เล่ม ๒

รายงานผลงานวิจัย

ประจำปี พ.ศ. ๒๕๕๐

สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้

กรมป่าไม้

http://www.forest.go.th

รายงานผลการวิจัย
“การวิจัยและพัฒนาการเพิ่มมูลค่า ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากสวนป่า”

ISBN : **978-974-7627-45-9**

หนังสือ : รายงานผลการวิจัย
"การวิจัยและพัฒนาการเพิ่มมูลค่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากสวนป่า"

เจ้าของ : สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

ที่ปรึกษา : ผู้อำนวยการสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้

บรรณาธิการ : วรกิจ สุนทรปุระ
สุธี วิสุทธิเทพกุล

กองบรรณาธิการ : ยศนันท์ พรหมโชติกุล
ทรรศนีย์ พัฒนเสรี
ชูจิตร อนันตโชค
วัลยุทธ์ เฟื่องวิวัฒน์
ปิยะวดี บัวจงกล

ปีที่พิมพ์ : พ.ศ. 2550

จำนวนพิมพ์ : 1,000 เล่ม

การเผยแพร่ : มอบเป็นอภินันทนาการแก่องค์กรต่างๆ นิสิต นักศึกษา นักวิชาการและประชาชนที่สนใจ

- ผลงานวิจัยในรายงานผลการวิจัยเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนโดยเฉพาะ ไม่ผูกพันกับกรมป่าไม้

คำนำ

เอกสารวิชาการเล่มนี้ เป็นการรายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของแผนงานวิจัย **"การวิจัยและพัฒนาการเพิ่มมูลค่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากสวนป่า"** ประกอบด้วย 3 แผนรายงานวิจัยย่อย คือ 1. การวิจัยคุณสมบัติไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 2. การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส และ 3. การวิจัยและพัฒนาเพื่อยืดอายุการใช้งานไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส โดยแผนงานวิจัยนี้สอดคล้องกับนโยบายและแนวทางการวิจัยของชาติฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2545-2549) ในชุดโครงการวิจัยแห่งชาติเกี่ยวกับการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากไม้สวนป่า ซึ่งได้เริ่มดำเนินงานตั้งแต่เดือนตุลาคม 2545 ถึงเดือนกันยายน 2549

ผลงานวิจัยเล่มนี้ เกิดจากความรับผิดชอบของนักวิชาการป่าไม้ และนักวิทยาศาสตร์ ของสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ ร่วมกันจัดทำผลงานทางวิชาการ ที่มีเนื้อหาครอบคลุมในรายละเอียดด้านต่างๆ เท่าที่สามารถทำการวิจัยได้ รายละเอียดของผลงานนำเสนอเป็นผลงานวิจัยภายใต้แผนงานวิจัยย่อยๆ ทำให้ง่ายต่อการค้นคว้าข้อมูลที่สามารถตอบปัญหาด้านต่างๆ ในเชิงบูรณาการด้านการใช้ประโยชน์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส ตัดสางขยายระยะที่ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี จากท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกของประเทศ ซึ่งเป็นตัวแทนไม้ยูคาลิปตัส จากแหล่งปลูกอื่นๆ ของประเทศ

สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยชุดนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการใช้ประโยชน์ไม้สวนป่า หรือไม้ขนาดเล็ก เกษตรกร และผู้สนใจทั่วไปตามสมควร และขอขอบคุณ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ บริษัทไม้อัดไทย จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ด้านวัตถุดิบ จนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้อำนวยการสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้

สารบัญ

คำนำ **หน้า**

สารบัญ

แผนงานวิจัยย่อย 1 การวิจัยคุณสมบัติไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส

- กายภาพสมบัติและลักษณะโครงสร้างของไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 7
- กลสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 23
- องค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 33
- องค์ประกอบทางเคมีจากเปลือกและไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 45
- แทนนินจากเปลือกและใบไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 55
- สีย้อมจากเปลือกและใบไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 61
- ปุ๋ยหมักจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 71
- เพาะเห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้า จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 83
- น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 93
- ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 109

แผนงานวิจัยย่อย 2 การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส

- การใช้ประโยชน์ไม้แปรรูปยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 121
- การทำแผ่นไม้อัดจากไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 137
- ไม้บางประสานจากไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 149
- ศักยภาพด้านพลังงานของไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 4 ชั้นอายุ 161
- ความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 173

แผนงานวิจัยย่อย 3 การวิจัยและพัฒนาเพื่อยืดอายุการใช้งานไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส

- การศึกษาความทนทานของไม้ *Eucalytus camaldulensis* Dehnh. 185
  ต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรูทำลายไม้
- ผลกระทบของการเสื่อมสภาพทางชีววิทยา และการใช้สารป้องกันและรักษา 201
  เนื้อไม้ต่อคุณภาพเชิงกลของไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส
- ความทนทานของไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส อาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ 249
  ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน
- การอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 261

Plan I

แผนงานวิจัยย่อย 1

การวิจัยคุณสมบัติ
ไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส

- กายภาพสมบัติและลักษณะโครงสร้างของไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส
- กลสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส
- องค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส
- องค์ประกอบทางเคมีจากเปลือกและไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส ที่ชั้นอายุต่างๆ
- แทนนินจากเปลือกและใบไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส
- สีย้อมจากเปลือกและใบไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส
- ปุ๋ยหมักจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส
- เพาะเห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้า จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส
- น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส
- ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส

กายภาพสมบัติและลักษณะโครงสร้างของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส

(Physical Properties and Anatomy of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.)

เกรียงศักดิ์ เสพย์ธรรม
อุทารัตน์ ภู่ไพบูลย์
บุญส่ง สมเพาะ
วิเชียร ปิยาจารประเสริฐ
บางรักษ์ เชษฐสิงห์
Mr.Kriangsak Septham
Mrs.Utharat Pupaiboon
Mr.Boungsong Sompoh
Mr.Wichian Piyajaraprasert
Mr.Bangrak Chadthasing

งานคุณสมบัติและวิศวกรรมโครงสร้างไม้
สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
พ.ศ. 2549

บทคัดย่อ

กายภาพสมบัติและลักษณะโครงสร้างของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส ได้ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2546 ถึง 2549 โดยทำการศึกษากายภาพสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส ที่ชั้น อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี จากแหล่งภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ดำเนินการทดสอบในสภาวะจากเปียกไปแห้ง และคำนวณหาค่าความแน่นที่สภาวะความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาปรากฏว่า กายภาพสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีสที่ชั้น อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปีของจากทั้งสองแหล่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละชั้นอายุค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความแน่น (วัดที่ค่าความชื้นของไม้ 12 เปอร์เซ็นต์) ของไม้จะเพิ่มขึ้นตามชั้นอายุ ลักษณะโครงสร้างแบบหยาบของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีสในแต่ละชั้นอายุ แสดงด้วยภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพแบบสามมิติ ลักษณะโครงสร้างแบบละเอียดด้านหน้าตัด ด้านรัศมี และด้านสัมผัส แสดงด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์

คำหลัก กายภาพสมบัติ , ลักษณะโครงสร้าง , ไม้ยูคาลิปตัส

Abstract

Physical Properties and Anatomy of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. was conducted between 2003-2006. The age classes study was 3, 5, 7 and 10 years of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. in eastern and north-eastern of Thailand. The Physical properties were studied in wet to dry condition, and measured their properties at 12 percent moisture content.

The result of Physical properties of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. , age classes of 3, 5, 7 and 10 years, from both sites revealed that there were significant different in each age class. Specific gravity and density at 12 percent moisture content were increase follow with age classes. The Anatomy study of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., in each classes, showed by Macrographs to take from Stereomicroscope. Micrographs represented on cross section, radial section and tangential section which made by Microscope.

Keywords : physical properties, Wood Anatomy, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

คำนำ

ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส *(Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) เป็นไม้ที่ขึ้นได้ในเกือบทุกพื้นที่ของประเทศไทย กรมป่าไม้ได้มีการส่งเสริมให้ปลูกสร้างเป็นสวนป่า เกษตรกรผู้ปลูกสร้างสวนป่าเองก็ให้ความสนใจกับไม้ชนิดนี้ ปัจจุบันการซื้อขายไม้ยูคาลิปตัสฯ จากสวนป่าของเกษตรกรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ความต้องการไม้ยูคาลิปตัสฯ ทั้งเพื่อใช้ภายในประเทศและเพื่อการส่งออกก็เพิ่มขึ้นอย่างมาก แต่ไม้ยูคาลิปตัสฯ ที่ถูกตัดทอนลงเพื่อใช้เป็นสินค้ากลับเป็นไม้ที่มีอายุน้อยลงเรื่อยๆ การศึกษาถึงกายภาพสมบัติ และลักษณะโครงสร้างของไม้ ยูคาลิปตัสฯ ที่มีช่วงอายุ 3-10 ปี ก็เพื่อจะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์จากไม้ยูคาลิปตัสฯ ที่ชั้นอายุดังกล่าว รวมทั้งใช้เป็นแนวทางการใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ในการศึกษาวิจัยประกอบด้วย

1. เครื่องเลื่อย
2. เครื่องไส
3. เครื่องขัดกระดาษทราย
4. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก
6. ตู้อบ
7. หม้อต้ม และเตาไฟฟ้า
7. เครื่องตัดชิ้นไม้บาง (Slide Microtome)
8. อุปกรณ์ในการทำตัวอย่างสไลด์ไม้
9. กล้องจุลทรรศน์ และกล้องส่องภาพสามมิติ พร้อมชุดอุปกรณ์ถ่ายภาพ

วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย มีดังนี้

สำหรับตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส ชั้นอายุ 3 , 5 , 7 และ 10 ปี ที่ใช้ในการทดลองเป็นตัวอย่างไม้ที่เก็บมาชุดเดียวกับโครงการวิจัยกลสมบัติไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส สถานที่ทำการศึกษาทดลอง งานคุณสมบัติและวิศวกรรมโครงสร้างไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

การศึกษากายภาพสมบัติไม้

ทำการคัดเลือกตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัสฯ ที่แปรรูปและผึ่งให้แห้งในกระแสอากาศแล้ว ทุกชั้นอายุ นำมาตัดให้ได้ขนาด 2*2*2 ซม.

1. การทดสอบหาค่าความแน่น (density) นำไม้ตัวอย่างขนาด 2*2*2 ซม. ไปชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปคำนวณหาค่าความแน่น ดังนี้

$$\text{Density} = \frac{W}{V} \times 1{,}000$$

โดยที่ Density = ค่าความแน่น (กก./ม^3.)
W = น้ำหนักของตัวอย่างไม้ในกระแสอากาศปกติ (กรัม)
V = ปริมาตรไม้ตัวอย่าง (ซม^3.)

2. การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) นำไม้ตัวอย่างขนาด 2*2*2 ซม. มาชั่งน้ำหนักขณะทดสอบ แล้วนำไม้ทั้งหมดไปเข้าตู้อบโดยใช้อุณหภูมิ 103 ± 2°C จนน้ำหนักคงที่ (น้ำหนักคงที่นี้คือน้ำหนักแห้ง) นำไปคำนวณ ดังนี้

$$\text{specific gravity} = \frac{ODW}{V}$$

โดยที่ specific gravity = ค่าความถ่วงจำเพาะ
ODW = น้ำหนักแห้งของไม้ตัวอย่าง (กรัม)
V = ปริมาตรไม้ตัวอย่าง (ซม^3.)

การศึกษาลักษณะโครงสร้าง

นำตัวอย่างไม้ทุกชั้นอายุมาตัดให้ได้ชิ้นไม้ขนาด 1*1*1 ซม. โดยเตรียมให้ทุกด้านของไม้ตัวอย่างเป็นด้านหน้าตัด (cross section) ด้านรัศมี (radial section) และด้านสัมผัส (tangential section) ที่แท้จริง จำนวนตัวอย่างละ 3 ชิ้น นำไม้ตัวอย่างฯ ละ 2 ชิ้น ไปต้มจนอ่อนตัว เสร็จแล้วตัดด้วยเครื่องตัดชิ้นไม้บาง (Slide Microtome) ตัวอย่างชิ้นที่ 1 ตัดเฉพาะด้านหน้าตัด (cross section) ให้เรียบเพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างอย่างหยาบ ตัวอย่างชิ้นที่ 2 ตัดออกเป็นชิ้นบางขนาด 30 ไมครอน ให้ได้ชิ้นไม้บางทั้ง 3 ด้าน ย้อมสีตัวอย่างด้วย safranin และนำไปติดบนแผ่นสไลด์ แล้วนำไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง ตัวอย่างชิ้นที่ 3 ซึ่งไม่ได้ต้มนำไปขัดผิวด้วยกระดาษทรายละเอียดและถ่ายภาพชิ้นตัวอย่างที่เตรียมทั้งหมดด้วยกล้องจุลทรรศน์ และกล้องส่องภาพสามมิติ

ผลและวิจารณ์ผล

กายภาพสมบัติ (Physical properties)

การศึกษากายภาพสมบัติและลักษณะโครงสร้างของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส ชั้นอายุ 3 , 5 , 7 และ 10 ปี จากทั้งสองแหล่งได้ผลการศึกษาดังนี้

ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส จากแหล่งภาคตะวันออก

- ชั้นอายุ 3 ปี มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.607 มีค่าความแน่นที่ 12 % เท่ากับ 632 (กก./ม^3.)
- ชั้นอายุ 5 ปี มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.670 มีค่าความแน่นที่ 12 % เท่ากับ 753 (กก./ม^3.)
- ชั้นอายุ 7 ปี มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.707 มีค่าความแน่นที่ 12 % เท่ากับ 794 (กก./ม^3.)
- ชั้นอายุ 10 ปี มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.901 มีค่าความแน่นที่ 12 % เท่ากับ 1012 (กก./ม^3.)

ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส จากแหล่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

- ชั้นอายุ 3 ปี มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.565 มีค่าความแน่นที่ 12 % เท่ากับ 635 (กก./ม^3.)
- ชั้นอายุ 5 ปี มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.697 มีค่าความแน่นที่ 12 % เท่ากับ 783 (กก./ม^3.)
- ชั้นอายุ 7 ปี มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.781 มีค่าความแน่นที่ 12 % เท่ากับ 877 (กก./ม^3.)
- ชั้นอายุ 10 ปี มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.986 มีค่าความแน่นที่ 12 % เท่ากับ 1108 (กก./ม^3.)

ตารางที่ 1 แสดงค่ากายภาพสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส

Table 1 Physical properties of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

แหล่งที่มา Site	ชั้นอายุ Age classes	ความถ่วงจำเพาะ Specific gravity	ความแน่นที่ 12 % (กก./ม^3.) Density at 12 % (Kg/m^3)
ภาคตะวันออก	3	0.607	632
	5	0.670	753
	7	0.707	794
	10	0.901	1012
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	3	0.565	635
	5	0.697	783
	7	0.781	877
	10	0.986	1108

ลักษณะโครงสร้าง

การศึกษาลักษณะโครงสร้างไม้ของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี จากทั้งสองแหล่งได้ผลการศึกษาดังนี้

ลักษณะทางกายวิภาคที่เห็นได้ด้วยแว่นขยายขนาด 10-15 เท่า (hand lens) ปรากฏดังนี้

พอร์ (pore) ส่วนมากเป็นพอร์เดี่ยว (solitary pore) พอร์แฝด (multiple pore) มีน้อย การเรียงตัวของพอร์ (pore) เป็นแบบ พอร์เฉียง (pore oblique) การกระจายเป็นแบบกระจัดกระจาย (diffuse porous) ขนาดของพอร์ (pore) เป็นขนาดปานกลาง ภายในพอร์ (pore) มีไทโลส (tylose) เส้นรัศมี (ray) ชัดเจน พาเรงคิมา (parenchyma) เป็นแบบพาเรงคิมาล้อมรอบพอร์ (vasicentric parenchyma)

ลักษณะเนื้อไม้ เนื้อไม้ที่มีอายุน้อย (ชั้นอายุ 3 และ 5 ปี) จะมีแก่นน้อยมากและมีสีน้ำตาลอ่อนปนชมพู กระพี้สีขาวอมเหลือง เสี้ยนตรง ไม่ค่อยแข็งมาก เนื้อไม้ที่มีอายุมาก (ชั้นอายุ 7 และ 10 ปี) เนื้อไม้จะมีส่วนแก่นมาก แก่นมีสีน้ำตาลแดง กระพี้มีสีอ่อนกว่า เนื้อละเอียดเป็นมัน แข็งและปริแตกง่าย เสี้ยนสน มียางในเนื้อไม้มาก

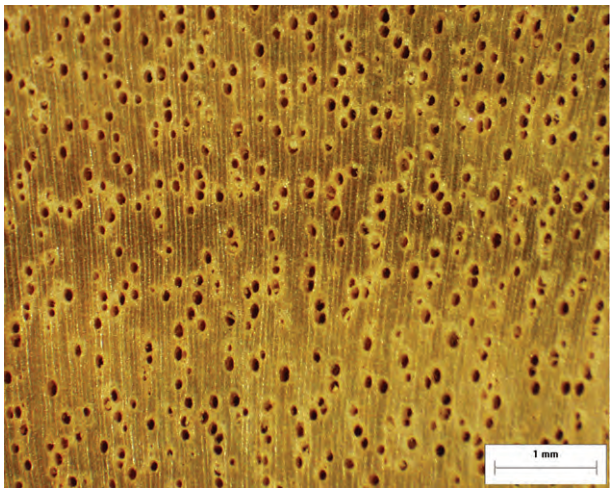
ลักษณะโครงสร้างอย่างหยาบ

ลักษณะทางกายวิภาคด้านหน้าตัด (cross section) แสดงด้วยภาพถ่ายจากชิ้นไม้ด้วยกล้องส่องภาพสามมิติ ลักษณะทางกายวิภาคด้านสัมผัส (tangential section) แสดงด้วยภาพจากเครื่องสแกนเนอร์ แสดงลวดลาย สี และเสี้ยน (ภาพที่ 1-8 A , B)

ลักษณะโครงสร้างอย่างละเอียด

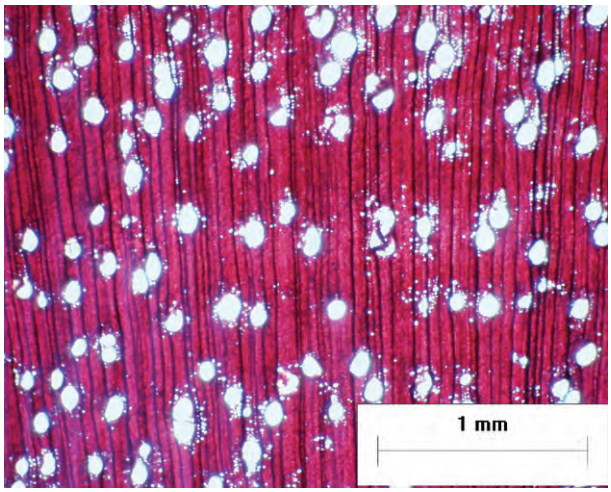
แสดงโดยภาพถ่ายจากชิ้นไม้บางด้วยกล้องจุลทรรศน์ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านหน้าตัด (cross section) ด้านรัศมี (radial section) และด้านสัมผัส (tangential section) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงชนิดของเซลล์ ลักษณะ และการเรียงตัวของเซลล์ โดยลำดับภาพแยกตามแหล่งที่มาและชั้นอายุ (ภาพที่ 1-8 C, D, E)

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3 ปี จากพื้นที่ปลูกภาคตะวันออก

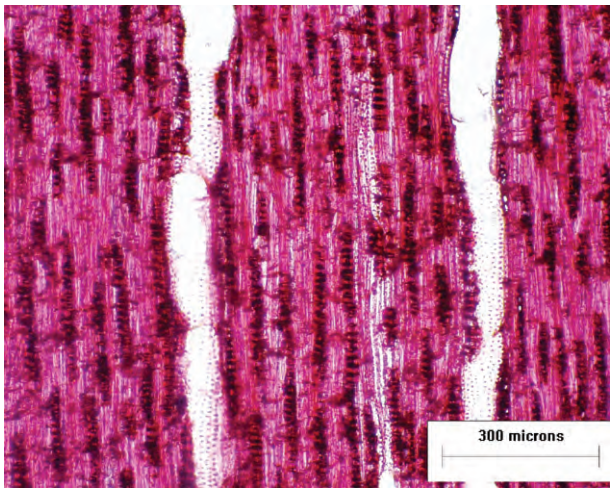


A

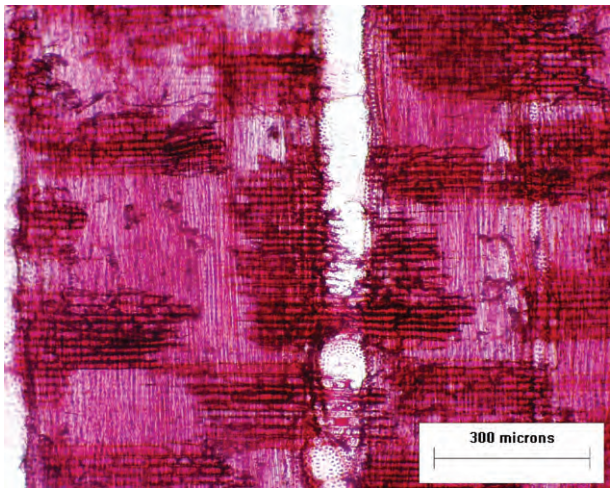
B



C



D



E

A. ด้านหน้าตัดถ่ายจากชิ้นไม้

B. ด้านสัมผัสจากภาพสแกนชิ้นไม้

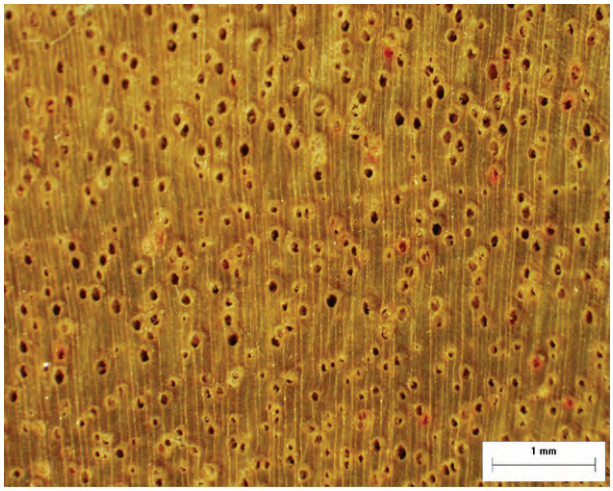
C. ด้านหน้าตัดถ่ายจากสไลด์

D. ด้านสัมผัสถ่ายจากสไลด์

E. ด้านรัศมีถ่ายจากสไลด์

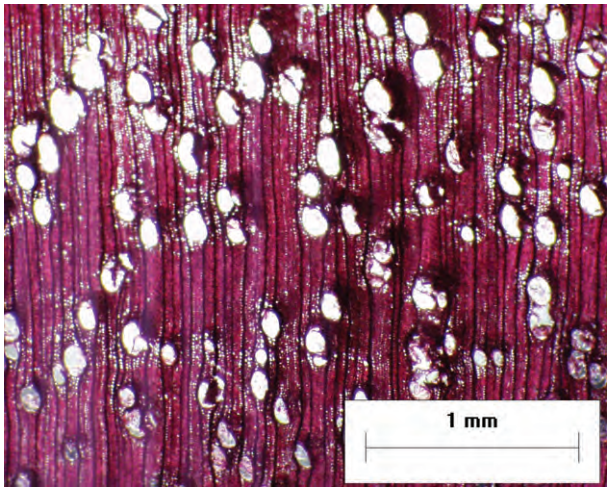
ภาพที่ 1 ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส *(Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) อายุ 3 ปี จากแหล่งภาคตะวันออก

ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี จากพื้นที่ปลูกภาคตะวันออก

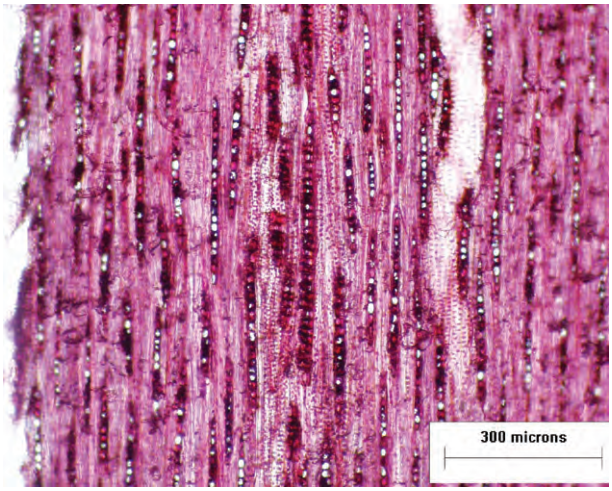


A

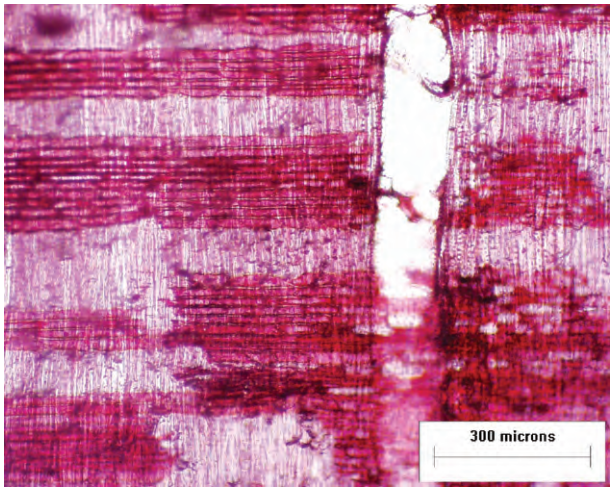
B



C



D



E

A. ด้านหน้าตัดถ่ายจากชิ้นไม้

B. ด้านสัมผัสจากภาพสแกนชิ้นไม้

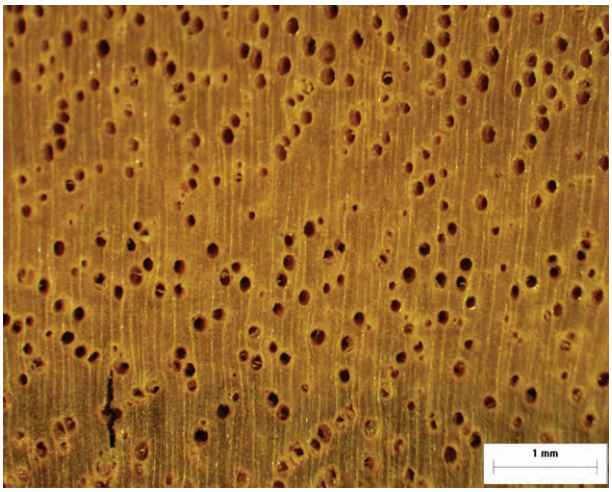
C. ด้านหน้าตัดถ่ายจากสไลด์

D. ด้านสัมผัสถ่ายจากสไลด์

E. ด้านรัศมีถ่ายจากสไลด์

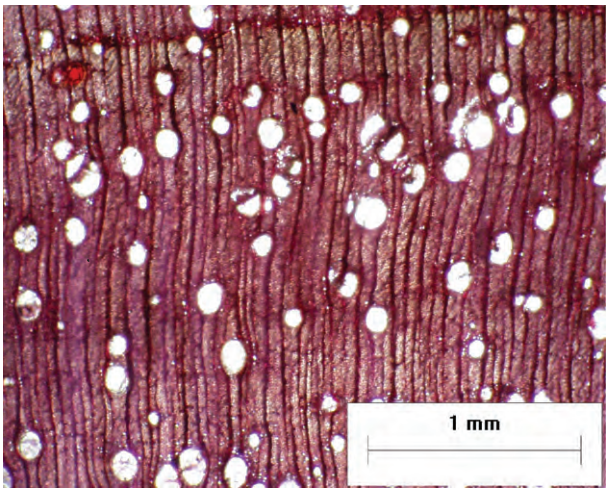
ภาพที่ 2 ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส *(Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) อายุ 5 ปี จากแหล่งภาคตะวันออก

ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส อายุ 7 ปี จากพื้นที่ปลูกภาคตะวันออก

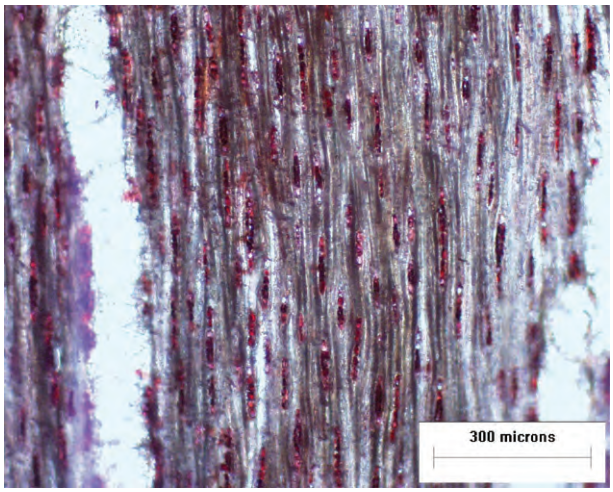


A

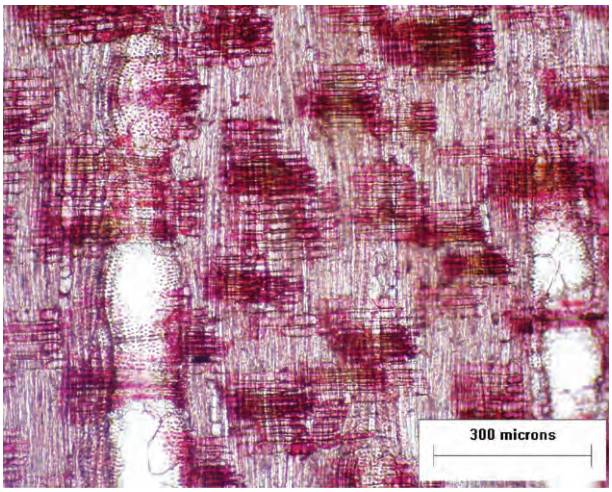
B



C



D



E

A. ด้านหน้าตัดถ่ายจากชิ้นไม้

B. ด้านสัมผัสจากภาพสแกนชิ้นไม้

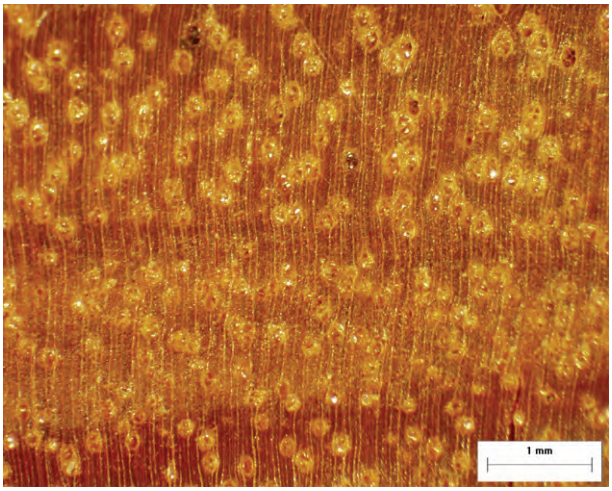
C. ด้านหน้าตัดถ่ายจากสไลด์

D. ด้านสัมผัสถ่ายจากสไลด์

E. ด้านรัศมีถ่ายจากสไลด์

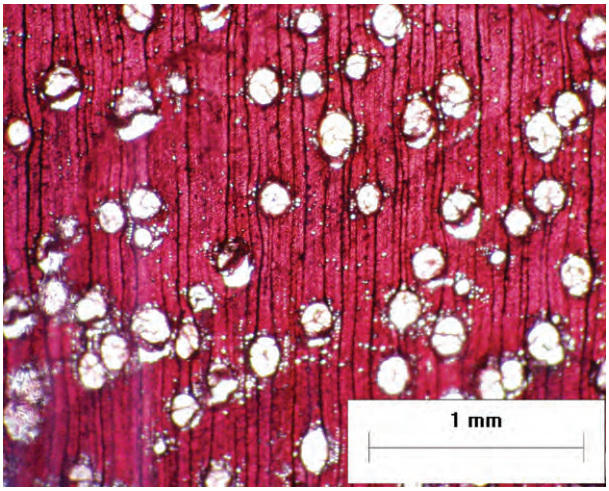
ภาพที่ 3 ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส *(Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) อายุ 7 ปี จากแหล่งภาคตะวันออก

ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส อายุ 10 ปี จากพื้นที่ปลูกภาคตะวันออก

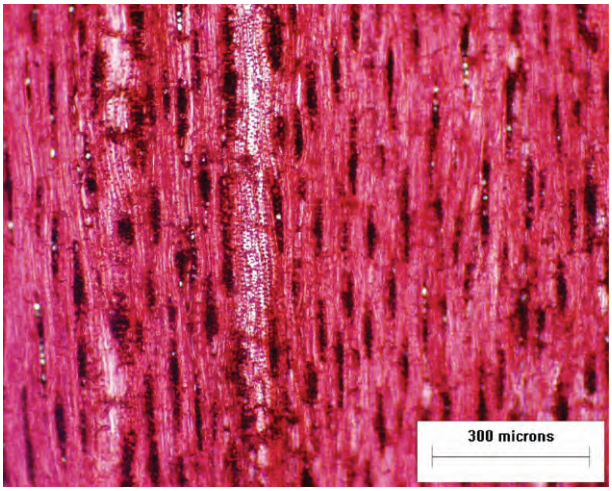


A

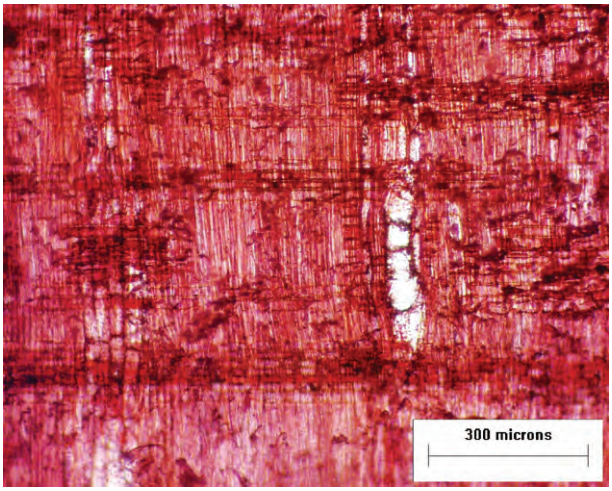
B



C



D



E

A. ด้านหน้าตัดถ่ายจากชิ้นไม้

B. ด้านสัมผัสจากภาพสแกนชิ้นไม้

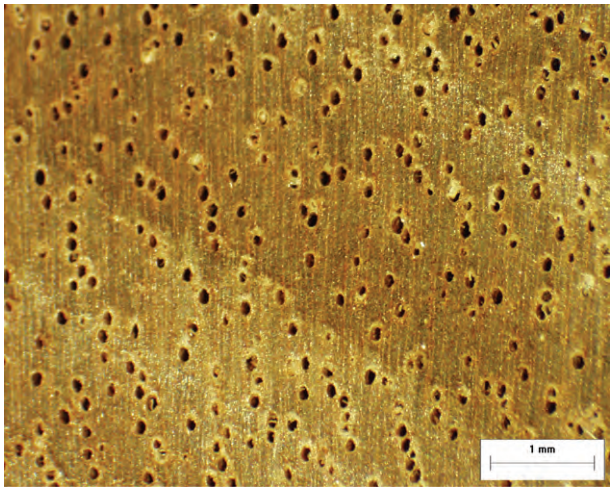
C. ด้านหน้าตัดถ่ายจากสไลด์

D. ด้านสัมผัสถ่ายจากสไลด์

E. ด้านรัศมีถ่ายจากสไลด์

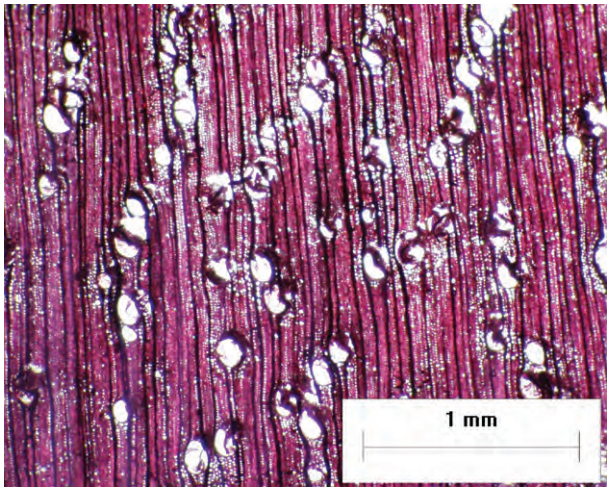
ภาพที่ 4 ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส *(Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) อายุ 10 ปี จากแหล่งภาคตะวันออก

ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส อายุ 3 ปี จากพื้นที่ปลูกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

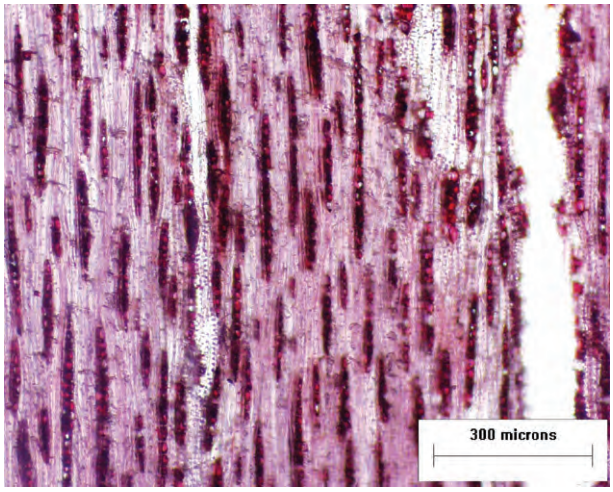


A

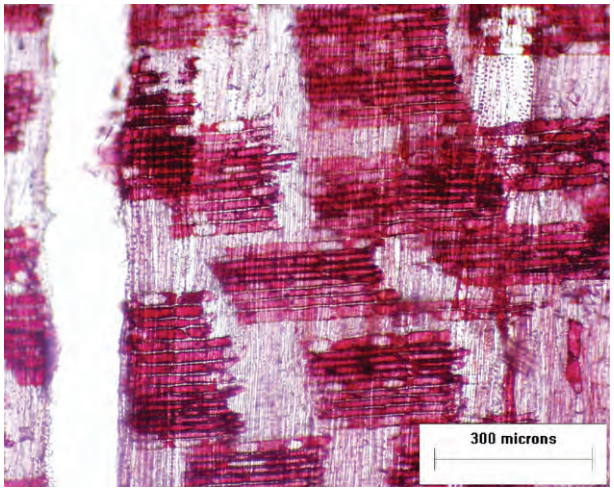
B



C



D



E

A. ด้านหน้าตัดถ่ายจากชิ้นไม้

B. ด้านสัมผัสจากภาพสแกนชิ้นไม้

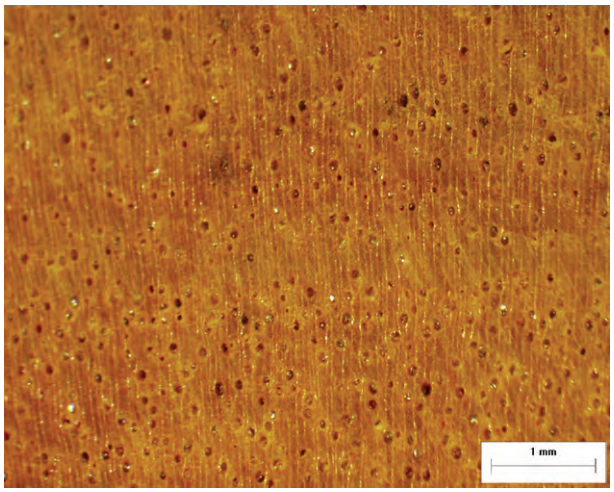
C. ด้านหน้าตัดถ่ายจากสไลด์

D. ด้านสัมผัสถ่ายจากสไลด์

E. ด้านรัศมีถ่ายจากสไลด์

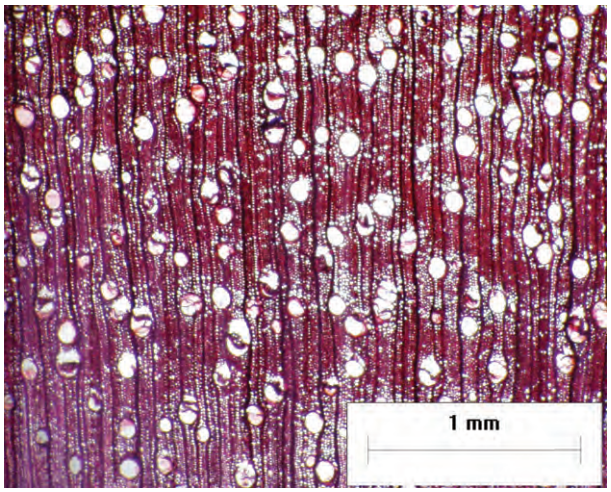
ภาพที่ 5 ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส *(Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) อายุ 3 ปี จากแหล่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี จากพื้นที่ปลูกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

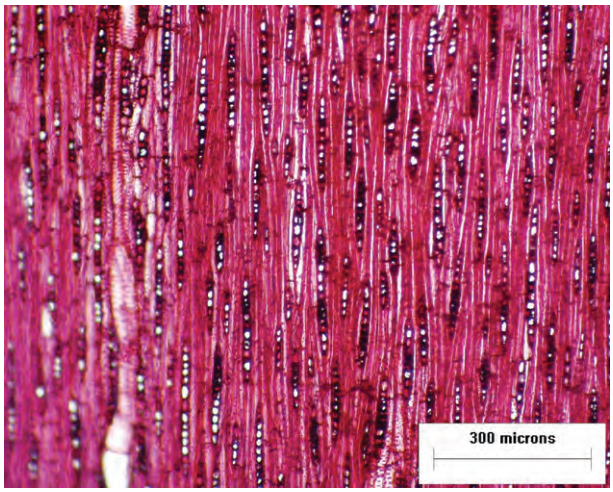


A

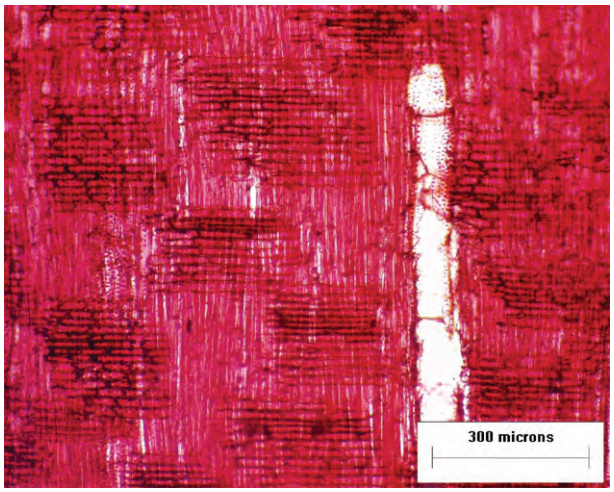
B



C



D



E

A. ด้านหน้าตัดถ่ายจากชิ้นไม้

B. ด้านสัมผัสจากภาพสแกนชิ้นไม้

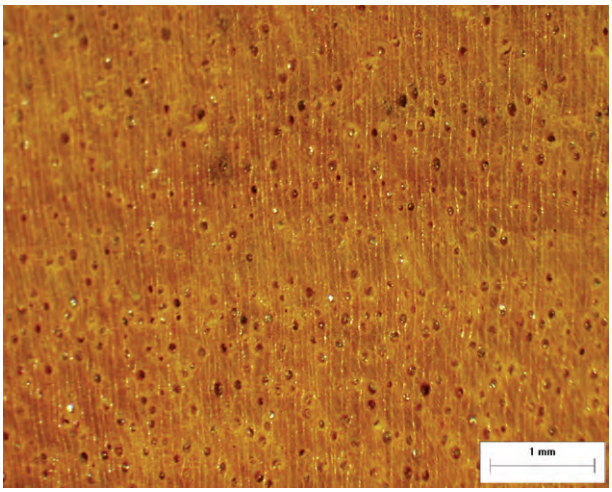
C. ด้านหน้าตัดถ่ายจากสไลด์

D. ด้านสัมผัสถ่ายจากสไลด์

E. ด้านรัศมีถ่ายจากสไลด์

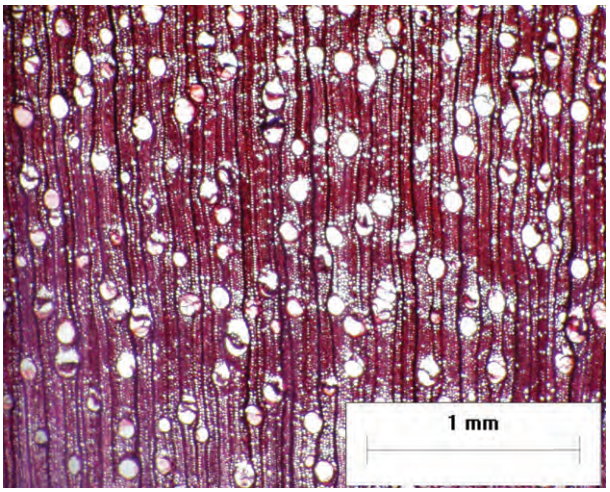
ภาพที่ 6 ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส *(Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) อายุ 5 ปี จากแหล่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส อายุ 7 ปี จากพื้นที่ปลูกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

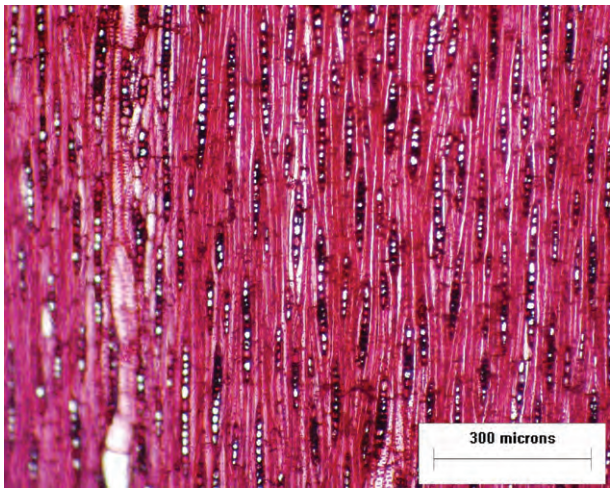


A

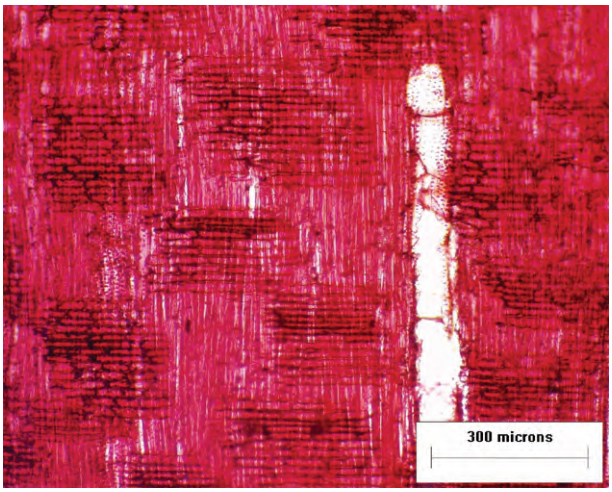
B



C



D



E

A. ด้านหน้าตัดถ่ายจากชิ้นไม้

B. ด้านสัมผัสจากภาพสแกนชิ้นไม้

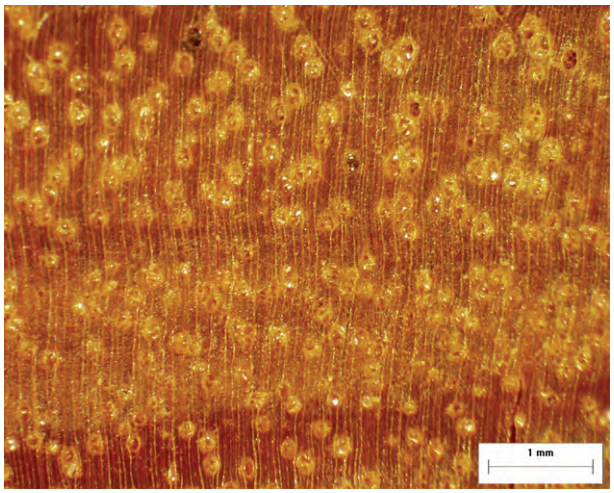
C. ด้านหน้าตัดถ่ายจากสไลด์

D. ด้านสัมผัสถ่ายจากสไลด์

E. ด้านรัศมีถ่ายจากสไลด์

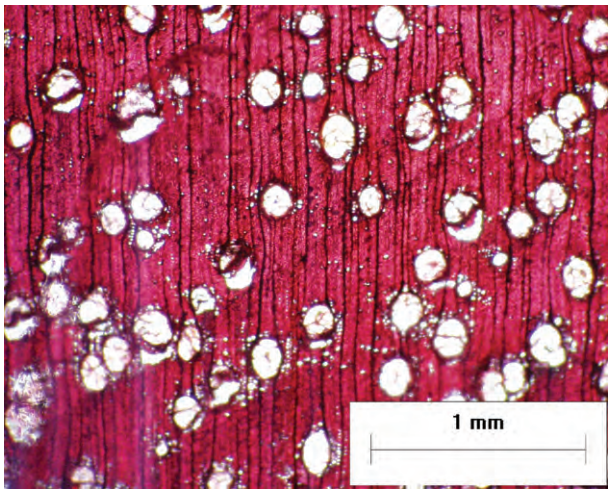
ภาพที่ 7 ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส *(Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) อายุ 7 ปี จากแหล่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส อายุ 10 ปี จากพื้นที่ปลูกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

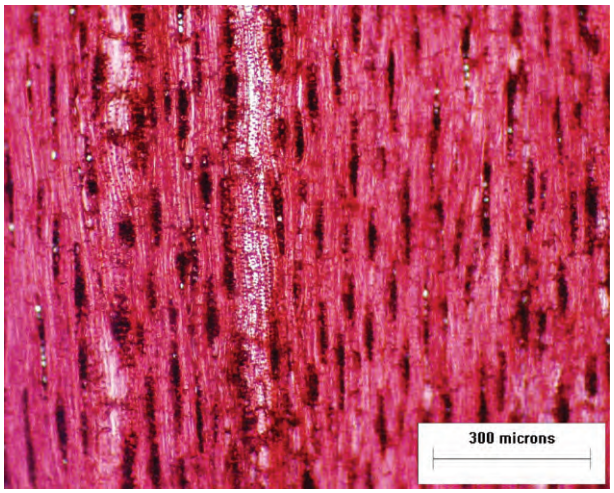


A

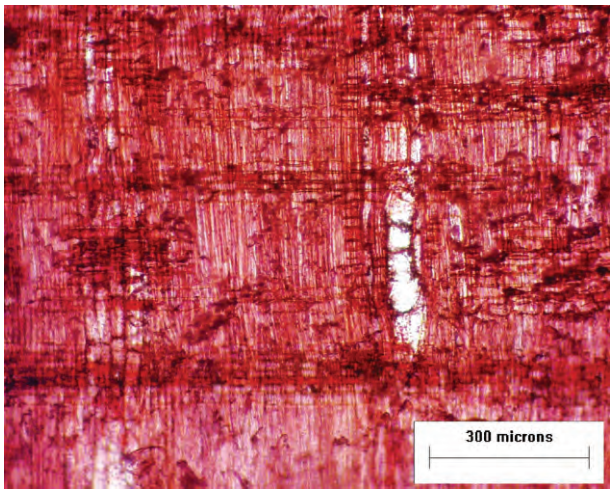
B



C



D



E

A. ด้านหน้าตัดถ่ายจากชิ้นไม้

B. ด้านสัมผัสจากภาพสแกนชิ้นไม้

C. ด้านหน้าตัดถ่ายจากสไลด์

D. ด้านสัมผัสถ่ายจากสไลด์

E. ด้านรัศมีถ่ายจากสไลด์

ภาพที่ 8 ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส *(Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) อายุ 10 ปี จากแหล่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สรุปและข้อเสนอแนะ

กายภาพสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส ที่ชั้น อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี ของจากทั้งสองแหล่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละชั้นอายุ ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความแน่น (วัดที่ค่าความชื้นของไม้ 12 เปอร์เซ็นต์) ของไม้จะเพิ่มขึ้นตามชั้นอายุ

ลักษณะโครงสร้างของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส ที่ชั้นอายุ 3 , 5 , 7 และ 10 ปี จากทั้งสองแหล่งไม่มีความแตกต่างกัน ลักษณะโครงสร้างสามารถใช้ตรวจพิสูจน์ชนิดไม้ได้ แต่ไม่สามารถจำแนกถึงชั้นอายุได้ ลักษณะโครงสร้างแบบหยาบของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีสในแต่ละชั้นอายุ แสดงด้วยภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพแบบสามมิติ ลักษณะโครงสร้างแบบละเอียดด้านหน้าตัด ด้านรัศมี และด้านสัมผัส แสดงด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์

ลักษณะเนื้อไม้ของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส ที่มีอายุน้อยจะไม่แข็งมาก เสี้ยนค่อนข้างตรง ส่วนไม้อายุมากขึ้นจะมีความแข็งมากขึ้น เสี้ยนสนมากขึ้น

กลสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

Mechanical Properties of Eucalyptus camaldulensis Dehnh.

ศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์ [*1]
บุญส่ง สมเพาะ [*1]
วิเชียร ปิยาจารประเสริฐ [*1]
บางรักษ์ เชษฐสิงห์ [*1]
Sakpichit Jullalerk [*1]
Bounsong Sompoh [*1]
Wichian Piyajaraprasert [*1]
Bangrak Chedthasing [*1]

[*1] กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้
[*1] Forest Products Development Group, Forest Management and Forest Products Research Office

บทคัดย่อ

กลสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ได้ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2546-2549 โดยศึกษากลสมบัติและสกายสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จาก 2 แหล่ง คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก ใน 4 ชั้นอายุ คือ ชั้นอายุ 3, 5, 7, และ 10 ปี ตามลำดับ โดยทำการศึกษากลสมบัติทั้งในสภาพเปียกและแห้ง แล้วคำนวณค่ากลสมบัติที่สภาวะความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาปรากฏว่า ค่าทางกลสมบัติที่สภาวะความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ ของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส แหล่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นอายุ 3, 5, 7, และ 10 ปี มีค่าต่างๆ คือ ค่ามอดุลัสแตกร้าวเท่ากับ 719, 824, 854 และ 935 กก./ซม^2 หรือ 70.5, 80.8, 83.8 และ 91.7 เมกะปาสคาล ค่าความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปเท่ากับ 347, 402, 459 และ 438 กก/ซม.^{2} หรือ 34.1, 39.4, 45.0 และ 42.9 เมกะปาสคาล ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 60,500, 91,100, 86,700 และ 85,600 กก./ซม.^{2} หรือ 5,930, 8,940 , 8,500 และ 8,400 เมกะปาสคาล ค่าแรงอัดขนานเสี้ยน เท่ากับ 348, 394, 486 และ 506 กก./ซม^2 หรือ 34.1, 38.7, 47.7 และ 49.7 เมกะปาสคาล ค่าแรงเฉือน เท่ากับ 117, 122, 135 และ 157 กก./ซม^2 หรือ 11.5, 12.0, 13.2 และ 15.4 เมกะปาสคาล ค่าความเหนียวจากการดัดกระแทก เท่ากับ 1.50, 2.26, 1.57, และ 1.46 กก.-ม. ส่วนค่าความแข็งเท่ากับ 357, 341, 477 และ 668 กก. หรือ 3,500, 3,350, 4,680 และ 6,550 นิวตัน ตามลำดับ

ส่วนค่ากลสมบัติที่สภาวะความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส แหล่งภาคตะวันออก ชั้นอายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี มีค่าต่างๆ คือ ค่ามอดุลัสแตกร้าวเท่ากับ 804, 838, 977 และ 1,050 กก./ซม.^{2} หรือ 78.9, 82.2, 95.8 และ 103 เมกะปาสคาล ค่าความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปเท่ากับ 420, 437, 531 และ 640 กก/ซม.^{2} หรือ 41.2, 42.9, 52.1 และ 62.7 เมกะปาสคาล ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 67,800, 88,000, 100,500 และ 107,500 กก./ซม.2 หรือ 6,650, 8,630, 9,860 และ 10,540 เมกะปาสคาล ค่าแรงอัดขนานเสี้ยน เท่ากับ 387, 504, 564 และ 598 กก./ซม.^{2} หรือ 37.9, 49.4, 55.4 และ 58.7 เมกะปาสคาล ค่าแรงเฉือน เท่ากับ 108, 132, 111 และ 132 กก./ซม^2 หรือ 10.6, 12.9, 10.9 และ 13.0 เมกะปาสคาล ค่าความเหนียวจากการดัดกระแทก เท่ากับ 1.68, 1.40, 2.29, และ 1.27 กก.-ม ค่าความแข็งเท่ากับ 329, 570, 407 และ 472 กก หรือ 3,230, 5,590, 3,990 และ 4,630 นิวตัน ตามลำดับ

ส่วนค่าสกายสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส แหล่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าต่างๆ คือ การหดตัวตามแนวรัศมี เท่ากับ 4.45, 5.97, 8.21 และ 8.45 เปอร์เซ็นต์ การหดตัวตามแนวสัมผัส มีค่าเท่ากับ 7.80, 8.73, 11.20 และ 11.67 เปอร์เซ็นต์ การหดตัวด้านยาวตามแนวเสี้ยน มีค่าเท่ากับ 0.83, 0.59, 0.48 และ 0.63 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นที่จุดหมาดเท่ากับ 26, 26, 37 และ 37 เปอร์เซ็นต์ ค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 0.565, 0.697, 0.781 และ 0.986 และค่าความแน่นที่สภาวะความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 635, 783, 877 และ 1,108 กก./ม^3 ตามลำดับ

สำหรับค่าสกายสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส แหล่งภาคตะวันออก ที่ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าต่างๆ คือ การหดตัวตามแนวรัศมี มีค่าเท่ากับ 5.22, 5.52, 6.99 และ 6.42 เปอร์เซ็นต์ การหดตัวตามแนวสัมผัส มีค่าเท่ากับ 9.44, 9.10, 11.47 และ 9.20 เปอร์เซ็นต์ การหดตัวด้านยาวตามแนวเสี้ยน มีค่าเท่ากับ 0.57, 0.62, 0.60 และ 0.38 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นที่จุดหมาดเท่ากับ 29, 28, 31 และ 27 เปอร์เซ็นต์ ค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 0.607, 0.670, 0.707 และ 0.901 และค่าความแน่นที่สภาวะความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 632, 753, 794 และ 1,012 กก./ม^3 ตามลำดับ

คำหลัก : กลสมบัติ, สกายสมบัติ, ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

สกายสมบัติ = สมบัติทางกายภาพ = physical properties ในที่นี้ใช้ “สกายสมบัติ”

Abstract

Mechanical properties of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. was conducted in 2003-2006. The physical and mechanical properties were studied. *E. camaldulensis* from 2 sites,, northeastern and eastern Thailand, at 3, 5, 7 and 10 years old, respectively, were tested. In case of mechanical properties studied. Wet and dry condition of them were tested, and measured their properties at 12 percent moisture content.

The result of mechanical properties at 12 percent moisture content of *E. camaldulensis* from north eastern site at 3, 5, 7 and 10 years old. revealed that modulus of rupture were 719, 824, 854 and 935 kg/cm^2 or 70.5, 80.8, 83.8 and 91.7 Megapascal, stress at proportional limit were 347, 402, 459 and 438 kg/cm^2 or 34.1, 39.4, 45.0 and 42.9 Megapascal, modulus of elasticity were 60,500, 91,100, 86,700 and 85,600 kg/cm^2 or 5,930, 8,940, 8,500 and 8,400 Megapascal, compression parallel to grain were 348, 394, 486 and 506 kg/cm^2 or 34.1, 38.7, 47.7 and 49.7 Megapascal, shearing were 117, 122, 135 and 157 kg/cm^2 or 11.5, 12.0, 13.2 and 15.4 Megapascal, impact bending were 1.50, 2.26, 1.57 and 1.46 kg-m. and hardness were 357, 341, 477 and 668 kg., or 3,500, 3,350, 4,680 and 6,550 Newton, respectively.

While the mechanical properties at 12 percent moisture content of *E. camaldulensis* from eastern site at 3, 5, 8 and 10 years old revealed that modulus of rupture were 804, 838, 977 and 1,050 kg/cm^2 or 78.9, 82.2, 95.8 and 103 Megapascal, stress at proportional limit were 420, 437, 531 and 640 kg/cm^2 or 41.2, 42.9, 52.1 and 62.7 Megapascal, modulus of elasticity were 67,800, 88,000, 100,500 and 107,500 kg/cm^2 or 6,650, 8,630, 9,860 and 10,540 Megapascal, compression parallel to grain were 387, 504, 564 and 598 kg/cm^2 or 37.9, 49.4, 55.4 and 58.7 Megapascal, shearing were 108, 132, 111 and 132 kg/cm^2 or 10.6, 12.9, 10.9 and 13.0 Megapascal, impact bending were 1.68, 1.40, 2.29 and 1.27 kg-m. and hardness were 329, 570, 407 and 472 kg., or 3,230, 5,590, 3,990 and 4,630 Newton, respectively.

And the result of physical properties testing of *E. camaldulensis* from northeastern site at 3, 5, 7 and 10 years old revealed that their radial shrinkage were 4.45, 5.97, 8.21 and 8.45 percent, tangential shrinkage were 7.80, 8.73, 11.20 and 11.67 percent, longitudinal shrinkage were 0.83, 0.59, 0.48 and 0.63 percent, moisture content at fiber saturation point were 26, 26, 37 and 37 percent, specific gravity were 0.565, 0.697, 0.781 and 0.986 and density at 12 percent moisture content were 635, 783, 877 and 1,108 kg/m^2, respectively.

Meanwhile, *E. camaldulensis* from eastern site at 3, 5, 7 and 10 years old's physical properties revealed that their radial shrinkage were 5.22, 5.52, 6.99 and 6.42 percent, tangential shrinkage were 9.44, 9.10, 11.47 and 9.20 percent, longitudinal shrinkage were 0.57, 0.62, 0.60 and 0.38 percent, moisture content at fiber saturation point were 29, 28, 31 and 27 percent, specific gravity were 0.607, 0.670, 0.707 and 0.901 and density at 12 percent moisture content were 632, 753, 794 and 1,012 kg/m^3, respectively.

Keywords : mechanical properties, physical properties, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

คำนำ

กลสมบัติไม้ คือ ค่าที่บอกถึงความแข็งแรง ความแข็งตึง และความแข็งแกร่งต่อการกระทำของแรงต่างๆ เมื่อนำไปใช้งาน และจะใช้ค่ากลสมบัตินี้เป็นตัวพิจารณาเพื่อคำนวณการรับแรงของส่วนประกอบของอาคาร ได้แก่ คาน เสา อะเส จันทัน ตง พื้น เป็นต้น ฉะนั้นการที่จะใช้ไม้ชนิดใด ที่ให้ความแข็งแรงถูกต้องเหมาะสมกับอาคาร ย่อมทำให้สิ่งก่อสร้างนั้นคงทนอยู่ได้นาน ส่วนสกายสมบัติ คือค่าที่บอกปริมาณ ขนาด น้ำหนักของเนื้อสารและช่องว่าง ทำให้ไม้มีคุณสมบัติแตกต่างกันเมื่อถูกกระทำจากปัจจัยภายนอก ได้แก่ ความร้อน แสง เสียง ความชื้น ไฟฟ้า เป็นต้น โดยค่าสกายสมบัติไม้ จะมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อค่ากลสมบัติ เช่น ไม้ที่มีน้ำหนักมาก จะมีความแข็งแรงและความแข็งตึงสูงด้วย เป็นต้น

ในการศึกษากลสมบัติและสกายสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากสองแหล่ง คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกในครั้งนี้ โดยแต่ละแหล่งได้ทำการศึกษา 4 ชั้นอายุ คือ ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี ในครั้งนี้จะเป็นการศึกษาว่าไม้ที่มีชั้นอายุน้อย มีลำต้นขนาดเล็กจะมีความแข็งแรงเพียงใด และมีความเหมาะสมในการใช้งานใดบ้าง เพื่อที่จะดูว่าชั้นอายุใดและขนาดใดจะตัดฟันออกมาให้มีคุณค่าทางเศรษฐกิจมากที่สุด ดังนั้นวัตถุประสงค์การศึกษา คือ ให้รู้ค่ากลสมบัติในแต่ละชั้นอายุของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสทั้งสองแหล่ง เพื่อเปรียบเทียบกันว่าเป็นไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานกรมป่าไม้หรือไม่ และมีค่ากลสมบัติที่เด่นด้อย หรือดีเสียอย่างไร

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย เครื่องทดสอบกำลังไม้ Testometric รุ่น MICO 500 ขนาด 30 ตัน เครื่องทดสอบแรงเดาะยี่ห้อ MOHR & FEDERHAFF AG เครื่องเลื่อย เครื่องไส เครื่องขัดกระดาษทราย เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ไม้บรรทัดขนาน เครื่องชั่งน้ำหนัก และตู้อบ

สำหรับวิธีการดำเนินการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีดังต่อไปนี้

สถานที่เก็บตัวอย่างและการทดสอบคุณสมบัติไม้

เก็บตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี จาก 2 แหล่ง คือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดขอนแก่น และภาคตะวันออก ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา และทดสอบคุณสมบัติไม้ที่สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

การเก็บและเตรียมตัวอย่างไม้

ทำการคัดเลือกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากทั้งสองในแหล่งแต่ละชั้นอายุ ชั้นอายุละ 12 ต้น หลังจากนั้นจึงทำการตัดฟัน แล้วทอนออกเป็นท่อน ๆ ท่อนละประมาณ 3 เมตร เพื่อความสะดวกในการขนส่ง นำมาผึ่งระยะหนึ่ง เพื่อให้ความชื้นในไม้ลดลง จากนั้นจึงทำการแปรรูปและผึ่งไม้ให้แห้งเท่ากับความชื้นในบรรยากาศ ตัดตัวอย่างให้ได้ขนาดตามมาตรฐานอังกฤษ (British Standard) คือขนาด 2 x 2 ซม. และได้ไม้ตัวอย่างแห้งและเปียก จำนวนอย่างละ 12 ตัวอย่าง ต่อหนึ่งการทดสอบ

การทดสอบคุณสมบัติไม้

1. การทดสอบแรงดัดสถิต (static bending strength)โดยใช้เครื่องทดสอบกำลังไม้ Testometric รุ่น MICO 500 ขนาด 30 ตัน ใช้ไม้ตัวอย่างขนาด 2x2 ซม. ยาว 30 ซม. วางบนหมอนรองห่างกัน 28 ซม. โดยให้น้ำหนักตรงจุดกึ่งกลางของตัวอย่างไม้ ใช้ความเร็วเพิ่มน้ำหนักกดเฉลี่ย 0.254 ซม./นาที จะได้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกับค่าการเสียรูป ซึ่งสามารถหาค่ามอดุลัสแตกร้าว (modulus of rupture) ความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูป (stress at proportional limit) และมอดุลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) บันทึกรูปแบบการเสียรูปของตัวอย่างไม้แต่ละชิ้น

2. การทดสอบแรงอัดขนานเสี้ยน (compression parallel to the grain) โดยใช้เครื่องทดสอบกำลังไม้ Testometric รุ่น MICO 500 ขนาด 30 ตัน ใช้ไม้ตัวอย่างขนาด 2x2 ซม. ยาว 6 ซม. เข้าเครื่องอัดตามแนวเสี้ยน โดยมีอัตราการใช้น้ำหนักกด 0.061 ซม./นาที ได้ค่าน้ำหนักสูงสุด (maximum crushing strength) ได้ค่าความสัมพันธ์ ระหว่างค่าแรงกับค่าการเสียรูป แล้วหาค่าแรงอัดขนานเสี้ยน พร้อมทั้งบันทึกรูปแบบการเสียรูปของตัวอย่างไม้แต่ละชิ้น

3. การทดสอบแรงเฉือน (shearing strength) โดยใช้เครื่องทดสอบกำลังไม้ Testometric รุ่น MICO 500 ขนาด 30 ตัน ใช้ไม้ตัวอย่างขนาด 2x2x2 ซม. ใส่เข้าเครื่องทดสอบแรงเฉือนทีละชิ้น ให้น้ำหนักกดในอัตราความเร็ว 0.061 ซม./นาที ตามแนวเสี้ยนไม้ จะได้ค่าน้ำหนักสูงสุด แล้วนำไปหาค่าแรงเฉือน

4. การทดสอบค่าความแข็ง (hardness) ใช้ไม้ตัวอย่างขนาด 2x2 ซม. ยาว 6 ซม. นำตัวอย่างไม้เข้าที่จับกันไม้แตก กดลูกปืนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.20 มม. จนลูกปืนจมไปครึ่งลูกพอดี การกดนั้นจะกด 2 ด้าน คือด้านรัศมีและด้านสัมผัส ตามลำดับ นำค่าน้ำหนักที่ได้มาเฉลี่ยกัน จะได้ค่าความแข็งเฉลี่ย

5. การทดสอบค่าความเหนียวจากแรงดัดกระแทก (impact bending) ใช้ไม้ตัวอย่างขนาด 2x2 ซม. ยาว 30 ซม. เข้าเครื่องทดสอบแรงดัดกระแทก MOHR & FEDERHAFF AG โดยวางไม้ตัวอย่างบนฐานรองห่างกัน 24 ซม. แล้วปล่อยลูกตุ้มน้ำหนัก (pendulum) ฟาดบนไม้ ณ จุดกึ่งกลางไม้ โดยให้ด้านรัศมีรับแรง ค่าที่ได้บนหน้าตัด จะเป็นงานที่ทำให้ไม้หัก หน่วยเป็น กก.-ม.

6. การทดสอบหาค่าความแน่น (density) ของไม้ โดยใช้ไม้ตัวอย่าง ขนาด 2x2x2 ซม^3. มาชั่งน้ำหนัก เพื่อหาค่าความแน่น

7. การทดสอบหาค่าความชื้น (moisture content) และค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของไม้ ใช้ไม้ตัวอย่างชุดเดียวกับที่ทดสอบหาค่าความแน่น มาชั่งหาน้ำหนักขณะทดสอบ นำไปอบในตู้อบโดยใช้อุณหภูมิ 103 $\pm$ 2 ซ. จนน้ำหนักคงที่ เป็นค่าน้ำหนักแห้ง นำไปคำนวณหาค่าความชื้น และค่าความถ่วงจำเพาะ

8. การทดสอบหาค่าการหดตัว (shrinkage) และจุดหมาด (fiber saturation point) ของไม้ โดยใช้ไม้ตัวอย่างขนาด 2x2x2 ซม^3. โดยพยายามตัดให้ได้ด้านรัศมี (radial) ด้านสัมผัส (tangential) และด้านยาวตามแนวเสี้ยน (longitudinal) นำไม้ตัวอย่างไปแช่น้ำจนอิ่มตัว แล้วทำการชั่งน้ำหนัก และวัดขนาดแต่ละด้าน โดยทำเครื่องหมายตรงจุดที่วัดขนาดไว้ ทำเช่นนี้ทุกวันจนกว่าไม้ตัวอย่างมีความชื้นเท่ากับบรรยากาศ จากนั้นนำไม้ตัวอย่างไปอบในตู้อบโดยใช้อุณหภูมิ 100 + 5 ซ. จนน้ำหนักคงที่ เป็นค่าน้ำหนักแห้ง ทำการชั่งน้ำหนัก และวัดขนาดอีกครั้งหนึ่ง คำนวณหาค่าการหดตัว และค่าความชื้นที่จุดหมาด

9. หาค่ากลสมบัติของไม้ที่ระดับความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์

การศึกษาคุณสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ได้ค่ากลสมบัติที่ระดับความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ และค่าสกายสมบัติค่าต่างๆ ได้ผลการศึกษา ดังนี้ (Table 1 - 2)

1. ค่าความแข็งแรง

1.1 ค่ามอดุลัสแตกร้าว ที่ระดับความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสแหล่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี เท่ากับ 719, 824, 854 และ 935 กก./ซม.2 หรือ 70.5, 80.8, 83.8 และ 91.7 เมกะปาสคาล และภาคตะวันออก ชั้นอายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี เท่ากับ 804, 838, 977 และ 1,050 กก./ซม.^{2} หรือ 78.9, 82.2, 95.8 และ 103 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ไม้ตัวอย่างที่ทำการทดสอบ ส่วนใหญ่เสีย รูปเป็นเสี้ยน (splintering tension) และการเสียรูปแบบธรรมดา (simple tension)

1.2 ค่าความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูป ที่ระดับความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส แหล่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี เท่ากับ 347, 402, 459 และ 438 กก./ซม.^{2} หรือ 34.1, 39.4, 45.0 และ 42.9 เมกะปาสคาล และแหล่งภาคตะวันออก ชั้นอายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี เท่ากับ 420, 437, 531 และ 640 กก./ซม.^{2} หรือ 41.2, 42.9, 52.1 และ 62.7 เมกะปาสคาล ตามลำดับ

1.3 ค่าแรงอัดขนานเสี้ยน ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส แหล่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าแรงอัดขนานเสี้ยนที่ระดับความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 348, 394, 486 และ 506 กก./ซม.2 หรือ 34.1, 38.7, 47.7 และ 49.7 เมกะปาสคาล ส่วนแหล่งภาคตะวันออก ชั้นอายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี มีค่าเท่ากับ 387, 504, 564 และ 598 กก./ซม.^{2} หรือ 37.9, 49.4, 55.4 และ 58.7 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ไม้ตัวอย่างสภาพแห้งที่ทำการทดสอบส่วนใหญ่เสียรูปแบบ crushing และ shearing ส่วนไม้ตัวอย่างสภาพเปียกส่วนใหญ่จะเสียรูปแบบ brooming, crushing และ shearing ซึ่งเป็นการเสียรูปที่เกิดขึ้นตามปกติของไม้ที่ทำการทดสอบแรงอัดขนานเสี้ยน (ศักดิ์พิชิต, 2544)

1.4 ค่าแรงเฉือน ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าแรงเฉือนที่ระดับความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 117, 122, 135 และ 157 กก./ซม.^{2} หรือ 11.5, 12.0, 13.2 และ 15.4 เมกะปาสคาล ส่วนแหล่งภาคตะวันออก ชั้นอายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี มีค่าแรงเฉือนที่ระดับความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 108, 132, 111 และ 132 กก./ซม.^{2} หรือ 10.6, 12.9, 10.9 และ 13.0 เมกะปาสคาล ตามลำดับ

จากผลการศึกษาความแข็งแรงของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากทั้ง 2 แหล่ง และ 4 ชั้นอายุ คือค่ามอดุลัสแตกร้าว ค่าความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูป ค่าแรงอัดขนานเสี้ยน และค่าแรงเฉือน ที่ระดับความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่าความแข็งแรงระดับปานกลาง ถึงค่อนข้างสูง อาจจะเนื่องมาจากอายุของไม้ ที่ยังน้อยเกินไป ซึ่งไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่มีอายุมากกว่านี้ น่าจะมีความแข็งแรงสูงขึ้น เช่นเดียวกับไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากสวนป่าจังหวัดศรีสะเกษ ที่มีค่ามอดุลัสแตกร้าว ค่าแรงอัดขนานเสี้ยน และค่าแรงเฉือน ที่ระดับความชื้น 11.82 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 132, 70 และ 20 เมกะปาสคาล ตามลำดับ (กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้, 2548)

2. ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ปรากฏว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ระดับความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 60,500, 91,100, 86,700 และ 85,600 กก./ซม.^{2} หรือ 5,930, 8,940, 8,500 และ 8,400 เมกะปาสคาล ส่วนแหล่งภาคตะวันออก ชั้นอายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ระดับความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 67,800, 88,000, 105,000 และ 107,400 กก./ซม.^{2} หรือ 6,650, 8,630, 9,860 และ 10,540 เมกะปาสคาล ตามลำดับ

3. ค่าความเหนียวจากการดัดกระแทก ค่าความเหนียวจากแรงดัดกระแทกที่ระดับความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี เท่ากับ 1.50, 2.26, 1.57 และ 1.46 กก.-ม. และจากภาคตะวันออก ชั้นอายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี เท่ากับ 1.68, 1.40, 2.29 และ 1.27 กก.-ม. ตามลำดับ

ค่าความเหนียวของไม้ จะขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของเนื้อไม้ ในการศึกษาครั้งนี้ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีความเหนียวไม่มากนัก คือ 1.4 - 2.3 กก.-ม. อาจจะเนื่องจากไม้ดังกล่าว ยังมีอายุน้อย

4. ค่าความแข็ง ค่าความแข็งที่ระดับความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าเท่ากับ 357, 341, 477 และ 668 กก. หรือ 3,500, 3,350, 4 ,680 และ 6,550 นิวตัน ส่วนไม้ตัวอย่าง จากภาคตะวันออก ชั้นอายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี มีค่าเท่ากับ 329, 570, 407 และ 472 กก. หรือ 3,230, 5,590, 3,990 และ 4,630 นิวตัน ตามลำดับ

5. ความแน่น ค่าความแน่นที่ระดับความชื้น12 เปอร์เซ็นต์ ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าเท่ากับ 635, 783, 877 และ 1,108 กก./ม.^{3} จากภาคตะวันออก ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าเท่ากับ 632, 753, 794 และ 1,012 กก./ม.^{3} ตามลำดับ

6. การหดตัว ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าการหดตัวด้านรัศมี เท่ากับ 4.45, 5.97, 8.21 และ 8.45 เปอร์เซ็นต์ การหดตัวด้านสัมผัส เท่ากับ 7.80, 8.73, 11.20 และ 11.67 เปอร์เซ็นต์ การหดตัวด้านยาวตามแนวเสี้ยน เท่ากับ 0.83, 0.59, 0.48 และ 0.63 เปอร์เซ็นต์ ส่วนไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส แหล่งภาคตะวันออก ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าการหดตัวด้านรัศมี เท่ากับ 5.22, 5.52, 6.99 และ 6.42 เปอร์เซ็นต์ การหดตัวด้านสัมผัส เท่ากับ 9.44, 9.10, 11.47 และ 9.20 เปอร์เซ็นต์ การหดตัวด้านยาวตามแนวเสี้ยน เท่ากับ 0.57, 0.62, 0.60 และ 0.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

7. ความชื้นที่จุดหมาด ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าความชื้นที่จุดหมาด เท่ากับ 26, 26, 37 และ 37 เปอร์เซ็นต์ จากภาคตะวันออก ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าความชื้นที่จุดหมาด เท่ากับ 29, 28, 31 และ 27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

8. ความถ่วงจำเพาะ ค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าเท่ากับ 0.565, 0.697, 0.781 และ 0.986 และจากภาคตะวันออก ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าเท่ากับ 0.607, 0.670, 0.707 และ 0.901 ตามลำดับ ค่าความถ่วงจำเพาะนี้ จะแสดงถึงน้ำหนักแห้งของไม้ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ จะเห็นได้ว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เป็นไม้ที่มีน้ำหนักปานกลาง ถึงค่อนข้างสูง

Table 1 The mechanical properties at 12% of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. by site and age.

site	age	strength (Mpa)				MOE (Mpa)	Impact bending (kg.-m.)	hardness (N)
		MOR	r	com.//grain	shearing			
northeastern Thailand	3	70.5	34.1	34.1	11.5	5,930	1.50	3,500
	5	80.8	39.4	38.7	12.0	8,940	2.26	3,350
	7	83.8	45.0	47.7	13.2	8,500	1.57	4,680
	10	91.7	42.9	49.7	15.4	8,400	1.46	6,550
eastern Thailand	3	78.9	41.2	37.9	10.6	6,650	1.68	3,230
	5	82.2	42.9	49.4	12.9	8,630	1.40	5,590
	8	95.8	52.1	55.4	10.9	9,860	2.29	3,990
	10	103	62.7	58.7	13.0	10,540	1.27	4,630

Note : MOR = modulus of rupture r = stress at proportional limit
com//grain = compression parallel to grain MOE = modulus of elasticity

Table 2 The physical properties of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. by site and age.

site	age	specific gravity	Density at 12% (kg/m^3)	fiber saturation point (%)	shrinkage (%)		
					radial	tangential	longitudinal
northeastern Thailand	3	0.565	635	26	4.45	7.80	0.83
	5	0.697	783	26	5.97	8.73	0.59
	7	0.781	877	37	8.21	11.20	0.48
	10	0.986	1,108	37	8.45	11.67	0.63
eastern Thailand	3	0.607	632	29	5.22	9.44	0.57
	5	0.670	753	28	5.52	9.10	0.62
	7	0.707	794	31	6.99	11.47	0.60
	10	0.901	1,012	27	6.42	9.20	0.38

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบหาค่ากลสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากทั้ง 2 แหล่ง ใน 4 ชั้นอายุ โดยเฉพาะค่ามอดุลัสแตกร้าว เมื่อนำไปแบ่งประเภทไม้เนื้ออ่อนหรือไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานกรมป่าไม้ (กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้, 2548) แล้ว ปรากฏว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ยกเว้นชั้นอายุ 10 ปี จากภาคตะวันออก จัดอยู่ในประเภทไม้เนื้อแข็งปานกลาง (ค่ามอดุลัสแตกร้าวระหว่าง 60-100 เมกะปาสคาล) ส่วนไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 10 ปี จากภาคตะวันออกจัดอยู่ในประเภทไม้เนื้อแข็ง (ค่ามอดุลัสแตกร้าวมากกว่า 100 เมกะปาสคาล) จึงพอสรุปได้ว่า การใช้ประโยชน์ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสในงานที่ต้องรับแรงมาก ๆ เช่นการก่อสร้าง ควรจะใช้งานไม้ที่อายุมากกว่า 10 ปี โดยถ้าทำการอาบน้ำยาไม้แล้ว จะเป็นการเพิ่มความทนทานของไม้ ทำให้ใช้งานได้ดีขึ้น เมื่อพิจารณาค่ากลสมบัติอื่นๆ คือค่าแรงอัดขนานเสี้ยน แรงเฉือน มอดุลัสยืดหยุ่น และความแข็ง จัดอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกับไม้เนื้อแข็งปานกลาง ถึงไม้เนื้อแข็ง ส่วนค่าความเหนียวจากการดัดกระแทก มีค่าระหว่าง 1.27 - 2.29 กก.-ม. พบว่ามีค่าค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับไม้เนื้อแข็งทั่วไป จึงถือว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3-10 ปี เป็นไม้ที่มีความเหนียวจากการดัดกระแทกต่ำ ไม่เหมาะสมจะใช้เป็นด้ามเครื่องมือ

เมื่อพิจารณาค่าสกายสมบัติต่างๆ คือค่าความถ่วงจำเพาะ มีค่าระหว่าง 0.565 - 0.986 และความแน่นที่ระดับความชื้น 12% มีค่าระหว่าง 635 - 1,108 กก./ม.^{3} จะเห็นว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เป็นไม้ที่ค่อนข้างหนักค่าความชื้นที่จุดหมาด มีค่าระหว่าง 26 - 37 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าสูงกว่าไม้ทั่วไปเล็กน้อย ซึ่งไม้ทั่วไปจะมีความชื้นที่จุดหมาดประมาณ 28% (Hirizoglu, 2004) ส่วนค่าการหดตัวอยู่ในระดับใกล้เคียงกับไม้ทั่วไป จากคุณสมบัติที่เป็นไม้หนัก และอมน้ำสูง ทำให้ไม้ปริแตกและบิดตัวง่าย การแปรรูปให้เป็นไม้แปรรูป ไม่ควรให้หน้ากว้างและยาวมากนัก

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้. 2548. ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 111 น.

