

# วิจัยไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าเพื่ออุตสาหกรรมกระดาษ

(Investigation of Eucalyptus urophylla for pulp and paper manufacturing)

นางรัตนา หม่อมณี สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม  
นายวสุ อรรถพนธ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

## บทคัดย่อ

วิจัยเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพเยื่อกระดาษของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า ต้มด้วยกรรมวิธีซัลเฟต และกรรมวิธีโซดา ผลการทดลองพบว่าเยื่อซัลเฟตที่ค่า Active alkali 16 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตเยื่อสูง 51 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์ค่า Kappa number ได้ 19 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำเยื่อซัลเฟตมาตีให้มีค่า Freeness 48<sup>o</sup>SR ผลที่ได้คือกระดาษมีความทนทานต่อแรงดึง 6,232 เมตร มีความต้านทานต่อแรงฉีกขาด 398.01 กิโลปาสคาล และมีค่าความต้านทานต่อแรงฉีกขาด 68.2 เซ็นติวัตตัน สำหรับเยื่อโซดา สภาวะการต้มที่ดีที่สุดคือความเข้มข้นของปริมาณต่าง 10 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตเยื่อสูง 45 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำเยื่อโซดาตีที่ค่า Freeness 51<sup>o</sup>SR พบว่ากระดาษที่ได้จากเยื่อโซดาที่มีความทนทานต่อแรงที่กระทำคือ มีค่าความต้านทานต่อแรงดึง 4,418 เมตร ความต้านทานต่อแรงฉีกขาด 244.1 กิโลปาสคาล ความต้านทานต่อแรงฉีกขาด 44.3 เซ็นติวัตตัน และให้ค่าความขาวสว่างสูงถึง 37%ISO ฉะนั้นพอสรุปได้ว่า ไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมกระดาษได้ดี

**คำสำคัญ:** ไม้สนคาริเบีย เยื่อซัลเฟต เยื่อโซดา ลักษณะเส้นใย

## Abstract

A comparative pulp quality of Eucalyptus urophylla between two conventional pulping processes are sulfate pulping and Soda pulping that were developed in various conditions. The results showed that the Sulfate pulping was at 16% Active alkali gave a 51% yield and 19%.Kappa number. After beaten, at 48<sup>o</sup>SR Freeness, then the physical properties of paper were analyzed which were 6,232 m breaking Length, 398.01 KPa bursting strength and 68.2 cN tearing strength. For the Soda pulping was at 10% lime concentration gave a 45% yield and 16%

Kappa number. After beating for a few minute; at 51°SR Freeness, paper properties were 4,418 m breaking Length, 244.1 KPa bursting strength, 44.3 cN tearing strength and 37% ISO brightness. Finally, it was possible to conclude that Eucalyptus urophylla could be good raw material for pulping.

**Keywords:** Eucalyptus urophylla Sulfate pulping Soda pulping Fiber dimension

## คำนำ

ยูคาลิปตัส เป็นไม้นำเข้าจากต่างประเทศ นำเข้ามาปลูกในประเทศไทย โดยมีจุดประสงค์เพื่อใช้เป็นไม้พลังงาน เชื้อเพลิงและถ่าน และเพื่อผลิตเป็นชิ้นไม้สำหรับโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ ไม้ยูคาลิปตัสเป็นพืชที่มีชนิดและแหล่งกำเนิดของไม้มีลักษณะโดดเด่นคือ มีอัตราการรอดตายและมีอัตราการเจริญเติบโตดี อันดับแรกได้แก่ ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส เนื่องจากสามารถปรับตัวได้ดีกับดินเค็มในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศได้ดีแม้ในที่แห้งแล้ง

จากการที่เกษตรกรประสบปัญหาเช่น การเกิดความแห้งแล้งยาวนานทำให้พืชขาดน้ำและแห้งตาย ปัญหาจากโรคและแมลงระบาด ราคาผลผลิตตกต่ำ เป็นระยะเวลาหลายปี จึงทำให้เกษตรกรบางกลุ่มหันมาสนใจปลูกไม้ยูคาลิปตัส ทดแทนการปลูกพืชหมุนเวียนระยะสั้นเช่น มันสำปะหลัง

