้วนำมาทำเป็น chip (ชิ้นเล็ก ๆ) โดยใช้เครื่องสับชิ้นไม้ (chipper) สำหรับห้องทดลอง chip ก่อนใช้ได้

ร้อนที่ลอยเฉพาะ chip ที่มีขนาดเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน และตัดเอาส่วนที่เป็นไสไม้หรือมีเปลือกติดอยู่ออกเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอใน chip มากที่สุด สุ่มตัวอย่าง chip จำนวนหนึ่งไปหาความชื้นเพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำหนักรอบแห้ง ใช้ chip น้ำหนักรอบแห้งตัวอย่างละ 400 กรัม ทั้งหมดจำนวน 15 ตัวอย่าง นำไปผลิตเยื่อโดยใช้กรรมวิธีโซดา กรรมวิธีโซดา + sodium dithionite และกรรมวิธีซัลเฟต แต่ละกรรมวิธีใช้ 5 ตัวอย่าง (sample) โดยนำไปต้มในหม้อสำหรับต้มเยื่อ digestor แบบที่ใช้ในห้องทดลอง ความจุ 5 ลิตร เป็นแบบ batch digester ชนิดหมุนได้ในแนวดิ่ง ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า และสามารถควบคุมอุณหภูมิ ได้โดยใช้ pulping condition ตามตารางที่ 1

หลังจากการต้มสิ้นสุดลงแล้ว เยื่อที่ได้นำไปล้างด้วยน้ำในตะแกรงจนหมดน้ำยา และนำไปกระจายให้ไฟเบอร์แยกออกจากกันในเครื่องกระจายเยื่อ (pulp disintegrator) จากนั้นนำไปกรองใน pulp screen ขนาดรูตะแกรง 0.15 มม. เยื่อที่ผ่านการกรองแล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผลผลิต (yield) และ reject โดยใช้สูตร

Table 1. Pulping Conditions for *Eucalyptus camaldulensis*

Pulping Process	Soda	Soda with Sodium dithionite added (SD)	Sulfate	Remarks
Cooking parameter				
Active alkali % (as Na ₂ O)	18	18	18	
Sulfidity %	-	-	25	
Liquor : wood	4:1	4:1	4:1	
Sodium dithionite, % (on wood)	-	5	-	
Time to maximum Temperature, (hr)	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	
Time of maximum Temperature, (hr)	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	
Maximum Temperature °C	170	170	170	
O.D. Wood, g	400	400	400	

$$\text{Yield, } = \frac{\text{น.น.ของแห้งของเยื่อ}}{\text{น.น.ของแห้งของไม้ที่เข้า}} \times 100$$

$$\text{reject, \%} = \frac{\text{น.น. reject ของแห้ง}}{\text{น.น.ของแห้งของไม้ที่เข้า}} \times 100$$

การหาค่า Kappa number

ใช้ TAPPI standard T 236 ค่าที่ได้เป็นค่า degree of delignification or degree of pulping เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณของลิกนินที่สลายเหลืออยู่ในเยื่อกระดาษ

การตีเยื่อ

ตีเยื่อใน PFI mill ใช้เยื่อแห้ง 30 กรัม consistency 10 เปอร์เซ็นต์ ตี 500 รอบ (ด้วยหินไนต์)

การหาค่า Freeness

ตาม TAPPI standard T 227

การทำแผ่นเยื่อเพื่อทดสอบ

ตาม TAPPI standard T 205

การทดสอบค่าทางฟิสิกส์ของแผ่นเยื่อ

ตาม TAPPI standard T 220

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้คือ

1. ปริมาณผลผลิตของเยื่อ (yield) ที่ผลิตได้ โดยกรรมวิธีต่าง ๆ คือ โดยกรรมวิธีโซดา กรรมวิธีโซดา + Sodium dithionite (SD) และกรรมวิธีซัลเฟต

2. Degree of delignification (ปริมาณลิกนินที่สลายอยู่ในเยื่อ) ที่ผลิตจากกรรมวิธีสามข้อ 1 โดยพิจารณาจากค่า Kappa number

3. สมบัติต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ของเยื่อ ได้แก่ ค่า freeness, breaking length, tearing strength, folding endurance ที่ได้จากกรรมวิธีโซดา กรรมวิธีโซดา + SD และจากกรรมวิธีซัลเฟต นำไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีไคสแควร์ (Chi-square)