บุญนำ เกี่ยวข้อง และมยุรี ดวงเพ็ชร. 2542. คู่มือปฏิบัติการเชิงกลของไม้. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 99 น.

พงศ์ โสโน. 2516. กลสมบัติไม้ (อัดสำเนา). กองค้นคว้า กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 12 น.

พงศ์ โสโน, สงคราม ตรังรัฏฐพิทย์ และศิริ เจือวิจิตรจันทร์. 2517. ปริมาณความชื้น การหดตัว ความถ่วงจำเพาะ และช่องว่างในไม้ไทย. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 56 น.

วิรัช ชื่นวาริน. 2533. สมบัติทางฟิสิกส์ของเนื้อไม้. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 315 น.

ศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์. 2544. กลสมบัติของไม้และการใช้ประโยชน์ไม้. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 145 น.

Hiziroglu, S. 2004. Wood Properties. Department of Forest Products. Kasetsart University, Bangkok. 175p.

องค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

Chemical constituents of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.

สุดารัตน์ เกาลวณิชย์ *
Sudarat Kaolawanich

* กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Forest Products Development Division, Forest Management and Forest Products Research office, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900

บทคัดย่อ

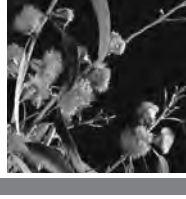
วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี จากสวนป่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดบุรีรัมย์ และภาคกลาง จังหวัดฉะเชิงเทรา ตามวิธีมาตรฐาน โดยนำไม้ที่บดและร่อนเลือกขนาดแล้วมาหาปริมาณความชื้น ลิกนิน เซลลูโลส เพนโตแซน ขี้เถ้า และค่าการละลาย

ผลการศึกษาพบว่าที่ความชื้น 8-9% ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จังหวัดบุรีรัมย์ อายุ 3, 5 และ 7 ปี มีค่าการละลายในน้ำร้อน และ ใน 1% โซเดียมไฮดรอกไซด์โดยเฉลี่ย 2.41% และ 11.65% ของน้ำหนักไม้แห้งตามลำดับ ขณะที่ไม้อายุ 10 ปี มีค่า 4.44% และ 13.82% ของน้ำหนักไม้แห้ง ตามลำดับ ปริมาณโดยเฉลี่ยลิกนิน เซลลูโลส ขี้เถ้า และค่าการละลาย ในแอลกอฮอล์-เบนซีน ในไม้อายุ 3 และ 5 ปี มีค่าประมาณ 28.22%, 55.31%, 0.53% และ 3.47% ของน้ำหนักไม้แห้ง ตามลำดับ ขณะที่ไม้อายุ 7 และ 10 ปี มีค่า 30.98%, 53.83%, 0.29% และ 4.62% ของน้ำหนักไม้แห้ง ตามลำดับ และปริมาณเพนโตแซน ในไม้ทุกอายุ มีค่า 12.22% ของน้ำหนักไม้แห้ง

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ความชื้น 7-8% อายุ 3 และ 5 ปี มีค่าการละลายในน้ำร้อน และ ใน 1% โซเดียมไฮดรอกไซด์โดยเฉลี่ย 2.90% และ 11.35% ของน้ำหนักไม้แห้ง ตามลำดับ ขณะที่ไม้อายุ 7 และ 10 ปี มีค่า 5.69%และ 15.50% ของน้ำหนักไม้แห้ง ตามลำดับ ปริมาณเซลลูโลสในไม้อายุ 3 ปีมีค่าสูงสุด คือ ประมาณ 50.53% ของน้ำหนักไม้แห้ง และปริมาณเถ้าในไม้อายุ 7 ปี มีค่าต่ำสุด คือ ประมาณ 0.36% ของน้ำหนักไม้แห้ง ปริมาณโดยเฉลี่ยของลิกนิน เพนโตแซน และค่าการละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน ในไม้ทุกอายุมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 29.70%, 12.68% และ 3.79% ของน้ำหนักไม้แห้ง ตามลำดับ

ในไม้ที่อายุเท่ากันของแต่ละพื้นที่ องค์ประกอบทางเคมีโดยส่วนใหญ่ของเนื้อไม้บริเวณใกล้โคนต้นจะมีค่าใกล้เคียงกับเนื้อไม้ที่ห่างจากโคนต้น

คำหลัก : องค์ประกอบทางเคมี, ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส



Abstract

The analyses of the main chemical constituents of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. of 3, 5, 7 and 10 years old from plantation of the northeastern region; Burirum Province and the central region; Chachoengsao Province were carried out in accordance with the standard approach by preparing the ground wood, sifting through sieves for size selection and then analyses the contents of moisture, ligin, cellulose, pentosan, ash and solubilities

We found that at 8-9% moisture content, the average in hot water 1% sodium hydroxide solubilities of 3, 5 and 7 years old *Eucalytus camaldulensis* Dehnh. from Burirum Province were 2.41% and 11.65% by wt. of moisture free wood respectively, while of the 10 years old wood were 4.44% and 13.82% by wt. of moisture free wood respectively. The average contents of ligin, cellulose, ash and alcohol-benzene solubility of the 3 and 5 years olds wood were 28.22@, 55.31% 0.53% and 3.47% by wt. of moisture free wood respectively. The average content of the pentosan of the wood at all ages were 12.22% wt. of moisture free wood.

The average hot water and 1% sodium hydroxide solubilities of 3 and 5 years old *Eucalypus camaldulensis* Dehnh. from Chachoengsao Province at 7-8% moisture content were 2.90% and 11.35% by wt. of moisture free wood respectively, while of the 7 and 10 years old wood were 5.69% and 15.50 by wt. of moisture free wood respectively. The cellulose content of the ash content of the 7 years old wood revealed the lowest value of 0.36% by wt. of moisture free wood. The average contents lignin, pentosan and alcohol-benzene solubility of the wood at all ages were not much different of 29.70%, 12.68% and 3.79% by wt. of moisture free wood respectively.

Chemical constituents of the Eucalyptus wood taken from the top and the bottom of the tree from the same site and at the same age were similar.

Key words : Chemical constituents, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

คำนำ

ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสเป็นไม้โตเร็วชนิดหนึ่งที่ปลูกง่าย ทนต่อความแห้งแล้ง ให้ผลผลิตเนื้อไม้สูงในระยะเวลาอันสั้น สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายทาง ทั้งในอุตสาหกรรมไม้ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ สร้างรายได้ให้กับประเทศด้านการส่งออกและสร้างงานในประเทศเป็นอย่างมาก ส่งผลให้เกิดการขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ แต่ช่วง 30 ปีที่ผ่านมา พื้นที่ป่าไม้ถูกบุกรุกทำลายเป็นอย่างมาก แต่ความต้องการใช้ประโยชน์จากไม้ยังมีอยู่สูง การสร้างสวนป่าเศรษฐกิจ ซึ่งรวมถึงสวนป่ายูคาลิปตัส จึงเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากจากภาครัฐและเอกชน โดยกว่าร้อยละ 90 ของสวนป่ายูคาลิปตัสเป็นสายพันธุ์คามาลดูเลนซิส เพราะเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด แต่อย่างไรก็ดียังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างไม่ว่าจะเป็นดิน น้ำ อากาศ สายพันธุ์ โรค แมลง รวมถึงปัจจัยด้านการจัดการและอื่นๆ ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของไม้ทั้งสิ้น

ปี พ.ศ. 2528 ทัศนีย์และคณะ ได้รายงานผลการวิเคราะองค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสจากป่าปลูกทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปัจจุบันปี พ.ศ. 2550 ลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งอาจทำให้คุณสมบัติทางเคมีของเนื้อไม้เปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จะศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่อายุต่างๆ จากสวนป่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้ที่บริเวณใกล้โคนต้นและห่างจากโคนต้นโดยทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน เพื่อจะได้ทราบปริมาณสารเคมีแต่ละ ประเภทในไม้แต่ละท่อนที่อายุต่างๆ จากแต่ละพื้นที่ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด มีความทนทานหรือไม่ เหมาะที่จะนำไม้ชนิดนี้ ไปใช้ในด้านใดจึงจะเหมาะสมและได้ประโยชน์สูงสุด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องบดไม้
2. เครื่องร่อนแยกขนาดอนุภาค
3. เครื่องชั่งไฟฟ้า
4. เครื่องหล่อเย็น
5. ตู้ดูดควัน
6. เตาเผาไฟฟ้า
7. ปั๊มสูญญากาศ
8. เตาสกัด
9. หม้ออังไอน้ำ
10. เตาไฟฟ้า
11. เครื่องสับชิ้นไม้
12. ตู้อบ

วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างไม้

นำท่อนไม้ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์ และภาคกลาง อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา มาเลื่อยออกเป็นท่อนตามขวาง (radial section) ยาวท่อนละ 2 เมตร แบ่งไม้จากส่วนโคน (part) ของแต่ละท่อนตามแนวขวางออกมา 2 ฟุต แล้วนำมาปอกเปลือกทิ้ง และนำเข้าเครื่องสับชิ้นไม้ นำชิ้นไม้มาผึ่งลมให้แห้ง จากนั้นนำไปบดเป็นขี้เลื่อยและร่อนผ่านตะแกรง เลือกตัวอย่างขี้เลื่อยไม้ขนาด 40-60 เมช มาใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

2. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไม้ตามวิธีมาตรฐานต่างๆ ดังนี้

- ปริมาณความชื้น	ตามวิธีการของ TAPPI T3m
- ค่าการละลายในน้ำร้อน-น้ำเย็น	ตามวิธีการของ TAPPI T1 0s-59
- ค่าการละลายใน1%โซเดียมไฮดรอกไซด์	ตามวิธีการของ TAPPI T4 0s-59
- ค่าการละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน	ตามวิธีการของ TAPPI T6 0s-59
- ปริมาณโฮโลเซลลูโลส	ตามวิธีการของ E.L.Wise
- ปริมาณเซลลูโลส	ตามวิธีการของ Cross & Bevan
- ปริมาณเถ้า	ตามวิธีการของ TAPPI T15 0s-58
- ปริมาณเพนโตแซน	ตามวิธีการของ TAPPI T19 m-50
- ปริมาณลิกนิน	ตามวิธีการของ CCA 5 of Swedish Association of Pulp & Paper Engineers

ผลและวิจารณ์

Table 1 Average chemical constituents of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. of 3, 5, 7 and 10 years at Sterk District, Burirum Province (% by wt. of moisture free wood)

Ages (years)	% solubilities				% Content				
	Hot water	Cold water	Alcohol-benzene	1% NaOH	Lignin	Holocellulose	Cellulose	Pentosan	Ash
3	2.0368	1.5450	3.7574	12.2500	28.2209	68.4896	54.1724	13.8918	0.4950
5	2.3111	1.7650	3.1912	11.5950	28.2323	69.4376	56.4561	12.9708	05775
7	2.8946	2.1925	4.3711	11.1050	30.8354	65.5536	53.7889	11.6375	0.3450
10	4.4449	4.0775	4.8782	13.8275	31.1277	64.3114	53.8789	10.3870	0.2375

Table 2 Average chemical constituents of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. of 3, 5, 7 and 10 years at Sanunmchaiyacade District, Chachoengsao Province. (% by wt. of moisture free wood)

Ages (years)	% solubilities				% Content				
	Hot water	Cold water	Alcohol-benzene	1% NaOH	Lignin	Holocellulose	Cellulose	Pentosan	Ash
3	2.8891	1.4879	3.5740	11.2068	29.7064	65.1789	50.5344	13.7354	0.6512
5	2.9162	1.5504	3.1086	11.4997	29.9599	65.4435	47.7003	12.8129	0.5715
7	5.7898	3.5896	4.6683	15.8622	29.8448	61.3332	44.7619	12.0939	0.3635
10	5.5995	4.3188	3.8204	15.1443	29.2986	62.7529	46.1380	12.1054	0.5283

Note : NaOH = Sodium hydroxide wt. = weight

Table 1 Chemical constituents of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. of various variables at Sterk District, Burirum Province. (% by wt. of moisture free wood)

Years/ Log no./ Part no.	MC.	Hot water	Cold water	Alcohol-benzene	1% NaOH	Lignin	Holocellulose	Cellulose	Pentosan	Ash
3/1/1	8.45	2.8308	2.2300	3.8356	14.0700	29.2957	65.4677	51.1387	13.8484	0.5700
3/1/2	8.33	1.2428	0.8600	3.6793	10.4300	27.1461	71.5116	57.2061	13.9352	0.4200
5/1/1	8.26	3.0282	2.3800	2.7738	11.5700	28.0912	68.4666	55.6573	12.6792	0.6400
5/1/2	8.23	2.0986	1.1300	3.3026	12.4500	27.8762	71.2524	57.1236	13.8377	0.4700
5/2/1	9.35	2.0748	1.8600	2.6535	11.4500	28.4034	70.1981	58.1048	12.3831	0.6700
5/2/2	8.45	2.0429	1.6900	4.0351	10.9100	28.5584	67.8334	54.9389	12.9834	0.5300
7/1/1	8.68	4.2701	3.8400	5.6713	13.1500	29.8410	63.9374	52.4519	11.1023	0.2800
7/1/2	8.30	2.5437	2.4900	5.5764	11.2500	30.0198	65.4699	53.7009	11.5256	0.3900
7/2/1	8.93	2.7760	0.7800	3.0135	9.2000	31.4460	65.4643	54.0068	11.8823	0.3000
7/2/2	8.83	1.9887	1.6600	3.2233	10.8200	32.0348	67.3431	54.9961	12.0399	0.4100
10/1/1	8.58	5.5868	5.1600	5.1316	15.9600	30.9966	62.0648	51.8708	10.6688	0.2200
10/1/2	8.25	1.9466	1.3400	4.3431	9.9300	31.6128	66.8473	55.4962	11.3282	0.2500
10/2/1	9.30	4.7303	4.3800	4.8477	14.5800	31.2338	64.9579	54.3572	9.7794	0.2300
10/2/2	8.85	5.5160	5.4300	5.1905	14.8400	30.6677	63.3757	53.7915	9.7719	0.2500

Note : MC. = Moisture content NaOH = Sodium hydroxide wt. = weight

Table B Chemical constituents of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. of various variables at Sanumchaiyacade District, Chachoengsao Province. (% by wt. of moisture free wood)

Years/ Log no./ Part no.	MC.	Hot water	Cold water	Alcohol-benzene	1% NaOH	Lignin	Holocellulose	Cellulose	Pentosan	Ash
3/1/1	7.7875	3.9560	1.9601	3.9414	11.8070	28.4440	65.0165	50.4085	13.7012	0.6420
3/1/2	7.6025	3.3361	1.0390	2.6950	11.3044	31.2655	64.0604	49.6671	13.4997	0.6429
3/1/3	7.0800	2.9024	1.6304	2.8307	10.8427	30.4365	65.1274	50.4945	13.7246	0.7028
3/2/1	7.5950	2.9771	1.8397	3.6477	11.2764	30.3584	64.3748	49.9110	13.5660	0.6418
3/2/2	7.7750	2.4559	1.1467	3.4617	10.8742	29.9080	65.5204	50.7991	13.8073	0.6538
3/2/3	7.7575	1.7074	1.3118	4.8677	11.1364	27.8263	66.9741	51.9262	14.1137	0.6244
5/1/1	7.3875	3.7242	1.9220	3.1056	12.4227	30.7765	63.7446	49.4223	13.4331	0.6489
5/1/2	8.5700	1.4750	0.6151	2.8745	9.5182	30.5984	66.4745	46.7268	13.7480	0.5775
5/1/3	7.8925	1.8902	1.3463	4.0176	12.3062	31.4048	64.1172	46.2561	13.6084	0.5700
5/2/1	7.7725	4.3943	2.4152	3.4334	12.4014	28.4659	65.2421	48.2553	11.5305	0.4641
5/2/2	7.4375	4.0809	1.9581	2.7481	11.8812	29.1875	65.4249	46.1387	12.3881	0.5585
5/2/3	7.7275	1.9328	1.0458	2.4725	10.4690	29.3263	67.6582	49.4029	12.1696	0.6101
7/1/1	7.7325	6.5650	4.4409	5.2682	17.5495	29.4258	60.4266	44.2416	11.5948	0.3143
7/1/2	7.4400	5.7070	3.2168	4.3223	15.2901	30.6451	60.9701	44.5907	12.1300	0.3553
7/1/3	7.5900	5.0976	3.1111	4.4146	14.7471	29.4635	62.6031	45.4534	12.5571	0.4210
10/1/1	7.7700	5.5195	4.6744	3.9808	15.6850	30.1288	61.8589	45.9841	12.0680	0.5118
10/1/2	7.6525	6.0529	4.2530	4.0680	15.4038	29.0128	62.3821	46.0459	11.9870	0.4840
10/1/3	7.8550	5.2261	4.0290	3.4125	14.3442	28.7543	64.0177	46.3842	12.2612	0.5893

จากผลการทดลองตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดบุรีรัมย์ ที่ความชื้น 8-9% อายุ 3, 5 และ 7 ปี มีค่าการละลายในน้ำร้อนใกล้เคียงกันเฉลี่ยคือ 2.41% ของน้ำหนักไม้แห้ง และที่อายุ 10 ปี มีค่าการละลายในน้ำร้อนเฉลี่ย 4.44% ของน้ำหนักไม้แห้ง สำหรับค่าการละลายในน้ำเย็นนั้นพบว่า จะมีค่ามากขึ้นเมื่ออายุของไม้มากขึ้น โดยมีค่า 1.54-4.07% ของน้ำหนักไม้แห้ง ในการศึกษาหาปริมาณการละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน พบว่ามีค่าน้อยโดยมีค่าเฉลี่ย 3.47% ของน้ำหนักไม้แห้งในไม้อายุ 3 และ 5 ปี และ 4.62% ของน้ำหนักไม้แห้งในไม้อายุ 7 และ 10 ปี ค่าการละลายที่น้อยนั้นเป็นการสนับสนุนว่าไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส เหมาะใช้ทำไม้อัด ไม้บางหรือปาร์เก้ เพราะไม้ไม่ค่อยมีพวกฟิล์มเคลือบที่ผิวหน้าจึงทำให้กาวยึดติดกับไม้ได้ดี ค่าการละลายใน 1% โซเดียมไฮดรอกไซด์ของไม้อายุ 3, 5 และ 7 ปี คือ 11.65% ของน้ำหนักไม้แห้ง และอายุ 10 ปีคือ 13.82% ของน้ำหนักไม้แห้ง เนื่องจากมีค่าค่อนข้างต่ำแสดงว่าไม้มีความทนทานต่อเชื้อเห็ดราค่อนข้างสูง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ เซลลูโลสที่ยังคงมีอยู่มาก จึงเหมาะใช้ในงานกระดาษเพราะจะให้ผลผลิตเยื่อสูง สำหรับปริมาณลิกนินจะมีค่าเฉลี่ยนค่อนข้างสูงโดยไม้อายุ 3 และ 5 ปี มีค่าเฉลี่ย 28.22% ของน้ำหนักไม้แห้ง และอายุ 7 ปี และ 10 ปี มีค่าเฉลี่ย 30.98% ของน้ำหนักไม้แห้ง โดยลิกนินจะทำหน้าที่เชื่อมสารต่างๆในไม้เพิ่มความหนาแน่นและความทนทานของไม้ ดังนั้นไม้ทุกอายุ จึงเหมาะสมใช้ประโยชน์ในงานไม้อัด ไม้บาง พวกฝ้าเพดาน หรือไม้เชื้อเพลิง แต่หากมีลิกนินมากเกินไปจะไม่เหมาะในการทำกระดาษ เพราะต้องสิ้นเปลืองสารเคมีในการต้มเยื่อเพื่อละลายลิกนินออกมา

ปริมาณเซลลูโลสในไม้อายุ 3 และ 5 ปี มีค่าเฉลี่ย 55.31% ของน้ำหนักไม้แห้ง อายุ 7 และ10 ปี มีค่าเฉลี่ย 53.83% ของน้ำหนักไม้แห้ง จากค่าดังกล่าวแสดงว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสมีปริมาณเส้นใยค่อนข้างสูง สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษได้ดี ปริมาณเพนโตแซนในไม้ทุกอายุ มีค่าเฉลี่ย 12.22% ของน้ำหนักไม้แห้ง และมีปริมาณเถ้าค่อนข้างต่ำโดยในไม้อายุ 3 และ 5 ปี มีค่าเฉลี่ย 0.53% ของน้ำหนักไม้แห้ง และในไม้อายุ 7 และ 10 ปี มีค่าเฉลี่ย 0.2-9% ของน้ำหนักไม้แห้ง จึงเหมาะใช้ทำไม้เชื้อเพลิงได้ดี

จากตารางภาคผนวก A ในไม้ที่อายุเท่ากันองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้บริเวณที่อยู่ห่างจากโคนต้นที่มีค่าใกล้เคียงกับเนื้อไม้บริเวณใกล้โคนต้น ได้แก่ การละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน การละลายใน 1% โซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณลิกนิน เซลลูโลส เพนโตแซน เถ้า และที่มีค่าลดลงเมื่ออยู่ห่างจากโคนต้นมากขึ้น ได้แก่ การละลายในน้ำร้อน และการละลายในน้ำเย็น

จากผลการทดลองตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าที่ความชื้น 7-8% ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสจากภาคกลาง จังหวัดฉะเชิงเทรา อายุ 3 และ 5 ปี มีค่าเฉลียการละลายในน้ำร้อน 2.90% ของน้ำหนักไม้แห้ง และที่อายุ 7 และ 10 ปี มีค่าการละลายในน้ำร้อนสูงกว่า เฉลี่ยคือ 5-6% ของน้ำหนักไม้แห้ง ด้านการละลายในน้ำเย็นพบว่าจะมีค่าเฉลี่ย 1.51% ของน้ำหนักไม้แห้งในไม้อายุ 3 และ 5 ปี และมีค่าเฉลี่ย 3.95% ของน้ำหนักไม้แห้งในไม้อายุ 7 และ 10 ปี สำหรับ การละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีนของไม้ทุกอายุจะมีค่าใกล้เคียงกัน เฉลี่ยคือ 3.79% ของน้ำหนักไม้แห้ง แสดงว่าไม้มีสารจำพวกยางหรือไขมันน้อย ในการศึกษาหาปริมาณการละลายใน 1% โซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำ คือ มีค่า 11.35% ของน้ำหนักไม้แห้งในไม้อายุ 3 และ 5 ปี และมีค่า 15.50% ของน้ำหนักไม้แห้งในไม้อายุ 7 และ10 ปี ด้านปริมาณลิกนินพบว่ามีค่าค่อนข้างสูงในไม้ทุกอายุคือมีค่า 29.70% ของน้ำหนักไม้แห้ง แสดงว่ามีสารเชื่อมในไม้ ค่อนข้างสูง เหมาะใช้ในงานไม้อัด ไม้บาง เป็นกาวในเครื่องเคลือบดินเผา เป็นสารเสริมแรงในยางธรรมชาติ หรือใช้เป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น แต่หากมีมากเกินไปจะไม่เหมาะนำมาทำกระดาษ

จากการศึกษาหาปริมาณเซลลูโลสพบว่า ในไม้อายุน้อยจะมีค่าสูงกว่าไม้อายุมาก โดยมีค่า 50.53% ของน้ำหนักไม้แห้งในไม้อายุ 3 ปี และมีค่าเฉลี่ย 46.20% ของน้ำหนักไม้แห้งในไม้อายุ 5, 7 และ10 ปี แสดงว่าไม้อายุ 3 ปี มีปริมาณเส้นใยมากกว่า จึงเหมาะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษมากกว่าไม้อายุ 5, 7 และ 10 ปี สำหรับปริมาณเพนโตแซนจะมีค่าใกล้เคียงกันในทุกอายุไม้ โดยมีค่าเฉลี่ย 12.68% ของน้ำหนักไม้แห้ง ซึ่งหากมีมากจะช่วยให้เยื่อไม้มีแรงต้านทานการดึงขาด และแรงต้านทานแรงดันทะลุสูงขึ้น เพนโตแซนนอกจากจะมีบทบาทสำคัญในการผลิตเยื่อกระดาษและแผ่นชิ้นไม้อัดแล้วยังเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเอทานอล ยาฆ่าแมลง และอื่นๆ ปริมาณขี้เถ้าของไม้อายุ 3, 5 และ10 ปี มีค่าเฉลี่ย 0.58% ของน้ำหนักไม้แห้ง และอายุ 7 ปี มีค่า 0.36% ของน้ำหนักไม้แห้ง โดยปริมาณขี้เถ้าที่น้อยนี้แสดงว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส หากนำมาทำเป็นไม้เชื้อเพลิงจะให้พลังงานความร้อนสูง

จากตารางภาคผนวก B ในไม้ที่อายุเท่ากันองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้บริเวณที่อยู่ห่างจากโคนต้นที่มีค่าใกล้เคียงกับเนื้อไม้บริเวณใกล้โคนต้น ได้แก่ การละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน การละลายใน 1% โซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณลิกนิน เซลลูโลส เพนโตแซน เถ้า และที่มีค่าลดลงเมื่ออยู่ห่างจากลำต้นมากขึ้น ได้แก่ การละลายในน้ำร้อน และการละลายในน้ำเย็น

สรุปและข้อเสนอแนะ

องค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่อายุเดียวกันจากทั้งสองพื้นที่ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นปริมาณเซลลูโลส โดยในไม้ที่อายุเท่ากันปริมาณเส้นใยของไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมากกว่าภาคกลาง และไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่อายุน้อย คือ 3 และ 5 ปี มีปริมาณเส้นใยมากกว่าไม้อายุมาก ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเสียเวลารอการเติบโตนานหลายปีก็สามารถนำไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่อายุน้อยไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตกระดาษได้ ทั้งนี้ควรคำนึงถึงผลผลิตเนื้อไม้ก่อนนำไปใช้ประโยชน์ด้วย

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ทุกอายุทั้งจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดบุรีรัมย์ และภาคกลาง จังหวัดฉะเชิงเทรา สามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม ไม้อัด ไม้บาง ไม้ปาร์เก้ ฝ้าเพดาน กระดาษ หรือไม้เชื้อเพลิงได้ดี และไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสยังมีความทนทานต่อเชื้อเห็ดราค่อนข้างสูง

เนื้อไม้บริเวณที่ห่างจากโคนต้นทั้งจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดบุรีรัมย์และภาคกลาง จังหวัดฉะเชิงเทราที่อายุเดียวกัน โดยส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบ ทางเคมีใกล้เคียงกับเนื้อไม้บริเวณใกล้โคนต้น ดังนั้นหากจะเลือกใช้ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่อายุใดมาทำไม้อัด ไม้บาง เยื่อกระดาษ ผลิตภัณฑ์เคมีจากไม้ หรือไม้เชื้อเพลิงก็สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งไม้ท่อนไม่จำเป็นต้องเลือกว่าจะ ใช้ส่วนโคนหรือปลายท่อน อย่างไรก็ดีในงานวิจัยนี้ไม่ได้วิเคราะห์แยกออกเป็นส่วนของแก่น กระพี้ ซึ่งอาจมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน อาจส่งผลให้ความหนาแน่นและความทนทานของไม้ในแต่ละส่วนแตกต่างกัน ทำให้เหมาะแก่การใช้งานและการดูแลรักษาที่แตกต่างกัน เพื่อจะได้นำไม้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณปทุมวัน บุรัตน์ ผู้ช่วยนักวิจัย คุณวสุธร มะลิล้ำ เจ้าหน้าที่กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ ที่มีส่วนช่วยในงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณผู้ร่วมแผนงานวิจัยที่ช่วยประสานงาน รวบรวมผลการวิจัย ทำให้แผนงานวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ทัศนีย์ รัติวานิช และคณะ. 2528. คุณสมบัติทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส, น. 330-337, *ใน*การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2528, 18-22 พฤศจิกายน 2528. ห้องประชุม 1 กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.

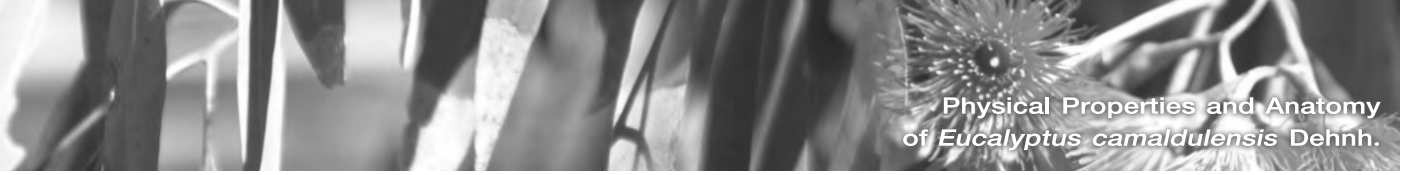
Browning, B.L. 1967. Methods of wood chemistry. Institute of Paper Chemistry Appleton, Winconsin.

Hill, W.E. 1962. Wood extractives and their significance to the pulp and paper and industry.

Petterson, R.C. 1984. The chemical composition of wood. Forest Products Laboratory, Madison. 58pp.

Umezara,T. 2004. Wood and cellulosic chemistry. Kyoto University, Japan. 213pp.

Wise, E.L.1946. Tech ASSOC Papers 29, 210.



องค์ประกอบทางเคมีจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ชั้นอายุต่างๆ จากจังหวัดบุรีรัมย์

Chemical Compositions from Bark and Leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. at various ages from Burirum province.

ทรรศนีย์ พัฒนเสรี [*1]
และชูจิตร อนันตโชค [*1]
Tasanee Pattanaseree [*1]
and Choojit Anantachoke [*1]

[*1] กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
email : tasaneepat@yahoo.com

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาหาปริมาณองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากจังหวัดบุรีรัมย์ที่อายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี พบว่า ในเปลือกไม้ยูคาลิปตัสที่อายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี มีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ ปริมาณความชื้น 4.56 % 4.53% 5.00 % และ 3.04% การละลายในน้ำร้อน 16.26% 20.38% 22.09% และ 20.40% การละลายในน้ำเย็น 14.91% 18.57% 20.43% และ 18.98% การละลายใน 1% โซเดียมไฮดร็อกไซด์ 32.38 % 33.30 % 35.83 % และ 34.11 % การละลายในแอลกอฮอล์-เบ็นซีน 12.89 % 11.61% 8.11% และ 7.99% ปริมาณโฮโลเซลลูโลส 72.25% 67.71% 63.02% และ 63.77% ปริมาณเพนโตแซน 24.54% 26.16 % 22.73% และ 23.35% และปริมาณลิกนิน 24.96% 26.46 % 30.95% และ 28.39% ตามลำดับ

ในใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่อายุ 3 ปี 7 ปี และ 10 ปี มีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ ปริมาณความชื้น 5.91% 5.47% และ 5.80% การละลายในน้ำร้อน 36.88 % 34.27 % และ 34.46 % การละลายในน้ำเย็น 34.74% 32.07% และ 32.56% การละลายใน 1% โซเดียมไฮดร็อกไซด์ 73.82% 72.37% และ 67.50% การละลายในแอลกอฮอล์-เบ็นซีน 27.43% 29.56% และ 25.20% ปริมาณโฮโลเซลลูโลส 34.60% 36.63% และ 41.84% ปริมาณเพนโตแซน 9.88% 11.34% และ 10.63% และปริมาณลิกนิน 32.73% 38.39 % และ 41.78% ตามลำดับ

การตรวจหากลุ่มสารเคมีจำพวกอัลคาลอยด์ฟลาโวนอยด์ลิวโคแอนโทไซยานิดิน คูมารินส์ และ ซาโปนินจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส พบเฉพาะฟลาโวนอยด์เท่านั้น

คำหลัก : องค์ประกอบทางเคมี เปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่ชั้นอายุต่างๆ บุรีรัมย์

ABSTRACT

Studied on chemical compositions from bark and leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from Burirum province at the age of 3 years, 5 years, 7 years and 10 years, the result were revealed that in the bark of eucalyptus : moisture content were 4.56 %, 4.53%, 5.00% and 3.04%, hot water solubility content were 16.26%, 20.38%, 22.09% and 20.40%, cold water solubility content were 14.91%, 18.57%, 20.43% and 18.98%, 1% sodium hydroxide solubility content were 32.38%, 33.30%, 35.83% and 34.11%, alcohol-benzene solubility content were 12.89%, 11.61%, 8.11% and 7.99%, holocellulose content were 72.25%, 67.71%, 63.02% and 63.77%, pentosan content were 24.54%, 26.16%, 22.73% and 23.35%, and lignin content were 24.96%, 26.46%, 30.95% and 28.39% respectively.

In the leaves of eucalyptus at the age of 3 years, 7 years and 10 years : moisture content were 5.91%, 5.47% and 5.80%, hot water solubility content were 36.88%, 34.27% and 34.46%, cold water solubility content were 34.74%, 32.07% and 32.56%, 1% sodium hydroxide solubility content were 73.82%, 72.37% and 67.50%, alcohol-benzene solubility content were 27.43%, 29.56% and 25.20%, holocellulose content were 34.60%, 36.63% and 41.84%, pentosan content were 9.88%,

11.34% and 10.63% and lignin content were 32.73%, 38.39% and 41.78% respectively. Chemical test of alkaloids, flavonoids, leucoanthocyanidins, coumarins and saponin revealed that in the bark and leaves of Eucalyptus camaldulensis contained only flavonoids.

Key words : Chemical compositions, bark and leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. at various ages , Buriram Province

บทนำ

พืชทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นพืชยืนต้นพืชล้มลุก พืชในพื้นที่ชุ่มน้ำ ตลอดจนวัชพืชต่างๆจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบทางเคมีใหญ่ๆ 3 ชนิด ดังนี้ โฮโลเซลลูโลส (Holocellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารแทรกหรือสารที่สกัดได้ (Extractives) ซึ่งในพืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณของสารแตกต่างกันไป ในเนื้อไม้ของพืชใบกว้าง (heartwood) โดยทั่วไปจะมีโฮโลเซลลูโลสในปริมาณมากที่สุดคือมีประมาณ 60-75 % มีปริมาณของลิกนินมากเป็นอันดับรองลงมาคือประมาณ 18-24% และมีปริมาณสารแทรกน้อยที่สุดคือไม่เกิน 10 % ทำให้ไม้แต่ละชนิดเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกันออกไปขึ้นกับปริมาณสารเคมีที่มีอยู่ และในเปลือกไม้และใบไม้ก็มีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกับที่มีอยู่ในเนื้อไม้ เพียงแต่ว่าปริมาณจะแตกต่างกันออกไป

จากที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นว่า ปริมาณสารแทรกในไม้แม้จะมีอยู่ในปริมาณน้อยมาก แต่ก็มีบทบาทอย่างมากต่อการใช้ประโยชน์ สารแทรกบางชนิดทำให้ไม้มีสีสวยงาม บางชนิดทำให้โครงสร้างไม้มีความแข็งมากขึ้น และสารแทรกในพืชหลายๆ ชนิดเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ ทำให้เกิดอาการระคายเคืองแพ้ เป็นสาเหตุของโรคหลอดลม โรคผิวหนัง และบางชนิดยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชด้วย จึงมีการนำพืชกลุ่มนี้มาใช้ประโยชน์ในการจับสัตว์ ทำยาฆ่าแมลง ยาเบื่อสัตว์ และอื่นๆ เป็นต้น สารแทรกสามารถแยกตามโครงสร้างทางเคมีได้ 5 กลุ่ม คือ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ โปรแอนโทไซยานิดิน คูมาริน และ ซาโปนิน จึงจำเป็นต้องศึกษาหากลุ่มของสารแทรกเหล่านี้เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการใช้ประโยชน์ควบคู่ไปกับองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีที่ได้กล่าวไปแล้ว

เนื่องจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และใบของมัน เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการใช้ประโยชน์จากเนื้อไม้ในอุตสาหกรรมและตามชุมชน บ้านเรือนต่างๆ ไม่มีการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า การจะนำเอาเศษวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ไปใช้จำเป็นต้องรู้ถึงองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีและชนิดของสารแทรกกลุ่มต่างๆ ที่มีอยู่ เพื่อประกอบการตัดสินใจในการนำไปใช้งาน ดังนั้น การศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีในใบและเปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นต่อการใช้ประโยชน์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ได้แก่ปริมาณความชื้น การละลายในน้ำร้อน การละลายในน้ำเย็น การละลายใน1%โซเดียมไฮดร็อกไซด์ การละลายในแอลกอฮอล์-เบ็นซีน ปริมาณโฮโลเซลลูโลส ปริมาณเพนโตแซนและปริมาณลิกนิน

2. เพื่อวิเคราะห์หากลุ่มสารเคมีที่สำคัญจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส ได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน ซาโปนิน และ ลิวโคแอนโทไซยานิดิน

วิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. เปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสจากจังหวัดบุรีรัมย์ อายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี และ ใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสจากจังหวัดบุรีรัมย์ อายุ 3 ปี 7 ปี และ 10 ปี
2. เครื่องบดไม้
3. ตะแกรงร่อนไม้
4. เครื่องแก้วและสารเคมีชนิดต่าง ๆ

วิธีการ

ทำการบดตัวอย่างเปลือกและใบยูคาลิปตัส ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช (mesh) และ 60 เมช เก็บตัวอย่างที่ค้างอยู่บนตะแกรงขนาด 60 เมช มาทำการทดลองหาองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีและวิเคราะห์หากลุ่มสารอัลคาลอยด์และฟลาโวนอยด์ดังนี้

1. หาองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของเปลือกและใบยูคาลิปตัส

1.1 ปริมาณความชื้นในไม้ (Moisture in wood) ตามมาตรฐาน TAPPI T 3 m

1.2 การละลายในน้ำ (Water solubility) การหาปริมาณสารที่ละลายในน้ำ จะทำหลังจากที่ได้สกัด เอาสารที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ออกไปแล้วแล้วจึงนำไปหาปริมาณการละลายในร้อนและน้ำเย็นต่อไป ตามมาตรฐาน TAPPI T 1 os-59

1.3 การละลายใน 1% โซเดียมไฮดร็อกไซด์ (1 percent caustic soda solubility) ตามมาตรฐาน TAPPI T 4 os-59

1.4 การละลายในแอลกอฮอล์-เบ็นซีน (Alcohol-Benzene solubility) ตามมาตรฐาน TAPPI T 6 os-59

1.5 ปริมาณโฮโลเซลลูโลส ตาม L.E.Wise : Techn.ASSOC. PROGRESS. 29,210(1964)

1.6 ปริมาณลิกนิน ตามวิธี CCA 5 of Swedish Association of Pulp and Paper Engineers.

1.7 ปริมาณเพนโตแซน ตามมาตรฐานของ TAPPI T19 m-50

2. วิเคราะห์หากลุ่มสารเคมีที่สำคัญจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส

นำตัวอย่างขี้เลื่อยชนิดละประมาณ 100 กรัม สกัดด้วยเอททิลแอลกอฮอล์ 95 % กรองเอาสารละลายเก็บไว้ ทำเช่นนี้จนกระทั่งสารละลายแอลกอฮอล์มีสีค่อนข้างใส แยกเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสูญญากาศจนได้สารละลายข้นเหนียว แล้วทำการตรวจหากลุ่มสารเคมีดังนี้

2.1 การตรวจหาอัลคาลอยด์ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

2.1.1 การทดสอบขั้นต้น (Preliminary test)

- นำสารสกัดเข้มข้น 25 มล. ใส่ในชามกระเบื้อง (Evaporating dish) แล้วเคี่ยวบนหม้ออังไอน้ำ จนได้สารสกัดข้นเหนียว ใส่กรดเกลือ (Hydrochloric Acid) เข้มข้น 2 โมลาร์ จำนวน 15 มล. ลงในชามกระเบื้อง คนให้เข้ากัน นำไปตั้งบนหม้ออังไอน้ำอีกครั้งเป็นเวลา 10 นาที นำไปกรอง

แบ่งสารละลายที่กรองได้ใส่ในหลอดทดลอง 5 หลอด ๆ ละ 1 มล. (สารละลายที่เหลือเก็บไว้ใช้ในการทดสอบขั้นยืนยันผล) หยดสารทดสอบ Dragendorff, s, Marme,s, Mayer,s และ Valser, s ลงในหลอดทดลอง แต่ละหลอดสังเกตสี และปริมาณของตะกอนที่เกิดขึ้นเทียบกับหลอดที่ไม่ได้เติมสารทดสอบ บันทึกผลการทดลองโดยให้ความหมายดังนี้คือ

+++	*ตะกอนมาก*	*++*	*ตะกอนน้อย*
+	*สารละลายขุ่น*	*-*	*ไม่มีตะกอนเลย*

2.1.2 การตรวจขั้นยืนผล (Confirmed test)

- นำสารละลายที่เหลือจากการทดสอบขั้นต้น ทำให้เป็นด่างด้วย 28% แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ รินสารละลายทั้งหมดลงในกรวยแยก สกัดด้วยคลอโรฟอร์ม 2 ครั้ง ๆ ละ 10 มล.

- นำชั้นคลอโรฟอร์มทั้งสองครั้งมารวมกัน แล้วระเหยให้งวดบนหม้ออังไอน้ำ (เก็บชั้นน้ำไว้ทดสอบหา quaternary alkaloids หรือ amine oxide base) เติมกรดเกลือ เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาณ 3 มล. ต้มและกวน 5 นาที กรอง

- แบ่งสารละลายเป็น 5 หลอด เพื่อใช้ทดสอบกับสารทดสอบ 4 ชนิด เช่นเดียวกับการทดสอบขั้นต้น

2.1.3 การตรวจหา Quaternary alkaloids หรือ Amine oxide base นำสารละลายชั้นน้ำจากการทดสอบขั้นยืนผล มาทำให้เป็นกรดด้วยกรดเกลือเข้มข้น 2 โมลาร์ กรอง แบ่งสารละลายเป็น 5 หลอด ทดสอบเช่นเดียวกับ 2 ขั้นตอนที่กล่าวมาแล้ว

2.2 การตรวจหาฟลาโวนอยด์และลิวโคแอนโทไซยานิดิน

2.2.1 การเตรียมตัวอย่างสารสกัด

- นำสารสกัดที่เข้มข้น 5 มล. ใส่ในชามกระเบื้อง (Evaporating dish) เคี่ยวบนหม้ออังไอน้ำจนแห้ง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

- สกัดส่วนที่เป็นไขมันและแวกซ์ออกให้หมดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) แล้วละลายสารสกัดด้วย 95% เอทิลแอลกอฮอล์ 10 มล. กรอง

- แบ่งสารละลายที่กรองแล้วใส่หลอดทดลอง 3 หลอดๆ ละ 2 มล. เก็บหลอดที่ 1 ไว้เป็นตัวเปรียบเทียบ

2.2.2 การทดสอบไซยานีดิน (Cyanidin test)

- นำสารละลายหลอดที่ 2 ใส่ชิ้นแมกนีเซียม (magnesium ribbon) เล็กๆ 2- 3 ชิ้น เติมกรดเกลือเข้มข้น 0.5 มล. สังเกตการเปลี่ยนสี ถ้าได้สีในช่วงส้มแดง แสดงว่ามีฟลาโวน

ถ้าได้สีแดง ม่วงแดง แสดงว่ามีฟลาโวนอล

ถ้าได้สีม่วงแดง ม่วง แสดงว่ามีฟลาโวโนน

ส่วน อะกลีโคน(aglycone) หรือแซนโธน (xanthone) อื่นๆ ก็ให้ผลบวกกับการทดสอบนี้เช่นกัน บางทีก็ให้สีเขียว หรือน้ำเงิน แต่ชาลโคน (Chalcone) หรือออโรน (Aurone) จะไม่ให้ผลใดๆ (ไม่มีสี) กับการทดสอบนี้

- เติมน้ำ 2 มล. และออกทานอล (Octanol) 1 มล. เขย่าหลอดแรง ๆ ตั้งทิ้งไว้แยกชั้น สังเกตสีตัวทำละลายทั้งสอง ถ้าสังเกตเห็นสีในชั้นน้ำแสดงว่าสารที่พบอยู่ในรูปสารประกอบไกลโคไซด์ เพราะสารประกอบไกลโคไซด์ละลายน้ำได้ดี แต่ถ้าสังเกตเห็นสีในชั้นตัวทำละลายออกทานอล แสดงว่าสารที่พบอยู่ในรูปอะกลีโคน (ไม่ได้จับอยู่กับโมเลกุลน้ำตาล) จึงละลายได้ดีในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์

2.2.3 การตรวจหาลิวโคแอนโธไซยานิน (Leucoanthocyanin test)

- สารละลายหลอดที่ 3 เติมกรดเกลือเข้มข้น 0.5 มล. อุ่นบนหม้ออังไอน้ำ 5 นาที สังเกตการเปลี่ยนสีที่เกิดขึ้น ถ้าเกิดสีม่วงแดงขึ้น แสดงว่ามีสารประกอบลิวโคแอนโธไซยานินในสารสกัดที่ตรวจ

2.3 การตรวจหาคูมาริน

- ใส่ผงขี้เลื่อย 3 กรัม ลงในขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 มล และทำให้ผงขี้เลื่อยชื้นด้วยน้ำกลั่น

- ปิดขวดด้วยกระดาษกรองที่ทำให้ชื้นด้วย 1 โมลาร์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วปิดทับด้วยอลูมิเนียมฟอล์ย นำไปตั้งบนหม้ออังไอน้ำ 30 นาที

- นำกระดาษกรองที่ปิดขวดไปดูภายใต้แสงอุลตร้าไวโอเลต สังเกตการเรืองแสงที่เกิดขึ้นภายหลังจากนั้นสักครู่บันทึกผลการทดลอง ถ้าในสารสกัดมีคูมารินอยู่จะปรากฏการเรืองแสงสีเหลืองเขียวขึ้นประมาณ 2 - 3 นาที ทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบคูมารินจะระเหยกลายเป็นไอและทำปฏิกิริยากับสารละลายด่างให้ผลิตภัณฑ์ที่เรืองแสงสีเหลืองเขียวภายใต้แสงอุลตร้าไวโอเลต อย่างไรก็ตามอนุพันธ์ของสารประกอบคูมารินอื่นๆ จะไม่ระเหย ทำให้ไม่ให้ผลกับการตรวจสอบนี้

2.4 การตรวจหาซาโปนิน

เนื่องจากซาโปนินจะมีคุณสมบัติพิเศษทางกายภาพคือ เมื่อเขย่ากับน้ำแล้วจะเกิดฟอง จึงใช้คุณสมบัติข้อนี้มาใช้ในการตรวจหาซาโปนิน โดยเรียกวิธีการนี้ว่า การทดสอบฟอง (Froth test) มีรายละเอียดดังนี้

- ใช้ผงขี้เลื่อย 100 มก. ในหลอดทดลองขนาดเล็ก เติมน้ำกลั่นลงไป 5 มล. นำไปต้มบนหม้ออังไอน้ำเป็นเวลา 5 นาที

- กรองสารละลายใส่หลอดทดลองหลอดใหม่ขณะที่ยังร้อนอยู่ ทิ้งไว้ให้เย็น

- เขย่าสารละลายที่กรองแล้วอย่างแรงเป็นเวลา 1 นาที บันทึกผลการทดลอง ถ้าเกิดฟองรังผึ้งสูงอย่างน้อย 2 ซม. เหนือผิวหน้าสารละลาย และคงทนอยู่นานกว่า 30 นาที แสดงว่ามีซาโปนินอยู่ อย่างไรก็ดีอาจมีสารประกอบอื่นที่สามารถให้ฟองลักษณะคล้ายกันนี้ (น้อยกว่าและไม่คงทนเท่า) ทำให้อาจสรุปผิดพลาดได้ จึงต้องทดสอบในขั้นยืนยันผลในขั้นตอนต่อไป

- นำสารละลายในหลอดขั้นต้นมาเติมกรดซัลฟูริก เจือจาง ลงไป 1 มล. นำไปต้มบนหม้ออังไอน้ำ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น สังเกตผลที่ได้นำมาเขย่าอีกครั้ง บันทึกผลการทดลอง ถ้าเกิดตะกอนในขั้นนี้แสดงว่า การเกิดฟองในขั้นตอนที่ผ่านมาเกิดจากซาโปนิน

การเตรียมสารทดลองข้างต้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. Dragendorff's reagent ละลายบิสมัสไนเตรต ในสารละลายกรดไนตริก 30 % 9 (w / v) 12 มล. แล้วนำสารละลายนี้ผสมกับสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ 27.2 กรัม ในน้ำ 50 มล. เติมน้ำจนมีปริมาตร 100 มล.

2. Marme's regent ละลายแคดเมียมไอโอไดด์ 10 กรัม ในน้ำ 50 มล. ผสมกับสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ 20 กรัม ในน้ำ 20 มล. เติมน้ำจนมีปริมาตร 100 มล.

3. Mayer' s regent ละลายเมอคิวริกคลอไรด์ 1.36 กรัมในน้ำ 60 มล.ผสมกับสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ 5 กรัม ในน้ำ 10 มล. เติมน้ำจนมีปริมาตร 100 มล.

4. Valser's regent ละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ 10 กรัม ในน้ำ 80 มล. เติมน้ำจนมีปริมาตร 100 มล. เทลงในเมอรคิวริกไอโอไดด์ 14 กรัม ในน้ำ คนจนละลายเกือบหมด

ผลและวิจารณ์

ผลของการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี และการตรวจหากลุ่มสารเคมีที่สำคัญจากเปลือกและใบยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส จากจังหวัดบุรีรัมย์ ที่ชั้นอายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 ตารางที่ 2 ตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4

Table 1 Chemical compositions from bark of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from Burirum province at the age of 3 years, 5 years, 7 years and 10 years

Chemical compositions	Age (years)			
	3	5	7	10
1. Moisture (%)	4.56	4.53	5.00	3.04
2. Water Solubility of Wood				
- Hot water solubility (%)	16.26	20.43	22.09	20.40
- Cold water solubility (%)	14.91	18.57	20.43	18.98
3. 1 % sodium hydroxide solubility (%)	32.38	33.30	35.83	34.11
4. Alcohol-benzene solubility (%)	12.89	11.61	8.11	7.99
5. Holocellulose (%)	72.25	67.71	63.02	63.77
6. Pentosan (%)	24.54	26.16	22.73	23.35
7. Lignin (%)	24.96	26.46	30.95	28.39

Table 2 Chemical compositions from leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from Burirum province at the ages of 3 years, 7 years and 10 years

Chemical compositions	Age (years)		
	3	7	10
1. Moisture (%)	5.91	5.47	5.80
2. Water Solubility of Wood			
- Hot water solubility (%)	36.88	34.27	34.46
- Cold water solubility (%)	34.74	32.07	67.50
% sodium hydroxide solubility (%)	173.82	72.37	34.11
4. Alcohol-benzene solubility (%)	27.43	29.56	25.20
5. Holocellulose (%)	34.60	36.63	41.84
6. Pentosan (%)	9.88	11.34	10.63
7. Lignin (%)	32.73	38.39	41.78

Table 3 Alcaloid from bark and leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Reagent	Precipitation	
	Bark	Leaves
1. Dragendorff 's reagent	-	-
2. Marme 's regent	-	-
3. Mayer 's regent	-	-
4. Valser 's regent	-	-

- no precipitation

Table 4 Flavonoids Coumarins Saponins and Leucoanthocyanidin from bark and leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Part of sample	Phytochemical test			
	Flavonoids	Leucoanthocyanin	Coumarins	Saponins
Bark	+	-	-	-
Leaves	+	-	-	-

- negative + positive

การทดลองหาองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จะเป็นประโยชน์สำหรับการนำเปลือกและใบไปใช้ประโยชน์ ซึ่งค่าที่หาจะมีค่าปริมาณความชื้น ค่าการละลายในตัวทำละลายชนิดต่างๆ เช่น น้ำร้อน น้ำเย็น ตัวทำละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ตัวทำละลายอินทรีย์ นอกจากนี้ ยังได้วิเคราะห์หาปริมาณโฮโลเซลลูโลส ลิกนิน และเพนโตแซนอีกด้วย ซึ่งผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 ซึ่งในกรณีของใบยูคาลิปตัส จะมีการทดลองที่อายุ 3 ปี 7 ปี และ 10 ปี เท่านั้น ไม่มีผลการทดลองของชั้นอายุ 5 ปี เนื่องจากตัวอย่างที่เก็บมามีไม่พอเพียงที่จะใช้ในการทดลองได้ จะเห็นว่าเปลือกยูคาลิปตัสที่ชั้นอายุต่างๆ ที่ทำการทดลองมีความชื้นน้อยกว่าใบเล็กน้อยคือมีค่าความชื้น 3.04 - 5.00% ในขณะที่ความชื้นในใบมีค่า 5.47 - 5.91% ซึ่งถือว่ามีปริมาณความชื้นน้อยถ้าเปรียบเทียบกับในเนื้อไม้ และน้อยกว่าความชื้นในบรรยากาศด้วย

เปลือกยูคาลิปตัสที่ชั้นอายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี มีค่าการละลายในน้ำร้อนอยู่ในช่วง 16.26 - 22.09% และใบมีค่าเป็น 34.46 - 36.88% ซึ่งมีมากกว่าเปลือกมากกว่าเท่าตัว เป็นเพราะว่าในใบมีสารประกอบทางเคมีจำพวกที่ละลายได้ในน้ำร้อน เช่น แทนนิน เปคติน คาร์โบไฮเดรต เป็นต้น มากกว่าในเปลือก ค่าการละลายในน้ำเย็นในเปลือกและใบมีค่าอยู่ในช่วง 14.-1 - 20.43% และ 32.07 - 34.74% ซึ่งมีมากกว่าเปลือกเกือบเท่าตัวเช่นกัน แสดงว่าในใบยูคาลิปตัสมีสารประกอบจำพวกน้ำตาล สี แป้ง มากกว่าในเปลือกยูคาลิปตัส

ค่าของการละลายใน 1% โซเดียมไฮดร็อกไซด์ จะเป็นตัวที่แสดงว่า เปลือกหรือใบมีความทนทานต่อการเข้าทำลายของเห็ดรามากน้อยเพียงใด กล่าวคือ ถ้าค่านี้มีค่ามาก แสดงว่า ตัวอย่างพืชนั้นจะมีความทนทานต่อการเข้าทำลายของเห็ดราลดลง ในทางตรงกันข้าม ถ้าค่านี้มาค่าน้อย ตัวอย่างพืชนั้นก็จะมีความทนทานต่อการเข้าทำลายของเห็ดราได้มาก

พิจารณาค่านี้ในเปลือกยูคาลิปตัส มีค่าอยู่ในช่วง 32.38 - 35.83 % และในใบยูคาลิปตัสมีค่านี้สูงมาก คือ 67.50 - 73.82 % จะเห็นว่าค่าการละลายใน 1% โซเดียมไฮดร็อกไซด์ในเปลือกมีค่ามากกว่าในใบมาก เปลือกยูคาลิปตัสจึงมีความทนทานต่อการย่อยสลายด้วยเห็ดราทำลายไม้ได้ดีกว่าใบยูคาลิปตัส ซึ่งสอดคล้องกับความเป็นจริงที่เรามักพบเห็นอยู่เสมอว่า ใต้ต้นยูคาลิปตัสมักมีเห็ดเจริญเติบโตอยู่ ตามที่เราเรียกกันว่าเห็ดยูคานั่นเอง

องค์ประกอบทางเคมีที่ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์-เบ็นซีน จะเป็นสารประกอบอินทรีย์หรือสารประกอบที่มีความเป็นขั้วสูง (Polar) พบว่าในเปลือกมีค่อนข้างน้อย คือ มีค่าอยู่ในช่วง 7.99 - 12.89% ในขณะที่ใบมีมากถึง 25.20 - 29.56 % อาจเป็นเพราะว่า คลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ถูกสกัดออกมาด้วย รวมทั้งมีสารอินทรีย์ชนิดอื่นๆ มากกว่าในเปลือก

ปริมาณโฮโลเซลลูโลส ประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส ซึ่งสารประกอบทั้งสองชนิดนี้จะเป็นองค์ประกอบของน้ำตาลหลายๆ ชนิดมาเชื่อมต่อกัน โดยที่เฮมิเซลลูโลสจะประกอบด้วยน้ำตาล 5 คาร์บอนและน้ำตาล 6 คาร์บอนเชื่อมต่อกันด้วยพันธะที่ไม่แน่นอน สามารถย่อยสลายพันธะโดยใช้ด่าง ในขณะที่เซลลูโลสจะประกอบไปด้วยแอลฟาเซลลูโลส เชื่อมต่อกันอย่างเป็นระเบียบด้วยพันธะที่แข็งแรง และจะเป็นองค์ประกอบหลักของโฮโลเซลลูโลส ดังนั้น การทราบปริมาณโฮโลเซลลูโลสที่มีอยู่ในพืช จะสามารถทราบถึงปริมาณของเซลลูโลสได้อย่างประมาณการ เนื่องจากค่าจะแปรผันตามกัน จากการทดลองพบว่า เปลือกยูคาลิปตัสมีค่าโฮโลเซลลูโลสสูงมาก โดยมีค่าอยู่ในช่วง

63.02 - 72.25% ในขณะที่ในใบมีเพียง 34.60 - 41.84% แสดงว่า ในเปลือกยูคาลิปตัสมีปริมาณน้ำตาล สูงกว่าในใบมาก การใช้ประโยชน์จากเปลือกในด้านของการเป็นอาหารของจุลินทรีย์จะมีแนวโน้มที่จะเป็นไปได้มากกว่าในใบ

ในเปลือกยูคาลิปตัสมีปริมาณเพนโตแซนสูงเกือบเท่าที่พบในเนื้อไม้ คือมีค่าอยู่ในช่วง 22.73 - 26.16% เพนโตแซนเป็นเฮมิเซลลูโลสที่อยู่ในรูปของน้ำตาล 5 คาร์บอน คือ ไซโลส (Xylose) ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดจะได้ เฟอร์เฟอรอล (Furfural) ซึ่งใช้มากในอุตสาหกรรมมากมายหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมน้ำมันเครื่อง ยาขัดรองเท้า ยากำจัดศัตรูพืช ยากำจัดเชื้อรา เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมทำ Nitrocellulose และ Cellulose acetate เป็นต้น จึงเป็นไปได้ว่าเปลือกของยูคาลิปตัสอาจสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นของการผลิตเฟอร์เฟอรอลได้ ซึ่งคงต้องมีการทดลองต่อไป ส่วนในใบยูคาลิปตัสมีปริมาณเฟอร์เฟอรอลค่อนข้างน้อย คือมีค่าอยู่ในช่วง 9.88 - 11.34%

ปริมาณลิกนินในเปลือกยูคาลิปตัสมีค่าอยู่ในช่วง 24.96 - 30.95% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณลิกนินในเนื้อไม้ใบกว้างทั่วๆ ไป และในใบมีค่าอยู่ในช่วง 32.73 - 41.78% ซึ่งมีค่าสูงกว่าในเนื้อไม้โดยทั่วไป ถ้าพิจารณาปริมาณโฮโล-เซลลูโลสในเปลือกยูคาลิปตัส จะเห็นว่ามีปริมาณค่อนข้างสูงคือ 75.03% แต่ก็มีปริมาณลิกนินสูงมากด้วย น่าจะนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ไม้อัดได้ดี เนื่องจากลิกนินจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงได้เป็นอย่างดี

การทดสอบกลุ่มสารเคมีที่สำคัญ 5 กลุ่ม คือ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน ซาโปนิน และลิวโคแอนโทไซยานิดิน จากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ผลปรากฏว่า ไม่พบอัลคาลอยด์คูมาริน และซาโปนิน พบเฉพาะฟลาโวนอยด์เท่านั้น

สรุป

จากผลการทดลองที่กล่าวมาทั้งหมด ทำให้ทราบถึงองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีที่มีอยู่ในเปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากจังหวัดบุรีรัมย์ที่ชั้นอายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี และในใบยูคาลิปตัสที่ชั้นอายุ 3 ปี 7 ปี และ 10 ปี ซึ่งจะมีองค์ประกอบที่แตกต่างจากเนื้อไม้อย่างมาก โดยเฉพาะค่าของโฮโลเซลลูโลสจะมีค่าค่อนข้างสูงในเปลือก และมีค่าน้อยมากในใบ

การวิเคราะห์หากลุ่มสารในเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส พบเฉพาะสารแทรกกลุ่มฟลาโวนอยด์เท่านั้น เนื่องจากสารแทรกกลุ่มนี้ มีบทบาทอย่างมากในวงการแพทย์และเภสัช การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้น หากมีการศึกษาถึงชนิดของฟลาโวนอยด์ที่มีอยู่ ก็สามารถขยายขอบข่ายการใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางมากขึ้น จึงเห็นได้ว่า ผลจากการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นข้อมูลพื้นฐานต่อการใช้ประโยชน์เปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และเป็นข้อมูลสำหรับการศึกษาต่อยอดสำหรับผู้ที่สนใจต่อไป

บรรณานุกรม

Browning,B.L. 1963. The Chemistry of Wood. John Wiley & Son, New York. 689 pp.

Browning,B.L. 1967. Method of Wood Chemistry. Vol.12 . Wood. John Wiley & Son, New York. 882 pp.

Richard J. Lewis,Sr. 2001. Hawley's Condensed Chemical Dictionary. John Wiley & Sons,Inc. New York, U.S.A. 1223pp.

Technical Association of Pulp Paper Industry (TAPPI). New York, U.S.A. Testing Method.

Wise,L.E. et.al. 1946. Tech Assoc Progress. P.210.

ทรรศนีย์ กิติรัตน์ตระการ. 2542. สารแทรกกลุ่มเบ็นซีนอยด์. เอกสาร ร.548. กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 79 หน้า.

อ้อมบุญ ล้วนรัตน์ และคณะ. 2536. การสกัดและตรวจสอบสารสำคัญจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ. 248 หน้า.

แทนนินจากเปลือก และใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

Tannin from Bark and Leaf of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

ทรรศนีย์ พัฒนเสรี [*1]
และ ชูจิตร อนันตโชค [*1]
Tasanee Pattanaseree [*1]
and Choojit Anantachoke [*1]

[*1] กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
email : tasaneepat@yahoo.com

บทคัดย่อ

วิเคราะห์หาชนิดของแทนนินจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากสวนป่าจังหวัดบุรีรัมย์ อายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี พบว่า ในเปลือกยูคาลิปตัสจะเป็นแทนนินชนิดคอนเดนส์แทนนิน และในใบจะเป็นแทนนินชนิดไฮโดรไลซาเบิลแทนนิน วิเคราะห์หาปริมาณแทนนินจากเปลือกยูคาลิปตัสที่อายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี มีปริมาณแทนนินเป็น 2.16% 3.83% 7.40% และ 4.34% และในใบยูคาลิปตัสที่ช่วงอายุเดียวกันมีปริมาณแทนนิน 4.79% 5.94% 7.89 % และ 5.32% ตามลำดับ

คำหลัก : แทนนิน เปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สวนป่าบุรีรัมย์

ABSTRACT

Tannin analysis from bark and leaf of *Eucalyptus camaldelensis* Dehnh. form Burirum plantation forest found that tannin in eucalyptus bark was condensed tannin and tannin in the leaf was hydrolyzable tannin. The quantity of tannin from eucalyptus bark at the age of 3 years, 5 years, 7 years and 10 years were 2.16%, 3.83%, 7.40% and 4.34% and tannin quantity from eucalyptus leaf at the same age were 4.79%, 5.94%, 7.89% and 5.32% respectively.

Key word : Tannin, bark and leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Burirum plantation forest.

บทนำ

แทนนินเป็นสารโพลีฟีนอล มีสีเหลือง ไม่สามารถตกผลึกได้ มีรสฝาด เมื่อละลายน้ำจะได้สารแขวนลอย มีฤทธิ์เป็นกรด สามารถรวมตัวกับโปรตีนในหนังสัตว์ ทำให้ไม่เกิดการเน่าเปื่อยตามธรรมชาติ และยังทำให้หนังเป็นเงางามและมีความทนทาน จึงมีการใช้มากในอุตสาหกรรมฟอกหนัง นอกจากนี้ แทนนินยังสามารถตกตะกอนเจลลาติน อัลบูมิน แป้ง และอัลคาลอยด์ได้หลายชนิด จึงใช้แทนนินในยาแก้ท้องเสีย หรือยาฝาดสมาน และยังใช้แทนนินในการรักษาพิษที่เกิดจากอัลคาลอยด์ได้อีกด้วย เนื่องจากแทนนินจะรวมตัวกับอัลคาลอยด์ได้เป็นแทนเนท (Tannate) ที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้อัลคาลอยหมดฤทธิ์ไป นอกจากนี้ ยังมีการใช้แทนนินเป็นสารช่วยติดสีในการย้อมผ้าอีกด้วย แทนนินแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามโครงสร้างขององค์ประกอบหลักของสาร คือ

1. ไฮโดรไลซาเบิลแทนนิน (Hydrolyzable tannin) ประกอบด้วย phenolic acid ตั้งแต่ 2 โมเลกุลขึ้นไปเชื่อมต่อด้วยพันธะเอสเตอร์ (ester linkage)กับน้ำตาล เป็นสารที่เป็น amorphous มีสีน้ำตาลนวล สามารถย่อยสลายได้ง่ายเมื่อต้มกับกรดหรือน้ำย่อยแทนเนส (Tannase) จะได้กรดต่างๆ ของโพลีฟีนอลิค และน้ำตาล ไฮโดรไลซาเบิลแทนนินไม่สามาถนำมาใช้ฟอกหนังได้ แบ่งได้เป็น 2 ชนิดขึ้นกับกรดฟีนอลิคที่ได้จากการแยกสลาย คือ ถ้าประกอบด้วยกรดแกลลิค (gallic acid) เรียก แกลโลแทนนิน(Gallotannin) และถ้าประกอบด้วยกรดอีลาจิก (ellagic acid) เรียก อีลาจิกแทนนิน (Ellagitannin)

2. คอนเดนส์แทนนิน(Condensed tannin) ถูกย่อยสลายได้ยาก ไม่ละลายน้ำ เมื่อนำคอนเดนส์แทนนินไปต้มกับกรดจะเกิดการโพลีเมอร์ไรซ์ ได้ตะกอนสีแดง จึงเรียกแทนนินนี้ว่า tannin-red หรือ insoluble amorphous phlobaphene คอนเดนส์แทนนิน มีประโยชน์มากในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น ใช้เป็นกาวในอุตสาหกรรมไม้อัด ใช้ทำยูรีเทนโฟม ใช้เป็นสารเคลือบ ใช้ในอุตสาหกรรมขุดเจาะน้ำมัน ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง และใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น

จากที่กล่าวมา จะเห็นว่า แทนนินมีประโยชน์มากมาย ดังนั้น การศึกษาหาปริมาณแทนนินจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จะทำให้มีการใช้ประโยชน์จากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส แทนที่จะทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ด้วย

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณแทนนินในเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

วิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. เปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส
2. เครื่องยูวี สเปคโตณโฟโตมิเตอร์
3. สารมาตรฐานแทนนิค แอซิด

วิธีการ

การวิเคราะห์หาแทนนินและชนิดของแทนนิน

1. ทำการวิเคราะห์หาแทนนินโดยทำปฏิกิริยากับเจลลาติน สังเกตุดูว่ามีตะกอนเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้ามีตะกอนแสดงว่ามีแทนนิน

2. ทำการวิเคราะห์หาชนิดของแทนนินดังนี้

ชนิดของสาร	Hydrolyzable tannin	Condensed tannin
Ferric acid	Dark blue (น้ำเงินดำ)	Greenish black (ดำเขียว)
Bromine water	ไม่ตกตะกอน	เกิดตะกอนเหลืองหรือน้ำตาล
Leather	Produce bloom (ลักษณะเด่งของหนังที่ฟอก)	No bloom
กรดซัลฟุริคเข้มข้น	เหลืองหรือน้ำตาล	แดงหรือชมพู
แคลเซี่ยมไฮดร็อกไซด์	น้ำเงินหรือเทา	ชมพูหรือน้ำตาล

การวิเคราะห์หาปริมาณแทนนิน

2. ทำการวิเคราะห์หาชนิดของแทนนินด้วยวิธี Colorimetric method เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินโดยใส่กรดแทนนิค ซึ่งจะทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับแทนนินแล้วมีสีเกิดขึ้น วัดการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ใช้กรดแทนนิค (Tannic acid) เป็นสารมาตรฐานในการทำ standard curve หาปริมาณของ แทนนินได้โดยเทียบกับ standard curve ของกรดแทนนิค

ผลและวิจารณ์

ชนิดและปริมาณแทนนินจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่อายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

Table 1 Type of tannin and tannin content from bark and leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. at the age of 3 years, 5 years, 7 years and 10 years

Sample	Tannin (%)				Type of tannin
	3 yrs	5 yrs	7 yrs	10 yrs	
Bark	2.16	3.82	7.40	4.34	Condensed tannin
Leaves	4.79	5.94	7.89	5.32	Hydrolysable tannin

ในการวิเคราะห์หาชนิดของแทนนินจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยใช้หลักการเกิดปฏิกิริยากับสารแล้วให้สีที่แตกต่างกัน หรือความแตกต่างของการเกิดตะกอนตามวิธีการต่างๆ ที่กล่าวมา พบว่า ในเปลือกยูคาลิปตัสจะพบแทนนินชนิดคอนเดนส์แทนนิน แสดงว่า โครงสร้างของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบจะเป็นชนิดคาเทชิน ส่วนในใบยูคาลิปตัส จะพบแทนนินชนิดไฮโดรไลซาเบิลแทนนิน แสดงว่าโครงสร้างทางเคมีจะเป็นกรดแกลลิคหรือกรดอีลาจิค จึงเห็นได้ว่า เราสามารถใช้ประโยชน์จากคอนเดนส์แทนนินที่มีอยู่ในเปลือกยูคาลิปตัสได้อย่างหลากหลาย ที่พบว่ามีการใช้มากคือใช้ในการฟอกหนัง การย้อมแหและอวน การใช้เป็นกาวในอุตสาหกรรมไม้อัดต่างๆ การใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น ส่วนใบยูคาลิปตัสนั้นจะมีการใช้ประโยชน์ของไฮโดรไลซาเบิลแทนนินได้น้อยกว่า เนื่องจากไม่สามารถนำไปใช้ในการฟอกหนังได้ แต่สามารถใช้ในการย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติได้ หรือใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดี

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินจากเปลือกยูคาลิปตัสที่อายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี พบว่า ในเปลือกยูคาลิปตัสมีปริมาณคอนเดนส์แทนนินเป็น 2.16% 3.82% 7.40% และ 4.34% ตามลำดับ โดยปริมาณของคอนเดนส์แทนนินจะเพิ่มขึ้นตามอายุของต้นไม้ และมีค่ามากที่สุดที่อายุ 7 ปี และมีค่าลดลงที่อายุ 10 ปี พิจารณาปริมาณไฮโดรไลซาเบิลแทนนินในใบยูคาลิปตัสที่อายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี เช่นกัน พบว่า ปริมาณไฮโดรไลซาเบิลแทนนินมีค่าเป็น 4.97% 5.94% 7.89% และ 5.32% ตามลำดับ ปริมาณของไฮโดรไลซาเบิลแทนนินจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุของต้นไม้ และมีค่ามากที่สุดที่อายุ 7 ปี จากนั้นจะมีค่าลดลงที่อายุ 10 ปี จากที่กล่าวมา จะเห็นว่าปริมาณของแทนนินทั้งในเปลือกและใบยูคาลิปตัสจะเพิ่มขึ้นตามอายุของต้นไม้ในลักษณะเดียวกัน และมีค่ามากที่สุดที่อายุ 7 ปี จากนั้นจะลดลงที่อายุ 10 ปี และในใบยูคาลิปตัสจะมีปริมาณแทนนินมากกว่าในเปลือกยูคาลิปตัสในทุกชั้นอายุ

สรุป

จากผลการทดลอง จะเห็นว่าทั้งเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีปริมาณแทนนินมากที่สุดที่อายุ 7 ปี คือ ประมาณ 7.40 และ 7.89% ซึ่งถือว่ามีปริมาณมากพอที่จะแยกไปใช้ประโยชน์ได้ ตามที่ทราบดีแล้วว่า คอนเดนส์แทนนินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี เนื่องจากมีโครงสร้างที่เปลี่ยนรูปมาจากฟลาโวนอยด์ ดังนั้นการได้ศึกษาถึงการใช้ประโยชน์แทนนินในสาขานี้ จะเป็นการเพิ่มคุณค่าของแทนนินจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสในอีกทางหนึ่ง ส่วนไฮโดรไลซาเบิลแทนนินจากใบ สามารถแยกออกและใช้ในการย้อมผ้าจากสีธรรมชาติ หรือใช้เป็นสารช่วยติดสีในอุตสาหกรรมย้อมสีจากธรรมชาติได้ เป็นการลดการใช้สารเคมี รักษาสภาวะแวดล้อม และลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนด้านสีย้อมสังเคราะห์หรือสารช่วยติดสีได้อีกด้วย

บรรณานุกรม

1. AOAC. 1980. Official Method of Analysis . Association of Official Agriculture Chemist , Washington D.C. 13th ed. P.p.154.

2. Gustavson,K.H. 1965. The Chemistry of Tanning Process. Academic Press Inc. Publishers. New York. p.p. 142-197.

3. Hillis,W.E. 1960. Wood Extractives and their Significance to the Pulp and Paper Industry. p.p.192-255.

4. Joseph,Rosin. 1961. Reagent Chemicals and Standard. D.Van Nostran Company,Inc. New York. 4th ed. p.p.831-832.

5. ทรรศนีย์ กิติรัตน์ตระการ. 2542. สารแทรกกลุ่มเบ็นซีนอยด์. เอกสาร ร. 548. กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 79 หน้า.

6. ปรีชา เกียรติกระจาย. 2526. เคมีของเนื้อไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 181 หน้า.

7. อ้อมบุญ ล้วนรัตน์และคณะ 2536. การสกัดและตรวจสอบสารสำคัญจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ. 248 หน้า.

สีย้อมจากเปลือกและใบ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

Dyeing from bark and leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

ทรรศนีย์ พัฒนเสรี [*1]
และ ชูจิตร อนันตโชค [*1]
Tasanee Pattanaseree [*1]
and Choojit Anantachoke [*1]

[*1] กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
email : tasaneepat@yahoo.com

บทคัดย่อ

ทดลองย้อมเส้นฝ้ายและเส้นไหมด้วยสีย้อมจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยวิธีการย้อมสีโดยตรงและใช้สารส้มและมะขามเปียกเป็นสารช่วยติดสี พบว่า เส้นไหม เมื่อย้อมด้วยสีย้อมจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสให้สีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลอมเหลือง ขึ้นกับชนิดของสารช่วยติดสีที่ใช้ เส้นไหมที่ได้มีความคงทนต่อการซักและมีความคงทนต่อแสงแดดดีมาก ยกเว้นการย้อมเส้นไหมจากเปลือกยูคาลิปตัสที่ใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีและวิธีการย้อมโดยตรงจะมีความคงทนต่อแสงในระดับดี ส่วนเส้นฝ้าย มีความคงทนต่อการซักดีมาก แต่ความคงทนต่อแสงแดดส่วนใหญ่แล้วอยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นเส้นฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมจากใบยูคาลิปตัส และใช้มะขามเปียกเป็นสารช่วยติดสี มีความทนทานต่อการซักดีมาก และเส้นฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกยูคาลิปตัส ตามด้วยน้ำมะขามเปียกจะมีความคงทนต่อแสงแดดดีมาก

คำหลัก : สีย้อมจากธรรมชาติ เปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เส้นไหม เส้นฝ้าย

ABSTRACT

Dyeing of cotton yarn and silk yarn using natural dyes from bark and leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. was performed by direct and mordant dyeing (use alum or tamarind paste). In the case of silk yarn , dyeing by using bark and leaves of *E.camaldulensis* gave brown and yellow-brown color depending on types of mordant. The color fastness to washing and sun light of the dye was very high. Apart from the fact that direct dyeing of *E.camaldulensis* bark using alum as mordant gave quite high color fastness to sun light . In the case of cotton yarn , the color fastness to washing of the dye is very high but the color fastness to sun light of the dye is middling, except that cotton yarn which was dyed by *E.camaldulensis* bark , using tamarind paste as mordant gave very high color fastness to sun light.

Key words : Natural dyes, bark and leaves of *Eucalyptus camaldulensis*, silk yarn, cotton yarn.