หน่วยงานกรมป่าไม้ร่วมกับ บริษัทเอกชน นำพืชสายพันธุ์ยูคาลิปตัส มาทดลองปลูกคือ ข้อมูลการวิจัยพบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดตายโดยเฉลี่ยของ ยูคาลิปตัสยูโรฟิลล่า โดยทดลองทั้งถิ่นกำเนิดและสายพันธุ์ลูกผสม E. urophylla มีอัตราการรอดตายสูงมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างอายุ 10 ปี และอัตราการรอดตายลดลงเป็น 54.3 เปอร์เซ็นต์ที่อายุ 16 ปี และพบว่า ยูคาลิปตัสยูโรฟิลล่าสายพันธุ์ลูกผสมอายุ 3 ปีมีอัตราการรอดตายสูง 97.3 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเหตุนี้สายพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาปลูกสร้างสวนป่าที่มีระยะหมุนเวียนสั้น โดยยูคาลิปตัสยูโรฟิลล่าจากถิ่นกำเนิด Mt Mandiri, Flores และ Lelogama, Timor มีอัตราการรอดตายมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ที่อายุ 16 ปี จึงมีความเหมาะสมที่จะผลิตเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมไม้ ส่วนยูคาลิปตัสยูโรฟิลล่า จากถิ่นกำเนิด Mt Wologai, Flores มีอัตราการรอดตายต่ำ

ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า (*Eucalyptus urophylla*) พบในธรรมชาติที่เป็นดินภูเขาไฟทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศอินโดนีเซีย ละติจูดที่ 180 เมตร ถึง 3000 เมตร เป็นไม้ป่าที่มีความสำคัญทางการค้า เมื่อนำมาผสมข้ามสายพันธุ์กับ E.grandis จะได้ไม้ลูกผสมที่สามารถปรับตัวได้ดีกับอากาศร้อนชื้น และมีความต้านทานต่อโรคได้ดีกว่า E.grandis จากข้อมูลการสำรวจและเก็บรวบรวมเมล็ดในป่าธรรมชาติ

ในระยะ 7 ปีของเกาะในประเทศอินโดนีเซียพบว่ามีความเข้มข้นของสายพันธุ์เพิ่มขึ้น โดยพบว่ายากมากที่จะอนุรักษ์สายพันธุ์บริสุทธิ์ของ E.urophylla เอาไว้ได้ มักพบว่ามีความเข้มข้นของสายพันธุ์

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย** เพื่อศึกษาคุณภาพเยื่อกระดาษจากไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าด้วยกรรมวิธีโซดาและกรรมวิธีซัลเฟต

### วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ได้นำตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าอายุ 6 ปีจากสถานี (สะแกราช) วนวัฒนวิจัย จังหวัดนครราชสีมา มาแปรรูป ส่วนที่หนึ่งนำไปตรวจวัดลักษณะพื้นฐานของเส้นใยไม้และส่วนที่สอง ทำเป็นชิ้นไม้สับ แบ่งชิ้นไม้สับเป็นสองส่วน นำตัวอย่างชิ้นไม้สับส่วนที่หนึ่งนำมาต้มเป็นเยื่อกระดาษด้วยกรรมวิธีซัลเฟต สารเคมีที่สำคัญคือ โซเดียมซัลไฟด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยเลือกสภาวะการต้มที่ Sulfidity 25 เปอร์เซ็นต์ แปรผันค่า Active alkali 14,16,18 และ 20 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิคงที่ที่ 170 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 120 นาที อัตราส่วนของไม้ต่อสารละลาย 1:4 นำตัวอย่างชิ้นไม้สับส่วนที่สองมาต้มด้วยกรรมวิธีโซดา สารเคมีที่สำคัญคือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยเลือกสภาวะการต้มที่อัตราส่วนของไม้ต่อสารละลาย 1:4 แปรผันความเข้มข้นของสารละลายต่างที่ 10, 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 90 นาที จากนั้นนำเยื่อซัลเฟตและเยื่อโซดาที่ได้จากการต้มมาทำแผ่นกระดาษทดลอง [Sieber, 1951] และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษตามมาตรฐานดังนี้

#### Testing Method

Parameter	TAPPI and SCAN standards testing
Kappa number	T236m-60
ISO Brightness	SCAN-P3; 62
% Yield	weight
Beating Time	SCAN-C24; 67

Freeness	T227 os-68
Thickness and Apparent density	T411 os-68
Breaking Length	SCAN-P16; 65
Tear Factor	SCAN-P11; 64
Burst Factor	T403 ts-63

## ผลการศึกษา

ผลจากการตรวจวัดขนาดของเส้นใยไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลล่าด้วยกล้องจุลทรรศน์และคำนวณหาค่าความเหมาะสมของเส้นใยไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลล่าให้ผลดังตารางที่ 1 และจากการทดลองนำชิ้นไม้สับของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลล่าผลิตเป็นเยื่อกระดาษด้วยกรรมวิธีซัลเฟตและกรรมวิธีโซดาให้ผลดังภาพที่ 1 และ 2

