

อายุที่เหมาะสมของไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส
เพื่อทำเยื่อกระดาษ

SUITABLE AGES OF *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* DEHNH.
FOR PULPING

ทศนี้อยู่ รัตวานิช^๒

Tasnee Rativanich

วิชิต สอนธิวานิช^๒

Wichit Sonthivanich

อรรณพ อภิชาติบุตร^๒

Arnnop Abhijatabutr

เพ็ญศรี อติวรรณพัฒน์^๒

Pensri Atiwannapat

รัตนา หม่อมณี^๒

Ratana Mormance

ABSTRACT

Eucalyptus camaldulensis Dehnh. is a fast growing exotic tree able to be planted in all regions of Thailand. Based on the previous studies on moisture content of wood and bark, fiber dimension, chipping yield, chemical analyses, and sulfate pulping process, all ages investigated: i.e., 3, 5, 6, 10 and 15 years; were found to be suitable for pulp production. However, if pulp yield, amounts of chemicals consumed in bleachability, and wood productivity per rai per year are in consideration, appropriate rotation for pulp production of *E. camaldulensis* should be 3-6 years rather than 10-15 years.

E. camaldulensis had short fiber, but high cellulose content. Appropriate condition for pulping was of 12-16% active alkali with total cooking time of 3 hours. Due to its fairly physical properties, pulp gained from *E. camaldulensis* could be used for kraft paper production as well as for printing and writing paper production after being bleached. Thus, extension program of *E. camaldulensis* planting in proper sites would result to producing raw material for pulping industry together with decreasing trade deficit and increasing job opportunity as a whole.

¹/ ฝ่ายวิจัยเคมีผลิตภัณฑ์ไม้ กองวิจัยผลิตภัณฑ์ไม้ กรมป่าไม้ กท. ๑๐๕๐๐

²/ งานวิจัยเยื่อไม้และกระดาษ กองวิจัยผลิตภัณฑ์ไม้ กรมป่าไม้ กท. ๑๐๕๐๐

บทคัดย่อ

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลენซิส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) เป็นไม้โตเร็วที่เจริญเติบโตได้ในแทบทุกสภาพพื้นที่ของประเทศไทย จึงเป็นที่นิยมปลูกอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน จากการทดลองศึกษาปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ เปลือก ผลผลิตของชิ้นไม้สับ ลักษณะของเส้นใย การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี การทดลองต้มเยื่อกระดาษโดยกรรมวิธีซัลเฟต และการพิจารณาเปรียบเทียบอายุที่เหมาะสมของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลენซิส สำหรับทำเยื่อกระดาษพบว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลენซิส อายุ ๓ ปี ๕ ปี ๖ ปี ๑๐ ปี และ ๑๕ ปี มีความเหมาะสมสำหรับผลิตเยื่อกระดาษได้ดี ลักษณะของเส้นใยสั้น ปริมาณเซลโลสสูง สภาวะในการต้มเยื่อที่เหมาะสม คือ active alkali ๑๒-๑๖ % ระยะเวลาในการต้มเยื่อรวม ๓ ชั่วโมง คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเยื่อสูง สามารถใช้ทำกระดาษเหนียว และเมื่อนำไปฟอกขาว สามารถใช้ทำกระดาษสำหรับพิมพ์และกระดาษสำหรับเขียนได้อย่างดี โดยที่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจากปริมาณผลผลิตของเยื่อ ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อ ความยากง่ายในการฟอกเยื่อ รวมทั้งอัตราผลผลิตเนื้อไม้ต่อไร่ต่อปีสูงสุดแล้ว กล่าวได้ว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลენซิส ช่วงอายุ ๓-๖ ปี ก่อนข้างมีความเหมาะสมสำหรับทำเยื่อกระดาษ และให้ผลตอบแทนสูงกว่าไม้ช่วงอายุ ๑๐-๑๕ ปี ซึ่งหากได้มีการส่งเสริมให้ปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลენซิส ในพื้นที่ที่เหมาะสมจะเป็นวัตถุดิบที่สำคัญชนิดหนึ่ง ที่ควบคู่ไปกับการพัฒนาอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ซึ่งนอกจากจะช่วยลดการนำเข้ามูลค่าของวัตถุดิบในแต่ละขั้นตอนการผลิตให้สูงขึ้นแล้ว ยังเป็นการเพิ่มการจ้างงาน และพัฒนาอาชีพให้แก่ประชาชนได้อีกเป็นจำนวนมาก

คำนำ

การป่าไม้ในช่วงทศวรรษหน้าได้ให้ความสำคัญยิ่งต่อบทบาทของการป่าไม้ เพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ รูปธรรมที่สำคัญของการพัฒนาป่าไม้ในปัจจุบันก็คือการเข้ามามีบทบาทของภาคเอกชนในการลงทุนปลูกสร้างสวนป่าเชิงพาณิชย์ ซึ่งนอกจากจะเป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ป่าที่นับวันจะลดน้อยลง ยังเป็นการพัฒนาอาชีพขยายการสร้างงานให้แก่ประชาชน และพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศโดยส่วนรวมอีกด้วย ไม้โตเร็วที่ภาคเอกชนให้ความสนใจให้นิยามในการปลูกสร้างสวนป่าอย่างกว้างขวางในปัจจุบันนี้ก็คือ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูล-

เลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) ซึ่งเป็นไม้ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ไม้และอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอีกหลายชนิด อย่างไรก็ตาม การปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลენซิส ในปัจจุบันส่วนใหญ่ได้มุ่งความสนใจไปยังอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นไม้สับ (chip wood) ซึ่งการลงทุนไม่สูงมากนัก และขั้นตอนการผลิตก็ไม่ยุ่งยากซับซ้อน รวมทั้งยังเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ โดยเฉพาะญี่ปุ่นและไต้หวัน มีความต้องการเนื้อไม้ยูคาลิปตัสในลักษณะชิ้นไม้สับ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบ

สำหรับโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ ไม่น้อยกว่าประมาณปีละ ๒๕ ล้านตัน แม้ว่าตลาดสำหรับอุตสาหกรรมชั้นไม้สับจะมีแนวโน้มแจ่มใสในอนาคต แต่ก็มิใช่หมายความว่าเราควรชะงักการพัฒนาก่ออุตสาหกรรมไม้ไว้แค่เพียงอุตสาหกรรมชั้นไม้สับ เนื่องจากวัตถุดิบชั้นไม้สับจัดเป็นการผลิตในชั้นปฐมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่นๆ อีกต่อไป ซึ่งมูลค่าเพิ่มที่ได้จากการนำไม้มาทำเป็นชั้นไม้สับ มิได้เปลี่ยนแปลงสูงขึ้นเท่าใดนัก แต่อุตสาหกรรมต่อเนื่องที่นำชั้นไม้สับ ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ล้วนแต่ทำให้สินค้ามีมูลค่าเพิ่มขึ้นอีกหลายเท่าตัว และเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและภายนอกประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ซึ่งในปัจจุบันจากสภาพที่เราต้องนำเข้าเยื่อกระดาษจากต่างประเทศถึงปีละนับพันล้านบาท หากได้มีการส่งเสริมและวางแผนให้มีการปลูกไม้ยูคาลิปตัส กามาลคูลენซิส ในพื้นที่ที่เหมาะสม ในอนาคตไม้ยูคาลิปตัส กามาลคูลენซิส อาจเป็นวัตถุดิบที่สำคัญชนิดหนึ่งที่ควบคู่ไปกับการพัฒนาอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ซึ่งนอกจากจะช่วยลดมูลค่าเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบในแต่ละขั้นตอนการผลิตให้สูงขึ้นแล้ว ยังเป็นการเพิ่มการจ้างงานและพัฒนาอาชีพให้แก่ประชาชนได้อีกเป็นจำนวนมาก.

