

ผลกระทบของเวลา อุณหภูมิ และค่าต่อการต้มเยื่อซัลเฟต
ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

EFFECT OF TIME, TEMPERATURE AND ALKALI TO SULFATE COOKS
OF *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS*

ปรีชา เกียรติกระจาย¹

Preecha Kiatgrajai

บทคัดย่อ

การหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลา อุณหภูมิ และปริมาณค่าต่อการต้มเยื่อซัลเฟตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis*) ได้ดำเนินการตามวิธีดังนี้ ไม้ยูคาลิปที่ใช้ทดลองมีอายุ 6 ปี 6 เดือน จากสวนป่าที่ปลูกระยะ 2 x 8 ม. ที่จังหวัดปราจีนบุรี นำไม้ดังกล่าว 10 ต้นมาลอกเปลือก ทำเป็นชิ้นไม้สับขนาด 3-19 มม. แล้วต้มชิ้นไม้สับแห้งครั้งละ 350 กรัม จำนวน 60 ครั้ง โดยใช้เวลาดำต้มเยื่อ 0-2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 160-180 °C ปริมาณเอฟเฟคทีฟแอลคาไล ที่ใช้ร้อยละ 14.0-17.5 สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ค่าแฟกเตอร์เฮส (H) เฉลี่ยเป็น 626-1128 ได้ผลผลิตเยื่อเฉลี่ยร้อยละ 45-51 ที่ตัวเลขคัปปาในเยื่อ 36-51 ซึ่งคิดเป็นปริมาณลิกนินร้อยละ 3.5-5.7 ผลผลิตเยื่อและตัวเลขคัปปาขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์เฮส ที่กำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.913 มีค่าเป็น

$$K = 289.4 - 28.70 (EA)^{0.0903} \ln H$$

สมการถดถอยแบบเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลิกนิน (L) และตัวเลขคัปปา (K) ที่กำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.992 มีค่าเป็น

$$L = -2.214 + 0.1563 K$$

ABSTRACT

The relationship of time, temperature and amount of alkali to sulfate cooking of *Eucalyptus camaldulensis* wood was studied by the following method. Sample woods were taken from six and a half years old *E. camaldulensis* plantation from Prachin Buri. The trees were grown at 2 x 8 m. They were debarked and machined into chip of the size between 3 to 19 mm. About 350 g of dry chip per each cook was made. The total number of cooks were 60 times at the following conditions: cooking time from 0 to 2 hours at temperature of 160 - 180 °C and effective alkali of 14.0 to 17.5 %. The results were summarized as follows.

The average of H-factor, pulping yield and Kappa number were 626-1128, 45-51 % and 36-51, respectively. The number is identical to 3.5-5.7 % calculated lignin in pulp. The yield and number depended on the factor and effective alkali.

¹ ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

The regression equation among Kappa number (K), effective alkali (EA) and H-factor (H) was calculated. The square of correlation coefficient of the equation was 0.913. The equation was

$$K = 289.4 - 28.70 (EA)^{0.0903} \ln H$$

The linear regression equation between lignin (L) and Kappa number (K) was calculated. The square of correlation coefficient of the equation was 0.992. The equation was

$$L = -2.214 + 0.1563 K.$$

คำนำ

การบริโภคกระดาษของประเทศไทยปี 2536 ที่ผ่านมามีปริมาณมากกว่าหนึ่งล้านตัน และคาดว่าในอีกห้าปีข้างหน้าการบริโภคกระดาษจะเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าตัว ในปัจจุบันเราสามารถผลิตกระดาษได้เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ผลิตกระดาษ มีเศษกระดาษเป็นหลัก และเยื่อที่ผลิตได้ภายในประเทศ และเยื่อที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ คาดว่าในอนาคตความต้องการเยื่อที่ใช้ผลิตกระดาษจะมีมากขึ้น เพราะการขยายตัวของกำลังการผลิตกระดาษและความลำบากที่จะจัดซื้อเยื่อและเศษกระดาษจากต่างประเทศ เนื่องจากป่าไม้ในต่างประเทศ ซึ่งเป็นแหล่งของวัตถุดิบที่สำคัญของอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษมีจำนวนจำกัด และต่างประเทศเริ่มนำเศษกระดาษกลับมาใช้อีกในประเทศของตนเองเพิ่มขึ้น จากปัจจัยดังกล่าวจะเป็นผลให้ ราคาเยื่อและกระดาษเพิ่มขึ้น จึงจำเป็นต้องเตรียมแหล่งที่จะสร้างวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมดังกล่าวและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเยื่อกระดาษ