เมื่อนำเยื่อซัลเฟตและเยื่อโซดาที่ได้มาทำแผ่นกระดาษโดยตีเยื่อให้มีค่า Freeness แตกต่างกัน กระดาษที่ได้จะมีคุณสมบัติทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3 ผลการตรวจวัดขนาดเส้นใยไม้และคำนวณค่าความเหมาะสมสามารถสรุปได้ดังนี้

- เส้นใยของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลล่ายาวประมาณ 1.2889 มิลลิเมตร เป็นไม้เนื้อแข็งปานกลาง เส้นใยสั้น
- ค่า Runkel Ratio มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าเส้นใยนั้นทำกระดาษได้ไม่ดีนัก
- ค่า Flexibility Coefficient มีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่ากระดาษจะมีค่าความต้านทานต่อแรงดึงและแรงคั้นทะลุสูง
- ค่า Slenderness ratio มีค่าน้อยกว่า 75 แสดงว่ากระดาษที่ได้จะมีความอ่อนตัวน้อย เพราะกระดาษที่มีความอ่อนตัวมากกว่าจะทำกระดาษได้ดีกว่า
- ค่า Wall fraction มีค่ามากกว่า 50% แสดงว่าผนังเซลล์ของเส้นใยค่อนข้างหนาจึงไม่มีความเหมาะสมสำหรับทำกระดาษเพราะเนื้อกระดาษจะไม่เรียบเนียน

### 1. ผลการตรวจวัดเส้นใยไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลล่า

Species	Length	Width	Lumen	Cellwall	Derived Value
---------	--------	-------	-------	----------	---------------

	[mm]	[mm]	[mm]	Thickness [mm]	Flexi bility Coeffi cient	Runkel Ratio	Slender -ness Ratio	Wall Fraction [%]
E. urophylla	1.2889	0.0208	0.0112	0.0097	0.5385	1.7321	61.9663	93.2692

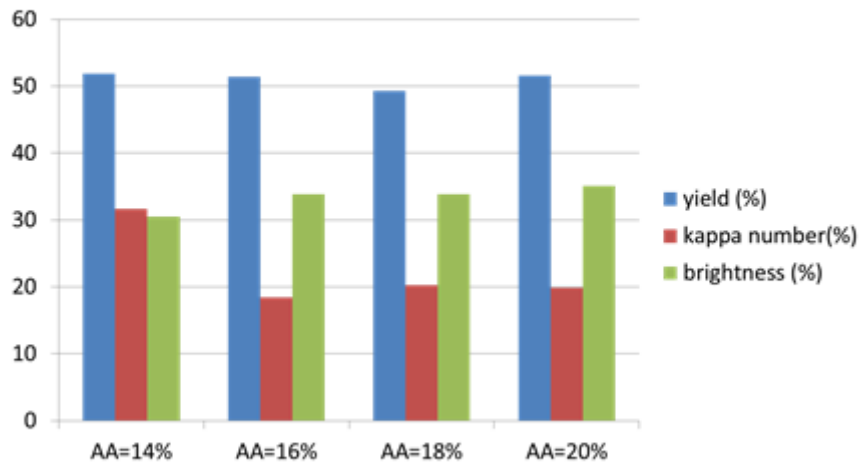
ผลการต้มไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าต้มด้วยกรรมวิธีซัลเฟตแสดงดังภาพที่ 1 พบว่าเยื่อซัลเฟตจากสถานะที่ Active alkali 16 เปอร์เซ็นต์ให้คุณภาพเยื่อโดยรวมสูงกว่า

และจากการต้มไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าด้วยกรรมวิธีโซดาแสดงดังภาพที่ 2 พบว่าเยื่อโซดาที่อัตราส่วนของไม้ต่อสารละลาย 1:4 สถานะที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ให้เยื่อที่มีผลผลิตสูงคุณภาพเยื่อโดยรวมดีกว่า

ผลการตรวจสอบคุณภาพของกระดาษจากเยื่อซัลเฟตของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าแสดงดังตารางที่ 1 พบว่า สถานะที่ Active alkali 14 และ 16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อตีเยื่อให้มีค่า Freeness อยู่ระหว่าง 30 - 50°SR ให้กระดาษที่มีคุณสมบัติทางกายภาพโดยรวมสูงกว่า แต่สถานะที่ Active alkali 16 เปอร์เซ็นต์ กระดาษมีความขาวสว่างสูงกว่า