การศึกษาต่อไปนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาถึงศักยภาพและคุณสมบัติในถิ่นต่างๆ ในการนำไม้ยูคาลิปตัส กามาลคูลენซิส อายุต่างๆ มาทดลองทำเยื่อกระดาษว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด รวมทั้งการเปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้เคยทำการทดลองมาแล้ว ในการทำเยื่อกระดาษจากไม้ยูคาลิปตัส กามาลคูลენซิส อายุ ๑๐ ปี และ ๑๕ ปี มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองเพิ่มเติมจากไม้อายุ ๓ ปี, ๕ ปี และ ๖ ปี เพื่อพิจารณาว่าไม้ยูคาลิปตัส กามาลคูลენซิส ช่วงอายุใดที่น่าจะมีความเหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำเยื่อกระดาษ ได้ดีที่สุด ตลอดจนการศึกษาดังปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ ปริมาณเปลือก และผลผลิตของชั้นไม้สับ ซึ่งนับว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งประการหนึ่ง สำหรับอุตสาหกรรมชั้นไม้สับ และการแก้ไขปัญหาการจัดการวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษที่อาจมีขึ้นในอนาคต

การศึกษาดังนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะพิจารณาเปรียบเทียบความเหมาะสมในการทำเยื่อกระดาษจากไม้ยูคาลิปตัส กามาลคูลენซิส อายุต่างๆ โดยการศึกษาถึงศักยภาพและคุณสมบัติในถิ่นต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการผลิตเยื่อกระดาษ โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยที่จะดำเนินการศึกษาทดลอง ดังนี้คือ

๑. การศึกษาอัตราความเจริญเติบโต ปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ เปลือก และ ผลผลิตชิ้นไม้สับของไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลูเลนซีส เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการจัดเตรียม วัตถุดิบก่อนการผลิตเป็นเยื่อกระดาษ

๒. การศึกษาขนาดและลักษณะของ เส้นใยไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลูเลนซีส อายุ ต่างๆ เพื่อพิจารณาเป็นเบื้องต้นว่าเหมาะสม สำหรับการทำเยื่อกระดาษมากน้อยเพียงใด

๓. การวิเคราะห์องค์ประกอบทาง เคมี เพื่อพิจารณาถึงปริมาณสารเคมีต่างๆ ที่มีในเนื้อไม้ ซึ่งอาจมีผลต่อการผลิตเยื่อ กระดาษ

๔. การทดลองหาผลผลิตของเยื่อไม้ ยูคาลิปตัส กามาลดูลูเลนซีส ที่ได้จากการต้ม

โดยกรรมวิธีซัลเฟต และการทดลองหา ปริมาณ Kappa number ที่อาจมีผลต่อการ ฟอกเยื่อ

๕. การศึกษาถึงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ ของเยื่อ เพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมใน การทำกระดาษชนิดต่างๆ

๖. การเปรียบเทียบคุณสมบัติของ เยื่อไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลูเลนซีส กับ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่างๆ

๗. การพิจารณาอายุที่เหมาะสมของ ไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลูเลนซีส สำหรับทำ เยื่อกระดาษ โดยการเปรียบเทียบไม้ อายุ ระหว่าง ๓, ๕, ๖, ๑๐ และ ๑๕ ปี ตาม ลำดับ

อุปกรณ์และวิธีการ

ไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลูเลนซีส ที่ใช้เป็นตัวอย่างในการทดลองครั้งนี้ มีจำนวน ๕ ตัวอย่าง จำแนกตามอายุ คือ อายุ ๓ ปี, ๕ ปี, ๖ ปี, ๑๐ ปี และ ๑๕ ปี ตามลำดับ โดยไม้ทั้งหมดนี้ตัดมาจากศูนย์ทดลองปลูก พรรณไม้ลำเภา-ลำทราย ตำบลบ้านเก่า อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเป็นศูนย์ ทดลองในสังกัดกองบำรุง กรมป่าไม้ ตัวอย่างไม้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและระยะ ปลูก ดังนี้

๑. อายุ ๓ ปี เส้นผ่าศูนย์กลางระดับ ออกเจดีย์ ๑๑ ซม. ระยะปลูก ๒×๔ เมตร

๒. อายุ ๕ ปี เส้นผ่าศูนย์กลางระดับ ออกเจดีย์ ๑๔ ซม. ระยะปลูก ๒×๔ เมตร

๓. อายุ ๖ ปี เส้นผ่าศูนย์กลางระดับ ออกเจดีย์ ๑๕ ซม. ระยะปลูก ๔×๔ เมตร

๔. อายุ ๑๐ ปี เส้นผ่าศูนย์กลาง ระดับออกเจดีย์ ๑๘ ซม. ระยะปลูก ๔×๔ เมตร

๕. อายุ ๑๕ ปี เส้นผ่าศูนย์กลาง
ระดับอกเฉลี่ย ๒๐ ซม. ระยะปลุก ๔×๔
เมตร

นำตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัส กามาลดู-
เลนซีส์ ซึ่งตัดทอนจนยาวท่อนละ ๒ เมตร
แยกบางส่วนออกไปทดลองหาปริมาณความ
ชื้นในเนื้อไม้ เปลือก และปริมาณผลผลิต
ของชั้นไม้สับ ส่วนที่เหลือนำมาเลื่อยส่วน

โคนท่อนและปลายท่อนออกเป็นแฉ่นๆ เพื่อ
นำไปทดลองตรวจวัดขนาดของเส้นใยไม้
และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และนำ
ไปเข้าเครื่องสับไม้ (chipper) ทำเป็นชั้น
ไม้สับ (chip wood) และตัดร่อนขนาดของ
ชั้นไม้สับโดยร่อนผ่านตะแกรงขนาด ๑-๕
นิ้ว เพื่อนำไปทดลองต้มเยื่อโดยกรรมวิธี
ซัลเฟตต่อไป

ผลและวิจารณ์ผล

ข้อพิจารณาที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษประการหนึ่งก็คือ ปัญหาเรื่องวัตถุดิบ เนื่องจากวัตถุดิบเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญยิ่งในขบวนการผลิต การที่จะตั้งโรงงานผลิตเยื่อกระดาษได้ จะต้องมีความมั่นใจว่าสามารถจัดหาวัตถุดิบเพื่อป้อนโรงงานได้อย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ ดังนั้นชนิดของไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ อัตราความเจริญเติบโต ปริมาณเปลือก และผลผลิตเนื้อไม้ จึงมีผลโดยตรงต่อการพิจารณาความคุ้มค่าของการปลูกป่า เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม

ไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซีส์ เป็นไม้โตเร็วที่ค่อนข้างปรับตัวได้ดี สามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็วในแทบทุกพื้นที่ จึงเป็นที่นิยมลงทุนปลูกสวนป่ายูคาลิปตัสอย่าง

แพร่หลายในปัจจุบัน จากการศึกษาเรื่องอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ เปลือก และผลผลิตเนื้อไม้จากลำต้น จนกระทั่งเป็นชั้นไม้สับ (chip wood) สรุปได้ดังนี้

อัตราการเจริญเติบโต

ไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซีส์ เป็นไม้ชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกในหลายประเทศ เนื่องจากเป็นพันธุ์ไม้ที่เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว นำไปใช้ประโยชน์ได้ในระยะเวลาอันสั้น ในช่วง ๑๐ ปีแรกไม้ชนิดนี้มีความเพิ่มพูนรายปีทางความสูงถึง ๒ เมตร และทางเส้นผ่าศูนย์กลางถึง ๒ ซม. ในอาร์เจนตินาสามารถให้ผลผลิตเนื้อไม้ได้ถึง ๒๐-๒๕ ม.^๓/เฮกตาร์/ปี (๓.๒-๔ ม.^๓/ไร่/ปี) ในเตอร์กีย์ ๒๐ ม.^๓/เฮกตาร์/ปี (๓.๒ ม.^๓/

ไร่/ปี) และในอิสราเอลให้ผลผลิตสูงถึง ๓๐ ม.^๓/เฮกตาร์/ปี (๔.๘ ม.^๓/ไร่/ปี)

สำหรับประเทศไทย จากการศึกษาของกองบำรุง กรมป่าไม้ ซึ่งได้ทดลองปลูกตามสถานที่ทดลองปลูกพรรณไม้ตามภาคต่างๆ ทั่วประเทศพบว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลินเซียส มีความผันแปรในอัตราความเจริญเติบโตสูง คือ ตั้งแต่ ๑-๕ ม.^๓/ไร่/ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น สภาพของท้องที่ที่นำไปปลูก ชนิดของเมล็ดพันธุ์ ระยะห่างระหว่างต้นที่ปลูก ความเอาใจใส่ในการบำรุงรักษา ตลอดจนอายุของต้นไม้ที่ตัดฟันมาใช้ประโยชน์

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากการทดลอง

ปลูกในท้องที่จังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งเป็นพื้นที่ราบสูง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื้อดินค่อนข้างเป็นดินทราย และภูมิอากาศแห้งแล้ง ผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลินเซียส เมื่อปลูกด้วยระยะ ๔×๔ เมตร (๑๐๐ ต้น/ไร่) ที่ระดับอายุต่าง ๆ ดังนี้

ปริมาณความชื้น

เมื่อตัดไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลินเซียส โดยทั่วไปจะพบว่า ปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ค่อนข้างสูง โดยปกติความชื้นไม้สดเมื่อตัดจะมากกว่า ๘๐ เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ที่ปลูก หากดินมีความอุดมสมบูรณ์ ความชื้นในเนื้อไม้หลังตัดฟันจะมากกว่า ๑๐๐ เปอร์เซ็นต์

Table 1. Yield of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. (spacing 4×4m), Srisaket Province.