บทนำ

นับตั้งแต่สีสังเคราะห์เข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมสิ่งทอตั้งแต่ศตวรรษที่ 18 ความนิยมต่อการใช้สีจากธรรมชาติก็ลดน้อยลง เนื่องจากสีสังเคราะห์มีข้อดีตรงที่สีสดใส สวยงาม สะดวกต่อการใช้และการเก็บรักษา คงทนต่อการใช้งาน นอกจากนี้ สีสังเคราะห์ยังเลือกให้เหมาะกับเส้นใยกลุ่มต่างๆ ได้ดี ทำให้อุตสาหกรรมสิ่งทอหันมาใช้สีสังเคราะห์กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งคุณภาพของสีสังเคราะห์จะมีอย่างหลากหลาย สีสังเคราะห์บางชนิดเป็นสีย้อมที่ไม่ปลอดภัย อาจมีสารก่อมะเร็งเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ และก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมจากน้ำทิ้ง ประชาคมโลกจึงหันมาให้ความสนใจและตระหนักถึงพิษภัยเหล่านี้ สีย้อมจากธรรมชาติจึงกลับมาอยู่ในความสนใจอีกครั้งหนึ่ง

สีธรรมชาติ เป็นสีที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ และแร่ธาตุต่าง ๆ สีที่ได้จากพืชมักเป็นสารอินทรีย์ ได้จากส่วนต่างๆ ของพืชตั้งแต่ราก เปลือกราก ลำต้น เปลือกต้น แก่นไม้ ใบ ดอก ผล และเมล็ด เช่น สีย้อมจากรากยอ ได้เป็นสีแดง สีย้อมจากใบหูกวาง จะให้สีเขียวอ่อน สีย้อมจากต้นมหากาฬ และต้นฝาง จะได้สีชมพู สีย้อมจาก เปลือกต้นเพกา จะได้สีเขียว สีย้อมจากเปลือกรกฟ้า จะได้สีดำ สีย้อมที่ได้จากสัตว์ เช่น โคชินิล (Cochinil) ซึ่งเป็นสีแดงที่ได้จากตัวแมลงตากแห้ง *Coccus cacti* สีเคอร์มัส เป็นสีแดง-แดงส้ม ได้จากแมลงเปลือกแข็งขนาดเล็ก *Coccus illicis* สีแดงจากสิ่งที่ขับออกมากแมลงครั่ง เป็นต้น ซึ่งสารให้สีส่วนใหญ่แล้วเป็นสารในกลุ่มฟลาวานอยด์ มักให้สีเหลืองถึงเหลืองส้ม ถ้าเป็นพวกแอนโทไซยานินจะให้สีม่วง น้ำเงินและแดง

องค์ประกอบที่สำคัญของการย้อมสีที่ใช้กับสิ่งทอจะมี 3 ประการด้วยกัน คือ ชนิดของเส้นใยที่จะย้อม สารให้สีที่จะย้อม และกรรมวิธีในการย้อม ซึ่งทั้ง 3 ส่วนนี้ได้มีการพัฒนามาโดยตลอดเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีสวยงาม มีความคงทน ในที่นี้ จะขอกล่าวถึงกรรมวิธีในการย้อมสิ่งทอจากสีธรรมชาติ ดังนี้

กรรมวิธีการย้อมไหมและฝ้ายด้วยสีธรรมชาติแบ่งได้ 3 แบบ คือ

1. ย้อมแบบโดยตรง (Direct dyeing) สีธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นสีที่ละลายในน้ำ มีคุณสมบัติพิเศษในการติดเส้นใยได้เองโดยเกิดพันธะเคมีกับเส้นใยได้โดยตรง วิธีการนี้ติดสีง่ายแต่ก็หลุดง่ายเช่นเดียวกัน ความคงทนต่ำและได้สีที่ไม่สดใส ตัวอย่างเช่น สีจากขมิ้น ดอกคำฝอย ยอ เป็นต้น

2. ย้อมแบบแวต (Vat dyeing) สารให้สีย้อมวิธีนี้มักเป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำ ดังนั้นขั้นแรกของการย้อมแบบนี้ต้องทำให้สีนั้นละลายน้ำเสียก่อน ตัวอย่างการย้อมแบบนี้คือ สีย้อมจากคราม สีย้อมโดยวิธีนี้จะมีความคงทน ซึ่งนิยมใช้ย้อมผ้าฝ้ายและผ้ายีนส์

3. ย้อมแบบใช้มอร์แดนท์ (Mordant dyeing) การย้อมแบบนี้ต้องใช้สารช่วยติดสี หรือที่เรียกว่ามอร์แดนท์ เพื่อช่วยให้การยึดติดระหว่างตัวสีกับเส้นใยดีขึ้น ทำให้สีที่ได้จากการย้อมโดยวิธีนี้มีความคงทน ไม่ตกสีหรือซีดง่าย สีที่ย้อมโดยวิธีนี้เรียกสีมอร์แดนท์ ได้แก่ สีจากรากไม้ เปลือกไม้ แก่นไม้ ใบ ดอก ผล เมล็ด เป็นต้น ตัวอย่างเช่นสีจากรากยอป่า เปลือกไม้ฝาง แก่นขนุน ใบยูคาลิปตัส ใบติ้วแดง ดอกดาวเรือง เมล็ดคำเงาะหรือคำแสด เป็นต้น

ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เป็นไม้ต่างถิ่นที่นำเข้าจากออสเตรเลีย ปลูกกันอย่างแพร่หลายในทั่วทุกภาคของประเทศไทย เป็นต้นไม้ที่ขึ้นได้ในทุกสภาพดินและภูมิอากาศ แม้ในพื้นที่ดินเค็มก็สามารถเจริญเติบโตได้ จัดเป็นไม้โตเร็ว มีการใช้ประโยชน์ตั้งแต่ระดับครัวเรือน เช่น ใช้เป็นฟืน ใช้เผาถ่าน ใช้ในการก่อสร้าง เป็นต้น ไปจนถึงอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดใหญ่ เช่น ทำชิ้นไม้สับ อุตสาหกรรมกระดาษ ซึ่งจัดเป็นกลุ่มที่มีการบริโภคเนื้อไม้เป็นหลักปีละหลายแสนตัน ส่วนของเปลือกและใบมักถูกละเลย ไม่ได้ใช้ประโยชน์และยังกลายเป็นปัญหาในการกำจัดอีกด้วย

เนื่องจากเปลือกและใบของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสมีแทนนินเป็นองค์ประกอบอยู่ แทนนินมีคุณสมบัติใช้ย้อมสีเส้นใยได้และให้สีที่ติดทนด้วย โดยในเปลือกจะให้สีน้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาล ใบจะให้สีน้ำตาลถึงเหลืองน้ำตาล หรือน้ำตาลออกเขียว ขึ้นกับชนิดของสารช่วยติดสีที่ใช้ ดังนั้น การศึกษาถึงการใช้ประโยชน์ในด้านสีย้อมจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสจะช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์จากต้นไม้ได้อย่างคุ้มค่า และเป็นการสร้างงาน สร้างอาชีพ เพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่งด้วย

วิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. เส้นไหมและเส้นฝ้าย
2. เปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส
3. มะขามเปียก สารส้ม
4. หม้อ เตาไฟ

วิธีการ

การย้อมเส้นฝ้ายและเส้นไหม

1. ตัวอย่างเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสจากสวนป่าของเกษตรกรในจังหวัดขอนแก่น นำมาอย่างละ 500 กรัม ต้มกับน้ำจนเดือด ประมาณ 3 ชั่วโมง เทกรองเอาแต่น้ำย้อมที่ได้มาทดลองด้านสีย้อมต่อไป

2. นำเส้นฝ้ายและเส้นไหมที่ฟอกแล้วมาอย่างละประมาณ 100 กรัม ล้างด้วยผงซักฟอกแล้วตามด้วยน้ำเปล่าให้สะอาด เพื่อกำจัดเศษผงและฝุ่นละอองออกให้หมด สลัดเส้นไหมและเส้นฝ้ายให้เส้นยืดตรง เพื่อการย้อมต่อไป

3. นำตัวอย่างเส้นไหมและเส้นฝ้ายจากข้อ 2 มาทำการย้อมด้วยน้ำย้อมจากเปลือกและใบยูคาลิปตัสในข้อ 1 ย้อมทั้งวิธีการย้อมโดยตรง และวิธีการทดลองที่ใช้สารส้มและมะขามเปียกเป็นตัวช่วยติดสี ซึ่งจะใช้วิธีการใช้น้ำย้อมก่อนสารช่วยติดสี ใช้น้ำย้อมหลังสารช่วยติดสี และวิธีที่ใช้น้ำย้อมผสมกับสารช่วยติดสีแล้วจึงทำการย้อม

4. หมั่นคนเส้นไหมและเส้นฝ้ายอยู่เสมอ เพื่อให้เส้นไหมและเส้นฝ้ายติดสีได้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ

5. นำเส้นไหมและเส้นฝ้ายขึ้นจากสีย้อม ล้างน้ำจนหมดสี สลัดให้ยืดตรง ตากแดดให้แห้ง แล้วนำไปทดสอบคุณภาพของสีย้อมด้านความคงทนต่อการซัก ความคงทนต่อการตกสี และความคงทนของสีต่อแสงแดด

วิธีทดสอบความคงทนของสีย้อมต่อแสงแดด

การทดสอบความคงทนของสีย้อมต่อแสงแดด นำเส้นไหมและเส้นฝ้ายที่ได้จากการย้อมสีจากเปลือก และใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสโดยวิธีต่างๆ และเส้นด้ายที่ย้อมด้วยสีสังเคราะห์ที่มีขายในท้องตลาดมาตากแดดเป็นเวลาทั้งหมด 12 วัน โดยสังเกตการซีดลงของสีที่เวลา 1 วัน 3 วัน 7 วัน 9 วัน และ 12 วัน ตามวิธีการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 121 เล่ม 1-2518

วิธีทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก จะศึกษา 2 ด้าน คือ การทดลองการตกสี (Staining) ของเส้นใยตัวอย่างบนชิ้นผ้าขาวมาตรฐาน และการเปลี่ยนสี (Color change) ของเส้นใยว่าซีดจางลงจากเดิมมากน้อยเพียงใด โดยนำเส้นไหม เส้นฝ้ายที่ได้จากการย้อมด้วยสีย้อมจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสด้วยวิธีต่างๆ และเส้นด้ายที่มีขายอยู่ในท้องตลาด มาซักด้วยผงซักฟอก แล้วสังเกตการซีดลงของสีย้อมหลังการซัก และสังเกตการตกสีบนผ้าขาวตามวิธีที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 121 เล่ม 3-2518

ผลและวิจารณ์

การทดลองครั้งนี้ เป็นการย้อมเส้นไหมและเส้นฝ้ายด้วยสีย้อมจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยวิธีย้อมโดยตรง และวิธีที่ใช้สารช่วยติดสี (Mordant) ในการทดลองครั้งนี้จะใช้สารส้มและมะขามเปียกเป็นสารช่วยติดสี และใช้วิธีการย้อมทั้งหมด 3 วิธีการ คือ การใช้สารช่วยติดสีก่อนการย้อม การใช้สารช่วยติดสีหลังการย้อม และการใช้สารช่วยติดสีพร้อมไปกับการย้อม พบว่า สีย้อมที่ได้จากเปลือกจะเป็นสีน้ำตาลอ่อน แต่ถ้าใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีจะให้สีออกเหลืองน้ำตาล ถ้าใช้มะขามเปียกเป็นสารช่วยติดสีจะให้สีน้ำตาลเข้มกว่าวิธีย้อมโดยตรงเล็กน้อย ในกรณีที่ใช้ใบเป็นตัวให้สีย้อม จะได้สีน้ำตาลเข้มกว่าสีที่ได้จากเปลือกมาก และเช่นเดียวกันถ้าใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี จะได้สีเหลือง และได้สีน้ำตาลออกเหลืองเล็กน้อยถ้าใช้มะขามเปียกเป็นสารช่วยติดสี

การศึกษาด้านคุณภาพของสีบนเส้นไหมและเส้นฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลซิส โดยวิธีการต่างๆ ตามที่ได้กล่าวมา สามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ พิจารณาสีย้อมที่ได้จากเปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในตารางที่ 1 พบว่า ในเส้นไหมที่ใช้มะขามเปียกเป็นสารช่วยติดสี ระดับคุณภาพของสีมีค่าความคงทนต่อการซัก และการเปลี่ยนสีจากเดิมอยู่ในระดับดีมาก (มีค่า 5) มีค่าความคงทนของสีต่อแสงแดดอยู่ในระดับดีมาก (มีค่า 5) คือสีของเส้นไหมไม่ซีดจางเลยหลังจากตากแดดไปแล้ว 12 วัน ทั้ง 3 วิธีการ ไม่ว่าจะใช้มะขามเปียกก่อนการย้อม หรือใช้มะขามเปียกหลังการย้อม หรือใช้มะขามเปียกพร้อมกับการย้อม แสดงว่าวิธีการที่ใช้มะขามเปียกเป็นสารช่วยติดสีไม่มีผลต่อการย้อม เส้นไหมที่ได้มีความเงางาม คงทนต่อการซักและแสงแดดได้ดี ส่วนเส้นไหมที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกโดยวิธีย้อมโดยตรงและวิธีที่ใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี ให้ผลของค่าความคงทนของสีต่อการซักและการเปลี่ยนสีจากเดิมในระดับดีมาก (มีค่า 5) แต่ให้ค่าความคงทนของสีต่อแสงแดดอยู่ในระดับดี (มีค่า 4) คือสีของเส้นใยซีดจางลงหลังจากตากแดดไปแล้ว 9 วัน ส่วนเส้นด้ายที่ย้อมด้วยสีสังเคราะห์ ให้ค่าความคงทนต่อการซัก และความคงทนต่อการเปลี่ยนสีอยู่ในระดับดีมาก (มีค่า 5) เช่นกัน แต่ค่าความคงทนของสีต่อแสงแดดอยู่ในระดับปานกลาง (มีค่า 3) คือ สีซีดจางลงหลังจากตากแดดแล้ว 7 วัน

ในตารางที่ 2 จะแสดงคุณภาพของสีย้อมในเส้นไหมและเส้นฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส พบว่า เส้นไหมให้ค่าความคงทนของสีต่อการซัก ความคงทนต่อการเปลี่ยนสีจากเดิม และค่าความคงทนของสีต่อแสงแดดในระดับดีมาก (มีค่า 5) ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นวิธีการย้อมโดยตรง หรือการย้อมโดยใช้สารส้มและมะขามเปียกเป็นสารช่วยติดสีโดยวิธีการต่างๆ ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ในเส้นฝ้ายพบว่าการย้อมโดยใช้มะขามเปียกเป็นสารช่วยติดสีในทุกวิธี จะให้ค่าความคงทนต่อการซัก การเปลี่ยนแปลงของสีจากสีเดิมอยู่ในระดับดีมาก (มีค่า 5) ส่วนวิธีการย้อมเส้นฝ้ายโดยตรงและการย้อมโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี ให้ค่าความคงทนต่อการซัก และการเปลี่ยนแปลงของสีจากสีเดิมอยู่ในระดับดี (มีค่า 4) ส่วนค่าความคงทนต่อแสงแดดของเส้นฝ้าย พบว่าการย้อมด้วยสีย้อมแล้วตามด้วยมะขามเปียก ให้ค่าความคงทนต่อแสงแดดในระดับดีมาก (มีค่า 5) ส่วนการย้อมโดยใช้สีย้อม แล้วตามด้วยสารส้ม วิธีการใช้สีย้อมผสมสารส้มแล้วทำการย้อม และวิธีที่ใช้สีย้อมผสมมะขามเปียกแล้วทำการย้อม ให้ค่าความคงทนของสีต่อแสงแดดในระดับดีถึงปานกลาง (มีค่า 3 - 4) คือสีของเส้นฝ้ายเริ่มซีดจางเมื่อตากแดดไปแล้ว 7 วัน แต่สีซีดจางลงน้อยมาก ต้องสังเกตดีๆ จึงจะเห็น วิธีการย้อมอื่นๆ ที่เหลือจะได้เส้นฝ้ายมีค่าความคงทนของสีต่อแสงแดดในระดับปานกลาง (มีค่า 3) คือสีของเส้นฝ้ายซีดจางลงอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อตากแดดไปแล้ว 7 วัน ส่วนเส้นด้ายจากสีสังเคราะห์ให้ค่าความคงทนต่อการซัก และความคงทนต่อการเปลี่ยนสีอยู่ในระดับดีมาก (มีค่า 5) และให้ค่าความคงทนของสีต่อแสงแดดอยู่ในระดับปานกลาง คือสีซีดจางลงอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อตากแดดไปแล้ว 7 วัน

Table 1 Sun light durability and washing durability of dye from bark of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Method (Dye from Bark)	Quality					
	Washing durability				Sun light durability	
	Rate of bleaching		Rate of fade			
	Silk	Cotton	Silk	Cotton	Silk	Cotton
1. Direct dyeing	5	5	5	5	4	3
2. Dye from bark and follow with alum	5	5	5	5	4	3
3. Alum follow with dye from bark	5	5	5	5	4	3
4. Dye from bark and alum	5	5	5	5	4	3
5. Dye from bark and follow with tamarind	5	5	5	5	4	3
6. Tamarind follow with dye from bark	5	5	5	5	4	3
7. Dye from bark and tamarind	5	5	5	5	4	3
8. Synthetic yarn	-	5	-	5	-	3

Remark : Rate of bleaching and rate of fade : 5 - Excellent 4 - Good 3 - Medium 2 - Bad 1 - Very bad

Sun light durability : 5 - Excellent - expose to the sun 12 days 4 - Good - expose to the sun 9 days

3 - Medium - expose to the sun 7 days 2 - Bad - expose to the sun 3 days

1 - Very bad - expose to the sun 1 days

Table 2 Sun light durability and washing durability of dye from leave of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Method (Dye from Leaves)	Quality					
	Washing durability				Sun light durability	
	Rate of bleaching		Rate of fade			
	Silk	Cotton	Silk	Cotton	Silk	Cotton
1. Direct dyeing	5	5	5	5	4	3
2. Dye from bark and follow with alum	5	5	5	5	4	3-4
3. Alum follow with dye from bark	5	5	5	5	4	3
4. Dye from bark and alum	5	5	5	5	4	3-4
5. Dye from bark and follow with tamarind	5	5	5	5	5	5
6. Tamarind follow with dye from bark	5	5	5	5	5	3
7. Dye from bark and tamarind	5	5	5	5	5	3-4
8. Synthetic yarn	-	5	-	5	-	3

Remark : Rate of bleaching and rate of fade : 5 - Excellent 4 - Good 3 - Medium 2 - Bad 1 - Very bad

Sun light durability : 5 - Excellent - expose to the sun 12 days 4 - Good - expose to the sun 9 days

3 - Medium - expose to the sun 7 days 2 - Bad - expose to the sun 3 days

1 - Very bad - expose to the sun 1 days

สรุป

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่า เมื่อนำใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสมาย้อมเส้นไหมให้ผลการทดลองที่ดีกว่าสีย้อมที่ได้จากเปลือก จะให้สีน้ำตาลเข้มไปจนถึงสีเหลืองน้ำตาล ขึ้นกับวิธีการย้อมและชนิดของสารช่วยติดสีที่ใช้ กล่าวคือ ถ้าใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี จะได้สีเส้นไหมออกสีเหลืองสวยงาม แต่ถ้าใช้มะขามเปียกเป็นสารช่วยติดสี จะได้สีน้ำตาลออกเหลืองเล็กน้อย สีย้อมที่ได้มีความคงทนทน แวววาว สวยงาม ซึ่งการย้อมโดยจะใช้สารช่วยติดสีหรือใช้วิธีการย้อมโดยตรง ไม่มีผลต่อความคงทนของสีย้อม จะต่างก็ที่สีสันเท่านั้น เปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสก็ใช้ย้อมเส้นไหมได้ดีเช่นกัน แต่ควรเลือกใช้วิธีการย้อมที่ใช้มะขามเปียกเป็นสารช่วยติดสี ซึ่งจะย้อมโดยวิธีใดก็ไม่มีผลต่อความทนทานของการติดสี ต่างกันตรงสีสันเช่นกัน คือ ถ้าย้อมโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี จะให้สีน้ำตาล แต่ถ้าย้อมโดยใช้มะขามเปียกเป็นสารช่วยติดสี จะให้สีน้ำตาลเข้มขึ้นแลเข้มกว่าวิธีการย้อมโดยตรง ซึ่งสีย้อมที่ได้จากเปลือก จะมีสีอ่อนกว่าสีย้อมที่ได้จากใบ

ในกรณีของเส้นฝ้าย วิธีการที่เหมาะสมคือ ย้อมโดยใช้สีย้อมจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส แล้วตามด้วยมะขามเปียก จะได้เส้นฝ้ายที่ติดสีได้ดี ทนทานต่อการซักและแสงแดด

ดังนั้น การนำเปลือกและใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มาใช้ในการย้อมเส้นไหมและเส้นฝ้ายซึ่งเป็นภูมิปัญญาไทยมาแต่ดั้งเดิม จะช่วยให้เกิดการใช้ทรัพยากรจากสวนป่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ เป็นการลดต้นทุนของขบวนการย้อมเส้นใย นอกจากนี้การใช้มะขามเปียกมาเป็นสารช่วยติดสี จะทำให้ปลอดภัยต่อผู้ผลิตทั้งจากสีย้อมและจากสารช่วยติดสี ไม่ส่งผลกระทบด้านมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม และยังเป็นการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่น เป็นการกระจายรายได้อีกทางหนึ่งด้วย

ผลจากการทดลองครั้งนี้ ได้มีการนำไปถ่ายทอดเทคนิคและวิธีการย้อมเส้นไหมให้แก่กลุ่มสตรีทอผ้าหนองหงส์ อำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์ โดยใช้ทั้งสารส้มและมะขามเปียกในขบวนของการย้อมปรากฏว่าได้ผลดีมาก สามารถทอเป็นผืนผ้าไหมที่สวยงามสีเหลืองและสีน้ำตาลอ่อน และกลุ่มสตรีทอผ้าฯมีความสนใจเป็นอย่างมาก คิดว่าน่าจะมีการจัดถ่ายทอดเทคโนโลยีอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อให้ผลงานวิจัยนี้สามารถเผยแพร่ไปยังชุมชนและผู้สนใจได้

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มสตรีย้อมสีธรรมชาติบ้านหนองแสง ตำบลสงเปลือย อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ เครือข่ายเศรษฐกิจชุมชนสีย้อมจากธรรมชาติไหม ฝ้าย ตำบลช้างเผือก อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด และ คุณแม่ประคำ ศรีสมชัย ที่ได้ให้โอกาสในการศึกษาดูงาน แลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้านการทอผ้าจากสีธรรมชาติ ทำให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสศึกษาวิธีการย้อมเส้นใยจากสีธรรมชาติจากภูมิปัญญาของชุมชน ซึ่งจะทำให้การศึกษาวิจัยด้านสีย้อมจากธรรมชาติมีประโยชน์มีคุณค่าต่อการใช้งานในชุมชนในอนาคต

บรรณานุกรม

มอก. 2518. วิธีการทดสอบความคงทนของสีต่อแสง เล่ม 1.

มอก. 2518. วิธีการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักฟอก เล่ม 3.

สุรีย์ ฟูตระกูลและคณะ. 2543. รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาสารย้อมสีธรรมชาติในเขตภาคเหนือตอนบน.

Appendex

Silk and cotton dyeing with dye from bark and leaf of *Eucalyptus camaldulesis* Dehnh.

Fig. 1 Silk dyeing with dye from bark of eucalyptus, use alum and tamarind as mordant

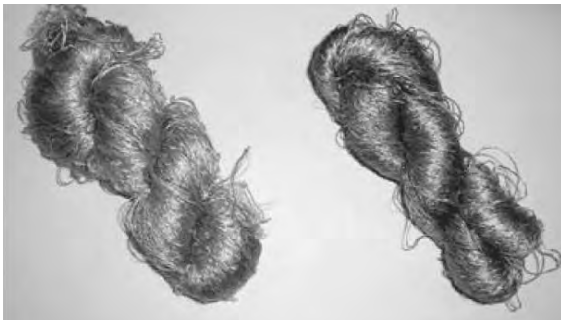


Fig. 2 Silk dyeing with dye from leaf of eucalyptus, use alum and tamarind as mordant

Fig. 3 Cotton dyeing with dye from bark of eucalyptus, use alum and tamarind as mordant

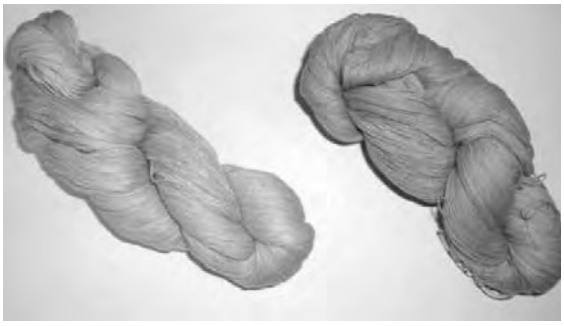


Fig. 4 Cotton dyeing with dye from leaf of eucalyptus, use alum and tamarind as mordant

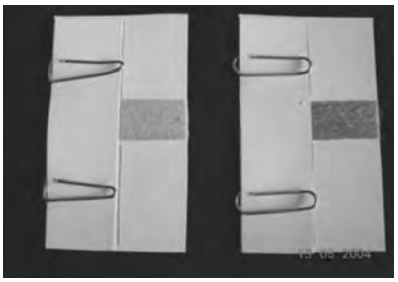


Fig. 5 Durability sun light testing for dyeing silk and cotton

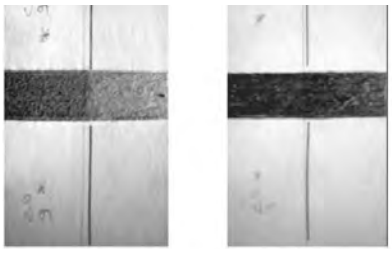


Fig. 6 Result after durability sun light testing

Fig. 7 Washing durability testing

ปุ๋ยหมักเปลือกไม้ยูคาลิปตัส + ฟางข้าว

ปุ๋ยหมักจากเปลือก ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

Compost from Bark of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

ทรรศนีย์ พัฒนเสรี *1
และ ชูจิตร อนันตโชค *1
Tasanee Pattanaseree *1
and Choojit Anantachoke *1

*1 กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
email : tasaneepat@yahoo.com

บทคัดย่อ

ทดลองทำปุ๋ยหมักจากเปลือกยูคาลิปตัส และจากเปลือกยูคาลิปตัสผสมฟางข้าว โดยใส่มูลสัตว์ ปุ๋ยยูเรีย และสารเร่งจุลินทรีย์ พด.1 ลงในทั้ง 2 การทดลอง พบว่า เปลือกยูคาลิปตัสใช้เวลา 102 วัน จึงเปลี่ยนสภาพเป็นปุ๋ยหมัก โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.9 ปริมาณสารอินทรีย์ 22.58% ปริมาณไนโตรเจน 0.78% ปริมาณฟอสฟอรัส 0.15% ปริมาณโปตัสเซี่ยม 0.28% ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ 13.12% และค่า C/N ratio 16.93% ในขณะที่เปลือกยูคาลิปตัสผสมฟางข้าว ใช้เวลา 71 วันก็เป็นปุ๋ยหมัก โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5 ปริมาณสารอินทรีย์ 23.57% ปริมาณไนโตรเจน 0.76% ปริมาณฟอสฟอรัส 0.20% ปริมาณโปตัสเซี่ยม 1.59% ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ 13.70% และค่าของ C/N ratio 18.03%

คำหลัก : ปุ๋ยหมัก เปลือกยูคาลิปตัส ฟางข้าว

ABSTRACT

Experiment on compost preparations from the bark of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and from the eucalyptus bark mixed with rice husk were carried out. Addition of dung, urea and P.D.1 microorganism was performed in each experiment. The results revealed that eucalyptus bark took about 102 days to change to composts and had pH 7.9, organic matter 22.58%, Nitrogen 0.78%, Phosphorus 0.15%, Potassium 0.28%, organic carbon 13.12% and C/N ratio 16.93 In case of eucalyptus bark mixed with rice husk, the process took about 71 days to change to composts and had pH 5, organic matter 23.57%, Nitrogen 0.76%, Phosphorus 0.20%, Potassium 1.59%, organic carbon 13.70% and C/N ratio 18.03

Composts : bark of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. rice husk

บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยมีการบริโภคไม้ยูคาลิปตัสในปริมาณมากหลายแสนตันต่อปี มีทั้งที่ใช้ในโรงงานกระดาษ จำหน่ายในรูปชิ้นไม้สับ ใช้เป็นเชื้อเพลิง และอื่นๆ ทำให้มีส่วนของเปลือกไม้ที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมากมาย และเป็นปัญหาในการหาสถานที่เก็บและกำจัด บางครั้งกองของเปลือกยูคาลิปตัสที่สุมอยู่มากมายนี้ เมื่ออยู่ในสภาพที่อากาศแห้งและร้อนมากๆ อาจเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ดังนั้น การศึกษาหาแนวทางการใช้ประโยชน์จากเปลือกยูคาลิปตัสจำนวนมหาศาลเหล่านี้ จะเป็นการช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์จากสวนป่าอย่างคุ้มค่าและเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มด้วย แนวทางหนึ่งที่น่าสนใจคือ การศึกษาทดลองการทำปุ๋ยหมักเพื่อใช้ทางการเกษตร ซึ่งถ้าหากประสบความสำเร็จ นอกจากเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งแล้ว ยังเป็นการประหยัดเงินทุนในการซื้อปุ๋ยของเกษตรกรด้วย

ปุ๋ยหมัก (composts) คือ ปุ๋ยที่ได้จากอินทรีย์สารที่ผ่านการหมักให้สลายตัวผุพังไปบางส่วน แต่การที่จะปล่อยให้ผุพังไปเท่าใดก็ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่อำนวยให้ ชนิดของวัสดุที่ใช้ และกรรมวิธีในการหมัก ตลอดจนความต้องการของผู้ใช้ กระบวนการหมักเป็นการย่อยสลายทางชีววิทยาแบบใช้อากาศย่อยสลาย เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิด ซึ่งจะย่อยสารอินทรีย์จนกลายเป็นสารฮิวมัส ระหว่างการหมักจะเกิดความร้อนซึ่งจะทำลายเมล็ดวัชพืช จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ไข่แมลงต่างๆ ดังนั้น การใช้ปุ๋ยหมักที่หมักจนเสร็จสิ้นกระบวนการแล้วจะใช้ได้สะดวกและปลอดภัย ข้อควรระวังในการใช้ได้แก่ อาจมีสารโลหะหนักติดมากับปุ๋ยหมักได้ ดังนั้น จึงต้องระวังในจุดนี้ด้วย

ในการผลิตปุ๋ยหมัก ควรเลือกพื้นที่ซึ่งอยู่ใกล้กับแหล่งที่มีซากพืชและซากสัตว์ เพื่อสะดวกในการขนย้าย เป็นการประหยัดเวลาและแรงงาน และควรอยู่ใกล้แหล่งน้ำเพื่อสะดวกในการรดน้ำให้กองปุ๋ย ควรเป็นที่ดอนน้ำท่วมไม่ถึง มีระดับพื้นราบเรียบเสมอกันให้มากที่สุด วัตถุดิบที่ใช้อาจมีทั้งวัสดุเนื้อผสมหลายอย่าง เช่น ของเสียจากบ้านเรือน น้ำโสโคร่ก จนถึงวัสดุเนื้อเดียว เช่น วัสดุที่ได้จากอุตสาหกรรมอาหาร วัสดุพวกเศษไม้ ใบไม้ หรือเปลือกไม้ที่เหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งวัสดุทั้งหลายเหล่านี้มีส่วนผสมของน้ำตาล โปรตีน ไขมัน เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน ในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนั้น ระยะเวลาและขบวนการในการเปลี่ยนสภาพให้เป็นปุ๋ยหมักก็จะแตกต่างกันออกไปด้วย และอาจมีการเติมสารบางอย่างลงไป เช่น มูลสัตว์ ยูเรีย สารเร่งประเภทจุลินทรีย์ เพื่อช่วยให้ขบวนการเกิดเร็วขึ้น โดยเฉพาะการทำปุ๋ยหมักจากเปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จำเป็นต้องเติมสารดังกล่าว เพื่อให้ขบวนการย่อยสลายเปลือกไม้เกิดได้เร็วขึ้น

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. ทดลองการทำปุ๋ยหมักจากเปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส
2. ทดลองการทำปุ๋ยหมักจากเปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ผสมกับฟางข้าว

วิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. แผ่นเซลโลกรีตเพื่อทำคอกสำหรับทำปุ๋ยหมัก
2. เปลือกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และ ฟางข้าว
3. มูลสัตว์
4. ยูเรีย
5. สารเร่งประเภทจุลินทรีย์ พด.1
6. เทอร์โมสแตทสำหรับวัดอุณหภูมิ
7. แผ่นพลาสติกสำหรับคลุม

วิธีการ

ในการศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ทดลองทำปุ๋ยหมักเป็น 2 กอง คือ กองที่ 1 ใช้เปลือกไม้ยูคาลิปตัสเพียงอย่างเดียว กองที่ 2 ใช้เปลือกไม้ยูคาลิปตัสร่วมกับฟางข้าว วิธีการทดลองที่เลือกใช้จะใส่มูลสัตว์ ปุ๋ยยูเรีย และสารเร่งจุรินทรีย์รผสมอยู่ในกองปุ๋ยหมักแต่ละกองด้วย มีส่วนประกอบและขั้นตอนการทำที่แตกต่างกันดังนี้

ส่วนประกอบของการทำปุ๋ยหมักกองที่ 1 เปลือกไม้ยูคาลิปตัส

1. เปลือกไม้ยูคาลิปตัส	200 กิโลกรัม	2. มูลโค	35 กิโลกรัม
3. ยูเรีย	200 กรัม	4. สารเร่ง พด. 1	20 กรัม

ขั้นตอนการทำปุ๋ยหมัก

ชั่งส่วนประกอบทั้งหมดตามปริมาณที่กำหนด แล้วนำเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมาคลุกเคล้ากับมูลโคในกระบะยิปซั่ม ขนาด 120 x 60 x 240 ซม. หว่านปุ๋ยยูเรียให้ทั่วกอง ละลายสารเร่ง พด. 1 คนให้เข้ากันทิ้งไว้ 15 นาที นำไปรดที่ส่วนบนของวัสดุ คลุกเคล้าส่วนประกอบทั้งหมดให้เข้ากัน แต่งกองปุ๋ยหมักให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมโดยให้วัสดุทั้งหมดกองอยู่เพียงครึ่งของกระบะ รดน้ำให้ชุ่มทั่วทั้งกอง ใช้หลังคาพลาสติกคลุมเพื่อป้องกันน้ำฝน

ส่วนประกอบของการทำปุ๋ยหมักกองที่ 2 เปลือกไม้ยูคาลิปตัส + ฟางข้าว

1. เปลือกไม้ยูคาลิปตัส	170 กิโลกรัม	2. ฟางข้าว	30 กิโลกรัม
3. มูลโค	35 กิโลกรัม	4. ยูเรีย	200 กรัม
5. สารเร่ง พด. 1	20 กรัม		

ขั้นตอนการกองปุ๋ยหมัก

ชั่งส่วนประกอบทั้งหมดตามปริมาณที่กำหนด แล้วแบ่งส่วนประกอบทั้งหมดเป็น 3 ส่วน โดยการตั้งกองจะทำเป็นชั้นๆ ดังนี้ ชั้นล่างสุด กองเปลือกไม้ยูคาลิปตัสส่วนที่ 1 ลงในกระบะยิปซั่มตามด้วยฟางแล้วโรยทับด้วยมูลโค ส่วนในชั้นที่ 2 และ 3 ก็ทำเช่นเดียวกับชั้นที่ 1 โดยชั้นที่ 3 จะโรยปุ๋ยยูเรียและรดด้วยสารเร่งพด. 1 ในส่วนบนสุด จากนั้นรดน้ำให้ชุ่มทั่วกอง คลุมหลังคาพลาสติกป้องกันน้ำฝน

การดูแลกองปุ๋ยหมัก

1. การให้ความชื้นแก่กองปุ๋ยหมัก ระยะ 7-10 วันแรกปุ๋ยหมักจะมีการสะสมความร้อนจึงยังไม่ต้องให้น้ำในช่วงนี้ หลังจาก 10 วัน ให้ตรวจสอบความชื้นของกองปุ๋ยหมักโดยการแหย่มือเข้าไปในกองให้ลึกที่สุด หยิบวัสดุมากำแล้วบีบให้แน่น ดูว่าความชื้นพอหรือไม่โดยการสังเกตหากมีน้ำติดในฝ่ามือเมื่อคลายออกแสดงว่ามีความชื้นเพียงพอ ถ้าแห้งให้รดน้ำจนชุ่มทั่วกอง

2. การระบายอากาศในกองปุ๋ยหมัก ทำการกลับกองปุ๋ยหมักทุกๆ 7 วัน นอกจากจะเป็นการช่วยระบายอากาศแล้วยังจะช่วยคลุกเคล้าวัสดุและลดความร้อนในกองด้วย

การตรวจสอบคุณสมบัติของปุ๋ยหมัก

1. ทำการวัดอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักทุกวันในช่วงเวลาประมาณ 9.00-10.00 น. เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงความร้อนของกองปุ๋ยหมักทั้งสอง หากอุณหภูมิสูงเกินกว่า 70 ^{0}C จะต้องทำการกลับกองทันที ปุ๋ยหมักที่มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้จะต้องมีอุณหภูมิเท่ากับอากาศภายนอกกอง

2. เก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักทุกๆ 15 วัน โดยการสุ่มเก็บทั่วทั้งกอง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด - ด่าง เปอร์เซ็นต์ organic matter เปอร์เซ็นต์ organic carbon อัตราส่วนสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม โดยจ้างภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในการวิเคราะห์

ผลและวิจารณ์

การทดลองทำปุ๋ยหมักจากเปลือกยูคาลิปตัส และจากเปลือกยูคาลิปตัสผสมฟางข้าว โดยทั้งสองกรณีผสมมูลสัตว์ ยูเรีย และสารเร่งจุรินทรีย์ พด.1 แล้วทำการวัดอุณหภูมิทุกวันตามจุดต่างๆ ในแต่ละกระบะ กระบะละ 4 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลของอุณหภูมิในแต่ละกระบะที่ระยะเวลาต่างๆ สามารถแสดงได้ด้วยกราฟดังในภาพที่ 1 และค่าการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและธาตุอาหารที่สำคัญจากกองปุ๋ยหมักได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

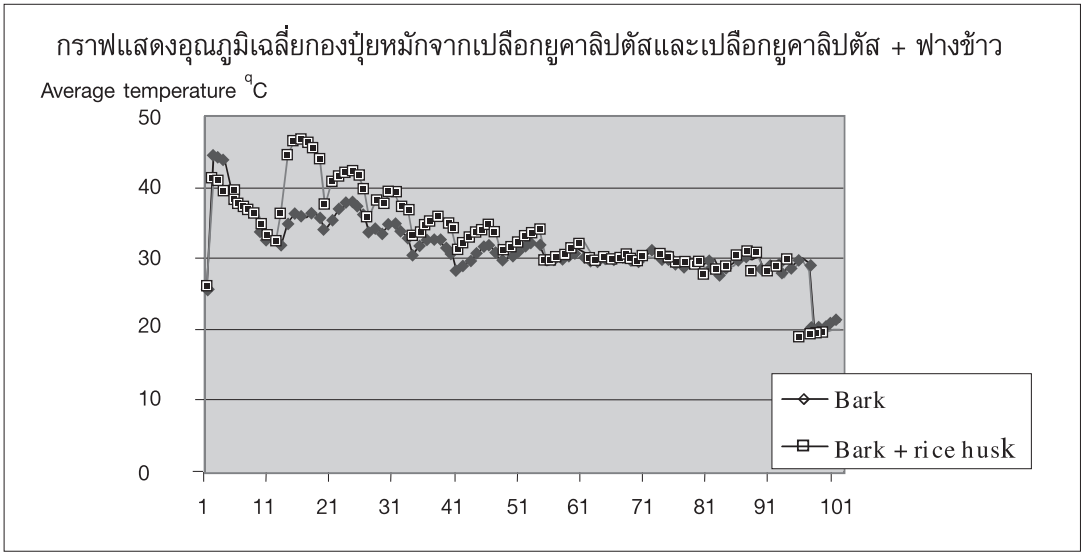


Fig 1 Graph showed average temperature VS days of composts from bark of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and from bark of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. mixed with rice husk

Table 1 The acidity and chemical compositions of composts from bark of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and from bark of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. mixed with rice husk at various time.

Typs of sample	Days	pH	%O.M.	%N	%P	%K	%O.C	C/N ratio
Bark of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.	0	4.8	50.34	0.52	0.30	0.84	28.75	54.82
	71	5.0	29.82	0.80	0.22	1.64	17.33	21.53
	85	5.8	26.68	0.69	0.20	0.50	15.50	22.67
	102	7.9	22.58	0.78	0.15	0.28	13.12	16.93
Bark of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. + rice husk	71	5.0	23.57	0.76	0.20	1.59	13.70	18.03
	85	5.8	24.92	0.84	0.21	0.59	14.49	17.27
	102	7.9	20.96	0.84	0.17	0.23	12.20	14.45

O.M = Organic matter O.C. = Organic carbon
pH = ความเป็นกรด - ด่าง N = ไนโตรเจน
P = ฟอสฟอรัส K = โปตัสเซี่ยม
C/N ratio อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนและปริมาณไนโตรเจน

จากภาพที่ 1 ซึ่งแสดงอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักจากเปลือกยูคาลิปตัส และกองปุ๋ยหมักจากเปลือกยูคาลิปตัส ผสมฟางข้าวในระหว่างขบวนการเปลี่ยนเป็นปุ๋ยหมัก พบว่า อุณหภูมิเริ่มแรกอยู่ที่ 26.25 °ซ และ 26.62 °ซ ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิในกองปุ๋ยทั้งสองจะมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าเริ่มเกิดการย่อยสลายของอินทรียวัตถุด้วยจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง (Mesophile) ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ที่ย่อยสลายได้ง่าย หรือสารประกอบที่ละลายน้ำได้อย่างรวดเร็ว อุณหภูมิจะมีค่าเพิ่มมากในวันที่สามของการทดลอง คือ อุณหภูมิจะมีค่าเป็น 44.13 °ซ และ 40.75 °ซ ในกองปุ๋ยจากเปลือกยูคาลิปตัสเพียงอย่างเดียวและกองปุ๋ยจากเปลือกยูคาลิปตัสผสมฟางข้าวตามลำดับ ในช่วงนี้จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลางจะเริ่มลดลง เนื่องจากไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในอุณหภูมิที่สูงขึ้น จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงจะเริ่มเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณมากขึ้นด้วย จะเกิดขบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น เซลลูโลส ลิกนิน เป็นต้น จากนั้น อุณหภูมิในกองปุ๋ยจะค่อยๆ ลดลงจนระยะเวลาผ่านไป 97 วัน อุณหภูมิในกองปุ๋ยจากเปลือกยูคาลิปตัสมีค่าเป็น 29.25 °ซ และ อุณหภูมิในกองปุ๋ยจากเปลือกยูคาลิปตัสผสมฟางข้าวมีค่าเป็น 28.25 °ซ ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิในอากาศ แสดงว่า การย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุได้เสร็จสิ้นขบวนการแล้ว

ในระหว่างขบวนการย่อยสลายของกองปุ๋ยหมัก มีการเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์หาธาตุอาหารที่สำคัญเป็นระยะๆ ในครั้งแรกกำหนดไว้ที่ทุก 15 วัน แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดในการเก็บและการวิเคราะห์ ทำให้เก็บตัวอย่างทั้งหมดได้ 8 ครั้ง คือ เก็บเมื่อเวลาผ่านไป 15 วัน 31 วัน 45 วัน 57 วัน 71 วัน 85 วัน 102 วัน และ 117 วัน แต่การวิเคราะห์หาธาตุอาหารที่จำเป็นของปุ๋ยหมักทำเฉพาะของเปลือกยูคาลิปตัส และกองปุ๋ยหมักทั้ง 2 กอง ที่เวลาผ่านไป 71 วัน 85 วัน และ 102 วัน ผลของการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 พิจารณาในเปลือกยูคาลิปตัสก่อนการทดลอง พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 4.8 ค่าของอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) เป็น 50.34% อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปตัสเซี่ยมเป็น 0.52 : 0.30 : 0.84 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ 28.75% และมี C/N ratio เป็น 54.82 ซึ่งถ้าพิจารณากับค่ามาตรฐานของปุ๋ยหมักซึ่งกำหนดว่าปุ๋ยหมักที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้ คือ ค่าความเป็นกรดอยู่ที่ 6-7.5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ระหว่าง 25-50% อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปตัสเซี่ยมเป็น 0.5 : 0.5 : 1 และ C/N ratio น้อยกว่า หรือเท่ากับ 20 : 1 จะเห็นว่ามีเพียงค่าของอินทรีย์วัตถุ และไนโตรเจนเท่านั้นที่มีค่าอยู่ในมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้น เปลือกยูคาลิปตัสที่ยังไม่ผ่านขบวนการย่อยสลายจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นปุ๋ยหมักได้โดยตรง กองปุ๋ยหมักจากเปลือกยูคาลิปตัสที่เวลา 71 วัน และ 85 วัน มีสภาพความเป็นกรด-ด่างเป็น 5 - 5.8 ซึ่งจัดว่าเป็นกรดค่อนข้างมาก แม้ว่า C/N ratio จะมีค่าเป็น 21.53 และ 22.67 ซึ่งก็มากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นปุ๋ยหมัก พิจารณาค่าอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปตัสเซี่ยมเป็น 0.80 : 0.22 : 1.64 ที่เวลา 71 วัน จะเห็นว่าค่าของไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้น ฟอสฟอรัสมีค่าลดลง และโปตัสเซี่ยมมีค่าเพิ่มขึ้นมาก แต่เมื่อเวลาผ่านไป 85 วัน ค่าของไนโตรเจนเป็น 0.69% ซึ่งลดลงจากเดิม ฟอสฟอรัสมีค่าเป็น 0.20% ลดลงเล็กน้อย และโปตัสเซี่ยมมีค่าลดลงอย่างมากเหลือ 0.50% ทั้งๆ ที่ค่าของธาตุอาหารเหล่านี้ เมื่อถูกสร้างขึ้นแล้วจะยังไม่ถูกใช้งาน จึงไม่ควรมีค่าลดลง ซึ่งอาจอธิบายได้ว่า ในขบวนการทำปุ๋ยหมักในการทดลองครั้งนี้ ใช้กองเศษวัสดุบนพื้นดินและมีการรดน้ำกองปุ๋ยหมักเป็นระยะๆ เพื่อให้มีความชื้นอยู่ที่ประมาณ 50-60% จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่เกิดการชะไปของธาตุอาหารที่สำคัญเหล่านี้ จึงต้องมีการปรับปรุงสถานที่ให้เหมาะสมในการจะทำครั้งต่อไป ซึ่งเช่นเดียวกันกับที่เวลา 102 วัน ค่าของธาตุอาหารฟอสฟอรัสและโปตัสเซี่ยมลดลงอย่างมากเหลือเพียง 0.15 และ 0.28 สาเหตุก็เนื่องจากการชะล้างไปของน้ำดังที่ได้อธิบายมา ส่วนค่าความเป็นกรดด่างมีค่าเป็น 7.9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่า 22.58 ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย ค่าของ C/N ratio มีค่าเป็น 16.93 ซึ่งอยู่ในมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้น จะเห็นได้ว่าเปลือกของยูคาลิปตัสที่ผ่านขบวนการย่อยสลายให้เป็นปุ๋ยหมักที่ 102 วัน สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยหมักได้ แต่อาจต้องเพิ่มฟอสฟอรัสลงไป เพื่อให้มีปริมาณของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นตามมาตรฐานของปุ๋ยหมักที่ดี และปรับปรุงวิธีการทำปุ๋ยหมักให้เกิดการชะล้างหายไปของธาตุอาหารให้น้อยที่สุด

พิจารณากองปุ๋ยหมักจากเปลือกยูคาลิปตัสผสมฟางข้าว จะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไป 71 วัน มีค่าความเป็นกรด 5.0 ซึ่งจัดว่ามีความเป็นกรดมาก มีอินทรีย์วัตถุ 23.57% ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่กำหนด (25-50%) อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปตัสเซี่ยมเป็น 0.76 : 0.20 : 1.59 (มาตรฐานกำหนดเป็น 0.5 : 0.5 : 1) และมี C/N ratio เป็น 18.03 (มาตรฐานกำหนดว่าต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ20) ซึ่งก็อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน ยกเว้นค่าของฟอสฟอรัสเท่านั้นที่มีค่าน้อย ดังนั้น การหมักเปลือกยูคาลิปตัสโดยผสมฟางข้าว จะสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยหมักได้เมื่อเวลาผ่านไป 71 วัน แต่ต้องมีการปรับให้มีความเป็นกรดน้อยลง และเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสให้มากขึ้น เนื่องจากถ้ารอไปจนถึง 102 วัน ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มเป็น 7.9 และ C/N ratio เป็น 14.45 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม แต่ก็ยังต้องมีการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสเช่นกัน และยังมีการสูญหายของโปตัสเซี่ยมอันเนื่องมาจากการรดน้ำกองปุ๋ยหมัก

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่า เปลือกของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักได้ แต่ควรมีการผสมฟางข้าวลงไปในขบวนการ เพื่อเป็นการช่วยประหยัดเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายอินทรียวัตถุให้เกิดเป็นปุ๋ยหมัก แต่เนื่องจากเปลือกยูคาลิปตัสมีปริมาณฟอสฟอรัสน้อยอยู่แล้วทำให้ปุ๋ยหมักที่ได้มีฟอสฟอรัสน้อยตามไปด้วย จึงควรมีการหาวิธีการในการหมักแล้วทำให้มีการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัส ซึ่งน่าจะมีการทดลองและวิจัยต่อไป

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงงานไม้อัดไทย สระบุรี ที่ได้อนุเคราะห์เปลือกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณธัชพงศ์ ดารารักษ์ เจ้าหน้าที่โรงงานไม้อัดไทย สระบุรี ในการช่วยประสานงานและอำนวยความสะดวกในการนำตัวอย่างเปลือกไม้เพื่อการวิจัย

ขอขอบคุณ คุณประเชิญ สร้อยทองคำ หัวหน้าศูนย์วิจัยผลิตผลป่าไม้ จังหวัดนครราชสีมา ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่เพื่อการทดลอง วิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยผลิตผลป่าไม้ จังหวัดนครราชสีมาทุกท่านที่ได้มีส่วนช่วยเหลือในการทดลอง วิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2541. การจัดการดินและพืชเพื่อปรับปรุงดินอินทรียวัตถุต่ำ. คณะกรรมการกำหนดมาตรฐาน
และจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำและการจัดการดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 123 หน้า

กลุ่มวิจัยและพัฒนาอินทรียวัตถุเพื่อการเกษตร. 2546. การผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้สารเร่งพด.1.
สำนักวิจัย และพัฒนาการจัดการดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้. 2545. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ.
กองอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 192 หน้า

จงรักษ์ จันทร์เจริญสุขและทัศนีย์ อัตตนันท์. 2542. การวิเคราะห์พืช. น. 73-81 ในแบบฝึกหัด
และคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ. 108 หน้า

ธงชัย มาลา. 2546. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 300 หน้า

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2543. ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 192 หน้า

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2545. ปุ๋ยอินทรีย์. สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ. 216 หน้า

สมศักดิ์ วังใน. 2521. ปุ๋ยอินทรีย์. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ. 77 หน้า

http://www.forest.go.th/private/eucamal1.htm 25/8/48

ภาคผนวก

ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

ด้วยปัจจุบัน มีการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงบำรุงดิน ตลอดจนมีการนำเทคโนโลยีชีวภาพเข้ามาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดิน เพิ่มคุณค่าของธาตุอาหารพืชทำให้มีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการควบคุมมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อเป็นการรักษาผลประโยชน์ของเกษตรกร กรมวิชาการเกษตรจึงกำหนดมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1. รายละเอียดกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5 x 12.5 มิลลิเมตร
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้	ไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
3	ปริมาณหินและกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
4	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่นๆ	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรียวัตถุ	ไม่น้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
6	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5.5 - 8.5
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	ไม่เกิน 20 : 1
8	ค่าการนำไฟฟ้า (EC : Electrical Conductivity)	ไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	- ไนโตรเจน (total N)ไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก - ฟอสฟอรัส (total P2O5) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก - โพแทสเซียม (Total K2O) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
10	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
11	สารหนู (Arsenic) แคดเมียม (Cadmium) โครเมียม (Chromium) ทองแดง (Copper) ตะกั่ว (Lead) ปรอท (Mercury)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 300 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

Picture show the process for preparing composts from bark of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Fig. 1 Prepared saw dust of Eucalyptus

Fig. 2 Added dung and urea

Fig. 3 Added microorganism and mixed together

Picture show the process for preparing composts from bark of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Fig. 4 Poured water

Fig. 5 Temperature measurement

Fig. 6 Covered with plastic

Fig. 7 Prepared saw dust of Eucalyptus
And followed with rice husk

Fig. 8 Added dung, urea microorganism
and water

Fig. 9 Temperature measurement and covered with plastic

เพาะเห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้าจากเปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

Cultivation of Oyster mushroom and Sajor-caju mushroom in the bark of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

ทรรศนีย์ พัฒนเสรี [*1]
และ ชูจิตร อนันตโชค [*1]
Tasanee Pattanaseree [*1]
and Choojit Anantachoke [*1]

[*1] กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
email : tasaneepat@yahoo.com

บทคัดย่อ

ทดลองเพาะเห็ดนางรม และเห็ดนางฟ้าจากเปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสในถุงพลาสติก โดยมีรำละเอียด ยิปซัม และดีเกลือ เป็นอาหารเสริม ความชื้นประมาณ 65% พบว่า เห็ดนางรมใช้เวลาในการบ่มเชื้อ 28 วัน เปิดปากถุงจนออกดอกใช้เวลา 5 วัน และเก็บดอกเห็ดเป็นเวลา 65 วัน ได้เห็ดรวมทั้งสิ้น 9,170 กรัมจากก้อนเชื้อเห็ดทั้งสิ้น 18 ถุง ส่วนเห็ดนางฟ้าใช้เวลาในการบ่มเชื้อ 26 วัน เปิดปากถุงจนออกดอกใช้เวลา 5 วัน และเก็บดอกเห็ดเป็นเวลา 45 วัน ได้เห็ดรวมทั้งสิ้น 8,300 กรัมจากเห็ดทั้งสิ้น 21 ถุง

คำหลัก : เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

ABSTRACT

Two species of mushroom : Oyster mushroom *[Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer] and Sajor-caju mushroom [*Pleurotus sajor-caju* (Fr.)Sing.] were cultivated in plastic bags containing *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. bark saw dust, with rice bran, gypsum, magnesium sulphate and 65% of moisture. It was found that Oyster mushroom took 28 days for mycelial aggregate formation, 5 days for fruit body formation. Mushroom yield was 9,170 grams in 65 days from 18 cultivated bags. In case of Sajor-caju mushroom, it took 26 days for mycelial aggregate formation, 5 days for fruit body formation. Mushroom yield was 8,300 grams in 45 days from 21 cultivated bags .

Key words : Oyster mushroom, Sajor-caju mushroom. Bark of Eucalyptus

บทนำ

เห็ดที่นิยมเพาะเพื่อการจำหน่ายในท้องตลาดมีอยู่มากมายหลายชนิด เช่น เห็ดฟาง เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดหอม เห็ดหูหนู ฯลฯ ซึ่งเห็ดแต่ละชนิดจะใช้วัตถุดิบเพื่อการเจริญเติบโตและวิธีการเพาะที่แตกต่างกัน ในที่นี้จะกล่าวถึงลักษณะและชีววิทยาของเห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้าเพียง 2 ชนิดเท่านั้น

เห็ดนางรม (Oyster mushroom) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Pleurotus ostreatus* (Fr.)Kummer อยู่ในวงศ์ Tricholomataceae มีน้ำย่อยที่ใช้ย่อยสารประกอบซับซ้อนจำพวกเซลลูโลสและลิกนินได้เป็นอย่างดี บางครั้งพบเป็นปรสิตอย่างอ่อน (Week parasite) คือ กินต้นไม้เป็นๆ ได้ ครั้นพอต้นไม้ตายลงแล้วเห็ดก็ยังคงกินไม้ที่ตายแล้วต่อไปได้อีก เป็นเห็ดที่มีถิ่นฐานอยู่ในทวีปยุโรป เจริญเติบโตได้ดีบนไม้โอ๊ค (Oak) ไม้เมเปิ้ล(Maple) ไม้พีช (Peach) ฯลฯ และสามารถเจริญเติบโตได้ทั่วไปในเขตอบอุ่น ได้มีการนำเข้ามาทดลองปลูกในประเทศไทยและพบว่าสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในประเทศไทย จึงได้มีการเผยแพร่วิธีการเพาะเห็ดนางรมจนเป็นที่รู้จักกันทั่วไป เห็ดนางรมเป็นเห็ดที่ประชาชนนิยมบริโภคเป็นอย่างมาก มีรสชาติหอมหวาน มีลักษณะคล้ายเห็ดมะม่วงหรือเห็ดขอนขาวที่ขึ้นตามไม้ผุ

แต่เนื้อของเห็ดนางรมไม่เหนียวมากเหมือนเห็ดมะม่วงหรือเห็ดขอนขาว มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะโปรตีน คาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซี่ยม ฟอสฟอรัส โปตัสเซี่ยม มีวิตามินบี 1 และ บี 2 สูงกว่าเห็ดชนิดอื่นๆ และยังมีกรดโฟลิคสูงกว่าพืชผักและเนื้อสัตว์ กรดพวกนี้ช่วยป้องกันรักษาโรคโลหิตจางได้ จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่เป็นเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และยังเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนักเพราะเห็ดมีปริมาณไขมันน้อย และมีปริมาณโซเดียมต่ำ จึงเหมาะที่จะใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ที่เป็นโรคหัวใจและโรคไตอักเสบ จะเห็นได้ว่าเห็ดนางรมมีสารบางอย่างที่มีสรรพคุณเป็นยารักษาโรคไม่แพ้เห็ดชนิดอื่นๆ

เห็ดนางรม มีหมวกดอกคล้ายหอยนางรม แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ ดอกเห็ดนางรมสีขาว (White type หรือ Florida type) เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 20 °ซ จะให้ผลผลิตมากกว่าสีขาวอมเทา ดอกเห็ดมีหมวกเล็กกว่า แต่ดอกมีน้ำหนักมากกว่า และดอกเห็ดนางรมสีขาวอมเทา (Gray type หรือ Winter type) เจริญเติบโตได้ดีเมื่ออากาศเย็น คือที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 °ซ ให้ผลผลิตน้อยกว่าดอกเห็ดสีขาว ดอกเห็ดมีหมวกหนา แต่ดอกมีน้ำหนักเบา มีก้านดอกสีขาวเป็นเนื้อเดียวกับหมวก สปอร์รูปไข่ ไม่มีสี แต่เมื่ออยู่รวมกันจะเห็นเป็นสีขาว ออกดอกช่วงปลายฤดูฝนถึงต้นฤดูหนาว คือ ตั้งแต่กันยายนถึงพฤศจิกายน ออกดอกเป็นทั้งดอกเดี่ยวและดอกกลุ่ม หมวกดอกมีลักษณะแบนราบ กลางหมวกดอกมีลักษณะเว้าเป็นแอ่ง ดอกเห็ดสดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-14 ซม. หมวกดอกอาจมีสีขาวหรือสีเทาขึ้นกับชนิดของเห็ด ลักษณะของหมวกดอกจะเป็นเนื้อเดียวกันตลอด ก้านดอกค่อนข้างสั้น และเจริญเข้าหาแสงสว่าง ครีบดอกมีลักษณะเป็นบางๆ สีขาวหรือสีเทา

เห็ดนางฟ้า (Sajor-caju mushroom) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Pleurotus sajor-caju* (Fr.)Sing. อยู่ในวงศ์ Tricholomataceae จัดเป็นเห็ดที่อยู่ในสกุลเดียวกันกับเห็ดเป๋าฮื้อและเห็ดนางรมมีถิ่นกำเนิดแถบภูเขาหิมาลัยในประเทศอินเดีย ในสภาพธรรมชาติ เห็ดนางฟ้าชอบเจริญเติบโตตามตอไม้ผุๆ ในบริเวณที่อากาศชื้นและเย็น มีลักษณะคล้ายเห็ดเป๋าฮื้อและเห็ดนางรม แต่ดอกเห็ดจะมีสีขาวนวลจนถึงสีน้ำตาลอ่อน มีหมวกดอกหนาและเนื้อแน่นกว่าเห็ดนางรม ดอกอาจออกเป็นดอกเดี่ยวหรือเป็นกระจุกก็ได้ ก้านดอกเป็นเนื้อเดียวกับหมวกดอกคล้ายเห็ดนางรม แต่มีเนื้อแน่นสีขาวและไม่มีวงแหวนรอบก้านดอก เห็ดนางฟ้าที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติตามขอนไม้ ดอกเห็ดจะมีลักษณะเรียงรายลดหลั่นกันเป็นชั้นๆ ก้านดอกจะสั้นมาก ครีบดอกสีขาว เส้นใยค่อนข้างละเอียด และมีสีขาวกว่าเห็ดนางรมเล็กน้อย การเจริญเติบโตของเส้นใยจะมีลักษณะคล้ายเห็ดนางรม เจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิ 15 - 35 °ซ แต่ที่อุณหภูมิ 25 °ซ จัดเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตมากที่สุด เห็ดนางฟ้าจะมีขนาดของดอกปานกลาง เนื้อแน่น รสชาติดี เหมาะที่จะนำไปแปรรูปบรรจุกระป๋อง

หลักการเบื้องต้นในการเพาะเห็ดคือ ศึกษาธรรมชาติของเห็ดชนิดนั้นๆ แล้วนำเห็ดนั้นมาเลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่ดัดแปลงให้เหมือนกับสภาพที่เห็ดนั้นต้องการมากที่สุด เช่น เห็ดฟางหรือเห็ดบัว ขึ้นตามอินทรีย์วัตถุหรือฟางที่ผุพังเนื่องจากความชื้น ดังนั้น ในการเพาะเห็ดฟาง ต้องหมักฟางก่อนแล้วใส่เชื้อเห็ดลงไป เห็ดหูหนู ขึ้นบนท่อนไม้ที่ตายแล้วในสภาพเปียกชื้นของน้ำ ก่อนเพาะต้องนำท่อนไม้มาใส่เชื้อและเก็บไว้ในโรงเรือนที่ทำให้ชื้นจัด รดน้ำบ่อยๆ เป็นต้น แต่เนื่องจากการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดต้องแข่งขันกับเชื้อราในธรรมชาติ จึงต้องหาวิธีทำให้เห็ดเจริญได้ดีกว่าเชื้อราในธรรมชาติ โดยการทำลายเห็ดราชนิดอื่นให้น้อยลงหรือใส่เชื้อเห็ดที่เพาะลงไปมากๆ

Pictures show the process of Oyster mushroom and Sajor-caju mushroom cultivation

Figure 1 Prepared saw dust for Oyster mushroom [*Pleurotus ostreatus* (Fr.)Kummer] and Sajor-caju mushroom [*Pleurotus sajor-caju* (Fr.)Sing] cultivation

Figure 2 Prepared saw dust in plastic bag and sterized in pressure-steamed pot

Figure 3 Show mycelial aggregate formation step and fruit body formation step

Figure 4 Mycelial formation until became to Fruit body formation of Sajor-caju mushroom and Oyster mushroom

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเพาะเห็ดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส
2. เพื่อศึกษาการเพาะเห็ดจากเปลือกเปลือกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ผสมกับเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

วิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. หัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานและเห็ดนางรมฮังการี ซื้อได้จากร้านจำหน่ายหัวเชื้อเห็ดโดยทั่วไป
2. ขี้เลื่อยจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส
3. รำละเอียด
4. ยิปซั่ม
5. ดีเกลือ
6. ถุงพลาสติกทนความร้อน คอขวดพลาสติค สำลี กระดาษ หนังยาง
7. หม้อนึ่งความดันพร้อมเตา
8. ตู้เขี่ยเชื้อเห็ด
9. ชั้นวางเห็ด และเชือกแขวนสำหรับเปิดดอกเห็ด
10. โรงเลี้ยงเห็ด
11. บัวรดน้ำและเครื่องชั่ง

วิธีการ

ในการเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดนางฟ้าภูฐาน วิธีการทดลองจะเหมือนกัน ต่างกันเฉพาะเชื้อที่ใช้ในการทดลองเท่านั้น ซึ่งเชื้อเห็ดที่ซื้อมา จะต้องเลี้ยงไว้ประมาณ 1 เดือนเพื่อให้เชื้อเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณเสียก่อน แล้วจึงจะนำไปทดลองต่อไปได้ ในการเตรียมก้อนเชื้อเพื่อการทดลองจะมีสูตรในการผสม ดังนี้

- ผงเปลือกยูคาลิปตัส 64 กก.
- รำละเอียด 3.2 กก.

จากนั้น ทำการเตรียมถุงก้อนเชื้อสำหรับเพาะเห็ด มีวิธีการดังนี้

1. นำวัตถุดิบทั้งหมดมาผสมเข้าด้วยกัน เพิ่มความชื้นด้วยน้ำพอประมาณ คลุกให้เข้ากัน นำส่วนผสมทั้งหมดบรรจุลงถุงพลาสติกทนร้อน ถุงละประมาณ 700 กรัม กดให้แน่นพอประมาณด้วยมือ
2. รวบปากถุงเพื่อไล่อากาศออก สวมคอขวดพลาสติกแล้วดึงปากถุงให้ตึง อุดจุกด้วยสำลีที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปิดด้วยฝาปิดพลาสติกและหุ้มด้วยกระดาษที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว และรัดหนังยางให้แน่น
3. นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน โดยใช้ความดัน 15 ปอนด์ นาน 30 นาที นำออกทิ้งไว้ให้เย็น โดยทิ้งไว้ 1 คืน
4. นำหัวเชื้อเห็ดนางรมฮังการีที่เตรียมไว้มาเขย่า พื่อให้เมล็ดข้างฟ่างที่จับกันเป็นก้อนด้วยเส้นใยของเชื้อเห็ดกระจายออกจากกันจนร่วน เขี่ยหัวเชื้อเห็ดลงในถุงก้อนเชื้อละประมาณ 15 - 20 เมล็ดต่อก้อนเชื้อหนึ่งถุง เขย่าปากถุงเล็กน้อยเพื่อไม่ให้หัวเชื้อเห็ดติดกับสำลีเวลาปิดปากถุง

5. นำถุงก้อนเชื้อที่ปิดปากถุงเรียบร้อยแล้ว ไปไว้ในโรงบ่มเชื้อ โดยการวางถุงก้อนเชื้อให้ห่างกันเล็กน้อยพอประมาณ
6. เมื่อเชื้อเห็ดเจริญเต็มถุงก้อนเชื้อ ทำการเปิดปากถุง วางไว้บนที่แขวน รดน้ำเช้า - เย็น
7. เก็บดอกเห็ดที่ได้และชั่งน้ำหนัก
8. ทำการทดลองกับเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานในวิธีการเดียวกันกับเชื้อเห็ดนางรมฮังการี

ผลและวิจารณ์

จากการทดลองเพาะเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดนางฟ้าภูฐานด้วยขี้เลื่อยจากเปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส หลังจากที่เปิดดอกเห็ดแล้ว ทำการเก็บดอกเห็ดที่ได้และนำไปชั่งน้ำหนัก พบว่า ได้ปริมาณเห็ดออกมาดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

Table 1 Show period in each step of Oyster mushroom [*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer] cultivation, number of sample collected and yield of mushroom

Mycelial aggregate formation (days)	Fruit body formation (days)	Days of collected	Cultivated sample collected (bags)	Yield of mushroom (Kg.)
28	5	65	18	9.17

Table 2 Show period in each step of Sajor-caju mushroom [*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing] cultivation, number of sample collected and yield of mushroom

Mycelial aggregate formation (days)	Fruit body formation (days)	Days of collected	Cultivated sample collected (bags)	Yield of mushroom (Kg.)
26	5	45	21	8.3

ในตารางที่ 1 แสดงผลการเพาะเห็ดนางรมฮังการีในถุงพลาสติกโดยใช้ขี้เลื่อยจากเปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จะเห็นว่า ระยะเวลาที่เริ่มทำการบ่มเชื้อเห็ดจนเชื้อเห็ดเจริญเติบโตเต็มถุงใช้เวลา 28 วัน เมื่อทำการเปิดปากถุง เพื่อให้เกิดดอกเห็ด พบว่าใช้เวลา 5 วันจึงเริ่มเกิดดอกเห็ด ทำการเก็บดอกเห็ดที่ได้พร้อมชั่งหาน้ำหนักของเห็ดที่เก็บได้ทุกครั้ง ผลจากการทดลองปรากฏว่า สามารถเก็บดอกเห็ดได้จากก้อนเชื้อเพียง 18 ถุงเท่านั้น ก้อนเชื้อนอกเหนือจากนั้นเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ชนิดอื่นและเสียหาย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าสถานที่ที่ใช้ในการทดลองเพื่อเปิดดอกเห็ดอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ง่าย และยังมีแมลงต่างๆ มารบกวนอีกด้วย นอกจากนี้ ยังมีปัญหาจากมอดไม้ไผ่อีกด้วย เนื่องจากในขั้นต้นของการทดลอง ได้ออกแบบชั้นสำหรับวางก้อนเชื้อ เพื่อเปิดดอกเห็ดทำด้วยไม้ไผ่ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป ปรากฏว่าเกิดมอดทำลายไม้ไผ่จำนวนมากและก่อความเสียหาย จึงได้ทำการเปลี่ยนวิธีการเปิดดอกเห็ดใหม่ โดยใช้การแขวนบนเชือกที่ออกแบบไว้สำหรับการเปิดดอกเห็ด ปรากฏว่าได้ผลดี ได้ทำการทดลองเก็บดอกเห็ดเป็นเวลา 65 วัน ได้น้ำหนักของเห็ดนางรมฮังการีรวมทั้งสิ้น 9.17 กิโลกรัม จากเห็ดทั้งหมด 18 ถุง

ในการทดลองเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานจากเปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ได้ใช้วิธีการและสูตรอาหารที่เหมือนกับของเห็ดนางรมฮังการี ผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่า ระยะเวลาตั้งแต่เขี่ยเชื้อลงในถุงก้อนเชื้อจนเชื้อเห็ดเจริญเติบโตเต็มถุงใช้เวลา 26 วัน ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าเห็ดนางรมฮังการี 2 วัน จากนั้นเปิดปากถุงไว้ และใช้วิธีการแขวนกับเชือกเหมือนกันกับในเห็ดนางรมฮังการี พบว่าเริ่มเกิดดอกเห็ดใช้เวลา 5 วัน ทำการเก็บดอกเห็ดทั้งสิ้น 45 วัน ได้เห็ดนางฟ้าภูฐานรวมทั้งสิ้น 8.3 กิโลกรัมจากเห็ดทั้งหมด 21 ถุง

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากที่กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นว่า เปลือกยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สามารถนำมาใช้เพาะเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดนางฟ้าภูฐานได้ดี เนื่องจากในเปลือกยูคาลิปตัสมีปริมาณของไนโตรเจนอยู่ค่อนข้างมากตามที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรายงานไว้ในเรื่องการทดลองทำปุ๋ยหมัก ไนโตรเจนที่มีอยู่ตามธรรมชาตินี้จะเป็นอาหารของจุลินทรีย์ ได้เป็นอย่างดี ซึ่ง Kawashi et.al, 1992 ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการเพาะเห็ดหอมในต้นไม้ 8 ชนิด พบว่าเปลือกไม้ชนิดที่มีปริมาณของไนโตรเจนอยู่มาก จะเพาะเห็ดให้ผลผลิตที่ดี จึงสามารถนำทฤษฎีนี้มาใช้อธิบายความเป็นไปได้ในการใช้เปลือกยูคาลิปตัสในการเพาะเห็ดได้ จึงเห็นได้ว่า ผลสำเร็จจากการวิจัยนี้จะทำให้เกิดการใช้ประโยชน์ ของเศษวัสดุเหลือทิ้งให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นและยังสามารถส่งเสริมให้เป็นอาชีพภายในชุมชนที่อยู่ใกล้เคียงกับแหล่งของวัตถุดิบได้ เป็นการสร้างอาชีพและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง แต่เนื่องจากการวิจัยนี้มีข้อจำกัดค่อนข้างมาก ทั้งสถานที่ กำลังคน และงบประมาณ ดังนั้นจึงอยากเสนอแนะให้มีการทดลองปรับปรุงสูตรอาหารและจัดหาสถานที่ที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้นและมีการปนเปื้อนก้อนเชื้อที่ใช้ในการเพาะเห็ดให้น้อยที่สุด เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุนและมีประสิทธิผลมากที่สุด

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงงานไม้อัดไทย สระบุรี ที่ได้อนุเคราะห์เปลือกไม้ยูคาลิปตาส คามาลดูเลนซิสเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณธัชพงศ์ ดารารักษ์ เจ้าหน้าที่โรงงานไม้อัดไทย สระบุรี ในการช่วยประสานงานและอำนวยความสะดวกในการนำตัวอย่างเปลือกไม้เพื่อการวิจัย

ขอขอบคุณ คุณนัยนา ทองเจียม กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ที่ได้อนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการและเชื้อเห็ดเพื่อการวิจัยขั้นต้นในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณ คุณประเชิญ สร้อยทองคำ หัวหน้าศูนย์วิจัยผลิตผลป่าไม้ จังหวัดนครราชสีมา สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่เพื่อการทดลอง วิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยผลิตผลป่าไม้ จังหวัดนครราชสีมาทุกท่านที่ได้มีส่วนช่วยเหลือในการทดลอง วิจัยครั้งนี้

บรรณานุกรม

กลุ่มบัณฑิตเกษตรก้าวหน้า. 2538. การเพาะเห็ดในประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2529. การเพาะเห็ดบางชนิดในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

สุทธิชัย ปทุมล่องทอง. 2543. เห็ด พืชเศรษฐกิจที่ยั่งยืน. สำนักพิมพ์ธารบัวแก้ว. กรุงเทพ. 179 หน้า.

อนงค์ จันทร์ศรีกุล. 2535. เห็ดเมืองไทย. บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพาณิช จำกัด กรุงเทพฯ. 161 น.

Shinsaku Kawachi, Sadatoshi Meguro and Kazuo Nishiyama. 1992. Characteristics of Bed Logs for Cultivation of Shiitake Mushrooms (Lentinus edodes) I. Mokuzai Gakkaishi. Vol.38, No.5 , p.501-208.