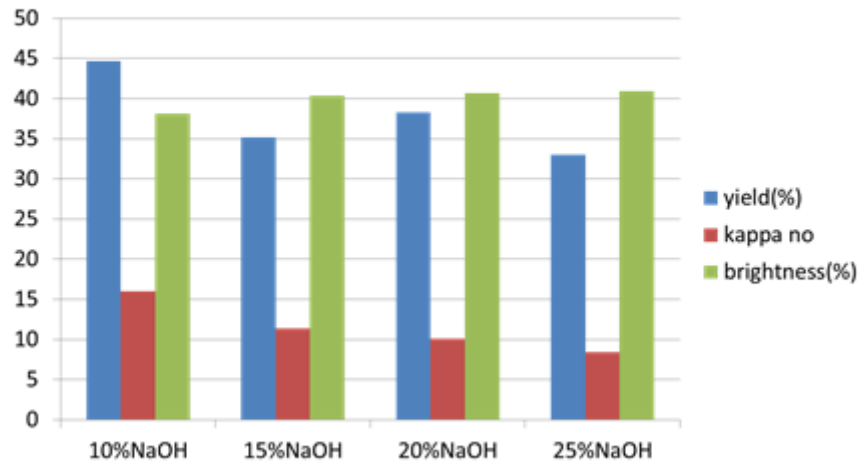
ผลการตรวจสอบคุณภาพของกระดาษจากเยื่อโซดาของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า สถานะที่ความเข้มข้นของสารละลาย 15 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนของไม้ต่อสารละลาย 1:4 และ 1:3 ให้คุณภาพของกระดาษโดยรวมสูงกว่า (มีค่าความต้านทานต่อแรงดึง ความต้านทานต่อแรงดันทะลุและความต้านทานต่อแรงฉีกขาดของกระดาษ สูงกว่า) และกระดาษมีค่าความขาวสว่างสูงกว่า

## Sulfate pulping of *E. urophylla* at different Active alkaline



**Figure1.** Effect of % active alkali on Percentage of Yield, kappa number and brightness of sulfate pulping cooking at sulfidity of 25%, temperature of 170°C, retention time of 2hrs

## Soda pulping of *E. urophylla* at different NaOH aq. concentration



**Figure2.** Effect of % sodium hydroxide solution on percentage of yield, kappa number and brightness of soda pulping at temperature of 150°C, retention time of 90 minutes wood per liquor ratio of 1:4

**Table 1** Physical properties of *Eucalyptus urophylla* from Sulfate process in various conditions at different freeness

Condition	Freeness [°SR]	Basic Weight [%]	Breaking length [m]	Bursting strength [KPa]	Tearing strength [cN]
AA=14%	31	75.7886	6,633.65	448.78	85.7
	61	75.7098	8,256.76	523.28	72.5
	73	75.0000	8,413.04	574.09	75.1
AA=16%	unbeaten				
	31	70.8202	5,590.42	316.57	56.1
	48	71.3722	6,232	398.01	67.2
AA=18%	unbeaten				
	35	73.2650	6,646.27	399.90	68.2

	60	74.6846	7,514.49	457.12	65.3
AA=20%	unbeaten				
	25	74.8423	4,857.24	301.27	55.9
	37	75.1577	5,706.35	364.41	66.6

Note that: AA = Active alkali (NaOH + Na<sub>2</sub>S express in Na<sub>2</sub>O

**Table 2** Physical properties of *Eucalyptus urophylla* from Soda process in various conditions at different freeness.

Condition	Freeness [°SR]	Basic Weight [g/m <sup>2</sup> ]	Breaking length [m]	Bursting strength [KPa]	Tearing strength [cN]
10%NaOH aq.	unbeaten	74.7634	1,147.64	53.67	10.9
	35	73.8959	4,396.12	226.68	47.3
	46	73.5804	4,418.98	244.10	43.0
15%NaOH aq.	unbeaten				
	36	69.4795	1,704.59	87.08	9.4
	66	68.1388	2,704.82	124.32	16.3
	70	68.5331	2,106.83	107.80	11.1
	70	66.9559	2,474.52	121.76	13.4
20%NaOH aq.	unbeaten				
	38	67.8233	936.58	57.28	5.6
	52	65.0531	1,251.14	64.61	6.2
	56	64.5110	966.52	56.27	5.9
25%NaOH aq.	unbeaten				
	32	79.6530	708.79	44.78	5.6
	44	79.8107	994.63	47.88	7.6