Age (years)	average per tree				average (per rai)
	Dry Weight (kg)	Wet Weight (kg)	Bulb Volume (m ³)	Net Volume (m ³)	Net Volume (m ³ /rai/year)
2	20.0	42.9	0.07	0.04	2.0
3	54.8	106.9	0.16	0.09	3.0
4	89.5	174.5	0.27	0.15	3.8
5	112.1	218.5	0.35	0.19	3.8
6	140.1	273.1	0.44	0.24	4.0
7	160.0	312.0	0.50	0.28	4.0

Source : Dr. Pittaya Petmak, Silviculture Division, RFD, 1986

สาเหตุที่ปริมาณความชื้นในเนื้อไม้สูงนี้เอง ทำให้เป็นปัญหาโดยตรงต่อการขนส่งวัตถุดิบ สำหรับอุตสาหกรรม ซึ่งต้องใช้วัตถุดิบเป็นจำนวนมาก เพราะอาจทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งเป็นสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมกับมูลค่าของวัตถุดิบ เช่น หากความชื้นของไม้หลังตัดพื้น ๑๐๐ เปอร์เซ็นต์ ใช้รถยนต์บรรทุกไม้สดน้ำหนักเที่ยวละ ๒๐ ตัน จะเป็นน้ำหนักของเนื้อไม้แห้ง หรือเนื้อไม้จริงๆ ประมาณ ๑๐ ตัน จะเห็นว่าได้เนื้อไม้ในการระวางบรรทุกจริงประมาณครึ่งหนึ่งของ

น้ำหนักขนส่งทั้งหมด

จากการศึกษาปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ โดยการทดลองตัดไม้ยูคาลิปตัส กามาล-ดูเลนซีส์ อายุ ๔ ปี เป็นท่อนๆ ความยาวท่อนละ ๒ เมตร วางเรียงแถวเตี้ยบนพื้นราบ ผึ่งในกระแสดอากาศ ชั่งน้ำหนักและวัดปริมาณความชื้นตั้งแต่วันตัดพื้น ซึ่งเป็นวันอาทิตย์ และวัดความชื้น ชั่งน้ำหนักในวันจันทร์ พุธ ศุกร์ ของทุกสัปดาห์ จนกระทั่งครบ ๙๐ วัน นำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และเขียนกราฟในรูปที่ ๑

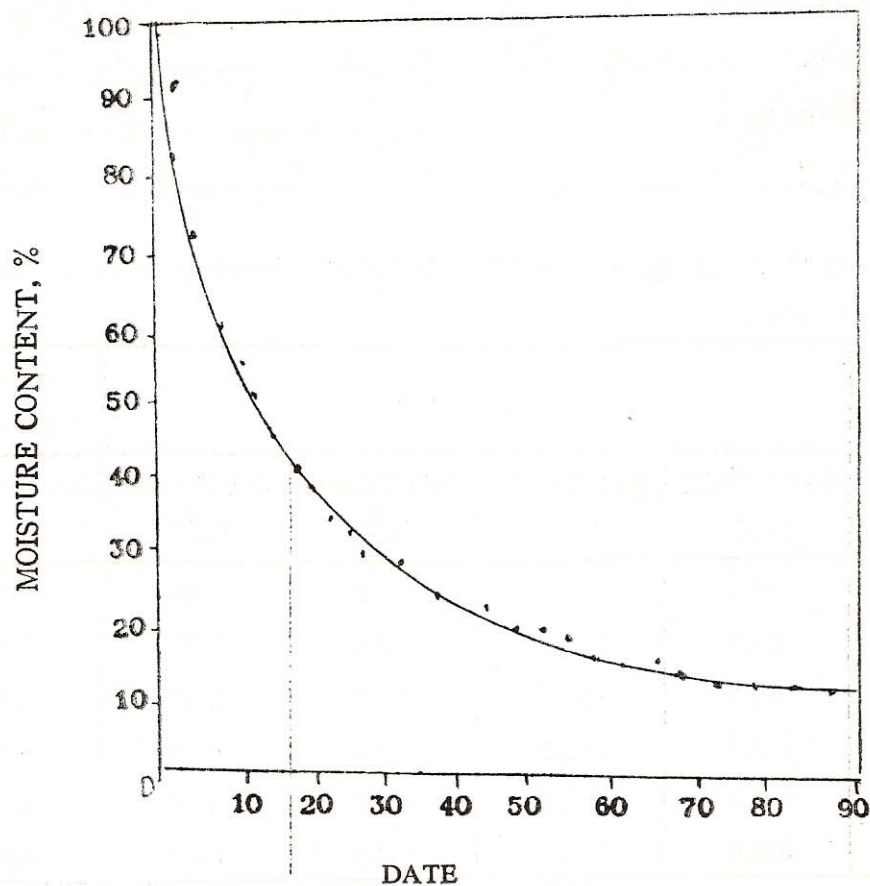


Fig. 1 Relationship between moisture content in wood and the period of time after being harvested.

จากรูปที่ ๑ จะเห็นว่าปริมาณความชื้นในเนื้อไม้จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง ๓๐ วันแรก โดยเฉพาะในช่วง ๑๐ วันแรก จะลดลงเร็วมาก จากความชื้นประมาณ ๙๐% เหลือความชื้นประมาณ ๕๐% ในช่วง ๑๐ วันที่สอง (วันที่ ๑๐-๒๐) ลดจากความชื้นประมาณ ๕๐% เหลือประมาณ ๔๐% และในช่วง ๑๐ วันที่สาม (วันที่ ๒๐-๓๐) ลดจากประมาณ ๔๐% เหลือประมาณ ๓๐%

การลดลงของปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลินชีส ในช่วง ๑๐% ต่อมา คือจาก ๓๐% เหลือ ๒๐% ก่อนข้างใช้เวลานานขึ้น คือประมาณ ๑๕ วัน (วันที่ ๓๐-๔๕) และการลดลงของปริมาณความชื้นในช่วงสุดท้าย คือจากประมาณ ๒๐% เหลือ ๑๑% จะใช้เวลาประมาณ ๓๕ วัน (วันที่ ๔๕-๘๐) หลังจากนั้นปริมาณความชื้นจะไม่ลดลงไปอีก

การทราบอัตราการลดลงของปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลินชีส ก่อนข้างเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดราคาซื้อขายเนื้อไม้ที่ตัดจากสวนป่า เนื่องจากการซื้อขายในปัจจุบันมักใช้เนื้อไม้สดเป็นหลัก จะเห็นว่าหากตัดไม้จากสวนป่าแล้วในช่วง ๑๐ วันแรกยังไม่ทำการซื้อขายกัน รายได้ของผู้ขายในวันต่อมาอาจลดไปถึง ๔๐ เปอร์เซ็นต์

เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม การลดลงของปริมาณความชื้นในเนื้อไม้นี้อาจแตกต่างกันไปตามสภาพของปริมาณความชื้น เริ่มต้นอายุของไม้ที่ตัดฟัน ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ปลูก ความยาวของท่อน ตลอดจนสถานที่และลักษณะการกองของไม้ที่ตัดฟันแล้ว ซึ่งควรจะมีการศึกษาในรายละเอียดเป็นกรณีไปอีกครั้งหนึ่ง

เปลือก

ไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลินชีส ก่อนข้างมีปริมาณเปลือกมากเมื่อเทียบกับไม้ทั่วไป จากการศึกษาทดลองพบว่าเปลือกของไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลินชีส ที่จะต้องลอกออกก่อนทำเป็นชิ้นไม้สับ (chip wood) จะมีน้ำหนักประมาณ ๑๐-๒๐% ของน้ำหนักไม้สด เช่น หากซื้อเนื้อไม้สดมาน้ำหนักประมาณ ๑๐๐ ตัน จะต้องถูกทิ้งไปเพราะเปลือกถึง ๑๐-๒๐ ตัน โดยปกติในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษมีปริมาณความต้องการใช้เนื้อไม้สดเพื่ออุตสาหกรรมถึงปีละนับล้านตัน จะเห็นว่าเหลือปริมาณเปลือกที่กองได้ขนาดใหญ่ถึงปีละนับแสนตัน แต่อย่างไรก็ตาม เราสามารถนำเปลือกไม้ยูคาลิปตัสไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ในปัจจุบันโรงงานชิ้นไม้สับนำเปลือกไม้ยูคาลิปตัสไปใช้ทำปุ๋ย นอกจากนี้อาจใช้เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากการศึกษาหาค่าความร้อนพบว่า เปลือก-

ไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลนซีส ให้ค่าความร้อนสูง โดยนำค่าความร้อนที่ศึกษาได้มา เปรียบเทียบกับไม้ชนิดต่าง ๆ ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงที่สำคัญ ๆ แสดงไว้ในตารางที่ ๒

Table 2. The comparison between calorific value from bark of Eucalyptus and other fuel wood

	Bark of <i>Eucalyptus</i> <i>camaldulensis</i> Dehnh.	<i>Eucalyptus</i> <i>camaldulensis</i> Dehnh.	<i>Rhizophora</i> <i>apiculata</i> Bl., syn.	<i>Leucaena</i> <i>leucocephala</i> (Lam.) de Wit	<i>Casuarina</i> <i>junghuh-</i> <i>niana</i> Mig	<i>Acacia</i> <i>auricali-</i> <i>formis</i> A. cunn.
Calorific Value (Kcal/g)	4.03	4.76	4.58	4.58	4.62	4.74

Source : Dr. Ar-roon Chomcharn, Vinai Panyathanya, Malee Phanunumpha, 1986

จากตารางจะเห็นว่าค่าความร้อนของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสกามาลดูลนซีสมีค่าสูงพอสมควร มีศักยภาพที่จะนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงได้ มีคุณภาพให้ความร้อนได้ดีใกล้เคียงกับพื้นของไม้ชนิดต่างๆ ที่สำคัญๆ

ผลผลิตชิ้นไม้สับ

ขบวนการผลิตในขั้นตอนการจัดเตรียมวัตถุดิบในขั้นตอนแรก ก่อนการผลิตเชื้อกระดาษ คือ การผลิตชิ้นไม้สับ (chip wood) ในปัจจุบันการผลิตชิ้นไม้สับกำลังได้รับความสนใจ จากภาคเอกชน อย่างกว้างขวาง ในการลงทุนผลิตระดับอุตสาหกรรม

เพื่อป้อนโรงงานเยื่อกระดาษในต่างประเทศ เนื่องจากตลาดต่างประเทศมีความต้องการสูง และขบวนการผลิตไม่ยุ่งยากซับซ้อน เหมือนอุตสาหกรรมอื่นๆ เพียงแต่นำท่อนไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลนซีส ที่โตได้ขนาดมาปอกเปลือกเพื่อแยกเปลือกออก แล้วส่งท่อนไม้ที่ปอกเปลือกแล้วเข้าเครื่องสับชิ้นไม้ (chipper) หลังจากนั้นนำไปผ่านตะแกรงเพื่อคัดขนาดชิ้นไม้สับ ชิ้นที่ขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการก็นำเข้าเครื่องสับชิ้นไม้อีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นลำเลียงไปกองไว้ที่ลานตากชิ้นไม้สับให้แห้ง เพื่อรอส่งจำหน่ายยังโรงงานเยื่อกระดาษต่อไป

จากการทดลอง ศึกษาผลผลิตของชั้นไม้สับ โดยนำท่อนไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส อายุประมาณ ๖ ปี เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ ๑๗ ซม. ความยาวท่อนละ ๒ เมตร นำมาปอกเปลือกออก จากนั้นนำท่อนไม้เข้าเครื่องสับชั้นไม้ (chipper) ค่า

นวดปริมาตรที่แท้ของเนื้อไม้ และช่วงน้ำหนักรที่เปลี่ยนไปทุกระยะ จนกระทั่งได้ชั้นไม้สับ (chip wood) ที่สามารถจะนำไปผลิตเป็นเยื่อกระดาษต่อไปได้ ผลการศึกษาปริมาณผลผลิตของชั้นไม้สับ แสดงไว้ในตารางที่ ๓

Table 3. Yield of chip wood from *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. (spacing 4×4 m.)

Yield/tree	unit	Green wood	Green wood (debarked)	Chip wood
Volume	m ³	0.24	0.20	0.52
	%	100.0	83.0	215.0
Weight	Kg	273.1	232.7	139.3
	%	100	85.2	51.0

จากตารางจะเห็นว่าในส่วนของปริมาตรเมื่อตัดพื้นไม้แล้ว หลังจากปอกเปลือกออก ปริมาตรรวมของไม้จะลดลงเล็กน้อยเหลือประมาณ ๘๓% หรือปริมาตรเปลือกประมาณ ๑๗% นั้นเอง หลังจากทำเป็นชั้นไม้สับแล้วปริมาตรของไม้จะเพิ่มขึ้นกว่า ๑ เท่าตัว คือ จากไม้สดซึ่งตัดครั้งแรกปริมาตร ๐.๒๔ ม.³ เมื่อทำเป็นชั้นไม้สับแล้วจะได้ปริมาตรประมาณ ๐.๕๒ ม.³

นอกจากนี้เมื่อศึกษาปริมาณผลผลิตชั้นไม้สับเป็นน้ำหนักจะเห็นว่าเมื่อเทียบให้น้ำหนักไม้สดรวมเปลือกหลังตัดพื้นเป็น ๑๐๐

เปอร์เซ็นต์ หลังจากปอกเปลือกออกแล้วจะเหลือน้ำหนักไม้ประมาณ ๘๕.๒% หรือเป็นน้ำหนักเปลือกที่ปอกออกไปประมาณ ๑๔.๘% หลังจากนั้นเมื่อทำเป็นชั้นไม้สับแล้วตากให้แห้งเพื่อให้พร้อมที่จะนำไปทำเยื่อกระดาษต่อไป จะเหลือน้ำหนักประมาณ ๕๑% เมื่อเทียบกับน้ำหนักที่ช่วงครั้งแรกตัดพื้น

การศึกษาเรื่องปริมาณผลผลิตของชั้นไม้สับ ไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส ในรูปของปริมาตรและน้ำหนักนั้นอาจเป็นประโยชน์ในการคำนวณเพื่อจัดเตรียมวัตถุดิบ การลำเลียงขนส่งวัตถุดิบ ตลอดจนการกำหนด

ราคาซื้อขายเพื่อความเป็นธรรม ทั้งแก่เกษตรกรผู้ปลูกสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส และผู้ประกอบการตั้งโรงงานขึ้นไม้สับ ในอุตสาหกรรมขึ้นไม้สับ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเดนชีส ซึ่งกำลังขยายตัวอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน

ลักษณะของเส้นใยกับความเหมาะสมในการทำเยื่อกระดาษ

ในการพิจารณาเบื้องต้นว่าเส้นใยของไม้ชนิดใดมีลักษณะที่เหมาะสมสำหรับทำเยื่อกระดาษได้ดีหรือไม่เพียงใด ในขั้นมูลฐานอาจทำได้โดยการตรวจวัดขนาดของเส้นใย (fiber dimensions) แล้วนำมาคำนวณหาค่าความเหมาะสม (Derived values) ที่ได้

จากการศึกษาทดลอง ก็สามารถจะคาดหมายคุณสมบัติสำหรับทำเยื่อกระดาษของเส้นใยไม้ชนิดนั้นได้พอสมควร โดยทั่วไปแล้วไม้ที่มีเส้นใยาวและผนังเซลล์บาง มักจะทำกระดาษได้ดี

วิธีการทดลองโดยนำ ไม้ตัวอย่างจากส่วนต่างๆ ของลำต้น มาตัดเป็นแว่น ๆ และซอยให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดก้านไม้ขีดไฟ ย่อยให้เส้นใยไม่แยกออกจากกันโดยการทำ maceration วัดขนาดเส้นใยโดยใช้เครื่อง micro-projector นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความเหมาะสมในการทำกระดาษ ผลการศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ ๔

จากตารางที่ ๔ จะเห็นว่าลักษณะเส้นใยไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเดนชีส ใยาว

Table 4. Fiber dimension of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Age Fiber dimension	3 years	5 years	6 years	10 years	15 years
Length, mm.	1.0918	0.9985	0.9587	1.1895	1.3388
Width, mm.	0.0204	0.0175	0.0176	0.0220	0.0221
Lumen width, mm.	0.0125	0.0104	0.0096	0.0150	0.0151
Cell wall thickness, mm.	0.0040	0.0032	0.0040	0.0035	0.0035
Runkel ratio	0.645	0.615	0.833	0.467	0.464
Flexibility coefficient	0.610	0.584	0.545	0.682	0.683
Slenderness ratio	53.52	56.10	54.47	54.06	60.58
Wall fraction, %	39	36	45	32	32