น้ำมันหอมระเหย ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

Essential oil from *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

ทรรศนีย์ พัฒนเสรี *1
วรินทร ชวศิริ 2
และ ชูจิตร อนันตโชค
Tasanee Pattanaseree *1
Warinthorn Chavasiri 2
and Choojit Anantachoke *1

*1 กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
2 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
email : tasaneepat@yahoo.com

บทคัดย่อ

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสจากจังหวัดบุรีรัมย์ที่อายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี พบว่า ได้น้ำมันสีเหลืองใส ผลผลิตของน้ำมันจะน้อยสุดที่อายุ 3 ปี คือมีค่า 1.14% และมีมากที่สุดที่อายุ 10 ปี คือมีค่า 1.73% ค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าระหว่าง 0.7847-0.9317 องค์ประกอบทางเคมีที่พบมากที่สุดคือ 1,8-cineole มีมากที่สุดที่อายุ 10 ปี 62.51% และรองลงมาที่อายุ 7 ปี 46.20% p-cymene มีปริมาณมากที่สุดที่อายุ 5 ปี 53.98% และน้อยสุดที่อายุ 10 ปี 17.26% มีปริมาณของ grammar-terpinene มากที่สุดที่อายุ 3 ปี 37.66% และรองลงมาคือที่อายุ 5 ปี 31.01%

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสจากจังหวัดขอนแก่นที่อายุ 7 ปี พบว่ามีน้ำมันมีสีเหลืองใส ผลผลิตที่ได้ 1.64% มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.8836 องค์ประกอบทางเคมีที่พบมากที่สุดคือ unknown 21.79% และพบมากรองลงมาคือ 1,8-cineole 11.2%

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสจากจังหวัดปราจีนบุรี พบว่าน้ำมันมีสีเหลืองใส น้ำมันที่ได้จากการเพาะเมล็ดอายุ 3 ปี มีปริมาณผลผลิต 0.54% มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.8578 พบ p-cymene 49.93% และ grammar-terpinene 33.64% น้ำมันหอมระเหยจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่อายุ 1 ปี มีปริมาณผลผลิต 0.13% มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.8529 พบ p-cymene 51.92% และ grammar-terpinene 35.61% และ และน้ำมันหอมระเหยจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสายพันธุ์ผสมระหว่างยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และ ยูคาลิปตัส กลอบูลัส อายุ 3 ปี มีปริมาณผลผลิต 1.31% มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.8651 พบ p-cymene 70.06%

คำหลัก : น้ำมันหอมระเหย ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส การเพาะเลี้ยงเนื้อเนื้อเยื่อ เพาะเมล็ด พันธ์ผสมระหว่างยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และ ยูคาลิปตัส กลอบูลัส

ABSTRACT

Study on chemical compositions of essential oil from leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from Burirum province at the age of 3 years, 5 years, 7 years and 10 years, found that the color of the essential oils were yellow, percent yield at 3 years old was the least content: 1.14% and 10 years old was the largest content: 1.73%, the range of specific gravity was 0.7847-0.9317. The major chemical composition was 1,8-cineole, the largest content was at 10 years old : 62.51% and follow with 7 years old : 46.20%. p-cymene content was maximum at 5 years old : 53.98% and minimum at 10 years old : 17.26%. Grammar-terpinene content was maximum at 3 years old : 37.66% and follow with 5 years old : 31.01%

Study on chemical compositions of essential oil from leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from Khonkhan province at the age of 7 years, found that the color of the essential oil was yellow, percent yield was 1.64, specific gravity was 0.8836. The largest chemical compositions was unknown : 21.79% and followed with 1,8-cineole : 11.2%

Study on chemical compositions of essential oil from leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from Prachinburi province found that the color of the essential oil was yellow. Percent yield of essential oil by seedling at the age of 3 years old was 0.54, specific gravity was 0.8578, p-cymene content was 49.93% and grammar-terpinene content was 33.64%. Percent yield of essential oil by tissue culture at the age of 1 year old was 0.13%, specific gravity was 0.8529, p-cymene content was 51.92% and grammar-terpinene content was 35.61%. Percent yield of essential oil by tissue culture of hybrid species between *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and *Eucalyptus globulus* at the age of 3 years was 1.31%, specific gravity was 0.8651, p-cymene content was 70.06%

Key word : Essential oil, *Eucalyptuc camaldulensis* Dehnh. tissue culture, seedling, Hybrid species, *Eucalyptuc globulus*

บทนำ

น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) เป็นส่วนของพืชที่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นสารที่มีกลิ่นหอม (Aromatic compounds) มีลักษณะเป็นของเหลว ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ดีในไขมัน แอลกอฮอล์ มีกลิ่นเฉพาะ แสดงค่าดัชนีหักเหของแสงที่เป็นค่าเฉพาะตัว เป็นสาร optically active ส่วนใหญ่ได้จากการกลั่น อาจได้จากสกัดด้วยตัวทำละลาย(solvent extraction) หรือ การบีบ (expression) มักได้จากพืชในตระกูล Labiateae, Myrtaceae, Coniferae, Rutaceae, Lauraceae และ Umbelliferae โดยทั่วไปพบว่า น้ำมันหอมระเหยที่พบในพืชสกุลเดียวกัน แม้จะได้จากส่วนของพืชที่ต่างกัน มักจะมีองค์ประกอบที่คล้ายกัน แต่บางครั้งก็พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากส่วนต่างๆ ของพืชต้นเดียวกัน จะมีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน เช่น น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากเปลือกต้นอบเชย (*Cinnamomum verum*) จะเป็น Cinnamic aldehyde ได้จากใบอบเชยจะเป็น Eugenol หรือถ้าได้จากรากจะเป็น Camphor หรือในกรณีของส้ม (*Citris bigaradia*) น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากผิวส้มจะเป็น Orange ถ้าได้จากใบจะเป็น Pettigrain หรือถ้าได้จากดอกจะเป็น Neroli เป็นต้น ในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจะทำการกลั่น ตัวอย่างที่เก็บมาใหม่ๆ เวลาในการเก็บเกี่ยวพืชจะแตกต่างกัน บางอย่างจะเก็บก่อนดอกบาน บางชนิดต้องเก็บตอนเช้า เช่น ใบยูคาลิปตัส บางชนิดต้องเก็บในตอนบ่าย เช่น คาโมไมน์ เป็นต้น น้ำที่ใช้กลั่นควรใช้น้ำที่สะอาดและใช้หม้อกลั่นที่เป็นแก้ว หรือ สเตนเลส เพื่อไม่ให้เกิดการผิดเพี้ยนของสี

องค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนแยกได้เป็น 3 พวก คือ เทอร์ปีนส์ (Terpenes) อะลิฟลาติค (Aliphatics) และ อโรแมติค (Aromatics) ซึ่งจะมีเทอร์ปีนส์เป็นองค์ประกอบสำคัญ เช่น myrcene, linalool, 1,8-cineol, alpha-phellandrene, gramma-terpinene, alpha-pinene เป็นต้น และสารเคมีพวกอโรแมติค เทอร์ปีนส์ เช่น p-cymene เป็นต้น

ประโยชน์และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส

ตามที่ทราบกันอยู่แล้ว ยูคาลิปตัสมีอยู่มากมายกว่า 600 สายพันธุ์ และมีประมาณ 20 สายพันธุ์ที่ถูกใช้เพื่อการค้า ซึ่งการใช้ประโยชน์จากน้ำมันยูคาลิปตัสจะแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

(1) การใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ สารที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ 1,8-cineol ซึ่งจะต้องมีไม่น้อยกว่า 70% และต้องไม่มี alpha- และ beta-phellandrene เกิน 0.3% มีการใช้ในการรักษาหวัด นวดกล้ามเนื้อแก้อาการปวดเมื่อย แก้ยุงกัด ใช้เป็นน้ำยาบ้วนปาก รักษาแผลจากมีดบาด ทำความสะอาดมือจากกลิ่นเหม็นที่ติดมือล้างไม่ออก ผสมน้ำอาบให้สุนัขเพื่อกำจัดหมัด ทำความสะอาดคราบน้ำมันบนเสื้อผ้าได้ดี และใช้ในสุคนธบำบัด (Aromatherpy)

(2) การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม สารที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ piperitone และ alpha - phellandrene น้ำมันหอมระเหยที่มี alpha-phellandrene อยู่มาก จะใช้เป็นสารแต่งกลิ่นของน้ำยาฆ่าเชื้อโรคและสบู่เหลวที่ใช้ในอุตสาหกรรม ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยที่มี piperitone เป็นองค์ประกอบหลัก จะใช้ในอุตสาหกรรมการสังเคราะห์เมนทอล ใช้เป็นสารแต่งกลิ่นและใช้เติมในขบวนการของการผลิตยา ใช้ในการสังเคราะห์ thymol ซึ่งเป็นยาฆ่าเชื้อรา นอกจากนี้ยังมีการใช้ alpha-pinene และ beta-pinene ในอุตสาหกรรมผลิตสีและทินเนอร์ และใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารให้กลิ่นหอมอีกมากมาย

(3) การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมน้ำหอมและสารให้กลิ่นหอม พบได้เฉพาะในบางสายพันธุ์เท่านั้น เช่น ยูคาลิปตัสซิตริโอดอรา (*Eucalyptus citriodora*) จะมี citronellal เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งจะให้กลิ่นมะนาว (Lemon) ประเทศที่ผลิตได้มากที่สุดในโลกคือบราซิล จากข้อมูลในปี 1986 ผลิตได้ราว 700 ตันต่อปี หรือกลิ่นคล้ายกุหลาบที่มาจาก geranyl acetate ซึ่งพบใน *Eucalyptus macarthurii* ใช้ในการผลิตน้ำหอม เป็นต้น

จากที่ได้กล่าวมา จะเห็นว่า องค์ประกอบหลักทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสจะเป็นสารประกอบเทอร์ปีนส์เป็นส่วนใหญ่ และจะมีองค์ประกอบแตกต่างกันไปในยูคาลิปคัสแต่ละสายพันธุ์ แม้แต่ยูคาลิปตัสสายพันธุ์เดียวกันที่ปลูกในท้องที่ต่างกันหรือท้องที่เดียวกัน ก็มักจะมีชนิดปริมาณสารและที่แตกต่างกันออกไปด้วย ดังเช่น จากรายงานของ ACIAR/CSIRO ในปี 1991 ได้รายงานถึงองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสที่ปลูกที่ Petford ในรัฐ Queenlans ประเทศออสเตรเลีย ไว้ว่ามี 2 Chemotypes โดย Chemotype 1 จะมี 1,8-cineol เป็นองค์ประกอบหลัก มีมากถึง 83.75% ในขณะที่ Chemotype 2 จะมี Sesquiterpenes เป็นองค์ประกอบหลัก สารที่มีมากที่สุดคือ Spathulenol 18.30% สารที่มีมากรองลงมา คือ Bicyclogermacrene และ Beta-pinene คือ 14.30% และ 10.60% ตามลำดับ ปริมาณของ 1,8-cineol พบเพียง 4.70% เท่านั้น ดังนั้น การศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่อายุต่างๆ และปลูกในท้องที่ต่างกัน จะทำให้เราทราบถึงความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากแต่ละท้องที่ ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลเพื่อการใช้ประโยชน์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่อายุต่างๆ จากสวนป่าในพื้นที่จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง รวมทั้งที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

วิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. ตัวอย่างใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส
2. ชุดกลั่นน้ำมันหอมระเหย
3. เครื่องวิเคราะห์หาองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยด้วย Gas Chromatography Varian GC-3800

วิธีการ

1. เก็บตัวอย่างใบสดจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้
   - ใบสดยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากสวนป่าจังหวัดบุรีรัมย์ อายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี
   - ใบสดยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากสวนป่าจังหวัดขอนแก่น 7 ปี
   - ใบสดยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากสวนป่าจังหวัดปราจีนบุรี ดังนี้
   - ใบสดจากการเพาะเมล็ด อายุ 3 ปี
   - ใบสดจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ อายุ 1 ปี
   - ใบสดจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของสายพันธุ์ผสมระหว่างยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส และยูคาลิปตัส กลอบูลัส อายุ 3 ปี
2. กลั่นน้ำมันหอมระเหยจากแต่ละตัวอย่างด้วยวิธี Steam distillation เก็บน้ำมันหอมระเหยที่ได้
3. หาปริมาณผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่ได้ในแต่ละตัวอย่าง
4. หาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันหอมระเหยแต่ละตัวอย่าง
5. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากแต่ละตัวอย่างด้วย GC โดยใช้ GC: Varian-3800

column : varian capillary column CP-sil5 CB

conditions : injection type 1079 temp 250 ^{0}C flow rate 2.0 ml/min

temperature program: initial 50 C, 8 min, step 1 1.5 ^{0}C/min hold 65 C, 0 min

step 2 15 ^{0}C/min and hold at 160 ^{0}C for 5 min

Detector : type FID temp 250 ^{0}C

ผลและวิจารณ์

ผลผลิตที่ได้จากการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่อายุต่างๆ และปลูกในที่ต่างๆ กัน คุณสมบัติทางฟิสิกซ์ของน้ำมันหอมระเหย ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ส่วนองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหยแต่ละตัวอย่างได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

จากการทดลองกลั่นน้ำมันหอมระเหยใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากจังหวัดบุรีรีมย์ ขอนแก่น และปราจีนบุรี พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่ได้จะมีสีใกล้เคียงกันคือสีเหลืองใส แต่องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากแต่ละที่และแต่ละชั้นอายุจะมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ดังนี้

Table 1 Percent yield and physical properties of essential oil from *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and hybrid species

Site / Age / Properties	Burirum(yrs)				Khon Khan 7 yrs	Prachinburi (yrs)		
						Seedling	Tissue culture	
	3	5	7	10		3	1	Hybrid* 3
% yield	1.14	1.42	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Color	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Specific gravity	0.8768	0.8500	0.7847	0.9317	0.8836	0.8578	0.8529	0.8651

* hybrid species between *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and *Eucalyptus globulus*

Table 2 Percent major compositions of essential oil from *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and hybrid species

Type of chemical	% composition							
	Burirum(yrs)				Khon Khan 7 yrs	Prachinburi (yrs)		
						Seedling	Tissue culture	
	3	5	7	10		3	1	Hybrid* 3
α -pinene	1.08	3.44	7	4.54	0.20	1.00	0.53	3.17
β -pinene	0	0	7.06	2.47	0.35	0	0	0
Phellandrene	4.47	0	4.15	0	0	1.93	0	2.42
p-cymene	**36.89**	**53.98**	**24.43**	**17.26**	0.36	**49.93**	**51.92**	**70.06**
1,8-cineole	8.06	3.82	**46.20**	**62.51**	11.21	3.76	1.80	4.72
γ-terpinene	**37.66**	**31.01**	**3.97**	**5.64**	**0**	**33.64**	**35.61**	**0.60**

* hybrid species between *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and *Eucalyptus globulus*

พิจารณาน้ำมันหอมระเหยในใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากจังหวัดบุรีรัมย์ ที่ชั้นอายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี พบว่า ได้ค่าผลผลิตเป็น 1.14% 1.42% 1.39% และ 1.73% โดยที่อายุ 10 ปี จะให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด อายุ 5 ปี ให้ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยรองลงมา และอายุ 3 ปี ให้ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยน้อยที่สุด ถ้าพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยพบว่า องค์ประกอบเกือบทั้งหมดจะเป็น monoterpenes ได้แก่ α-pinene, β-pinene, Phellandrene, p-cymene, 1,8-cineole และ γ-terpinene โดยจะมี p-cymene เป็นองค์ประกอบหลักในทุกชั้นอายุ คือ ที่อายุ 3 ปี พบ 36.89 % ที่อายุ 5 ปี พบ 53.98% ที่อายุ 7 ปี พบ 24.43% และที่อายุ 10 ปี พบ 17.26% จะเห็นว่ามันมีค่ามากขึ้นตามอายุและมากที่สุดที่อายุ 5 ปี จากนั้นมีแนวโน้มว่าจะมีค่าลดลงตามอายุ จนมีค่าน้อยที่สุดที่อายุ 10 ปี องค์ประกอบทางเคมีที่พบมากรองลงมาคือ 1,8-cineole และ γ-terpinene จะเห็นว่าที่ชั้นอายุ 7 ปี และ 10 ปี จะมี 1,8-cineole สูงถึง 46.20% และ 62.51% ในขณะที่ชั้นอายุ 3 ปี และ 5 ปี พบค่อนข้างน้อย คือพบเพียง 8.06% และ 3.82% จึงอาจเป็นไปได้ว่า เมื่อไม้อายุมากขึ้นจะมีปริมาณของ 1,8-cineole มากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจะต้องมีการศึกษาวิจัยต่อไป สารเคมีอีกชนิดหนึ่งที่พบในปริมาณมากคือ γ-terpinene โดยจะพบมากในยูคาลิปตัสอายุน้อย คือที่ชั้นอายุ 3 ปี และ 5 ปี พบ 37.66% และ 31.01% ในขณะที่ชั้นอายุ 7 ปี และ 10 ปี พบว่ามีอยู่เพียง 3.97% และ 5.64% ส่วนองค์ประกอบที่เหลืออื่นๆ พบในปริมาณค่อนข้างน้อย คือ α-pinene ที่ชั้นอายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี พบในปริมาณ 1.08% 3.44% 7.00% และ 4.54% ส่วน β-pinene พบเฉพาะที่ชั้นอายุ 7 ปี และ 10 ปีเท่านั้น โดยพบในปริมาณ 7.06% และ 2.47% และพบ Phellandrene เฉพาะที่ชั้นอายุ 3 ปี และ 7 ปี พบในปริมาณ 4.47% และ 4.15%

พิจารณาน้ำมันหอมระเหยใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากจังหวัดขอนแก่น ที่ชั้นอายุ 7 ปี พบว่ามี monoterpene ค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่จะเป็น sesquiterpene โดยmonoterpene ที่พบทั้งหมดมี 4 ชนิด คือ α-pinene ,β-pinene, p-cymene และ 1,8-cineole โดยพบ 1,8-cineole ในปริมาณมากที่สุด คือ 11.20% นอกนั้นพบในปริมาณน้อย คือ มี α-pinene 0.20% β-pinene 0.35% และ p-cymene 0.36%

การกลั่นน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสจากจังหวัดปราจีนบุรี จะมีทั้งที่ได้จากการปลูกโดยการเพาะเมล็ด อายุ 3 ปี จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 1 ปี และสายพันธุ์ผสมระหว่างยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และยูคาลิปตัส กลอบูลัส อายุ 3 ปี ในทุกตัวอย่างจะไม่พบ β-pinene เลย และพบว่ามี p-cymene มากที่สุดในทุกตัวอย่าง โดยน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการปลูกโดยการเพาะเมล็ดที่ชั้นอายุ 3 ปี p-cymene มีอยู่ 49.93% ส่วนน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการ ปลูกโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 1 ปี มี p-cymene อยู่ 51.92% และในสายพันธุ์ผสมพบว่ามีมากถึง 70.06% ซึ่งมีปริมาณมากถึงขั้นที่จะนำน้ำมันหอมระเหยนี้ไปใช้ในอุตสาหกรรมได้ สารเคมีตัวอื่นๆ ที่พบจะพบในปริมาณไม่มากนัก คือ ในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการปลูกโดยการเพาะเมล็ดอายุ 3 ปี จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ อายุ 1 ปี และจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของสายพันธุ์ผสม อายุ 3 ปี พบว่ามี α-pinene 1.00% 0.53% และ 3.17% และพบ 1,8-cineole 3.76% 1.80% และ 4.72% ตามลำดับ ส่วน Phellandrene พบในน้ำมันจากการเพาะเมล็ดอายุ 3 ปี 1.93% และจากการเพาะ เลี้ยงเนื้อเยื่อของสายพันธุ์ผสมอายุ 3 ปี 2.42% และไม่พบในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออายุ 1 ปี

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากที่กล่าวมา จะเห็นว่า น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส จากจังหวัดบุรีรัมย์และปราจีนบุรี จะให้ p-cymene ในปริมาณมาก โดยเฉพาะน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของสายพันธุ์ผสมระหว่างยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และยูคาลิปตัส กลอบูลัส อายุ 3 ปีจะให้มากถึง 70.06% และน้ำมันยูคาลิปตัสจากจังหวัดบุรีรัมย์อายุ 10 ปี จะให้ 1,8-cineole มากถึง 62.51% และไม่พบ Phellandrene เลย จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ ซึ่งมีข้อกำหนดว่า ต้องมีปริมาณ 1,8-cineole ไม่น้อยกว่า 70% และต้องไม่มี α-Phellandrene และ β-Phellandrene ปะปนอยู่เลย ดังนั้น เราสามารถนำน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 10 ปี จากจังหวัดบุรีรัมย์ไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ได้ แต่อาจต้องมีการปรับเพิ่มปริมาณของ 1,8-cineole โดยเติมน้ำมันยูคาลิปตัสที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ เป็นการช่วยให้มีการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสอย่างคุ้มค่า ช่วยเพิ่มมูลค่าของเศษวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ สร้างรายได้เสริมให้แก่เกษตรกร และลดการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ

เนื่องจากผลของการทดลอง พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากต้นที่มีอายุมาก จะมีปริมาณของ 1,8-cineole มากขึ้น ดังเช่น น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากชั้นอายุ 7 ปี พบว่ามี 46.2% และเพิ่มขึ้นอย่างมากที่ชั้นอายุ 10 ปี คือมี 62.51% ซึ่งสารเคมีตัวนี้เป็นดัชนีสำหรับการใช้ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสได้ ดังนั้น น่าที่จะมีการศึกษาต่อไปถึงชั้นอายุของยูคาลิปตัสที่มีต่อปริมาณของ 1,8-cineole ต่อไป

บรรณานุกรม

เกรียงศักดิ์ ไชยโรจน์.2531. การสกัดและแยกสารระเหย. เอกสารประกอบการสอน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 201 หน้า

ACIAR/CSIRO. 1991. Eucalyptus Leaf Oils : Use, Chemistry, Distillation and Marketing. Inkata Press. Melbourne and Sydney. 230 p.

Prosea. 1999. Plant Resources of South-east Asia 19 : Essential-oil Plants. Prosea Foudation, bogor, Indonesia. 277 p.

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 แสดง Retention timeชนิด และ % composition ของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3 ปี จากสวนป่าจังหวัดบุรีรัมย์

Peak No.	ชนิดสาร	% composition	Retention time
1	Unknown	0.7248	4.610
2	Alpha-pinene	1.0763	6.896
3	Phellandrene	4.4686	10.724
4	**p-cymene**	**36.8864**	**11.997**
5	1,8-cineol	8.0573	12.505
6	**Gramma-terpinene**	**37.6639**	**14.773**
7	Unknown	5.9937	23.551
8	Unknown	1.0361	24.650
9	Unknown	0.7059	26.794
10	Unknown	0.6969	28.999
11	Unknown	0.8655	33.974
12	Unknown	0.7638	34.370
13	Unknown	1.0607	34.859
	Total	99.9999	

ตารางที่ 2 แสดง Retention time ชนิด และ % composition ของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี จากสวนป่าจังหวัดบุรีรัมย์

Peak No.	ชนิดสาร	% composition	Retention time
1	Unknown	1.4921	4.594
2	Alpha-pinene	3.4357	6.894
3	**p-cymene**	**53.9819**	**11.935**
4	1,8-cineol	3.8185	12.473
5	**Gramma-terpinene**	**31.0134**	**14.637**
6	Unknown	4.8270	23.498
7	Unknown	1.4315	33.979
	Total	100.0001	

ตารางที่ 3 แสดง Retention time ชนิด และ % composition ของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 7 ปี จากสวนป่าจังหวัดบุรีรัมย์

Peak No.	ชนิดสาร	% composition	Retention time
1	Alpha-pinene	6.9973	6.899
2	Beta-pinene	7.0687	8.942
3	Phellandrene	4.1520	10.718
4	**p-cymene**	**24.4269**	**11.877**
5	**1,8-cineol**	**46.2041**	**12.536**
6	Gramma-terpinene	3.9729	14.561
7	Unknown	1.8933	23.504
8	Unknown	3.3332	24.643
9	Unknown	1.9518	55.100
	Total	100.0002	

ตารางที่ 4 แสดง Retention time ชนิด และ % composition ของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 10 ปี จากสวนป่าจังหวัดบุรีรัมย์

Peak No.	ชนิดสาร	% composition	Retention time
1	Unknown	1.1645	4.661
2	Alpha-pinene	4.5366	6.909
3	Beta-pinene	2.4743	8.953
4	**p-cymene**	**7.2578**	**11.912**
5	**1,8-cineol**	**62.5077**	**12.653**
6	Gramma-terpinene	5.6446	14.594
7	Unknown	1.6967	23.514
8	Unknown	2.4922	24.654
9	Unknown	2.2256	55.120
	Total	100.0000	

ตารางที่ 5 แสดง Retention time ชนิด และ % composition ของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 7 ปี จากสวนป่าจังหวัดขอนแก่น

Peak No.	ชนิดสาร	% composition	Retention time
1	Unknown	0.3622	4.743
2	Alpha-pinene	0.2009	6.898
3	Beta-pinene	0.3518	8.940
4	p-cymene	0.3649	11.849
5	**1,8-cineol**	**11.2078**	**12.583**
6	Unknown	0.6999	18.420
7	Unknown	0.3323	19.192
8	Unknown	0.6971	20.280
9	Unknown	0.3562	20.756
10	Unknown	1.2620	22.576
11	Alpha-pinene	2.6040	23.605
12	Unknown	1.2998	24.082
13	Unknown	8.2490	25.003
14	Unknown	1.6617	25.557
15	Unknown	0.4869	26.535
16	Unknown	0.2956	27.249
17	Unknown	0.3069	27.458
18	Unknown	1.1535	27.804
19	Unknown	0.3505	28.197
20	Unknown	0.5118	28.479
21	Unknown	1.6846	29.091
22	Unknown	0.3452	32.975
23	Unknown	0.4347	34.040

Peak No.	ชนิดสาร	% composition	Retention time
24	Unknown	0.6285	34.454
25	Unknown	3.0647	35.034
26	Unknown	0.4019	36.235
27	Unknown	0.3493	37.341
28	Unknown	0.2822	40.386
29	Unknown	0.4494	40.893
30	Unknown	0.1930	41.340
31	Unknown	0.5020	41.586
32	Unknown	0.4826	41.966
33	Unknown	0.4453	42.373
34	Unknown	0.2413	42.690
35	Unknown	0.6326	43.198
36	Unknown	0.3622	44.762
37	Unknown	0.2891	46.277
38	Unknown	0.2727	46.764
39	Unknown	0.4711	47.291
40	Unknown	0.1823	47.812
41	Unknown	0.2744	48.099
42	Unknown	0.2943	48.359
43	Unknown	0.4854	48.948
44	Unknown	0.3619	52.290
45	Unknown	2.2638	53.583
46	Unknown	1.6546	53.896

Peak No.	ชนิดสาร	% composition	Retention time
47	Unknown	1.7167	54.680
48	**Unknown**	**21.7903**	**55.809**
49	Unknown	3.9832	56.089
50	Unknown	1.1508	56.243
51	Unknown	3.3624	56.722
52	Unknown	2.6779	57.222
53	Unknown	2.0580	58.139
54	Unknown	1.5613	58.477
55	Unknown	0.8090	58.811
56	Unknown	0.3872	59.188
57	Unknown	3.4764	59.700
58	Unknown	4.1583	60.161
59	Unknown	0.3589	61.353
60	Unknown	0.2239	62.139
61	Unknown	0.5388	63.024
62	Unknown	0.2635	63.784
63	Unknown	0.2052	64.340
64	Unknown	0.3157	64.781
65	Unknown	0.2889	65.108
66	Unknown	0.2356	65.772
67	Unknown	0.2253	69.291
	Total	100.0001	

ตารางที่ 6 แสดง Retention time ชนิด และ % composition ของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากการเพาะเมล็ด อายุ 3 ปี จากสวนป่าจังหวัดปราจีนบุรี

Peak No.	ชนิดสาร	% composition	Retention time
1	Unknown	1.1086	4.427
2	Alpha-pinene	1.0085	6.903
3	Unknown	1.4520	8.201
4	Phellandrene	1.9329	10.710
5	**p-cymene**	**49.9303**	**11.856**
6	1,8-cineole	3.7637	12.458
7	**Gramma-terpinene**	**33.6474**	**14.580**
8	Unknown	5.0393	23.491
9	Unknown	0.8049	33.968
10	Unknown	0.6010	34.363
11	Unknown	0.7113	34.862
	Total	99.9999	

ตารางที่ 7 แสดง Retention time ชนิด และ % composition ของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส อายุ 1 ปี จากสวนป่าจังหวัดปราจีนบุรี

Peak No.	ชนิดสาร	% composition	Retention time
1	Unknown	1.0406	4.470
2	Alpha-pinene	0.5304	6.909
3	Unknown	0.9999	8.206
4	**Phellandrene**	**51.9235**	**11.891**
5	p-cymene	1.8061	12.477
6	**1,8-cineole**	**35.6083**	**14.609**
7	Gramma-terpinene	5.0166	23.493
8	Unknown	0.7438	24.677
9	Unknown	0.4819	26.816
10	Unknown	0.7432	33.969
11	Unknown	0.5846	34.363
12	Unknown	0.5211	34.861
	Total	100.0000	

ตารางที่ 8 แสดง Retention time ชนิด และ % composition ของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสายพันธุ์ผสมระหว่างยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และ ยูคาลิปตัสดีกลุบตา อายุ 3 ปี จากสวนป่าจังหวัดปราจีนบุรี

Peak No.	ชนิดสาร	% composition	Retention time
1	Unknown	1.5678	3.804
2	Unknown	0.9265	4.178
3	Unknown	1.4680	4.570
4	Alpha-pinene	3.1794	6.900
5	Unknown	1.0338	8.203
6	Phellandrene	2.4222	10.715
7	**p-cymene**	**70.0600**	**11.926**
8	Unknown	0.6342	12.231
9	1,8-cineole	4.7203	12.460
10	Gramma-terpinene	0.6023	14.552
11	Unknown	0.4362	16.451
12	Unknown	0.3686	18.008
13	Unknown	0.9386	18.449
14	Unknown	0.4090	20.320
15	Unknown	0.5161	22.506
16	Unknown	1.9301	23.498
17	Unknown	1.4229	24.652
18	Unknown	0.8696	25.451
19	Unknown	1.8894	28.379
20	Unknown	1.5715	32.079
21	Unknown	0.3657	33.176
22	Unknown	1.5631	34.859
23	Unknown	0.7483	54.656
24	Unknown	0.3565	59.334
	Total	100.0001	

ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

Effectiveness of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Essential Oil Products

ทรรศนีย์ พัฒนเสรี [*1]
และ ชูจิตร อนันตโชค [*1]
Tasanee Pattanaseree [*1]
and Choojit Anantachoke [*1]

[*1] กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
Email : tasaneepat@yahoo.com

บทคัดย่อ

ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยดูจากคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ คือ สเปรย์ยูคาลิปตัส โลชั่นกันยุงยูคาลิปตัส ยาหม่องยูคาลิปตัส และยาหม่องน้ำยูคาลิปตัส โดยแจกตัวอย่างพร้อมแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 30 คน พบว่า สเปรย์ยูคาลิปตัส และยาหม่องยูคาลิปตัส ได้รับความพึงพอใจสูงมากในทุกคุณลักษณะที่ทำการประเมิน มีค่าอยู่ในช่วง 86.67% - 100% ส่วนโลชั่นกันยุงยูคาลิปตัส และยาหม่องน้ำยูคาลิปตัสได้รับความพึงพอใจรองลงมา ผลของทุกคุณลักษณะที่ทำการประเมินมีค่าอยู่ในช่วง 63.33% - 93.33%

คำหลัก : ประสิทธิภาพ น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สเปรย์ยูคาลิปตัส โลชั่นกันยุงยูคาลิปตัส ยาหม่องยูคาลิปตัส ยาหม่องน้ำยูคาลิปตัส

ABSTRACT

Studied effectiveness of *Eucalyptus camaldulensis* Denhn. essential oil products via products properties all together 4 products : Eucalyptus spray, mosquito repellent eucalyptus lotion, eucalyptus balm and eucalyptus oil-balm were studied by distributing the products with questionnaire to 30 persons as group samplers. The results found that the group samplers preferred all properties of eucalyptus spray and eucalyptus balm in the range of 86.67% - 100% and preferred properties of mosquito repellent eucalyptus lotion and eucalyptus oil-balm in the range of 63.33% - 93.33%

Key word : Effectiveness, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Essential Oil, Eucalyptus spray, mosquito-repelled eucalyptus lotion, eucalyptus balm and eucalyptus oil-balm

บทนำ

ในปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติได้ถูกนำมาใช้อย่างหลากหลาย เช่น ใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ ใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง ใช้เป็นสารกำจัดแมลงและศัตรูพืช และที่นิยมมากคือใช้ในการบำบัดโรคด้วยกลิ่นที่เรารู้จักกันว่า Aromatherapy เป็นต้น ซึ่งจากการค้นคว้าพบว่า น้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้จากใบยูคาลิปตัส จะมีสรรพคุณมากมาย เช่น ใช้เป็นส่วนประกอบของยารักษาโรค ใช้กำจัดรังแคบนหนังศรีษะ ใช้ในการกำจัดแมลงและหมัดสุนัข รักษาแผลจากมีดบาด ใช้ทำความสะอาดคราบน้ำมันบนเสื้อผ้า เป็นต้น น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสที่ใช้อยู่นี้ส่วนใหญ่แล้วเป็นน้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัสสายพันธุ์ที่มีน้ำมันที่มีคุณภาพดี และมีสารที่ออกฤทธิ์ในปริมาณสูง เช่น *Eucalyptus globules* และ *E.elaeophora* ซึ่งมีปริมาณ 1,8-cineole มากถึง 80 - 85% จะใช้มากทางการแพทย์ หรือ E.citriodora ซึ่งมี citronellal มากถึง 65 - 80% E.macarthurii มี geranyl acetate ในปริมาณ 60 - 70% จะใช้มากในอุตสาหกรรมน้ำหอมและสารแต่งกลิ่น เป็นต้น แต่ยูคาลิปตัสสายพันธุ์เหล่านี้บางชนิดไม่มีปลูกในประเทศไทย บางชนิดก็มีปลูกแต่น้อยมากและไม่ได้ปลูกในปริมาณมากถึงระดับที่พอเพียงต่อการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมได้ จึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อเป็นการลดการนำเข้าน้ำมันยูคาลิปตัสจากต่างประเทศ จึงได้มีการนำน้ำมันจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่มีปลูกอยู่มากมายในประเทศไทยมาทดลองใช้ประโยชน์ จากการทดลองของทรรศนีย์ และคณะ (เอกสารอยู่ระหว่างการพิมพ์เผยแพร่) ที่ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่อายุต่างๆ จากจังหวัดบุรีรัมย์ ขอนแก่น และปราจีนบุรี พบว่า น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสจากจังหวัดบุรีรัมย์ ที่อายุ 10 ปี มีองค์ประกอบทางเคมีที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงและน่าสนใจที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ คือ มีปริมาณของ 1,8-cineole มากถึง 62.51% จึงได้ทดลองวิจัย โดยใช้น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสจากจังหวัดบุรีรัมย์ทำเป็นผลิตภัณฑ์ จนได้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 4 ผลิตภัณฑ์ คือ สเปรย์ยูคาลิปตัส สำหรับฉีดไล่ยุงและแมลงสาบ โลชั่นกันยุงยูคาลิปตัส ยาหม่องยูคาลิปตัส และยาหม่องน้ำยูคาลิปตัส และเพื่อให้แน่ใจในประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ จึงได้มีการทดลองผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดตัวอย่างละ 30 คนโดยความสมัครใจ พร้อมกับมีแบบสอบถามเกี่ยวกับประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดด้วย เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่สามารถเผยแพร่สู่ชุมชนต่อไปได้

คำนิยามศัพท์

ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สเปรย์ยูคาลิปตัส และโลชั่นกันยุงยูคาลิปตัส หมายความถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในการฆ่ามด ไล่แมลงสาบ ความพึงพอใจในกลิ่น ความคงทนของกลิ่น การทำให้บรรยากาศรอบๆ สดชื่น การซึมซาบเข้าสู่ผิวหนังได้ดี ความหนืดของโลชั่น ทาแล้วไม่เป็นปื้น

ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ยาหม่องและยาหม่องน้ำยูคาลิปตัส หมายความถึง ความข้นของยาหม่องน้ำ หรือความนิ่มของยาหม่อง การทำให้รู้สึกโล่งจมูก กลิ่นหอมสดชื่น ติดทนนานการแก้พิษแมลงกัดต่อย ความร้อนแรงของยาหม่อง

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส 4 ผลิตภัณฑ์ คือ สเปรย์ยูคาลิปตัสสำหรับฉีดไล่ยุงและแมลงสาบ โลชั่นกันยุงยูคาลิปตัส ยาหม่องยูคาลิปตัส และยาหม่องน้ำยูคาลิปตัส

วิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สเปรย์ยูคาลิปตัส โลชั่นกันยุงยูคาลิปตัส ยาหม่องยูคาลิปตัส และยาหม่องน้ำยูคาลิปตัส ชนิดละ 30 ตัวอย่าง
2. แบบสอบถามเกี่ยวกับประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ชนิดละ 30 ชุด
3. กลุ่มทดลอง ได้แก่ พนักงาน แม่บ้าน จำนวน 30 คน โดยไม่จำกัดอายุที่ยินดีให้ความร่วมมือในการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์

วิธีการ

1. แจกตัวอย่างผลิตภัณฑ์พร้อมแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่ม เพื่อทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้น ตัวอย่างละ 30 คน
2. หลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 3 สัปดาห์ เก็บแบบสอบถามเพื่อทำการวิเคราะห์ผลและแปรผลการทดลองใช้

ผลและวิจารณ์

จากการทดลอง สามารถสรุปผลกลุ่มผู้ให้ข้อมูล และ สรุปผลจากการวิเคราะห์แบบสอบถามทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ออกมาได้ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงถึงรายละเอียดของกลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์สเปรย์ยูคาลิปตัส

ช่วงอายุ (ปี)	เพศ		อาชีพ (คน)
	ชาย	หญิง	
21 - 30	4	3	พนักงานบริษัท(3) / ลูกจ้าง(2) /อาจารย์(1) / พนักงานราชการ(1)
31 - 40	2	3	รับจ้างทั่วไป(1) / อาจารย์(1) / พนักงานบริษัท(1) / พนักงานทำความสะอาด(1) / ลูกจ้าง(1)
41 - 50	2	11	ราชการ(7) / ค้าขาย(1) / แม่บ้าน(1) / พนักงานบริษัท(1) / พนักงานราชการ(1) / แม่ครัว(1) / รับจ้างทั่วไป(1)
51 - 60	1	3	ราชการ(2) / รับจ้าง(1) / อาจารย์(1)
61 - 70	1	0	เกษตรกร(1)
61 - 70	10	20	= 30 คน

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณลักษณะและข้อเสนอแนะต่อผลิตภัณฑ์สเปรย์ยูคาลิปตัส

รายละเอียดที่ประเมิน	ผลการประเมินและข้อเสนอแนะ
1. กลิ่น	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 26 ราย คิดเป็น 86.67% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 4 ราย คิดเป็น 13.33%
2. ประสิทธิภาพในการฆ่ามด	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 27 ราย คิดเป็น 90% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 3 ราย คิดเป็น 10%
3. ประสิทธิภาพในการไล่แมลง แมลงสาบ	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 26 ราย คิดเป็น 86.67 % มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 4 ราย คิดเป็น 13.33 %
4. ความคงทนของกลิ่น	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 26 ราย คิดเป็น 86.67% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 4 ราย คิดเป็น 13.33%
5. ทำให้บรรยากาศรอบๆ สดชื่น	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 26 ราย คิดเป็น 89.66% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 3 ราย คิดเป็น 10.34% มีผู้ไม่ระบุผล 1 ราย
6. ความสวยงามของบรรจุภัณฑ์	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 25 ราย คิดเป็น 83.33% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 5 ราย คิดเป็น 16.67%
7. ราคาขายขวดละ 80 บาท	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 13 ราย คิดเป็น 43.33% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 17 ราย คิดเป็น 56.67%
8. อื่นๆ	มีผู้เสนอว่า ควรใส่สีธรรมชาติเพื่อเพิ่มสีสันของสารละลาย 1 ราย

ตารางที่ 3 แสดงถึงรายละเอียดของกลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์โลชั่นกันยุงยูคาลิปตัส

ช่วงอายุ (ปี)	เพศ		อาชีพ (คน)
	ชาย	หญิง	
11 - 20	0	2	นิสิต(1) / นักศึกษา(1)
21 - 30	3	8	รับจ้าง(2) / แม่บ้าน(1) / ช่างเสริมสวย(1) / ค้าขาย(2) / พนักงานบริษัท(2) / ราชการ(2) / พนักงานราชการ(1)
31 - 40	2	4	ครู(2) / แม่ครัว(1) / พนักงานทำความสะอาด(1) / ค้าขาย(2)
41 - 50	0	4	รับจ้างทั่วไป(1) / ราชการ(1) / พนักงานราชการ(1)
51 - 60	0	7	ราชการ(3) / ลูกจ้าง(2) / พนักงานราชการ(1) / รับจ้าง(1)
รวมทั้งสิ้น	5	25	= 30 คน

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณลักษณะและข้อเสนอแนะต่อผลิตภัณฑ์โลชั่นยูคาลิปตัส

รายละเอียดที่ประเมิน	ผลการประเมินและข้อเสนอแนะ
1. กลิ่น	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 23 ราย คิดเป็น 76.67% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 7 ราย คิดเป็น 23.33%
2. ประสิทธิภาพในการป้องกันยุง	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 25 ราย คิดเป็น 83.33% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 5 ราย คิดเป็น 16.67%
3. ความคงทนของกลิ่น	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 23 ราย คิดเป็น 76.67% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 7 ราย คิดเป็น 23.33%
4. ความหนืดของโลชั่น	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 25 ราย คิดเป็น 83.33% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 5 ราย คิดเป็น 16.67%
5. การซึมซาบเข้าสู่ผิวหนังของโลชั่น	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 26 ราย คิดเป็น 86.67% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 4 ราย คิดเป็น 13.33%
6. ทาแล้วไม่เป็นปื้นที่ผิว	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 28 ราย คิดเป็น 93.33% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 2 ราย คิดเป็น 6.67%
7. ความสวยงามของบรรจุภัณฑ์	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 29 ราย คิดเป็น 96.67% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 1 ราย คิดเป็น 3.33%
8. ราคาขายขวดละ 30 บาท	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 21 ราย คิดเป็น 70.00% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 9 ราย คิดเป็น 30.00%

ตารางที่ 5 แสดงถึงรายละเอียดของกลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ยาหม่องยูคาลิปตัส

ช่วงอายุ (ปี)	เพศ		อาชีพ (คน)
	ชาย	หญิง	
11 - 20	0	1	นักศึกษา(1)
21 - 30	1	8	พนักงานบริษัท(4)/ราชการ(1)/ลูกจ้าง(2)/ คนงาน(1) / แม่บ้าน(1)
31 - 40	2	4	ค้าขาย(1) / แม่บ้าน(1) / คนงาน(2) / ลูกจ้าง(2)
41 - 50	1	8	ช่างเสริมสวย(1) /แม่บ้าน(3)/ราชการ(2) / คนงาน(1) / ขับแท็กซี่(1) / รับจ้างทั่วไป(1)
51 - 60	1	4	แม่บ้าน(2) / อาจารย์(1) / รับจ้างทั่วไป(2)
รวมทั้งสิ้น	5	25	= 30 คน

ตารางที่ 6 ผลการประเมินคุณลักษณะและข้อเสนอแนะผลิตภัณฑ์ยาหม่องยูคาลิปตัส

รายละเอียดที่ประเมิน	ผลการประเมินและข้อเสนอแนะ
1. กลิ่น	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 25 ราย คิดเป็น 83.33% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 5 ราย คิดเป็น 16.67%
2. ทำให้โล่งจมูก	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 26 ราย คิดเป็น 86.67% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 4 ราย คิดเป็น 13.33%
3. ลดพิษจากแมลงกัดต่อย	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 27 ราย คิดเป็น 93.10% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 2 ราย คิดเป็น 6.90% มีผู้ไม่ระบุผล 1 ราย
4. ความนิ่มแข็งของยาหม่อง	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 30 ราย คิดเป็น 100%
5. ความร้อนของยาหม่อง	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 29 ราย คิดเป็น 96.67% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 1 ราย คิดเป็น 3.33%
6. ความสวยงามของบรรจุภัณฑ์	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 23 ราย คิดเป็น 76.67% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 7 ราย คิดเป็น 23.33%
7. ราคาขายขวดละ 17 บาท	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 17 ราย คิดเป็น 56.67% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 13 ราย คิดเป็น 43.33%
8. อื่นๆ	มีผู้เสนอว่าอยากให้มีรูปผู้ผลิตข้างขวด 1 ราย

ตารางที่ 7 แสดงถึงรายละเอียดของกลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ยาหม่องน้ำยูคาลิปตัส

ช่วงอายุ (ปี)	เพศ		อาชีพ (คน)
	ชาย	หญิง	
11 - 20	0	3	นักศึกษา(2) /นิสิต(1)
21 - 30	5	5	พนักงานบริษัท(2) / ช่างเสริมสวย(1) /ราชการ(3) / ลูกจ้าง(2) / ค้าขาย(1) / รับจ้างทั่วไป(1)
31 - 40	2	5	รับเหมาก่อสร้าง(1) / ช่างเสริมสวย(1) / ลูกจ้าง(1) / รับจ้างทั่วไป(1) / ราชการ(1)/ คนงาน(1) /ค้าขาย(1)
41 - 50	2	5	ราชการ(2) / พนักงานบริษัท(1) /ขับรถโดยสาร(2)/ รับจ้างทั่วไป(2)
51 - 60	1	2	แม่บ้าน(1) / รับจ้างทั่วไป(1) /อาจารย์(1)
รวมทั้งสิ้น	10	20	= 30 คน

ตารางที่ 8 ผลการประเมินคุณลักษณะและข้อเสนอแนะต่อผลิตภัณฑ์ยาหม่องน้ำยูคาลิปตัส

รายละเอียดที่ประเมิน	ผลการประเมินและข้อเสนอแนะ
1. กลิ่น	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 27 ราย คิดเป็น 90.00% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 3 ราย คิดเป็น 10.00%
2. ทำให้โล่งจมูก	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 28 ราย คิดเป็น 93.33 % มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 2 ราย คิดเป็น 6.67%
3. ลดพิษจากแมลงกัดต่อย	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 25 ราย คิดเป็น 92.60% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 2 ราย คิดเป็น 7.40% มีผู้ไม่ระบุผล 3 ราย
4.ความคงทนของกลิ่น	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 19 ราย คิดเป็น 63.33% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 11 ราย คิดเป็น 36.67%
5. ความร้อนของยาหม่องน้ำ	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 21 ราย คิดเป็น 70.00% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 9 ราย คิดเป็น 30.00%
6. ความสวยงามของบรรจุภัณฑ์	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 26 ราย คิดเป็น 86.67% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 4 ราย คิดเป็น 13.33%
7. ราคาขายขวดละ 17 บาท	มีผู้พึงพอใจกับพึงพอใจมากจำนวน 15 ราย คิดเป็น 50.00% มีผู้ระบุไม่พึงพอใจจำนวน 15 ราย คิดเป็น 50.00%
8. อื่นๆ	

ผลและวิจารณ์

ผลจากการทดลอง พบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ให้ข้อมูลในการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ฯ ทุกชนิด จะเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย มีหลากหลายอาชีพ และหลากหลายอายุ ซึ่งผลของการประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ฯ แต่ละชนิดสามารถอธิบายได้ดังนี้

การประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สเปรย์ยูคาลิปตัสจากกลุ่มผู้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 30 คน พบว่าเป็นเพศชาย 8 คน เพศหญิง 22 คน มีช่วงอายุตั้งแต่ 21 ปี จนถึงช่วงอายุ 70 ปี โดยมีช่วงอายุ 41 - 50 ปีมากที่สุด คือ 13 คน มีหลากหลายอาชีพ คือ พนักงานบริษัท ลูกจ้าง รับจ้างทั่วไป ราชการ พนักงานราชการ ค้าขาย อาจารย์ แม่ครัว แม่บ้าน พนักงานทำความสะอาด และเกษตรกร ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 คุณลักษณะที่ประเมินทั้งหมด ได้แก่ กลิ่น ประสิทธิภาพในการฆ่ามด ไล่แมลงสาบ ความคงทนของกลิ่น และช่วยให้บรรยากาศรอบๆ สดชื่น ดังในตารางที่ 2 พบว่า ผู้ทดลองใช้มีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพในการฆ่ามดสูงสุด คือ 90.00% มีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพในการทำให้บรรยากาศรอบๆ สดชื่น 89.66% และมีความพึงพอใจต่อกลิ่น ประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบ และความคงทนของกลิ่นน้อยที่สุด คือ 86.67%

สำหรับโลชั่นกันยุงยูคาลิปตัสที่ทำการทดลองในกลุ่มผู้ทดลองใช้ 30 คน โดยมีช่วงอายุ 11 ปี จนถึงช่วงอายุ 60 ปี เป็นเพศชาย 5 คน เพศหญิง 25 คน และเป็นช่วงอายุ 21 - 30 ปี มากที่สุด คือ 11 คน มีอาชีพหลากหลาย ได้แก่ นิสิต นักศึกษา รับจ้าง แม่บ้าน ค้าขาย ช่างเสริมสวย พนักงานบริษัท ข้าราชการ พนักงานราชการ ลูกจ้าง ครู แม่ครัว พนักงานทำความสะอาด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 คุณลักษณะที่ประเมินทั้งหมด ได้แก่ กลิ่น ประสิทธิภาพในการป้องกันยุง ความคงทนของกลิ่น ความหนืดของโลชั่น การซึมซาบเข้าสู่ผิวหนัง และทาแล้วไม่เป็นปื้น ผลการประเมินประสิทธิภาพได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 พบว่า ประสิทธิภาพในการทาแล้วไม่เป็นปื้นและการซึมซาบเข้าสู่ผิวหนังของโลชั่นได้รับความพึงพอใจมากที่สุด คือ 93.33% และ 86.67% ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการป้องกันยุงและความหนืดของโลชั่น ได้รับความพึงพอใจรองลงมา คือ 83.33% กลิ่น และความคงทนของกลิ่นได้รับความพึงพอใจน้อยที่สุด คือ 76.67%

ในตารางที่ 5 แสดงถึงกลุ่มผู้ให้ข้อมูลจากการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ยาหม่องยูคาลิปตัสจำนวน 30 คน มีช่วงอายุ 11 ปี จนถึงช่วงอายุ 60 ปี พบว่าเป็นเพศชาย 5 คน เพศหญิง 25 คน มีหลากหลายอาชีพ คือ นักศึกษา พนักงานบริษัท ข้าราชการ ลูกจ้าง คนงาน แม่บ้าน ค้าขาย ช่างเสริมสว รับจ้างทั่วไปคนขับแท็กซี และอาจารย์ คุณลักษณะที่ประเมินได้แก่ กลิ่น ทำให้รู้สึกโล่งจมูก ลดพิษจากแมลงกัดต่อย ความนิ่มของยาหม่อง และความร้อนของ ยาหม่อง พบว่าทุกคุณลักษณะได้รับความพึงพอใจถึงพึงพอใจมากอยู่ในระดับที่สูง คือ 83.33% - 100.00% ดังใน ตารางที่ 6 โดยผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความแข็งของยาหม่องได้รับความพึงพอใจสูงสุด 100% ความร้อนของ ยาหม่อง และการลดพิษจากแมลงกัดต่อยได้รับความพึงพอใจรองลงมา คือ 96.67% และ 93.10% การทำให้โล่งจมูก และกลิ่นของยาหม่องได้รับความพึงพอใจน้อยที่สุด คือ 86.67% และ 83.33%

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการประเมินประสิทธิภาพของยาหม่องน้ำทั้งหมด 30 คน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 7 พบว่าเป็นเพศชาย 10 คน และเพศหญิง 20 คน มีช่วงอายุ 11 ปี ถึง 60 ปี มีหลากหลายอาชีพ คือ นิสิต นักศึกษา พนักงานบริษัท ช่างเสริมสวย ข้าราชการ ลูกจ้าง ค้าขาย รับจ้างทั่วไป รับเหมาก่อสร้าง คนงาน ขับรถโดยสาร แม่บ้าน และอาจารย์ คุณลักษณะที่ประเมินคือ กลิ่น ทำให้โล่งจมูก ลดพิษจากแมลงกัดต่อย และความร้อนของยาหม่องน้ำ พบว่าผู้ให้ข้อมูลมีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพที่ทำให้โล่งจมูก การลดพิษจากแมลงกัดต่อย และกลิ่นเป็น 93.33% 92.60% และ 90.00% ตามลำดับ มีความพึงพอใจต่อความร้อนของยาหม่องน้ำ 70% และมีความพึงพอใจต่อความคงทนของกลิ่นน้อยที่สุด คือ 63.33%

จากผลการประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าทุกผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะเป็นที่พึงพอใจของผู้ทดลองใช้ โดยที่ความพึงพอใจต่อสเปรย์ยูคาลิปตัสจะมีมากกว่าโลชั่นกันยุงยูคาลิปตัส และความพึงพอใจต่อยาหม่องจะมีมากว่ายาหม่องน้ำยูคาลิปตัส ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าผลจากการทดลองทำผลิตภัณฑ์ที่ได้กล่าวมาสามารถที่จะถ่ายทอดให้กับประชาชน เกษตรกร หรือผู้สนใจนำไปพัฒนาเป็นธุรกิจต่อไปได้

เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ ใช้กลุ่มตัวอย่างเพื่อทดลองใช้ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านบุคลากรและงบประมาณ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่า ควรจะมีการทดลองซ้ำและควรทำการทดลองในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ขึ้น ทดลองในพื้นที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น เช่น ทดลองในพื้นที่ที่มียุงมาก ตลอดจนการทดลองในห้องปฏิบัติการทดลองยุงกัดโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้สามารถหานัยสำคัญทางสถิติจากผลการประเมินได้

บรรณานุกรม

ACIAR/CSIRO. 1991. Eucalyptus Leaf Oils : Use , Chemistry, Distillation and Marketing. Inkata Press. Melbourne and Sydney. 230 p.

ทรรศนีย์และคณะ. 2550. น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. อยู่ระหว่างการพิมพ์เผยแพร่.

Plan II

แผนงานวิจัยย่อย 2

การิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จาก ไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส

- การใช้ประโยชน์ไม้แปรรูปยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส
- การทำแผ่นไม้อัดจากไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส
- ไม้บางประสานจากไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส
- ศักยภาพด้านพลังงานของไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส 4 ชั้นอายุ
- ความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส

การใช้ประโยชน์ไม้แปรรูป ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

Appropriated End-used of *Eucalyptus Camaldulensis* sawn lumber

สุธี วิสุทธิเทพกุล [1]
วรกิจ สุนทรบุระ [1]
เรณู สุวรรณรัตน์ [1]
Sutee Visuthitepkul
Worakit Soontonbura
Renoo Suwanarat

*[1] กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
Email : tasaneepat@yahoo.com

บทคัดย่อ

ผลการวิจัยการใช้ประโยชน์ไม้แปรรูปยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อย่างเหมาะสม อายุ 10 ปี จากจังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 10 ต้น โดยแปรรูป 8 ต้น และ 2 ต้น สำหรับทดลองหาการสูญเสียปริมาณความชื้นในไม้ท่อน ไม้ตัวอย่างตัดทอนเป็นท่อนยาว ท่อนละ 1.50 เมตร ได้จำนวน 63 ท่อน รูปแบบการเลื่อยใช้แบบตีปอน (CantSawing) ร่วมกับแบบเลื่อยตะ (Through and Through) เป็นไม้ขนาดความหนา 1-1 $\frac{1}{2}$ นิ้ว ไม้เสาเหลี่ยมขนาด 4 x 6 และ 6x6 นิ้ว พบว่าไม้แปรรูปความหนา 1-1 $\frac{1}{2}$ นิ้ว เกิดการบิดงอขณะเลื่อย แต่ไม้เหลี่ยมอยู่ในลักษณะตรง เป็นผลจากความเค้นจากการ เติบโตของไม้ ต่อมาเลื่อยไม้เสาเหลี่ยมหลังผึ่งแห้งที่ความชื้น 15-20% เป็นไม้แปรรูปหนา 1 - 1 นิ้ว ปรากฏว่าได้ไม้แปรรูปที่ค่อนข้างตรงเมื่อเทียบกับการเลื่อยในสภาพสด การผึ่งแห้ง ไม้ท่อน โดยกองผึ่งในแนวราบกับพื้นในโรงเรือนโปร่งมีหลังคา ต้นที่ 1 ความชื้นเฉลี่ยในเนื้อไม้จาก 76% ลดลงเหลือ 22% และต้นที่ 2 ความชื้นเฉลี่ย 94%ลดลงเหลือ 23% ภายในเวลา 5 เดือน สกายสมบัติ ของไม้แปรูป สีเนื้อไม้ส่วนกระพี้มีสีขาวอ่อน ส่วนแก่นมีสีน้ำตาลแดง การหดตัวไม้แปรรูปจากความชื้น 14% ถึง 7% หดตัวด้านสัมผัส 2.01% ด้านรัศมีเป็น 1.52% และจากความชื้น 14% ถึงอบแห้ง การหดตัวด้านสัมผัส ด้านรัศมีเป็น 3.82% และ 2.99% ตามลำดับ การพอง ตัวด้านรัศมี 3.73-11.13% เฉลี่ย 6.10% ด้านสัมผัส 5.77-9.15% เฉลี่ย 7.38% ความแน่นเฉลี่ย 0.60 กรัม/ลบ.ซม. ที่ความชื้น 9.65% การไส ขัดกระดาษทราย และการตอกตะปู ทำได้ในขั้นปานกลาง-ยาก กลสมบัติของไม้แปรรูป มอดูลัสแตกร้าว (MOR) 51-127 MPa เฉลี่ย 91 MPa มอดูลัสยืดหยุ่น(MOE) 7602-18354 MPa เฉลี่ย 10785 MPa แรงบีบขนานเสี้ยน 44-67 MPa เฉลี่ย 54 MPa แรงบีบตั้งฉากเสี้ยน 6.6-16.7 MPa เฉลี่ย 11.2 MPa ความแข็งของไม้ (Hardness) 2360-8870 N เฉลี่ย 5037 N เหมาะสมในการทำเป็นผลิตภัณฑ์ไม้ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ไม้พื้น ฯลฯ ได้เช่นเดียวกับไม้สักสวนป่าและไม้ยางพารา แต่ต้องเจาะรูนำก่อนตอกตะปู คัดเลือกคุณภาพของไม้ยูคาลิปตัสแปรรูปที่ได้จากการเลื่อย มากกว่าไม้โตเร็วชนิดอื่นๆ

คำหลัก : ไม้แปรรูป รูปแบบการแปรรูปไม้ การหดและยืดตัว คุณสมบัติของไม้ การใช้ประโยชน์

ABSTRACT

Propered lumbering 10 years old log from *E. camaldulensis* that tollally collected 10 trees for investigating its properties and utilizations. Separated 8 sample trees for Lumbering and its utilizations and the less for moisture lost and physical properties. Lumbering test all logs were cut into 1.50 meters length with amount of 63 logs, 2 sawing patterns were used as cant and through & through sawing with target lumber thickness of 1 - 1 and 4x6, 6x6 inches square were converted . When freshly cut lumber with 1 and 1 inches were twisted that caused by its growth stress, on the contrary, square of 4x6 and 6x6 inches after air-dry condition down to 15-20% moisture content (MC) then sawed with the same sawing patterns as previous, showed more satisfied than the freshly cut. Air seasoning for 2 sample trees from green down to 22-23% moisture contents took at least 5 months (from early cool season to end of summer). Physical properties, pale to light brown for sapwood and reddish brown for heartwood, shrinkage (14% to 7% M.C.) tangential 2.01% radial 1.52% (for 14% to oven dry) tangential 3.82% and radial 2.99%

respectively, average swelling for radial 6.10% and tangential 7.38%, density 0.60 gm/cm3 at 9.65% M.C. Machining properties, sanding and nailing performance from medium to difficult. Mechanical properties, modulus of rupture 51-127 MPa (mean 91 MPa), modulus of elasticity 7602 - 18354 MPa (mean 10785 MPa), mean tension parallel to grain 54 MPa and mean perpendicular to grain 11.2 MPa, mean hardness 5037 N. Basically, 10 years old E.camaldulensis is suitable for wood products such as furniture and parts which similar to teak and rubberwood from plantation, recommendation for E.camaldulensis should play more attention to utilize and predrill before nailing because of their certain limit properties.

Key words : Lumber, Sawing pattern, Shrinkage & Swelling, Wood properties Utilization

บทนำ

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส พันธุ์ไม้พื้นเมืองของประเทศออสเตรเลีย เป็น 1 ใน 700 ชนิด ที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทย จัดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae เป็นไม้โตเร็วที่เจริญเติบโต และขึ้นได้ดีในหลายสภาพพื้นที่ เช่น พื้นที่น้ำท่วมดินเค็ม หรือในที่แห้งแล้ง มีขนาดกลางถึงใหญ่ ลำต้นค่อนข้างตรง กลม เนื้อไม้ (ส่วนของกระพี้จะเป็นสีขาว แก่นจะมีสีน้ำตาลอ่อน - น้ำตาลแดง) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น เชื้อเพลิง (ฟืนและถ่าน) ทำไม้เสาเข็ม ไม้ค้ำยัน ชิ้นไม้สับ ไม้แปรรูป เป็นต้น ปัจจุบันเป็นวัตถุดิบโดยเฉพาะอย่างยิ่งทำชิ้นไม้สับเพื่อผลิตเป็นเยื่อและกระดาษ แผ่นชิ้นไม้อัด (PB) และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (MDF) จากการศึกษา (ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, 2542) รายได้จากการขายไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 5 ปี ผลผลิตเฉลี่ย 16.65 ตัน/ไร่ ในรูปชิ้นไม้สับ ตันละ 850 บาท ต้นทุนการปลูกไม้ 5 ปี เป็นเงิน 8,140 บาท มีกำไรสุทธิ 6,012 บาท/ไร่ เฉลี่ยกำไร ปีละ 1,200 บาท/ไร่ และเมื่อคิดเปรียบเทียบกับปัจจุบัน (ปี 2548) ประมาณการผลผลิตไม้ อายุ 5 ปี เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 20 ตัน/ไร่ ราคาตันละ 1,200 บาท คิดเป็นกำไรสุทธิ 15,860 บาท เฉลี่ยกำไรปีละ 3,172 บาท/ไร่ เห็นได้ว่า ผลตอบแทนที่ได้จากการขายไม้ท่อนเพื่อทำชิ้นไม้สับนั้น เพิ่มมากขึ้นกว่าเมื่อ 6 ปีที่แล้ว การเพิ่มมูลค่าเนื้อไม้ ในลักษณะของไม้แปรรูปและผลิตภัณฑ์ไม้เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มรายได้ให้สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการขายในลักษณะไม้ท่อน เช่น ไม้เพื่อการก่อสร้าง เครื่องเรือน ไม้พื้น เครื่องมือเครื่องใช้ภายในครัวเรือน และประดิษฐกรรมอื่นๆ ปกติไม้โตเร็วจะมีความเค้นจากการเจริญเติบโตโดยเฉพาะไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ค่อนข้างสูงกว่าไม้โตเร็วชนิดอื่นๆ (Hillis, W.E. 1984) หลังจากนำไปเลื่อยจะเกิดการโค้งงอและรอยแตก หากทิ้งไว้จนแห้งรอยแตกจะเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในส่วนของไม้ที่ติดไส้ (ใจไม้) เนื่องจากเป็นไม้โตเร็วต่างถิ่นจากประเทศออสเตรเลียยังขาดข้อมูลและเทคโนโลยีที่เหมาะสม ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาและพัฒนาให้ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการแปรรูป การผึ่งและอบไม้ที่เหมาะสม เพิ่มศักยภาพและพัฒนากระบวนการการใช้ประโยชน์เนื้อไม้ เทคโนโลยีการแปรรูปไม้ที่เหมาะสมให้ได้ ผลิตภัณฑ์ไม้ที่มีคุณภาพมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

รวบรวมข้อมูลและศึกษารายละเอียด พื้นที่ปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนเหนือ - ตอนใต้ โดยสุ่มเลือกแปลงตัวอย่างไม้ อายุ 10 ปี ท้องที่ อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นสวนป่าเอกชน ที่ยังไม่ได้ตัดโค่นมาก่อน บันทึกตำแหน่งแปลงสวนป่า N 150 11.738 / E 1030 12.013 / ได้ไม้ยืนต้นยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส 10 ต้น แบ่งไม้ตัวอย่าง 8 ต้น เพื่อการแปรรูปไม้และทดลองศึกษาคุณสมบัติไม้ด้านกลสมบัติและสกายสมบัติ การใช้ประโยชน์เพื่องานก่อสร้างและทำเครื่องเรือน และอีก 2 ต้น เพื่อทดลองหาการสูญเสียปริมาณความชื้นในไม้ท่อน

รูปที่ 1 ไม้ยูคาลิปตัสที่สุ่มเลือกเพื่อใช้ในการทดลอง

การเตรียมไม้แปรรูปทดลอง

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จำนวน 8 ต้น ตัดทอนไม้ยาวท่อนละ 1.50 เมตร จากโคนถึงปลายท่อนที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว จำนวน 63 ท่อน ทั้งหมดแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนโคน กลาง และส่วนปลาย เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

รูปที่ 2 ไม้แปรรูปที่ใช้หาคุณสมบัติไม้ทางด้านสกายสมบัติ
กลสมบัติการใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างและผลิตภัณฑ์เครื่องเรือน

ส่วนไม้ยูคาลิปตัส อีก 2 ต้น ตัดทอนไม้ยาวท่อนละ 2 เมตร จากโคนถึงปลายที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว แต่ละท่อนทอนแว่นไม้หนา 2 นิ้ว ทำเครื่องหมายแสดงตัวแทนท่อน นำแว่นไม้ไปหาปริมาณความชื้นเพื่อเป็นตัวแทนความชื้นในไม้ท่อนตัวอย่างเพื่อศึกษาการสูญเสียปริมาณความชื้นในไม้ท่อนต่อไป

การเลื่อยไม้แปรรูป

เปิดปีกและซอยไม้ จำนวน 63 ท่อน รูปแบบการเลื่อย (Sawing pattern) แบบตีปอน (Cant) ร่วมกับแบบเลื่อยตะ (Through and Through) ขนาดของ ไม้แปรรูป มีความหนา 1 - $1\frac{1}{2}$ นิ้ว ไม้เสาเหลี่ยม ขนาด 4 x 6 นิ้ว และ 6 x 6 นิ้ว กองไม้แปรรูปที่ได้แต่ละขนาดเพื่อผึ่งกระแสอากาศในโรงเรือน จนมีความชื้นในไม้คงที่

การผึ่งแห้งของไม้ท่อน

ไม้ท่อนขนาดความยาว 2 เมตร ที่ได้จากการตัดทอน จำนวน 2 ต้น ได้ 9 ท่อน ชั่งน้ำหนักไม้แต่ละท่อน พร้อมทั้งบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และทำการชั่งน้ำหนักไม้ท่อนประมาณ 30 - 45 วัน ต่อครั้ง หรือทุกสัปดาห์ จนน้ำหนักของไม้ท่อนคงที่ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาการสูญเสียปริมาณน้ำในไม้ หรือความชื้นของไม้ท่อนต่อไป

ไม้แว่นที่ตัดจากไม้ท่อน จำนวน 9 แว่น นำแว่นไม้แต่ละแว่นมาตัดเป็นไม้ตัวอย่างขนาด 2 x 2 x $\frac{1}{2}$ นิ้ว จำนวน 2 ชิ้นต่อแว่น เพื่อใช้ในการหาความชื้น เป็นตัวแทนของแต่ละท่อน ดังนี้

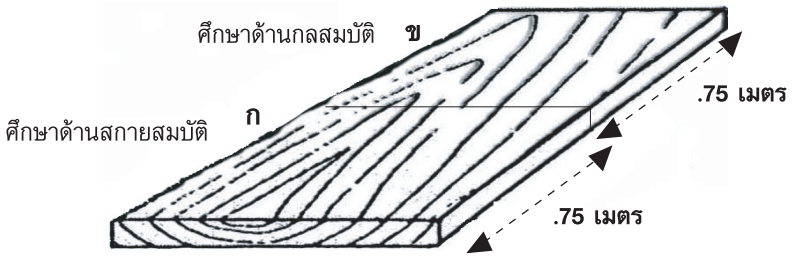
- ชั่งน้ำหนักชิ้นไม้ตัวอย่างทุกชิ้นพร้อมบันทึกน้ำหนัก และหมายเลขประจำแว่นไม้ในแต่ละชิ้นตัวอย่าง
- นำชิ้นไม้ตัวอย่างทั้งหมดเข้าอบที่อุณหภูมิ 105 ± 2^{0} ซ. จนกว่าไม้ตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่
- นำชิ้นไม้ตัวอย่างที่อบจนน้ำหนักคงที่ มาทำการชั่งหาน้ำหนักหลังอบแห้งอีกครั้ง
- คำนวณปริมาณความชื้นไม้ตัวอย่าง จากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้นในไม้ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักชิ้นไม้ก่อนอบ - น้ำหนักชิ้นไม้หลังอบ}}{\text{น้ำหนักชิ้นไม้หลังอบ}} \times 100$$

การทดสอบคุณสมบัติไม้ ด้านสกายสมบัติ

สุ่มตัวอย่างไม้แปรรูปที่เป็นตัวแทนของส่วนโคน กลางและปลายต้น ที่แปรรูป ขนาด $1\frac{1}{4}$ นิ้ว x $4\frac{1}{4}$ นิ้ว x 1 นิ้วยาว 1.50 เมตร จำนวน 4 แผ่น ของแต่ละส่วน

ไม้แปรรูปที่เป็นตัวแทนของส่วนต่างๆ ของต้นที่ใช้ทดสอบหาคุณสมบัติไม้ด้านสกายสมบัติ โดยนำไม้แปรรูปที่ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่ากัน ส่วน ก. ศึกษาด้านสกายสมบัติ ส่วน ข. ศึกษาด้านกลสมบัติ



ไม้แปรรูปส่วน ก. ศึกษาด้านสกายสมบัติได้แก่

- **สีผิวไม้** ทำการไสผิวหน้าและตรวจดูสีผิวไม้ด้วยสายตา
- **การหดตัว** การหดตัวของไม้ตัวอย่างด้านรัศมี (Radial) และด้านสัมผัส (tangential)

ตามมาตรฐาน British Standard 373 : 1957 Methods of testing small clear specimens of timber. ใช้ไม้ตัวอย่าง ขนาด 1 x 1 x 4 นิ้ว จำนวน 6 ชิ้น

สูตรคำนวณการหดตัวด้านรัศมี และด้านสัมผัส

ให้ L_g = ความกว้างขณะสดหรือขณะทดสอบ

L_a = ความกว้างผึ่งแห้ง

L_o = ความกว้างอบแห้ง

:- % การหดตัวด้านรัศมี/ ด้านสัมผัส

ก. จากสภาพสดหรือขณะทดสอบถึงผึ่งแห้ง $= \frac{L_g - L_a}{L_g} \times 100$

ข. จากสภาพสดหรือขณะทดสอบถึงอบแห้ง $= \frac{L_g - L_o}{L_g} \times 100$

การพองตัว (Swelling)

ใช้ไม้ตัวอย่างขนาด 2 x 2 x 2 ซม. จำนวน 10 ชิ้น และขนาด 2 x 2 x 10 ซม. จำนวน 9 ชิ้น หลังผึ่งแห้งในกระแสอากาศ ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดด้านสัมผัสและด้านรัศมีก่อนทดลอง นำไปใส่ไว้ในโหลแก้วควบคุมบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ที่ 100% ณ อุณหภูมิห้อง จนกระทั่งไม้ตัวอย่างดูดความชื้นจนอิ่มตัว ซึ่งใช้เวลาประมาณ 6 เดือน จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปชั่งน้ำหนักวัดขนาดทั้งด้านสัมผัสและด้านรัศมี คำนวณหาการพองตัวของไม้ต่อไป

$$\text{การพองตัว \%} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงขนาดจากการพองตัว}}{\text{ขนาดที่พองตัว}} \times 100$$

ความแน่น (Density)

ไม้ตัวอย่างขนาด 2 x 2 x 2 ซม. จำนวน 5 ชิ้น ที่มีความชื้นภายในไม้เฉลี่ย 9.5% นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 $\pm$ 2^0 ซ. ทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความชื้นภายในไม้ น้ำหนักอบแห้ง และปริมาตรไม้ขณะทำการตรวจวัด จากนั้นนำค่าที่ตรวจวัดได้ คำนวณค่าความแน่น (Density) จากสูตร

$$\text{ความแน่น} = \frac{\text{น้ำหนักไม้ตัวอย่างอบแห้ง}}{\text{ปริมาตรไม้ขณะทำการทดลอง}}$$

หน่วย กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ความยากง่ายต่อการใช้เครื่องมือ

ทำประดิษฐกรรม ด้านไส เจาะ ตอกตะปู และการขัดกระดาษทราย ใช้ไม้แปรรูปที่ผึ่งแห้งแล้ว ความชื้น 12-15% ศึกษาการไส เจาะ การตอกตะปู และการขัด จากการนำไม้ที่ผึ่งแห้งในกระแสอากาศมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ด้วยการไส ขัด โดยเน้นเกี่ยวกับคุณภาพผิวหน้าไม้ ความเรียบและการเกิดตำหนิที่เกิดขึ้น ส่วนการเจาะและการตอกตะปู พิจารณาจากความเรียบของการเจาะและความยากง่ายในการตอก รวมถึงการบิดงอของตะปู

การทดสอบคุณสมบัติไม้ด้านกลสมบัติ

ไม้แปรรูปส่วน ข. นำมาศึกษาคุณสมบัติด้านกลสมบัติที่ใช้ในการทำประดิษฐกรรมไม้ต่างๆ ได้แก่

1. ความชื้นในไม้ตัวอย่าง
2. ความแข็งแรงจากการดัด (Static bending)
   - ค่าสัมประสิทธิ์ของการหัก (MOR)
   - ค่าสัมประสิทธิ์ของการยืดหยุ่น (MOE)
3. ความแข็งแรงจากการบีบขนานเสี้ยน (Compression // to grain) และตั้งฉากเสี้ยน (Compression $\perp$ to grain)
4. ความแข็ง (Hardness)

สุ่มไม้ตัวอย่างจากไม้แปรรูป ส่วน ข ซึ่งแปรรูปเป็นไม้ ขนาด 2 x 2 x 30 ซม. จำนวน 10 ชิ้น วัดขนาดทั้ง 3 ด้าน เพื่อใช้หาค่ากลสมบัติ ความแข็งแรงจากการดัด (MOR, MOE) และขนาดไม้ 2 x 2 x 6 ซม. จำนวน 20 ชิ้น มาเพื่อใช้หาค่าความแข็งแรงจากการบีบขนานเสี้ยนและตั้งฉากเสี้ยน อย่างละ 10 ชิ้น หลังจากการหาค่าเสร็จแล้ว นำไม้มาหาความชื้นในไม้ขณะทดสอบต่อไป สำหรับการหาความแข็งของไม้นั้น ใช้ตัวอย่างของไม้ที่ใช้หาความแข็งแรงจากการดัด

ผลและวิจารณ์

การแปรรูปไม้

สภาพเลื่อยสด

การแปรรูปไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 10 ปี จำนวน 63 ท่อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 18 - 41 ซม. เฉลี่ย 24 ซม. พบว่า ไม้แปรรูปขนาดความหนา 1 และ $1\frac{1}{2}$ นิ้ว จะเกิดการบิดงอขณะเลื่อย ส่วนไม้เสาเหลี่ยมขนาด 4x6 และ 6x6 นิ้ว นั้น จะตรงและได้ขนาดไม่เกิดการโค้งงอ สาเหตุเกิดจากการปลดปล่อยความเค้นจากการเติบโต (Relief of growth stress) เมื่ออยู่ในสภาพไม้ท่อน ความเค้นจากการเติบโตจะอยู่ในสภาพสมดุล โดยเนื้อไม้ส่วนในจะมีความเค้นจากแรงอัด (Compressive stress) เนื้อไม้ส่วนนอกจะมีความเค้นจากแรงดึง (Tensile stress) เมื่อเราทำการเลื่อยไม้ จะทำให้เกิดเสีย การสมดุลของไม้ และมีการปลดปล่อยความเค้นออกมาในขณะเลื่อย เพื่อให้กลับมาอยู่ในสภาวะการสมดุลอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจากผลดังกล่าวจะทำให้เกิดการบิดงอของไม้แปรรูปขณะเลื่อยเห็นว่าไม้แปรรูปขนาดความ หนา 1 และ 1 นิ้ว จะเกิดการบิดงอ แต่สำหรับไม้เสาเหลี่ยม ขนาด 4 x 6 และ 6 x 6 นิ้ว ไม่มีการบิดงอก็มาจากเหตุผลดังกล่าวแล้ว

สภาพภายหลังผึ่งแห้ง

สำหรับผลของการแปรรูปไม้เหลี่ยม ขนาด 4 x 6 และ 6 x 6 นิ้ว ภายหลังการผึ่งแห้งซึ่งมีความชื้นประมาณ 15 - 20% เป็นไม้ขนาดความหนา 1 และ $1\frac{1}{2}$ นิ้ว เมื่อเปรียบเทียบกับการเลื่อยไม้ในสภาพสด ปรากฏว่าไม้แปรรูปที่ได้ค่อนข้างตรงมีการบิดงอน้อยกว่า เนื่องมาจากไม้เมื่อแห้งลง ภายในเนื้อไม้จะเกิดความเค้นจากการแห้งของไม้ (Drying stress) ซึ่งความเค้นนี้จะช่วยลดปริมาณของความเค้นจากการเติบโตให้ลดน้อยลง เมื่อนำไม้ที่ผึ่งแห้งไปแปรรูปแล้วจึงทำให้การบิดงอของไม้ลดน้อยลง นอกจากการบิดงอแล้ว ยังปรากฏการแตกของไม้แปรรูป แบ่งออกเป็น ก) การแตกส่วนของปลายไม้ ข) การแตกของไม้แปรรูปจากเนื้อไม้ติดไส้ (Pith) การแตกของปลายไม้แปรรูปจะปรากฏเพียงเล็กน้อยประมาณ 2 - 10 ซม. ส่วนของไม้แปรรูปที่ติดไส้ จะเกิดรอยแตกร้าวเป็นรอยลึกบางแผ่นเกิดรอยแตกยาวตลอดทั้งแผ่น ซึ่งสาเหตุการแตกของไม้นั้นเกิดจาก 1) ความเค้นจากการเติบโตที่คงเหลืออยู่ในไม้ 2) การหดตัวของไม้หลังจากการผึ่งแห้ง และข้อสังเกตมีไม้แปรรูปบางแผ่นในส่วนของไม้ที่อยู่ใกล้ไส้ไม้เกิดการยุบตัว (Collapse) ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อไม้ส่วนนี้จะมีการหดตัวมากกว่าส่วนอื่น ไม้แปรรูปที่มีส่วนไส้ติดอยู่นั้นไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ส่วนไม้แปรรูปที่แตกปลายนั้น เมื่อตัดส่วน ที่แตกออกแล้วสามารถกลับนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก

การผึ่งแห้งในสภาพไม้ท่อน

ผลของการผึ่งแห้งไม้ในสภาพไม้ท่อนจากไม้ 2 ต้น จำนวน 9 ท่อน ตาม table 1 ปรากฏว่า ไม้ท่อนต้นที่ 1 จำนวน 5 ท่อน มีความชื้น 85, 85, 71, 68 และ 70% ตามลำดับ เมื่อกองผึ่งไว้นาน 1 เดือน ความชื้นของไม้ลดลงเหลือ 51, 45, 30, 22 และ 21% กองผึ่งไว้ 3 เดือน ความชื้นของไม้ลดลงเหลือ 41, 34, 21, 14 และ 15% ในช่วงเดือนที่ 4 ความชื้นลดลงเหลือ 36, 32, 17, 11 และ 13% ตามลำดับ ต้นที่ 2 จำนวน 4 ท่อน มีความชื้น 97, 123, 81, และ 77% ตามลำดับ เมื่อกองผึ่งนาน 1 เดือน ความชื้นของไม้ลดลงเหลือ 47, 70,28, และ 29% กองผึ่งนาน 3 เดือน ความชื้นลดลงเหลือ 32, 49,16 และ 10% ในช่วงเดือนที่ 4 ความชื้นลดลงเหลือ 32, 43,10 และ 8% ตามลำดับ เห็นได้ว่าปริมาณความชื้นในเนื้อไม้จะมากจากส่วนโคนไปหาส่วนปลายของลำต้น ปริมาณความชื้นลดลงในช่วง 1 เดือนมากกว่าในช่วงเดือนที่ 3 และที่ 4 เช่น ไม้ท่อน 1/1 ปริมาณความชื้นลดลงจาก 34% ในเดือนที่ 1 และลดลง 10%, 5% ในเดือนที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ไม้ท่อนที่ 1/2 ปริมาณความชื้นลดลงจาก 40% ในเดือนที่ 1 และลดลง 11%, 2% ในเดือนที่ 3 และ 4 ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำ (ความชื้น) ที่มีอยู่บริเวณภายในช่องว่างของเซลล์สามารถระเหย

ออกมาได้ง่ายและรวดเร็วกว่าน้ำที่อยู่ภายในผนังเซลล์ของไม้ เมื่อความชื้นของไม้ลดลงใกล้จุดหมาด (ปริมาณความชื้น 25 - 30%) เหลือแต่น้ำในผนังเซลล์การระเหยของน้ำจะช้าลง จากผลการทดลองไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จำนวน 2 ต้น เป็นเวลา 5 เดือน

ต้นที่ 1 ความชื้นภายในเนื้อไม้เฉลี่ยจาก 76% ลดลงเหลือ 22%

ต้นที่ 2 ความชื้นภายในเนื้อไม้เฉลี่ยจาก 94% ลดลงเหลือ 23%

Table 1. Airdring of *Eucalyptus camaldulensis* log from March-July 2547

Tree No. /Log No.	**Moisture Content Green %**	**Moisture Content Air-drying% (Decrease moisture%)**			**Average of MC.% Air-drying**
Time		1 month	3 month	4 month	
1/1	85	51	41	36	Tree No. 1 22%
		(34)	(10)	(5)	
1/2	85	45	34	32	
		(40)	(11)	(2)	
1/3	71	30	21	17	
		41)	(9)	(4)	
1/4	68	22	14	11	
		(46)	(8)	(3)	
1/5	70	21	15	13	
		(51)	(6)	(2)	
2/1	97	47	32	32	Tree No. 2 23%
		(50)	(15)	(0)	
2/2	123	70	49	43	
		(53)	(21)	(6)	
2/3	82	28	16	10	
		(54)	(12)	(6)	
2/4	78	29	10	8	
		(50)	(18)	(3)	

RH = Relative humidity **T = Temperature**

April 2547 RH 36.2% T 44.70C

June 2547 RH 68.1% T 32.90C

July 2547 RH 57.2% T 34.80C

คุณสมบัติไม้ด้านสกายสมบัติ

สีเนื้อไม้ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ส่วนของกระพี้จะมีสีขาวอ่อน ส่วนของแก่นมีสีน้ำตาลแดง ผลการทดลองการหดตัวของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 10 ปี จาก table 2 เห็นได้ว่า ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่มีความชื้นเฉลี่ย 14% เมื่อผึ่งแห้งจนความชื้นที่ 7% นั้น จะมีการหดตัวด้านสัมผัส 2.01% ด้านรัศมี 1.52% และถ้าอบแห้ง (ที่ความชื้น 0%) มีการหดตัวด้านสัมผัส และด้านรัศมี 3.82%, 2.99% ตามลำดับ

Table 2. Shrinkage of *Eucalyptus camaldulensis*

Shrinkage	Tangential average%	Radial average%
A) From at test to air drying	2.01%	1.52%
B) From at test to oven dry	3.82%	2.99%

Moisture Content at test 14.27%
Moisture Content air drying 7.27%

ผลการทดลองการพองตัวของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสอายุ 10 ปี ขนาด 2 x 2 x 2 ซม. และขนาด 2 x 2 x 10 ซม. ตาม table 3 ปรากฏว่า ไม้ขนาด 2 x 2 x 2 ซม. น้ำหนักของไม้ก่อนทดลองหนักเฉลี่ย 10.91 กรัม ที่ความชื้น 18% หลังการทดลองน้ำหนักเพิ่มขึ้นเป็น 13.69 กรัม และมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 26% การพองตัวด้านรัศมี 3.66 - 7.13% เฉลี่ย 5.10% ด้านสัมผัส 5.80 - 8.99% เฉลี่ย 7.62%

ไม้ขนาด 2 x 2 x 10 ซม. น้ำหนักไม้ ก่อนทดลองหนักเฉลี่ย 40.44 กรัม ที่ความชื้น 7% หลังการทดลองน้ำหนักเพิ่มขึ้นเป็น 50.60 กรัม ที่ความชื้น 26% การพองตัวด้านรัศมี 3.73 - 11.13 เฉลี่ย 6.10% ด้านสัมผัส 5.77-9.15% เฉลี่ย 7.38%

เห็นได้ว่า ค่าการพองตัวของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส นั้น ค่อนข้างสูงซึ่งต้องมีความพิถีพิถันในการใช้ประโยชน์ของไม้ โดยเฉพาะในลักษณะของไม้พื้น บานประตูหน้าต่าง เพราะเมื่อไม้อยู่ในสภาพที่มีความชื้นสูงเป็นเวลานาน ไม้จะมีการยืดตัวทำให้เกิดการชำรุดของผลิตภัณฑ์ได้

Table 3. Swelling of *Eucalyptus camaldulensis* sample size 2 x 2 x 2 cm. and 2 x 2 x 10 cm. at condition chamber Relative humidity 100% for 6 month

Sample size cm.	Weigh of sample gm.		Increase weigh gm.	Moisture content%		Increase MC. %	Swelling%	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง		Before test	After test		Radial	tengential
2 x 2 x 2	10 -12	12 -15	24 - 27	28 -14	24 - 27	11 -22	3.66-7.13	5.80-8.99
Average	10.91	13.69	25	18	26	17	5.10	7.62
2 x 2 x 10	38 - 43.48	47.44 - 54	24 - 27	5 - 7	25 - 28	18 - 20	3.73 - 11.13	5.77 - 9.15
Average	40.44	50.60	25	7	26	19	6.10	7.38

ความแน่น (Density) หมายถึง มวลหรือน้ำหนักของไม้ต่อหน่วยปริมาตรที่สภาพความชื้นต่างๆ เช่น สภาพผึ่งแห้ง อบแห้ง เป็นต้น ผลจากการทดลองหาความแน่นของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จำนวน 5 ชิ้น ในสภาพผึ่งแห้งในอากาศที่ความชื้นเฉลี่ย 9.65% มีความแน่นเฉลี่ย 0.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตาม table 4

Table 4. Density of *Eucalyptus camaldulensis*

Volume (cm^3) 2 x 2 x 2.13 to 2 x 2 x 2.20 average of 5 sample	Green average gm.	Ovendry average gm.	MC. average %	Density average gm/cm^3
8.70	5.80	5.23	9.65	0.60

ผลของการทดลองโดยการสังเกตของความยากต่อการใช้เครื่องมือทำประดิษฐกรรม เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ฯลฯ เป็นดังนี้

การไสทำได้ค่อนข้างยาก ผิวหน้าที่ได้จะเรียบในส่วนของเนื้อไม้ที่มีเสี้ยนตรง สำหรับส่วนของเนื้อไม้ที่การเรียงตัวของเสี้ยนวนหรือเสี้ยนสน ผิวหน้าจะเรียบน้อยกว่าเกิดเป็นคลื่นและเกิดการถอนเสี้ยน การไสนั้น ใบมีดควรต้องคมเพื่อช่วยให้การไสได้ผิวหน้าเรียบและโดยเฉพาะส่วนของไม้ ที่เสี้ยนสน ลดการเกิดตำหนิจากการถอนเสี้ยน ให้น้อยลง การขัดกระดาษทราย ทำได้ปานกลาง - ยาก ผิวหน้าเรียบ เว้นในส่วนของเนื้อไม้ที่เป็นเสี้ยนสน การเจาะ ทำได้ง่าย - ปานกลาง รูที่เจาะเนื้อไม้ จะค่อนข้างเรียบบางส่วนเกิดเป็นขุย การตอกตะปู ทำได้ปานกลาง-ยาก เพราะเนื้อไม้ค่อนข้างแข็ง ตะปูเกิดการบิดงอได้ง่าย และหากเป็นส่วนที่เป็นบริเวณปลายไม้จะเกิดรอยแตกได้ ควรใช้วิธีการเจาะนำเพื่อช่วยให้การตอกตะปูได้ง่ายขึ้น

คุณสมบัติไม้ด้านกลสมบัติ

ค่ามอดูลัสแตกร้าว (MOR) มีค่าอยู่ระหว่าง 51-127 MPa เฉลี่ย 91 MPa ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (MOE) มีค่าอยู่ระหว่าง 7602-18354 MPa เฉลี่ย 10785 Mpa แรงบีบขนานเสี้ยน (Com//grain) แรงบีบตั้งฉากเสี้ยน (Com grain) มีค่าอยู่ระหว่าง 44-67 MPa เฉลี่ย 54 MPa, 6.6-16.7 MPa เฉลี่ย 11.2 MPa ตามลำดับ ส่วนค่าความแข็ง (Hardness) ของไม้อยู่ระหว่าง 2360-8870 N (Newton) เฉลี่ย 5037 N

ผลของค่าความแข็งแรง (Strength) ของไม้พบว่า จะมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก เนื่องจาก ตัวอย่างชิ้นไม้ที่ใช้ทดสอบเป็นตัวแทนของไม้ทั้งต้น ซึ่งประกอบด้วย ส่วนโคน ส่วนกลาง ส่วนปลาย ดังนั้น การใช้ประโยชน์ของไม้จึงขึ้นอยู่ที่ว่า เรานำส่วนไหนไปใช้งาน ซึ่งหากเป็นส่วนโคนของลำต้น ค่าของความแข็งแรงของไม้ก็จะมากกว่าค่าเฉลี่ย (Average) และหากเป็นส่วนปลาย ค่าจะน้อยกว่าค่าเฉลี่ย ตาม table 5

Table 5. The mechanical properties of *Eucalyptus camaldulensis* 10 years at moisture content 14%

Sample No.	Static bending		(Com//grain) Mpa	(Com ⊥ grain) Mpa	Hardness N
	MOR Mpa	MOE Mpa			
1	51	7602	44	6.6	2360
2	69	8232	47	7.7	2610
3	84	8403	49	8.7	2820
4	85	8918	50	8.7	3050
5	85	10316	52	9.4	3600
6	89	10461	53	9.5	3730
7	101	11654	53	13	7430
8	106	11784	61	15	7700
9	111	12129	64	16.5	8200
10	127	18354	67	16.7	8870
Average	91	10785	54	11.2	5037
Range	51-127	7602-18354	44-67	6.6-16.7	2360-8870

ความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์รูปแบบในการทำผลิตภัณฑ์

หลักเกณฑ์ที่ควรใช้พิจารณาในการเลือกหาชนิดไม้ที่เหมาะสมสำหรับใช้ไม้เพื่อทำผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะและคุณสมบัติไม้ จำแนกได้ดังนี้

คุณภาพไม้แปรรูป

ไม้แปรรูปยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 10 ปี พบว่า การบิดงอของไม้แปรรูปค่อนข้างมาก การปริแตกปลายไม้ พอปริมาณไม้แปรรูปบางส่วนเกิดการยุบตัวตรงบริเวณเนื้อไม้ใกล้ๆ ใจไม้ (Pith) อย่างไรก็ตามปัญหาดังกล่าวสามารถช่วยให้ลดลงได้ โดยนำไม้แปรรูปที่ได้จากการเลื่อยสดมากองผึ่งให้แห้งโดยใช้น้ำหนักหรือแท่งคอนกรีตกดทับน้ำหนักที่ใช้กดทับ 250 - 1,000 กก./ม2 การใช้ไม้เพื่อทำผลิตภัณฑ์ ส่วนมากเป็นไม้สั้น มีความยาวประมาณ 1 - 1.30 เมตร ช่วยลดปัญหาการบิดงอของไม้ลงได้ และในกรณีที่มีความต้องการ ใช้เป็นไม้ขนาดยาวและหน้ากว้างขึ้น ก็ใช้วิธีการต่อทางด้านยาวและหน้ากว้างเข้าด้วยกัน

ลักษณะและคุณสมบัติด้านกายภาพ

สี (เนื้อไม้) ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เป็นน้ำตาลแดง แตกต่างจากไม้สักซึ่งมีสีน้ำตาลอ่อน หรือ เหลืองทอง และไม้ยางพารา มีสีเนื้อไม้เป็นขาวอมเหลือง ลักษณะเนื้อไม้ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีเนื้อละเอียดกว่าไม้ยางพารา และไม้สัก การหดตัวของไม้ในสภาพสด - แห้งในอากาศ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส หดตัวใกล้เคียงกับไม้ยางพารา แต่เมื่อเทียบกับไม้สักแล้ว หดตัวมากกว่าประมาณ 1 เท่า คือ ด้านสัมผัส 6.49%, ด้านรัศมี 3.25% ซึ่งไม้สัก หดตัว 3.05%, 1.08% ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักของไม้หรือความแน่นนั้นใกล้เคียงกัน ส่วนความยากง่ายในการตกแต่งนั้น ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จัดอยู่ในขั้นปานกลาง - ยาก ไม้ยางพาราขั้นปานกลาง ส่วนไม้สักนั้นทำได้ง่าย ตาม table 6

Table 6. Show the properties of *E. camaldulensis* compare with Tectona grandis and Rubber wood

Properties	T. grand's	Rubber wood	E. camaldulensis
Color (Heart wood)	brown	white	Brown-red
Grain	Straight	Straight	Inter locked
Texture	Coarse	fine	fine
Shrinkage % (green - airdry)			
Tangential	3.05	5.58	6.49
Radial	1.08	2.95	3.25
Airdry density (gm/cm^3)	0.65	0.70	0.60
Ease of machine	Easy	Easy-medium	Medium-difficult

กล่าวโดยสรุป เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติพื้นฐานด้านสกายสมบัติและกลสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส แล้วเห็นได้ว่า มีความเหมาะสมในการทำเป็นไม้สำหรับโครงสร้างขนาดเล็ก เครื่องเรือน ไม้พื้น และผลิตภัณฑ์ เครื่องใช้ภายในครัวเรือน ฯลฯ ได้เช่นเดียวกันกับไม้สักและไม้ยางพารา ถึงแม้ว่าคุณสมบัติบางประการอาจด้อยกว่าไม้สัก และไม้ยางพารา เช่น คุณภาพของไม้แปรรูป เราก็สามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมแก้ไขปัญหาเหล่านั้นให้ลดน้อยลงได้

รูปที่ 5 ตัวอย่างชุดเครื่องเรือนไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

คำนิยม

การทดลองครั้งนี้ คณะทำงานขอขอบคุณทุกท่านที่ได้มีส่วนร่วมให้การสนับสนุนในทุกด้าน ทำให้การวิจัยไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สามารถสรุปเป็นรูปเล่มได้ และขอบคุณเป็นพิเศษแก่ คุณสุทธินันท์ ปรัชญพฤทธิ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่เก็บไม้ตัวอย่างในการทดลองครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

ปฤญจ์ ศรีอรัญ. 2530. การผึ่งและอบไม้. ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 156 น.