ผลและการวิจารณ์

จากตารางที่ 2 และตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า

ผลผลิต (Yield)

ผลผลิตของเยื่อที่ได้จากกรรมวิธีโซดา (44.91 เปอร์เซ็นต์) และจากกรรมวิธีโซดา + SD (43.54 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่า sodium dithionite ที่เติมลงไปในการกรรมวิธีโซดานั้น ไม่ได้ทำให้ผลผลิตของเยื่อเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับผลผลิตของเยื่อโดยกรรมวิธีซัลเฟต นั้น (ผลผลิต 44.82%) ให้ผลผลิตของเยื่อสูงกว่ากรรมวิธีโซดา + SD อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 แต่สำหรับผลผลิตของเยื่อโดยกรรมวิธีโซดาและโดยกรรมวิธีซัลเฟตนั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ถือให้ผลผลิตปริมาณใกล้เคียงกันคือ 44.90% 44.82% ตามลำดับ

เศษ

เศษ (Reject) ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา 0.185% จากกรรมวิธีโซดา + SD 0.089% และจากกรรมวิธีซัลเฟต 0.187% Reject ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา + SD ต่างกับ reject ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดาอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 สำหรับ reject ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดาและจากกรรมวิธีซัลเฟตนั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากผลอันนี้แสดงให้เห็นว่า sodium dithionite ที่เติมลงไปในการกรรมวิธีโซดานั้นมีส่วนช่วยให้ reject ลดลง ซึ่งในแง่อุตสาหกรรมแล้ว

Table 2. Average yields, rejects, kappa numbers and physical properties of soda, soda + SD and sulfate pulps.

Pulping Process yields and physical properties of pulps	Soda Process	Soda Process + Sodium dithionite (SD) 5 %	Sulfate Process
1. Yields, %	44.91	43.55	44.82
2. Reject, %	0.185	0.089	0.186
3. Kappa number	30.38	22.86	23.15
4. Freeness			
4.1 Unbeaten pulp	618	610	632
4.2 Beaten pulp (500 rev.)	406	413	418
5. Breaking length			
5.1 Unbeaten pulp	1170.49	1498.78	2001.76
5.2 Beaten pulp	2942.37	3196.24	4033.16
6. Tearing strength			
6.1 Unbeaten pulp	36.40	46.81	63.70
6.2 Beaten pulp	89.52	82.08	92.13
7. Folding endurance			
7.1 Unbeaten pulp	0.38	0.80	1.14
7.2 Beaten pulp	3.78	4.68	8.98

เป็นผลดี เพราะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการจัดการกับ reject ที่เกิดจากการต้มเยื่อ

ค่า Kappa number

สำหรับ degree of delignification หรือปริมาณลิกนินที่ตกค้างอยู่ในเยื่อ ซึ่งวัดจากค่า kappa number นั้น ในกรรมวิธีโซดา ค่า kappa number 30.38 ในกรรมวิธีโซดา + SD ค่า kappa number 22.86 ในกรรมวิธีซัลเฟต 23.15 จะเห็นว่าค่า kappa number ของกรรมวิธีโซดา + SD ส่างกับค่า kappa number ของกรรมวิธีโซดาอย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่น 0.01 สำหรับค่า kappa number ของกรรมวิธีโซดา + SD กับกรรมวิธีซัลเฟตนั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับค่า kappa number ของกรรมวิธีโซดาและของกรรมวิธีซัลเฟต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ

ความเชื่อมั่น 0.05 แสดงให้เห็นว่า sodium dithionite ที่เติมลงในในกรรมวิธีโซดานั้น ช่วยให้ลิกนินในไม้ละลายออกมาได้มากขึ้น จึงมีลิกนินเหลือตกค้างอยู่ในเยื่อน้อย ในกรรมวิธีโซดา + SD ลิกนินจะละลายออกมาได้มากพอ ๆ กับกรรมวิธีซัลเฟต การที่มีลิกนินเหลือตกค้างอยู่ในเยื่อน้อย จะช่วยให้การฟอกสี (bleaching) เยื่อได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะเป็นผลดีในทางอุตสาหกรรม คือ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการฟอกสีเยื่อลดลง ถ้าหากว่าเยื่อนั้นต้องการฟอกสีก่อนนำไปใช้ประโยชน์

ค่า Freeness ของเยื่อ (C.S.F.)