ของเส้นใยมีขนาดตั้งแต่ ๐.๕๕๘๗-๑.๓๓๘๘ มม. ซึ่งจัดได้ว่าอยู่ในช่วงของเยื่อใยสั้น ความกว้างของเส้นใย ๐.๐๑๗๖-๐.๐๒๒๑ มม. และความหนาของผนังเส้นใย ๐.๐๐๓๒-๐.๐๐๔๐ มม. ซึ่งอยู่ในช่วงของไม้ใบกว้าง (hardwood) โดยทั่วไป เมื่อพิจารณาถึงค่าความเหมาะสมในการทำกระดาษ (derived values) แล้ว ได้ผลสรุปดังนี้

๑. ค่าของ Runkel Ratio ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลูเลนซีส ที่อายุต่างๆ มีค่าน้อยกว่า ๑ แสดงว่าเยื่อไม้ที่ได้สามารถใช้ทำเยื่อกระดาษได้ดี เช่นเดียวกับเยื่อของต่างประเทศ

๒. ค่า Flexibility coefficient มากกว่า ๐.๕ หมายความว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลูเลนซีส จะทำให้เยื่อกระดาษที่มีความต้านทานสูงต่อแรงดึง (Tensile strength) แรงกันทะลุ (Bursting strength) และแรงหักพับ (Folding strength)

๓. ค่า Slenderness Ratio ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลูเลนซีส ที่อายุต่างๆ ล้วนน้อยกว่า ๗๕ ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วค่านี้ควรจะมีมากกว่า ๗๕ ขึ้นไป เช่นนี้ทำให้คาดหมายได้ว่าค่าความต้านทานต่อแรงฉีกขาด (Tearing strength) ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลูเลนซีสค่อนข้างต่ำ แต่อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติที่แท้จริง จะต้องพิจารณาถึงผลการทดสอบ

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ ในลำดับต่อไปเป็นสำคัญ

๔. ค่าของ Wall Fraction ไม่เกิน ๕๐% แสดงว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลูเลนซีส มีความเหมาะสมในการทำกระดาษ เส้นใยประสานกันได้ดี ทำให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile strength) และแรงกันทะลุ (Bursting strength) สูง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะเส้นใยของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลูเลนซีส ที่ระดับอายุต่างๆ กล่าวได้ว่าคุณสมบัติความเหมาะสมในการทำเยื่อกระดาษไม่แตกต่างกันมากนัก ไม่ว่าจะเป็นอายุ ๓ ปี หรือ ๑๕ ปี ทั้งนี้เพราะค่าความเหมาะสม (Derived values) อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นไปตามกฎเกณฑ์ทางทฤษฎี กล่าวโดยสรุปได้ว่าลักษณะเส้นใยของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลูเลนซีส มีความเหมาะสมสำหรับทำเยื่อกระดาษได้ดี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของไม้คือ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารแทรก (Extractive) โดยปกติเซลลูโลส ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการผลิตเป็นเยื่อกระดาษ เป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ส่วนใหญ่ในเนื้อไม้ คือ มีอยู่ประมาณ ๕๐% หากปริมาณ

เซลลูโลสต่ำ ผลผลิตของเยื่อกระดาษที่ได้ก็มีแนวโน้มที่จะลดต่ำลงด้วย การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีก็เพื่อพิจารณาถึงปริมาณสารเคมีทั้งกล่าวที่มีในเนื้อไม้ ซึ่งอาจมีผลต่อปริมาณผลผลิตของเยื่อ ความยากง่ายในการฟอกเยื่อ และคุณสมบัติบางประการของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้

วิธีการทดลองเตรียมตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันพื้นที่อายุต่างๆ โดย

ตัดตามขวางเป็นแผ่นกลม (disk) ซอยให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วบดด้วยเครื่องวิลเลียมิลล์ (Wileymill) กักร่อนขนาดระหว่าง ๔๐-๖๐ mesh แล้วนำไปวิเคราะห์หาเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และการละลายในโซดาไฟความเข้มข้น ๑% ตามวิธีมาตรฐานของ TAPPI และ CCA 5 of Swedish Association of Pulps and Paper Engineers ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี แสดงไว้ในตารางที่ ๕

Table 5. Chemical analysis of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Age Constituents	3 years	5 years	6 years	10 years	15 years
Solubility in cold water	3.04	2.41	3.26	3.27	3.85
Solubility in hot water	5.66	2.64	5.09	5.18	5.05
Solubility in 1% NaOH	15.76	10.14	13.21	14.41	15.80
Solubility in Alc.-Benz.	7.86	4.48	4.79	3.41	6.05
Solubility in Alc.	—	—	—	5.07	5.12
Ash	0.42	0.26	0.37	0.33	0.43
Holocellulose	78.51	83.08	77.84	73.66	73.73
Cellulose	56.01	69.19	62.98	58.36	58.18
Lignin	29.98	26.01	27.59	27.75	26.60
Pentosan	19.35	18.55	19.50	17.01	17.15

จากการตารางจะเห็นว่าไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันพื้นที่ มีปริมาณเซลลูโลสสูงปานกลาง โดยที่ไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันพื้นที่

อายุ ๕ ปี มีปริมาณเซลลูโลสสูงที่สุด รองลงมาคือ อายุ ๖ ปี ๓ ปี ๑๐ ปี และ ๑๕ ปี ตามลำดับ ซึ่งพอจะกล่าวได้ว่า

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลคุเลนซิส อายุระหว่าง ๓-๖ ปี มีแนวโน้มให้ผลผลิตเยื่อกระดาษสูงกว่าอายุ ๑๐-๑๕ ปี ในขณะเดียวกัน ปริมาณเพนโทซาน (Pentosan) ของไม้ อายุ ๓-๖ ปี ก่อนล้างมีปริมาณสูงกว่าไม้ อายุ ๑๐-๑๕ ปี เล็กน้อย ซึ่งในทางทฤษฎีไม้ ที่มีปริมาณเพนโทซานสูงกว่าสามารถใช้ทำเยื่อกระดาษได้ดีกว่า เนื่องจากเพนโทซานในไม้มีบทบาทช่วยให้เยื่อ ได้มีค่าความต้านแรงดันทะลุและความต้านแรงดึงสูงขึ้น เมื่อพิจารณาถึงปริมาณลิกนินในเนื้อไม้จะเห็นว่าไม่สูงมากนัก ซึ่งจะมีผลทำให้สามารถฟอกขาวเยื่อได้ง่าย

ปริมาณผลผลิตของเยื่อกระดาษ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลคุเลนซิส

การผลิตในเชิงอุตสาหกรรมวัตถุดิบที่นำมาผลิตควรให้ผลผลิตของเยื่อสูงสุด ในขณะเดียวกันควรใช้เวลาและปริมาณสารเคมีน้อยที่สุด เพื่อให้ต้นทุนการผลิตต่ำ การศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตอาจทดลองทำได้ในห้องปฏิบัติการ สำหรับเยื่อเคมีทำได้ด้วยการต้มเยื่อโดยกรรมวิธีซัลเฟตเพื่อเปรียบเทียบถึงปริมาณผลผลิต และ Kappa number ของเยื่อ

วิธีการทดลองต้มเยื่อโดยกรรมวิธีซัลเฟต นำชิ้นไม้สับ (Wood chip) น้ำหนัก

แห้ง ๘๐๐ กรัม มาย่อยในหม้อต้มขนาด ๗ ลิตร ใช้ปริมาณน้ำและอุณหภูมิตามกำหนด (ตารางที่ ๖) ปริมาณผลผลิต และ Kappa number ของเยื่อ แสดงไว้ในตารางที่ ๖