วิรัช ชื่นวารินทร์. 2524. สมบัติทางฟิสิกส์ของเนื้อไม้. ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 152 น.

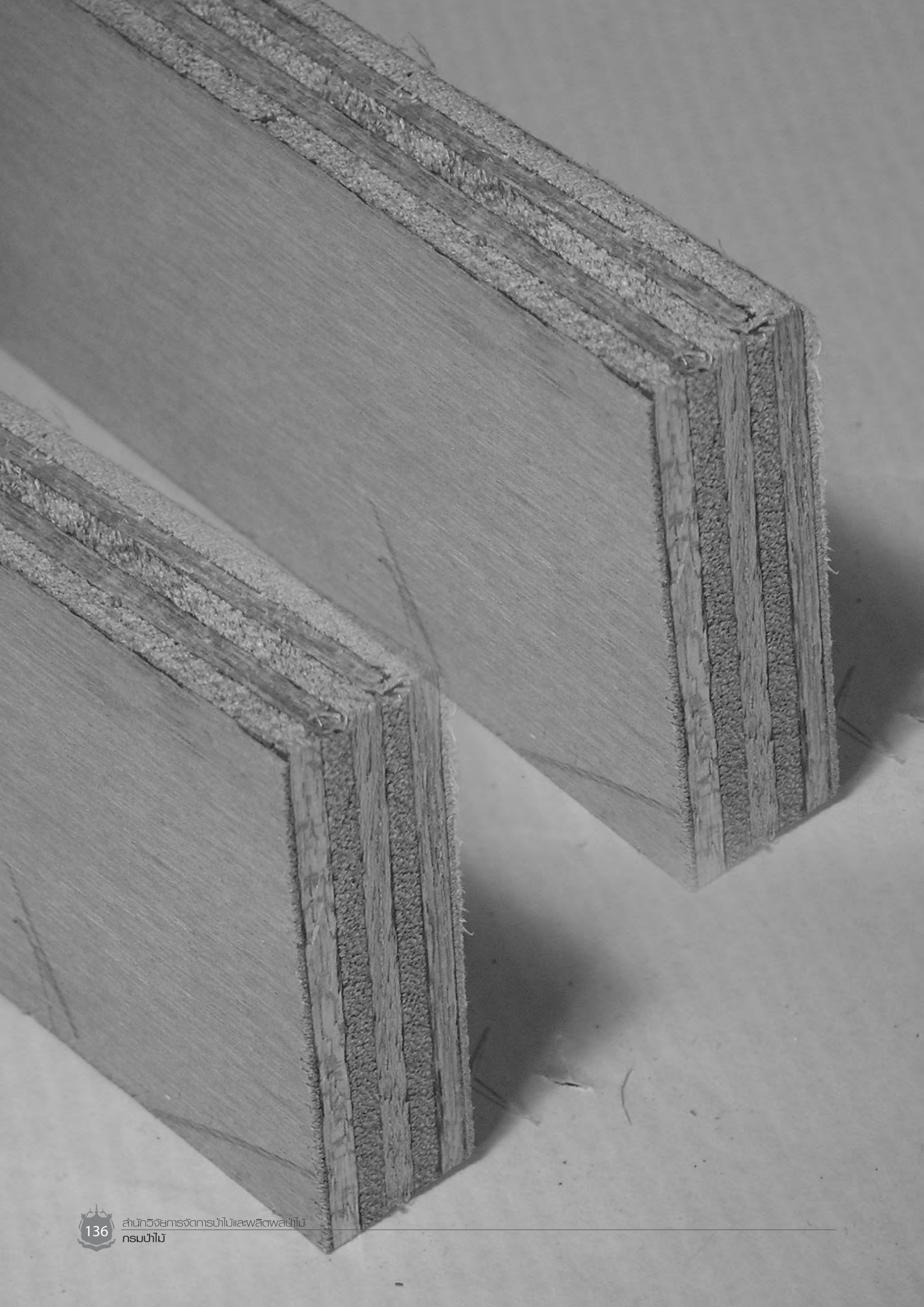
สุธี วิสุทธิเทพกุล และคณะ. 2539. ไม้แปรรูปและการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กจากสะเดาเทียมอายุ 6 ปี. วารสารวนศาสตร์ ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2539

สุธี วิสุทธิเทพกุล. 2542. การแปรรูปไม้. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 47 น.

ส่วนพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้. 2547. คุณลักษณะของไม้ไทย. 306 น.

อรุณ ชมชาญ. 2531. คุณสมบัติของไม้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทำเครื่องเรือนและชนิดไม้ที่เหมาะสมบางชนิด. คำบรรยาย หลักสูตร เรื่องการออกแบบและการผลิตเก้าอี้เพื่อการอุตสาหกรรม กองบริการอุตสาหกรรม 14 น.

Simpson,W.T.1983. Method of Reducing warp when Drying Asian Timber. September/October.



การทำแผ่นไม้อัดจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสเพื่อประดิษฐกรรม

Plywood Manufacture of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. for Wood-working

เทียนชัย ศรีจรูญ [1]
อนวัทย์ สุโขธนัง [1]
พรพิมล อมรโชติ [1]
วรพรรณ หิมพานต์ [1]
Tienchai Sricharoon [1]
Anawat Sukhotanang [1]
Phornphimon Amornchote [1]
Woraphun Himmapan [1]

[1] สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Forest management and Forest Products Research office, Royal Forest Department, Chatuchak Bangkok 10900

บทคัดย่อ

การทำแผ่นไม้อัดจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสเพื่อประดิษฐกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการนำไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสขนาดเล็กจากสวนป่าในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จ.ขอนแก่น) และภาคกลาง (จ.ฉะเชิงเทรา) อายุ 7 และ 10 ปี มาปอกเป็นไม้บางและนำไปผลิตเป็นแผ่นไม้อัด โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ทดสอบความแข็งแรงตามมาตรฐาน มอก. 178-2538 และนำไปทดลองทำประดิษฐกรรม ประเภทตู้และโต๊ะทำงาน

ในการศึกษาครั้งนี้ ผลการทดลองพบว่า ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ใน 2 ชั้นอายุ คือ 7 ปี และ 10 ปี จากทั้งสองจังหวัดมีขนาดโตพอที่จะปอกเป็นไม้บางและนำมาทำแผ่นไม้อัดได้ ซึ่งจากการทดสอบพบว่าไม้บางที่น้ำหนักอบแห้งมีความแน่นอยู่ระหว่าง 0.57-0.71 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร อัตราการหดตัวทางด้านสัมผัส ด้านรัศมี และด้านยาว มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.48-9.90%, 4.35-6.26% และ 0.24-0.38% ตามลำดับ จากการทดสอบความแข็งแรงของแนวกาวจากชิ้นแผ่นไม้อัดในสภาพเปียก โดยอาศัยค่าแรงเฉือนการติดกาวและค่าการแตกที่ไม้เป็นดัชนีชี้วัด พบว่าค่าที่ได้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐาน มอก. 178-2538 แต่ต้องมีการพัฒนาคุณภาพของแผ่นไม้อัดให้ดีขึ้น ควบคู่ไปกับต้องมีการพัฒนารูปแบบการใช้ให้เหมาะสมกับขนาดของแผ่นไม้อัด รวมทั้งเนื่องจากไม้ที่ใช้ทดลองเป็นไม้ขนาดเล็ก เมื่อนำแผ่นไม้อัดไปทำประดิษฐกรรมจำพวกโต๊ะทำงาน และโต๊ะวางของมีความแข็งแรงสามารถนำมาใช้งานได้ แต่มีปัญหาเรื่องตำหนิต่างๆ บนแผ่นไม้อัด เช่น ตาไม้ขนาดเล็กมีจำนวนมาก ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพไม่ดีนัก ยังไม่คุ้มค่าการผลิตและมีไม้ชนิดอื่นที่เหมาะสมกว่ามีให้เลือกอีก เช่นไม้ยางพารา ไม้มะม่วง และไม้ทุเรียนป่า เป็นต้น

คำหลัก : ไม้บาง ไม้อัด ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ประดิษฐกรรม

ABSTRACT

The objectives of this study were to investigate the production suitability of plywood and plywood products utilization from the small logs of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Plywoods were made from the veneer at different ages (7 and 10 years old) *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from the plantations at Khonkan and Chachengsao Province and glued using Urea Formaldehyde Resin.

This study was the sample of seven and ten year olds's ranking due to the diameter starting from six inches is suitable for veneer by rotary lathe and spindleless lathe. The results showed that the veneer was 0.57-0.71 g/cm^3 density. The tangential, radial and longitudinal shrinkage values were 8.48-9.90%, 4.35-6.26%, and 0.24-0.38%, respectively. Index of wet test glue ability of the plywood adhesion indicated the normal shear strengths and wood failures. The values of shear strengths of Urea Formaldehyde Resin have a range within the TIS 178-1995 standard. Based on the results of this study, it appeared that veneer and plywood products from the both ages and both sites of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. were not suitable for wood-working. Not only the wood-working from the small log had many defects, i.c., interlock grain, knots, coarse texture, but also the small logs of other species (*Hevea brasiliensis* Mull.Arg., *Mangifera indica* L. and *Durio mansoni* (Gamble) Bakh.) were worthier than to be used for plywood manufacture.

Keywords : veneer, plywood, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., Urea Formaldehyde Resin, wood-working

คำนำ

ปัจจุบันไม้ที่ต้องใช้ในการก่อสร้างบ้านเรือน เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ในชีวิตประจำวันของราษฎรทั่วไปและผู้ประกอบการผลิตผลิตภัณฑ์ไม้ต่างประสบปัญหาการขาดแคลนไม้ ทำให้ราษฎรเดือดร้อนและโรงงานอุตสาหกรรมไม้หลายแห่งต้องเลิกกิจการ แต่ความจำเป็นต้องหาไม้มาใช้จึงเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาการลักลอบตัดไม้จากป่าธรรมชาติและการค้าไม้เถื่อน ทำให้เกิดปัญหาสังคมและสิ่งแวดล้อมตามมาอีกหลายประการ ซึ่งกรมป่าไม้ต้องทุ่มเทงบประมาณและบุคลากรในป้องกันและปราบปรามการลักลอบตัดไม้ทำลายป่า กระทั่งถึงการยกเลิกสัมปทานการทำไม้ในป่าบกทั่วประเทศตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 เพื่อหยุดยั้งการตัดไม้ทำลายป่า แต่การแก้ไขปัญหาการขาดแคลนไม้ใช้สอยยังไม่สามารถลุล่วงไปได้ และนับวันความต้องการใช้ไม้ของประเทศเพิ่มทวีขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณไม้ที่ใช้ภายในประเทศส่วนใหญ่มาจากประเทศเพื่อนบ้านคือ มาเลเซีย พม่า กัมพูชา และลาว ซึ่งส่งผลกระทบต่อป่าธรรมชาติของประเทศเหล่านั้นเช่นกัน ประกอบกับกระแสสิ่งแวดล้อมในยุคโลกาภิวัฒน์ทำให้ทุกประเทศที่ส่งออกมีมาตรการจำกัดหรือห้ามส่งออกไม้ซุง ทำให้การขาดแคลนไม้ในประเทศไทยยังคงดำรงอยู่เช่นเดิม

กรมป่าไม้ได้พยายามส่งเสริมให้มีการปลูกสร้างสวนป่าไม้ชนิดต่างๆ ขึ้นเพื่อให้ได้ผลผลิตไม้รองรับความต้องการใช้ประโยชน์ที่ยังคงเพิ่มมากขึ้น รวมถึงสามารถนำมาใช้ทดแทนไม้ขนาดใหญ่จากป่าธรรมชาติ ไม้ยูคาลิปตัสเป็นไม้โตเร็วชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกกันมาก เพราะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้หลากหลายกว่าไม้จริง รวมทั้งสามารถใช้ทั้งในรูปไม้จริง (Solid wood) และย่อยสลายเนื้อไม้นำมาอัดเป็นแผ่นไม้วิทยาศาสตร์ ในรูปไม้อัดไม้ประกอบ (Wood-based panel) แล้วนำมาผลิตเป็นประดิษฐกรรมจากไม้ จำพวกเครื่องเรือน เครื่องมือ เครื่องใช้ และสิ่งของประดับตกแต่งต่างๆ เช่น ไม้แกะสลัก ไม้ประดับฝา โครงคร่าว เป็นต้น อย่างไรก็ตามเมื่อจะนำมาใช้ประโยชน์นั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะไม้เป็นสำคัญโดยทั่วไปไม้โตเร็วขนาดเล็กจะเป็นลักษณะไม้เยาว์วัย (Juvenile Wood) เนื้อไม้ส่วนใหญ่เป็นกระพี้ (Sapwood) มากกว่าส่วนแก่น (Heartwood) ที่มีเพียงเล็กน้อย ทำให้ความแข็งแรงทางโครงสร้างต่ำ

ไม้ยูคาลิปตัสก็เช่นเดียวกัน แม้ว่าจากการวิจัยพบว่าในบางช่วงชั้นขนาดความโตของไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำมาทำเป็นแผ่นไม้อัดและไม้บางได้ แต่อาจมีปัญหาอยู่บ้างอันเนื่องมาจากไม้ยูคาลิปตัสมีความหนาแน่นสูง เกิดการหดตัวและพองตัวเมื่อสภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงไปทำให้เกิดความเครียดในรอยต่อกาว ส่งผลให้คุณภาพการติดกาวต่ำ ประกอบกับเนื้อไม้มีเสี้ยนสนทำให้ไม้บางโก่งหรือแตกบิดงอได้ จึงควรมีการศึกษาวิจัยและพัฒนาการนำมาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง โครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการทำแผ่นไม้อัดจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ขนาดเล็กที่นิยมตัดฟันในแต่ละชั้นอายุ ได้แก่ 3, 5, 7 และ 10 ปี มาใช้ประโยชน์เพื่อประดิษฐกรรม เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงมูลค่าเพิ่ม และข้อมูลสำหรับการส่งเสริมเผยแพร่ในการนำไม้ในแต่ละชั้นอายุไปใช้ประโยชน์ตามความเหมาะสมต่อไป ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อเกษตรกรผู้ปลูกสร้างสวนป่าและผู้ใช้ประโยชน์จากไม้ยูคาลิปตัส

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแผ่นไม้อัด ได้แก่ เครื่องปอกไม้บางมีหัวจับและแบบไม่ใช้หัวจับ (rotary lathe and spindleless lathe), เครื่องตัดไม้บาง (veneer clipper), เครื่องอัดร้อน (hot press), เครื่องทดสอบกำลังไม้ (standard mechanical testing machine), ตู้อบไม้ (oven dry chamber), เครื่องชั่งแบบละเอียด (digital balance), เครื่องวัดขนาด (vernier caliper), เครื่องวัดความหนา (micrometer), เลื่อยวงเดือน (circular saw) และเครื่องวัดความชื้น (moisture meter)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำประดิษฐกรรม ได้แก่ เลื่อยลันดาหรือเลื่อยอก, เครื่องยิงตะปูอัดลม, เครื่องเซาะร่อง, ฆ้อน และกบไฟฟ้า

วิธีดำเนินการ

นำไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสใน 4 ชั้นอายุ คือ 3, 5, 7 และ 10 ปี จาก 2 ภาค คือ ภาคกลาง จาก จ.ฉะเชิงเทรา และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จาก จ.ขอนแก่น มาทำแผ่นไม้อัดโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งเหมาะต่อการใช้งานภายใน แล้วนำแผ่นไม้อัดที่ได้ไปทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงตามมาตรฐาน มอก. 178-2538 ต่อจากนั้นนำแผ่นไม้อัดไปทำประดิษฐกรรมประเภท ตู้ โต๊ะ เพื่อทดลองหาความเหมาะสมในการใช้งานต่อไป โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1. การเตรียมไม้บาง

- ในการทดลองครั้งนี้ใช้เฉพาะไม้ที่ชั้นอายุ 7 ปี และ 10 ปี เนื่องจากมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 6 นิ้ว ขึ้นไป ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถนำมาใช้ปอกโดยเครื่องปอกได้ โดยนำไม้ชั้นอายุ 7 ปี จากสวนป่าเอกชน อ.พล จ.ขอนแก่น และอายุ 10 ปี จากสวนป่ามัญจาคีรี ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น เป็นตัวแทนไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และใช้ไม้ชั้นอายุ 7 ปี จากสวนป่าลาดกระทิงของบริษัทไม้อัดไทย อ.สนามชัยเขต จ.ฉะเชิงเทรา และอายุ 10 ปี จากสวนป่าคลองตะเกรา ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ อ.ท่าตะเกียบ จ.ฉะเชิงเทรา เป็นตัวแทนไม้ในภาคกลาง

- นำมาตัดเป็นท่อนที่ความยาวที่จะใช้กับเครื่องปอก (1.35 ม.) หลังจากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน ทำการปอกสดที่ความหนา 1.5 ม.ม. สำหรับทำไม้หน้าและไม้หลัง และ 2.5 ม.ม. สำหรับทำไม้ไส้ ตัดไม้บางให้มีความยาว (ตามเสี้ยน) ประมาณ 2.45 ม. สำหรับการทำไม้อัดหน้ากว้าง 1.20 ม. ทำการอบไม้บาง ให้มีความชื้นอยู่ระหว่าง 8-10%

- ตัดไม้บางให้มีขนาด 10X10 ซ.ม. จำนวนท่อนละ 1 แผ่น รวม 10 แผ่น เพื่อทดลองหาอัตราการหดตัวและความแน่นของไม้บาง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณภาพในการติดกาว ไม้ที่มีอัตราการหดตัวสูงจะมีแนวโน้มในการยึดติดของกาวไม่แข็งแรงและความแข็งแรงของรอยต่อกาวจะผันแปรโดยตรงกับความแน่นของไม้

2. การเตรียมกาว (Glue mixing and spreading)

กาวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นกาวสังเคราะห์ คือ กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (Urea Formaldehyde Resin) ยี่ห้อ Eternal (EU 601) ซึ่งเหมาะสมสามารถใช้งานได้กับงานประดิษฐกรรม ประเภทเครื่องใช้ภายใน เช่น ตู้ โต๊ะ เก้าอี้ เป็นต้น

3. การเตรียมแผ่นไม้อัด

แผ่นไม้อัดขนาด 8 X 4 ฟุต ยาวขวางเสี้ยนต่างจากแผ่นมาตรฐานทั่วไป (ปกติจะมีขนาด 4 X 8 ฟุต ยาวตามเสี้ยน) แต่ขั้นตอนและการประกอบแผ่นจะเหมือนกับการทำไม้อัดโดยทั่วไป การอัดไม้อัดขนาด 120 X 235 ซ.ม.จำนวน 3 ชั้น (4 ม.ม.) ใช้สภาวะที่ใช้ในการอัดมีดังนี้

ปริมาณกาว	296 กรัม/ม.^{2}/แนวกาว	อุณหภูมิ	115 องศาเซลเซียส
แรงอัด (145 psi)	10 ก.ก./ซ.ม.^{2}	เวลาอัดร้อน	5 นาที
การปรับสภาวะ	7 วัน	เวลาอัดเย็น	30 นาที

3. การทดสอบแผ่นไม้อัด

เป็นการทดสอบหาความแข็งแรงของแนวกาวและคุณภาพของการติดกาวเป็นสำคัญ เนื่องจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยธรรมชาติเป็นไม้เนื้อแข็งมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะนำมาใช้งานอยู่แล้ว การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 178-2538 ซึ่งใช้กับกาวภายใน โดยการทดสอบแรงดึง และการทดสอบคุณภาพการติดกาว

4. การทำประดิษฐกรรมจากแผ่นไม้อัด

เพื่อศึกษาถึงความเหมาะสม ความเป็นไปได้ในการผลิต และการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในการประกอบการ ในการทดลองครั้งนี้จึงได้นำแผ่นไม้อัดที่ได้ไปทดลองทำเป็นประดิษฐกรรมโต๊ะทำงานและโต๊ะวางของ ในลักษณะเป็นการผสมผสานกันระหว่างไม้จริงและแผ่นไม้อัด เนื่องจากแผ่นไม้อัดที่มีชั้นหรือความหนาน้อยชั้นต้องอาศัยไม้จริงเป็นส่วนโครงสร้างหรือรูปทรง และอาศัยคุณลักษณะพิเศษของแผ่นไม้อัดในส่วนที่มีความเรียบ น้ำหนักเบา ลวดลายสวยงามสามารถดัดโค้งได้ มาเสริมเติมแต่งเพื่อเพิ่มมูลค่าของชิ้นงานให้ดูโดดเด่นยิ่งขึ้น ในการทดลองจึงใช้แกนไม้ที่เหลือจากการปอกมาซอยเป็นโครงภายในและขาโต๊ะ ใช้แผ่นไม้อัดบุในส่วนพื้นโต๊ะ เพราะนอกจากเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้กับชิ้นงานแล้ว ยังเป็นการปิดบังโครงสร้างภายใน นำสิ่งเหลือใช้จากการทำแผ่นไม้อัดมาใช้ให้เกิดประโยชน์และประหยัดการใช้ไม้ได้ส่วนหนึ่ง และใช้ช่างผู้ประกอบซึ่งเป็นผู้รับจ้างทำเฟอร์นิเจอร์ทั่วไปในท้องถิ่น

ผลและวิจารณ์ผล

:

คุณสมบัติของไม้ท่อนตัวอย่าง (Log quality)

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากจ.ขอนแก่น ซึ่งเป็นตัวแทนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อายุ 7 ปี และ10 ปี มีขนาดเส้นรอบวงวัดโดยรอบที่ 130 ซ.ม. เฉลี่ย 52 ซ.ม. (∅ 6.37 นิ้ว) และ 65 ซ.ม. (∅ 8.11 นิ้ว) ตามลำดับ ส่วนไม้จาก จ.ฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นตัวแทนจากภาคกลาง อายุ 7 ปี และ 10 ปี มีขนาดเส้นรอบวงที่ 130 ซ.ม. เฉลี่ย 53 ซ.ม. (∅ 6.61นิ้ว) และ 55.3 ซ.ม. (∅ ประมาณ 6.93 นิ้ว) ตามลำดับ ในการทดลองจะใช้เฉพาะท่อนโคน โดยขนาดของท่อนไม้มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 12.44 ซม.-18.70 ซม. มีส่วนที่เป็นแก่นอยู่ประมาณ 50% นอกจากไม้ที่มีอายุ 7 ปี จากจังหวัดขอนแก่น ซึ่งมีส่วนที่เป็นแก่นเพียง 27.90% ในขณะที่ไม้จากจังหวัดฉะเชิงเทราทั้ง สองชั้นอายุมีปริมาณแก่นและกระพี้ใกล้เคียงกัน (Table 1)

คุณสมบัติของไม้บาง (Veneer quality)

เมื่อนำไม้ท่อนตัวอย่างมาทำการปอกสดเป็นไม้บางมีลักษณะแสดงดัง Table 2 คือ ไม้บางที่ได้จะมีทั้งส่วนที่เป็นแก่นและกระพี้ ปริมาตรไม้บางที่ปอกจากไม้ยูคาลิปตัสจากจังหวัดขอนแก่น อายุ 7 และ 10 ปี เท่ากับ 0.011 ม^3 คิดเป็น 30.43% และ 0.021 ม^3 คิดเป็น 41.76% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับไม้ยูคาลิปตัสจากจังหวัดฉะเชิงเทรา อายุ 7 และ 10 ปี คือ 0.013 ม^3 คิดเป็น 40.10% และ 0.015 ม^3 คิดเป็น 41.91% ตามลำดับ ปริมาตรของแกนที่เหลือจากการปอกพบว่าไม้จากจังหวัดขอนแก่นอายุ 10 ปี เหลือน้อยที่สุดคือ 7.93% ส่วนไม้จากจังหวัดขอนแก่น อายุ 7 ปี ไม้ยูคาลิปตัสจากจังหวัดฉะเชิงเทรา อายุ 7 และ 10 ปี คือ 16.40%, 15.28%, 12.03% ตามลำดับ เศษเหลือทิ้งจำพวกเปลือกและเศษไม้บางมีถึง 40-50% ซึ่งแกนไม้ที่เหลือสามารถนำไปแปรรูปใช้เป็นกระทงคร่าวในการทำประดิษฐกรรมจำพวกโต๊ะที่บุด้วยแผ่นไม้อัดได้ ส่วนที่เหลือนอกนั้นเป็นเปลือกและเศษไม้บางซึ่งนำก็สามารถไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

เมื่อนำไม้บางมาทดสอบการหดตัว ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลให้เกิดตำหนิในระหว่างการอบไม้บาง ไม้บางที่มีการหดตัวสูง มักมีแนวโน้มที่จะเกิดรอยแตกแยก ฉีกขาดบนผิวไม้บาง เกิดการโค้งงอ ทำให้ผิวและขอบไม้บางมักเป็นลูกคลื่น เป็นผลทำให้คุณภาพในการติดกาวของไม้อัดต่ำลง นอกจากนี้ยังเป็นการเปลืองปริมาณไม้อีกด้วย ผลที่แสดงตาม Table 3 พบว่าไม้บางจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากทั้งสองจังหวัดและสองชั้นอายุ มีอัตราการหดตัวใกล้เคียงกันทั้งสามด้าน คือ ด้านสัมผัส (tangential) คือ 8.50%-9.90% ด้านรัศมี (radial) 4.35%-6.26% และด้านยาว (longitudinal) 0.24%-0.38% เนื่องจากเป็นไม้โตเร็วขนาดเล็ก มีปริมาณความชื้นค่อนข้างสูงทำให้การหดตัวมีค่าสูง สีและเสี้ยนไม้ (veneer grain and color) ของไม้บางที่ปอกใหม่ๆส่วนใหญ่จะมีสีเหลืองอมน้ำตาลซึ่งมาจากส่วนที่เป็นกระพี้บางส่วนมีสีน้ำตาลมาจากส่วนที่เป็นแก่น เสี้ยนมีลักษณะเป็นเสี้ยนสน ไม้บางที่ออกมาจึงมีผิวค่อนข้างหยาบ ไม้บางที่ปอกทิ้งไว้นานจะมีสีเข้มขึ้น

Table 1 The properties of Log, Heartwood and Sapwood of 7 and 10 years old of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from Khon Kaen and Chachoengsoa Plantations

Sources	Year	Log		Heartwood				Sapwood	
		diameter (cm.)	volume (m^2)	diameter (cm.)	girth (cm.)	volume		volume	
						(m^2)	%	(m^2)	%
Khon Kaen	7	12.44	0.0122	6.58	20.67	0.0035	27.90	0.0087	72.10
Khon Kaen	10	18.68	0.0282	14.52	45.62	0.0174	59.45	0.0108	40.55
Chachoengsoa	7	15.10	0.0180	10.70	33.62	0.0090	50.23	0.0089	49.77
Chachoengsoa	10	18.70	0.0278	13.30	41.78	0.0142	50.34	0.0135	49.66

Table 2 Volumetric yields of 7 and 10 years old *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.'s veneer from Khon Kaen and Chachoengsoa Plantations

Sources	Year	Veneer					Core			Wood waste	
		thickness (m.)	width (m.)	length (m.)	volume		girth	volume		volume	
					($m.^3$)	(%)	($m.^3$)	($m.^3$)	($m.^3$)	($m.^3$)	(%)
Khon Kaen	7	0.0014	1.22	6.22	0.011	30.43	0.230	0.006	16.40	0.019	53.17
Khon Kaen	10	0.0015	1.27	10.84	0.021	41.76	0.186	0.004	7.93	0.025	50.31
Chachoengsoa	7	0.0015	1.27	6.80	0.013	40.10	0.206	0.005	15.28	0.015	44.62
Chachoengsoa	10	0.0015	1.27	7.87	0.015	41.91	0.197	0.004	12.03	0.017	46.06

Table 3 Density and Veneer Shrinkage of 7 and 10 years old *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from Khon Kaen and Chachoengsoa Plantations

Sources	Year	Density ($g./cm.^3$)	Veneer Shrinkage (%)		
			Tangential	Radial	Longitudinal
Khon Kaen	7	0.57	9.90	4.35	0.34
Khon Kaen	10	0.71	8.84	4.93	0.38
Chachoengsoa	7	0.65	8.90	6.26	0.24
Chachoengsoa	10	0.65	9.09	5.85	0.32

ผลการทดสอบความแข็งแรงของแนวกาวในแผ่นไม้อัด

เมื่อทดสอบแผ่นไม้อัดตามมาตรฐาน มอก.178-2538 สำหรับกาวประเภทใช้งานภายใน (EU601) คุณภาพการติดกาวมีค่าตามมาตรฐาน ตาม Table 4 ดังนี้

1. แรงดึง ทำการทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงในสภาพเปียก ชิ้นไม้อัดตัวอย่างจากไม้ยูคาลิปตัสที่ชั้นอายุ 7 ปี จากจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดฉะเชิงเทรามีค่าแรงดึง 15.04 ก.ก./ซ.ม.^{2} และ 11.25 ก.ก./ซ.ม.^{2} ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าชิ้นไม้อัดตัวอย่างอายุ 10 ปี จากทั้งสองจังหวัด ซึ่งค่าแรงดึงเฉลี่ยจากการทดลองมีค่าอยู่ในมาตรฐาน คือมีค่าไม่น้อยกว่า 7.7 ก.ก./ซ.ม.^{2} แต่มีตัวอย่างบางชิ้นที่ไม้หลุดล่อนและมีกระดาษกาวติด ทำให้ค่าแรงดึงลดลง ทั้งนี้ เนื่องมาจากกรรมวิธีในการผลิตไม่ได้มาจากสาเหตุคุณภาพของกาวและเนื้อไม้ เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงเฉือนจากการทดลองอื่นๆ พบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำกว่าไม้ชนิดอื่น เช่น A. mangium (27.75 ก.ก./ซ.ม.^{2}), D. kerrii (Sapwood) (35.34 ก.ก./ซ.ม.^{2}), D.kerrii (Heartwood) (36.36 ก.ก./ซ.ม.^{2}), D. alatus (Sapwood) (38.76 ก.ก./ซ.ม.2) และ D. alatus (Heartwood) (40.31 ก.ก./ซ.ม.^{2}) (ศรัณธร และ วรัท, 2543 ; มนตรี และคณะ, 2537)

2. เมื่อนำชิ้นไม้อัดตัวอย่างมาทดสอบคุณภาพการติดกาวในสภาพเปียกเพื่อทดสอบค่าการแตกที่ไม้ (wood failure) พบว่าไม้อัดจากไม้ยูคาลิปตัสอายุ 7 ปี จาก จ.ฉะเชิงเทราให้ค่าสูงสุดคือ 58.50% ในขณะที่ไม้อัดจากไม้อายุ 10 ปีจากจังหวัดเดียวกันมีค่า 31.00% ส่วนไม้อัดจากไม้ยูคาลิปตัสอายุ 10 ปีจาก จ.ขอนแก่นมีค่า 16.75% เมื่อเปรียบเทียบค่า wood failure จากการทดลองอื่นๆพบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำกว่าไม้ชนิดอื่น เช่น A. mangium (95%), D. kerrii (Sapwood) (92%), D.kerrii (Heartwood) (92%), D. alatus (Sapwood) (69%) และ D. alatus (Heartwood) (76%) (ศรัณธร และ วรัท, 2543 ; มนตรี และคณะ, 2537) สำหรับการทดสอบโดยใช้มีดแซะ ผลการทดสอบคุณภาพการติดกาวของไม้อัดทดลองปรากฏว่าไม้ตัวอย่างทุกชนิดมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.40-6.80 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือมีค่าไม่ต่ำกว่า 5

Table 4 The values of glue ability of the plywood of 7 and 10 years old *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from Khon Kaen and Chachoengsoa Plantations

Sources	Sources	Year Shear Strength (kg./cm.^{2})	Wood Failure (%)	Knife test
Khon Kaen	7	15.04	-	6.80
Khon Kaen	10	12.46	16.75	5.80
Chachoengsoa	7	11.25	58.50	5.40
Chachoengsoa	10	7.92	31.00	5.90

ผลการใช้งานจากประดิษฐกรรม

ในการทดลองครั้งนี้ได้นำไม้อัดทดลองไปทำประดิษฐกรรมจำพวกโต๊ะทำงานและโต๊ะวางของ (Figure 1) ในลักษณะเป็นการผสมผสานกันระหว่างไม้จริงและแผ่นไม้อัด โดยใช้แกนไม้ที่เหลือจากการปอกซึ่งเป็นไม้จริงมาซอยเป็นโครงภายในและขาโต๊ะ ใช้แผ่นไม้อัดบุในส่วนพื้นโต๊ะ เพื่อปิดบังโครงสร้างภายใน ซึ่งจะช่วยนำสิ่งเหลือใช้จากการทำแผ่นไม้อัดมาใช้ให้เกิดประโยชน์ประหยัดการใช้ไม้ได้ส่วนหนึ่ง เพื่อทดสอบความเหมาะสมในส่วนของแผ่นไม้อัด และความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ร่วมกับไม้จริงต่อไป ช่างที่ใช้ก็เลือกจากช่างผู้รับจ้างทำเฟอร์นิเจอร์ที่ทำอยู่ทั่วไปในท้องถิ่นซึ่งเกษตรกรสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

ผลปรากฏว่าสิ่งประดิษฐ์ที่ได้ก็สามารถนำมาใช้งานได้เช่นเดียวกับที่ทำมาจากแผ่นไม้อัดโดยทั่วไป แต่เนื่องจากความแข็งแรงของแผ่นไม้อัดทดลองซึ่งเป็นการอัดขวางเสี้ยนมีความยาวขวางเสี้ยน 8 ฟุต กว้างตามเสี้ยน 4 ฟุต มีความแข็งแรงต่ำกว่าแผ่นไม้อัดปกติทั่วไปที่อัดตามเสี้ยนมีความกว้างขวางเสี้ยน 4 ฟุต ยาวตามเสี้ยน 8 ฟุต ทำให้สามารถหักลงกลางแผ่นได้ง่ายเนื่องจากการเรียงตัวของแผ่นหน้าไม้อัดที่เรียงขวางเสี้ยนไปตามยาวของแผ่น รวมทั้งเป็นแผ่นไม้อัดมีชั้นหรือความหนาน้อยชั้น (3 ชั้น หนา 4 ม.ม.) ต้องอาศัยไม้จริงเป็นส่วนโครงสร้างหรือรูปทรง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับชิ้นงาน แล้วอาศัยคุณลักษณะพิเศษของแผ่นไม้อัดในส่วนที่มีความเรียบ น้ำหนักเบา ลวดลายสวยงาม สามารถดัดโค้งได้ มาเสริมเติมแต่งเพื่อเพิ่มมูลค่าของชิ้นงานให้ดูโดดเด่นยิ่งขึ้น ลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ควรใช้กับงานที่ใช้ไม้อัดบุได้เช่นเดียวกับไม้อัดทั่วไป แต่จำเป็นต้องนำมาใช้งานในลักษณะหน้าแคบและควรมีขนาดไม่กว้างมากนัก ความยาวก็ไม่ควรจะเกินความกว้างของแผ่นไม้อัด (ประมาณ 120 ซ.ม.) เช่น นำไปทำเฟอร์นิเจอร์ จำพวกโต๊ะ เก้าอี้ หากต้องใช้เป็นแผ่นใหญ่ต้องใช้ไม้คร่าวบุโครงภายในให้มากขึ้นกว่าปกติเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของแผ่นไม้อัดในชิ้นงานที่ทำ นอกจากนี้ต้องมีการตบแต่งขัดผิวให้สวยงามมากกว่าปกติ เนื่องจากเนื้อไม้ที่มีเสี้ยนสน การหดตัวและตำหนิจากตาไม้ขนาดเล็กของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ทดลองมีค่อนข้างมาก ทำให้เกิดเป็นปัญหาในการใช้งาน เนื่องจากผิวหน้าไม้ที่หยาบ

Figure 1 Tables from the wood and plywood composition

สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการใช้ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสใน 4 ชั้นอายุ คือ 3, 5, 7 และ 10 ปี ใน พื้นที่เป้าหมาย 2 ภาค คือภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มาทำแผ่นไม้อัดโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และนำไปทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงตามมาตรฐาน มอก. 178-2538 ก่อนนำไปทำประดิษฐกรรมสำหรับใช้งานภายในร่มประเภท ตู้ โต๊ะ เพื่อทดลองหาความเหมาะสมในการใช้งานต่อไป การศึกษาพบว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่มีขนาดโตพอที่จะทำการปอกเป็นไม้บางมาทำแผ่นไม้อัดได้คือไม้จาก 2 ชั้นอายุ คือ 7 ปี และ 10 ปี แต่ถึงแม้ว่าจะสามารถนำมาใช้ทำแผ่นไม้อัดที่มีค่าคุณภาพการติดกาวผ่านมาตรฐาน มอก. 178-2538 เนื่องจากในการทดลองเป็นการอัดขวางเสี้ยนมีความยาวขวางเสี้ยน 8 ฟุต กว้างตามเสี้ยน 4 ฟุต มีความแข็งแรงต่ำกว่าแผ่นไม้อัดปกติทั่วไปที่อัดตามเสี้ยนมีความกว้างขวางเสี้ยน 4 ฟุต ยาวตามเสี้ยน 8 ฟุต การจะนำไปใช้ประโยชน์จึงต้องอัดให้มีขนาดเล็กลง เช่น 3' X 4' หรือเมื่อนำมาประกอบแผ่นเพราะจะต้องมีการเรียงแผ่นหน้าและแผ่นหลังในทิศทางตรงข้ามกับปกติ นอกจากนี้จะต้องมีการพัฒนาคุณภาพของแผ่นไม้อัดให้ดีขึ้นควบคู่ไปกับการพัฒนารูปแบบการใช้ให้เหมาะสมกับขนาดของแผ่นไม้อัด สำหรับปัจจุบันนี้การทำแผ่นไม้อัดเพื่อใช้ในงานประดิษฐกรรมจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสขนาดเล็กจึงยังดูไม่คุ้มค่าเนื่องจาก

1. การปอกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสขนาดเล็ก เป็นไม้บางเพื่อทำแผ่นไม้อัดทำได้ยาก เนื้อไม้แข็งและเมื่อตัดมาแล้วเก็บไว้ได้ไม่นานจะมีการแตกที่หัวไม้เข้าไปในเนื้อไม้ซึ่งเป็นลักษณะเกิดกับไม้โตเร็ว ไม่สามารถใช้หัวจับเข้าเครื่องปอกได้ ปอกยาก แม้จะใช้เครื่องปอกแบบไม่มีหัวจับ (spindleless lathe) เข้าช่วยเพื่อเพิ่มปริมาณไม้บางก็ตาม แต่เนื้อไม้ไม่เหนียว ไม้บางที่ได้ผิวไม่เรียบสม่ำเสมอ มีเสี้ยนสนและตามาก ทำให้ไม้บางมีตำหนิ การปอกควรทำการปอกสดจะดีกว่า เครื่องปอกในปัจจุบันใช้ได้เฉพาะกับไม้ท่อนสั้น หากจะทำไม้บางจากไม้ขนาดเล็กก็ต้องมีการพัฒนาเครื่องมือให้สามารถปอกไม้บางได้เรียบและยาวขึ้น หรือไม่เช่นนั้นการหันไปพัฒนาวิธีการฝานแทนการปอกซึ่งก็เป็นการลงทุนที่สูงมากสำหรับกรรมวิธีในการทำแผ่นไม้อัดเพื่อให้ได้ขนาดหน้ากว้างมาตรฐานกับไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสซึ่งเป็นไม้ขนาดเล็กในขณะนี้

2. การปอกไม้กับเครื่องปอกที่มีในปัจจุบันจะใช้ได้กับไม้ที่มีความโต ∅ 6 นิ้ว ขึ้นไป จึงจะพอได้ไม้บางโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นไม้เนื้อแข็งและเปลือกหนา ยิ่งไม่อาจหวังว่าจะได้ไม้บางตามที่ต้องการ

3. เนื่องจากไม้บางที่ได้ผิวหน้าไม่เรียบสม่ำเสมอเป็นปัญหาในการติดกาว ทำให้ไม้อัดที่ได้ไม่มีความแข็งแรงเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์

4. ยังมีไม้อื่นที่คุณภาพดีมีความเหมาะสมในการทำแผ่นไม้อัดได้ดีกว่ามีให้เลือกอีก เช่น ไม้ยางพารา ไม้มะม่วง และทุเรียนป่า เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม หากมีการใช้วนวัฒนวิธีเข้าช่วยในการปรับปรุงพันธุ์ โดยเพิ่มขนาดและรูปทรงของท่อนไม้ให้มีลักษณะเปลาตรง มีปุ่มตาน้อยลง ก็จะมีความเหมาะสมกับการผลิตไม้บาง และไม้อัดได้ต่อไป

คำนิยม

คณะผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดียิ่งจากหน่วยงานของรัฐและเอกชน สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งต้องขอขอบคุณบริษัทไทยทีควู๊ดวีเนียร์ จำกัด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดทำแผ่นไม้อัดทดลอง ขอขอบคุณองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ที่ให้ไม้มาใช้ในการทดลอง และบริษัทไม้อัดไทยบางนา จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ไม้และเครื่องมือทดสอบแผ่นไม้อัด

เอกสารอ้างอิง

กองวิจัยผลิตผลป่าไม้. 2531. การใช้ประโยชน์ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 14 น.

เกษมสุข เกษสกุล. 2533. ยูคาลิปตัส พันธุ์ไม้เศรษฐกิจที่มีค่าทั้งปัจจุบันและอนาคต. กองอนุรักษ์ต้นน้ำ, กรมป่าไม้. 61 น.

โชติ รักติประกร. 2505. ไม้อัดและไม้ประกับ. คณะวนศาสตร์, ม. เกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 223 น.

ชำนาญ ดีเทศน์. 2517. แนะนำวัสดุก่อสร้าง. อนุสารไม้อัด บางนา 3(3) : 33-40.

_____ 2517. แนะนำวัสดุก่อสร้าง. อนุสารไม้อัด บางนา 3(4) : 43-45.

_____ 2517. แนะนำวัสดุก่อสร้าง. อนุสารไม้อัด บางนา 3(5) : 75-77.

_____ 2517. แนะนำวัสดุก่อสร้าง. อนุสารไม้อัด บางนา 3(6) : 48-51.

เทียนชัย ศรีจรูญ. 2544. การผลิตไม้บางและแผ่นไม้อัด. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 157 น.

มนตรี พรหมโชติกุล, ไชยพร อุ่นจิตติชัย และ สมศักดิ์ พัฒนประภาพันธ์. 2529. การวิจัยไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ยางพารา และยางขน ทำไม้อัดประเภทใช้งานภายใน. การประชุมการป่าไม้,กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. น. 72-102

มนตรี พรหมโชติกุล และ ไชยพร อุ่นจิตติชัย. 2532. การวิจัยระดับอายุไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่เหมาะสมในการทำไม้บางและไม้อัด. การประชุมป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 16 น.

มนตรี พรหมโชติกุล, วินัย โสมณวัตร์ และศรัณธร สุขวัฒน์นิจกูล. 2537. การทำไม้บางและไม้อัดจากไม้สะเดาเทียม. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 36 น.

ศรัณธร สุขวัฒน์นิจกูล และวรัท พรหมโชติกุล. 2543. การทำไม้บางและไม้อัดกระถินเทพา อายุ 7 ปี จากแปลงทดลองปลูกในระบบวนเกษตร. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 45 น.

ไม้บางประสานจากไม้ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

Laminated Veneer Lumber from *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

เทียนชัย ศรีจรูญ [1]
พรประเสริฐ วาณิชย์เจริญ [1]
พรพิมล อมรโชติ [1]
วรพรรณ หิมพานต์ [1]
Tienchai Sricharoon [1]
Pornprasert Wanitcharaen [1]
Phornphimon Amornchote [1]
Woraphun Himmapan [1]

[1] สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Forest management and Forest Products Research office, Royal Forest Department, Chatuchak Bangkok 10900

บทคัดย่อ

การศึกษาไม้บางประสานจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสขนาดเล็กจากสวนป่าท้องที่จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดฉะเชิงเทราใน 4 ชั้นอายุ คือ 3, 5, 7 และ 10 ปี มาผลิตเป็นไม้บางประสาน โดยใช้กาว 2 ชนิด คือกาวเมลามีนยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (MUF) และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) เปรียบเทียบคุณสมบัติความแข็งแรงของไม้บางประสานในแต่ละชั้นอายุ และแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้เป็นแนวทางในการนำไม้ขนาดเล็กไปใช้ในอุตสาหกรรมทดแทนไม้ขนาดใหญ่ต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้ทดลองในไม้เฉพาะที่ชั้นอายุ 7 และ 10 ปี เนื่องจากมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 6 นิ้วขึ้นไป เหมาะสมต่อการนำมาปอกเป็นไม้บางโดยใช้เครื่องปอก ผลผลิตไม้บางที่ได้ 34.88-43.61% คุณสมบัติหลายประการของไม้บางประสานจากยูคาลิปตัสอายุ 10 ปีจากจังหวัดฉะเชิงเทรา ทั้งที่ใช้กาว MUF และกาว PF มีค่าสูงกว่าไม้อื่นๆ รองลงมาได้แก่ ไม้บางประสานจากไม้ยูคาลิปตัสของจังหวัดฉะเชิงเทราที่อายุ 7 ปี เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่าไม้ยูคาลิปตัสอายุ 7 ปี และ 10 ปี เฉพาะจากจังหวัดขอนแก่นที่ให้ค่าความแข็งแรงของไม้บางประสานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบไม้จากสองพื้นที่พบว่าคุณสมบัติไม้บางประสานหลายประการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทั้งสองชั้นอายุ

จากการศึกษาพบว่าไม้บางประสานที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัสมีความแข็งแรง (ค่ามอดูลัสแตกร้าว)อยู่ระหว่าง 71.89-96.12 เมกะปาสคาล หรือ 733.06-980.13 กก./ซม.^{2} เทียบกับไม้เนื้อแข็งปานกลางตามหลักเกณฑ์การแบ่งไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานกรมป่าไม้ ซึ่งมีค่าโมดูลัสแตกร้าวมีค่าอยู่ระหว่าง 600-1,000 กก./ซม.^{2} ดังนั้นไม้บางประสานจากไม้ยูคาลิปตัสขนาดเล็กจึงไม่เหมาะสมในการใช้งานในลักษณะโครงสร้างจำพวกไม้คานหรือเสาประเภทต่างๆ แต่มีความเหมาะสมในการใช้งานในลักษณะที่ไม่มีพื้นที่กว้างและยาวมาก เช่น โต๊ะ เก้าอี้ เฟอร์นิเจอร์ และของตกแต่งบ้านซึ่งมีลักษณะโค้งงอ หรือต้องการแสดงให้เห็นลายเป็นชั้นๆ เพื่อเพิ่มมูลค่า เช่น การกลึงเป็นลูกกรง แจกัน เป็นต้น

คำหลัก : ไม้บาง ไม้บางประสาน ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ กาวเมลามีนยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

ABSTRACT

The study of laminated veneer lumber (LVL) from *Eucalyptus camadulensis* is to study possibility of introducing small size of *Eucalyptus camadulensis* from forest plantation located in Khon Kaen and Chachoengsoa province in four ranking of three, five, seven and ten years to manufacture glued laminated wood by applying two types of glue i.e. MUF and PF, which are compared to wood strengthen in different ranking age and location, so as to apply the studying results to be a means of small wood exploitation replacing timbers for industries.

This study was the sample of seven and ten year olds's ranking due to the diameter starting from six inches is suitable for veneer by mechanical saws at 34.88-43.61% veneer product. The LVL from ten-year-old *Eucalyptus camadulensis* from Chachoengsoa province that was applied with MUF and PF glue had many properties higher than others. The next one was the LVL from seven-year-old *Eucalyptus camadulensis* from the same province. As statistic comparison with seven and ten years of *Eucalyptus camadulensis* plantations from Khon Kaen province was significant to the wood strength (Modulus of Rupture; MOR), and comparison with wood from two different site was found that there were many wood properties different significantly of both ranking ages.

As the study found that the Eucalyptus LVL had strength (MOR) between 71.89-96.12 MPa. or 733.06-980.13 Kg./cm-1., compared with moderate hard wood as standard wood classified by the Royal Forest Department had MOR value between 600-1,000 Kg./cm-1. Therefore the small size of Eucalyptus LVL is not appropriate to use for construction like other beams or poles, but it is suitable for such not broad and length i.e. tables, chairs, furniture and house decorations that are bent characteristics or shown layering patterns for value added such as lathing banister, vases etc.

Keywords : Veneer, Laminated Veneer Lumber, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., Phenol Formaldehyde Resin, Melamine Urea Formaldehyde Resin

คำนำ

ไม้บางประสานหรือไม้บางประกับ (Laminated Veneer Lumber; LVL) มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า Parallel Laminated Veneer (PLV) หรือไม้ประกับขนาน หมายถึง แผ่นไม้ประกอบอย่างหนึ่งที่ประกอบด้วยไม้บางปอกหลายชั้นเรียงตัวในแนวเสี้ยนขนานไปทางเดียวกัน ประกบหรือประกับด้วยกาวขึ้นเป็นแผ่นไม้ประกอบ ข้อดีหลักของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้ คือ คุณสมบัติทางด้านความแข็งแรงนั้นผันแปรน้อยกว่าไม้แปรรูปที่ได้จากการเลื่อย และมีผลผลิตสูงกว่าไม้ประกับโดยทั่วไป ไม้บางประสานมักใช้ในการก่อสร้างจำพวกคานไม้ หรือเสาประเภทต่างๆ มีแนวโน้มด้านการประหยัดในทางเศรษฐกิจและเพิ่มมูลค่า ในแง่ของการลดตำหนิและความแปรผันภายในเนื้อไม้ จึงทำให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตสูงกว่าการเลื่อยไม้แปรรูปโดยทั่วไปถึง 50% (Bohlen, 1975) ในญี่ปุ่นมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ LVL ไปสู่การใช้งานที่มิได้ใช้งานในรูปแบบของโครงสร้างเป็นส่วนใหญ่ จำพวกงานช่างไม้ ข้อต่อเครื่องเรือน หรือประดิษฐ์กรรมตกแต่ง ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่แตกต่างจากทางภาคพื้นยุโรปและอเมริกา ที่มักเน้นหนักในรูปแบบของไม้โครงสร้าง

ไม้ซุงที่จะนำมาปอกเป็นไม้บางเพื่อทำไม้บางประสานนั้น ต้องเลือกใช้ไม้ซุงขนาดใหญ่ที่มีลักษณะเปลาตรง มีเนื้อไม้ไม่แข็งมากนัก ปราศจากตาแข็ง ไส้ไม้ซุงต้องไม่แตกร้าวหรือผุ ไม้ซุงลักษณะดังกล่าวปัจจุบันหาได้ยากและมีราคาแพง ในขณะที่อุตสาหกรรมไม้ในประเทศด้านเฟอร์นิเจอร์และการก่อสร้าง รวมทั้งการตกแต่งภายในบ้านได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว การนำไม้โตเร็วขนาดเล็กที่ปลูกในสวนป่าออกมาใช้ประโยชน์ได้ในระยะเวลาอันสั้น รวมถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้เช่นไม้บางประสานเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในลักษณะโครงสร้างและมิใช่งานโครงสร้างอื่นๆ เช่น จำพวกเครื่องเรือนและเฟอร์นิเจอร์ทดแทนไม้จริงที่ลดปริมาณลงจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถสนองตอบต่อความต้องการใช้ไม้ของประชาชนในประเทศได้อย่างเพียงพอ

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) ซึ่งเป็นไม้ยืนต้นอยู่ในวงศ์ Myrtaceac เป็นไม้โตเร็วอีกชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกกันมากในทั่วทุกภาคของประเทศ เนื่องจากเป็นไม้เนื้อแข็งที่เติบโตเร็วในสภาพท้องที่ดินเลวและปริมาณน้ำฝนน้อย มีความสามารถในการแตกหน่อได้ดี มีความทนทานในสภาพพื้นที่น้ำขังตามฤดูกาลและดินเค็ม ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี มีการนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยกว่า 30 ปีมาแล้ว เนื่องจากลักษณะเนื้อไม้แก่นมีสีน้ำตาล กะพี้มีสีน้ำตาลอ่อน กะพี้และแก่นสีแตกต่างกันเห็นได้ชัด เนื้อไม้เมื่อมีอายุมากจะมีสีเข้มกว่าอายุน้อย เนื้อไม้ค่อนข้างละเอียด เสี้ยนสน (Interlocked grain) บางครั้งบิดไปตามแนวลำต้น เนื้อไม้ตามแนวยาวขนานลำต้นแตกง่ายหลังการตัดฟัน เปลือกหนาหลุดออกได้ง่ายเมื่อไม้แห้งและลอกออกได้ง่ายในขณะสด หลังจากการตัดฟัน คุณสมบัติดังกล่าวจึงเหมาะแก่การนำมาใช้ประโยชน์ด้านการก่อสร้างและสิ่งประดิษฐ์ เพื่อทดแทนไม้จากป่าธรรมชาติหรือไม้ขนาดใหญ่ที่มีจำนวนลดน้อยลงและมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ในปัจจุบัน

โครงการวิจัยนี้จึงทำการศึกษาความเหมาะสมในการผลิตไม้บางประสานจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส 4 ชั้นอายุ คือ 3, 5, 7 และ 10 ปี โดยเก็บตัวอย่างไม้มาจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง เพื่อต้องการทราบว่าไม้บางประสานที่ได้จะมีคุณสมบัติเป็นเช่นใด ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของไม้บางประสานจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ระหว่างชั้นอายุไม้ และระหว่างพื้นที่แหล่งไม้ ซึ่งอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาหรือส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากไม้โตเร็วขนาดเล็กเพื่อทดแทนไม้ขนาดใหญ่ให้มีทางเลือกในการใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางยิ่งขึ้น รวมทั้งเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมไม้ขนาดเล็กต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เครื่องปอกไม้บาง (rotary lathe and spindleless lathe), เครื่องตัดไม้บาง (veneer clipper), เครื่องอัดร้อน (hot press), เครื่องทดสอบกำลังไม้ (testing machine), ตู้อบไม้ (oven dry chamber), เครื่องชั่งแบบละเอียด (digital balance), เครื่องวัดขนาด (vernier caliper), เครื่องวัดความหนา (micrometer) และเครื่องวัดความชื้น (moisture meter)

วิธีดำเนินการ

1. ใช้ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เฉพาะที่ชั้นอายุ 7 ปี และ 10 ปี เนื่องจากไม้ชั้นอายุ 3 ปี และ 5 ปี มีขนาดเล็ก (เส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 6 นิ้ว) ไม่สามารถปอกเป็นไม้บางได้ โดยใช้ไม้ชั้นอายุ 7 ปี จากสวนป่าเอกชนในท้องที่ อ.พล จ.ขอนแก่น และไม้ชั้นอายุ 10 ปี จากพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น และไม้ชั้นอายุ 7 ปี จากพื้นที่สวนป่าลาดกระทิง ของบริษัทไม้อัดไทย จำกัด อ.สนามชัยเขต จ.ฉะเชิงเทรา และไม้ชั้นอายุ 10 ปี จากพื้นที่สวนป่าคลองตะเกรา ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ อ.ท่าตะเกียบ จ.ฉะเชิงเทรา จัดเตรียมไม้จำนวน 20 ท่อน ตัดทอนให้มีความยาวท่อนละ 1.35 ม. ตรวจวัดเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของแก่นและกระพี้ก่อนนำไปปอก ให้มีขนาดของไม้บาง 2.5 มม.ทดสอบการหดตัวของไม้บางที่น้ำหนักอบแห้ง และนำไม้บางไปทดลองอัดเป็นไม้บางประสาน

2. การอัดแผ่นไม้บางประสาน โดยใช้กาวสังเคราะห์ 2 ชนิดได้แก่ กาวเมลามีนยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamine Urea Formaldehyde Resin, CASCOMEL MU-5) และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde Resin, DYNEA WG 303P) ชนิดละ 12 แผ่น มีสภาวะในการเตรียมแผ่น คือ ไม้บางความชื้น 8-10% ขนาด 40X40X0.25 ซม.อัดเป็นไม้บางประสาน 9 ชั้น ใช้ปริมาณกาว 220 กรัม/ม.^{2}/แนวกาว อัดเย็นใช้เวลา (closed assembly time) 15 นาที ที่ความดัน 15 กก./ซม.^{2} อัดร้อนที่อุณหภูมิ (temperature) 140 ^{o}C สำหรับกาว PF และ120 ^{o}C สำหรับกาว MUF ใช้เวลา 10 นาที สำหรับกาว PF และ 12 นาที สำหรับกาว MUF ใช้เวลาในการปรับสภาวะ (conditioning) 7 วัน นำไม้บางประสานที่ได้ตัดเป็นชิ้นทดสอบสมบัติทางกลตามมาตรฐาน British Standard แผ่นละ 4 ชิ้น (ซ้ำ) นำไปทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ ค่ามอดูลัสแตกร้าว (MOR), ค่าความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูป (r), มอดูลัสยืดหยุ่น (MOE), ค่าแรงอัดขนานกับเสี้ยน (Compression), ค่าแรงเฉือนตามแนวกาว (Shear along glue line) และแรงเฉือนผ่าแนวกาว (Shear across glue line), ค่าการดัดกระแทก (Impact bending) โดยใช้เครื่องทดสอบสากล และคุณสมบัติอื่นๆ ได้แก่ ความแน่น (Density), ความถ่วงจำเพาะ (Sp.Gr.) และความชื้น (MC)

3. การรายงานและประมวลผลข้อมูล

รายงานผลค่าคุณสมบัติของไม้บางประสานของแต่ละชิ้นไม้ทดสอบ วิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS ทดสอบความแตกต่างค่าคุณสมบัติต่างๆของไม้บางประสานจากไม้ยูคาลิปตัส ระหว่างชั้นอายุ และระหว่างพื้นที่แหล่งไม้ ด้วยวิธี T - test

ผลและวิจารณ์ผล

คุณสมบัติของไม้บาง (veneer quality)

จากการศึกษาคุณสมบัติของไม้บางที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส ที่ชั้นอายุ 7 ปี และ10 ปี ได้ผลการทดลองดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์ของแก่นและกระพี้

ผลการศึกษาดัง Table 1 แสดงถึงความโตของไม้ท่อน และปริมาตรของแก่นและกระพี้ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 7 ปี และ 10 ปี จาก จ.ขอนแก่น และ จ.ฉะเชิงเทรา จากผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์ของแก่นและกระพี้ พบว่าไม้ยูคาลิปตัส จาก จ.ขอนแก่นทั้งสองชั้นอายุ มีเปอร์เซ็นต์ของแก่น : กระพี้ เท่ากับ 60:40 ในขณะที่ไม้จาก จ.ฉะเชิงเทรามีเปอร์เซ็นต์ของแก่น : กระพี้น้อยกว่า คือ 50:50 ดังนั้นจากผลการศึกษาดังกล่าว แสดงว่าไม้ยูคาลิปตัสจาก จ.ขอนแก่น มีแนวโน้มที่จะมีความแข็งแรงมากกว่าไม้จาก จ.ฉะเชิงเทรา

2. คุณสมบัติของไม้บาง

ไม้บางที่ได้มีลักษณะเนื้อไม้มีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อไม้ค่อนข้างหยาบ และเสี้ยนไม้เป็นเสี้ยนสน ไม้บางที่ได้มีทั้งกระพี้และแก่นปะปนกัน และมีตำหนิจากตาขนาดเล็กจำนวนมาก เนื่องจากเป็นไม้ขนาดเล็ก Table 2 แสดงว่าเมื่อนำมาปอกได้ไม้บาง 34-43% โดยไม้ที่อายุ 10 ปีให้ไม้บางได้มากกว่าไม้ อายุ 7 ปี และจาก Table 3 พบว่าไม้บางด้านต่างๆใกล้เคียงกัน โดยมีการหดตัวด้านสัมผัสระหว่าง 8.5-9.6% ด้านรัศมีและด้านยาวมีเปอร์เซ็นต์การหดตัวต่ำกว่าด้านสัมผัสคืออยู่ระหว่าง 4.57-6.26% และ 0.24-0.38% ตามลำดับ

Table 1 The properties of Log, Heartwood and Sapwood of 7 and 10 years old of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from Khon Kaen and Chachoengsoa Plantations

Sources	Year	Log		Heartwood				Sapwood	
		diameter (cm.)	volume (m^2)	diameter (cm.)	girth (cm.)	volume		volume	
						(m^2)	%	(m^2)	%
Khon Kaen	7	17.74	0.0337	13.78	43.29	0.0203	60.33	0.0133	39.67
Khon Kaen	10	18.68	0.0380	14.52	45.62	0.0235	59.49	0.0145	40.55
Chachoengsoa	7	15.10	0.0242	10.70	33.62	0.0122	50.23	0.0120	49.77
Chachoengsoa	10	18.70	0.0375	13.30	41.78	00192	50.34	0.0183	49.66

Table 2 Volumetric yields of 7 and 10 years old *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.'s veneer from Khon Kaen and Chachoengsoa Plantations

Sources	Year	Log						Veneer					Core		Wood waste
		Girth		Cross section area		length	volume								
		bottom (m.)	top (m.)	bottom (m^2)	top (m^2)	(m.)	(m^3)	thickness (m.)	width (m.)	length (m.)	volume (m^3)	yield %	gird (m.)	volume (m^3)	(m^2)
Khon Kaen	7	0.56	0.49	0.02	0.02	1.35	0.030	0.0025	1.27	3.45	0.011	36.40	0.19	0.004	0.015
Khon Kaen	10	0.73	0.63	0.04	0.03	1.35	0.051	0.0025	1.27	6.85	0.022	43.61	0.182	0.004	0.025
Chachoengsoa	7	0.550	0.517	0.002	0.02	1.35	0.031	0.0025	1.27	3.33	0.011	34.88	0.182	0.004	0.016
Chachoengsoa	10	0.586	0.549	0.03	0.02	1.35	0.035	0.0025	1.27	4.51	0.014	41.17	0.20	0.004	0.016

3. คุณสมบัติของไม้บางประสาน (Laminated Veneer Lumber mechanical properties)

ไม้บางประสานที่นำมาทดสอบแรงดัดสถิตย์โดยใช้กาวทั้ง 2 ชนิด ส่วนใหญ่มีรูปแบบการแตกหักแบบขาดเป็นเสี้ยนสลับ (splittering tension) มีบางส่วนขาดแบบแตกหักด้วยแรงเฉือนแนวนอน (horizontal shear) และแบบขาดตามแนวเสี้ยนเฉียง (cross grian tension)

คุณสมบัติของไม้บางประสานแสดงตาม Table 4 โดยไม้บางประสานจากไม้ยูคาลิปตัสจาก จ.ฉะเชิงเทราที่อายุ 10 ปี โดยใช้กาว MUF และกาว PF ให้ค่าความแข็งแรง (ค่าโมดูลัสแตกร้าว) 82.43 เมกะปาสคาลและ 96.12 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าไม้จากจังหวัดขอนแก่นที่อายุเดียวกัน

Table 3 Density and Veneer Shrinkage of 7 and 10 years old *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from Khon Kaen and Chachoengsoa Plantations

Sources	Year	Density (g./cm.^{3})	Veneer Shringage (%)		
			Tangential	Radial	Longitudinal
Khon Kaen	7	0.56	9.62	4.57	0.32
Khon Kaen	10	0.71	8.48	4.93	0.38
Chachoengsoa	7	0.65	8.90	6.26	0.24
Chachoengsoa	10	0.65	9.90	5.85	0.32

Table 4 Average of mechanical properties of Laminated Veneer Lumber made of 7 and 10 years old *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from Khon Kaen and Chachoengsoa Plantations

Glue Types	%MC.	Density (kg./m.^{3})	Sp.Gr.	Static Bending			Impact Bending (kg-m)	Compression (MPa)	Shear (Mpa.)	
				r (MPa.)	MOR (MPa.)	MOE (MPa)			Along glue line	Across glue line
7-year-old from Khon Kaen										
MUF	8.50	0.80	0.74	55.29	94.31	10264.32	2.37	57.12	7.18	7.96
PF	9.21	0.82	0.75	56.43	94.87	11158.93	2.14	57.86	7.86	9.49
10-year-old from Khon Kaen										
MUF	11.69	0.92	0.82	41.76	71.89	8222.81	2.60	49.93	7.31	7.80
PF	11.44	0.93	0.83	47.37	85.09	9470.25	2.46	60.82	7.62	8091
7-year-old from Chachoengsoa										
MUF	10.32	0.88	0.80	45.47	78.78	8931.25	3.52	56.60	6.20	7.68
PF	9.56	0.87	0.79	49.72	91.22	10061.92	3.40	65.14	7.16	7.72
10-year-old from Chachoengsoa										
MUF	10.04	0.86	0.78	49.48	82.43	9848.52	4.38	57.87	6.24	8.57
PF	9.73	0.88	0.80	51.68	96.12	10466.35	4.30	62.99	6.89	8.93

Note : MUF = Melamine Urea Formaldehyde Resin, PF = Phenol Formaldehyde Resin

และมากกว่าไม้จากจ.ฉะเชิงเทราที่อายุ 7 ปี ในขณะที่ไม้บางประสานจากไม้ยูคาลิปตัสจาก จ.ขอนแก่น อายุ 7 ปี จากกาวทั้งสองชนิดมีค่าโมดูลัสแตกร้าวสูงกว่าไม้จาก จ.ฉะเชิงเทราที่อายุเดียวกัน และไม้จากจังหวัดเดียวกันที่อายุ 10 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์การแบ่งไม้เนื้ออ่อนไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานกรมป่าไม้แล้ว ไม้บางประสานที่ได้จากการทดลองมีค่าเฉลี่ยมอดูลัสแตกร้าวอยู่ระหว่าง 71.89-96.12 เมกะปาสคาล หรือ 733.06-980.13 กก./ซม.^{2} มีความแข็งแรงเทียบได้กับไม้เนื้อแข็งปานกลาง (ค่าโมดูลัสแตกร้าวมีค่าอยู่ระหว่าง 600-1,000 กก./ซม.^{2})

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติอื่นๆ พบว่าไม้บางประสานจากไม้ยูคาลิปตัสจาก จ.ฉะเชิงเทราอายุ 10 ปี ใช้กาวทั้ง 2 ชนิด มีค่าการดัดกระแทกและแรงอัดขนานกับเสี้ยนสูงที่สุด และค่าคุณสมบัติส่วนใหญ่ไม้จาก จ.ฉะเชิงเทรามีค่าสูงกว่าไม้จาก จ.ขอนแก่น ยกเว้นค่าแรงเฉือนไม้บางประสานจากไม้ในพื้นที่ จ.ขอนแก่นสูงกว่าไม้จาก จ.ฉะเชิงเทราในทั้ง 2 ชนิดกาว

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดสอบความแตกต่างค่ากลสมบัติของไม้บางประสานที่ใช้กาว 2 ชนิด จาก จ.ขอนแก่น และ จ.ฉะเชิงเทรา ระหว่างไม้ยูคาลิปตัสอายุ 7 ปี และ อายุ 10 ปี พบว่าไม้จาก จ.ขอนแก่นที่อายุ 7 ปี ให้ค่า MOR, MOE, r และค่าแรงอัดขนานเสี้ยนของไม้บางประสานสูงกว่าไม้อายุ 10 ปี อย่างมีนัยสำคัญในทั้งสองชนิดกาว ยกเว้นแรงอัดขนานเสี้ยนซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในกาว PF ซึ่งแตกต่างจากไม้บางประสานที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสจาก จ.ฉะเชิงเทรา ที่ไม้อายุ 10 ปีให้ค่าคุณสมบัติบางประการได้แก่ MOE, การดัดกระแทก และแรงเฉือนผ่าแนวกาวสูงกว่าไม้อายุ 7 ปี อย่างมีนัยสำคัญทั้งสองชนิดกาว ยกเว้นแรงเฉือนผ่าแนวกาวซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในกาว PF (Table 5)

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าคุณสมบัติต่างๆของไม้บางประสานระหว่างไม้จาก จ.ขอนแก่น และ จ.ฉะเชิงเทรา พบว่าที่ไม้อายุ 7 ปี ค่าคุณสมบัติหลายประการที่ไม้จากจ.ขอนแก่นมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญไม้จาก จ.ฉะเชิงเทรา ในกาว MUF ได้แก่ MOR, MOE, r และค่าแรงเฉือนตามแนวกาว แต่ในกาว PF มีค่าแรงเฉือนผ่าแนวกาว, แรงอัดขนานเสี้ยนและแรงดัดกระแทกที่ให้ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างไม้จากสองพื้นที่ ส่วนในไม้อายุ 10 ปี ค่าคุณสมบัติเกือบทั้งหมดในทั้งสองชนิดกาวแสดงว่าไม้จาก จ.ฉะเชิงเทรามีค่าสูงกว่าไม้จากจ.ขอนแก่นอย่างมีนัยสำคัญ (Table 6) อย่างไรก็ตามเนื่องจากเนื้อไม้มีโครงสร้างภายในที่สลับซับซ้อนซึ่งเป็นคุณสมบัติที่มีเฉพาะตัวที่เกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติของไม้แต่ละชนิด เป็นการยากที่จะให้กำหนดค่าความแข็งแรงของเนื้อไม้ให้เป็นที่แน่นอนได้เช่นเดียวกับวัสดุอื่นรวมทั้งเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติต่างๆได้ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่ทำให้กลสมบัติไม้แปรรูปเปลี่ยนแปลงไป เช่น พื้นที่ปลูก ตำแหน่งของเนื้อไม้ในลำต้น อัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้ และการดูแลรักษา ดังนั้นในการเปรียบเทียบค่าต่างๆจึงต้องนำมาใช้ประกอบในการวิเคราะห์ด้วย

Table 5 Comparison of mechanical properties of Laminated Veneer Lumber made of 7-year-old and 10-year-old *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

No.	Mechanical Properties	Khon Kaen				Chachoengsoa			
		MUF		PF		MUF		PF	
		t	P	t	P	t	P	t	P
1	Modulus of Rupture; MOR (MPa)	8.840	.000	2.133	.038	-1.183	0.241	-1.485	.143
2	Modulus of Elasticity; MOE (MPa)	8.145	.000	4.174	.000	-4.571	.000	-2.423	.118
3	Stress at proportional limit of static bending; r (MPa)	11.387	.000	3.524	.001	-3.188	.002	-1.132	.262
4	Shear along glue line (MPa)	-0.312	.756	0.230	.819	-0.101	.920	0.506	.615
5	Shear across glue line (MPa)	0.633	.530	1.892	.065	-2.538	.014	1.148	.256
6	Compression strength parallel to grain (MPa)	4.950	.000	-0.616	.540	-0.550	.584	1.144	.258
7	Impact bending (kg-m)	-1.332	.189	-1.652	.104	-4.155	.000	-4122	.000
8	Spacific gravity ; Sp.Gr.	-8386	.000	-9.986	.000	2.996	.004	-1.422	.161

Note : MUF = Melamine Urea Formaldehyde Resin, PF = Phenol Formaldehyde Resin

Table 6 Comparison of mechanical properties of Laminated Veneer Lumber made of 7-year-old and 10-year-old *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. 7-year-old 10-year-old

No.	Mechanical Properties	7-year-old				10-year-old			
		MUF		PF		MUF		PF	
		t	P	t	P	t	P	t	P
1	Modulus of Rupture; MOR (MPa)	5.121	.000	0.898	.374	-4.051	.000	-3.565	.001
2	Modulus of Elasticity; MOE (MPa)	5.359	.000	2.849	.007	-8.008	.000	-4.421	.000
3	Stress at proportional limit of static bending; r (MPa)	7.588	.000	2.666	.001	-6.718	.000	-2.360	.022
4	Shear along glue line (MPa)	2.212	.031	1.158	.252	2.689	.009	1.256	.214
5	Shear across glue line (MPa)	0.829	.0410	4.629	.000	-2.793	.007	4.458	.000
6	Compression strength parallel to grain (MPa)	0.333	.741	-3.732	.001	-6.289	.000	-1.001	.318
7	Impact bending (kg-m)	-5.997	.000	-6.493	.000	-9.465	.000	-8.798	.000
8	Spacific gravity ; Sp.Gr.	-6.105	.000	-5.521	.000	6.374	.000	3.842	.000

Note : MUF = Melamine Urea Formaldehyde Resin, PF = Phenol Formaldehyde Resin

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ชั้นอายุ 7 ปี และ 10 ปีซึ่งเป็นไม้ขนาดเล็ก ให้ผลผลิตไม้บางอยู่ระหว่าง 34.88%-43.61% มีตำหนิจากตาขนาดเล็กจำนวนมาก เมื่อนำมาผลิตเป็นไม้บางประสานให้ค่าความแข็งแรงปานกลาง ไม่เหมาะสมที่จะใช้งานในลักษณะโครงสร้างจำพวกคานไม้หรือเสาประเภทต่างๆ เนื่องจากมีส่วนของกระพี้ปนอยู่ในชั้นต่างๆ และมีตำหนิจากตาขนาดเล็กจำนวนมาก ทำให้ความแข็งแรงน้อยกว่าที่ทำมาจากไม้ขนาดใหญ่ และเนื่องจากเนื้อไม้มีโครงสร้างภายในที่สลับซับซ้อนซึ่งเป็นคุณสมบัติที่มีเฉพาะตัวที่เกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติของไม้แต่ละชนิด นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่ทำให้กลสมบัติไม้แปรรูปเปลี่ยนแปลงไป เช่น พื้นที่ปลูก ตำแหน่งของเนื้อไม้ในลำต้น และอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้ จึงเป็นการยากที่จะให้กำหนดค่าความแข็งแรงของเนื้อไม้ให้เป็นที่แน่นอนหรือเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงระหว่างชั้นอายุหรือแหล่งที่มาได้ ดังนั้นในการศึกษาหรือเปรียบเทียบความแข็งแรงของไม้บางประสานที่ได้ต้องใช้ปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องเข้ามาร่วมวิเคราะห์ด้วย

การนำไม้ยูคาลิปตัสขนาดเล็กมาผลิตเป็นไม้บางประสานนั้น แม้ว่าไม้จะมีขนาดความโตสามารถนำมาปอกและผลิตเป็นไม้บางประสานได้ แต่จะส่งผลให้ปริมาณการสูญเสียในการผลิตไม้บางสูงทำให้ต้นทุนการผลิตสูง และมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในลักษณะจำกัด คือเหมาะสำหรับการใช้งานที่ไม่ต้องอาศัยความแข็งแรงจากการรับน้ำหนักมากนัก เช่น ใช้ทำโต๊ะ เก้าอี้ และเฟอร์นิเจอร์ ของตกแต่งบ้านซึ่งมีลักษณะโค้งงอ หรือต้องการโชว์ลายเป็นพิเศษให้เห็นลายเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นมีสีสันต่างกัน เช่น กลึงเป็นลูกกรง กลึงเป็นแจกัน เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับชิ้นงาน เป็นต้น หากต้องการนำไม้บางประสานเพื่อใช้กับโครงสร้างขนาดใหญ่ ต้องเลือกใช้ไม้ที่มีอายุและมีความโตมากขึ้น หรือปอกไม้บางให้ได้ส่วนของแก่นไม้เพิ่มขึ้น การปรับปรุงคุณภาพไม้และกรรมวิธีการผลิตไม้บางและใช้ชนิดกาวที่มีคุณภาพดีเหมาะสมกับการใช้งาน ก็จะได้ไม้บางประสานที่มีคุณภาพดีขึ้น อาจใช้กับงานโครงสร้างได้ในอนาคต

คำนิยม

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และบริษัทไม้อัดไทย จำกัด ที่ให้การสนับสนุนไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ขอขอบคุณบริษัทไทยทีควู๊ดวีเนียร์ จำกัด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ปอกไม้บาง และขอขอบคุณงานคุณสมบัติและวิศวกรรมโครงสร้างไม้ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือทดสอบคุณสมบัติไม้ และขอขอบคุณคุณศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ จนสำเร็จไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ โทณานนท์ และคณะ. 2528. **ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย**. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 127 น.

ณรงค์ เพ็งปรีชา. 2516. **เทคนิคการปอกและฝานไม้บาง**. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 47 น.