ค่า freeness ของเยื่อได้แบ่งออกเป็นสองระดับ ค่า freeness ของเยื่อที่ไม่ได้ตี (unbeaten pulp) กับค่า freeness ของเยื่อที่ตีแล้ว (beaten pulp)

Table 3. Comparison of yields, kappa numbers and physical properties of pulps from Soda, Soda + SD and Sulfate processes by t-test

Yield, Kappa number, physical properties of pulp	Mean	SD	T	P	Remark
1. Yield					
Soda	44.90	0.64			
Soda + SD	43.54	1.32	1.65	0.17	ns.
Soda + SD	44.54	1.32			
Sulfate	44.82	0.75	3.64	0.05	*
Soda	44.90	0.64			
Sulfate	44.82	0.75	0.16	0.88	ns.
2. Reject					
Soda	0.185	0.078			
Soda + SD	0.089	0.015	2.83	0.04	*
Soda + SD	0.089	0.015			
Sulfate	0.187	0.078	2.85	0.4	ns.
Soda	0.185	0.079	0.02	0.98	ns.
Sulfate	0.187	0.078			
3. Kappa number					
Soda	30.38	3.30			
Soda + SD	22.86	1.12	4.27	0.01	**
Soda + SD	22.86	1.12			
Sulfate	23.15	2.63	0.25	0.81	ns.
Soda	30.38	3.30			
Sulfate	23.15	2.63	-2.78	0.05	*
4. Freeness (C.S.F.)					
4.1 unbeaten pulp					
Soda	618.00	14.83			
Soda + SD	610.00	12.24	1.53	0.17	ns.
Soda + SD	610.00	12.24			
Sulfate	632.00	8.36	2.99	0.04	*
Soda	618.00	14.83	1.61	0.18	ns.
Sulfate	632.00	8.36			

Table 3. (cont.)

Yield, Kappa number physical properties of pulp	Mean	SD	T	P	Remarks
4.2 Beaten pulp (500 rev.)					
Soda	406.0	8.94			
Soda + SD	413.0	8.36	-1.61	0.184	ns
Soda + SD	413.0	8.3	0.49	0.65	ns
Sulfate	418.0	14.8			
Soda	406.0	8.9			
Sulfate	418.0	14.8	1.2	0.28	ns
5. Breaking length (ml)					
5.1 Unbeaten					
Soda	1170.49	115.30	-1.58	0.190	ns
Soda + SD	1498.78	409.29			
Soda + SD	1498.78	409.29			
Sulfate	2001.76	407.84	2.91	0.04	*
Soda	1170.49	115.30	4.75	0.009	**
Sulfate	2001.76	407.84			
5.2 Beaten pulp					
Soda	2942.37	228.40			
Soda + SD	3196.24	954.67	-0.37	0.599	ns
Soda + SD	3196.24	954.67			
Sulfate	4033.16	104.77	2.02	0.11	ns
Soda	2942.37	228.40	9.36	0.001	**
Sulfate	4033.16	104.77			
6. Tearing strength					
6.1 Unbeaten					
Soda	36.40	5.89	-2.11	0.102	ns
Soda + SD	46.81	11.6			
Soda + SD	46.81	11.6			
Sulfate	63.70	18.97	1.58	0.18	ns
Soda	36.40	5.89	2.6	0.06	ns
Sulfate	63.70	18.97			

Table 3. (cont.)