จากตารางที่ ๖ ซึ่งเปรียบเทียบผลการต้มเยื่อซัลเฟตไม้ยูคาลิปตัส คามาลคุเลนซิส ที่อายุต่าง ๆ โดยคัดเลือกจากสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละระดับอายุมาเปรียบเทียบกัน จะเห็นว่า ไม้ยูคาลิปตัส คามาลคุเลนซิส อายุ ๓ ปี ให้ผลผลิตเยื่อสูงกว่าอายุอื่นๆ คือ ๕๑.๘๐% ในขณะที่ไม้ยูคาลิปตัส คามาลคุเลนซิส อายุ ๑๐ ปี ให้ผลผลิตเยื่อต่ำสุดคือ ๔๓.๖๒% ซึ่งหากเปรียบเทียบโดยจำแนกเป็นระดับกลุ่มอายุ คือ ๓-๖ ปี และ ๑๐-๑๕ ปี จะเห็นได้ว่าโดยเฉลี่ยแล้ว ไม้ยูคาลิปตัส คามาลคุเลนซิส ระดับอายุ ๓-๖ ปี มีแนวโน้มให้ผลผลิตเยื่อสูงกว่าอายุ ๑๐-๑๕ ปี เล็กน้อย ทั้งนี้ อาจจะเป็นเพราะว่าการต้มเยื่อซัลเฟตในกลุ่มอายุน้อย คือ ๓-๖ ปี ก่อนล้างใช้สารเคมี (Active alkali) น้อยกว่ากลุ่มอายุ ๑๐-๑๕ ปี จึงลดการสูญเสียผลผลิตอันเนื่องจากสารเคมีได้มากกว่า แต่อย่างไรก็ตามข้อยุติที่แน่นอนในเรื่องนี้สมควรที่จะคำนึงถึงปริมาณเซลลูโลส (Cellulose) และสารแทรก (Extractive) ต่างๆ ในเนื้อไม้ ตลอดจนลักษณะของวัตถุดิบ ซึ่ง

Table 6. Pulping data for kraft pulping from *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.
(Pulping condition: sulfidity 25%, liquid to wood ratio 4 : 1, time to temperature 1 hr, maximum temperature 170°C)

Pulping \ Age	3 years	5 years	6 years	10 years	15 years
Process	Sulfate	Sulfate	Sulfate	Sulfate	Sulfate
Active alkali (%)	12	14	14	16	16
Total time (hrs.)	3	3	3	3	3
Screened pulp yield (%)	51.80	46.31	45.16	43.62	45.51
Screening (%)	0.40	0.38	0.98	0.18	0.02
Kappa number	28.72	16.53	20.31	24.97	20.40

Constant conditions : Sulfidity 25 %

Liquid to wood ratio 4 : 1

Maximum temperature 170°C

เกี่ยวพันไปถึงแหล่งที่มาและการปลูกบำรุงรักษาเป็นประการสำคัญในโอกาสต่อไปด้วย

เมื่อพิจารณาจากค่าของ Kappa number ซึ่งแสดงถึงความยากง่ายในการนำเยื่อที่ได้ไปฟอกขาว จะเห็นว่าอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน สามารถนำไปทำเยื่อเคมีฟอกขาวได้ โดยไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลเลนซิส อายุ ๕ ปี ฟอกง่ายที่สุด รองลงมาคือ อายุ ๖ ปี ๑๕ ปี ๑๐ ปี และ ๓ ปี ตามลำดับ

หากจะกล่าวโดยรวมเพื่อการคาดหมาย ปริมาณผลผลิตไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลเลนซิส

ในเชิงอุตสาหกรรมแล้วกล่าวได้ว่า ปริมาณผลผลิตอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั่วไป สำหรับเยื่อเคมี โดยไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลเลนซิส อายุ ๓, ๕ และ ๖ ปี ก่อนข้างเหมาะสมกว่าในแง่ของผลผลิตของเยื่อ ปริมาณสารเคมีที่ใช้ และ Kappa number เมื่อเทียบกับไม้อายุ ๑๐ และ ๑๕ ปี

คุณสมบัติของเยื่อกระดาษ

จากการศึกษาลักษณะเส้นใยไม้ในเบื้องต้น คาดหมายว่าไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูลเลนซิส มีคุณสมบัติเหมาะสมในการทำเยื่อกระดาษ

คาย แต่การพิจารณาว่าเยื่อไม้ที่ได้มีความเหมาะสมสำหรับผลิตกระดาษชนิดใด ให้ค่าความแข็งแรงของเยื่อระดับใด จะต้องนำเยื่อที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เพื่อคำนวณหาค่าของความต้านทาน ต่อแรงดึง (Tensile strength) แรงฉีกทะลุ (Bursting strength) แรงฉีกขาด (Tearing strength) และความต้านทานต่อการหักพับงอ (Folding endurance) เป็นต้น

การทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ทดสอบตามวิธีมาตรฐานของ TAPPI (Tech-

nical Association of the Pulp and Paper Industry) โดยนำเยื่อซัลเฟตที่ต้ม ได้มาที่ถ้วยเครื่องที่ PFI mill จนได้ค่า Degree of Freeness ตามต้องการ นำไปทำแผ่นทดสอบ (Handsheet) เก็บแผ่นทดสอบไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ $50 \pm 2\%$ เป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมงแล้ว จึงนำไปวัดหาความขาวสว่าง (Brightness) และทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ นำผลการทดสอบไปเขียนกราฟ อ่านค่าที่ Freeness 40° SR แสดงไว้ในตารางที่ ๗

Table 7. Kraft pulp properties of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Properties	3 years	5 years	6 years	10 years	15 years
Freeness, °sr	40	40	40	40	40
Brightness, % 150	22.8	24.3	24.0	17.5	18.5
Density, g/cm ³	0.75	0.70	0.70	0.60	0.68
Breaking length, m	6,910	7,100	6,850	6,120	6,850
Burst Factor	71.52	65.50	58.50	52.00	60.50
Tear Factor	104.00	94.00	86.00	110.50	85.00
Folding Endurance (1kg)	2,731	1,200	1,200	580	980

จากตารางคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเยื่อที่ Freeness 40° SR จะเห็นว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลินซิส อายุ ๕ ปี ให้ค่าความยาวเมื่อขาด (Breaking length) สูงกว่าเยื่อไม้อายุอื่น โดยที่เยื่อยูคาลิปตัสอายุ

๓ ปี ๖ ปี ๑๔ ปี และ ๑๐ ปี มีความยาวเยื่อเมื่อขาดรองลงมาตามลำดับ สำหรับค่าความต้านทานต่อแรงฉีกทะลุ (Burst factor) เยื่อไม้ยูคาลิปตัสอายุ ๓ ปี มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ อายุ ๕ ปี ๑๕ ปี ๖ ปี

และ ๑๐ ปี ตามลำดับ และค่าความต้านทานต่อแรงฉีกขาด (Tear factor) เยื่อไม้ยูคาลิปตัส อายุ ๑๐ ปี ให้ค่าสูงกว่าอายุน้อยกว่าลงมากคือ อายุ ๓ ปี ๕ ปี ๖ ปี และ ๑๕ ปี ส่วนค่าความต้านทานต่อการหักพับงอ (Folding Endurance) เยื่อไม้ยูคาลิปตัส อายุ ๓ ปี มีค่าสูงสุด และ ๕ ปี ๖ ปี ๑๕ ปี และ ๑๐ ปี มีค่ารองลงมาตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วจะเห็นว่าค่าความแข็งแรงต่างๆ ของเยื่อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส์ อายุต่างๆ โดยเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ซึ่งถือว่าเป็นเยื่อที่มีคุณภาพดี เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ และใช้ทำกระดาษเหนียวได้ดี แต่อย่างไรก็ตาม จะได้เปรียบเทียบคุณสมบัติกับมาตรฐานกระดาษชนิดต่างๆ เป็นลำดับต่อไป

การเปรียบเทียบคุณสมบัติเยื่อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส์ กับมาตรฐานกระดาษ

จากผลการทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ ในตารางที่ ๔ และข้อมูลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ นำค่าคุณสมบัติต่างๆ แปลงเป็นหน่วยระบบเอสไอ (SI Units) เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษชนิดต่างๆ ใน มอก. ๒๘๗-๒๕๒๑, มอก. ๒๘๓-๒๕๒๑ และ มอก. ๑๗๐-๒๕๒๕ แสดงไว้ในตารางที่ ๕

จากตารางจะเห็นได้ว่า คุณสมบัติความแข็งแรงในด้านต่างๆ ของเยื่อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส์ โดยทั่วไปสูงกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติความต้านแรงดันทะลุ (Bursting strength) ความต้านแรงฉีกขาด (Tearing strength) ความต้านแรงดึง (Tensile strength) รวมทั้งความทนทานต่อการหักพับงอ (Folding endurance) เป็นต้น

การพิจารณาอายุที่เหมาะสมไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส์ สำหรับทำเยื่อกระดาษ

อายุที่เหมาะสมของไม้ที่ตัดฟันมาเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำเยื่อกระดาษ เป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งประการหนึ่ง ของการพิจารณาในการปลูกป่าของภาคเอกชน เพราะมีผลโดยตรงต่อระยะเวลาในการลงทุนกับผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุนนั้นๆ โดยปกติการปลูกป่าในเชิงพาณิชย์ของผู้ลงทุนนั้นมักต้องการใช้ประโยชน์ไม้อายุตั้งแต่อย่างน้อยระยะเวลาในการลงทุนนั้น แต่อย่างไรก็ตาม การพิจารณาอายุที่เหมาะสมของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส์ เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับทำเยื่อกระดาษนั้น น่าที่จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยที่สำคัญ ๒ ประการ คือ

Table 8. The comparison of pulp properties from *Eucalyptus camaldulensis* (at 3, 5, 6, 10, 15 years old) with Thai Industrial Standard Paper.