บุญส่ง สมเพาะ และศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์. 2545. **กลสมบัติและสกายสมบัติของไม้เสม็ด.** กลุ่มคุณสมบัติและวิศวกรรมโครงสร้างผลิตภัณฑ์ป่าไม้ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 10 น.

มนตรี พรหมโชติกุล และไชยพร อุ่นจิตติชัย. 2536. **การทำไม้บางประสานจากไม้ยางพารา.** น. 223-228. ใน รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2536. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์, บุญส่ง สมเพาะ และวิเชียร ปิยาจารประเสริฐ. 2546. **กลสมบัติของไม้ป่าชายเลน 6 ชนิด.** สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 12 น.

Bohlen, J.C. 1975. **Shear Strength of Douglas - Fir Laminated - Veneer Lumber,** Forest Products Journal. 25 (2): 16 - 23

Hayashi, T. 1994. Processing of Laminated Veneer Lumber, Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba, 6 p.

McKean, H. B. and J. w. Smith. 1958. **Pilot Planting Laminated 2 x 4' s**., Forest Products Journal. 8 (8) : 19A - 23A.

ศักยภาพด้านพลังงานของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ

Energy Potentials of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. in 4 ages class

จิระพงษ์ คูหากาญจน์ *
Chirapong Kuhakanchana

* นักวิชาการป่าไม้ 8ว หัวหน้าศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้ จ.สระบุรี งานพัฒนาพลังงานจากไม้ กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ e-mail ; chirapong__k@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาศักยภาพด้านพลังงานของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ ทำโดย นำไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี จากสวนป่าของเอกชนมาทดสอบโดยการผลิตถ่านด้วยเตาอิฐก่อ กรมป่าไม้ ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร พบว่า เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านเฉลี่ยของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่า 29.48, 28.42, 32.03 และ 27.71 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่าความร้อนเฉลี่ย มีค่าระหว่าง 6,815.15 - 7,680.00 แคลอรีต่อกรัม องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณคาร์บอนเสถียรเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 77.7 - 82.05 เปอร์เซ็นต์, ปริมาณสารระเหยได้เฉลี่ยมีค่าระหว่าง 10.65 - 16.20 เปอร์เซ็นต์, ปริมาณเถ้าเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 5.1 - 6.0 เปอร์เซ็นต์, ปริมาณความชื้นเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 1.5 - 3.2 เปอร์เซ็นต์ และค่าความหนาแน่นเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 0.45 - 0.50 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับคุณสมบัติในการใช้งานหุงต้มนั้น ถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ ที่ได้จากเตาอิฐก่อมีค่างานที่ได้เฉลี่ยระหว่าง 2.51 - 3.44 ค่าอัตราการเผาไหม้เฉลี่ยมีค่าระหว่าง 5.44 - 6.63 กรัมต่อนาที และค่าประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 20.03 - 23.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงถึงคุณสมบัติในการใช้งานหุงต้มของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ ที่ได้จากการเผาถ่านด้วยเตาอิฐก่อ กรมป่าไม้ มีประสิทธิภาพสูงเหมาะสำหรับการหุงต้มในครัวเรือน

คำหลัก : ถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส

ABSTRACT

A study on Energy Potentials of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. in 4 ages class : 3, 5, 7 and 10 years olds obtained from the private plantation was conducted to the charcoal which obtained from brick beehive kiln at Wood Energy Research Center, Saraburi province, Royal Forest Department. The result showed that the average of charcoal production of 3, 5, 7 and 10 years olds *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. were 29.48%, 28.42%, 32.03% and 27.71%, respectively. The average heating values were 6,815.15 - 7,680.00 cal/g. The average Fixed carbon contents were 77.7 - 82.05%, the average volatile matter contents were 10.65% - 16.20%, the average ash contents were 5.7% - 6.0%, the charcoal moisture content measurement were 1.5% - 3.2% and the average charcoal density were 0.45 - 0.50 g/cm^3. The cooking properties showed that the working ratioes were 2.51 - 3.44. The average rates of combustion were 5.44 - 6.63 g/min and the average rates of work efficiency were 20.03% - 23.33%. The study showed that Energy Potentials of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. in 4 ages class obtained from brick beehive kiln suited in households.

Keyword : *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. charcoal

คำนำ

ไม้ยูคาลิปตัส เป็นพันธุ์ไม้ต่างถิ่นที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีการปลูกยูคาลิปตัสกระจัดกระจายทั่วทุกภาคของประเทศไทย ไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้อย่างแพร่หลาย เช่น ใช้เพื่อการก่อสร้าง ทำเยื่อกระดาษ ทำแผ่นใยไม้อัดแข็ง ทำแผ่นชิ้นไม้อัด ใช้เป็นไม้เพื่อการพลังงาน เนื่องจากไม้ยูคาลิปตัสเป็นไม้โตเร็วที่มีคุณสมบัติเด่นในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้เป็นอย่างดี มีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบป้อน โรงงานทำเยื่อกระดาษ โดยใช้ระบบหมุนเวียน 3 - 5 ปี

การศึกษาศักยภาพด้านพลังงานของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ จะเป็นแนวทางหนึ่งในการทดลองนำไม้ยูคาลิปตัสที่อายุต่างกัน 4 ชั้นอายุ มาผลิตเป็นถ่าน เพื่อเป็นพลังงาน ทดแทนไม้จากป่าธรรมชาติ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านไม้ยูคาลิปตัส 4 ชั้นอายุคือ 3, 5, 7 และ 10 ปี ที่ผลิตจากเตาอิฐก่อ ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร
2. เพื่อศึกษาค่าความร้อนของถ่านไม้ยูคาลิปตัส 4 ชั้นอายุ
3. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนาแน่นของถ่านไม้ยูคาลิปตัส 4 ชั้นอายุ
4. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มกับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง กรมป่าไม้

การตรวจเอกสาร

ไม้ยูคาลิปตัส *(Eucalyptus camaldulensis Dehnh.)*

ไม้ยูคาลิปตัส เป็นไม้โตเร็วต่างประเทศที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยและสามารถปรับตัวเจริญเติบโตดีในทุกภาคของประเทศไทย พบมากในแผ่นดินใหญ่ของออสเตรเลียในแถบร้อนทางด้านเหนือ ปัจจุบันพบขึ้นกระจายอยู่ทั่วโลก เนื่องจากเป็นไม้นิยมปลูกกัน ตั้งแต่ประเทศกลุ่มเมดิเตอร์เรเนียน ปากีสถาน อุรุกวัย อาเจนตินา เคนยา ไนจีเรีย แทนซาเนีย อิสราเอล ตุรกี และแพร่หลายปลูกใน ประเทศไทยเนื่องจากเป็นไม้ที่โตเร็วมาก อัตราความเพิ่มพูนเฉลี่ยต่อปีในทางความสูง 2 เมตร ทางเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. มีกำลังในการแตกหน่อได้ถึง 6 ครั้ง หรือมากกว่านั้น เจริญเติบโตได้ในดิน ที่เลวและมีปริมาณน้ำฝนน้อย และสามารถทนทานต่อน้ำท่วมขังเป็นครั้งคราวได้ แต่จะไม่สามารถต่อสู้กับวัชพืชต่างๆ ในระยะแรกของต้นอ่อนได้เท่าใดนัก

การปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในประเทศไทย เริ่มปลูกครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2508 ซึ่งสามารถปรากฏเป็นหลักฐานได้ ภายใต้โครงการสำรวจวัตถุดิบเพื่อผลิตเยื่อกระดาษ โดยนำเมล็ดมาจากประเทศออสเตรเลียและปลูกทดลองเพื่อคัดเลือกชนิดและถิ่นกำเนิดในท้องที่จังหวัดเชียงใหม่ ศรีสะเกษ และกาญจนบุรี ปรากฏว่า ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สามารถรอดตายและเจริญเติบโตได้ดีที่สุดโดยเฉพาะที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ ยังมีไม้ชนิดนี้เหลืออยู่และใช้เป็นแหล่งเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นที่นิยมสำหรับนำไปปลูกในท้องที่ต่างๆ ของประเทศไทยได้เป็นอย่างดีตลอดมา ต่อมาในปี พ.ศ. 2516 โครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สนและไม้โตเร็วโดยความร่วมมือของประเทศเดนมาร์ก ได้รวบรวมพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัสชนิดต่าง ๆ ที่คาดว่าสามารถปลูกได้ในประเทศไทยประมาณ 50 ชนิด/ถิ่นกำเนิด ในการนี้ได้นำเอาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จาก 5 ถิ่นกำเนิดในประเทศออสเตรเลียมาทดสอบร่วมด้วย โดยนำไปปลูกทดลองที่ จังหวัดเชียงใหม่ และชุมพร ปรากฏว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีอัตราการเจริญเติบโตและมีปริมาณการรอดตายสูงกว่าไม้ยูคาลิปตัสชนิดอื่นๆ

ในประเทศไทย ไม้ยูคาลิปตัสมีความสำคัญในการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อใช้ทำเชื้อเพลิง เพื่อการก่อสร้าง เพื่อทำเยื่อกระดาษ ทำแผ่นใยไม้อัดแข็ง แผ่นชิ้นไม้อัด และเพื่อฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรม เนื้อไม้ ยูคาลิปตัส มีความแข็งปานกลาง สีไม้ในส่วนที่เป็นแก่นค่อนข้างแดง มีความทนทานต่อการรบกวนของปลวกและแมลง จึงเหมาะสำหรับใช้ในการก่อสร้างทั่วไป เยื่อไม้ยูคาลิปตัสมีความแข็งแรงของเส้นใยเมื่อเปียกสูง และให้เยื่อไม้ที่มีค่าแรงฉีกและค่าแรงดึงสูง เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษชนิดต่างๆ ได้ดีในด้านการใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิง พบว่าถ่านจากไม้ยูคาลิปตัสให้พลังงานความร้อนสูง ติดไฟได้นาน

สำหรับการศึกษาศักยภาพด้านพลังงานของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ จะเป็นแนวทางหนึ่งในการนำไม้ยูคาลิปตัสเพื่อพัฒนาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนสำหรับประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษามีดังต่อไปนี้

1. เตาอิฐก่อ (Brick Beehive Kiln) ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร
2. เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ กปม.1 (เตาถ่าน)
3. หม้ออลูมิเนียมเบอร์ 24 พร้อมฝา
4. Oxygen Bomb Calorimeter
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. ตู้อบความชื้น
7. เครื่องชั่ง
8. โถดูดความชื้น เครื่องประมวลผล และอื่นๆ

วิธีการ

1. การศึกษาผลผลิตถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส กับเตาเผาถ่าน ชนิดเตาอิฐก่อ ขนาด 2.0 ลูกบาศก์เมตร

การศึกษาศักยภาพด้านพลังงานของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ ทำการศึกษาที่ศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้ ต.พุแค อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี โดยการนำไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มาทดสอบ

วิธีการทดสอบเตาเผาถ่านชนิดเตาอิฐก่อ ทำโดยการนำไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มาสุ่มตัวอย่างเพื่อหาค่าเปอร์เซนต์ความชื้น จากนั้น นำไม้ยูคาลิปตัสที่ได้มาชั่งน้ำหนักสดและใส่ในเตาจนเต็ม จากนั้นนำฟืนหน้าเตามาสุ่มหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น จุดไฟหน้าเตาและเลี้ยงไฟหน้าเตาตลอดเวลา โดยในระยะแรกหน้าเตาจะมีขนาดประมาณ 500 cm^2 ทำการวัดอุณหภูมิที่บริเวณกลางเตาเผาถ่านทุกๆ ชั่วโมง เมื่อควันขาวหนาเริ่มออก จะทำการย่อหน้าเตาลงเหลือประมาณ 300 cm^2 และเมื่อควันบางลง จึงทำการย่อหน้าเตาลงให้เหลือประมาณ 200 cm^2 ทั้งนี้เพื่อควบคุมปริมาณอากาศให้เหมาะสม จากนั้นเลี้ยงฟืนหน้าเตาไปจนกระทั่งควันสีฟ้าจางลงมาก จึงยุติการใส่ฟืนหน้าเตาและย่อหน้าเตาลงอีกจนเหลือประมาณ 80 cm^2 และปล่อยให้การเผาถ่านดำเนินต่อไปจนกระทั่ง ควันใสและปล่องควันแห้ง สนิทจึงปิดหน้าเตาและปิดปล่องควันจนครบทุกปล่องเป็นการยุติการเผาถ่าน

เก็บข้อมูลการทดลองโดยชั่งน้ำหนักถ่านก้อน, ถ่านป่น, ส้นถ่านหรือหัวถ่าน และขี้เถ้า บันทึกข้อมูลในแผ่นบันทึกข้อมูล

สำหรับการสุ่มตัวอย่างถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี ไปเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น, ค่าความร้อน, วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี, ค่าความหนาแน่นและ หาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มกับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ : กปม.1 (เตาถ่าน) นั้นใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างด้วยแผนแบบการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) โดยการกำหนดให้ถ่านไม้ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี ที่ได้จากการเผาถ่านด้วย เตาอิฐก่อ เป็นประชากร (N) จากนั้นสุ่มตัวอย่าง (n) ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างชนิดไม่แทนที่กลับคืน จากประชากร (N) นั้น โดยกำหนดให้ตัวอย่างแต่ละตัวอย่างมีโอกาสที่จะถูกเลือกเท่าๆ กัน (สุรินทร์, 2541)

การหาค่าความชื้น ทำโดยการอบไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีสและถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง หรืออบจนกระทั่งน้ำหนักของตัวอย่างคงที่ แล้วนำมาคำนวณหาความชื้นจากสูตร

$$\textbf{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักถ่านก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักถ่านหลังอบแห้ง})}{\text{น้ำหนักถ่านหลังอบแห้ง}} \times 100$$

การหาผลผลิตถ่านคำนวณจากสูตร

$$\textbf{เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่าน} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านก้อน}}{(\text{น้ำหนักไม้ฟืนแห้ง} + \text{น้ำหนักไม้ฟืนแห้งหน้าเตา}) - \text{น้ำหนักสันถ่าน}} \times 100$$

การหาผลผลิตถ่าน คำนวณจากสูตร

$$\textbf{อัตราการผลิตถ่าน}\text{ , กก / ชม.} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านก้อน}}{\text{ชั่วโมงการเผาทั้งหมด}}$$

2. การวิเคราะห์หาค่าความร้อนและการหาองค์ประกอบทางเคมีของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซีส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี

การวิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี ทำได้โดยการนำตัวอย่างมาบดให้ละเอียด จากนั้นนำผงถ่านไม้ยูคาลิปตัสมาเผาไหม้ในบรรยากาศของออกซิเจนใน Adiabatic Oxygen bomb Calorimeter ตามกรรมวิธีของ ASTM 3287 - 77 บันทึกค่าที่อ่านได้ลงในตารางการทดสอบ

การวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ทำโดยการหาปริมาตรของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ด้วยการแทนที่ในปรอท จากนั้นคำนวณหาค่าความหนาแน่นของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ได้จากสูตร

$$\textbf{ความหนาแน่นของถ่านยูคาลิปตัส}\text{ (กรัม / ซม}^3\text{)} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านไม้ยูคาลิปตัสอบแห้ง (กรัม)}}{\text{ปริมาตรถ่านไม้ยูคาลิปตัสอบแห้ง (ซม}^3\text{)}}$$

การหาองค์ประกอบทางเคมีของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ทำโดยวิธี Proximate Analysis เป็นการวิเคราะห์โดยใช้วิธีมาตรฐานของ ASTM 3172 - 3175 ซึ่งวิเคราะห์ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ กรุงเทพฯ พอจะอธิบายวิธีการหาองค์ประกอบทางเคมีได้ดังนี้

ปริมาณสารระเหยได้ (Volatile matter content) คือ ส่วนของเนื้อถ่านอบแห้งที่ระเหยได้ในครูซิเบิลปิดฝา ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส ในเตาเผาไฟฟ้านาน 6 นาที สารระเหยได้นี้คือ สารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ

ปริมาณคาร์บอนเสถียร (Fixed carbon content) คือส่วนของสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ในครูซิเบิลหลังจากหัก สารระเหยได้และขี้เถ้าออกไปแล้ว คาร์บอนเสถียรนี้ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่

ปริมาณขี้เถ้า (Ash content) คือส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปถ่านในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง (ปรีชา, 2529)

สูตรในการหาค่าองค์ประกอบทางเคมีของถ่านยูคาลิปตัส มีดังนี้

ปริมาณความชื้น (%) = $\frac{\text{(น้ำหนักถ่านก่อนอบแห้ง - น้ำหนักถ่านอบแห้ง) X 100}}{\text{น้ำหนักถ่านอบแห้ง}}$

ปริมาณสารระเหยได้ (%) = $\frac{\text{(น้ำหนักอบแห้งของถ่าน - น้ำหนักของถ่านที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส)}}{\text{น้ำหนักอบแห้งของถ่าน}}$

ปริมาณคาร์บอนเสถียร (%) = 100 -ปริมาณความชื้น(%) -ปริมาณสารระเหยได้(%) - ปริมาณขี้เถ้า(%)

ปริมาณขี้เถ้า (%) = $\frac{\text{น้ำหนักของถ่านที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส X 100}}{\text{น้ำหนักอบแห้งของถ่าน}}$

3. ประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี กับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ กปม.1 (เตาถ่าน)

การหาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี ทำโดยทดสอบการต้มน้ำซึ่งใช้หม้อต้มน้ำอะลูมิเนียมเบอร์24พร้อมฝา กับเตาที่ใช้ทดสอบเป็นเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ กปม.1 (เตาถ่าน) ใช้น้ำ 3,700 กรัม (ปริมาตรของน้ำประมาณ 3/4 ของปริมาณความจุของหม้อ) และน้ำหนักถ่านยูคาลิปตัสที่ใช้ทดสอบเท่ากับ 450 กรัม ทำการทดลองในห้องที่ไม่มีลมพัด สังเกตการแตกปะทุของถ่าน ปริมาณควันของถ่านขณะติดไฟ วัดอุณหภูมิของน้ำ จนกระทั่งน้ำเดือดแล้วบันทึกเวลาที่ใช้ไปพร้อมทั้งเปิดฝาหม้อ จากนั้นปล่อยให้น้ำเดือดต่อไปอีก 30 นาที (มาลี, 2532),นิยมและคณะ(2527)

คำนวณค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้และประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านสูตร

งานที่ได้ = $\frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป}}{\text{น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ}}$

อัตราการเผาไหม้ = $\frac{\text{น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด}}$

Hu = $\frac{\text{(MCp (T2-T1) + (M-M1) L) X 100}}{(MfH^1 + MkH^2)}$

เมื่อ

Hu = ประสิทธิภาพการใช้งาน, %
M = น้ำหนักเริ่มต้น, กรัม
Cp = ความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 1 แคลอรี/กรัม
M1 = น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่, กรัม
T1 = อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ, องศาเซลเซียส
Mf = น้ำหนักเชื้อเพลิง (ถ่านยูคาลิปตัส) , กรัม
Mk = น้ำหนักเชื้อไฟ (ไม้สนประดิพัทธ์), กรัม
T2 = อุณหภูมิของน้ำเดือด , องศาเซลเซียส
L = ความร้อนแฝงของน้ำ เท่ากับ 540 แคลอรี / กรัม
H1 = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (ถ่านยูคาลิปตัส), แคลอรี / กรัม
H2 = ค่าความร้อนของเชื้อไฟ (สนประดิพัทธ์), ซึ่งมีค่า 4,280 แคลอรี/กรัม

ผลและวิจารณ์ผล

การศึกษาศักยภาพด้านพลังงานของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ มีรายละเอียดดังนี้

1. ผลผลิตถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี จากเตาเผาถ่านชนิด เตาอิฐก่อขนาดความจุ 2.0 ม^3 *ดังแสดงในตารางที่ 1 - 4*

ตารางที่ 1 ผลผลิตถ่านไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3 ปี

ค่าที่ใช้คำนวณและผลที่ได้รับ	หน่วย	เตาอิฐก่อ			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
น้ำหนักสดของไม้ยูคาลิปตัส	กิโลกรัม	883	875	803.5	853.83
ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้ยูคาลิปตัส	เปอร์เซ็นต์	22.50	22.50	22.50	22.50
น้ำหนักแห้งของไม้ยูคาลิปตัส	กิโลกรัม	720.81	714.28	655.92	697
น้ำหนักสดของฟืนหน้าเตา	กิโลกรัม	73	80	75.5	76.16
ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของฟืนหน้าเตา	เปอร์เซ็นต์	22.50	22.50	22.50	22.50
น้ำหนักแห้งของฟืนหน้าเตา	กิโลกรัม	59.59	65.30	61.63	62.17
น้ำหนักถ่านก้อน	กิโลกรัม	225	205.2	236.5	222.23
น้ำหนักส้นถ่าน	กิโลกรัม	2.5	8	-	3.5
อุณหภูมิกึ่งกลางเตาเผาถ่าน	องศาเซลเซียส	400	385	392.5	392.5
ผลผลิตถ่าน	เปอร์เซ็นต์	28.92	26.59	32.95	29.48
เวลาที่ใช้ในการเผา	ชั่วโมง	52	56	48	52

ตารางที่ 2 ผลผลิตถ่านไม้ยูคาลิปตัสอายุ 5 ปี

ค่าที่ใช้คำนวณและผลที่ได้รับ	หน่วย	เตาอิฐก่อ			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
น้ำหนักสดของไม้ยูคาลิปตัส	กิโลกรัม	810	780	796	795.33
ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้ยูคาลิปตัส	เปอร์เซ็นต์	18.45	18.45	18.45	18.45
น้ำหนักแห้งของไม้ยูคาลิปตัส	กิโลกรัม	683.83	658.50	62.01	671.45
น้ำหนักสดของฟืนหน้าเตา	กิโลกรัม	107	104	79	96.66
ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของฟืนหน้าเตา	เปอร์เซ็นต์	18.45	18.45	18.45	18.45
น้ำหนักแห้งของฟืนหน้าเตา	กิโลกรัม	90.33	87.80	66.69	81.60
น้ำหนักถ่านก้อน	กิโลกรัม	173	229.7	243	215.23
น้ำหนักส้นถ่าน	กิโลกรัม	1	14.5	3	6.16
อุณหภูมิกึ่งกลางเตาเผาถ่าน	องศาเซลเซียส	460	442	436	446
ผลผลิตถ่าน	เปอร์เซ็นต์	21.85	30.66	32.75	28.42
เวลาที่ใช้ในการเผา	ชั่วโมง	43	67	49	53

ตารางที่ 3 ผลผลิตถ่านไม้ยูคาลิปตัสอายุ 7 ปี

ค่าที่ใช้คำนวณและผลที่ได้รับ	หน่วย	เตาอิฐก่อ			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
น้ำหนักสดของไม้ยูคาลิปตัส	กิโลกรัม	788	827	748	787.66
ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้ยูคาลิปตัส	เปอร์เซ็นต์	19.72	19.72	19.72	19.72
น้ำหนักแห้งของไม้ยูคาลิปตัส	กิโลกรัม	658.20	690.77	624.79	657.92
น้ำหนักสดของฟืนหน้าเตา	กิโลกรัม	60	51	52	54.33
ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของฟืนหน้าเตา	เปอร์เซ็นต์	19.72	19.72	19.72	19.72
น้ำหนักแห้งของฟืนหน้าเตา	กิโลกรัม	50.11	42.60	43.43	45.38
น้ำหนักถ่านก้อน	กิโลกรัม	221	242.9	209.8	224.56
น้ำหนักส้นถ่าน	กิโลกรัม	3.5	5.2	5	4.5
อุณหภูมิกึ่งกลางเตาเผาถ่าน	องศาเซลเซียส	422	439	495	452
ผลผลิตถ่าน	เปอร์เซ็นต์	31.35	33.35	31.39	32.03
เวลาที่ใช้ในการเผา	ชั่วโมง	58	52	53	54.33

ตารางที่ 4 ผลผลิตถ่านไม้ยูคาลิปตัสอายุ 10 ปี

ค่าที่ใช้คำนวณและผลที่ได้รับ	หน่วย	เตาอิฐก่อ			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
น้ำหนักสดของไม้ยูคาลิปตัส	กิโลกรัม	1,023	994	1,042	1,019.66
ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้ยูคาลิปตัส	เปอร์เซ็นต์	20.45	20.45	20.45	20.45
น้ำหนักแห้งของไม้ยูคาลิปตัส	กิโลกรัม	849.31	825.23	865.08	846.54
น้ำหนักสดของฟืนหน้าเตา	กิโลกรัม	93	101	122	105.33
ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของฟืนหน้าเตา	เปอร์เซ็นต์	20.45	20.45	20.45	20.45
น้ำหนักแห้งของฟืนหน้าเตา	กิโลกรัม	72.21	83.85	101.28	87.44
น้ำหนักถ่านก้อน	กิโลกรัม	263	226	272	253.66
น้ำหนักส้นถ่าน	กิโลกรัม	41	-	14	18.33
อุณหภูมิกึ่งกลางเตาเผาถ่าน	องศาเซลเซียส	485	421	497	467.67
ผลผลิตถ่าน	เปอร์เซ็นต์	29.70	24.86	28.56	27.71
เวลาที่ใช้ในการเผา	ชั่วโมง	64	56	59	59.66

จากตารางที่ 1 - 4 พบว่า เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่ได้จากการเผาถ่านด้วยเตาอิฐก่อขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร เฉลี่ยมีค่าระหว่าง 27.71 - 32.03 เปอร์เซ็นต์ โดยถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 7 ปี มีค่าผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด (32.03%) และถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีสอายุ 10 ปี มีค่าผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด (27.71%) ทั้งนี้เนื่องจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 10 ปีมีขนาดความโตมากกว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5 และ 7 ปี กระบวนการเกิดเป็นถ่านไม้ขนาดใหญ่จะมีความสม่ำเสมอน้อยกว่าไม้ขนาดเล็ก แต่สำหรับไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3 และ 5 ปี แม้ว่าความโตของไม้จะเหมาะสมสำหรับการเผาถ่านแต่ในระหว่างการเผาถ่านนั้นจะมีการสูญเสียโดยกลายเป็นแก๊สและขี้เถ้ามากกว่า ในทำนองเดียวกันไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุมากขึ้นจะมีปริมาณส้นถ่านมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับระยะเวลาในการเผาถ่าน กล่าวคือ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีสอายุน้อยจะใช้ระยะเวลาในการเผาถ่านสั้นกว่าไม้ที่มีอายุมาก ซึ่งสอดคล้องกับปรีชา (2529) และการ

ไหลเวียนของกระแสอากาศร้อนจะมีผลต่อกระบวนการเกิดถ่าน ซึ่งการใช้วัสดุรองพื้นเตาเผาถ่าน เช่น ตะแกรงเหล็ก หรือการนำวัสดุที่มีความโปร่งมาใช้รองพื้นเตาเผาถ่าน จะช่วยลดปริมาณส้นถ่านลงได้ (จิระพงษ์, 2543)

2. ค่าความร้อนของถ่านไม้ยูคาลิปตัส 4 ชั้นอายุ ที่เผาด้วยเตาอิฐก่อ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าความร้อนของไม้และถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุที่เผาด้วยเตาอิฐก่อ

ค่าความร้อน	อายุ (หน่วย:แคลอรีต่อกรัม)			
	3 ปี	5 ปี	7 ปี	10 ปี
ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส	4,110	4,220	4,250	4,480
ถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส	6,815.5	7,108	7,422	7,680

จากตารางที่ 5 พบว่าค่าความร้อนของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี ที่เผาด้วยเตาอิฐก่อ มีค่า 4,110 4,220 4,250 และ 4,480 แคลอรี / กรัม ตามลำดับ และถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่เผาด้วยเตาอิฐก่อมีค่า 6,815.5 7,108 7,422 และ 7,680 แคลอรี / กรัม ตามลำดับ ซึ่งค่าความร้อนของถ่านยูคาลิปตัสจะมีค่าผันแปรโดยตรงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาถ่านและอายุของ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส โดยเมื่ออุณหภูมิสูง และไม้ที่มีอายุมาก ค่าความร้อนของถ่านไม้จะมีแนวโน้มสูงขึ้น ตลอดจนวิธีการที่ใช้ในการเผาถ่าน หากใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้ถ่านไม้มีค่าความร้อนสูงกว่า การผลิตถ่านด้วยอุณหภูมิต่ำ

3. องค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนาแน่นของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซี 4 ชั้นอายุ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนาแน่นของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุที่ได้จากเตาอิฐก่อ

องค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนาแน่นของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ	ถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส			
	อายุ 3 ปี	อายุ 5 ปี	อายุ 7 ปี	อายุ 10 ปี
คาร์บอนเสถียร, %	77.7	78.3	80.35	82.05
ปริมาณสารระเหยได้,%	16.2	14.0	11.15	10.65
เถ้า, %	5.1	5.7	6.0	5.8
ปริมาณความชื้น, %	3.2	2.0	2.5	1.5
ความหนาแน่น, g/cm^3	0.45	0.48	0.48	0.5

จากตารางที่ 6 พบว่า ปริมาณคาร์บอนเสถียรของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี ที่ได้จากการเผาถ่านด้วยเตาอิฐก่อมีค่า 77.7% 78.3% 80.35% และ 82.05% ตามลำดับ ปริมาณสารระเหยและปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส มีอายุมากขึ้น ซึ่งปริมาณความชื้นในถ่านนี้จะมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้ม กล่าวคือ หากมีปริมาณความชื้นในเนื้อถ่านมาก จะทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานและความสามารถในการ จุดติดไฟน้อยลง

4. ประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ

ค่าที่ใช้ในการคำนวณ และผลที่ได้รับ	หน่วย	ถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส			
		อายุ 3 ปี	อายุ 5 ปี	อายุ 7 ปี	อายุ 10 ปี
น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป	กรัม	795	812	885	1005
น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่	กรัม	2,905	2,888	2,815	2,695
น้ำหนักถ่านที่ใช้สุทธิ	กรัม	316	310	298	292
ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด	นาที	24	20	21.5	18
ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด	นาที	53	57	52	44
อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ	°C	30°	30°	30°	30°
ค่าความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิง	แคลอรี/กรัม	4,280	4,280	4,280	4,280
งานที่ทำได้		2.51	2.62	2.97	3.44
อัตราการเผาไหม้	กรัม/นาที	5.96	5.44	5.73	6.63
ค่าประสิทธิภาพการใช้งาน	%	20.03	20.03	20.03	20.03
การแตกปะทุของถ่าน		ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
การติดไฟ		ดี	ดี	ดี	ดี
ควัน / เขม่า		ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

จากตารางที่ 7 พบว่า ถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี ที่ได้จาก เตาอิฐก่อ ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร สามารถทำให้น้ำ 3,700 กรัม เดือดในเวลา 24, 20, 21.5 และ 18 นาที ตามลำดับ ค่างานที่ทำได้ของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี ที่ได้มีค่า 2.51, 2.62, 2.97 และ 3.44 ตามลำดับ โดยมีอัตราการเผาไหม้ 5.96, 5.44, 5.73 และ 6.63 กรัม/นาที ตามลำดับ สำหรับค่าประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มมีค่า 20.03%, 20.30%, 21.45%, และ 23.33% ตามลำดับ

ถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่ได้จากเตาอิฐก่อ ทุกชั้นอายุ พบว่า ไม่มีการแตกปะทุของถ่านมีการติดไฟดี มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับใช้งานหุงต้มในครัวเรือน แต่สำหรับถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่มีอายุ 7 และ 10 ปี จะมีขนาดใหญ่เวลาจะนำไปใช้ต้องนำมาทุบย่อยให้มีขนาดเหมาะสมสำหรับการใช้งาน

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ ทำการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากไม้ยูคาลิปตัส โดยการนำไม้ยูคาลิปตัส ที่ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มาทดลองผลิตเป็นถ่าน ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี ที่ได้จากการเผาด้วยเตาอิฐก่อขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร พบว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่อายุ 7 ปี มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านสูงสุด (32.03%) และไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่อายุ 10 ปี มีเปอร์เซ็นต์ ผลผลิตถ่านต่ำที่สุด (27.71%)

2. ค่าความร้อนของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าระหว่าง 4,110 - 4,480 แคลอรีต่อกรัม เมื่อนำมาเผาเป็นถ่านด้วยเตาอิฐก่อ ความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร ค่าความร้อนของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ มีค่าระหว่าง 6,815.5 - 7,680 แคลอรีต่อกรัม โดยไม้ที่มีอายุมากจะมีแนวโน้มที่จะให้ค่าความร้อนสูงกว่าไม้ที่มีอายุน้อย

3. องค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนาแน่นของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ พบว่า ปริมาณคาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon) จะแปรผันตรงกับอายุของไม้ กล่าวคือ เมื่อไม้มีอายุมากขึ้น และนำมาผลิตเป็นถ่านจะมีปริมาณคาร์บอนเสถียรสูงกว่าไม้ที่มีอายุน้อย สำหรับปริมาณสารระเหยได้และปริมาณความชื้นของถ่านไม้ จะมีค่าสูงเมื่อไม้มีอายุน้อย แต่จะมีค่าลดลงเมื่อไม้มีอายุมากขึ้น

4. ประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ พบว่า สามารถใช้งานหุงต้มในครัวเรือนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากไม่มีการแตกปะทุของถ่าน มีการติดไฟดีและไม่มีเขม่าควันรบกวนในระหว่างการใช้งาน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการผลิตถ่านไม้โดยใช้เตาเผาถ่านขนาดใหญ่ เพื่อศึกษาถึงค่าเปอร์เซ็นต์ ผลผลิตถ่าน ต้นทุนและแรงงาน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการส่งเสริมเกษตรกรและผู้สนใจผลิตถ่านเพื่อการค้า

2. ควรมีการส่งเสริมเกษตรกรและผู้สนใจ เก็บน้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar) ซึ่งเป็นของเหลวที่ได้จากการควบแน่นควันที่ได้จากการเผาถ่าน เพื่อนำมาพัฒนาสำหรับใช้เป็นสารไล่แมลง และใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรต่างๆ

3. ควรมีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้ ในด้านอื่นๆ เช่น การพัฒนานำถ่านไม้มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สำหรับใช้เป็นวัสดุปรับปรุงบำรุงดิน การพัฒนานำถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้มาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารสัตว์ เพื่อแก้ปัญหาสารพิษตกค้างในตัวสัตว์ ตลอดจนนำถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้มาใช้เป็นวัสดุรองพื้นคอกสัตว์ เพื่อดูดซับแก๊สจากมูลสัตว์ เป็นต้น โดยมีเป้าหมายสำคัญ คือ ลดการนำเข้าปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศและพัฒนาการทำปศุสัตว์แบบปลอดสารพิษเพื่อสุขภาพอนามัยของประชาชนโดยรวม

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณวิชัย แหลมวิไล อธิบดีกรมป่าไม้ คุณวิสูตร สมนึก ผู้อำนวยการสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ คุณสุชาติ ไทยเพ็ชร์ ผู้อำนวยการกลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ ดร.นฤมล ภานุนำภา หัวหน้างานพัฒนาพลังงานจากไม้ ที่กรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำถึงแนวทางการศึกษาศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 4 ชั้นอายุ

ขอขอบคุณ คณะเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้ ต.พุแค อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี ที่ช่วยเหลือในการเผาถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส คณะเจ้าหน้าที่ประจำงานพัฒนาพลังงานจากไม้ทุกท่าน ที่ให้การช่วยเหลือในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและการพิมพ์งาน และที่สำคัญ ผู้วิจัยต้องกราบขอบพระคุณพ่อ แม่ ครู อาจารย์ ที่ให้การอบรมสั่งสอน คุณสุวนิช คูหากาญจน์ และคุณศิรพงศ์ คูหากาญจน์ ที่เป็นกำลังใจให้เสมอมา

เอกสารอ้างอิง

จิระพงษ์ คูหากาญจน์. 2543. ศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านกะลามะพร้าว. กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพ ฯ. 19 น.

นิยม จันทร์เทพาและคณะ. 2527. คู่มือการผลิตและใช้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง. สำนักงานพลังงานแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟันนี่พับลิชชิ่ง 549/1 ซอยเสนานิคม 1 ถนนพหลโยธิน กรุงเทพฯ 10900. 72 น.

ปรีชา เกียรติกระจาย. 2529. เทคโนโลยีการแปรรูปพลังงานจากไม้. โครงการเผยแพร่ความรู้ทางวนผลิตภัณฑ์ ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 260 น.

มาลี ภานุนำภา. 2532. การทดสอบคุณภาพและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านไม้ 11 ชนิด, น. 243 - 250. ในการประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2532 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ

วินัย ปัญญาธัญญะ. 2541. เทคโนโลยีการผลิตถ่านสำหรับชนบท. เอกสารทางวิชาการ เลขที่ ร 523 กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 70 น.

สุรินทร์ นิยมางกูร. 2541. เทคนิคการสุ่มตัวอย่าง. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 84 น.

ความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส

Feasibility Study on Production of Activated Carbon from *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

สิริลักษณ์ ตาตะยานนท์ *
Siriluk tatayanon
ทินกร พิริยโยธา **
Tinnakorn piriyayotha

* นักวิชาการป่าไม้ 8ว งานพัฒนาพลังงานจากไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
** นักวิชาการป่าไม้ 7ว งานพัฒนาพลังงานจากไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

บทคัดย่อ

ความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ได้ดำเนินงานในปีงบประมาณ 2546 - 2548 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไม้และเศษไม้จากสวนป่า ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่อายุ และขนาดแตกต่างกันมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์อย่างง่าย โดยนำไม้และเศษไม้มาเผาเป็นถ่านในเตาถังน้ำมัน แล้วนำถ่าน มาเผาในเตาเผาถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำถ่านกัมมันต์มาวิเคราะห์หาค่าไอโอดีน หรือความสามารถในการดูดซับสารไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากไม้และเศษไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส พบว่าไม้และเศษไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส สามารถนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์อย่างง่ายได้ โดยถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 7 ปี จากจังหวัดขอนแก่น เมื่อนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์จะให้ค่าไอโอดีนสูงสุดเท่ากับ 436.3 มิลลิกรัม/กรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าไอโอดีนของถ่านยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ประมาณ 2 - 3 เท่า ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3 ปี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 - 1.9 เซนติเมตร ยาว 1 นิ้ว จากจังหวัดราชบุรี มีค่าไอโอดีน สูงสุดเท่ากับ 349 มิลลิกรัม/กรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าไอโอดีนของถ่านยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส จากจังหวัดราชบุรี ประมาณ 2 เท่า ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3 ปี จากจังหวัดขอนแก่น จะให้ค่าไอโอดีนสูงกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส จากจังหวัดราชบุรี ปัจจัยที่มีผลต่อโครงสร้างข องถ่านกัมมันต์ คือ อายุของไม้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความยาวของไม้ เมื่อพิจารณาจากค่าไอโอดีนเป็นเกณฑ์

คำหลัก : ถ่านกัมมันต์, ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส

ABSTRACT

Feasibility study on production of activated carbon from *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. was launched during 2003 to 2005. The aim of this study was to gain the probability of producing activated carbon from different ages and sizes of wood and chips from Eucalyptus plantation. The process started with making charcoal with single drum and then taking the charcoal to burn again in activated kiln at temperature of 400 degree Celsius for one hour. The activated charcoal was later brought to the process of analysis to find out the amount and the capability of iodine absorption. The results were showed that the activated carbon from *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from Khon Kaen province with 7 years age had iodine value of 436.3 mg/gm which was 2 - 3 times higher than the charcoal from Eucalyptus wood. The same results also demonstrated that in Ratchaburi province, activated carbon from Eucalyptus aged 3 years with the chip's diameter of 1.0 - 1.9 cm and its length of 1 inch, had iodine value of 349 mg/gm which was 2 times higher than normal Eucalyptus charcoal. Moreover, activated carbon which was produced from *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. aged 3 years from Khon Kaen province gave iodine value more than that from Ratchaburi province. To sum up, the factors that affect the structure of activated carbon are the age of wood, the size and the length of the chip, based on the amount of iodine value.

Keywords : activated carbon, *Eucalyptus camaldulensis*

คำนำ

ปัจจุบันมีการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสเป็นจำนวนมาก ซึ่งต้องมีการตัดสางขยายระยะไม้ยูคาลิปตัสที่มีขนาดเล็กออก และไม้ยูคาลิปตัสที่มีขนาดใหญ่ก็นำไปแปรรูป ทำให้มีเศษไม้หรือไม้ขนาดเล็กที่ได้จากการตัดสางขยายระยะ รวมถึงเศษไม้ขนาดใหญ่ที่เหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และอุตสาหกรรมอบไม้ เช่น ปีกไม้ ปลายไม้ เศษไม้บาง ขี้กบ ขี้เลื่อย เศษชิ้นไม้สับ ไม้ตำหนิ ขอบไม้ และเศษไม้ระแนงจำนวนมาก ซึ่งเศษไม้ที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ดังกล่าวนี้ส่วนใหญ่จะทิ้ง ไม่นำมาใช้ประโยชน์ แต่เราสามารถนำเศษเหลือดังกล่าวนี้มาเพิ่มมูลค่าโดยการนำมาทำเป็นถ่านกัมมันต์อย่างง่ายได้

คณิตาและคณะ (2540) กล่าวว่า ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) เป็นถ่านที่ผ่านกระบวนการทางเคมีหรือกายภาพเพื่อทำให้เกิดรูพรุนในโครงสร้าง วัตถุดิบที่ใช้เป็นอินทรียวัตถุซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม เช่น ไม้ ขี้เลื่อย ถ่านหิน กะลามะพร้าว กระดูก ชานอ้อย กากเมล็ดกาแฟ ถ่านกัมมันต์ต่างจากถ่านชนิดอื่นๆ เนื่องจากมีความพรุนมากกว่าทำให้ถ่านมีพื้นที่ผิวภายในเพิ่มขึ้น สามารถดูดซับกลิ่นและสีได้มากกว่าถ่านธรรมดา จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น ฟอกสี ดูดกลิ่น แต่งรสของสารละลาย ทำก๊าซให้บริสุทธิ์และใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ คือ อุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ อุตสาหกรรมเคมีและยา เป็นต้น

วิชัยและคณะ (2534) ได้ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์ โดยใช้ไม้ไผ่และซังข้าวโพดเป็นวัตถุดิบ พบว่า

1. ไม้ไผ่ : เวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้นคือ 50 นาที ค่า yield สูงสุด ประมาณ 24% yield

2. ซังข้าวโพด : เวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือ 70 นาที ค่า yield สูงสุดประมาณ 13% yield ค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุดที่ได้ คือ 736.98 เผาเป็นเวลา 70 นาที

อภิสิทธิ์ และคณะ (2533) ได้ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์โดยใช้กะลามะพร้าวและขี้เลื่อยเป็นวัตถุดิบ พบว่า

1. กะลามะพร้าว : เวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือ 1 ชั่วโมง ค่า yield สูงสุดประมาณ 30% yield ค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุดที่ได้ คือ 525.33 เผาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2. ขี้เลื่อย : เวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือ 1 ชั่วโมง ค่า yield สูงสุดประมาณ 10% yield

3. ถ่านกะลามะพร้าว : เวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือ 45 นาที

จากผลงานทั้งสองพบว่า เวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้นวัตถุดิบทั้งหมดใกล้เคียงกัน แต่ร้อยละผลผลิตที่ได้ของกะลามะพร้าว (30%) และไม้ไผ่ (24%) มีค่าสูงกว่าร้อยละผลผลิตที่ได้จากขี้เลื่อย (10%) และซังข้าวโพด (13%) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไม้ไผ่และกะลามะพร้าวมีลักษณะแข็ง เนื้อแน่น ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศน้อยกว่าขี้เลื่อยและซังข้าวโพด เมื่อกระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์จึงมีร้อยละผลผลิตสูงกว่า

วิวัฒน์(2538) ได้ศึกษาการทำถ่านกัมมันต์จากต้นธูปฤาษี โดยใช้วิธีกระตุ้นด้วยซิงคลอไรด์ พบว่า สภาวะที่ดีที่สุดในการทำถ่านกัมมันต์ คือ เผาต้นธูปฤาษีด้วยอุณหภูมิ 275 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วกระตุ้นด้วยสารซิงค์คลอไรด์โดยใช้อัตราส่วนซิงคลอไรด์ต่อผลึกถ่าน 2 : 1 เผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ถ่านกัมมันต์ที่ได้จะมีเลขไอโอดีนอยู่ในช่วง 1,570 - 1,600 และสามารถดูดซับก๊าซคลอรีนได้ 410 มิลลิกรัมต่อถ่านกัมมันต์ 10 กรัม ถึงแม้ว่าถ่านกัมมันต์จากต้นธูปฤาษีที่ถูกกระตุ้นด้วยซิงคลอไรด์จะมีเลขไอโอดีน, ค่าการดูดซับก๊าซคลอรีนและอายุการใช้งานมากกว่าถ่านกัมมันต์ที่มีตามท้องตลาด แต่พบว่าขณะที่ทำการทดลองจะมีปัญหาเกี่ยวกับภาชนะที่เหมาะสมที่บรรจุถ่านและสารเคมีขณะทำการหุงต้ม รวมทั้งการล้างสารเคมีที่ปนมากับถ่านกัมมันต์หลังจากผ่านขบวนการกระตุ้นด้วยสารเคมีแล้ว จึงควรมีการพัฒนาเทคนิคและขบวนการผลิตต่างๆ ให้ดีขึ้น

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไม้และเศษไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากการตัดสางขยายระยะหรือเศษไม้ที่เหลือทิ้งจากการแปรรูปในอุตสาหกรรมต่างๆ มาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์อย่างง่ายเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับไม้และเศษไม้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

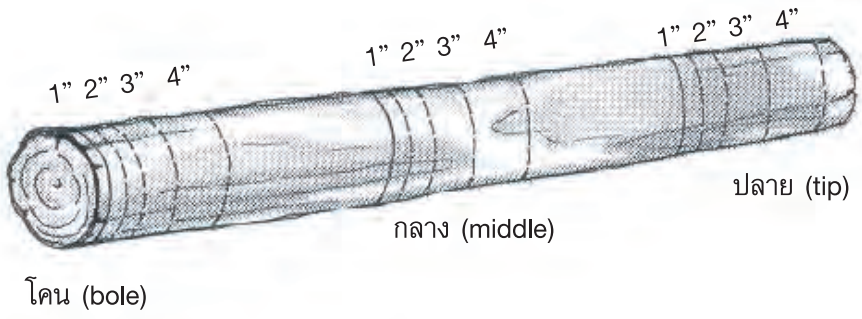
1. เตาเผาถ่านกัมมันต์ที่มีเครื่องฉีดละอองน้ำรวมอยู่ด้วย
2. เตาถังน้ำมัน
3. น้ำมันดีเซล
4. ตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3 , 5 , 7 และ 10 ปี จากจังหวัดขอนแก่น
5. ตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3 ปี จากจังหวัดราชบุรี
6. นาฬิกาจับเวลา
7. ตะแกรงเหล็ก
8. ผ้าพลาสติก
9. เลื่อย

วิธีการ

ก. ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่อายุต่างกัน มีวิธีการศึกษาดังนี้

1. เก็บตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3 , 5 , 7 และ 10 ปี จากจังหวัดขอนแก่น ชั้นอายุละ 3 ต้น รวม 12 ต้น

2. เตรียมตัวอย่างไม้ทดลองโดย นำไม้ยูคาลิปตัสแต่ละต้น มาเลื่อยออกเป็นขนาดยาว1, 2 , 3 และ 4 นิ้ว ในบริเวณส่วนโคน , กลาง และปลายของลำต้น จะได้จำนวน 12 ตัวอย่างต่อ 1 ต้น



(Figure 1) The wood sample preparation for study

จะได้ตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัส	อายุ	3	ปี	จำนวน 3	ต้น	รวม	36	ชิ้นตัวอย่าง
	อายุ	5	ปี	จำนวน 3	ต้น	รวม	36	ชิ้นตัวอย่าง
	อายุ	7	ปี	จำนวน 3	ต้น	รวม	36	ชิ้นตัวอย่าง
	อายุ	10	ปี	จำนวน 3	ต้น	รวม	36	ชิ้นตัวอย่าง
	รวมตัวอย่างที่ใช้ศึกษาทั้งหมด						144	ชิ้นตัวอย่าง

3. นำตัวอย่างทั้งหมดในข้อ 2 มาเผาเป็นถ่านในเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร

4. เลือกตัวอย่างถ่านจากข้อ 3 ในทุกชั้นอายุ และทุกขนาด มาวางเรียงบนตะแกรงเหล็กที่อยู่ในเตาเผาถ่านกัมมันต์ แล้วทำการเผาตัวอย่างถ่านที่อุณหภูมิประมาณ 400°C และทำการฉีดละอองน้ำให้ตัวอย่างถ่านภายในเตาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

5. บันทึกข้อมูลลงในตารางบันทึกข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิหัวเผา อุณหภูมิปล่องควัน อุณหภูมิเริ่มต้น ระยะเวลาที่เริ่มเผาจนภายในเตามีอุณหภูมิถึง 400°C อุณหภูมิขณะฉีดละอองน้ำภายในเตา ทุก 5 นาที จนครบ 1 ชั่วโมง

6. หยุดกระบวนการเผาถ่านกัมมันต์โดยปิดสวิทช์หัวเผา แล้วทำการฉีดละอองน้ำไปเรื่อยๆ จนอุณหภูมิภายในเตาลดลงจนเหลือน้อยกว่า 100°C จึงทำการเปิดฝาเตาได้

7. นำตัวอย่างถ่านกัมมันต์ที่ได้ออกมาวางบนแผ่นพลาสติก แล้วนำไปผึ่งแดดให้แห้ง

8. นำตัวอย่างถ่านกัมมันต์ส่งวิเคราะห์ค่าไอโอดีน (iodine value) ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการโดยวิเคราะห์ตาม AWWA Standard for granular activated carbon (B604 - 96)

9. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบข้อมูลโดยใช้กราฟ

ข. ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่ขนาดต่างกันมีวิธีการศึกษา ดังนี้

1. เก็บตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่เกิดจากการตัดแตกหน่อครั้งที่ 1 อายุประมาณ 3 - 4 ปี ที่จังหวัดราชบุรี (ไม้สำหรับทำฟืนตะเกียบ)

2. เตรียมตัวอย่างไม้ทดลอง ขนาดยาว 1 และ 2 นิ้ว และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 - 1.9, 2.0 - 2.9 และ 3.0 - 3.9 เซนติเมตร

3. นำตัวอย่างไม้ในข้อ 2 มาเผาเป็นถ่านในเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร

4. เลือกตัวอย่างถ่านจากข้อ 3 ในทุกขนาด มาวางเรียงบนตะแกรงเหล็กที่อยู่ในเตาเผาถ่านกัมมันต์ แล้วทำการเผาตัวอย่างถ่านที่อุณหภูมิประมาณ 400°C และทำการฉีดละอองน้ำให้ตัวอย่างถ่านภายในเตาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

5. บันทึกข้อมูลลงในตารางบันทึกข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิหัวเผา อุณหภูมิปล่องควัน อุณหภูมิเริ่มต้น ระยะเวลาที่เริ่มเผาจนภายในเตามีอุณหภูมิถึง 400°C อุณหภูมิขณะฉีดละอองน้ำภายในเตา ทุก 5 นาที จนครบ 1 ชั่วโมง

6. หยุดกระบวนการเผาถ่านกัมมันต์โดยปิดสวิทช์หัวเผา แล้วทำการฉีดละอองน้ำไปเรื่อยๆ จนอุณหภูมิภายในเตาลดลงจนเหลือน้อยกว่า 100°C จึงทำการเปิดฝาเตาได้

7. นำตัวอย่างถ่านกัมมันต์ที่ได้ออกมาวางบนแผ่นพลาสติก แล้วนำไปผึ่งแดดให้แห้ง

8. นำตัวอย่างถ่านกัมมันต์ส่งวิเคราะห์ค่าไอโอดีน (iodine value) ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยวิเคราะห์ตาม AWWA Standard for granular activated carbon (B604 - 96)

9. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และรวบรวมลงในตาราง และเปรียบเทียบข้อมูลโดยใช้กราฟ

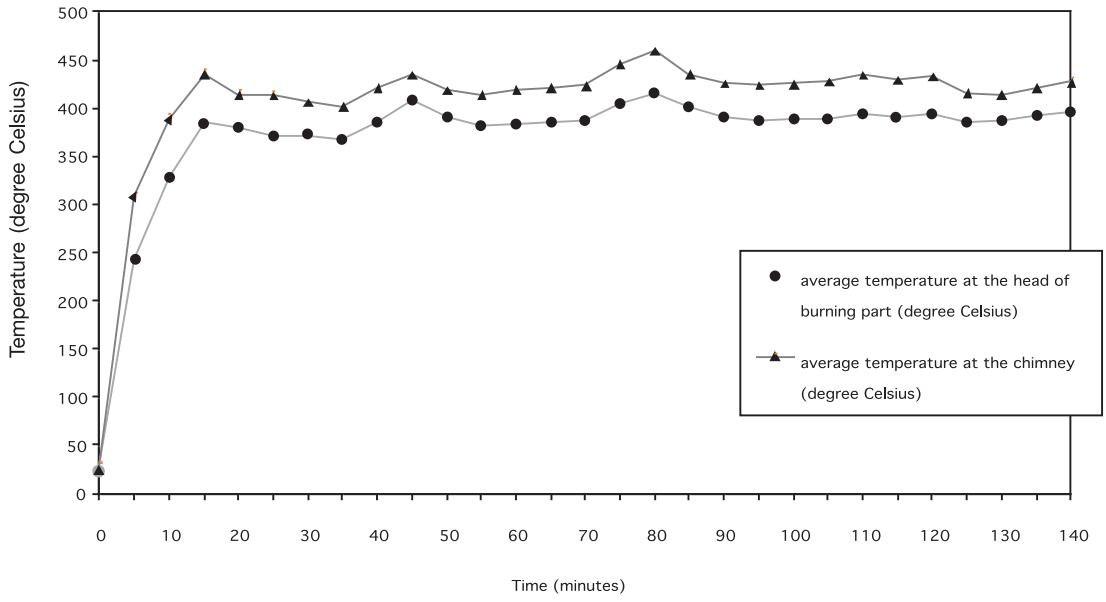
ผลและวิจารณ์ผล

ก. ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่อายุต่างกัน

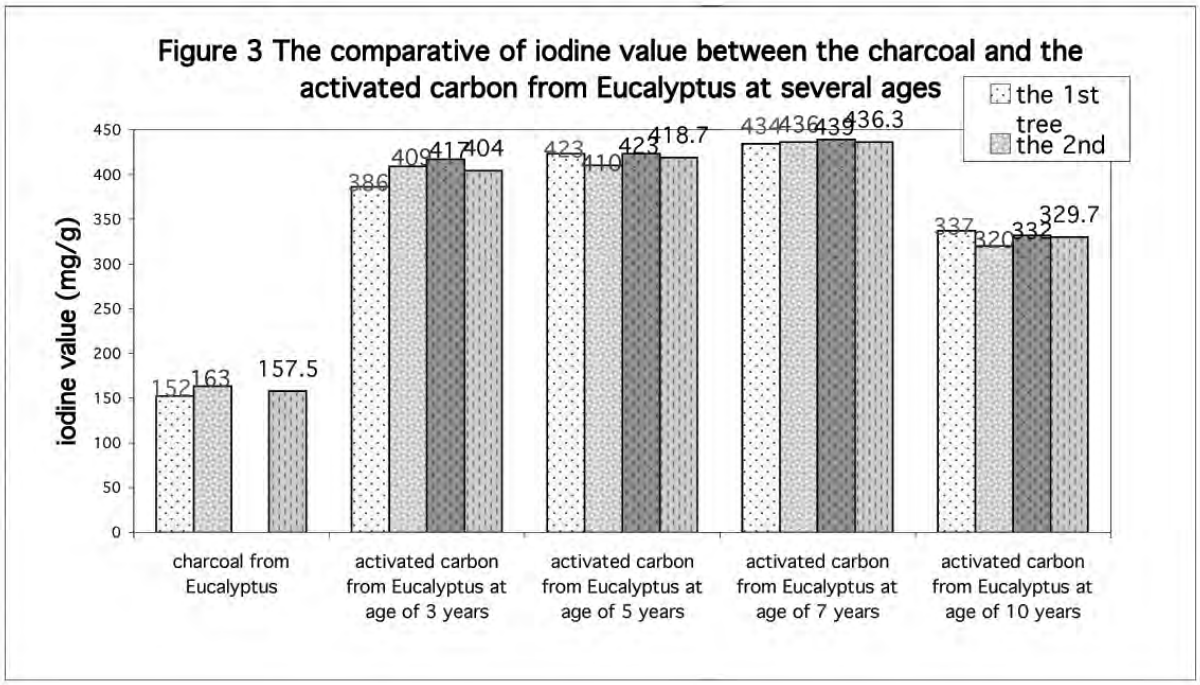
จากการศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส จากจังหวัดขอนแก่น ที่อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี โดยการนำถ่านไม้ยูคาลิปตัสมาเผาในเตาเผาถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิประมาณ 400°C แล้วฉีดละอองน้ำประมาณ 1 ชั่วโมง พบว่า

1) ระยะเวลาที่ทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านกัมมันต์เพิ่มขึ้นจนถึง 400°C ใช้เวลาประมาณ 11 นาที (Figure 2) จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงการเริ่มกระบวนการเผา และมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 400°C เมื่อมีการฉีดละอองน้ำประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อกระตุ้นทางฟิสิกส์ให้โครงสร้างของถ่านมีรูพรุนมากขึ้น อุณหภูมิปล่องควันจะใกล้เคียงกับ 400°C

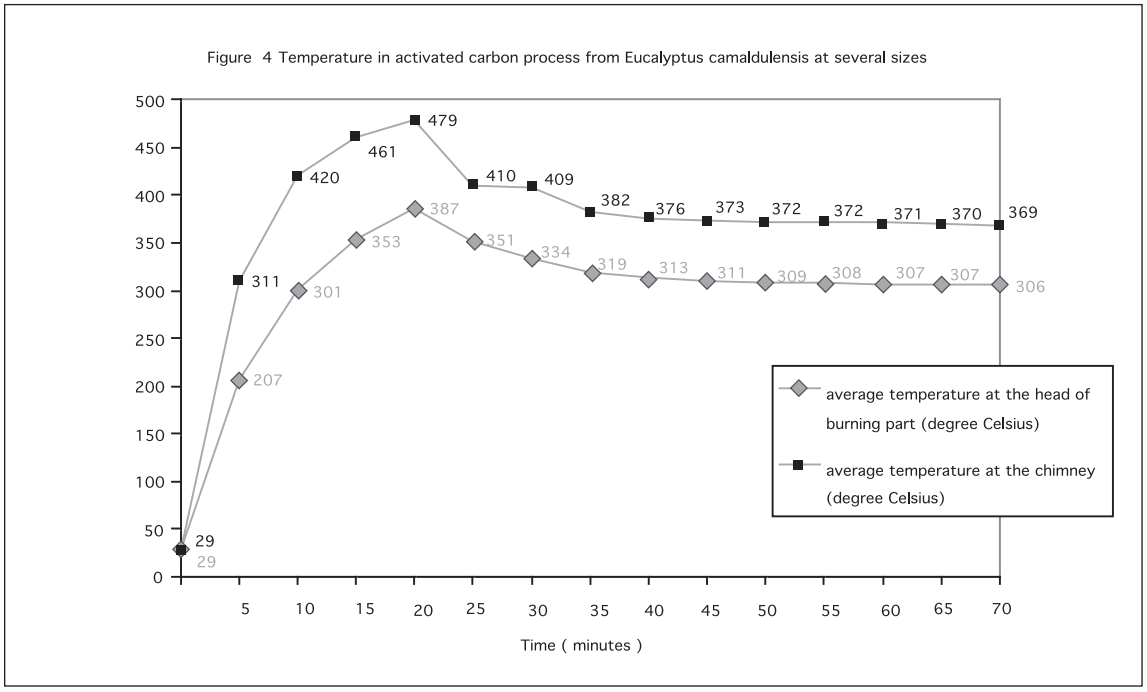
Figure 2 Temperature exchange in activated carbon process of Eucalyptus camaldulensis



2) ค่าไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่วิเคราะห์จากกรมวิทยาศาสตร์บริการ พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านไม้ยูคาลิปตัส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีค่าไอโอดีน เท่ากับ 404.0, 418.7, 436.3, 329.7 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ เมื่อนำค่าไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่อายุต่างกันมาเปรียบเทียบกัน(Figure 3) พบว่า ถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้ยูคาลิปตัส อายุ 7 ปี จะมีค่าไอโอดีนสูงสุด และเมื่อนำมาเทียบกับค่าไอโอดีนของถ่านยูคาลิปตัส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 157.5 มิลลิกรัม/กรัม จะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านไม้ยูคาลิปตัสที่ผลิตได้มีค่าไอโอดีนสูงกว่าค่าไอโอดีนของถ่านยูคาลิปตัสที่ยังมิได้กระตุ้นจากการฉีดละอองน้ำ ประมาณ 2 - 3 เท่า ซึ่งถ่านที่มีค่าไอโอดีนสูงจะมีความพรุนมากทำให้สามารถดูดซับสารต่างๆ ได้ดีกว่าถ่านปกติ



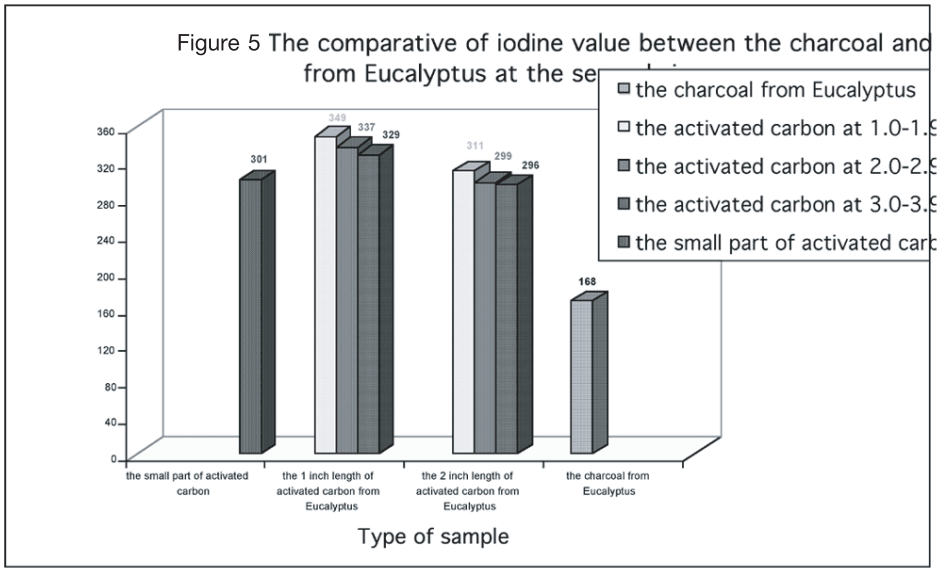
ข. ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่ขนาดต่างกัน



จากการศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส จากจังหวัดราชบุรี ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 1.0 - 3.9 เซนติเมตร และมีความยาวตั้งแต่ 1 - 2 นิ้ว มาเผาในเตาเผาถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิประมาณ 400°C แล้วฉีดละอองน้ำประมาณ 1 ชั่วโมง พบว่า

1) ระยะเวลาที่ทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านกัมมันต์เพิ่มขึ้นจนถึง 400°C ใช้เวลาประมาณ 8 นาที (Figure 4) จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มกระบวนการเผาและมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 400°C แต่ระยะเวลาที่ใช้จะน้อยกว่าการผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้ยูคาลิปตัสจากจังหวัดขอนแก่น ในข้อ ก. เนื่องจากไม้ยูคาลิปตัสจากจังหวัดราชบุรีเป็นไม้ฟืนตะเกียบ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าไม้ยูคาลิปตัส จากจังหวัดขอนแก่นเป็นอย่างมาก

2) ค่าไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่วิเคราะห์จากกรมวิทยาศาสตร์บริการ พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 1.0 - 1.9, 2.0 - 2.9, และ 3.0 - 3.9 เซนติเมตร มีขนาดความยาวเท่ากับ 1 นิ้ว มีค่าไอโอดีน เท่ากับ 349, 337 และ 329 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 - 1.9, 2.0 - 2.9 และ 3.0 - 3.9 เซนติเมตร มีขนาดความยาวเท่ากับ 2 นิ้ว มีค่าไอโอดีนเท่ากับ 311, 299 และ 296 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 - 1.9 เซนติเมตร และมีความยาว 1 นิ้ว จะมีค่าไอโอดีนสูงที่สุด เท่ากับ 349 มิลลิกรัม/กรัม เมื่อนำค่าไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่ได้มาเทียบกับค่าไอโอดีนของถ่านยูคาลิปตัส พบว่าค่าไอโอดีนของถ่านกัมมันต์มีค่าสูงกว่าค่าไอโอดีนของถ่านยูคาลิปตัสที่ยังมิได้กระตุ้นจากการฉีดละอองน้ำ ประมาณ 2 เท่า แสดงว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวมีผลต่อคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ และถ่านกัมมันต์ที่มีขนาดเล็กจะมีค่าไอโอดีนสูงกว่าถ่านกัมมันต์ที่มีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากถ่านกัมมันต์ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวมาก ทำให้ถูกกระตุ้นจากละอองน้ำมากกว่า จึงก่อให้เกิดรูพรุนจำนวนมาก ทำให้มีค่าไอโอดีนสูงกว่าถ่านกัมมันต์ที่มีขนาดใหญ่ (Figure 5)



จากการศึกษาในข้อ ก. และ ข. ดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า อายุของไม้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความยาวของไม้ มีผลต่อโครงสร้างทางฟิสิกส์ของถ่านกัมมันต์ เมื่อทำการผลิตถ่านกัมมันต์ในเตาเผาถ่านกัมมันต์ที่มีเครื่องฉีดละอองน้ำอยู่ภายใน ที่อุณหภูมิประมาณ 400°C โดยพิจารณาจากค่าไอโอดีนเป็นเกณฑ์ และเมื่อนำถ่านกัมมันต์ที่ได้จากถ่านยูคาลิปตัส อายุ 3 ปี จากจังหวัดขอนแก่น และถ่านกัมมันต์ ที่ได้จากถ่านยูคาลิปตัส อายุ 3 ปี จากจังหวัดราชบุรี มาเปรียบเทียบค่าไอโอดีนกัน พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากถ่านยูคาลิปตัสจากจังหวัดขอนแก่น จะมีค่าไอโอดีนสูงกว่าถ่านยูคาลิปตัส จากจังหวัดราชบุรี ซึ่งชี้ให้เห็นว่า แหล่งที่มาของไม้มีผลต่อคุณสมบัติของไม้ ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1) ไม้และเศษไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส สามารถนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ โดยไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 7 ปี จากจังหวัดขอนแก่น สามารถผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ที่ให้ค่าไอโอดีนสูงสุดเท่ากับ 436.3 มิลลิกรัม/กรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าถ่านยูคาลิปตัส ประมาณ 2 - 3 เท่า

2) ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3 ปี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 - 1.9 เซนติเมตร ยาว 1 นิ้ว จากจังหวัดราชบุรี สามารถนำมาผลิตถ่านกัมมันต์ที่ให้ค่าไอโอดีนสูงสุดเท่ากับ 349 มิลลิกรัม/กรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าถ่านยูคาลิปตัส ประมาณ 2 เท่า

3) ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3 ปี จากจังหวัดขอนแก่น สามารถนำมาผลิตถ่านกัมมันต์ที่ให้ค่าไอโอดีนสูงกว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3 ปี จากจังหวัดราชบุรี

4) อายุของไม้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความยาวของไม้ มีผลต่อโครงสร้างของถ่านกัมมันต์เมื่อพิจารณาจากค่าไอโอดีนเป็นเกณฑ์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการปรับปรุงกระบวนการผลิต และเทคนิคการผลิตเพื่อให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าไอโอดีนสูงตามมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งต้องมีค่าไอโอดีนอย่างน้อย 600 มิลลิกรัม/กรัม

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการนำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านใดจึงจะมีความเหมาะสมและให้ประสิทธิภาพสูงสุด

คำขอบคุณ

การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุน และความช่วยเหลือจาก ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า จ.ขอนแก่น และศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้ จ.สระบุรี ในการหาวัตถุดิบไม้ เตรียมตัวอย่างไม้ทดลอง เอื้อเฟื้อสถานที่ ที่ทำการศึกษาวิจัย และพนักงานในการอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน รวมถึงพนักงานสังกัดงานพัฒนาพลังงานจากไม้ทุกท่านที่ช่วยในการทดลองวิจัย โดยเฉพาะ คุณมนัสสุดา นันทสิริพร ผู้ช่วยนักวิจัย ที่ช่วยในการทดลองวิจัย รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล ทำกราฟ และจัดพิมพ์รายงานให้สวยงาม ซึ่งข้าพเจ้าได้รับความช่วยเหลือจากทุกๆ ท่านดังกล่าวข้างต้นเป็นอย่างดี จึงขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

คณิตา วัฒนะกิจ , ฉัตรชัย คงเดชอุดมกุล และ ฎาญิน มงคลขจรศิลป์. 2540. การดูดซับโลหะหนักโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกากเมล็ดกาแฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 62 น.

วิชัย ธรรมสาธิต และ เกษม ฉัตรมณีฤกษ์. 2534. การผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยเหลือโซเดียมคลอไรด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

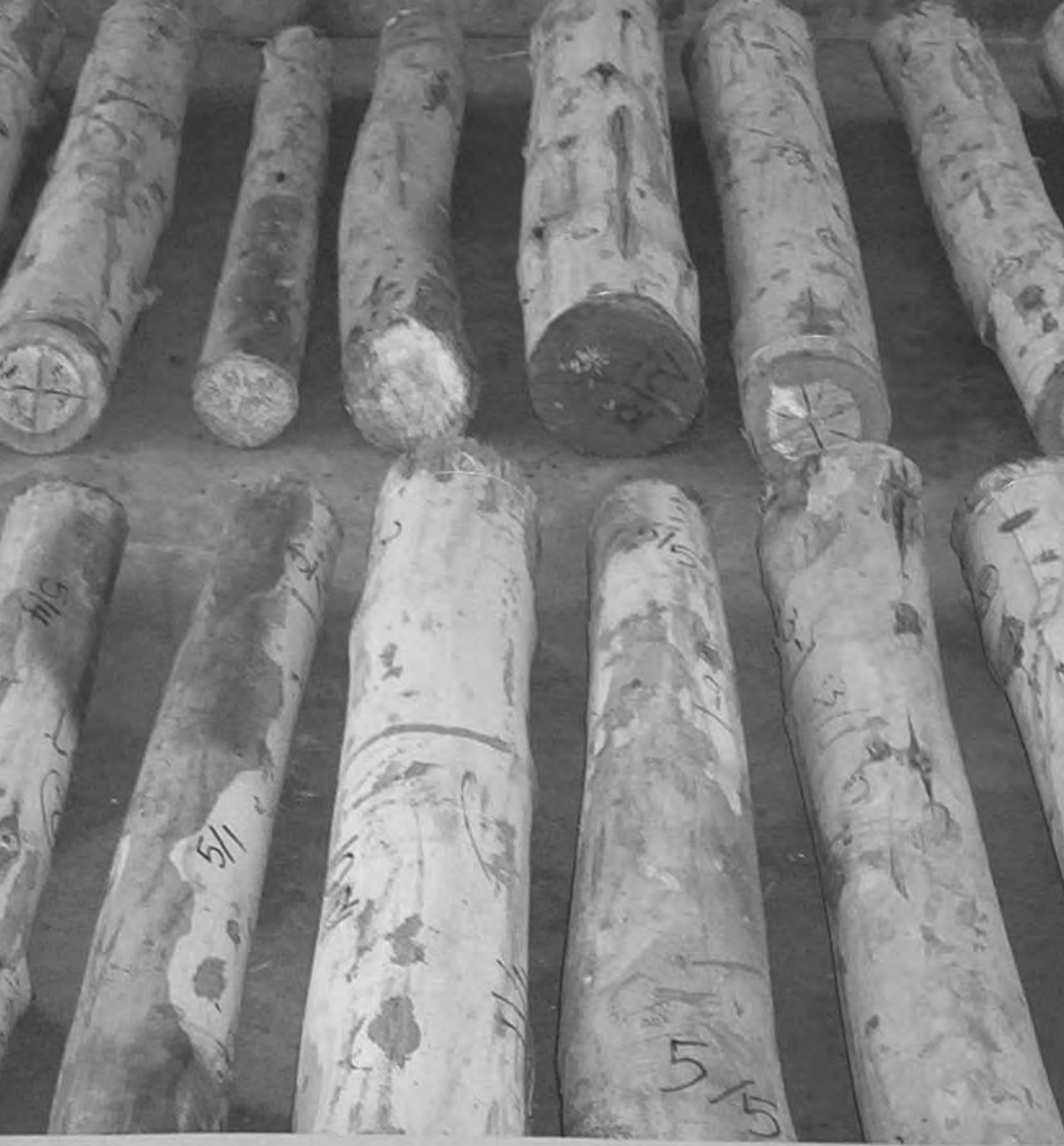
วิวัฒน์ ผกานนทวิวัฒน์ และ ปัญญา จันทรขจรรัตน์. 2538. การทำถ่านกัมมันต์จากต้นฐูปฤาษี. สถาบันพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 52 น.

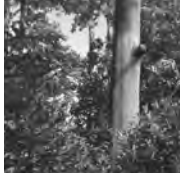
อภิสิทธิ์ เจริญกูล และ นิพนธ์ พงษ์คำ. 2533. การผลิตถ่านกัมมันต์โดยสารกระตุ้นด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

Plan III

แผนงานวิจัยย่อย 3

การวิจัยและพัฒนาเพื่อยืดอายุการใช้งาน ไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส

- การศึกษาความทนทานของไม้ *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. ต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรูทำลายไม้
- ผลกระทบของการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาและการใช้สารป้องกันและรักษาเนื้อไม้ต่อคุณภาพเชิงกลของไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส
- ความทนทานของไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส อาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน
- การอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิส

โครงการไม้ยูคาลิปตัส ทดสอบแมลงทำลายไม้



โครงการการศึกษาความทนทานของไม้ *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. ต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรูทำลายไม้

Durability of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. to the attack of wood boring insects.

ไพวรรณ เล็กอุทัย [1]
ขวัญชัย เจริญกรุง [2]
กฤษณา ชายกวด [3]
Paiwan Lekuthai [1]
Khwanchai Charoenkrung [2]
Krisana Chaikuad [3]

1. นักวิทยาศาสตร์ 8ว
2. นักวิทยาศาสตร์ 8ว. : Email khwanchai @ forest.go.th
3. นักวิทยาศาสตร์ 6ว. : Email kchaikuad @ yahoo.com
สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

บทคัดย่อ

การศึกษาความทนทานตามธรรมชาติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีสแปรรูปอายุ 7, 10, 12 และ 15 ปี กับปลวกใต้ดินในสภาพธรรมชาติ ทั้งสัมผัสดิน ไม่สัมผัสดินและฝังในรังปลวกชนิด *Globitermes sulphureus* เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าไม้ยูคาลิปตัสทุกชั้นอายุไม่มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินและมีระดับความเสียหายปานกลางจนถึงเสียหายใช้ไม่ได้ แต่การทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยการจุ่มในน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ Bifenthrin 0.05%, Copper napthenate 2%, Boracere 1 : น้ำ 3 ส่วน และน้ำส้มควันไม้ 100% จากไม้เบญจพรรณเป็นเวลา 1 นาที ทดสอบในสภาพสัมผัสดินและไม่สัมผัสดินเป็นเวลา 6 เดือน ไม้ทดสอบทุกชั้นอายุมีความทนทานเพิ่มขึ้น สารเคมีป้องกันรักษาเนื้อไม้ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือ Bifenthrin 0.05% ส่วนน้ำส้มควันไม้ 100% จากไม้เบญจพรรณ ไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาเนื้อไม้

การทดสอบกับมอดทำลายไม้พบว่า ไม้ที่มีอายุมากกว่ามีความทนทานต่อมอดทำลายไม้มากกว่าไม้ที่มีอายุน้อย ส่วนการใช้สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันรักษาเนื้อไม้พบว่า สารเคมีทุกชนิด Alpha-cypermethrin 0.2%, Bifenthrin 0.3%, Bifenthrin 0.1% และ Fipronil 0.2% จากการทดสอบเป็นเวลา 1 ปี สามารถป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูทำลายไม้ได้ดี

ABSTRACT

Study on the durability of *Eucalyptus camaldulensis* woods, 7, 10, 12 and 15 years old in natural condition, contact with ground, not contact with ground and put in *Globitermes sulphureus*'s colony. The result after 6 months indicated that every age of *E. camaldulensis* woods was not tolerant to the attack of subterranean termites. But study in laboratory test by dipping for 1 minute in wood preservatives : Bifenthrin 0.05%, Copper napthenate 2%, Boracere 1 : water 3 and wood vinegar 100% of several wood species for 6 months, contact with ground and not contact with ground revealed that the preservatives could increased the natural durability of the eucalyptus woods except wood vinegar. Bifenthrin 0.05% is the most effective to subterranean termite attack.

Research on wood boring insect,powder-post beetles showed that the woods of older age could be tolerant than the younger. For wood protection by chemical control, the damage by wood boring insect for one year research revealed that every solution of Alpha-cypermethrin 0.2%, Bifenthrin 0.3%, Bifenthrin 0.5% and Fipronil 0.1% was extremely effective against wood boring insect.

คำหลัก : natural durability, subterranean termite, wood preservative, powder-post beetle

คำนำ

ไม้จากสวนป่าต่างๆนับวันมีบทบาทและมีความสำคัญเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ใช้ทดแทนไม้จากป่าธรรมชาติ ใช้เป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรมไม้ยูคาลิปตัสเป็นไม้เศรษฐกิจโตเร็วชนิดหนึ่งที่ให้ผลตอบแทนเร็ว ให้ปริมาณเนื้อไม้สูงในระยะเวลาอันสั้นจึงมีเกษตรกรปลูกกันมากและนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก ใช้ในการก่อสร้างทั่วไป เช่น เป็นโครงสร้างบ้าน เสาเข็ม ใช้ต่อเรือ ไม้หมอนรถไฟ เนื้อไม้มีความแข็งแรงทนทานปานกลาง ใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรม เช่น เยื่อกระดาษ ทำไม้บาง ไม้อัด ไม้ประกอบ เฟอร์นิเจอร์ ส่วนการใช้ประโยชน์ด้านพลังงานเชื้อเพลิง ไม้ฟืนที่แห้งดีแล้วใช้เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณค่าสูง ให้พลังงานความร้อนปริมาณ 4,800 แคลอรี่ต่อกรัม และถ่านให้พลังงานความร้อนประมาณ 7,600 แคลอรี่ต่อกรัม นอกจากการใช้ประโยชน์เนื้อไม้แล้ว ใบยังนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหยและใช้ในการย้อมสีฝ้ายและไหม ไม้จากสวนป่าที่ปลูกมีช่วงอายุการตัดสางขยายระยะ อายุการตัดฟันแตกต่างกันไป เช่น 3,5,7,10 หรือ 15 ปี ซึ่งส่วนใหญ่การนำไม้จากสวนป่าออกไปใช้ประโยชน์มักประสบปัญหาเกี่ยวกับแมลงศัตรูทำลายไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลวกใต้ดินและมอดทำลายไม้ ซึ่งเป็นศัตรูทำลายไม้ที่มีความสำคัญมากทางเศรษฐกิจ ทำให้ไม้มีอายุการใช้งานที่สั้นเนื่องจากโครงสร้างของไม้ยูคาลิปตัส ส่วนของเนื้อไม้ที่เรียกว่าแก่น (heartwood) มีสีน้ำตาลเข้ม ส่วนของเนื้อไม้ด้านนอกจะมีสีขาวกว่า เรียกว่า กระพี้ (sapwood) ความหนาของกระพี้ขึ้นอยู่กับชนิด อายุ และการเจริญเติบโตของต้นไม้ ไม้เนื้ออ่อนบางชนิดอาจมีสีของแก่นและกระพี้ใกล้เคียงกัน ส่วนของกระพี้มีแป้งและน้ำตาลซึ่งเป็นอาหารของแมลงและเห็ดราทำลายไม้ จึงถูกทำลายได้ง่ายกว่าแก่น องค์ประกอบของแก่นนั้นไม่มีแป้ง แต่มีสารแทรก (phenolic compound) ที่ทำให้แก่นไม้มีสีเข้มและมีความเป็นพิษต่อแมลง

เนื่องจากไม้ยูคาลิปตัสเป็นไม้เศรษฐกิจโตเร็วที่นิยมปลูกกันมากชนิดหนึ่งและกำลังอยู่ในความสนใจ นอกเหนือจากไม้สัก ไม้สะเดา หรือสะเดาเทียม การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการป้องกันการเสื่อมสภาพของไม้ยูคาลิปตัสต่อไป

วัตถุประสงค์โครงการวิจัย

เพื่อศึกษาความทนทานตามธรรมชาติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีสต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรูทำลายไม้ โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้

1. ศึกษาระดับความทนทานตามธรรมชาติของไม้ยูคาลิปตัส ที่ช่วงอายุการตัดฟันต่างกัน ต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรูทำลายไม้

2. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันรักษาเนื้อไม้หรือป้องกัน กำจัดแมลงศัตรูทำลายไม้ในการเพิ่มความทนทานของไม้ยูคาลิปตัส

อุปกรณ์และวิธีการ

ไม้ทดลอง

- ไม้ยูคาลิปตัส (*E. camaldulensis* Dehnh.)
- ไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3, 5 และ 8 ปี จากบริษัทไม้อัดไทย จำกัด อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา
- ไม้ยูคาลิปตัสอายุ 10 ปี จากสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา
- ไม้ยูคาลิปตัสอายุ 7 ปี จากสวนป่าของเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น
- ไม้ยูคาลิปตัสอายุ 7, 10 และ15 ปี จากสวนป่าครูบาสุทธินันท์ จังหวัดบุรีรัมย์
- ไม้ยูคาลิปตัสอายุ 12 ปี จากจังหวัดชลบุรี

ระยะเวลาดำเนินการ

ตุลาคม 2545-กันยายน 2549

สถานที่ทดสอบ

1. สวนรุกขชาติหนองตาอยู่ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (ทดสอบปลวก)

2. ศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี (ทดสอบปลวกและมอด)

3. ศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า จังหวัดขอนแก่น (ทดสอบมอด)

4. ห้องปฏิบัติการกีฏวิทยา สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้กรุงเทพมหานคร (ทดสอบปลวกและมอด)

แมลงที่ใช้ทดสอบ

1. ปลวกที่ใช้ทดสอบในภาคสนาม *Microcerotermes crassus, Globitermis sulphureus* และ *Macrotermes carbonarius*

2. มอดที่ใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม ได้แก่ *Heterobostrychus aequalis, Sinoxylon anale* และแมลงทำลายไม้ชนิดอื่นๆ ในธรรมชาติ

สารเคมีที่ใช้ทดสอบ

ทดสอบปลวก

1. Bifenthrin 0.05%
2. Boracere 1:น้ำ 3 ส่วน
3. Copper napthenate 2%
4. น้ำส้มควันไม้ 100% (จากไม้เบญจพรรณ)

ทดสอบมอด

1. Alpha-cypermithrin 0.2% (ชื่อการค้า Shelldrite statefast 4 SC.)
2. Bifenthrin 0.3% และ 0.5% (ชื่อการค้า Biflex 2.5 EC.)
3. Fipronil 0.1% (ชื่อการค้า Termidor 2.5 EC.)