ไม้ยูคาลิปตัส กามาสดูเลนซิส เป็นไม้โตเร็ว ขยายพันธุ์ได้ง่าย ขึ้นได้เกือบทุกท้องถิ่น จึงเป็นวัตถุดิบที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ได้มีการทดลองเบื้องต้นในการทำเยื่อกระดาษจากไม้ดังกล่าวมาดั่งเช่นในรายงานของทัศนีย์ (2525)

ปรีชา (2534) FAO (1976) และ Rydholm (1965) สรุปได้ว่าไม้ยูคาลิปเป็นพืชที่มีเส้นใยสั้น มีปริมาณลิกนินปานกลางถึงสูง สมบัติของแผ่นเยื่อทดสอบเช่น แรงดึง แรงดันทะลุ แรงหักพับ แรงฉีกขาด และสมบัติในการทำแผ่นจากเยื่อเคมีฟอกเคมีไม่ฟอก กึ่งเคมีและเยื่อเชิงกลชนิด CMP และ CTMP มีสมบัติปานกลางถึงดีเมื่อเทียบกับเยื่อที่ได้จากไม้ใบกว้างทั่ว ๆ ไป อย่างไรก็ตามในรายงานดังกล่าวไม่ได้ศึกษาถึงผลกระทบของเวลา อุณหภูมิ และปริมาณด่างต่อการดัดเยื่อซัลเฟต ของไม้ยูคาลิปอย่างละเอียด

จุดประสงค์ของการทดลองครั้งนี้เพื่อหาผลกระทบของเวลา อุณหภูมิ และปริมาณด่างต่อการดัดเยื่อซัลเฟต ของไม้ยูคาลิปจากสวนป่า อายุ 6 ปี 6 เดือน โดยหาค่าคงที่จากสมการถดถอยของความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขกับค่า เอฟเฟกต์บีแอลคาไล และแฟกเตอร์เฮส และค่าคงที่ในสมการถดถอยแบบเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลิกนิน และตัวเลขกับค่าในเยื่อดังกล่าว

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมชิ้นไม้สับ

ไม้ยูคาลิปตัส กามาสดูเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis*) ที่ใช้ทดลอง ได้มาจากสวนป่าสระแก้วขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ จ. ปราจีนบุรี

เป็นไม้ที่ปลูกระยะ 2 x 8 ม. อายุ 6 ปี 6 เดือน จำนวน 10 ต้น ขนาดไม้ที่ใช้ทดลองตั้งแต่โคนจนถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 ซม. ทำการลอกเปลือกแปรรูปให้มีขนาดหน้าตัด 4 x 4 ซม.² ทำเป็นชิ้นไม้สับและคัดขนาดให้ได้ขนาดของชิ้นไม้สับ 3-19 มม. ซึ่งเป็นขนาดที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้

สุ่มตัวอย่างชิ้นไม้สับจำนวน 8 ตัวอย่าง เพื่อหาความชื้นโดยวิธีอบแห้ง แล้วผึ่งชิ้นไม้สับกลางแสงแดดเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้ความชื้นของชิ้นไม้สับลดลงสู่สภาวะที่เหมาะสม ในแต่ละวันที่ผึ่งจะต้องกลุ่กกองชิ้นไม้สับให้ทั่วอย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง เพื่อให้ความชื้นของชิ้นไม้สับกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ

เมื่อผึ่งชิ้นไม้สับครบกำหนด สุ่มตัวอย่างชิ้นไม้สับเพื่อหาความชื้น 8 ตัวอย่าง แล้วชั่งชิ้นไม้สับที่เหลือใส่ถุงพลาสติกถุงละ 350 กรัม จำนวน 100 ถุง เพื่อนำไปดัมเชื้อต่อไป

คำนวณหาหน้าหนกอบแห้งของชิ้นไม้สับแต่ละถุงจากค่าเฉลี่ยความชื้นที่ได้ คำนวณหน้าหนกอบแห้งนี้ใช้เป็นฐานในการคำนวณหาปริมาณน้ำยาดัมเชื้อและผลผลิตเชื้อต่อไป

สภาวะการดัมเชื้อและการดัมเชื้อ

การกำหนดสภาวะการดัมเชื้อของพืช ทำตามปริมาณลิทินในพืช สำหรับไม้ยูคาลิป ซึ่งมีปริมาณลิทินค่อนข้างสูง ได้กำหนดสภาวะการดัมเชื้อดังรายละเอียดตาม Table 1 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

- สัดส่วนของน้ำยาดัมเชื้อต่อชิ้นไม้สับอบแห้ง 3.5/1.0 และ 4.0/1.0
- ปริมาณซัลฟิติก ร้อยละ 20 , 25 และ 30

- ปริมาณแอคตินแอลคาไล ร้อยละ 16 , 18 และ 20
- อุณหภูมิสูงสุด 160 , 170 และ 180 °C
- เวลาที่ให้ความร้อนแก่หม้อดัมเชื้อถึงอุณหภูมิสูงสุด 60 นาที
- เวลาที่ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงสุด 0-120 นาที

ในการคำนวณหาปริมาณสารเคมีที่ใช้ดัมเชื้อแต่ละครั้ง คำนวณจากน้ำหนักอบแห้งของชิ้นไม้สับที่จะดัม โดยใช้ค่าซัลฟิติก และแอคตินแอลคาไล มาคำนวณหาค่าเอฟเฟคตินแอลคาไล และปริมาณของ NaOH และ Na₂S ที่ใช้แต่ละสภาวะดัมเชื้อ วิธีคำนวณ วิธีเตรียม และวิธีวิเคราะห์น้ำยาดัมเชื้อทำตามวิธีที่รายงานโดยปริชา (2532)

ในการดัมเชื้อแต่ละครั้งทำได้โดยสุ่มตัวอย่างแต่ละถุงพลาสติก เทใส่ในหม้อดัมเชื้อที่หมุนได้ตลอดเวลา และทนต่อความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ และแรงดันสูง ตามสภาวะของการดัมที่กำหนดใน Table 1 ปิดฝาหม้อดัมเชื้อให้เรียบร้อย หมุนหม้อดัมเชื้อ 2-3 รอบ เพื่อให้ น้ำยาและวัตถุดิบผสมกันอย่างดี แล้วจึงเริ่มให้ความร้อน ควบคุมเวลาและอุณหภูมิตามที่กำหนด เพื่อให้ได้ค่าแฟคเตอร์เฮส (H-factor) ใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดมากที่สุด ทำการดัมเชื้อตามวิธีดังกล่าวทั้งหมด 60 ครั้ง

การวิเคราะห์ผลจากการดัมเชื้อและสมบัติของเชื้อ

ในการดัมเชื้อแต่ละครั้ง จะต้องหาค่าแฟคเตอร์เฮส ผลผลิตเชื้อตัวเลขักป่าและปริมาณลิทินในเชื้อตามวิธีที่รายงานอย่างละเอียดของปริชา (2532) ซึ่งสรุปวิธีการโดยย่อดังนี้

Table 1. Cooking conditions for *Eucalyptus* wood at 60 minutes of heating time to maximum temperature