Properties Paper		Basis Weight (g/m ²)	Bursting strength (kPa)	Internal tearing resistance (mN)	Tensile strength (kN/m)	Folding endurance
Thai Industrial Standard Paper	Single wall bag paper	70	120	500	—	—
	multiwall bag paper	70	—	not exceed 825	1.85	—
	Printing paperboard	180	353	—	—	—
	Printing paper	70	68.7	—	—	—
	Writing paper	70	68.7	—	—	—
	Cover paper	100	—	—	—	50
Age	3 years	70	488	712	5.36	2,731
	5 years	72	461	662	5.50	1,200
	6 years	70	400	589	5.00	1,200
	10 years	71	361	767	4.70	980
	15 years	72	424	596	5.50	580

คุณสมบัติของเยื่อกระดาษที่ได้จากการทดลอง และปริมาณผลผลิตของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษนั้นๆ จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเยื่อซัลเฟต ไมยราลีปดัส

กามาสดูเลนซีส์อายุต่างๆ พอสรุปได้ดังนี้

๑. ไมยราลีปดัส กามาสดูเลนซีส์ อายุ ๓ ปี

จากการศึกษาลักษณะของเส้นใย ไม

ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส อายุ ๓ ปี ให้เยื่อใยสนที่มีคุณภาพสามารถใช้ทำเยื่อกระดาษได้ จากการทดลองต้มเยื่อซัลเฟตได้สถานะที่เหมาะสม คือ Active alkali ๑๒% เวลาในการต้มเยื่อรวม ๓ ชั่วโมง ให้ผลผลิตเยื่อสูงถึง ๕๑.๘๐% Kappa number ต่ำนำไปทำเยื่อฟอกขาวได้ คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเยื่อสูง โดยเฉพาะค่าความต้านทานต่อแรงกันทะลุ เหมาะสำหรับใช้ทำกระดาษเหนียว และนำไปผสมเพื่อทำกระดาษพิมพ์และกระดาษเขียนได้

๒. ไมยูกาลิปตัส กามาลดูเลนซิส อายุ ๕ ปี

ลักษณะของเส้นใยสน มีปริมาณเซลลูโลสสูง เหมาะสำหรับทำเยื่อกระดาษจากการทดลองต้มเยื่อซัลเฟต ภาวะที่เหมาะสม คือ Active alkali ๑๔% เวลาในการต้มเยื่อรวม ๓ ชั่วโมง ให้ผลผลิตเยื่อสูง ๔๖.๓๑% Kappa number ก่อนข้างต่ำมากเพียง ๑๖.๕๓ ซึ่งจะทำให้ฟอกขาวได้ง่าย คุณสมบัติของเยื่อสูง โดยเฉพาะค่าความยาวเมื่อขาดเหมาะสำหรับทำกระดาษเหนียว และเมื่อนำไปฟอกขาวใช้กระดาษพิมพ์ กระดาษเขียนได้ดี

๓. ไมยูกาลิปตัส กามาลดูเลนซิส อายุ ๖ ปี

ลักษณะของเส้นใยสน มีปริมาณเซล-

ลูโลสค่อนข้างสูง ให้เยื่อใยสนที่มีคุณภาพจากการทดลองต้มเยื่อซัลเฟตได้สถานะที่เหมาะสม คือ Active alkali ๑๔% เวลาในการต้มเยื่อรวม ๓ ชั่วโมง ผลผลิตเยื่อ ๔๕.๑๖% Kappa number ๒๐.๓๑ คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเยื่อสูง เหมาะสำหรับทำเยื่อเคมีฟอกขาว และกระดาษเหนียวชนิดต่างๆ ฯลฯ

๔. ไมยูกาลิปตัส กามาลดูเลนซิส อายุ ๑๐ ปี

ลักษณะของเส้นใยสน เหมาะสมสำหรับทำเยื่อกระดาษจากการทดลองต้มเยื่อซัลเฟต ภาวะที่เหมาะสม คือ Active alkali ๑๖% เวลาในการต้มเยื่อรวม ๓ ชั่วโมง ให้ผลผลิตเยื่อค่อนข้างต่ำ คือ ๔๓.๖๒% ค่า Kappa number ๒๔.๘๗ ซึ่งสามารถนำเยื่อไปฟอกขาวได้ง่าย คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเยื่อสูงอยู่ในมาตรฐานสำหรับการทำกระดาษชนิดต่างๆ เช่น กระดาษเหนียว กระดาษพิมพ์ และกระดาษเขียน เป็นต้น

๕. ไมยูกาลิปตัส กามาลดูเลนซิส อายุ ๑๕ ปี

ลักษณะของเส้นใยสน เหมาะสมสำหรับผลิตเยื่อกระดาษ การทดลองต้มเยื่อซัลเฟตได้สถานะในการต้มเยื่อที่เหมาะสม คือ Active alkali ๑๖% เวลาในการต้ม

เยื่อรวม ๓ ชั่วโมง ผลผลิตของเยื่อ ๔๔.๕๑% Kappa number ๒๐.๔๐ คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเยื่อสูง เหมาะสำหรับใช้ทำกระดาษเหนียว และเยื่อเคมีฟอกขาว เพื่อนำไปผสมสำหรับทำกระดาษชนิดต่าง ๆ เช่น กระดาษพิมพ์ กระดาษเขียน และกระดาษปกต่าง ๆ เป็นต้น

จะเห็นว่าเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระดับอายุของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันซีสกับศักยภาพในการผลิตเยื่อกระดาษ และคุณสมบัติของเยื่อแล้ว ได้ผลไม่แตกต่างกันมากนักไม่ว่าไม้อายุ ๓ ปี ๕ ปี ๖ ปี ๑๐ ปี หรือ ๑๕ ปี ซึ่งล้วนแล้วแต่ให้ผลผลิตเยื่อกระดาษ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในการผลิตกระดาษเหนียว หรือนำไปฟอกขาวเพื่อทำกระดาษพิมพ์ กระดาษเขียน ได้ดีทั้งสิ้น แต่อย่างไรก็ตาม หากเปรียบเทียบโดยจำแนกเป็นระดับกลุ่มอายุ คือ ๓-๖ ปี และ ๑๐-๑๕ ปี จะเห็นว่าโดยเฉลี่ยแล้วไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันซีส ระดับอายุ

๓-๖ ปี ก่อนข้างเหมาะสมสำหรับการผลิตเยื่อกระดาษมากกว่าอายุ ๑๐-๑๕ ปี ทั้งนี้โดยพิจารณาเปรียบเทียบจากปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อ (Active alkali) ปริมาณผลผลิตของเยื่อและความยากง่ายในการฟอกเยื่อ นอกจากนี้หากพิจารณาปริมาณผลผลิตของวัตถุดิบหรืออัตราผลิตเนื้อไม้ต่อไร่ต่อปีสูงสุด กับระยะเวลาในการลงทุนเชิงอุตสาหกรรม แล้วอาจกล่าวได้ว่า ไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันซีส อายุ ๓-๖ ปี ก่อนข้างให้ผลตอบแทนสูงกว่าอายุ ๑๐-๑๕ ปี ส่วนอายุที่แน่นอนควรจะเป็นเท่าไรนั้นให้พิจารณาผลผลิตเนื้อไม้ต่อไร่ต่อปีสูงสุดเป็นหลัก ทั้งนี้ เนื่องจากผลผลิตเนื้อไม้หรืออัตราการเจริญเติบโตย่อมแปรผันไปตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ ชนิดของเมล็ดพันธุ์ ระยะระหว่างต้นที่ปลูก การปฏิบัติดูแลรักษา และระบบวนวัฒนวิธี เป็นต้น ซึ่งจะต้องพิจารณาโดยละเอียดเฉพาะกรณี ๆ ไป

สรุปผล

จากการศึกษาทดลองผลิตเยื่อกระดาษจากไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันซีส อายุต่าง ๆ กล่าวได้ว่าไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันซีส อายุ ๓-๖ ปี มีความเหมาะสมสำหรับทำ