วิธีการทดสอบปลวก

1. ทดสอบความทนทานตามธรรมชาติต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินของไม้ยูคาลิปตัส แปรรูปขนาด 5x10x2.5 ซม.อายุ 12 ปี จากจังหวัดชลบุรีในภาคสนามในสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน ณ สวนรุกขชาติหนองตาอยู่ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี และศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี โดยทดสอบทั้งสภาพสัมผัสดิน ไม่สัมผัสดิน และฝังในรังปลวกชนิด *G. sulphureus* ทดสอบเป็นเวลา 6 เดือน จึงนำไม้ทดสอบมาตรวจผล

2. ทดสอบความทนทานตามธรรมชาติต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินของไม้ยูคาลิปตัส แปรรูปขนาด 5x10x2.5 ซม.อายุ 7, 10, 12 และ15 ปี จากจังหวัดขอนแก่นและบุรีรัมย์ โดยทดสอบทั้งสภาพสัมผัสดิน ไม่สัมผัสดิน และฝังในรังปลวกชนิด G. sulphureus ณ สวนรุกขชาติหนองตาอยู่ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี และศูนย์ส่งเสริมพัฒนา และถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่าอำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ทดสอบเป็นเวลา 6 เดือน จึงนำไม้ทดสอบมาตรวจผล

3. ทดสอบสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส โดยการจุ่มไม้ยูคาลิปตัสแปรรูปขนาด 5x10x2.5 ซม.อายุ 7, 10, 12 และ 15 ปี จากจังหวัดขอนแก่นและบุรีรัมย์ ในน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ 3 ชนิด และน้ำส้มควันไม้เป็นเวลา 1 นาที ทดสอบแบบเลือกอิสระกับปลวกใต้ดินทั้งสภาพสัมผัสดิน ไม่สัมผัสดิน ณ สวนรุกขชาติหนองตาอยู่ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี และศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ทดสอบเป็นเวลา 6 เดือน จึงนำไม้ทดสอบมาตรวจผล

การประเมินความเสียหายจากการเข้าทำลายของปลวก

ประเมินจากค่าเฉลี่ยของคะแนนความเสียหายของไม้ทดสอบโดยให้คะแนน 5 ระดับดังนี้

0	= ไม่พบความเสียหาย	(ดีมาก)
1	= เสียหายเล็กน้อย ไม่เกิน 10%	(ดี)
2	= เสียหายปานกลาง 11-40%	(ปานกลาง)
3	= เสียหายมาก 41-80%	(ไม่ดี)
4	= เสียหายมากกว่า 80%	(ใช้ไม่ได้)

แนวทางในการพิจารณา

ไม้ทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์ดีมากและดี ถือว่าผ่านการทดสอบ

วิธีการทดสอบมอด

1. ทดสอบความทนทานตามธรรมชาติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีสแปรรูปขนาด 5x10x2.5 ซม. อายุ 7, 10, 12 และ 15 ปี จากจังหวัดขอนแก่น บุรีรัมย์และชลบุรี ต่อการเข้าทำลายของมอดในห้องปฏิบัติการ 2 ชนิด คือ *H. aequalis* และ *Sinoxylon sp.* เป็นเวลา 4 เดือน ตรวจผลการทดลองเดือนที่ 2 และเดือนที่ 4

2. ทดสอบความทนทานตามธรรมชาติต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรูทำลายไม้ของไม้ยูคาลิปตัสขนาดท่อนกลมยาว 1 เมตร อายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี จากจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยใช้ไม้อายุละ 5 ท่อน แต่ละท่อนมาจากคนละต้น นำไปทดสอบในภาคสนาม ณ ศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า จังหวัดขอนแก่น เป็นเวลา 12 เดือน ตรวจผลการทดลองเดือนที่ 3 เดือนที่ 6 และเดือนที่ 12

3. ทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูทำลายไม้ยูคาลิปตัสภายหลังการตัดฟัน ใช้ไม้ทดลองอายุ 8 ปี จากจังหวัดฉะเชิงเทรา ขนาดท่อนกลมยาว 1 เมตร จำนวน 5 ท่อน ต่อหนึ่งความเข้มข้น ทาสีหัวท้ายทันที ในขณะที่ตัดทอนไม้เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของราเสียสี ฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงทั่วท่อน 2 ครั้ง โดยใช้สารป้องกันกำจัดแมลง 300 มิลลิลิตรต่อพื้นที่ผิว 1 ตารางเมตร สำหรับไม้เปรียบเทียบฉีดพ่นน้ำ ผึ่งไม้ไว้ในที่ร่ม นำไม้ไปทดสอบกับแมลงศัตรูทำลายไม้ ณ ศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่าจังหวัดราชบุรี เป็นเวลา 12 เดือน ตรวจผลการทดลองทุกเดือนที่ 3 เดือนที่ 6 และเดือนที่ 12

การประเมินความเสียหายจากการเข้าทำลายของมอด

ประเมินจากค่าเฉลี่ยของคะแนนความเสียหายของไม้ทดสอบโดยให้คะแนน 5 ระดับดังนี้

0	= ไม่มีแมลงทำลาย	(ดีมาก)
1	= ทำลายไม้เล็กน้อย	(ดี)
2	= ทำลายไม้ 6-25%	(ปานกลาง)
3	= ทำลายไม้ 26-50%	(ไม่ดี)
4	= ทำลายไม้ > 50%	(ใช้ไม่ได้)

ผลและวิจารณ์

ผลการทดสอบปลวก

1. การทดสอบความทนทานตามธรรมชาติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส แปรรูปอายุ 12 ปี จากจังหวัดชลบุรี ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินที่จังหวัดชลบุรีและจังหวัดราชบุรีให้ผลการทดลองดังนี้

Tabel 1.

Visual rate of subterranean termite damage on tested woods (*E.camaldulensis*, 5x10x2.5 centimeter) 12 years old exposed to natural infestation and inside the colony of *Globitermes sulphureus* for 6 months at 2 project sites, Nongtayuu Botanical Garden,Cholburi province and Promotion and Development Center of Transfer Utilized Technology of Small Log and Forest Products, Rachaburi province.

Site	Not contact with ground		Contact with ground		Inside the colony	
	Ave.precentage of damage	Rate of damage	Ave.precentage of damage	Rate of damage	Ave.precentage of damage	Rate of damage
A	48	3	78	3	100	4
Rubber wood	84	4	44	3	100	4
B	100	4	90	4	100	4
Rubber wood	100	4	84	4	100	4

A = Cholburi province

B = Rachaburi province

จากการศึกษาไม้ยูคาลิปตัสแปรรูปอายุ 12 ปี จากแหล่งจังหวัดชลบุรี เมื่อนำมาทดสอบการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินในสภาพธรรมชาติทั้งสภาพไม่สัมผัสดิน สัมผัสดิน และทดสอบฝังในรังปลวกชนิด *G. sulphureus* ทั้งที่จังหวัดราชบุรีและชลบุรีมีความเสียหายจากการเข้าทำลายของปลวกในระดับ 3 และ 4 คือ เสียหายปานกลางและเสียหายใช้ไม่ได้จึงถือว่าไม้ยูคาลิปตัส ดังกล่าวไม่มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกทั้ง 3 สภาพ ไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ

2. การทดสอบความทนทานตามธรรมชาติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส แปรรูปอายุ 7, 10, 12 และ15 ปี จากจังหวัดขอนแก่นและบุรีรัมย์ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินที่จังหวัดชลบุรีให้ผลการทดลองตามตารางที่ 2 และ 3

Table 2.

Visual rate of subterranean termite damage on tested woods (*E.camaldulensis* 5x10x2.5 centimeter) 7,10,12 and 15 years old at project site Nongtayuu Botanical Gargen,Cholburi province after 6 months exposure.

Site	Not contact with ground		Contact with ground		Inside the colony of *G.sulphureus*	
	Ave.precentage of damage	Rate of damage	Ave.precentage of damage	Rate of damage	Ave.precentage of damage	Rate of damage
7	18.75	2	28	2	50	3
10	10	1	38.75	2	67.5	3
12	47.5	3	25.75	2	37.5	2
15	33.75	2	67.5	2	90	4
Control (Rubber wood)	100	1	100	4	100	4

จากการศึกษาไม้ยูคาลิปตัสแปรรูป 7, 10, 12 และ 15 ปี จากแหล่งจังหวัดบุรีรัมย์เมื่อนำมาทดสอบการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินในสภาพธรรมชาติทั้งสภาพไม่สัมผัสดิน สัมผัสดิน และทดสอบฝังในรังปลวกชนิด *G. sulphureus* ในจังหวัดชลบุรี พบว่าไม้ยูคาลิปตัสเกือบทุกอายุและทุกสภาพการทดสอบ มีระดับความเสียหายไม้อยู่ในระดับ 2-4 คือ เสียหายปานกลางถึงเสียหายใช้ไม่ได้ จึงถือว่าไม้ยูคาลิปตัสดังกล่าวไม่มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกทั้ง 3 สภาพ ไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ ยกเว้นไม้ยูคาลิปตัสอายุ 10 ปี เมื่อทดสอบในสภาพไม่สัมผัสดิน มีความเสียหายจากการเข้าทำลายของปลวกในระดับ1 คือ เสียหายไม่เกิน 10% ถือว่าผ่านเกณฑ์การทดสอบ

Table 3.

Visual rate of subterranean termite damage on tested woods (*E. camaldulensis* 5x10x2.5 centimeter) 7, 10, 12 and 15 years old at project site, Promotion and Development Center of Transfer Utilized Technology of Small Log and Forest Products, Rachaburi province after 6 month exposure.

Site	Not contact with ground		Contact with ground		Inside the colony of *G.sulphureus*	
	Ave.precentage of damage	Rate of damage	Ave.precentage of damage	Rate of damage	Ave.precentage of damage	Rate of damage
7	27.75	2	15.25	2	37.5	2
10	18	2	11.25	2	57.5	3
12	20.75	2	25.5	2	87.5	4
15	40	2	50.25	3	100	4
Control (Rubber wood)	100	4	100	4	100	4

จากการศึกษาไม้ยูคาลิปตัสแปรรูป 7, 10, 12 และ 15 ปี จากแหล่งจังหวัดบุรีรัมย์เมื่อนำมาทดสอบการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินในสภาพธรรมชาติทั้งสภาพไม่สัมผัสดิน สัมผัสดิน และทดสอบฝังในรังปลวกชนิด *G. sulphureus* ในจังหวัดราชบุรี พบว่าไม้ยูคาลิปตัสทุกอายุและทุกสภาพการทดสอบ มีระดับความเสียหายอยู่ในระดับ 2-4 คือ เสียหายปานกลางถึงเสียหายใช้ไม่ได้ จึงถือว่าไม้ยูคาลิปตัสดังกล่าวไม่มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกทั้ง 3 สภาพ และไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ

3. การทดสอบสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 7 ,10 12 และ15 ปี โดยการจุ่มไม้แปรรูป 1 นาทีในสารละลาย Bifenthrin 0.05%, Boracere 1: น้ำ 3 ส่วน Copper napthenate 2% และน้ำส้มควันไม้ 100% จากไม้เบญจพรรณ ทดสอบสัมผัสดินและไม่สัมผัสดิน ที่จังหวัดชลบุรี และราชบุรี เป็นเวลา 6 เดือน ให้ผลการทดลองตามตารางที่ 4

Table 4. Visual rate of subterranean termite damage on treated woods (*E. camaldulensis* 5x10x2.5 centimeter) after 6 months exposure.

Age of Treated Wood	Project site	Wood preservatives (dipping for 1 minute)						Wood vinegar 100%		Control	
		Bifenthrin 0.05%		Copper napthenate 2%		Boracere : Water 1:3					
		Not contact with ground	contact with ground	Not contact with ground	contact with ground	Not contact with ground	contact with ground	Not contact with ground	contact with ground	Not contact with ground	contact with ground
7	A	0	2	0	1	2	0	2	3	3	3
	B	0	0	0	2	2	2	2	3	3	4
10	A	0	1	0	2	0	1	1	3	3	3
	B	0	1	2	1	1	2	2	2	3	4
12	A	0	0	2	0	0	2	2	3	3	3
	B	0	0	2	2	1	2	2	4	3	4
15	A	0	0	0	1	1	2	1	3	3	4
	B	0	2	1	2	2	3	3	3	3	4

A = Cholburi province B = Rachaburi province

ผลการทดสอบสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส เป็นเวลา 6 เดือนพบว่า

Bifenthrin 0.05% ไม่สัมผัสดิน ใช้ได้ผลดีที่สุด ไม้ทดสอบทั้ง 2 แห่งทุกชั้นอายุไม่มีปลวกเข้าทำลาย

สัมผัสดิน ให้ผลดีที่สุดเช่นกัน ปลวกเข้าทำลายน้อยกว่าตัวยาอื่นๆ ไม้อายุ 12 ปี ไม่มีปลวกเข้าทำลายเลย ไม้อายุ 10 ปี มีปลวกเข้าทำลายเล็กน้อยทั้ง 2 แห่ง ส่วนไม้อายุ 7และ15 ปี ไม่พบความเสียหายและเสียหายปานกลาง

Copper napthenate 2% และ Boracere 1 : น้ำ 3 ส่วน : สามารถป้องกันการเข้าทำลายของปลวกได้ในระดับหนึ่ง ส่วนใหญ่ป้องกันได้ในระดับดีจนถึงปานกลาง การทดสอบโดยไม่สัมผัสดินได้ผลดีกว่าเล็กน้อย

น้ำส้มควันไม้ 100% จากไม้เบญจพรรณ ใช้ไม่ได้ผล ไม้ที่สัมผัสดินเสียหายมาก ส่วนไม้ที่ไม่สัมผัสดินส่วนใหญ่เสียหายปานกลาง

ไม้เปรียบเทียบ ไม้ทุกชั้นอายุทั้ง 2 แห่ง มีปลวกเข้าทำลายเสียหายมากทั้งสัมผัสดินและไม่สัมผัสดิน

จากการทดลองครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่าไม้ยูคาลิปตัสอายุ 7, 10, 12 และ 15 ปี ที่นำมาแปรรูปแล้วนำมาใช้ประโยชน์ในสภาพสัมผัสดินและไม่สัมผัสดินโดยไม่อาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้นั้น ไม่สามารถทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินในระยะเวลา 6 เดือน แต่การใช้น้ำยา Bifenthrin 0.05%, สารละลาย Copper napthenate 2%, Boracere 1 : น้ำ 3 ส่วน สามารถเพิ่มอายุความทนทานของไม้ยูคาลิปตัสได้ โดย Bifenthrin 0.05% มีประสิทธิภาพดีที่สุด รองลงไปคือ สารละลาย Copper napthenate 2% และ Boracere 1 : น้ำ 3 ส่วน ตามลำดับ ป้องกันได้ในระดับหนึ่ง ตัวยาทั้ง 2 ชนิดนี้ ควรใช้ความเข้มข้นที่สูงขึ้นกว่านี้ ส่วนน้ำส้มควันไม้ 100% จากไม้เบญจพรรณนั้นไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาเนื้อไม้

แปลงทดลอง

ไม้ทดลองแบบไม่สัมผัสดิน

ไม้ทดลองแบบสัมผัสดิน

ผลการทดสอบมอด

1. ผลการทดสอบความทนทานตามธรรมชาติไม้ยูคาลิปตัสแปรรูป อายุ 7, 10, 12 และ 15 ปี ต่อการเข้าทำลายของมอดทำลายไม้ 2 ชนิดในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 4 เดือน ตามตารางที่ 5

Table 5.

Visual rate of powder-post beetles (*H. aequalis* and *Sinoxylon* sp.) damage on tested woods (*E. camaldulensis* 5x10x2.5 centimeter) 7, 10, 12 and 15 years old in laboratory test for 4 month.

Age	Tested wood				
	1	2	3	4	5
7	1	0	1	1	1
10	1	1	1	1	1
12	1	0	0	1	1
15	1	1	0	0	1
Control (rubber wood)	4	2	2	2	1

ผลการทดสอบความทนทานตามธรรมชาติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 7, 10, 12 และ 15 ปี ต่อมอดทำลายไม้ 2 ชนิด คือ *H. aequealis* และ *Sinoxylon* sp. พบว่า ไม้ยูคาลิปตัสอายุตั้งแต่ 7 ปีขึ้นไป มีความทนทานต่อมอดทั้งสองชนิด ไม้ทดสอบทุกชั้นอายุมีมอดเข้าทำลายไม่เกิน 5% และเป็นการเข้าทำลายบริเวณกระพี้เท่านั้น เนื่องจากบริเวณกระพี้มีน้ำตาลและแป้งจึงถูกทำลายได้ง่าย เนื้อไม้บริเวณแก่นซึ่งเป็นสีน้ำตาล ไม่มีแป้งแต่มีสารแทรก (phenolic compound) ที่เป็นพิษต่อแมลง บริเวณแก่นจึงไม่มีแมลงเข้าทำลาย

ทัศนีย์และคณะ 2531. ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส พบว่า “ไม้อายุ 3 ปี มีปริมาณลิกนินและปริมาณน้ำตาลในเนื้อไม้สูงกว่าไม้ที่มีอายุ 10 ปี และ15 ปี”

การเข้าทำลายของมอดขึ้นอยู่กับอายุไม้ ปริมาณน้ำตาลและแป้งในเนื้อไม้แล้วยังขึ้นอยู่กับความชื้นในเนื้อไม้ซึ่งมีความสำคัญมากต่อเปอร์เซนต์การฟักการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของตัวหนอน ดังนั้นมอดจึงชอบเจาะเข้าไปวางไข่ในไม้ที่มีความชื้น และในขณะที่ความชื้นลดลง ตัวหนอนเจริญเติบโตแล้วก็สามารถอยู่ได้ และจะพบตัวแก่เจาะออกมาเมื่อไม้กำลังแห้งหรือแห้ง

2. ผลการทดสอบความทนทานตามธรรมชาติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ในภาคสนามอายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี จากจังหวัดฉะเชิงเทรา ใช้ไม้เสากลมยาวท่อนละ 1 เมตร จำนวน 5 ท่อนต่อชั้นอายุ วางทดสอบไว้ที่ศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า จังหวัดขอนแก่น เป็นเวลา 1 ปี ตามตารางที่ 6

Table 6.

Rate of damage by insects on tested wood (*E.camaldulensis* 1 meter long 3,5,8 and 10 years old) after 3,6 and 12 month exposure at Khonkaen project site.

Age	Ave. rate of damage after exposure		
	3 months	9 months	12 months
3	0	0	0
5	0	0	0
8	0	0	0
10	0	0	0

ผลการทดสอบพบว่า ไม่มีมอดและแมลงปีกแข็งชนิดอื่นๆเข้าทำลายไม้ทุกชั้นอายุ แต่หลังจากเดือน ที่ 6-12 มีปลวกใต้ดินซึ่งเข้าทำลายสิ่งปลูกสร้างในบริเวณใกล้เคียงมาขึ้นไม้ทดลอง กัดกินเนื้อไม้ส่วนผิวลึกประมาณ 0.5 ซม. เป็นบริเวณกว้างๆและเป็นทางยาว นำดินมาคลุมไว้ บางท่อนกัดกินผิวไม้ทั่วทั้งท่อน การเข้าทำลายของปลวกใต้ดินไม่เลือกชั้นอายุ ไม้ยูคาลิปตัสไม่มีความทนทานต่อปลวกใต้ดิน

ลักษณะปลวกเข้าทำลายไม้

แต่จากการตรวจสอบการเข้าทำลายของมอดต่อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 3 ปี และ 5 ปีที่ตัดในช่วงเดือนมีนาคม วางไว้ ณ สถานที่เดียวกันมีมอด *Sinoxylon* sp. เข้าทำลายส่วนกระพี้ของไม้ทั้งอายุ 3 ปีและ 5 ปี การเข้าทำลายของมอดขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่แมลงทำลายไม้เจาะออกมาตามธรรมชาติ ซึ่งพบมากในช่วงฤดูร้อน เดือนมีนาคมเป็นต้นไป และจะลดลงเรื่อยๆจนถึงช่วงฤดูหนาว จึงไม่ค่อยพบแมลงในช่วงนี้ ไม้ทดลองที่ตัดเดือนพฤศจิกายน นำมาวางทดลองไว้ตั้งแต่ต้นเดือนธันวาคมจึงไม่มีแมลงเข้าทำลายไม้

หน้าตัดไม้ยูคาลิปตัส อายุ 3 ปี ที่ถูกมอดเข้าทำลายขณะผึ่งไม้

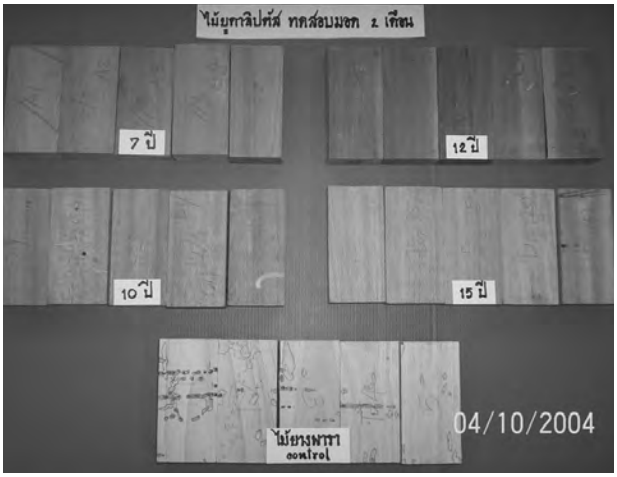
3. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูทำลายไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ภายหลังการตัดฟัน ใช้ไม้ทดลองอายุ 8 ปี จากจังหวัดฉะเชิงเทรา ขนาดท่อนกลมยาว 1 เมตร จำนวน 5 ท่อน ต่อหนึ่งความเข้มข้น โดยฉีดให้ทั่วท่อน 2 ครั้ง วางทดสอบไว้ที่ศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็ก และของป่าจังหวัดราชบุรี เป็นเวลา 12 เดือน ตรวจผลการทดลองเดือนที่ 3 เดือนที่ 6 และเดือนที่ 12.

Table 7 Rate of damage by insects on treated woods (*E.camaldulensis*,1 meter long,8 years old,spraying 2 times) after exposure for 12 months (not contact with ground) at Rachaburi project site.

Treated wood	Alpha-cypermethrin 0.2%			Bifenthrin 0.3%			Bifenthrin 0.5%			Fipronil 0.1%			control		
	Exposure time (month)			Exposure time (month)			Exposure time (month)			Exposure time (month)			Exposure time (month)		
	3	6	12	3	6	12	3	6	12	3	6	12	3	6	12
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันแมลงทำลายไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ภายหลังการตัดฟัน สารเคมีที่ใช้ คือ Alpha-cypermethrin 0.2%, Bifenthrin 0.3% และ Fipronil 0.1% สามารถป้องกันการเข้าทำลายของแมลงทำลายไม้ได้ โดยวางไม้ทดลองไว้บนลานซีเมนต์ ภายในเวลา 1 ปี ไม่มีแมลงเข้าทำลาย อาจเนื่องจากการตัดไม้ในช่วงฤดูหนาวเดือนพฤศจิกายน ช่วงวางทดสอบกับแมลงในขณะที่ไม้มีความชื้นเป็นช่วงฤดูหนาว ช่วงฤดูร้อนปี 2548 นั้นมีอากาศร้อนแห้งแล้งจัด ไม้แห้งมากจึงไม่มีแมลงเข้าทำลาย รวมทั้งไม้ทดสอบเปรียบเทียบก็ไม่มีแมลงเข้าทำลายด้วย

ดังนั้นเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมในการตัดไม้ทุกชนิด ถ้านำไม้ออกจากสวนป่าโดยเร็วก็ไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีในการป้องกันแมลง ส่วนไม้ที่ตัดในช่วงเดือนมีนาคมเป็นต้นไป ควรฉีดพ่นสารเคมีป้องกันรักษาเนื้อไม้



ไม้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ไม้ที่ใช้ทดสอบ อายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี

ไม้ทดสอบความทนทานตามธรรมชาติ ที่ขอนแก่น

ข้อเสนอแนะ

การตัดไม้ยูคาลิปตัส ไม่ควรตัดในช่วงฤดูร้อนเพราะเป็นช่วงที่ตัวแก่ของแมลงทำลายไม้เจาะออกมามาก ไม้ที่ตัดฟันลง ควรนำออกจากพื้นที่โดยเร็ว ถ้าไม่นำไม้ออกจากสวนป่าทันที แมลงและเห็ดราทำลายไม้สามารถเข้าทำลายได้ภายในเวลา 24 ชั่วโมง และจากการทดลองของจารุณีและคณะ (2529) พบว่า แมลงที่เข้าทำลายไม้ยูคาลิปตัสภายหลังการตัดฟัน ส่วนใหญ่จะเป็นปลวกใต้ดินชนิดต่างๆ โดยจะพบมอดเข้าทำลายบ้างเพียงเล็กน้อย และยังพบว่าไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส เป็นไม้ที่มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราจำพวก blue stain และ white rot ในระดับต่ำมาก ดังนั้นเมื่อตัดทอนไม้แล้วควรทาสีหัวท้ายเพื่อป้องกันการเข้าของ blue stain (ราเสียสี) ทันทีและฉีดพ่นสารเคมีป้องกันรักษาเนื้อไม้ให้ทั่วทั้งท่อน สารเคมีป้องกันเห็ดราทำลายไม้สามารถผสมกับสารเคมีป้องกันแมลงทำลายไม้ไปพร้อมๆกัน แต่ทั้งนี้สารเคมีทั้ง 2 ชนิดจะต้องผสมเข้ากันได้ดี โดยประสิทธิภาพของสารเคมีไม่ลดลง จึงจะให้ผลดีในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ หลังจากฉีดพ่นสารเคมีภายหลังการตัดฟันแล้ว ควรนำไม้ออกจากสวนป่าภายในเวลา 7-10 วัน แต่ถ้าจะวางไว้ในสวนป่า ควรฉีดพ่นสารเคมีอีกครั้งหนึ่งหลังจากฉีดพ่นสารเคมีครั้งที่ 1 15 วัน เพราะหลังจากการตัดฟันแล้วสัปดาห์ที่ 2-3 เปลือกไม้ค่อยๆ แห้งลง ส่วนผิวเปลือกชั้นนอกบางๆจะเปิดออก ซึ่งจะทำให้แมลงทำลายไม้เจาะเข้าไปได้ และในช่วงที่ไม้แห้งลงเรื่อยๆ ส่วนเปลือกหนาๆ จะแตกและร่อนหลุดออกจากเนื้อไม้

ในช่วงที่ผึ่งไม้จะเกิดรอยแตกแยกตามรัศมีบริเวณหน้าตัดไม้ จึงควรรัดรอบโคนและปลายท่อนหรือใช้แผงตะปูยึดในช่วงที่ไม้สด การผึ่งไม้ไม่ควรวางไว้ให้ติดกับพื้นดิน ควรมีไม้หนุนหัวท้ายและไม้ที่หนุนควรฉีดพ่นสารเคมีป้องกันรักษาเนื้อไม้ด้วย ไม่ควรวางไม้ที่ฉีดพ่นสารเคมีป้องกันรักษาเนื้อไม้ไว้ในสวนป่านานเกินกว่า 1 เดือน เพราะสารเคมีบางชนิดจะสลายตัวในสภาพแวดล้อมต่างๆได้ง่ายและรวดเร็ว เช่น สารสังเคราะห์ไพรีทรอยด์ ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความปลอดภัย ปัจจุบันนำมาใช้เป็นสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันแมลงเข้าทำลายไม้กันมาก ได้แก่ Alpha-cypermethrin, Cypermethrin Permethrin, Bifenthrin เป็นต้น

การนำไม้ยูคาลิปตัสมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะในงานก่อสร้างที่ใช้เป็นไม้เสาหรือไม้แปรรูป กรรมวิธีการป้องกันรักษาเนื้อไม้ ป้องกันการเข้าทำลายของปลวกได้ดีที่สุด คือ การอัดน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ด้วยความดัน ซึ่งดีกว่าวิธีการจุ่ม ทา หรือ แช่ ทั้งนี้การใช้กรรมวิธีการใดขึ้นอยู่กับการใช้งาน การอัดน้ำยาด้วยความดัน สารเคมีถูกอัดเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดีกว่าซึ่งจะเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ให้มีความทนทานเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่า จึงป้องกันการเข้าทำลายของปลวกได้เป็นระยะเวลาที่ยาวนาน

สรุป

- ตัดไม้ช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม ไม่มีปัญหาเรื่องแมลงทำลายไม้ ถ้าตัดช่วงอื่นควรฉีดพ่นสารเคมีป้องกันรักษาเนื้อไม้
- ทาสีหัวท้ายป้องกันราเสียสีทันทีหลังจากตัดเป็นท่อน
- นำไม้ออกมาจากสวนป่าโดยเร็ว
- ผึ่งไม้สดช่วงเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ มีไม้หนุนหัวท้ายอย่าวางติดพื้นดิน
- ไม้ที่นำไปใช้ในการก่อสร้าง ควรอาบน้ำยาไม้โดยใช้แรงดันเพื่อป้องกันปลวก เป็นวิธีที่ดีที่สุด

สำหรับการนำไม้ยูคาลิปตัสมาใช้ประโยชน์ การอาบน้ำยาไม้ด้วยกรรมวิธีใด การใช้สารเคมีป้องกันรักษาเนื้อไม้ชนิดใด ควรใช้ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานของไม้ที่แตกต่างกัน เช่น สัมผัสดิน ไม่สัมผัสดิน ใช้งานในร่ม หรือใช้งานกลางแจ้ง และยังต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพความคงทนของสารเคมีแต่ละชนิดในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันด้วย

คำขอบคุณ

คณะผู้จัดทำการวิจัย ขอขอบคุณองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ บริษัทไม้อัดไทยจำกัดที่ได้เอื้อเฟื้อไม้ทดลอง หัวหน้าสวนป่าและเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการออกไปตัด ไม้ทดลองที่จังหวัดฉะเชิงเทรา

ขอขอบคุณหัวหน้าสวนรุกขชาติหนองตาอยู่ จังหวัดชลบุรี และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ทดลอง

ขอขอบคุณหัวหน้าศูนย์และเจ้าหน้าที่ ศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดราชบุรี ที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ทดลอง

ขอขอบคุณผู้ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างไม้จากสวนป่าของเกษตรกรและแปรรูปไม้เพื่อใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณคณะผู้จัดทำเอกสารการวิจัยนี้และผู้พิมพ์รายงานจนสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

จารุณี วงศ์ข้าหลวง,ธีระ วีณิน,ยุพาพร สรนุวัตร,สุรางค์ เธียรหิรัญ และ อรุโณทัย วงศ์ศิริ.2529. ประสิทธิภาพของสารเคมีบางชนิดในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ยูคาลิปตัสหลังจากการตัดฟัน. เอกสารทางวิชาการการประชุมการป่าไม้ประจำปี 2529 (เล่มที่1) น. 179-203.

ทัศนีย์ รัติวานิช,อรรณพ อภิชาติบุตร์ และ รัตนา หม้อมณี. 2531. คุณสมบัติทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส. อนุสารไม้อัด บางนา เล่มที่ 5 ปีที่ 17 ฉบับที่96 กันยายน - ตุลาคม 2531.น.25-28.

Gloeophyllum sepiarium

ยูคาลิปตัส | อายุ 3 ปี | ภาคอีสาน

ผลกระทบของการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาและการใช้สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ต่อคุณภาพเชิงกล ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

Biodeterioration and Preservation impacts on Mechanical Properties of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

นางยศนันท์ พรหมโชติกุล [1]
นางอรุณี วีณิน [1]
นายศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์ [2]
นายกิตติพัฒน์ ลิขิตวรโชติ [3]
นายนิรุจน์ หัวใจฉ่ำ [3]
นางสาววลัยลักษณ์ สง่าอารีย์กูล [3]
Yodsanan Promachotikul [1]
Arunee Veenin [1]
Sakpichit Jullalerk [2]
Kittipat Likitvorachot [3]
Nirut Huajaicham [3]
Walailuk Sangaareekool [3]

[1] นักวิทยาศาสตร์ 8ว สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
[2] นักวิชาการป่าไม้ 8ว สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
[3] ผู้ช่วยนักวิจัย สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยา และการใช้สารเคมีรักษาเนื้อไม้ต่อคุณภาพเชิงกล โดยใช้ไม้ตัดสางขยายระยะ อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และชั้นอายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี จากภาคตะวันออกของประเทศ ทดสอบกับเชื้อราทำลายไม้ 7 species คือ *Lentinus squarrosulus, Lenzites adusta, Loweporus medullae-panis, Pycnoporus sanguineus, Rigidoporopsis amylospora, Gloeophyllum sepiarium* และ *Gloeophyllum striatum* ด้วยวิธี agar block test บ่มไว้ที่ระดับอุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 4 เดือน ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง ประเมินค่า การเสื่อมสภาพทางชีววิทยาในรูปของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก พบว่า ไม้ที่มีอายุน้อย (3, 5 และ 7 ปี) จากทั้งสองภาคอ่อนแอต่อการถูกเชื้อราทำลายในระดับ “ผุพัง” มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า 30% ส่วนไม้ที่มีอายุมากขึ้น (8 ปี และ10 ปี) มีความทนทานต่อเชื้อรา และมีการสูญเสียน้ำหนักในช่วง 1-5%

การศึกษาผลกระทบด้านกลสมบัติของไม้ภายหลังถูกเชื้อราเข้าทำลาย โดยตรวจสอบความแข็งแรงในการรับน้ำหนัก พบว่า ชนิดของเชื้อรา และชั้นอายุของไม้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของไม้ ทั้งนี้ ไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแรงต้านทานการหัก (MOR) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 46.33 Mpa แรงต้านทานการเสียรูป (MOE) เท่ากับ 5555.34 Mpa และมีการสูญเสียความแข็งแรง 48.35% ไม้จากภาคตะวันออกมีค่า MOR เท่ากับ 37.44 Mpa ค่า MOE เท่ากับ 6923.93 Mpa มีการสูญเสียความแข็งแรง 62.33% นอกจากนั้น ไม้อายุน้อยมีค่าความแข็งแรงต่ำกว่าไม้อายุมากในส่วนของค่าความถ่วงจำเพาะ แสดงให้เห็นว่า ไม้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเมื่อมีความถ่วงจำเพาะสูงขึ้น และมีความแปรผันโดยตรงกับชั้นอายุ คือ ความถ่วงจำเพาะสูงขึ้นเมื่อไม้มีอายุมากขึ้น

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุไม้กับการสูญเสียน้ำหนัก ความแข็งแรงและความถ่วงจำเพาะของไม้ พบว่า ชั้นอายุของไม้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับการสูญเสียน้ำหนัก ความแข็งแรง และความถ่วงจำเพาะ อย่างไรก็ตาม สามารถพยากรณ์น้ำหนักที่สูญเสีย และความแข็งแรงของไม้ได้ โดยมีปัจจัยของชั้นอายุ และความถ่วงจำเพาะเป็นตัวทำนายในสมการถดถอยเชิงเส้น เพื่อการประเมินคุณภาพของไม้ก่อนการใช้งาน

การปรับปรุงคุณภาพด้านความทนทานต่อเชื้อราของไม้ยูคาลิปตัสจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก โดยการอัดด้วย Tanalith C (CCA 3%) ภายใต้ระบบสูญญากาศ จากนั้นนำไม้ทดลองทดสอบกับเชื้อรา 4 ชนิด คือ *Pycnoporus sanguineus, Loweporus medullae - panis, Gloeophyllum sepiarium* และ *Gloeophyllum striatum* ด้วยวิธี agar block test เป็นเวลา 4 เดือน ผลการศึกษาพบว่าไม้ยูคาลิปตัสจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกทุกชั้นอายุที่ผ่านการอัดสารเคมีจะมีความทนทานต่อการทำลายของเชื้อราได้ดีกว่าไม้ที่ไม่ได้อัดสารเคมี (Control) ไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณสารเคมีเข้าสู่เนื้อไม้ (retention) มากกว่าไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออก ซึ่งมีผลทำให้ไม้มีการสูญเสียน้ำหนักไม้น้อยกว่าไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออก อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของสารเคมีในการป้องกันเชื้อราทำลายไม้ (effective value)ของ CCA ในไม้ยูคาลิปตัสทุกชั้นอายุจากทั้งสองพื้นที่ พบว่า หากนำไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกที่มีอายุน้อย เช่น อายุ 3 ปีมาใช้ประโยชน์ โดยผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยการอัดสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ให้ได้รับปริมาณและความเข้มข้นของสารเคมีอย่างเหมาะสม จะมีประสิทธิภาพด้านทานการทำลายของเชื้อราได้ไม่แตกต่างจากไม้ยูคาลิปตัสที่มีอายุ 10 ปี และความทนทานเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เท่าของไม้ปกติ

คำหลัก : ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส, การเสื่อมสภาพทางชีววิทยา, เชื้อราทำลายไม้, กลสมบัติไม้, สารป้องกันรักษาเนื้อไม้

ABSTRACT

Five samples of different wood aging classes (3, 5, 7, 8 and 10 years) of *Eucalyptus camal dulensis* selected from northeasthern and easthern parts of Thailand were verified to establish the impacts of biodeterioration and preservation on wood mechanical properties. The experiment was carried out in accordance with Agar-block method. These tested blocks were exposed to 7 species of wood destroying fungi, *Lentinus squarrosulus, Lenzites adusta, Loweporus medullae-panis, Pycnoporus sanguineus, Rigidoporopsis amylospora, Gloeophyllum sepiarium* and Gloeophyllum striatum at room temperature condition and maintained in the 4 month-incubation period . After treatment, the samples were evaluated in term of percentage weight loss. The results revealed that the younger age of wood samples (3, 5, 7 years) were susceptible to fungi attack and had more than 30 % average weight loss, compare to "perishable level". However, the old aged wood (8 and 10 years) showed even less effect and had a tendency to perform higher level of natural durability.

Study on wood decay fungi impacts on mechanical properties demonstrated that the species of fungi and tree ages were the factors affected on timber strength. Additionally, the northeasthern timber showed the averages of bending strength (MOR) and elastic property (MOE) about 46.33 Mpa and 5555.34 Mpa respectively as well as 48.35% strength loss. The eastern timber, nevertheless, appeared that the MOR and MOE were about 37.44 Mpa and 6924.93 Mpa. The strength loss of wood samples were 62.33%. It was, moreover, noted that the younger aged timber samples had lower strength than those of the older ones. Variations in specific gravity of wood effected directly on timber ages, as a result , the higher specific gravity ones had a tendency to show higher strength than those of the lower ones.

The correlation investigation among the level of thinning-timber ages, weight losses, strength including specific gravity revealed that the ages of wood had linear correlation with weight losses and those wood properties.The weight losses and wood strengths could be, moreover, used as predicted index from linear regression equation by means of wood age, MOE and specific gravity as predictors for evaluation of wood quality before manufacturing.

Protective study of *Eucalyptus camaldulensis* against wood destroying fungi was carried out by using Tanalith C wood preservatives contained copper chrome arsenate (CCA). The 4 ages of wood specimen (3, 5, 7-8 and 10 years) from northeasthern and easthern were treated under vacuum process with 3% concentration of CCA compared with control (CCA 0%). After exposed to 4 species of decayed fungi

Pycnoporus sanguineus, Loweporus medullae - panis, Gloeophyllum sepiarium and Gloeophyllum striatum) for 4 months, the result revealed higher durability in all treated wood than those of control wood. Comparing the effective value against tested fungi it was found no significant differences between all ages of treated eucalyptus wood from both regions of Thailand. The preservative effectiveness of treated wood was dependent on the retention and penetration of the treating chemicals.This meant that after loading with appropiate amount and concentration of wood preservatives, the young eucalyptus woods (3, 5, 7-8 years) would have as same potential ability to prevent destroying fungi as the treated 10 years old wood and the artificial durability was finally increased by 5 times of natural durability.

Key words : *Eucalyptus camaldulensis*, Biodeterioration, Wood destroying fungi, Mechanical properties, Wood preservative

คำนำ

ผลกระทบจากการลักลอบตัดไม้ทำลายป่า ส่งผลให้ไม้ที่มีคุณภาพลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณไม้ใช้สอยไม่เพียงพอกับความต้องการภายในประเทศ จึงมีการนำเข้าไม้ใช้สอยในช่วงปี 2537- 2539 เป็นจำนวนเงิน 74,264 ล้านบาท (ส่วนศูนย์ข้อมูลกลาง, 2541) ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาการขาดแคลนไม้ และปัญหาเศรษฐกิจของประเทศ หน่วยงานภาครัฐจึงมีนโยบายส่งเสริมการปลูกป่า และได้เริ่มโครงการในปี พ.ศ. 2537 - 2541 โดยหวังว่าจะช่วยลดการขาดแคลนไม้ใช้สอยของประเทศได้ในอนาคต จากสถิติการนำเข้าไม้ท่อนและไม้แปรรูปในช่วงปี พ.ศ. 2539 - 2541 มีจำนวน 14.5 ล้านลูกบาศก์เมตร และในช่วงปี พ.ศ. 2542 - 2545 มีการนำเข้าไม้ใช้สอยจำนวน 7.6 ล้านลูกบาศก์เมตร จะเห็นได้ว่าปริมาณการนำเข้าไม้ใช้สอยลดลงถึง 50% ดังนั้นเพื่อให้การใช้ประโยชน์ไม้สวนป่าได้คุ้มค่าจำเป็นต้องอาศัยหลักการทำสวนป่า คือ การนำไม้ตัดสางขยายระยะในรอบตัดฟันต่างๆ มาใช้ประโยชน์และให้ผลตอบแทนสูง

สำหรับไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการปลูกสวนป่าและเอกชนทั่วไป มีประมาณมากเพียงพอที่สามารถนำมาสร้างมูลค่าเพิ่มไม้ โดยเฉพาะไม้ตัดสางขยายระยะตัดฟัน 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี และ 10 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้ประโยชน์ ดังนั้น เพื่อให้การพัฒนาการใช้ประโยชน์จากไม้สวนป่าหรือไม้เศรษฐกิจ ซึ่งมีขนาดเล็กในรอบตัดฟันต่างๆ ต้องอาศัยหลักการความร่วมมือจากนักวิจัยหลายสาขา เพื่อศึกษาถึงความแตกต่างหรือความสัมพันธ์กันของไม้ตัดสางระยะในการพัฒนาแนวทางการเพิ่มมูลค่าไม้ให้สูงขึ้น และใช้เป็นข้อมูลในการตอบปัญหาของเกษตรกรและผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ไม้

โดยธรรมชาติของไม้โตเร็ว และมีอายุน้อยจะมีความทนทานตามธรรมชาติต่ำ เนื่องจากเนื้อไม้ส่วนใหญ่เป็นกระพี้มากกว่าแก่น จึงอ่อนแอต่อการถูกทำลายจากเชื้อราและแมลงได้ง่าย ลักษณะของไม้ที่ถูกทำลายจะแสดงอาการผิดปกติให้เห็นอย่างชัดเจน เช่น ไม้ที่ถูกเชื้อราเข้าทำลายจะมีสีเนื้อไม้ซีดหรือเข้มขึ้น เนื้อไม้อ่อนตัว ความหนาแน่นเปลี่ยนแปลง ความแข็งแรงลดลง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการรับน้ำหนักของไม้ ในด้านโครงสร้างจึงต้องระมัดระวังการหักโค่น เมื่อไม้ได้รับแรงกระแทก เป็นผลจากไม้สูญเสียกลสมบัติ มีนักวิจัยเกี่ยวกับไม้นิยมศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไม้ด้านกลสมบัติเพื่อประเมินความแข็งแรงของไม้ โดยอาศัยปัจจัยต่างๆ ประกอบ เช่น ชนิดของไม้ ปริมาณความชื้น อุณหภูมิ และอายุของไม้ นอกจากนั้นยังศึกษาถึงความสัมพันธ์ของการสูญเสียน้ำหนัก และกลสมบัติของไม้ภายหลังถูกเชื้อราเข้าทำลายซึ่ง Hennigsson (1967) ได้ทดสอบความแข็งแรงของไม้ birch ที่ถูกเชื้อรา Fomitopsis pinicola เข้าทำลายภายหลังจากสัมผัสเชื้อราผุสีน้ำตาล น้ำหนักในระยะ 2 สัปดาห์ มีการสูญเสียความต้านทานการรับน้ำหนักถึง 47% ในขณะที่มีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 7% และเมื่อสัมผัสกับราผุอ่อนมีการสูญเสียความแข็งแรง 59% มีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 6% แสดงว่า การเสื่อมสภาพของไม้จากเชื้อรามีผลต่อคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของไม้อย่างชัดเจน ขณะที่การสูญเสียน้ำหนักของไม้ในระยะแรกของการเสื่อมสภาพไม่สามารถชี้ถึงสถานภาพการเสื่อมสภาพได้เด่นชัด ซึ่งเป็นปัญหาในการประเมิน ความทนทานตามธรรมชาติของไม้ ระยะเวลาในการใช้งาน และความแข็งแรงของไม้ในการรับแรง

การศึกษาการเสื่อมสภาพของไม้ภายหลังจากเชื้อราเข้าทำลาย จะส่งผลกระทบทางชีววิทยา ทางกลสมบัติ และทางฟิสิกส์เกิดขึ้นเป็นลูกโซ่ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ไม้มีคุณภาพต่ำกว่าไม้ปกติ โดยเฉพาะไม้ที่มีอายุน้อยหรือไม้โตเร็วจากป่าปลูกที่มีอายุประมาณ 3-7 ปี เนื้อไม้เจริญเติบโตไม่เต็มที่ มีสภาพที่เรียกว่าไม้ติดไส้ จึงมีปัญหาในการใช้ประโยชน์ และมีส่วนของกระพี้มากกว่าแก่น จึงเป็นจุดเด่นให้ไม้อายุน้อยอ่อนแอต่อการถูกทำลายจากศัตรูทำลายไม้ได้ง่าย ดังนั้นจำเป็นต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของไม้อายุน้อยให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับไม้อายุมาก โดยอาศัยเทคโนโลยีการใช้สารเคมี หรือไม่ใช้สารเคมีเข้ามามีบทบาทในการยืดอายุการใช้งานของไม้

ดังนั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยา และทางกลสมบัติของไม้ในการรับน้ำหนัก โดยมีปัจจัยของระดับชั้นอายุไม้ ชนิดของเชื้อรา และแหล่งปลูก เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุไม้ และชนิดของเชื้อรากับการเสื่อมสภาพ และความแข็งแรงของไม้ เพื่อประกอบการวิเคราะห์และพยากรณ์ความแข็งแรง หรือการเสื่อมสภาพของไม้ก่อนการตัดสินใจคัดเลือกไม้มาใช้ประโยชน์ให้สอดคล้องกับกลสมบัติของไม้และมีประสิทธิภาพในการใช้งานต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. อุปกรณ์ (Materials)

1.1 ตัวอย่างไม้ทดลอง

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี ในสวนป่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกของประเทศ อายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี

1.2 ขนาดไม้ตัวอย่างทดลอง

2 x 2 x 1 เซนติเมตร	สำหรับทดสอบความทนทานตามธรรมชาติ
2.5 x 5 x 1.5 เซนติเมตร	สำหรับทดสอบสารเคมีรักษาเนื้อไม้
2 x 2 x 30 เซนติเมตร	สำหรับทดสอบกลสมบัติของไม้ก่อนและหลังถูกเชื้อราทำลาย

1.3 ชนิดเชื้อราทำลายไม้

เชื้อราชนิดราผุสีขาว (white - rot fungi) จำนวน 5 species

- Lentinus squarrosulus
- Lenzites adusta
- Loweporus - medullae - panis
- Pycnoporus sanguineus
- Rigidoporopsis amylospora เชื้อราชนิดราผุสีน้ำตาล (brown - rot fungi) จำนวน 2 species
- Gloeophyllum sepiarium
- Gloeophyllum striatum (5/42)

1.4 สารเคมีรักษาเนื้อไม้

Tanalith /C ความเข้มข้น 3% ประกอบด้วย Copper Chrome Arsenate (CCA)

1.5 อาหารเทียม โดยมีสัดส่วนของ malt extract : agar : distilled water : 3 : 2 : 100

1.6 หม้อนึ่งความดันไอน้ำ

1.7 ขวดทดลอง (Kolle / flask)

1.8 เครื่องชั่ง

2 วิธีการทดลอง (Methods)

2.1 การเตรียมอาหารเทียมสำหรับเพาะเลี้ยงเชื้อราทดสอบ

เตรียมอาหารเทียม malt extract agar ทำการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งไอน้ำความดัน 15 ปอนด์ / ตารางนิ้ว ระดับอุณหภูมิ 121°C นาน 20 นาที เทอาหารเทียมใส่ขวดทดลอง เมื่ออาหารแข็งตัวทำการเพาะเลี้ยงเชื้อราทดสอบบ่มไว้ที่ระดับอุณหภูมิห้องจนกระทั่งเส้นใยของเชื้อราเจริญเต็มขวดทดลอง เพื่อทดสอบความทนทานตามธรรมชาติ ประสิทธิภาพของสารป้องกันรักษาเนื้อไม้และ feeder strip เพื่อทดสอบความแข็งแรงในการรับแรงของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

2.2 การเตรียมไม้ทดลอง

2.2.1 เตรียมไม้ทดลองขนาด 2 x 2 x 1 เซนติเมตร จำนวน 4 ชั้นอายุ คือ 3, 5, 7 และ 10 ปี สำหรับทดสอบความทนทานตามธรรมชาติของไม้ต่อเชื้อรา และความรุนแรงของเชื้อราในการเข้าทำลายไม้

นำไม้ทดลองอบแห้งที่ระดับอุณหภูมิ 100 +/- 5°C ซึ่งหาน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไม้ไปนึ่งฆ่าเชื้อ ด้วยหม้อนึ่งไอน้ำ ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 25 นาที นำไม้เข้าขวดทดลอง ซึ่งเตรียมจากข้อ 2.1 โดยวิธี aseptic technique วางชิ้นไม้ให้สัมผัสกับเชื้อรามากที่สุด ปิดปากขวดทดลองด้วยจุกสำลีให้สนิท บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 4 เดือน ไม้แต่ละชั้นอายุ ใช้จำนวนซ้ำ 10 ซ้ำ/เชื้อรา ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง นำไม้ออกจากขวดทดลอง ทำความสะอาดชิ้นไม้ และอบแห้งที่ระดับอุณหภูมิ 100 +/- 5°C ชั่งหาน้ำหนักคงที่ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก โดยเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งของไม้ก่อนทดสอบ ซึ่งใช้ประเมินค่าความทนทานตามธรรมชาติของไม้ความรุนแรงของเชื้อราในการเข้าทำลายไม้ และระดับอายุการใช้งาน

2.2.2 เตรียมไม้ทดลองขนาด 2.5 x 5 x 1.5 เซนติเมตร จำนวน 4 ชั้นอายุ คือ 3,5,7 และ10 ปี สำหรับทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันรักษาเนื้อไม้

นำไม้ทดลองชั้นอายุละ 5 ซ้ำอบแห้งที่ระดับอุณหภูมิ 100 +/- 5°C ชั่งหาน้ำหนักคงที่ (T1) นำไม้ทดลองแช่ในสารเคมีรักษาเนื้อไม้ จากนั้นนำเข้าตู้สูญญากาศความดัน 28.5 นิ้วปรอท โดยทำระบบสูญญากาศนาน 30 นาที จากนั้นปิดระบบสูญญากาศ ให้ไม้แช่ในสารป้องกันรักษาเนื้อไม้อีก 30 นาที จนกระทั่งตัวอย่างชิ้นไม้ดูดซับสารเคมีจนอิ่มตัว นำไม้วางบนตระแกรง ชั่งน้ำหนักทันที (T2) ผึ่งแห้งในกระแสอากาศ 2 - 3 วัน ชั่งน้ำหนัก (T3) อีกครั้งหนึ่ง ทำการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งไอน้ำ และนำไม้ทดลองทดสอบกับเชื้อรา การดำเนินงานทำเช่นเดียวกับข้อ 2.2.1 สำหรับชุดเปรียบเทียบ (Control) ใช้น้ำกลั่นแทนสารเคมี บ่มไว้ที่ระดับอุณหภูมิห้องนาน 4 เดือน เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำไม้ออกจากขวดทดลองทำความสะอาดชิ้นไม้ อบแห้งที่ระดับอุณหภูมิ 100 +/- 5°C ชั่งหาน้ำหนักคงที่ (T4) เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อัดสารเคมีรักษาเนื้อไม้

2.2.3 เตรียมไม้ทดลองขนาด 2 x 2 x 30 เซนติเมตร เพื่อทดสอบความแข็งแรงในการรับแรงของไม้ก่อนและหลังถูกเชื้อราเข้าทำลาย

เตรียมไม้ทดลองชั้นอายุละ 10 ซ้ำ เข้าทดสอบกับเชื้อราในกระบะทดสอบโดยรักษาความชื้นด้วย Vermiculite เติมน้ำให้ Vermiculite ดูดซับจนอิ่มตัว จากนั้นทำการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ นาน 25 นาที เท Vermiculite ให้กระจายทั่วกระบะทดสอบ นำตัวอย่างชิ้นไม้เรียงเป็นแนวขนาน โดยมี feeder strip เป็น inoculum วางชิ้นไม้ให้ประกบกันแบบ sandwitch ให้ feeder strip อยู่ระหว่างชิ้นไม้ทดลอง ปิดฝากระบะให้สนิท บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 4 เดือน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำไม้ออกจากกระบะทดสอบ ทำความสะอาดตัวอย่างชิ้นไม้ จากนั้นผึ่งไม้ให้แห้งในกระแสอากาศ เพื่อทดสอบความแข็งแรงในการรับแรง

2.2.4 การทดสอบกลสมบัติของไม้ก่อนและหลังถูกเชื้อเข้าทำลาย

นำชิ้นไม้ทดสอบจากข้อ 2.2.3 ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง นำไม้วางบนเครื่องทดสอบกำลังไม้ โดยให้แท่นรองรับชิ้นไม้ห่างกัน 28 เซนติเมตร และมีน้ำหนักกดลงด้วยหัวกดน้ำหนักตรงกึ่งกลางชิ้นไม้ทดสอบ ซึ่งเคลื่อนที่กดลงอย่างช้าๆด้วยอัตราเร็วของหัวกดเท่ากับ 0.6 ซม./นาที กดน้ำหนักจนชิ้นไม้ทดสอบแตกหัก เครื่องมือทดสอบจะให้ค่าเกณฑ์การแตกร้าว (modulus of rupture / MOR) และเส้นกราฟระหว่างระยะกับแรงที่กระทำกับชิ้นไม้ ซึ่งสามารถนำไปคำนวณค่าเกณฑ์ความยืดหยุ่น คือ

ค่าเกณฑ์ความยืดหยุ่น (modulus of elasticity / MOE)

$$MOE = \frac{P_{\Delta} \; L^3}{4 \; Dbd^3}$$

เมื่อ P_{max} = แรงที่จุดสูงสุด (N.)

P_{Δ} = แรงที่ขีดจำกัดคืนรูป D (N.)

PL = แรงที่จุดอัตราเร่งลดลง (N.)

L = ระยะแท่นรอง (ยาว 280 mm.)

b = ความกว้างของชิ้นไม้ทดสอบ (mm.)

d = ความหนาของชิ้นไม้ทดสอบ (mm.)

D = ระยะค่าการเสียรูปที่ขีดจำกัดคืนรูป (mm.)

2.3 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม้ที่สูญเสีย

ภายหลังสิ้นสุดการทดลองคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้เพื่อประเมินความทนทานตามธรรมชาติของไม้ และอายุการใช้งาน โดยใช้สูตร

$$\% \text{ wt. loss} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100$$

เมื่อ w_1 = น้ำหนักคงที่ของไม้ก่อนทดลอง

w_2 = น้ำหนักคงที่ของไม้หลังทดลอง

ระดับความทนทานตามธรรมชาติเปรียบเทียบกับอายุการใช้งาน

% การสูญเสียน้ำหนัก	ระดับความทนทานตามธรรมชาติ	ระดับอายุการใช้งาน
น้อยกว่า 1 %	ทนทานมาก (VD)	มากกว่า 15 ปี
1-5%	ทนทาน (D)	10 - 15 ปี
5-10%	ทนทานปานกลาง (MD)	5 - 10 ปี
10-30%	ไม่มีความทนทาน (ND)	2 - 5 ปี
มากกว่า 30%	ผุพัง (P)	น้อยกว่า 2 ปี

2.4 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของสารเคมี

$$\% \text{ Efficiency value} = \frac{\text{Control - Treated}}{\text{Control}} \times 100$$

เมื่อ Control = ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักไม้ที่สูญเสียชุดเปรียบเทียบ

Treated = ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักไม้อัดสารเคมีที่สูญเสียหลังทดสอบ

2.5 ค่าการดูดซึมสารเคมีของชิ้นไม้ทดลอง

$$\text{Retention} = \frac{G\ C}{V} \times 100$$

เมื่อ G = $T_2 - T_1$

C = ความเข้มข้นสารเคมีรักษาเนื้อไม้

V = ปริมาตรของไม้ทดลอง (cm^3)

2.6 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่สูญเสีย และค่าความแข็งแรง ด้วยวิธี Multiple Range's Test ของ DUNCAN ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเชื้อรา และชั้นอายุไม้กับน้ำหนักที่สูญเสีย และความถ่วงจำเพาะ โดยประเมินจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และความถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear regression) เพื่อพยากรณ์การเปลี่ยนแปลง ด้านชีววิทยาและด้านกลสมบัติของไม้

ผลการทดลอง

1. ศึกษาการเสื่อมสภาพของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ที่ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ10 ปี ในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และที่ชั้นอายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี ในท้องที่ภาคตะวันออก ภายหลังถูกเชื้อราทำลาย

ผลการเสื่อมสภาพของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภายหลังถูกทำลายโดยเชื้อรา 7 species ได้แก่ *Lentinus squarrosulus, Lenzites adusta, Loweporus medullae-panis, Pycnoporus saguineus, Rigidoporopsis amylospora, Gloeophyllum sepiarium* และ *G. striatum* (5/42) แสดงออกในรูปเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งใช้ประเมินระดับความทนทานตามธรรมชาติ และอายุการใช้งานของไม้ได้ค่อนข้างแม่นยำ จากตารางที่ 1 พบว่าไม้ยูคาลิปตัสจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ชั้นอายุ 3 ปี, 5 ปี และ 7 ปี อ่อนแอต่อการถูกทำลายจากเชื้อราทั้ง 7 species ในระดับผุพัง (ภาพที่ 1) มีค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก (G.M.) 43.74.%, 42.98% และ 31.30% ตามลำดับ มีอายุการใช้งานโดยประมาณน้อยกว่า 2 ปี ในขณะที่ไม้อายุมากขึ้นถึง 10 ปี มีค่าเฉลี่ยของการสูญเสียน้ำหนักเพียง 3.11% ซึ่งชี้ให้เห็นว่าไม้มีความทนทานต่อเชื้อราและมีอายุการใช้งานโดยประมาณ 10-15 ปี

จากตารางที่ 2 เป็นค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ยูคาลิปตัสจากภาคตะวันออกที่ระดับชั้นอายุ 3 ปี 5 ปี 8 ปี และ 10 ปี (ภาพที่ 2) พบว่าไม้อายุ 3 ปี และ 5 ปี อ่อนแอต่อเชื้อราทั้ง 7 species มีค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก 55.32% และ 46.34% แสดงว่าไม้มีสภาพผุพัง อายุการใช้งานน้อยกว่า 2 ปี ในทางกลับกัน เมื่อไม้มีอายุมากขึ้นที่ชั้นอายุ 8 ปี และ 10 ปี การถูกทำลายจะลดลง มีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 5.69% และ1.26% แสดงว่าไม้มีความทนทานเพิ่มขึ้นมีอายุการใช้งาน 5-10 ปี และ 10-15 ปี ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเฉลี่ยที่สูญเสีย เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของชั้นอายุไม้และชนิดของเชื้อราว่าจะส่งผลให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักของไม้แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร ทั้งนี้โดยมีสมมติฐานการวิจัย 2 ประเด็น คือ

1. เชื้อราแต่ละชนิดสามารถเข้าทำลายไม้ได้แตกต่างกันหรือไม่
2. ชั้นอายุของไม้มีอิทธิพลต่อการเสื่อมสภาพจากเชื้อราหรือไม่

Table 1. The average weight loss of *Eucalyptus camaldulensis* from northeasthern part of Thailand after laboratory exposed to wood destroying fungi.

Fungal species	% weight loss				Durability levels				Service life			
	wood age level (years)				wood age level (years)				wood age level (years)			
	3	5	7	10	3	5	7	10	3	5	7	10
1. *Lentinus squarrosulus*	59.66	49.20	33.32	1.37	P	P	P	D	Less than 2 years	Less than 2 years	Less than 2 years	10-15 years
2. *Lenzites adusta*	27.51	28.05	30.63	26.80	ND	ND	ND	D	2-5 years	2-5 years	2-5 years	10-15 years
3. *Loweporus medullae-panis*	54.41	55.32	26.80	4.92	P	P	P	D	Less than 2 years	Less than 2 years	Less than 2 years	10-15 years
4. *Pycnoporus sanguineus*	43.65	35.20	33.72	2.62	P	P	P	D	Less than 2 years	Less than 2 years	Less than 2 years	10-15 years
5. *Rigidoporopsis amylospora*	31.08	53.59	33.79	5.29	P	P	P	D	Less than 2 years	Less than 2 years	Less than 2 years	10-15 years
6. *Gloeophyllum sepiarium*	46.39	28.51	25.52	3.31	P	ND	ND	D	Less than 2 years	2-5 years	2-5 years	10-15 years
7. *Gloeophyllum striatum* (5/42)	43.46	50.99	35.30	1.97	P	P	P	D	Less than 2 years	Less than 2 years	Less than 2 years	10-15 years
Total	**G.M = 43.74**	**G.M = 42.98**	**G.M = 31.30**	**G.M = 3.11**	P	P	P	D	Less than 2 years	Less than 2 years	Less than 2 years	10-15 years

Table 2. The average weight loss of *Eucalyptus camaldulensis* from easthern part of Thailand after laboratory exposed to wood destroying fungi.

Fungal species	% weight loss				Durability levels				Service life			
	wood age level (years)				wood age level (years)				wood age level (years)			
	3	5	8	10	3	5	8	10	3	5	8	10
1. *Lentinus squarrosulus*	53.24	48.35	4.22	1.28	P	P	D	D	Less than 2 years	Less than 2 years	Less than 2 years	10-15 years
2. *Lenzites adusta*	48.82	21.47	6.81	1.24	P	ND	MD	DD	2-5 years	2-5 years	2-5 years	10-15 years
3. *Loweporus medullae-panis*	63.16	47.18	6.10	0.58	P	P	MD	VD	Less than 2 years	Less than 2 years	Less than 2 years	10-15 years
4. *Pycnoporus sanguineus*	68.66	47.18	6.68	1.12	P	P	MD	D	Less than 2 years	Less than 2 years	Less than 2 years	10-15 years
5. *Rigidoporopsis amylospora*	62.67	41.17	4.16	1.06	P	P	D	D	Less than 2 years	Less than 2 years	Less than 2 years	10-15 years
6. *Gloeophyllum sepiarium*	42.29	34.35	5.38	2.03	P	N	MD	D	Less than 2 years	2-5 years	2-5 years	10-15 years
7. *Gloeophyllum striatum* (5/42)	48.40	37.49	6.49	1.53	P	P	MD	D	Less than 2 years	Less than 2 years	Less than 2 years	10-15 years
Total	**G.M = 55.32**	**G.M = 46.34**	**G.M = 5.69**	**G.M = 1.26**	P	P	MD	D	Less than 2 years	Less than 2 years	Less than 2 years	10-15 years

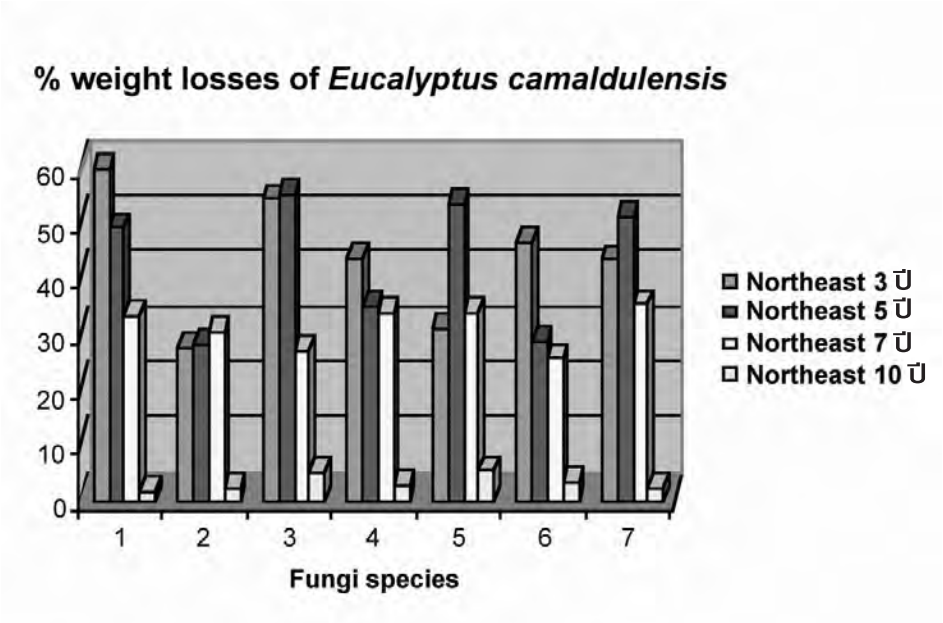


Figure 1 Graphs showing percentage weight losses of *Eucalyptus camaldulensis* from northeasthern in relation to wood age level after exposure to 7 species destroying fungi

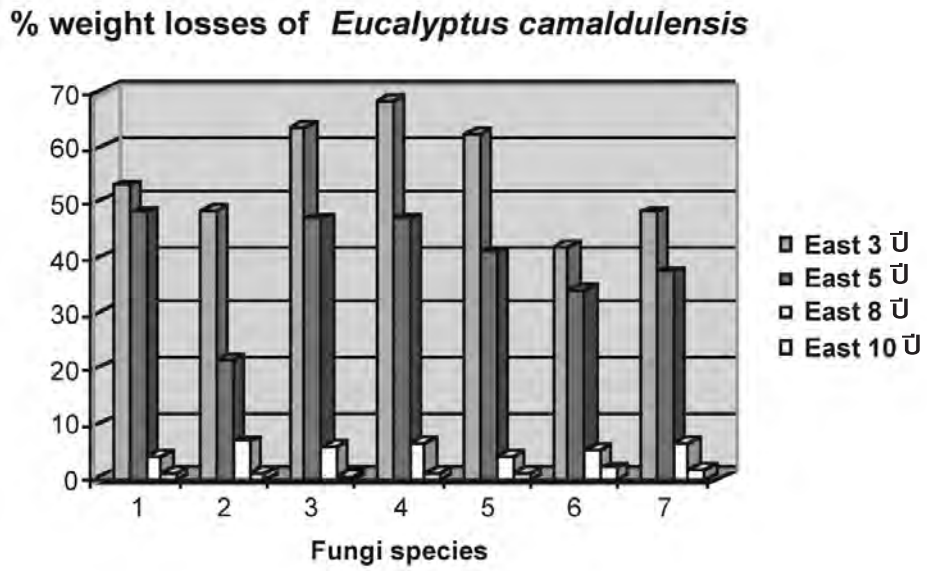


Figure 2 Graphs showing percentage weight losses of *Eucalyptus camaldulensis* from easthern in relation to wood age level after exposure to 7 species destroying fungi

หมายเหตุ : 1. *Lentinus squarrosulus*
2. *Lenzites adusta*
3. *Loweporus medullae-panis*
4. *Pycnoporus sanguineus*
5. *Rigidoporopsis amylospora*
6. *Gloeophyllum sepiarium*
7. *Gloeophyllum striatum* (5/42)

ผลสรุปการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียน้ำหนักของไม้ ภายหลังถูกเชื้อราเข้าทำลาย พบว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกของประเทศมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในแต่ละท้องที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (Sig.=0.000) เมื่อพิจารณาระดับชั้นอายุของไม้ทั้ง 4 ระดับคือ 3, 5, 7 และ 10 ปี มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig.=0.000) นอกจากนั้นชนิดของเชื้อรา และระดับชั้นอายุของไม้ที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig.=0.000) คือ ชนิดของเชื้อราทำให้ไม้สูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับระดับชั้นอายุของไม้ในขณะเดียวกัน ระดับชั้นอายุมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของไม้แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ย่อมขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อราด้วย

จากความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่สูญเสีย สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างได้โดยมีชนิดของเชื้อรา และระดับชั้นอายุของไม้เป็นตัวแปรอิสระ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test เพื่อตรวจสอบว่า เชื้อราชนิดใด และระดับชั้นอายุใดที่อ่อนแอหรือทนทานต่อเชื้อรามากที่สุด ดังตารางที่ 3 และ 4

Table 3. Compare mean differences of percentage weight loss on eucalyptus after treated with fungi by Duncan's new multiple range test at signicant different α = 0.05

Fungal Species	% Weight loss	
	Northeasthern	Easthern
1. *Lentinus squarrosulus*	35.89^{b}	35.89^{bc}
2. *Lenzites adusta*	22.12^{a}	19.59^{a}
3. *Loweporus medullae-panis*	35.36^{b}	30.31^{c}
4. *Pycnoporus sanguineus*	28.80^{ab}	30.94^{c}
5. *Rigidoporopsis amylospora*	30.94^{ab}	32.27^{c}
6. *Gloeophyllum sepiarium*	25.93^{ab}	22.09^{a}
7. *Gloeophyllum striatum* (5/42)	32.93^{b}	24.38^{ab}
Average	**30.28**	**26.87**

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า มีเชื้อราอย่างน้อย 1 คู่ ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกัน ผลการทดสอบด้วยวิธี DUNCAN สรุปได้ว่า กลุ่มใดที่มีสัญลักษณ์อักษรเหมือนกัน จะไม่มีความแตกต่างกัน และจะมีสัญลักษณ์อักษรแตกต่างกันในกลุ่มที่มีความแตกต่างกัน จะเห็นได้ว่า ไม้ยูคาลิปตัส ในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการสูญเสียน้ำหนักโดยเฉลี่ยมากกว่าไม้จากภาคตะวันออก

ในทำนองเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่สูญเสีย โดยจำแนกตามระดับชั้นอายุของไม้ พบว่าไม้ที่มีอายุมากจะทนทานต่อการเสื่อมสภาพจากการเข้าทำลายของเชื้อราได้ดีกว่าไม้อายุน้อย ดังตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าไม้ยูคาลิปตัส ในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ระดับชั้นอายุ 5 ปี และ 3 ปี จะอ่อนแอต่อเชื้อราทำลายไม้ โดยมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ไม้ยูคาลิปตัสจากท้องที่ภาคตะวันออกของประเทศ ทุกระดับชั้นอายุ มีความทนทานและอ่อนแอต่อเชื้อราแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 4. Compare mean differences of percentage weight loss on eucalyptus after exposured to fungi with different wood ages by Duncan's multiple range test at α = 0.05

Age of Wood	% Weight losses	
	Northeasthern	Easthern
10	3.11[a]	1.28[a]
7,8	31.30[b]	8.78[b]
5	42.98[c]	39.60[c]
3	43.74[c]	57.80[c]

2. ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและเชิงฟิสิกส์ของไม้ภายหลังถูกเชื้อราเข้าทำลาย

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลของไม้ซึ่งประกอบด้วยค่าโมดูลัสการแตกหัก (MOR) และโมดูลัสการยืดหยุ่น (MOE) ส่วนคุณสมบัติเชิงฟิสิกส์ ได้แก่ ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) โดยมีชนิดของเชื้อรา 7 species และระดับชั้นอายุของไม้ 4 ชั้นอายุ เป็นตัวแปรอิสระ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ สรุปได้ ดังนี้

1. ไม้ยูคาลิปตัส ท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้รับอิทธิพลจากชนิดของเชื้อรา และระดับชั้นอายุของไม้ ส่งผลกระทบให้ค่าความแข็งแรง และความถ่วงจำเพาะของไม้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 นอกจากนั้นชนิดของเชื้อรา และระดับชั้นอายุของไม้ที่แตกต่างกัน มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig. มีค่าน้อยกว่า 0.05)

2. ไม้ยูคาลิปตัส ท้องที่ภาคตะวันออกของประเทศ ได้รับผลกระทบจากชนิดของเชื้อรา และระดับชั้นอายุของไม้ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งแรง และความถ่วงจำเพาะของไม้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างชนิดของเชื้อรา และระดับชั้นอายุของไม้ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งแรงและค่าความถ่วงจำเพาะจะแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ไม่ขึ้นกับชนิดของเชื้อรา และระดับชั้นอายุของไม้

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกหัก แรงต้านทานการเสียรูป และความถ่วงจำเพาะของไม้ จำแนกตามชนิดของเชื้อรา และระดับชั้นอายุของไม้ พบว่ามีชนิดของเชื้อรา และระดับชั้นอายุของไม้อย่างน้อย 1 คู่ ที่ให้ค่าเฉลี่ยดังกล่าวแตกต่างกัน ดังตารางที่ 5และภาพที่ 3

จากตารางที่ 5 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์สถิติ ที่มีชนิดของเชื้อราเป็นตัวแปรอิสระมีค่าความแข็งแรง (MOR, MOE) และค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ (Specific gravity) เป็นตัวแปรตาม สรุปผลได้ดังนี้

1. ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรง และความถ่วงจำเพาะของไม้ยูคาลิปตัส จำแนกตามชนิดของเชื้อรา พบว่า ไม้จากท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแรงต้านทานการหัก (46.33 Mpa) มากกว่าไม้จากท้องที่ภาคตะวันออก (37.44 Mpa) นอกจากนั้น ค่าแรงต้านทานการเสียรูปของไม้จากภาคตะวันออกมีค่ามากกว่าไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าใกล้เคียงกัน

2. การสูญเสียคุณสมบัติเชิงกลและเชิงฟิสิกส์ ปรากฏว่าไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการสูญเสียความแข็งแรง (48.35%) และการสูญเสียแรงต้านทานการเสียรูป (36.62%) น้อยกว่าไม้จากภาคตะวันออก ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าความแข็งแรงของไม้จากภาคตะวันออกลดลง 62.3% จากผลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าความแข็งแรงของไม้จะลดลงประมาณ 40-60% ของไม้ปกติ ส่วนค่าความถ่วงจำเพาะของไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการสูญเสียความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับไม้จากภาคตะวันออก

Table 5. Compare mean differences of modulus of rupture modulus of elasticity and specific gravity with different fungi by Duncan' s new multiple range test at α = 0.05

Fungal species	Northeasthern			Easthern		
	MOR	MOE	SG	MOR	MOE	SG
1. *Lentinus squarrosulus*	41.64^{ab}	5778.79^{bc}	0.50^{a}	40.29^{a}	7017.63^{ab}	0.56^{ab}
2. *Lenzites adusta*	52.24^{c}	66.94.46^{bc}	0.56^{a}	41.72^{ab}	7436.03^{b}	0.57^{ab}
3. *Loweporus medullae-panis*	42.70^{ab}	5570.03^{b}	0.53^{ab}	37.82^{a}	7050.23^{ab}	0.57^{ab}
4. *Pycnoporus sanguineus*	45.68^{bc}	5853.79^{bc}	0.55^{ab}	45.50^{ab}	7396.74^{b}	0.57^{ab}
5. *Rigidoporopsis amylospora*	32.28^{a}	5470.15^{b}	0.52^{ab}	38.45^{a}	7370.04^{b}	0.56^{ab}
6. *Gloeophyllum sepiarium*	36.92^{ab}	4230.48^{a}	0.58^{c}	50.31^{b}	6408.47^{ab}	0.63^{b}
7. *Gloeophyllum striatum* (5/42)	46.09^{bc}	5289.65^{b}	0.59^{c}	38.00^{a}	5788.39^{a}	0.63^{b}
Average	**46.33**	**5555.34**	**0.55**	**37.44**	**6923.93**	**0.58**
control	**89.70**	**8764.36**	**0.67**	**99.31**	**11365**	**0.67**
(%) Strength losses	**48.35**	**36.62**	**17.91**	**62.33**	**39.08**	**13.44**

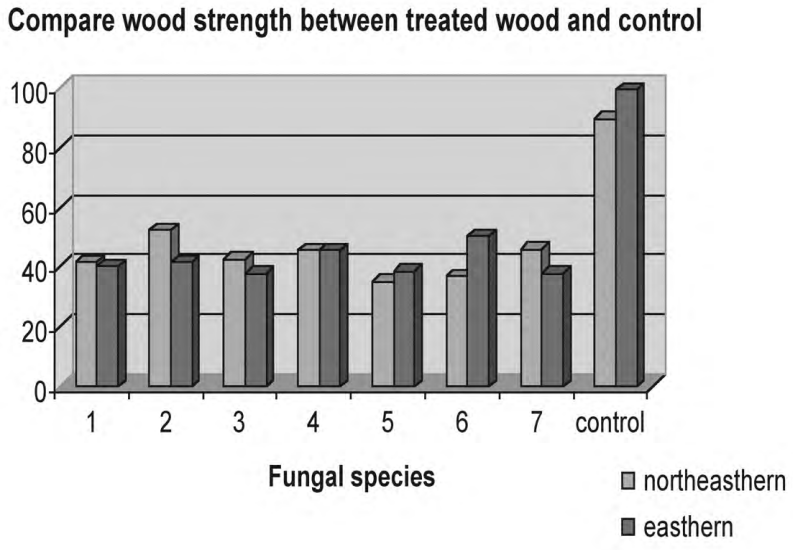


Figure 3. Strength of wood from northeasthern and easthern parts of Thailand after exposed to fungi

Table 6. Compare mean differences by of modulus of rupture modulus of elasticity and specific gravity with different wood aged by Duncan' s new multiple range test at α = 0.05

Location	Wood age (years)	Control			Treatment %			strength loss		
		MOR	MOE	Specific gravity	MOR	MOE	Specific gravity	MOR	MOE	Specific gravity
Northeasthern	3	64.69^{a}	5026.36^{a}	0.63^{ab}	22.68^{a}	3458.29^{a}	0.45^{a}	64.94	31.26	28.60
	5	83.10^{b}	8786.18^{b}	0.56^{a}	29.11^{b}	4382.88^{b}	0.47^{a}	64.97	50.12	16.08
	7	107.56^{c}	11692.54^{c}	0.67^{b}	43.24^{c}	5822.13^{c}	0.53^{b}	59.80	50.12	20.90
	10	103.43^{c}	9552.35^{b}	0.82^{c}	76.71^{d}	8558.03^{d}	0.73^{c}	25.85	10.40	10.98
easthern	3	86.74^{a}	11214.91^{ab}	0.56^{a}	25.05^{a}	5117.16^{a}	0.47^{a}	71.12	54.38	16.08
	5	102.55^{ab}	10190.33^{a}	0.61^{a}	33.02^{b}	6175.40^{a}	0.47^{a}	67.81	39.40	22.95
	8	102.58^{ab}	12507.82^{b}	0.73^{b}	45.52^{c}	8200.86^{c}	0.67^{b}	55.63	34.44	8.22
	10	105.68^{c}	11546.93^{b}	0.79^{c}	63.32^{d}	8202.32^{d}	0.70^{c}	40.09	28.97	11.40