Active alkali,%	Effective alkali,%	Maximum temperature,°C	Time at maximum temperature, min			
Liquor to wood ratio = 3.5/1.0 and Sulfidity = 25 %						
16	14.00	160	0,	60,	90,	120
18	15.75	160	0,	30,	60,	90
20	17.50	160	0,	30,	60,	90
16	14.00	170	0,	30,	60,	120
18	15.75	170	0,	20,	40,	60
20	17.50	170	0,	20,	40,	60
16	14.00	180	0,	15,	30,	60
18	15.75	180	0,	15,	30,	60
20	17.50	180	0,	15,	30,	60
Liquor to wood ratio = 3.5/1.0 and Sulfidity = 20 %						
18	16.20	160	0,	30,	60,	90
18	16.20	170	0,	20,	40,	80
Liquor to wood ratio = 3.5/1.0 and Sulfidity = 30 %						
18	15.30	160	0,	30,	60,	90
18	15.30	170	0,	20,	40,	60
Liquor to wood ratio = 4.0/1.0 and Sulfidity = 25 %						
18	15.75	170	0,	20,	40,	60
18	15.75	180	0,	15,	30,	60

การคำนวณค่าแฟกเตอร์เฮสของการต้มเชื้อแต่ละครั้ง คำนวณจากค่าอุณหภูมิและเวลาที่ได้นั้นที่กึ่งขึ้น และความเร็วสัมพัทธ์ที่กำหนดโดย Vroom (1957) มาใช้เป็นฐานในการคำนวณเพื่อลดตัวแปรของเวลาและอุณหภูมิลง

การหาผลผลิตเชื้อใช้ค่าน้ำหนักของชิ้นไม้สับและน้ำหนักเชื้ออบแห้งที่ได้จากการทดลอง

การหาตัวเลขคัปปาและปริมาณลิกนินชนิดแคลลันในเชื้อทำตามมาตรฐาน TAPPI ที่ T 236-85 และ T 22-88 ตามรายละเอียดของการสุ่มตัวอย่างและวิธีวิเคราะห์ในรายงานของปรีชา (2532)

จากค่าแฟกเตอร์เฮส (H) ผลผลิตเชื้อ และปริมาณลิกนินในเชื้อการต้มเชื้อแต่ละครั้งนำมาคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขคัปปา (K) เอฟเฟกต์บีแอลคาไล (EA) และ แฟกเตอร์เฮส (H) ตามสมการถดถอย

$$K = A + B (EA)^m \ln H$$

และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลิกนิน (L) กับตัวเลขคัปปา ตามสมการถดถอยแบบเส้น

$$L = a + b K$$

วิธีคำนวณค่าคงที่ A, B, a, b และ m สำหรับไม้ยูคาลิปตัส ใช้วิธีทางสถิติจากข้อมูลที่ทดลองข้างต้น แล้วคำนวณค่าคงที่ทั้งห้าตามวิธีที่ได้รายงานโดยปรีชา (2537)

ผลและวิจารณ์

วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ต้มเยื่อ

ความชื้นเฉลี่ยและน้ำหนักอบแห้งของชิ้นไม้
สับที่ใช้ต้มเยื่อแต่ละครั้งมีดังนี้

ความชื้นเฉลี่ยของชิ้นไม้สับก่อนผึ่ง = 68.6%

ความชื้นเฉลี่ยของชิ้นไม้สับหลังผึ่ง = 12.6%

น้ำหนักอบแห้งของชิ้นไม้สับที่ใช้ต้มเยื่อแต่ละ

ครั้ง = 310.8 กรัม

จากค่าความชื้นและน้ำหนักอบแห้งของชิ้นไม้สับนำมาคำนวณหาปริมาณของ NaOH และ Na₂S ที่ใช้ในการต้มเยื่อแต่ละครั้ง ตามสภาวะการต้มเยื่อที่กำหนดของค่าซัลฟิติก แอซิดิแอสและเอฟเฟคตีบแอลคาไล ดัง Table 1 แสดงผลได้ดังนี้

	ปริมาณเอฟเฟคตีบแอลคาไล, %				
	14.00	15.30	15.75	16.20	17.50
NaOH, กรัม	48.12	50.53	54.14	57.75	60.15
Na ₂ S, กรัม	15.64	21.11	17.60	14.08	19.55

แฟกเตอร์เฮส

ค่าเฉลี่ยแฟกเตอร์เฮส จากการต้มเยื่อชิ้นไม้สับคุณภาพดีที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ สรุปได้ดังต่อไปนี้