Yield, Kappa number physical properties of pulp	Mean	SD	T	P	Remarks
6.1 Beaten pulp					
Soda	89.32	28.26			
Soda + SD	82.68	17.32	0.38	0.72	ns.
Soda - SD	82.68	17.32			
Sulfate	92.13	17.17	1.0	0.37	ns.
Soda	89.32	28.26	0.19	0.86	ns.
Sulfate	92.13	17.17			
7 Folding endurance					
7.1 Unbeaten pulp					
Soda	0.38	0.14	-7.2	0.002	**
Soda + SD	0.80	0.26			
Soda - SD	0.80	0.26			
Sulfate	1.14	0.70	1.44	0.22	ns.
Soda	0.38	0.14	2.92	0.04	*
Sulfate	1.14	0.70			
7.2 Beaten pulp					
SD rev.					
Soda	3.78	0.79	-1.27	0.27	ns.
Soda + SD	4.68	1.51			
Soda - SD	4.68	1.51	2.69	0.05	*
Sulfate	8.98	2.55			
Soda	3.78	0.79	4.43	0.01	**
Sulfate	8.98	2.55			

* Significant at 0.05 level.

** Significant at 0.01 level.

ns not significant

1. Unbeaten pulp

ค่า freeness ของกรรมวิธีโซดา 618 ของกรรมวิธีโซดา + SD 610 ค่า freeness ของกรรมวิธีซัลเฟต 632 ซึ่งค่า freeness ของกรรมวิธีโซดาและค่า freeness ของโซดา - SD ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับค่า freeness ของกรรมวิธีซัลเฟตนั้น สูงกว่าค่า freeness ของกรรมวิธีโซดา + SD อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 สำหรับค่า freeness ของกรรมวิธีโซดาและค่า freeness ของ

กรรมวิธีซัลเฟตนั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

2. Beaten pulp 500 รอบ (จากตัวเลขหน้าใบ)

ค่า freeness ของกรรมวิธีโซดา 409 ค่า freeness ของกรรมวิธีโซดา + SD 413 และค่า freeness ของกรรมวิธีซัลเฟต 418 ซึ่งค่า freeness ของ beaten pulp ทั้งสามกรรมวิธีที่ตีใน PFI mill 500 รอบนั้น จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะเห็นได้ว่าเมื่อจากกรรมวิธีซัลเฟต เมื่อยังไม่ตีค่า

freeness จะสูง (63% C.S.F.) แต่เมื่อตีประยะหนึ่งแล้วค่า freeness จะลดลงเหลือพอ ๆ กับค่า freeness ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดาและกรรมวิธีโซดา - SD แสดงว่าเยื่อที่ได้จากกรรมวิธีทั้งสามนี้มีความยากง่ายในการสีเยื่อพอ ๆ กัน หรือกล่าวได้ว่า SD นั้นได้มีผลกระทบต่อการตีเยื่อ

ค่า Breaking length

บทความเป็นบทสรุป แบ่งเป็นสองระดับคือ

1. Unbeaten pulp

ค่า breaking length ของกรรมวิธีโซดา 1170.40 ม. ค่า breaking length ของกรรมวิธีโซดา + SD 1498.79 ม. ค่า breaking ของกรรมวิธีซัลเฟต 8001.78 ม. สำหรับค่า breaking length ของกรรมวิธีโซดาและกรรมวิธีโซดา + SD นั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่าค่า breaking length ของกรรมวิธีโซดา + SD (1498.78 ม.) จะสูงกว่าค่า breaking length ของกรรมวิธีโซดา (1170.40 ม.) สำหรับค่า breaking length ของกรรมวิธีซัลเฟตนั้น สูงกว่า breaking length ของกรรมวิธีโซดา และกรรมวิธีโซดา + SD ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การเติม sodium dithionite ในกรรมวิธีโซดานั้น มีแนวโน้มที่จะทำให้ค่า breaking length ของ unbeaten pulp สูงขึ้นกว่ากรรมวิธีโซดาทั่ว ๆ ไป แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังไม่สูงเท่ากับ breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีซัลเฟต

2. Beaten pulp 500 รอบ

ค่า breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา 2942.87 ม. ของกรรมวิธีโซดา + SD 3198.24 ม. และของกรรมวิธีซัลเฟต 4033.18 ม. ค่า breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา และของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา - SD ไม่แตกต่าง

กันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่า breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา + SD มีแนวโน้มที่จะสูงกว่า breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา สำหรับ breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา + SD กับค่า breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีซัลเฟตนั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นั่นคือมีค่า breaking length สูงพอ ๆ กัน สำหรับค่า breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีซัลเฟตสูงกว่าค่า breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 ดังนั้นจะเห็นได้ว่า sodium dithionite ที่เติมลงในกรรมวิธีโซดานั้น ทำให้ breaking length ของเยื่อสูงขึ้นพอ ๆ กับ breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีซัลเฟต

ค่า Tearing strength

คิดเป็นค่า tear factor

1. Unbeaten pulp

ค่า Tear factor ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา 36.40 กรรมวิธีโซดา + SD 48.81 และของกรรมวิธีซัลเฟต 83.70 ซึ่งค่า tearing strength ของกรรมวิธีทั้งสามไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่า tearing strength ของกรรมวิธีซัลเฟต มีแนวโน้มที่จะสูงกว่าค่า tearing strength ของกรรมวิธีโซดาและกรรมวิธีโซดา - SD

2. Beaten pulp 500 รอบ

ค่า Tear factor ของเยื่อที่ตีแล้วจากกรรมวิธีโซดา 89.82 ของกรรมวิธีโซดา + SD 82.08 ของกรรมวิธีซัลเฟต 92.13 ซึ่งค่า Tear factor ของเยื่อจากกรรมวิธีทั้งสามนี้ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ค่า Folding endurance

คือค่าจำนวนครั้งในการพับหักที่ทำให้กระดาษ

ขาดออกจากกัน

1. Unbenten pulp

ค่า folding endurance ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา 0.38 จากกรรมวิธีโซดา + SD 0.80 และจากกรรมวิธีซัลเฟต 1.14 ซึ่งค่า folding endurance ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา - SD สูงกว่าค่า folding endurance ของเยื่อกรรมวิธีโซดาอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 และค่า folding endurance ของเยื่อในกรรมวิธีซัลเฟต สูงกว่าค่า folding endurance ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดาอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 0.05 สำหรับค่า folding endurance ของกรรมวิธีซัลเฟต และค่า folding endurance ของกรรมวิธีโซดา - SD นั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

2. Beaten pulp 500 รอบ

ค่า folding endurance ของกรรมวิธีโซดา 3.78 ของกรรมวิธีโซดา + SD 4.88 และกรรมวิธีซัลเฟต 4.98 ซึ่งค่า folding endurance ของกรรมวิธีโซดาและกรรมวิธีโซดา + SD ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตาม ค่า folding endurance ของกรรมวิธีโซดา + SD (4.69) มีแนวโน้มที่จะสูงกว่าค่า folding endurance ของกรรมวิธีโซดา (3.78) สำหรับค่า folding endurance ของกรรมวิธีซัลเฟต (4.98) นั้น สูงกว่าค่า folding endurance ของกรรมวิธีโซดา + SD (4.88) และค่า folding endurance ของกรรมวิธีโซดา (3.78) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลจากการเดินสาร Sodium dithionite 5 เปอร์เซ็นต์ ลงไปในการผลิตเยื่อด้วยกรรมวิธีโซดา โดยใช้ไม้ยูคาเลปตัส พามาสดูเลนซิส เป็นวัตถุดิบนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีโซดาที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป

และกรรมวิธีซัลเฟตแล้ว ได้ผลพอสรุปได้ดังนี้

ปริมาณผลผลิต (yield) ของเยื่อที่ได้จากกรรมวิธีโซดา + SD ไม่แตกต่างกับปริมาณผลผลิตของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา แต่มีน้อยกว่าปริมาณผลผลิตของเยื่อจากกรรมวิธีซัลเฟตอย่างมีนัยสำคัญ

Reject (เศษ) ในกรรมวิธีโซดา - SD นั้นต่ำกว่าในกรรมวิธีโซดาอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่า SD ที่เติมลงไป ไม่ได้ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่ก็ช่วยให้ reject ลดลง ซึ่งเป็นผลดีในทางเศรษฐกิจ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดการกับ reject นั้นลดลง