**Note that:** NaOH = sodium hydroxide solution concentration



จากผลการศึกษาพบว่าไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าสามารถผลิตเป็นเยื่อกระดาษคุณภาพดีได้ด้วยการกรรมวิธีซัลเฟตสภาวะที่Active alkali 16 เปอร์เซ็นต์ให้ผลผลิตเยื่อสูง กระดาษมีค่าความขาวสว่างสูงกว่าและกระดาษมีความต้านทานต่อแรงโดยรวมดี และจากการทดลองผลิตเยื่อกระดาษด้วยการกรรมวิธีโซดาพบว่าสภาวะที่ความเข้มข้นของสารละลายต่าง 10 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนของไม้ต่อสารละลาย 1:4 ให้ผลผลิตเยื่อสูง กระดาษมีความต้านทานต่อแรงโดยรวมสูงกว่าและกระดาษมีความขาวสว่างสูง

เยื่อกระดาษจากไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าต้มด้วยการกรรมวิธีซัลเฟตให้กระดาษที่ดีที่สุดในสภาวะที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 120 นาที ที่ Sulfidity 25 เปอร์เซ็นต์และ Active alkali 16 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตเยื่อกระดาษ 51 เปอร์เซ็นต์ เยื่อมีค่า Kappa number 19 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำเยื่อซัลเฟตที่ได้มาตีจนได้ค่า Freeness 48 °SR จากนั้นทำเป็นแผ่นกระดาษและนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ผลที่ได้คือกระดาษมีค่า Breaking Length 6,232 เมตร Bursting Strength 398.01 KPa. ค่า Tearing Strength 67.2 cN และกระดาษมีค่าความขาวสว่าง 27.6% ISO

เยื่อกระดาษจากไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าต้มด้วยการกรรมวิธีโซดาให้กระดาษที่ดีที่สุดในสภาวะที่ ความเข้มข้นของสารละลายต่าง 10 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนของไม้ต่อสารละลาย 1:4 ให้ผลผลิตเยื่อกระดาษ 45 เปอร์เซ็นต์ เยื่อมีค่า Kappa number 16 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำเยื่อโซดาที่ได้มาตีจนเยื่อมีค่า Freeness 51 °SR จากนั้นทำเป็นแผ่นกระดาษและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ผลที่ได้คือกระดาษมีค่า Breaking Length 4,418 เมตร Bursting Strength 244.1 KPa. และ ค่าTearing Strength 43 cN และกระดาษมีค่าความขาวสว่าง 37% ISO

## สรุป

ไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าไม้ที่มีศักยภาพสูงที่จะใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมกระดาษให้เยื่อกระดาษคุณภาพดี ผลผลิตสูงสามารถนำมาผลิตเป็นเยื่อซัลเฟตและเยื่อโซดาก็ให้ผลโดยรวมดีพอควร กระดาษที่ได้มีความขาวสว่างสูงแต่เยื่อซัลเฟตจะมีความต้านทานต่อแรงสูงกว่า

## เอกสารอ้างอิง

- โครงการพัฒนาป่าชุมชน 2536. การปลูกไม้ป่า, กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 61-67
- Sieber R, 1951. Die chemisch-technischen Untersuchungsmethoden der zellstoff-und

Papier industrie. Berlin, Goltingen, Heidelberg. Springer, S 732

- Standards and suggested method, Technical Association of the pulp and paper Industry. TAPPI, NY.

### นิยามศัพท์/ตัวแปร

- คุณภาพของเยื่อกระดาษจะแสดงในรูปของ ผลผลิตเยื่อ ค่า Kappa number และ ค่าความขาวสว่าง เป็นต้น
- คุณภาพของกระดาษจะแสดงในรูปคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ค่าความขาวสว่าง ค่าความต้านทานต่อแรงดึง ค่าความต้านทานต่อแรงด้นทะลุ และค่าความต้านทานต่อแรงฉีกขาด เป็นต้น
- Brightness is the percentage reflectance of blue light only at a wavelength of 457 nm. The standards are per TAPPI T 452
- Tensile Strength is indicative of fiber strength, fiber bonding and fiber length.(TAPPI T 494)
- Bursting strength tells how much pressure paper ca tolerate before rupture.(TAPPI T 403)
- Tearing Resistance/strengths is the ability of the paper to withstand any tearing force (expressed in mili Newton [mN], TAPPI T 414)

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยการจัดการป่าไม้ และหัวหน้าสถานีวิจัย (สะแกราช) วนวัฒนวิจัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ไม้ทดลอง ความช่วยเหลือให้เจ้าหน้าที่แปรรูปไม้จนงานสำเร็จลุล่วงด้วยดี