- ที่อุณหภูมิ 160 °C และเวลา 0, 30, 60 และ 90 นาที มีค่าเฉลี่ยแฟกเตอร์เฮสเรียงตามลำดับดังนี้ 46.20, 278.5, 455.2 และ 650.0
- ที่อุณหภูมิ 170 °C และเวลา 0, 20, 40 และ 60 นาที มีค่าเฉลี่ยแฟกเตอร์เฮสเรียงตามลำดับดังนี้ 104.0, 428.7, 755.6 และ 1029.0
- ที่อุณหภูมิ 180 °C และเวลา 0, 15, 30 และ 60 นาที มีค่าเฉลี่ยแฟกเตอร์เฮสเรียงตามลำดับ

ดังนี้ 220.2, 738.2, 1373.0 และ 2276.0

ค่าเฉลี่ยแฟกเตอร์เฮสที่กล่าวมานี้เฉลี่ยจากการทดลองต้มเยื่อ ตั้งแต่ 3 ครั้ง ขึ้นไป ซึ่งมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σn) ของแต่ละเวลาต้มเยื่อต่ำกว่า 0.05

สำหรับค่าแฟกเตอร์เฮสของแต่ละอุณหภูมิและเวลาทำการทดลองไม่เกิน 2 ครั้ง มีค่าดังนี้

- ที่อุณหภูมิ 160 °C และเวลา 120 นาที มีค่าแฟกเตอร์เฮส เป็น 833.2
- ที่อุณหภูมิ 170 °C และเวลา 30 นาที มีค่าแฟกเตอร์เฮส เป็น 584.3
- ที่อุณหภูมิ 180 °C และเวลา 20 นาที และ 40 นาที มีค่าแฟกเตอร์เฮส ตามลำดับเป็น 974.5 และ 1643.3

มวลของเยื่อและมวลรวมที่เหลือจากการต้มเยื่อ

มวลของเยื่อ หมายถึง เยื่อที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มม. ส่วนมวลรวมที่เหลือจากการต้มเยื่อ หมายถึง เยื่อกับส่วนที่ไม่เป็นเยื่อ จากการทดลองต้มเยื่อที่แฟกเตอร์เฮส และเอฟเฟคตีบแอลคาไลต่างๆ ตาม Table 1 ได้ค่าเฉลี่ยมวลรวมที่เหลือจากการต้มเยื่อร้อยละ 43.6-77.2 และผลผลิตเยื่อ (ที่ค่าเฉลี่ยแฟกเตอร์เฮสตั้งแต่ 626-1128) มีค่าเป็นร้อยละ 45-51 ที่ตัวเลขคัปปาในเยื่อตั้งแต่ 38-51 อย่างไรก็ตามผลผลิตเยื่อ แฟกเตอร์เฮส ตัวเลขคัปปา และเอฟเฟคตีบแอลคาไล มีความสัมพันธ์ต่อกัน ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสูงสุดต่ำสุด ในแต่ละระดับของเอฟเฟคตีบแอลคาไล แสดงได้ดัง Table 2

Table 2. Average H-factor, pulp yield and Kappa number of sulfate pulp from *Eucalyptus* at pulp yield above 40 %

	H-factor	Pulp yield , %	Kappa No.
Effective alkali = 14.00 %, number of cooks = 9			
$\bar{X}$	1128	47.3	38.4
$\sigma n-1$	0.57	0.038	0.41
min-max	430-2160	44.9-49.8	21.3-68.8
Effective alkali = 15.30 %, number of cooks = 6			
$\bar{X}$	626	51.5	49.5
$\sigma n-1$	0.62	0.082	0.39
min-max	311-1379	45.0-57.2	23.2-72.5
Effective alkali = 15.75 %, number of cooks = 15			
$\bar{X}$	966	45.8	41.9
$\sigma n-1$	0.65	0.040	0.49
min-max	252-2348	41.6-48.8	18.8-88.0
Effective alkali = 16.20 %, number of cooks = 5			
$\bar{X}$	725	48.0	50.9
$\sigma n-1$	0.48	0.039	0.46
min-max	429-1297	45.5-50.1	22.0-84.6
Effective alkali = 17.50 %, number of cooks = 8			
$\bar{X}$	996	47.3	36.9
$\sigma n-1$	0.63	0.032	0.44
min-max	427-2296	45.4-49.9	17.2-62.3