Degree of delignification หรือค่า kappa number ในเยื่อจากกรรมวิธีโซดา + SD ต่ำกว่าค่า kappa number ในเยื่อจากกรรมวิธีโซดาอย่างมีนัยสำคัญ SD ช่วยให้อิทธิพลละลายออกมาได้มากขึ้น ทำให้ปริมาณลิกนินที่เหลือตกค้างอยู่ในเยื่อลดลง ทำให้การฟอกสีเยื่อได้ง่ายขึ้น อันจะเป็นผลดีในทางเศรษฐกิจ เพื่อทำให้ค่าใช้จ่ายในการฟอกสีเยื่อลดลง ค่า kappa number ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา + SD นั้น ไม่แตกต่างกับค่า kappa number ของเยื่อจากกรรมวิธีซัลเฟต แต่สีของเยื่อจะจางกว่าเยื่อจากกรรมวิธีซัลเฟต

ค่า Freeness ของเยื่อ แม้ว่าค่า freeness ของเยื่อที่ไม่ได้สี (unbeaten) จากกรรมวิธีโซดา + SD จะต่ำกว่า freeness ของเยื่อจากกรรมวิธีซัลเฟตอย่างมีนัยสำคัญก็ตาม แต่ความยากง่ายในการดีเยื่อก็ไม่แตกต่างกัน

ค่า breaking length ในเยื่อที่ไม่ได้สี ค่า breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา กับกรรมวิธีโซดา + SD แม้จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญก็ตาม แต่ค่า breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา + SD ก็มีแนวโน้มที่จะสูงกว่าค่า breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา แต่ทั้ง breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา

และจากกรรมวิธีโซดา + SD ก็ยังต่ำกว่า breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีซัลเฟตอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับเยื่อที่ผ่านการต้มแล้ว ค่า breaking length ของกรรมวิธีโซดาและกรรมวิธีโซดา + SD ก็ไม่แตกต่างกัน และค่า breaking length ของกรรมวิธีโซดา + SD ก็ต่ำกว่า breaking length ของกรรมวิธีซัลเฟตที่ไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม ค่า breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีซัลเฟตนั้น ก็มีแนวโน้มที่จะสูงกว่าค่า breaking length ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา + SD และค่า breaking length ของกรรมวิธีซัลเฟตที่สูงกว่า breaking length ของกรรมวิธีโซดาอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับค่าของ Tearing strength ทั้งในเยื่อที่สีและเยื่อที่ไม่ได้สี ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา กรรมวิธีโซดา + SD และกรรมวิธีซัลเฟต ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตาม tearing strength ของเยื่อจากกรรมวิธีซัลเฟตก็มีแนวโน้มที่จะสูงกว่า tearing strength ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา และโซดา + SD

สำหรับค่า folding endurance นั้น ในเยื่อที่ไม่ได้สี ค่า folding endurance ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา + SD และเยื่อจากกรรมวิธีซัลเฟต สูงกว่าค่า folding endurance ของเยื่อจากกรรมวิธี

โซดาอย่างมีนัยสำคัญ แต่สำหรับเยื่อที่สีแล้ว ค่า folding endurance ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา + SD ไม่แตกต่างกัน folding endurance ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดา และค่า folding endurance ของเยื่อจากกรรมวิธีโซดาและเยื่อจากกรรมวิธีโซดา + SD ต่ำกว่าค่า folding endurance ของเยื่อจากกรรมวิธีซัลเฟตอย่างมีนัยสำคัญ

ควรจะได้มีการศึกษาถึงการใช้ reducing อื่น ๆ ซึ่งมีผลในปริมาณเล็กน้อย ทั้งในกรรมวิธีโซดา และในกรรมวิธีซัลเฟตด้วย

เอกสารอ้างอิง

- McGowan, J.N. 1972. High-yield chemical pulping. TAPPI, 55 (10).
- Giertz, H.W. 1963. Some consequence of High yield on Paper Properties. Norges Teknske Hogskole, Meddelelse NR. 40 fra Institueet for Treforedlings Kjemii.
- Furuya, J. 1984. 9% production gain with quinone-additive kraft pulping in batch digester. TAPPI, 67 (10).
- Rydholm, S.A. 1967. Pulping Process. Interscience Publishers a division of John Wiley and Son, New York.