เยื่อกระดาษได้ดีกว่าช่วงอายุ ๑๐-๑๕ ปี ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงการลงทุนปลูกสร้างสวนป่าเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบป้อนโรงงานเยื่อกระดาษ จะเห็นว่าเป็นสู่ทางการลงทุนที่น่า

พิจารณาเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูละเลนซีต เป็นไม้โตเร็ว ผลผลิตต่อไร่
สูง น่าจะคุ้มค่าสำหรับการลงทุนปลูกสร้าง
สวนป่าในเชิงพาณิชย์เพื่อผลิตเป็นเยื่อกระ-
ดาษในอนาคต ทั้งนี้ เพราะว่าปัญหาที่สำคัญ
ยิ่งสำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมเยื่อกระ-
ดาษ ในขณะนี้ก็คือ ปัญหาเรื่องวัตถุดิบ
โดยเฉพาะผู้ลงทุนจะต้องมั่นใจได้ว่า เมื่อ
จัดตั้งโรงงานแล้วจะต้องมีวัตถุดิบเพื่อป้อน
โรงงานอย่างเพียงพอสม่ำเสมอ โดยทั่วไป
สำหรับไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูละเลนซีตแล้ว
ได้มีการประมาณกันไว้ว่า หากต้องการสร้าง
โรงงานผลิตเยื่อเคมี กำลังการผลิต ๕๐๐
ตัน/วัน หรือประมาณ ๑๕๐,๐๐๐ ตัน/ปี
จะต้องใช้ไม้สดประมาณ ๖๐๐,๐๐๐ ตัน/ปี
ซึ่งต้องการพื้นที่เพื่อปลูกสร้างสวนป่าไม่น้อย
กว่า ๒๐๐,๐๐๐ ไร่ และควรอยู่ในลักษณะ
เป็นพื้นที่เดียวกัน เพื่อลดต้นทุนค่าขนส่ง
แต่ปัญหาว่าเราจะมีพื้นที่ ๒๐๐,๐๐๐ ไร่
ได้อย่างไร และใครเป็นผู้ลงทุนปลูก ซึ่ง
ในสภาพความเป็นจริงแล้ว ต้องอาศัยความ
ร่วมมือจากหลายๆ ฝ่าย ทั้งภาครัฐ เอกชน
ผู้ประกอบการ และเกษตรกรรายย่อย รวม
ทั้งนโยบายและแผนงานการใช้ประโยชน์ที่ดิน
และการส่งเสริมเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรม
เยื่อกระดาษอย่างจริงจังจากรัฐบาล นอก-
จากนั้นในทางวิชาการควรสนับสนุนให้มีการ

วิจัยเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการผลิตไม้
ยูคาลิปตัส คามาลดูละเลนซีต เพื่ออุตสาหกรรม
อย่างต่อเนื่องต่อไป เช่น การปรับปรุง
บำรุงพันธุ์ โดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้า
ช่วยในการคัดเลือกพันธุ์ เพื่อเพิ่มอัตราการเพิ่ม
พุ่มของเนื้อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูละเลนซีต
ให้สูงขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน และการ
พัฒนาปรับปรุงวิธีการขนส่งต้นไม้สับให้ทัน
สมัย และประหยัด ไม่ว่าจะเป็นระบบการ
ขนส่งทางท่อลมดูด (Pneumatic suction)
หรือการชักต้นไม้สับแห้งให้เป็นแท่งสี่เหลี่ยม
(Bale) เพื่อทำให้ขนส่งสะดวก ประหยัด
เนื้อที่ และขนส่งได้จำนวนมากขึ้น เป็นต้น

กล่าวโดยสรุปได้ว่า อนาคตสำหรับ
ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูละเลนซีต นั้นนับได้ว่า
มีแนวโน้มแจ่มใสในอนาคต แม้ว่าสถาน-
การณ์ของการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูละเลนซีต ในขณะนี้ จัดว่าอยู่ในระยะ
เริ่มแรกของการก้าวสู่มิติใหม่ ในการนำไม้
ยูคาลิปตัส คามาลดูละเลนซีต เพื่อใช้ผลิตเยื่อ
กระดาษในประเทศไทย ซึ่งยังคงต้องให้ระยะ
เวลาช่วงหนึ่งในการที่จะพัฒนาขีดความสา-
มารถ และประสิทธิภาพในการผลิต เทคนิค
วิชาการและการตลาดให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น อย่าง
ไรก็ตาม โอกาสที่อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ
ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูละเลนซีต จะก้าวขึ้นมา

เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญ มีบทบาท พัฒนาอาชีพของประชาชนในอนาคตก็อยู่ไม่
ต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และการ ไกลเกินไปนัก

เอกสารอ้างอิง

- งานวิจัยและพัฒนาพลังงานจากไม้ กองวิจัย
ผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. ๒๕๒๖.
ไม้โตเร็วกับการ ใช้ประโยชน์ต่าง ๆ.
เอกสารประกอบการชี้แจงคณะกรรมการ
วิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการ
พลังงาน
- จอห์น เทวิกสัน (แปล) ๒๕๒๖. เลิกคิด
เสียที่ว่ายากาลิปต์สเป็นไม้ที่เลว ฝ่าย
วนวัฒนวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้
- ชวลิต อรุณพัฒน์พงศ์, สวลี ลาขโรจน์
๒๕๒๗. การศึกษาแนวโน้มการใช้
ไม้และการตลาดในอนาคต ฝ่าย
เศรษฐกิจการป่าไม้ กองแผนงาน
กรมป่าไม้
- ทัศนีย์ รัตวานิช, อรรถพร อภิชาติบุตร และ
เพ็ญศรี นามประเสริฐ ๒๕๒๕.
การผลิตเยื่อซัลเฟตจากไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูลเดนชีส ฝ่ายวิจัยเคมี
ผลิตผลป่าไม้ กองวิจัยผลิตผลป่าไม้
กรมป่าไม้
- พิทยา เพชรมาก และ บพิตร เกียรติคุณินท์
๒๕๒๘. การปลูกไม้โตเร็วโดยระบบ
วนเกษตร เพื่อการพัฒนาชนบท เอก
สารส่งเสริมการ ปลูกป่าภาคเอกชน
กรมป่าไม้
- พิทยา เพชรมาก และ จักรพล จักรพลฤทธิ์
๒๕๒๘. การปลูกไม้ยูคาลิปตัส คา-
มาลดูลเดนชีส โดยระบบเกษตร ราย
งานผลงานวนวัฒนวิจัย ๒๕๒๗-
๒๕๒๘ ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุง
กรมป่าไม้
- เริงชัย เผ่าสัจจะ ๒๕๓๐. ปัญหาและข้อ
พิจารณาเกี่ยวกับผลกระทบของไม้ยู-
คาลิปตัสต่อดินและน้ำ และข้อคิดเห็น
เกี่ยวกับไม้โตเร็ว เอกสารส่งเสริม
การปลูกป่าภาคเอกชน กรมป่าไม้
- เริงชัย เผ่าสัจจะ ๒๕๓๐. ไม้ยูคาลิปตัสกับ
การป่าไม้ของไทย เอกสารส่งเสริม
การปลูกป่าภาคเอกชน กรมป่าไม้
- อรุณ รมชาญ และ วินัย ปัญญาบุญ
๒๕๒๗. ไม้ยูคาลิปตัสกับการผลิต

- ถ่าน งานวิจัยและพัฒนาพลังงานจาก
ไม้ กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
- FAO. 1980. Pulping and paper making
properties of fast-growing plan-
tation wood species, Vol. 1 : 133-
134.
- Rao, Y.S. 1984. *Eucalyptus camaldul-
ensis* : Experience in the Asia-
Pacific Region. การสัมมนาไม้ยูคา-
ลิปตัส กามาลดูลีนซิส ณ ห้องประ-
ชุม ๑ กรมป่าไม้ กรุงเทพมหานคร
๓๐ ตุลาคม - ๑ พฤศจิกายน ๒๕๒๗

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณชาคริต กาญจนภาค
เจ้าพนักงานป่าไม้ ๔ คุณสมชาย อินทร์-
หม้อ นายช่างเครื่องมือกล ๒ คุณบรรจบ
ทิมะรัตน์ คุณเตือน ธาณี และคุณประสิทธิ์
มะลิเงิน เจ้าหน้าที่งานวิจัยเยื่อไม้และกระ-
ดาษ ที่ช่วยให้การทดลองครั้งนี้สำเร็จด้วยดี
และคุณอรชร ศิริวรรณ ที่ช่วยพิมพ์ต้นฉบับ