ความสัมพันธ์ระหว่างแฟกเตอร์เฮส ผลผลิตเยื่อ และตัวเลขคัปปา

ผลจากการทดลองต้มไม้ยูคาลิปตัสจำนวน 43 ครั้ง นำค่าแฟกเตอร์เฮส (H) ตัวเลขคัปปา (K) และเอฟเฟกต์เบสแอลคาไล (EA) มาคำนวณหาค่าคงที่ A, B และหาเพื่อสร้างสมการถดถอยได้ผลดังนี้

$$K = 289.4 - 28.70 (EA)^{0.0903} \ln H$$

จากการประเมินสมการถดถอยนี้พบว่าค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็น 0.913

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลิกนิน และตัวเลขคัปปา

ตัวเลขคัปปาเป็นเครื่องแสดงบอกปริมาณลิกนินในเยื่อ ซึ่งตรวจสอบได้ง่ายกว่าการวิเคราะห์หาปริมาณลิกนินโดยตรง จากการสุ่มตัวอย่างเยื่อ 21 ตัวอย่าง มาหาค่าตัวเลขคัปปา (K) และปริมาณลิกนิน (L) แล้วเขียนกราฟได้ผลดัง Figure 1 และนำไปคำนวณค่าคงที่ a และ b จากสมการถดถอยแบบเส้นแสดงได้ดังนี้

$$L = -2.214 + 0.1563 K$$

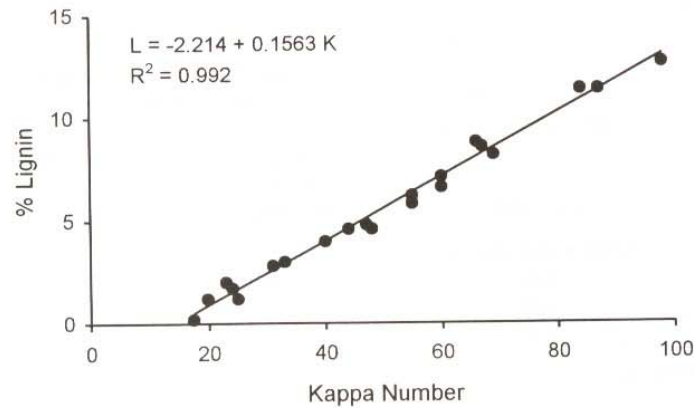


Figure 1. Relationship between lignin and Kappa number in sulfate pulp of *Eucalyptus*.

จากการประเมินสมการถดถอยแบบเส้นพบว่าค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็น 0.992

ในการคำนวณหาปริมาณลิกนินในเยื่อโดยใช้สมการถดถอยแบบเส้น จากความสัมพันธ์ระหว่างลิกนินและตัวเลขคัปปาตาม Figure 1 พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณลิกนินในเยื่อตามเอฟเฟคตึบแอลคาไล และแฟกเตอร์เฮส มีค่าระหว่างร้อยละ 3.5-5.7 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เอฟเฟคตึบ-แอลคาไล(%)	แฟกเตอร์เฮส	ลิกนินในเยื่อ (%)
14.00	1128	3.79
15.30	626	5.52
15.75	986	4.33
16.20	725	5.74
17.50	996	3.55

สรุป

ผลกระทบของอุณหภูมิ เวลา และปริมาณสารเคมีต่อการต้มเยื่อโดยวิธีซัลเฟตของไม้ยูคาลิปตัส ที่เอฟเฟคตึบแอลคาไลร้อยละ 14.0-17.5 อุณหภูมิ 160-180 องศาเซลเซียส และเวลานานถึง 2 ชั่วโมง สรุปผลการทดลองดังนี้

1. จากการต้มเยื่อทั้งหมด 60 ครั้ง ที่ค่าเฉลี่ยแฟกเตอร์เฮสระหว่าง 626-1128 ได้ผลผลิตเยื่อเฉลี่ยร้อยละ 45-51 และตัวเลขคัปปาระหว่าง 36-51 ซึ่งคิดเป็นปริมาณลิกนินในเยื่อเฉลี่ยร้อยละ 3.5-5.7 ผลผลิตเยื่อและตัวเลขคัปปา จะขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์เฮส และ เอฟเฟคตึบแอลคาไล

2. ความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวเลขคัปปา (K) เอฟเฟคตึบแอลคาไล (EA) และแฟกเตอร์เฮส (H) แสดงได้เป็นสมการถดถอยดังนี้

$$K = 289.4 - 28.70 (EA)^{0.0903} \ln H$$

ค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ
สมการนี้มีค่าเป็น 0.913

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลิกนินในเยื่อ
(L) และตัวเลขคัลปา แสดงได้เป็นสมการถดถอย
แบบเส้นดังนี้

$$L = -2.214 + 0.1563 K$$

ค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ
สมการนี้มีค่าเป็น 0.992

คำนิยาม

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ ป-ม 2-36
ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2536 องค์การ
อุตสาหกรรมป่าไม้กรุณาให้ไม้ยูคาลิปตัสในการ
ทดลอง ดร. ทรงศิริ แต่สมบัติ ให้คำแนะนำในการ วิ-
เคราะห์ตัวเลขทางสถิติ สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผล
ผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร ช่วยใน
การพิมพ์ต้นฉบับ ผู้เขียนขอขอบพระคุณสถาบันและผู้
มีรายนามดังกล่าวทุกๆ ท่าน ที่ช่วยเหลือจนโครงการนี้
เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

ทัศนีย์ รัตวานิช และคณะ. 2525. การทำเยื่อซัลเฟต
จากไม้ยูคาลิปตัส คามาตูลเลนซิส เดนซ์ และไม้
ยูคาลิปตัส ซิตรืออดอรา สุก. การประชุมวิชา
การป่าไม้ สาขาวนผลิตภัณฑ์ ประจำปี 2525.
กรมป่าไม้. 143-156.

ประเทือง พุฒซ้อน. 2532. ผลกระทบของอัตราการ
เพิ่มของอุณหภูมิและปริมาณความชื้นที่มีต่อการ
สูญเสียมวล และสมบัติของถ่าน จากปฏิกิริยาไฟ
โรไลซิสของไม้ยูคาลิปต์. วิทยานิพนธ์ปริญญา
โท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กทม.

ปรีชา เกียรติกระจ่าย. 2532. การแยกลิกนินของไม้
สนสามใบ ไม้เลื้อย และไม้ไผ่รวก โดยวิธี
ซัลเฟต. วารสารวนศาสตร์ 8(1) : 12-27.

ปรีชา เกียรติกระจ่าย. 2534. ผลของแอนทราควิ
โนน ต่อการต้มเยื่อกระดาษโดยวิธีโซดาจากไม้ยู
คาลิปต์. วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทช.) 25 : 305-
317.

ปรีชา เกียรติกระจ่าย และพันศักดิ์ ถ่องแท่งเจริญ.
2537. ผลกระทบของเวลา อุณหภูมิและค่าต่อ
การต้มเยื่อซัลเฟตของไม้สนเขา. รายงานวิจัย
ประจำปี 2534. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กทม.

Casey, C.P. 1980. Pulp and Paper. 3rd Ed. Vol.
1. John Wiley & Sons. New York.

FAO. 1976. Pulping and papermaking properties
of fast-growing plantation wood species.
Food and Agriculture Organization of the
United Nations, Rome.

Rydholm, S.V. 1965. Pulping Processes. John
Wiley & Sons. New York.

Vroom, K.E. 1957. The "H" factor : a mean of
expressing cooking times and temperature
as a single variable. Pulp and Paper
Magazine of Canada 228-231.