จากตารางที่ 6 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ทางสถิติโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการหัก แรงต้านทานการเสียรูป และค่าความถ่วงจำเพาะ ซึ่งมีระดับชั้นอายุของไม้เป็นตัวจำแนก สรุปได้ ดังนี้

1. ไม้ยูคาลิปตัสจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการหัก แรงต้านทานการเสียรูป และค่าความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันตามชั้นอายุ คือ ไม้อายุน้อย (3 ปี) มีความแข็งแรงต่ำกว่าไม้อายุมาก (5,7 และ10 ปี) (ภาพที่ 4,5) ในทำนองเดียวกัน ค่าความถ่วงจำเพาะของไม้อายุ 3 ปี และ 5 ปี จะแตกต่างจากไม้อายุมาก คือ ไม้ที่มีอายุมากค่าความถ่วงจำเพาะจะสูงกว่าไม้อายุน้อย

2. การสูญเสียคุณสมบัติเชิงกล และเชิงฟิสิกส์ เปรียบเทียบกับไม้ปกติ พบว่า ไม้ที่มีอายุน้อยจะสูญเสียความแข็งแรงและค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าไม้อายุมาก (10 ปี) (ภาพที่ 6) แต่มีข้อสังเกตว่าไม้ยูคาลิปตัสจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นอายุ 5 ปี มีการสูญเสียความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าไม้ที่ชั้นอายุ 7 ปี ส่วนไม้จากภาคตะวันออกที่ชั้นอายุ 3 ปี มีการสูญเสียความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าไม้อายุ 5 ปี ซึ่งในทางทฤษฎี ไม้ที่มีอายุน้อยจะมีการเสื่อมสภาพทางชีววิทยา ทางกลสมบัติ และทางฟิสิกส์ สูงกว่าไม้ที่มีอายุมาก ผลจากการทดลองปรากฏว่าคุณสมบัติทางฟิสิกส์ไม่สอดคล้องกับหลักการดังกล่าว ทั้งนี้ อาจเกิดจากกระบวนการคัดแยกตัวอย่างไม้ทดลอง นอกจากนั้นการวิเคราะห์สถิติ พบว่า ชนิดของเชื้อรา และระดับชั้นอายุของไม้ไม่ปฏิสัมพันธ์กัน จึงมีความเป็นไปได้ว่า ภายหลังจากไม้ชั้นอายุน้อยถูกเชื้อราทำลาย จะมีความแปรปรวนส่งผลกระทบต่อความถ่วงจำเพาะที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างเด่นชัด และอาจขึ้นอยู่กับวิถีการเจริญเติบโตของไม้ในท้องที่ต่างๆ มีผลทำให้คุณสมบัติของไม้แตกต่างกัน

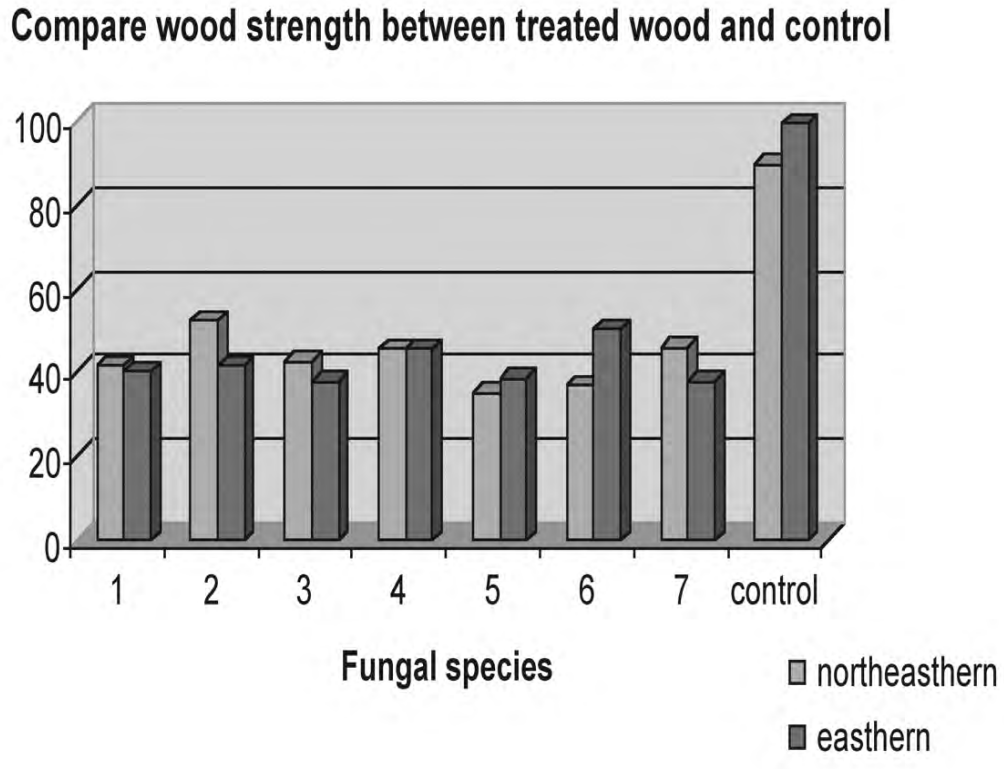


Figure 4. Relation between age and strength of *Eucalyptus camaldulensis* from northeasthern after exposed to fungi

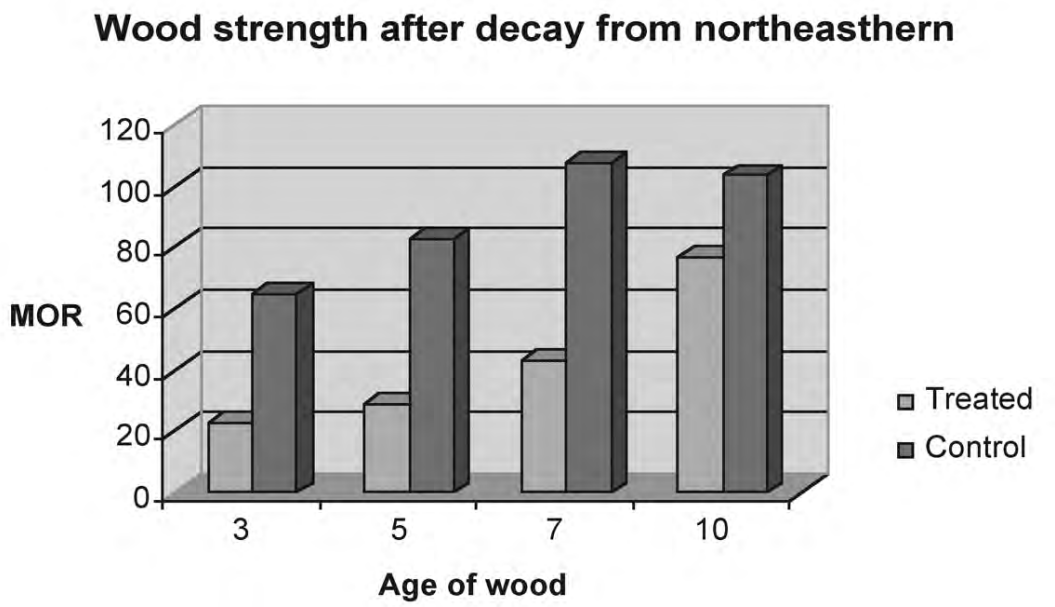


Figure 5. Relation between age and strength of *Eucalyptus camaldulensis* from easthern after exposed to fungi

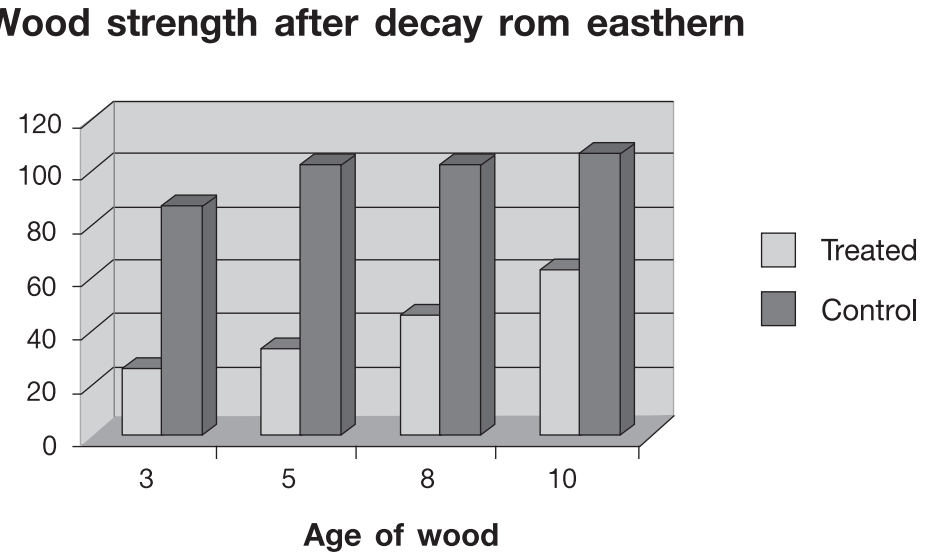


Figure 6. Compare percentage of strength loss of *Eucalyptus camaldulensis* from northeasthern and easthern varies with wood aged

3. ศึกษาความสัมพันธ์ของชนิดเชื้อราและชั้นอายุของไม้ต่อผลด้านชีววิทยาและด้านกลสมบัติไม้

การศึกษาความสัมพันธ์ของชนิดเชื้อราและชั้นอายุของไม้ต่อผลด้านชีววิทยา ซึ่งปรากฏในรูปการสูญเสียน้ำหนัก และด้านกลสมบัติประกอบด้วยค่า MOR, MOE และด้านฟิสิกส์ คือ ค่า Specific gravity ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่เชิงเส้นตรง โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของ Pearson ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งนี้จะไม่มีการระบุว่าตัวแปรใดเป็นสาเหตุทำให้อีกตัวแปรหนึ่งได้รับผลกระทบ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง +1 และ -1 ทั้งนี้ได้กำหนดระดับความสัมพันธ์ 5 ระดับ คือ

r = 0.00 - 0.20 ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง
r = 0.20 - 0.40 มีความสัมพันธ์ต่ำ
r = 0.40 - 0.60 มีความสัมพันธ์ระดับกลาง
r = 0.60 - 0.80 มีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูง
r = 0.80 - 1.00 มีความสัมพันธ์ระดับสูง

3.1 ความสัมพันธ์ของชนิดเชื้อราและชั้นอายุของไม้ต่อผลด้านชีววิทยาและด้านกลสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ สรุปได้ดังนี้

1. ชนิดของเชื้อราไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับการสูญเสียน้ำหนัก ความแข็งแรงของไม้ และความถ่วงจำเพาะ เนื่องจากมีค่า r ต่ำมาก

2. ระดับชั้นอายุของไม้ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทางลบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 กับน้ำหนักที่สูญเสียค่อนข้างสูง (r = -0.706) หมายความว่า ไม้ที่มีอายุน้อยจะมีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าไม้อายุมาก และมีความสัมพันธ์เชิงบวกที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 กับ MOR (r = 0.706), MOE (r = 0.640)และ Specific gravity (r = 0.703) ในระดับค่อนข้างสูง คือ ไม้ที่มีอายุมากส่งผลให้ค่ากลสมบัติของไม้เพิ่มขึ้น

3. ค่า MOR มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับกลาง (r = -0.555) กับค่าน้ำหนักที่สูญเสียหมายความว่า ไม้จะมีแรงต้านทานการหักสูงเมื่อมีการสูญเสียน้ำหนักน้อย และมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่า MOE (r = 0.812) และค่า Specific gravity (r = 0.762) ในระดับสูงและค่อนข้างสูงตามลำดับ

4. ค่า MOE มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับกลางกับค่าน้ำหนักที่สูญสีย (r = -0.512) หมายความว่า ไม้มีแรงต้านทานการเสียรูปมาก เมื่อมีการสูญเสียน้ำหนักน้อย และมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับค่อนข้างสูงกับค่า Specific gravity (r = 0.654)

5. ค่าน้ำหนักที่สูญเสีย มีความสัมพันธ์ในเชิงลบค่อนข้างสูงที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 กับค่า MOR (r = -0.555), MOE (r = -0.512) และค่า Specific gravity (r = -0.612) หมายความว่า เมื่อไม้มีการสูญเสียน้ำหนักมาก ส่งผลให้คุณสมบัติเชิงกลและเชิงฟิสิกส์ลดลง

ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าน้อยกว่า 1 เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อนำค่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันมากำหนดเป็นเส้นตรงที่ผ่านจุดต่างๆ หรือใกล้เคียงกับค่าที่เป็นจริงมากที่สุด วิเคราะห์ได้โดยใช้สมการมาตรฐานเมื่อค่า r น้อยกว่า 1 คือสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) สามารถใช้สมการนี้ทำนายปรากฏการณ์ได้ จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่สูญเสีย ซึ่งกำหนดให้เป็นตัวแปรตามกับอายุของไม้ ความแข็งแรง และความถ่วงจำเพาะ กำหนดให้เป็นตัวแปร อิสระหรือตัวแปรทำนาย พบว่าอายุของไม้และความถ่วงจำเพาะเป็นตัวแปรที่เหมาะสมในการเข้าสมการเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่สูญเสียของไม้ (ตารางที่ 7) สำหรับตัวแปรความแข็งแรงของไม้ซึ่งประกอบด้วย

ค่า MOR และ MOE จะอยู่นอกสมการถดถอย เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยมาตรฐาน (Beta) มีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับระดับอายุ และความถ่วงจำเพาะของไม้ นอกจากนั้นค่า Sig.ของ MOR และ MOE มีค่ามากกว่าระดับนัย สำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักที่สูญเสีย

Table 7. Analysis of linear regression with weight loss of eucalyptus from northeasthern as dependent variable at α = 0.05

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig	r	R^2
	B	Std.Error	Beta				
1. (Constant)	67.83	2.08		32.54	0.000		
Age of wood	-6.00	0.308	-0.760	-19.49	0.000	0.760	0.576
2. (Constant)	73.88	2.975		24.83	0.000		
Age of wood	-5.16	0.428	-0.653	-12.05	0.000	0.768	0.589
Specific gravity	-20.77	7.374	-0.153	-2.82	0.000		

จากตารางที่ 7 จะได้สมการถดถอยเพื่อใช้พยากรณ์การสูญเสียน้ำหนักของไม้หรือการเสื่อมสภาพของไม้ภายหลังถูกเชื้อราเข้าทำลาย โดยอาศัยความสัมพันธ์ของระดับชั้นอายุไม้ และค่าความถ่วงจำเพาะเป็นตัวทำนาย ซึ่งให้ผลสรุปการวิเคราะห์สมการถดถอยได้ 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 เมื่อให้ระดับชั้นอายุของไม้เป็นตัวแปรพยากรณ์ ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักที่สูญเสียได้ 57.6% และได้สมการเชิงเส้น คือ

$$\hat{Y} \text{ (wt.loss)} = 67.83 - 6.00 \text{ X (Age of wood)}$$

หมายความว่า ระดับชั้นอายุมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับน้ำหนักที่สูญเสีย คือ เมื่อระดับชั้นอายุของไม้มากขึ้น 1 ปี จะส่งผลกระทบให้ไม้มีการสูญเสียน้ำหนักลดลง 6%

กรณีที่ 2. เมื่อนำค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มเข้าในสมการถดถอยจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักที่สูญเสียได้ 58.9% และได้สมการถดถอยเชิงเส้น คือ

$$\hat{Y} \text{ (wt.loss)} = 73.88 - 5.16\ X_1 \text{ (Age of wood)} - 20.77\ X_2 \text{ (Specific gravity)}$$

เมื่อพิจารณาสมการถดถอยทั้ง 2 สมการ จะเห็นว่าสมการที่เหมาะสมเพื่อใช้พยากรณ์ค่าการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมสภาพของไม้ คือ สมการที่ 2 อธิบายได้ว่าความถ่วงจำเพาะของไม้มีบทบาทสำคัญต่อ การเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยาของไม้ คือ เมื่อใดก็ตามที่ความถ่วงจำเพาะของไม้เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะส่งผลให้ การเสื่อมสภาพของไม้ลดลง 20.7%

ในทำนองเดียวกัน เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทานการหักแรงต้านทาน การเสียรูป ความถ่วงจำเพาะ และชั้นอายุของไม้ จะได้สมการถดถอย 3 กรณี (ตารางที่ 8) คือ

1. $\hat{Y}$ (MOR) = -0.557 + 7829X (MOE)
2. $\hat{Y}$ (MOR) = -28.685 + 5286X_1 (MOE) + 77.302 X_2 (SG)
3. $\hat{Y}$ (MOR) = -28.772 + 4807X_1 (MOE) + 62.192 X_2 (SG) + 1.761 X_3 (Age of wood)

จากสมการถดถอยทั้ง 3 สมการ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่แตกต่างกัน คือ เมื่อนำ ค่า modulus of elasticity เป็นตัวพยากรณ์เข้าสมการสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานการหักได้ 66% คือ ถ้าแรงต้านทานการเสียรูปเพิ่มขึ้น 100 Mpa จะส่งผลให้ค่าแรงต้านทานการแตกหักเพิ่มขึ้น 78.29 Mpa แต่เมื่อนำค่าความถ่วงจำเพาะเข้าสมการถดถอยจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงแรงต้านทานการหักได้ 75.3% ในทำนองเดียวกัน เมื่อนำระดับชั้นอายุของไม้เข้าสมการจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงแรงต้านทานการแตกหัก 76.4% แสดงว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงต้านทานการหัก (MOR) คือ

$\hat{Y}$ (MOR) = -28.772 + 4807X_1 (MOE) + 62.192 X_2 (SG) + 1.761 X_3 (Age of wood)

ซึ่งสรุปได้ว่า เมื่อให้ MOE และ Specific gravity คงที่ จะมีการเปลี่ยนแปลงในทางบวกของระดับชั้นไม้อายุ คือ เมื่อไม้มีอายุเพิ่มขึ้น 1 ปี จะส่งผลต่อ MOR เพิ่มขึ้น 1.76 Mpa ในทำนองเดียวกัน ถ้า Specific gravity เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย จะทำให้ MOR เพิ่มขึ้น 62.19 Mpa และเมื่อ MOE เพิ่มขึ้น 100 Mpa มีผลให้ MOR เพิ่มขึ้น 48.07 Mpa

Table 8. Analysis of linear regression with MOR of eucalyptus from northeasthern as dependent variable at α = 0.05

Predicted variable	B	Std.Error	Beta	t	Sig.	R^2
1. Modulus of elasticity	7829	0.000	0.812	23.21	0.000	0.660
Constant	-0.557	2.127		-0.262	0.794	
2. Modulus of elasticity	5286	0.000	0.548	13.898	0.000	0.753
Specific gravity	77.302	77.302	0.404	10.232	0.000	
Constant	-28.685	3.294		-8.707	0.000	
3.Modulus of elasticity	4807	0.000	0.499	12.170	0.000	0.764
Specific gravity	62.192	8.487	0.325	7.328	0.000	
Age of wood	1.761	0.485	0.158	3.628	0.000	
Constant	-28.772	3.225		-8.928	0.000	

3.2 ความสัมพันธ์ของชนิดเชื้อราและชั้นอายุของไม้ต่อผลด้านชีววิทยาและด้านกลสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสในท้องที่ภาคตะวันออก

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ สรุปได้ ดังนี้

1. ชนิดของเชื้อราไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับการสูญเสียน้ำหนัก ความแข็งแรงและ ความถ่วงจำเพาะของไม้

2. ระดับชั้นอายุของไม้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงค่อนข้างสูงในทางลบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 กับน้ำหนักที่สูญเสีย (r = -0.796) มีความสัมพันธ์ระดับกลางเชิงบวกที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 กับ MOR (r = 0.523) และค่า Specific gravity (r = 0.565) นอกจากนั้นยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกระดับต่ำกับ ค่า MOE (r = 0.358)

3. ค่า MOR มีความสัมพันธ์ระดับต่ำเชิงลบ (r =-0.396) กับค่าน้ำหนักที่สูญเสียและมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงเชิงบวกกับค่า MOE (r = 0.617) และมีความสัมพันธ์เชิงบวกระดับกลางกับค่า Specific gravity (r = 0.493) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

4. ค่า MOE มีความสัมพันธ์เชิงลบระดับต่ำกับค่าน้ำหนักที่สูญเสีย (r =-0.249) มีความสัมพันธ์เชิงบวกค่อนข้างสูงกับค่า MOR (r = 0.617) และมีความสัมพันธ์เชิงบวกระดับต่ำกับค่า Specific gravity (r = 0.383) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

5. ค่าน้ำหนักที่สูญเสียมีความสัมพันธ์เชิงลบระดับต่ำกับค่า MOR (r =-0.396) และค่า MOE (r =-0.249) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ในขณะเดียวกันมีความสัมพันธ์เชิงลบระดับกลางกับค่า Specific gravity (r = -0.511)

ผลการประเมินการสูญเสียน้ำหนักของไม้โดยให้ชั้นอายุ ความแข็งแรง และความถ่วงจำเพาะของไม้เป็นตัวแปรทำนาย สรุปผลการวิเคราะห์พบว่าอายุของไม้และความถ่วงจำเพาะเป็นตัวแปรที่เหมาะสมในการเข้าสมการเพื่อพยากรณ์การเสื่อมสภาพของไม้ได้ดังนี้ (ตารางที่ 9)

สมการที่ 1. $\hat{Y}$ (wt.loss) = 81.57 - 8.42 X (Age of wood)

สมการที่ 2. $\hat{Y}$ (wt.loss) = 85.77 - 7.92 X_1 (Age of wood) - 12.87 X_2 (Specific gravity)

จากสมการที่ 1 เมื่อให้ชั้นอายุของไม้เป็นตัวแปรทำนายจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักที่สูญเสียของไม้ได้ 73.7% แต่เมื่อนำค่าความถ่วงจำเพาะเข้าสมการถดถอยที่ 2 จะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเพิ่มขึ้นเป็น 74.3% แสดงว่าสมการที่ 2 เป็นสมการที่เหมาะสมในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่สูญเสียของไม้ ซึ่งสรุปได้ว่าเมื่อความถ่วงจำเพาะคงที่จะมีการเปลี่ยนแปลงในทางลบของชั้นอายุไม้ คือไม้มีอายุลดลง 1 ปี จะส่งผลให้การสูญเสียน้ำหนักไม้เพิ่มขึ้นประมาณ 8% ในทำนองเดียวกันถ้าความจำเพาะของไม้ลดลง 1 หน่วย การสูญเสียน้ำหนักของไม้จะเพิ่มขึ้น 12.87% อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า Beta พบว่าชั้นอายุของไม้มีค่า Beta มากกว่าความถ่วงจำเพาะจึงเป็นตัวแปรที่มีน้ำหนักในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการเสื่อมสภาพของไม้มากกว่าความถ่วงจำเพาะ สำหรับการพยากรณ์ปรากฏการณ์ด้านกลสมบัติไม้ โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทานการหัก แรงต้านทานการเสียรูป ชั้นอายุของไม้ และความถ่วงจำเพาะจะได้สมการถดถอยเชิงเส้น 3 สมการ (ตารางที่ 10) คือ

1. $\hat{Y}$ (MOR) = 7.601 + 4929X (MOE)
2. $\hat{Y}$ Y (MOR) = - 5.842 + 3938X_1 (MOE) + 3.123 X_2 (Age of wood)
3. $\hat{Y}$ (MOR) = - 11.887 + 3659X_1 (MOE) + 2.378 X_2 (Age of wood)
   + 22.192 X_3 (Specific gravity)

จากสมการถดถอยทั้ง 3 สมการ พบว่าสมการที่ 3 เป็นสมการที่เหมาะสมในการอธิบาย การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงต้านทานการแตกหัก (MOR) โดยมีสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจถึง 87.4% ซึ่งสรุปได้ว่า เมื่อให้ MOE และชั้นอายุของไม้คงที่ จะมีการเปลี่ยนแปลงในทางบวกของความถ่วงจำเพาะ คือ เมื่อความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะมีผลกระทบให้ค่าแรงต้านทานการหักเพิ่มขึ้น 22.192 Mpa ในทำนองเดียวกันถ้า ชั้นอายุของไม้เพิ่มขึ้น 1 ปี จะทำให้ค่า MOR เพิ่มขึ้น 2.38 Mpa และเมื่อ MOE เพิ่มขึ้น 100 Mpa มีผลให้ MOR เพิ่มขึ้น 36.59 Mpa ผลจากการใช้ตัวแปรอิสระในการพยากรณ์ค่า MOR สรุปได้ว่าค่าแรงต้านการเสียรูปเป็น ตัวแปรที่มีน้ำหนักในการพยากรณ์มากที่สุด รองลงมาคือระดับชั้นอายุ และความถ่วงจำเพาะ (Beta = 0.458, 0.264 และ 0.168)

Table 9. Analysis of linear regression with weight loss of eucalyptus from easthern as dependent variable at α = 0.05

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig	R^2
	B	Std.Error	Beta			
1. (Constant)	81.565	2.119		38.486	0.000	
Age of wood	-8.415	0.301	-0.859	-27.936	0.000	0.737
2. (Constant)	85.765	2.720		31.527	0.000	
Age of wood	-7.918	0.362	-0.808	-21.871	0.000	0.743
Specific gravity	-12.867	5.294	-0.090	-2.430	0.016	

Table 10. Analysis of linear regression with MOR of eucalyptus from easthern as dependent variable at α = 0.05

Predicted variable	B	Std.Error	Beta	t	Sig.	R^2
1. Modulus of elasticity	7.601	2.85			0.008	
Constant	4929	0.000	0.617	13.07	0.000	0.381
2. Modulus of elasticity	-5.842	3.162		-1.847	0.066	
Specific gravity	3938	0.000	0.493	10.674	0.000	0.000
Constant	3.123	0.416	0.346	7.499	0.000	
3.Modulus of elasticity	-11.887	3.646		-3.260	0.001	0.764
Specific gravity	3659	0.000	0.458	0.797	0.000	
Age of wood	2.378	0.472	0.264	5.037	0.000	
Constant	22.192	6.980	0.168	3.179	0.002	

4. ศึกษาการใช้สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ต่อผลกระทบทางชีววิทยาของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

ผลการใช้สารป้องกันรักษาเนื้อไม้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของไม้อายุน้อยให้มีความทนทานเท่าเทียมกับไม้อายุมาก พบว่า ไม้ที่ผ่านการอัดสารเคมีรักษาเนื้อไม้ (CCA) ภายหลังทดสอบกับเชื้อรา 4 ชนิด คือ *Loweporus medulla e-panis, Pycnoporus sanguineus, Gloeophyllum sepiarium* และ *G. Striatum* จากตารางผนวกที่ 1 พบว่า ไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือทุกชั้นอายุ (3, 5, 7 และ 10 ปี) มีความทนทานและทนทานปานกลางต่อเชื้อราทั้ง 4 species เนื่องจากมีระดับการสูญเสียน้ำหนักในช่วง 1-5% และ 5-10% ในทำนองเดียวกัน ไม้จากภาคตะวันออกมีระดับความทนทานต่อเชื้อราในระดับไม้มีความทนทานปานกลาง คือ มีการสูญเสียน้ำหนักในช่วง 5-10% (ภาพที่ 7) เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ที่ไม่ผ่านการอัดสารเคมีป้องกันรักษาเนื้อไม้ ปรากฏว่า ไม้ยูคาลิปตัสของทั้ง 2 ภาคไม่มีความทนทานถึงระดับผุพังจากการทำลายของเชื้อรา นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาปัจจัยของระดับชั้นอายุต่อความทนทานของไม้ (ภาพที่ 8 และตารางผนวกที่ 2) พบว่าไม้อายุน้อยจะอ่อนแอต่อเชื้อราสูงกว่าไม้อายุมาก ภายหลังการพัฒนาคุณภาพไม้ด้วยสารเคมี ปรากฏว่าไม้ที่ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 8 ปี มีคุณสมบัติทนทานต่อเชื้อราเทียบเท่าไม้อายุ 10 ปีที่ไม่ผ่านการอัดสารเคมี ยกเว้นไม้จากภาคตะวันออกซึ่งมีความอ่อนแอกว่าไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือในชั้นอายุดังกล่าว แต่เมื่อผ่านการปรับปรุงคุณภาพไม้ จะมีความทนทานเพิ่มขึ้นจากปกติประมาณ 5 เท่า

อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ควรคำนึงถึงในระบบการปรับปรุงคุณภาพไม้ นอกจากชนิดของสารเคมี คือ คุณสมบัติในการดูดซับสารเคมีเข้าในเนื้อไม้ (Retention) พบว่าไม้ยูคาลิปตัสจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือสามารถรับสารเคมีเข้าสู่เนื้อไม้ได้มากกว่าไม้ยูคาลิปตัสจากภาคตะวันออก โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ที่มีอายุน้อยสามารถรับน้ำยาได้มากกว่าไม้ที่มีอายุมาก (ภาพที่ 9 และตารางผนวกที่ 3)

การวิเคราะห์ข้อมูลในทางสถิติ ปรากฏผลดังนี้

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักไม้ (ตารางผนวกที่ 4 และ 5) พบว่าปัจจัยทั้ง 3 ชนิด คือ อายุของไม้ ชนิดของเชื้อราทำลายไม้ และความเข้มข้นของ CCA และปฏิสัมพันธ์จากปัจจัยทั้ง 3 มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักไม้ยูคาลิปตัสของทั้ง 2 พื้นที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 0.01 โดยไม้ชั้นอายุ 10 ปีมีความทนทานที่สุด รองลงมา คือ ชั้นอายุ 7-8 ปี และ 5 ปี ส่วนไม้ชั้นอายุ 3 ปี เป็นไม้ที่อ่อนแอต่อเชื้อรามากที่สุด (ตารางที่ 11)

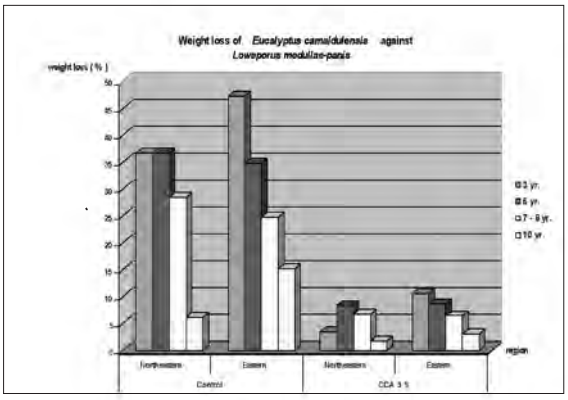
เชื้อราผุสีขาว สามารถทำลายไม้ให้เกิดความเสียหายมากกว่าเชื้อราผุสีน้ำตาล โดยเชื้อ *Pycnoporus sanguineus* เข้าทำลายไม้ทำให้สูญเสียน้ำหนักไม้มากที่สุด รองลงมา คือเชื้อ *Loweporus - medullae - panis* ส่วนเชื้อราผุสีน้ำตาล ได้แก่ เชื้อ *Gloeophyllum sepiarium* และ *Gloeophyllum striatum* (5/42) มีความสามารถในการทำลายไม้ให้เกิดความเสียหายได้น้อยกว่า (ตารางที่ 12)

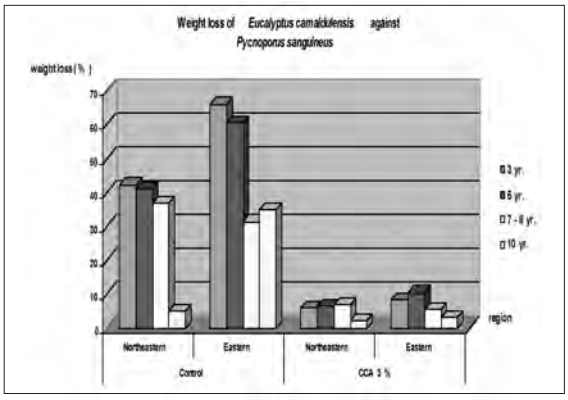
Table 11 Compare mean difference by Duncan' s new multiple range test of weight loss of *Eucalyptus camaldulensis*

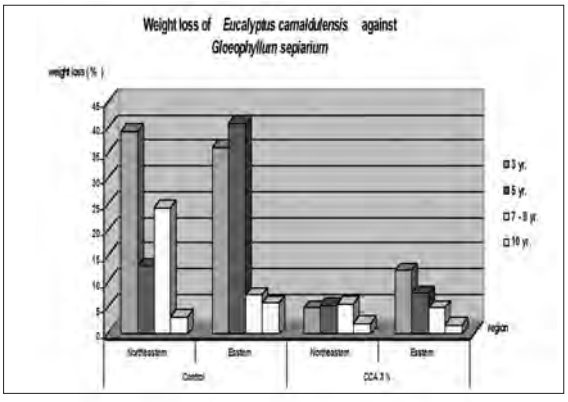
Age of Wood	Weight losses (%)	
	Northeasthern	Easthern
10	3.47[a]	9.37[a]
7,8	17.75[b]	13.77[b]
5	16.50[b]	25.79[c]
3	19.85[c]	28.99[c]

Table 12 Compare mean difference by Duncan 's new multiple range test of weight loss of E*ucalyptus camaldulensis* varied on fungal species at α = 0.05

Fungal Species	Weight loss (%)	
	Northeasthern	Easthern
Gloeophyllum sepiarium	12.69[a]	14.73[a]
Gloeophyllum striatum (5/42)	10.35[a]	16.69[a]
Loweporas medullae-panis	16.06[b]	18.85[a]
Pycnoporus sanguineus	18.46[b]	27.65[b]
Average	**14.39**	**19.48**







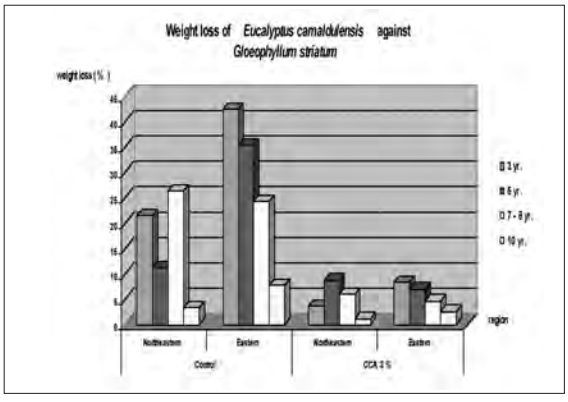


Figure 7. Mean weight loss of *Eucalptus camaldulensis* after exposed to each of destroying fungi

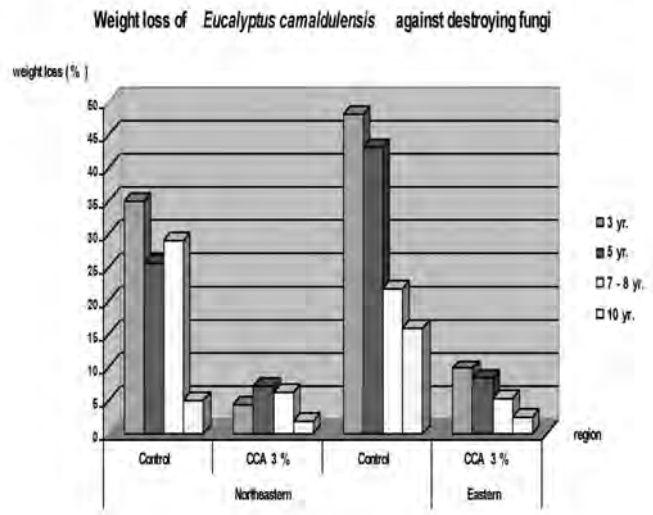


Figure 8. Mean weight loss of *Eucalptus amaldulensis* against 4 species destroying fungi

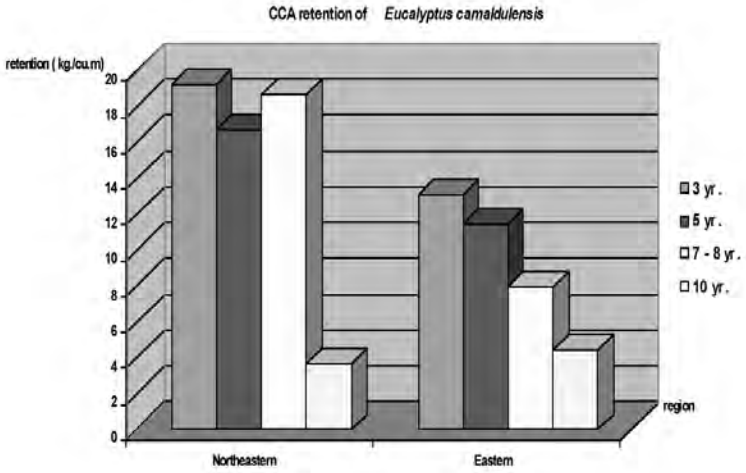


Figure 9. CCA retention in *Eucalptus camaldulensis*

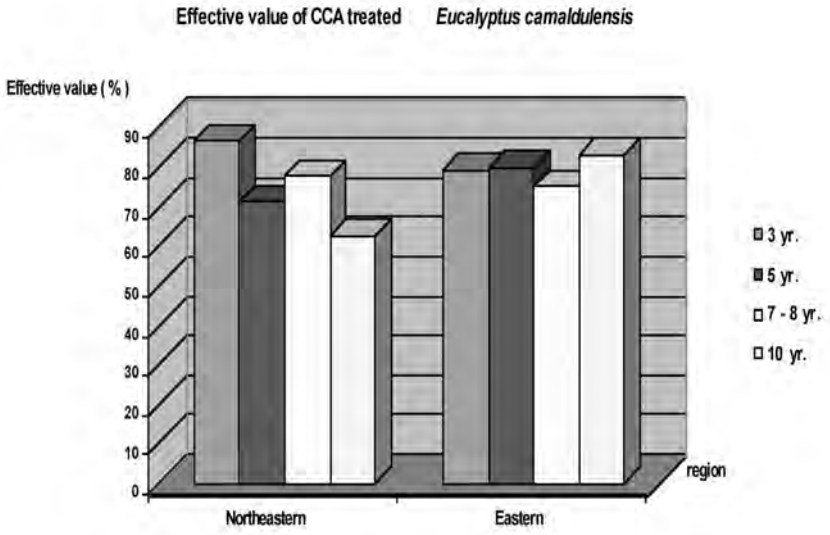


Figure 10. Effective value of *Eucalptus camaldulensis* against wood destroying fungi

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณตัวยาที่เข้าไปในเนื้อไม้ พบว่าอายุของไม้ และ ความเข้มข้นของ CCA มีผลต่อปริมาณสารเคมีที่เข้าไปในเนื้อไม้ยูคาลิปตัสจากทั้ง 2 พื้นที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 0.01 โดยไม้ชั้นอายุ 3 ปี และ 7 ปี ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณ CCA เข้าไปในเนื้อไม้ได้มากสุด รองลงมาคือไม้ชั้นอายุ 5 ปี และ 10 ปี ตามลำดับ ส่วนไม้ยูคาลิปตัสที่ชั้นอายุ 3 ปี และ 5 ปี ของภาคตะวันออก มีปริมาณ CCA เข้าไปในเนื้อไม้ได้มากที่สุด รองลงมาคือไม้ชั้นอายุ 8 ปี และ 10 ปี ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

Table 13. Duncan 's new multiple range test of CCA retention of *Eucalyptus camaldulensis* varied on age of wood at α = 0.05

Fungal Species	Retention (kg./m^3)	
	Northeasthern	Easthern
10	1.84^a	2.22^a
7,8	9.36^c	3.98^b
5	8.37^b	5.72^c
3	9.61^c	6.57^c
Average	**7.30**	**19.48**

3. เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ (correlation) ที่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักไม้ (ตารางผนวกที่ 5) พบว่าในไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ค่าน้ำหนักไม้ที่สูญเสียมีความสัมพันธ์ต่ำในทางตรงกันข้ามกับอายุของไม้ (r =-0.359) ชนิดของเชื้อรา (r =-0.172) ความเข้มข้นของ CCA (r =-0.626) และปริมาณตัวยา CCA ที่เข้าไปในเนื้อไม้ (r =-0.483) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออก(ตารางผนวกที่ 16) ค่าน้ำหนักไม้ที่สูญเสียมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับอายุของไม้ (r =-0.387) ความเข้มข้นของ CCA (r =-0.626) และปริมาณ CCA ที่เข้าไปในเนื้อไม้ (r = -0.461) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ (correlation) ที่มีผลต่อปริมาณสารเคมีที่เข้าไปในเนื้อไม้ (ตารางผนวกที่ 4) พบว่า ไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ CCA (r =0.838) และมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับอายุของไม้ (r = -0.287) และน้ำหนักสูญหายของไม้ (r =-0.483) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ปริมาณ CCA ที่เข้าไปในเนื้อไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ CCA (r =0.821) และมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับอายุของไม้ (r =-0.293) และน้ำหนักสูญหายของไม้ (r =-0.461) (ตารางผนวกที่ 5)

5. การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) เพื่อพยากรณ์ค่าของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักไม้ พบว่าที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ปัจจัยของอายุไม้ ชนิดของเชื้อราความเข้มข้นของ CCA และปริมาณ CCA ที่เข้าไปในเนื้อไม้มีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับน้ำหนักที่สูญหายของไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสามารถใช้พยากรณ์น้ำหนักสูญหายของไม้โดยมีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในการพยากรณ์ 56.5% และสามารถคาดคะเนค่าของน้ำหนักสูญหายของไม้ได้จากสมการถดถอย ดังนี้ (ตารางผนวกที่ 6)

$$\hat{Y}\ (wt.loss) = 55.77 - 5.793\ (age) - 2.197\ (fungi) - 12.067\ (concentration) - 0.452\ (retention)$$

น้ำหนักสูญหายของไม้ยูคาลิปตัสของไม้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คาดว่าจะเท่ากับ 55.77% และน้ำหนักไม้จะสูญหายลดลง 5.793% เมื่อไม้มีอายุเพิ่มขึ้น 1 ปี (น้ำหนักในการพยากรณ์ =-0.434) เมื่อเปลี่ยนแปลงเชื้อราที่เข้าทำลายไม้ 1 ชนิด น้ำหนักไม้จะสูญหายลดลง 2.197% (น้ำหนักในการพยากรณ์ เท่ากับ -0.165) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CCA อีก 1 ระดับ จะทำให้น้ำหนักสูญหายลดลง 12.067% (น้ำหนักในการพยากรณ์ = -0.405) และเมื่อปริมาณ CCA ที่เข้าไปในเนื้อไม้มีเพิ่มขึ้น 1 หน่วย การสูญเสียน้ำหนักไม้จะลดน้อยลง 0.452% (น้ำหนักในการพยากรณ์ = -0.264)

สำหรับไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออก พบว่าปัจจัยอายุของไม้ และความเข้มข้นของ CCA มีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับน้ำหนักสูญหายของไม้ยูคาลิปตัส โดยมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ 55.6% และสามารถคาดคะเนค่าของน้ำหนักสูญหายของไม้ได้จากสมการถดถอย ดังนี้ (ตารางผนวกที่ 7)

$$\hat{Y}\ (wt.loss) = 70.581 - 8.433\ (age) - 17.581\ (concentration) - 0.910\ (retention)$$

น้ำหนักสูญหายของไม้ยูคาลิปตัส ภาคตะวันออก คาดว่าจะเท่ากับ 70.581 % และน้ำหนักไม้ จะสูญหายลดลง 8.433 % เมื่อไม้มีอายุเพิ่มขึ้น 1 ปี (น้ำหนักในการพยากรณ์ =-0.46) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CCA อีก 1 ระดับ จะทำให้ไม้สูญเสียน้ำหนักลดน้อยลง 17.581% (น้ำหนักในการพยากรณ์ =-0.42) และเมื่อปริมาณ CCA ที่เข้าไปในเนื้อไม้มีเพิ่มขึ้น 1 หน่วย การสูญเสียน้ำหนักไม้จะลดลง 0.910% (น้ำหนักในการพยากรณ์ =-0.251)

6. การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) เพื่อพยากรณ์ค่าของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อปริมาณ CCA ที่เข้าไปในเนื้อไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ CCA ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถติ 0.05 และมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับอายุไม้ และน้ำหนักสูญหายของไม้ โดยมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ 79.2% และสามารถคาดคะเนปริมาณสารเคมีที่เข้าในเนื้อไม้ได้จากสมการปริมาณสารเคมีที่เข้าไปในไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนี้ (ตารางผนวกที่ 8)

$$\hat{Y}\ (\ retention\ )\ (kg./m^3) = 4.940 + 13.196\ (concentration) - 2.591\ (age) - 0.07495\ (weight)$$

ปริมาณสารเคมีที่เข้าไปในเนื้อไม้คาดว่าเท่ากับ 4.940 กก./ลบ.ม. จะมีค่าเพิ่มขึ้น 13.196 กก. /ลบ.ม. เมื่อเพิ่มความเข้มข้น 1 ระดับ (น้ำหนักในการพยากรณ์ = 0.758)และจะลดลง 2.59 กก./ลบ.ม. เมื่อไม้มีอายุเพิ่มขึ้น 1 ปี (น้ำหนักในการพยากรณ์ = -0.333) และลดลงอีก 0.0795กก./ลบ.ม. เมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น 1 หน่วย (น้ำหนักในการพยากรณ์ = - 0.129)

ปริมาณสารเคมีที่เข้าไปในเนื้อไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของ CCA และมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับอายุไม้และน้ำหนักไม้ที่สูญหายโดยมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ 76.8% และสามารถคาดคะเนปริมาณตัวยาที่เข้าไปในเนื้อไม้ยูคาลิปตัส ภาคตะวันออกได้จากสมการดังนี้ (ตารางผนวกที่ 9)

$\hat{Y}$ (retention) (kg./m^3) = 2.828 + 8.331 (concentration) - 1.734 (age) - 0.03616 (weight)

ปริมาณสารเคมีที่เข้าไปในเนื้อไม้คาดว่าเท่ากับ 2.828 กก./ลบ.ม.จะมีค่าเพิ่มขึ้น 8.331 กก./ลบ.ม. เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CCA 1 ระดับปริมาณสารเคมีจะลดลง 1.734 กก./ลบ.ม. เมื่อไม้มีอายุเพิ่มขึ้น 1 ปีจะลดลงอีก 0.03616 กก./ลบ.ม. เมื่อน้ำหนักไม้สูญหายเพิ่มขึ้น 1 หน่วย

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ศึกษาการเสื่อมสภาพของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ10 ปี ในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก ภายหลังถูกเชื้อราเข้าทำลาย

จากการศึกษาผลกระทบการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ชั้นอายุ 3,5,7 และ 10 ปี ในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น และที่ชั้นอายุ 3, 5, 8 และ 10 ปีในท้องที่ภาคตะวันออก จังหวัดฉะเชิงเทรา ภายหลังถูกเชื้อรากลุ่ม white rot 5 species และ brown rot 2 species เข้าทำลาย ปรากฏว่าเชื้อราทั้ง 7 species เข้าทำลายไม้ โดยให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันตามระดับชั้นอายุของไม้ คือ ไม้ที่มีอายุน้อยจะอ่อนแอต่อการถูกทำลายได้ง่ายกว่าไม้ที่มีอายุมากซึ่งไม้อายุ 10 ปีมีความทนทานต่อการถูกทำลายไม้สูงสุด โดยมีการสูญเสียน้ำหนักอยู่ในช่วง 1-5% อย่างไรก็ตาม พบว่าชนิดของเชื้อราและระดับชั้นอายุที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักหรือการเสื่อมสภาพของไม้ ทั้งนี้ ไม้จากท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีสภาพ “ผุพัง” จากการถูกทำลายโดยเชื้อราทั้ง 7 species เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า 30% มีระดับอายุการใช้งานน้อยกว่า 2 ปี ส่วนไม้จากท้องที่ภาคตะวันออกมีสภาพ “ไม่มีความทนทาน” คือ มีการสูญเสียน้ำหนักในช่วง 10-30% มีระดับอายุการใช้งานประมาณ 2-5 ปี ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามหลักการของสมมติฐานที่คาดไว้ ทั้งนี้ ด้วยเหตุผลว่าไม้โตเร็วที่มีอายุน้อยจะมีกระพี้มากกว่าแก่น ซึ่งส่วนของกระพี้เป็นส่วนของเนื้อไม้มีหน้าที่ลำเลียงน้ำ แร่ธาตุ และเป็นแหล่งเก็บสะสมอาหารที่นำไปใช้ตามส่วนต่างๆที่ต้องการในลำต้น ดังนั้น จึงเป็นแหล่งอาหารที่แมลงและเชื้อราชอบทำลาย เมื่อไม้มีอายุมากขึ้นจะมีส่วนของแก่นเพิ่มขึ้น ซึ่งเนื้อไม้บริเวณนี้เป็นเซลล์ที่ตายแล้ว และเป็นที่สะสมของสารแทรกต่างๆมีบทบาทในการยับยั้งการผุพัง Scheffer และคณะ (1944) พบว่าปริมาณสารแทรกเป็นตัวบ่งชี้ถึงความต้านทานการผุพัง Da Costa และ Rudman (1958) ได้สกัดสารแทรกจากไม้ Eucalyptus microcorys พบว่าสารสกัดมีความเป็นพิษสูงต่อเชื้อราเมื่อทดสอบบนอาหารเทียม Bultman (1976) พบว่าสารแทรกจะแสดงความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ และพิษของสารแทรกจะผันแปรระหว่างชนิด (species) และสกุล (genera) ของไม้ และยังผันแปรกับคุณสมบัติทางเคมีของไม้ด้วย นอกจากนั้น สุดารัตน์ (ติดต่อส่วนตัว) และรัตนา (ติดต่อส่วนตัว) ได้สกัดสารแทรกของไม้ยูคาลิปตัสในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยสารสกัด alcohol-benzene พบว่าที่ชั้นอายุ 3 ปี และ 5 ปี มีปริมาณสารแทรกใกล้เคียงกันประมาณ 3% ส่วนที่ชั้นอายุ 7 ปี และ 10 ปี มีสารแทรกประมาณ 4% ในขณะที่ไม้ยูคาลิปตัสในท้องที่ภาคตะวันออกมีปริมาณสารแทรกมากกว่าไม้ในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากปัจจัยของสารแทรกในเนื้อไม้ที่มีผลต่อความทนทานของไม้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยของแหล่งอาหาร ได้แก่ ลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ดังตารางที่ 1,2 เชื้อราแต่ละชนิด มีความสามารถในการย่อยสลายองค์ประกอบทางเคมีของไม้ ส่งผลให้ไม้มีการสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกัน Blanchette และคณะ (1988) พบว่า โดยธรรมชาติแล้วเชื้อรา white rot สามารถย่อยสลายลิกนินได้ดี ในขณะที่มีการสูญเสียเซลลูโลสเพียงเล็กน้อย และมีการสูญเสีย เฮมิเซลลูโลส

ไปปานกลางจนถึงระดับต่ำ ส่วนเชื้อรา brown rot เข้าทำลายเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสอย่างรวดเร็ว ในขณะที่การสูญเสียลิกนินเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ยศนันท์ และคณะ (2548) ทำการคัดเลือกเชื้อรา ที่ผลิตเอ็นไซม์ย่อยสลายลิกนินและเซลลูโลส พบว่าเชื้อรา white rot ทั้ง 5 species คือ *Lentinus squarrosulus, Lenzites adusta, Loweporas medullae-panis, Pycnoporus sanguineus, Rigidoporopsis amylospora* ผลิตเอ็นไซม์ laccase เพื่อย่อยสลายลิกนินได้แตกต่างกัน ทั้งนี้ เชื้อราที่ผลิตเอ็นไซม์ได้เท่าเทียมกันจะมีผลกระทบ ต่อการทำลายไม้ได้ใกล้เคียงกัน ส่วนเชื้อรา brown rot 2 species คือ *Gloeophyllum sepiarium, Gloeophyllum striatum* (5/42) ไม่พบว่ามีการผลิตเอ็นไซม์ xylanase เพื่อย่อย hemicellulase แต่อย่างไรก็ตาม Highley และคณะ (1981) พบว่าเชื้อรา brown rot สามารถผลิตเอ็นไซม์ endocellulase และ hemicellulase หลายชนิด ซึ่งเป็นผลให้ไม้ที่ถูกทำลายมีความรุนแรงที่แตกต่างกัน และมีผลต่อคุณสมบัติไม้ด้านความแข็งแรง

สำหรับปัจจัยของชั้นอายุไม้ ซึ่งมีบทบาทต่อค่าความทนทานของไม้ คือ ไม้อายุ 3 ปี, 5 ปี และ 7 ปี ในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะอ่อนแอต่อเชื้อราในระดับ “ผุพัง” ส่วนไม้อายุ 10 ปี จะทนทานต่อศัตรูทำลายไม้ สำหรับไม้จากภาคตะวันออก ที่ชั้นอายุ 3 ปี และ 5 ปีจะอ่อนแอต่อการถูกทำลายไม้มีสภาพ “ผุพัง” ส่วนไม้ที่ชั้นอายุ 8 ปี มีความ “ทนทานปานกลาง” ซึ่งจะแตกต่างจากไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แม้ว่าชั้นอายุจะต่างกันเพียง 1 ปี มีผลให้คุณภาพของไม้แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง เมื่อไม้มีอายุเพิ่มขึ้นถึงระยะ 10 ปี พบว่า คุณภาพด้านความทนทานต่อเชื้อราไม่แตกต่างกันทั้งสองภาค ทั้งนี้ อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยของสารแทรกในเนื้อไม้ เนื่องจากไม้ที่มีอายุมากย่อมมีส่วนของสารแทรกมากกว่าไม้อายุน้อย Goodell และคณะ(1999) Schultz และ Nicholas (2000) ให้แนวคิดว่า สารแทรกจะต้านทานการผุพังได้เมื่อมีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งเชื้อรา แต่อย่างไรก็ตาม มีไม้หลายชนิดที่ส่วนของแก่นไม่มีสารแทรกที่มีคุณสมบัติดังกล่าว หรือมีในระดับต่ำกว่าที่จะแสดงถึงความทนทานตามธรรมชาติของไม้ได้ ดังนั้น จำเป็นต้องมีการพัฒนาคุณภาพไม้ที่มีอายุน้อยด้วยการใช้สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ปรับปรุงให้มีคุณภาพเท่าเทียมกับไม้อายุมาก

2. ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและเชิงฟิสิกส์ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ภายหลังถูกเชื้อราเข้าทำลาย

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลและเชิงฟิสิกส์ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี ท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และที่ชั้นอายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี ท้องที่ภาคตะวันออก ภายหลังถูกเชื้อรา white rot และเชื้อรา brown rot เข้าทำลาย พบว่า ชนิดของเชื้อราและชั้นอายุของไม้มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงและความถ่วงจำเพาะของไม้ จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ภายหลังจากเชื้อราเข้าทำลายโครงสร้างของเนื้อไม้เป็นเหตุให้ผนังเซลล์ของไม้ถูกทำลาย โดยเฉพาะพวก white rot fungi สามารถทำลายลิกนินและทำให้ fiber ของไม้แยกตัวออก เนื้อไม้มีรอยแตกในแนวรัศมีการทำลายจะเป็นไปอย่างมีระเบียบและเป็นไปอย่างช้าๆ ซึ่งแตกต่างจาก brown rot fungi เชื้อราพวกนี้จะทำลายส่วนของเซลลูโลสทำให้ผนังเซลล์ฉีกขาด ส่วนประกอบอื่นๆ ของเซลล์ไม่สามารถพยุงให้เซลล์คงรูปเดิมได้ เซลล์จึงหดตัวและผนังเซลล์จะยุบตัวลง การทำลายในระหว่างเซลล์ที่อยู่ใกล้เคียงกันจะไม่เท่ากัน เนื้อไม้จึงยุบตัวเป็นตอนๆตามแนวขวางเสี้ยน ด้วยเหตุผลดังกล่าว เมื่อทดสอบความแข็งแรงด้วยค่าโมดูลัสการแตกหัก และโมดูลัสการยืดหยุ่นของไม้ที่ถูกเชื้อรา white rot เข้าทำลายจึงให้ค่าแรงต้านทานการหักและค่าต้านทานการเสียรูปมีค่ามากกว่าไม้ที่ถูกเชื้อรา brown rot เข้าทำลาย

ในประเด็นของค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ (specific gravity) เป็นคุณสมบัติเชิงฟิสิกส์ที่มีความสำคัญที่สุดในการประเมินคุณภาพของไม้ เช่น ความแข็งแรง ความเหนียว การฉีกขาด และการพองตัวของไม้ ผลการวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะที่ 12% Moisture content ปรากฏว่าความถ่วงจำเพาะของไม้ในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกมีค่าเท่ากัน คือ 0.67 และจะมีค่าลดลงภายหลังไม้ถูกเชื้อราเข้าทำลายและส่งผลให้ค่าความแข็งแรงลดลงเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ปกติ แต่อย่างไรก็ตามค่าความถ่วงจำเพาะมีแนวโน้มที่สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดความแข็งแรงของไม้ได้ เช่น ภายหลังไม้ถูกเชื้อรา *Rigidoporopsis amylospora* เข้าทำลายมีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.52 ไม้จะมีแรงต้านทานการหักเพียง 35.28 Mpa และที่ความถ่วงจำเพาะ 0.56 ไม้จะมีแรงต้านทานการหักเพิ่มขึ้น มีค่า 52.24 Mpa เนื่องจากโครงสร้างของไม้ได้รับความเสียหายจากเชื้อราไม่รุนแรงเกินกว่าจะสามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้ปริมาตรและน้ำหนักของไม้ไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนักจึงส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของไม้น้อย

สำหรับการสูญเสียค่าความแข็งแรงของไม้ยูคาลิปตัสในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เปรียบเทียบกับไม้ในภาคตะวันออก ปรากฏว่า ไม้จากภาคตะวันออกมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียความแข็งแรงของแรงต้านทานการหักมากกว่าไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนการสูญเสียแรงต้านทานการเสียรูป และความถ่วงจำเพาะของทั้งสองภาคมีค่าใกล้เคียงกัน Koch (1985) กล่าวว่ามีปัจจัยหลายอย่าง เช่น สถานที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ ลักษณะพื้นที่ ความเครียดของการเจริญเติบโต และชนิดของไม้ มีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ ซึ่งปัจจัยแต่ละอย่างมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน จะส่งผลกระทบต่อขนาดและความหนาของเซลล์ ทำให้เกิดความผันแปรของค่าความถ่วงจำเพาะ และความแข็งแรงของไม้แตกต่างกัน นอกจากนั้น ชั้นอายุของไม้เป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถใช้ประเมินความแข็งแรงของไม้ได้ จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก ที่ชั้นอายุ 3 ปี มีความแข็งแรงน้อยกว่าไม้อายุ 5 ปี, 7 ปี และ 10 ปีตามลำดับ ส่วนค่าความถ่วงจำเพาะจะแปรผันโดยตรงกับชั้นอายุ คือไม้อายุน้อยมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าไม้อายุมาก ซึ่งสอดคล้องกับข้อคิดเห็นของ Koch (1985) และจากกลไกการเจริญเติบโตของพืชจะสร้างเซลล์ที่ให้ความแข็งแรงแก่ลำต้น และมีส่วนของแก่นเพิ่มขึ้นเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น อย่างไรก็ตาม Dadswell และHillis (1962) รายงานว่าไม้ยูคาลิปตัสจะเริ่มสร้างส่วนของแก่นเมื่ออายุประมาณ 5 ปี Gominho และ Perieria (2000) รายงานว่า พบการสร้างแก่นของไม้ Eucalyptus globulus อายุ 9 ปี ประมาณ 60-70% ของความสูงของต้น หรือประมาณ 1/3 ของปริมาตรต้น ดังนั้น จึงเป็นเหตุผลที่สามารถสนับสนุนผลการทดลองที่สอดคล้องกับหลักความจริงของกระบวนการเจริญเติบโต และการสร้างเซลล์ของไม้ที่ให้ความแข็งแรงแก่ลำต้นเมื่อมีอายุมากขึ้น

3. ศึกษาความสัมพันธ์ของชนิดเชื้อราและชั้นอายุของไม้ต่อผลด้านชีววิทยาและด้านกลสมบัติของไม้

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของชนิดเชื้อรา และชั้นอายุของไม้ต่อการสูญเสียน้ำหนักและกลสมบัติของไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก ปรากฏว่า ชนิดของเชื้อราไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับการสูญเสียน้ำหนัก ความแข็งแรง และความถ่วงจำเพาะ ทั้งนี้ เนื่องจากเชื้อราแต่ละ species มีความสามารถในการย่อยสลายองค์ประกอบทางเคมีของไม้ได้แตกต่างกัน โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่ำมาก ส่วนระดับชั้นอายุของไม้เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับค่าต่างๆ ทั้งด้านชีววิทยา ด้านกลสมบัติ และด้านฟิสิกส์ ซึ่งสามารถใช้ชั้นอายุของไม้และความถ่วงจำเพาะเป็นตัวแปรทำนายเพื่อพยากรณ์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ ด้วยสมการถดถอย คือ

ไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่า $\hat{Y}$ (wt.loss) = 73.88 - 5.16 (Age of wood) - 20.77 (Specific gravity)
ไม้จากภาคตะวันออกมีค่า $\hat{Y}$ (wt.loss) = 85.77 - 7.92 (Age of wood) - 12.87 (Specific gravity)

จากสมการถดถอยที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเพื่อใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักที่สูญเสียได้ 58.9% ส่วนสมการที่ 2 มีค่าสัมประสิทธิการตัดสินใจ 74.3% ในทำนองเดียวกัน ถ้าต้องการพยากรณ์ความแข็งแรงของไม้โดยใช้ชั้นอายุของไม้ ความถ่วงจำเพาะ และแรงต้านทานการเสียรูปเป็นตัวแปรทำนาย จะได้สมการถดถอยแยกตามภาค คือ ไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่า $\hat{Y}$ (MOR) = - 28.77 + 4807 X_1 (MOE) + 62.19 X_2 (Specific gravity) + 1.76 X_3 (Age of wood) มีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงแรงต้านทานการหักได้ 76.4% ส่วนไม้จากภาคตะวันออกมีค่า $\hat{Y}$ (MOR) = - 11.88 + 3659 X_1 (MOE) + 22.19 X_2 (Specific gravity) + 2.38 X_3 (Age of wood) มีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ 87.4% จากการวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อใช้พยากรณ์ปรากฏการณ์ในอนาคตประเมินผลกระทบทางชีววิทยาและทางกลสมบัติของไม้ จะเห็นได้ว่าไม้ในท้องที่ภาคตะวันออกมีค่าการตัดสินใจในการพยากรณ์สูงกว่าไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งนี้อาจเกิดจากปัจจัยร่วมของสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ ความเครียดจากการเจริญเติบโต พันธุกรรมของพืช และแหล่งกำเนิด ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณความชื้น ปริมาณแสง ธาตุอาหาร ทิศทางลม และอุณหภูมิ ด้วยสภาพภูมิประเทศ และสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยมีความแตกต่างกันมากระหว่างภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกจึงมีผลต่อการเจริญเติบโต ในด้านความอุดมสมบูรณ์ของต้น และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นระดับอกที่ชั้นอายุไม้เท่ากันพบว่าไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกมีขนาดใหญ่กว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบให้เกิดความผันแปรต่อคุณภาพของไม้ได้

4. ศึกษาการใช้สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ต่อผลกระทบทางชีววิทยาของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ โดยการใช้ Tanalith C (CCA) ในการพัฒนาคุณสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่มีอายุน้อยตั้งแต่ 3 ปีจนถึง 10 ปี ให้มีความทนทานต่อการทำลายของเชื้อราทำลายไม้ แล้วประเมินผลจากค่าการสูญเสียน้ำหนักไม้ภายหลังจากการทำลายของเชื้อราจำนวน 4 ชนิด ปรากฏผล ดังนี้

1. การสูญเสียน้ำหนักไม้ (weight loss)

1.1 การสูญเสียน้ำหนักไม้ยูคาลิปตัสมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 กับปัจจัยต่างๆ เช่น อายุไม้ ชนิดของเชื้อราที่ทำลายไม้ และความเข้มข้นของ CCA โดยไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นอายุ 3 ปี มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาคือ ชั้นอายุ 7 ปี และ 5 ปี ส่วนชั้นอายุ 10 ปี มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด

ไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออก ชั้นอายุ 3 ปี และ 5 ปี มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ส่วนไม้ชั้นอายุ 8 ปี และ 10 ปี จัดเป็นไม้ที่สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด

ในการเปรียบเทียบไม้ชั้นอายุเดียวกัน ยกเว้นไม้อายุ 8 ปี ไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกสูญเสียน้ำหนักไม้เนื่องจากการทำลายของเชื้อรามากกว่าไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากน้ำหนักสูญหายเฉลี่ยของไม้ยูคาลิปตัสจากทั้ง 2 พื้นที่ ที่ผ่านการอัดสารเคมี พบว่า อยู่ในช่วงระหว่าง 5-10% จึงจัดเป็นไม้ที่มีความทนทานปานกลางเช่นเดียวกัน

เชื้อราผุสีขาว เช่น *Pycnoporus saguineus* และ *Loweporus medullae-panis* สามารถทำลาย ไม้ยูคาลิปตัสจากทั้ง 2 พื้นที่ได้รุนแรงกว่าเชื้อราผุสีน้ำตาล *Gloeophyllum sepiarium* และ *Gloeophyllum striatum* (5/42) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเชื้อราแต่ละชนิดที่จะผลิตเอ็นไซม์ออกมาย่อยสลายองค์ประกอบ ทางเคมีของไม้ได้แตกต่างกัน นอกจากนั้นปริมาณสารแทรกในเนื้อไม้มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักไม้เช่นกัน

1.2 การหาความสัมพันธ์ (correlation) และสมการถดถอย (regression) ของน้ำหนักไม้ที่สูญหาย สรุปได้ว่า น้ำหนักที่สูญหายไปของไม้ทั้งสองพื้นที่มีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง โดยสามารถคาดคะเนสมการถดถอย ได้ดังนี้

ไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

$$\hat{Y}\ (wt.loss) = 55.77 - 5.793\ X_1\ (age) - 2.197\ X_2\ (fungi) - 12.067\ X_3\ (concentration) - 0.452\ X_4\ (retention)$$

ไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออก

$$\hat{Y}\ (wt.loss) = 70.581 - 8.433\ X_1\ (age) - 17.581 X_2\ (concentration) - 0.910\ X_3\ (retention)$$

2. ปริมาณตัวยา CCA ที่เข้าไปในเนื้อไม้ (retention)

2.1 ชั้นอายุไม้และความเข้มข้นของ CCA มีความสัมพันธ์กับปริมาณตัวยาที่เข้าไปในเนื้อไม้ยูคาลิปตัสจากทั้งสองพื้นที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือชั้นอายุ 3 ปี และ 7 ปี สามารถรับสารเคมีเข้าสู่เนื้อไม้ได้มากสุด รองลงมา คือ ชั้นอายุ 5 ปี ส่วนชั้นอายุ 10 ปี สามารถรับสารเคมีได้น้อยที่สุด

ไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกชั้นอายุ 3 ปี และ 5 ปี สามารถรับสารเคมีได้มากที่สุด รองลงมาคือ ชั้นอายุ 8 ปี ส่วนชั้นอายุ 10 ปี สามารถรับสารเคมีเข้าสู่เนื้อไม้ได้น้อยที่สุด

การที่ไม้ชั้นอายุน้อยสามารถรับสารเคมีได้มากกว่าไม้ชั้นอายุมาก อาจเนื่องจากขนาดของ vessel ที่อยู่ในเนื้อไม้เป็นสำคัญ ทั้งนี้ เป็นที่ทราบกันดีว่า สารป้องกันรักษาเนื้อไม้จะแทรกซึมเข้าสู่เนื้อไม้โดยผ่านทาง vessel ของไม้ (Hillis และ Brown, 1984) และจากการศึกษาของ Nguyen (1977) พบว่า ไม้ยูคาลิปตัสที่เจริญเติบโตในที่มีความผันแปรของอากาศสูง เมื่อเจริญในช่วงที่มีสภาพอากาศแห้งแล้ง จะมีขนาด vessel ใหญ่ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีช่วงแห้งแล้งมากกว่าภาคตะวันออกที่มีสภาพอากาศค่อนข้างชื้นสม่ำเสมอตลอดปี จึงทำให้ไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีขนาด vessel กว้างกว่าไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออก ซึ่งทำให้มีผลต่อการแทรกซึมของสารป้องกันรักษาเนื้อไม้เข้าสู่เนื้อไม้ได้มากกว่า นอกจากนี้ Hillis และ Brown, 1984 ได้กล่าวว่า ส่วนที่เป็นแก่นของไม้ยูคาลิปตัส เป็นส่วนที่สารป้องกันรักษาเนื้อไม้สามารถแทรกซึมผ่านได้ยากมาก นอกจากจะต้องทำการอัดสารเคมีด้วยแรงดันที่สูงขึ้น ดังนั้น จึงพบว่าไม้ยูคาลิปตัสที่มีอายุน้อย (3, 5, 7-8 ปี) ซึ่งยังไม่มีแก่น หรือมีเป็นส่วนน้อย จึงสามารถรับปริมาณสารเคมีเข้าสู่เนื้อไม้ได้มากกว่าไม้ที่มีอายุมาก

2.2 การหาความสัมพันธ์ (correlation) และสมการถดถอย (regression) ของปริมาณ CCA ที่เข้าไปในเนื้อไม้ สรุปได้ว่า ปริมาณ CCA ที่เข้าไปในไม้ยูคาลิปตัสทั้งสองพื้นที่มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันกับความเข้มข้นของ CCA และมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับอายุไม้และน้ำหนักไม้ที่สูญหาย

ไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

$\hat{Y}$ (retention) (kg./m^3) = 4.940 +13.196 X_1 (concentration)- 2.591X2 (age) - 0.07495 X_3 (weight loss)

ไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออก

$\hat{Y}$ (retention) (kg./m^3) = 2.828 +8.831 X_1 (concentration) -1.734 X2 (age) - 0.03616 X_3 (weight loss)

3. ประสิทธิภาพของสารเคมีรักษาเนื้อไม้ในการป้องกันเชื้อราทำลายไม้ (Effective value)

การศึกษาประสิทธิภาพของ CCA ในการป้องกันเชื้อราทำลายไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (Effective value) โดยพิจารณาจาก ตารางผนวกที่ 8 กับภาพที่ 8 พบว่า ไม้ทุกชั้นอายุของทั้งสองพื้นที่ที่ผ่านการอัดด้วย CCA ความเข้มข้น 3% มีการสูญเสียน้ำหนักไม้น้อยกว่า control อย่างเห็นได้ชัด เมื่อพิจารณาจากตารางผนวกที่ 9 กับภาพที่ 9 และ 10 จะพบว่า ไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือชั้นอายุน้อย (3 ปี) มีปริมาณ CCA เข้าสู่เนื้อไม้ได้มากกว่าไม้อายุอื่น และมีประสิทธิภาพในการป้องกันเชื้อรา (Effective value) มากกว่าไม้ชั้นอายุอื่น สำหรับไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกชั้นอายุน้อย (3 ปี) สามารถรับปริมาณสารเคมีเข้าในเนื้อไม้ได้มากกว่าไม้อายุมากตามลำดับ แต่มีค่า Effective value ใกล้เคียงกัน แสดงว่า ไม้ชั้นอายุ 3 ปี เมื่อได้รับการอัดด้วย CCA 3% ทำให้มีคุณสมบัติในการต้านทานการทำลายของเชื้อราได้ดีเทียบเท่ากับไม้อายุมาก คือ 10 ปี ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าสามารถนำไม้ชั้นอายุ 3 ปีขึ้นไปของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกมาใช้ประโยชน์ โดยต้องผ่านการอัดด้วย CCA เข้มข้น 3% ให้มีปริมาณสารเคมีเข้าสู่เนื้อไม้อย่างเหมาะสม จะทำให้การใช้ประโยชน์ไม้ยูคาลิปตัสเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

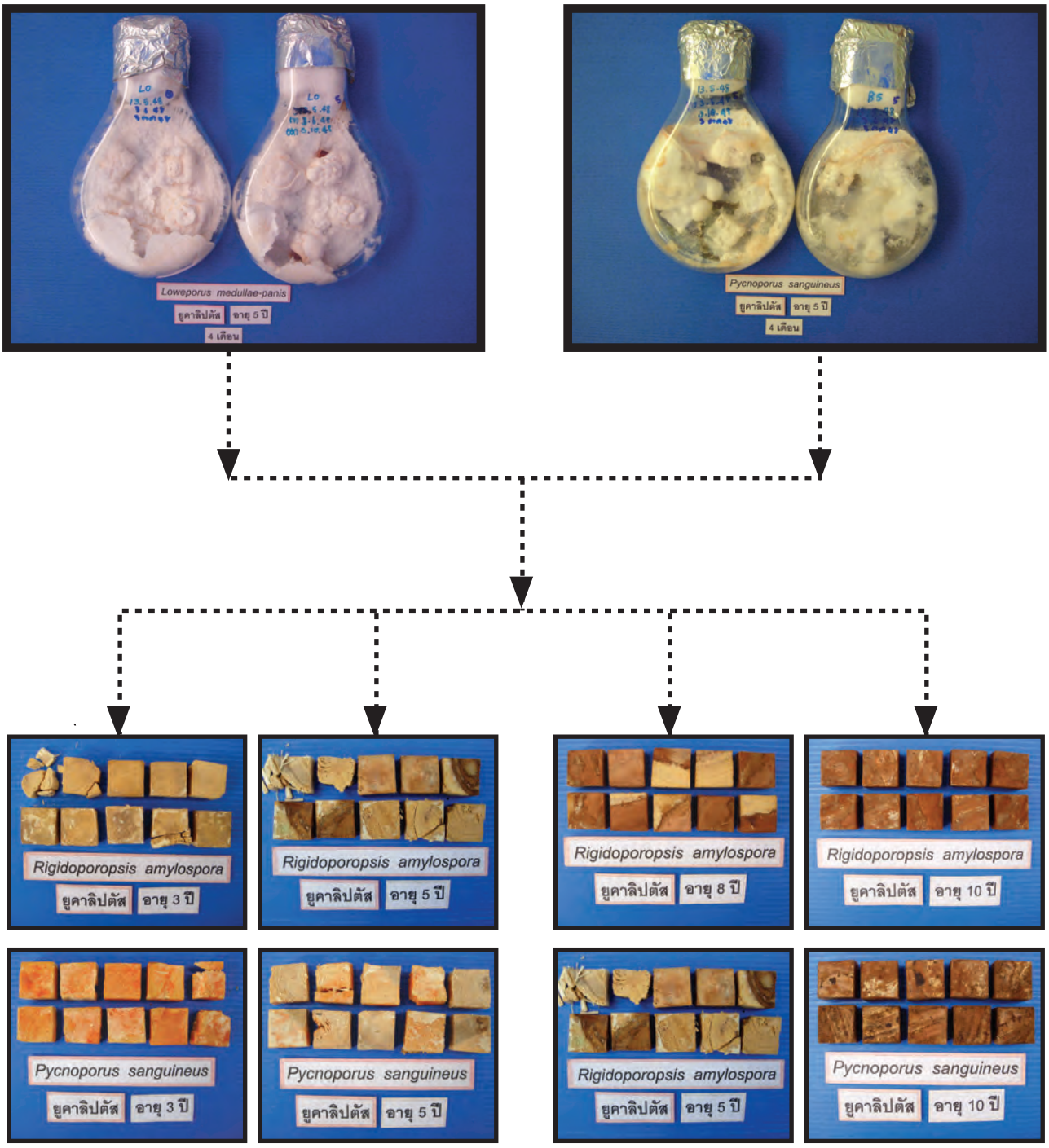


Figure 11. Appearance of eucalyptus blocks placed on the malt extract agar after 4 months's incubation with wood destroying fungi

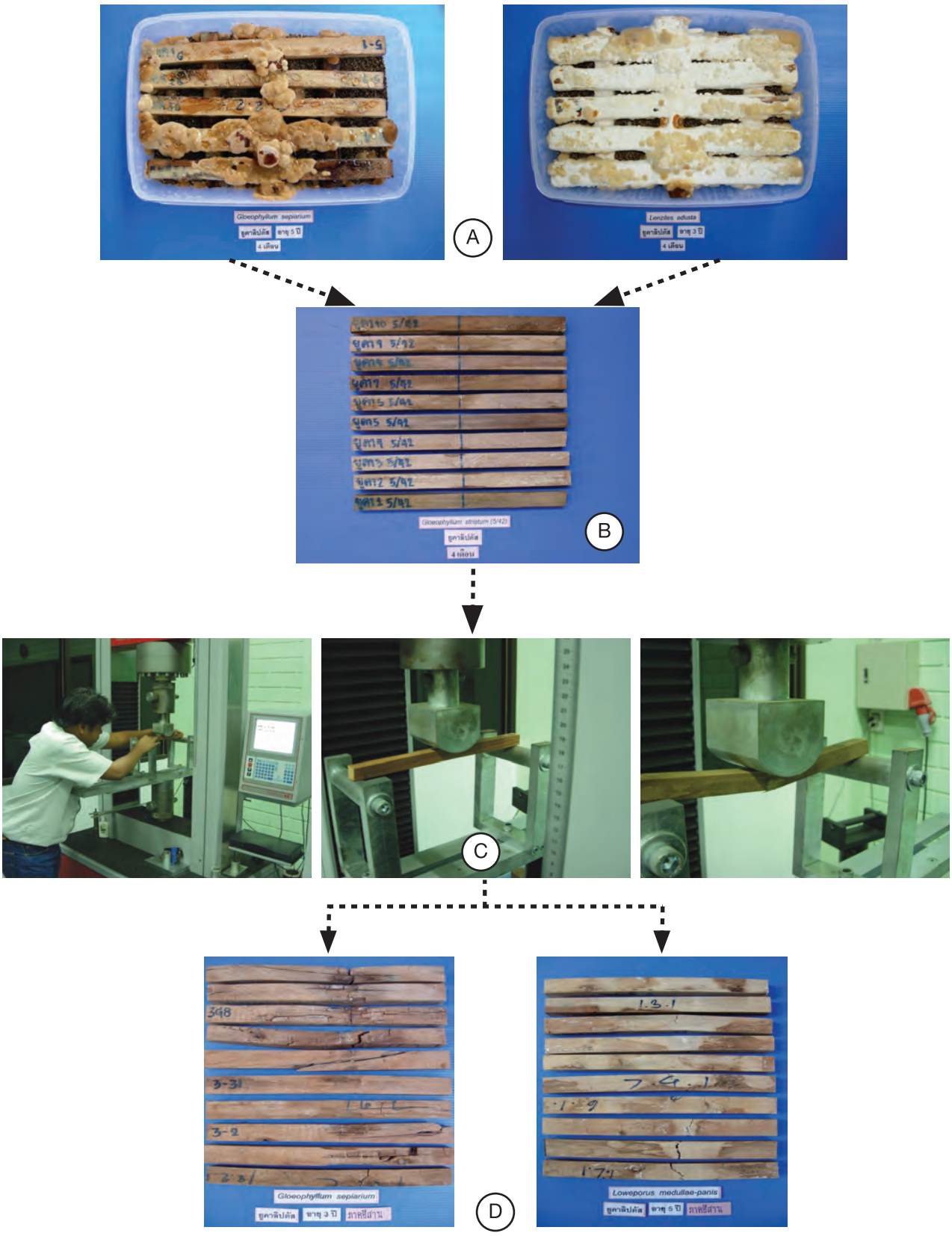


Figure 12. Process of strength test, A = wood sample exposure to decay fungi B= after 4 month's incubation period cleaned the wood sample, C,D = testing static bending the wood sample in center is being loaded and shows bending prior to failure.

Agar block test

Northeasthern **Easthern**

Figure 13. Agar block test showing treated wood blocks on plastic mesh over decayed fungi to avoid excessive leaching of wood preservative

สรุป

การศึกษาการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ชั้นอายุ 3, 5, 7 และ 10 ปี จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และที่ชั้นอายุ 3, 5, 8 และ 10 ปี จากภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยทดสอบกับเชื้อราทำลายไม้ 7 species โดยไม้แต่ละชั้นอายุจะแสดงระดับความทนทานตามธรรมชาติในรูปของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก พบว่า ไม้อายุน้อย (3, 5 และ 7 ปี) จะอ่อนแอต่อเชื้อราทำลายไม้ และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าไม้อายุมาก (8 และ 10 ปี) สำหรับไม้ที่อ่อนแอต่อการถูกทำลายจะอยู่ในสภาพผุพัง มีอายุการใช้งานประมาณ 2-5 ปี ไม้ที่ทนทานต่อเชื้อรามีอายุการใช้งานประมาณ 10-15 ปี ส่วนความสัมพันธ์ของแหล่งปลูกกับความทนทานตามธรรมชาติ พบว่า ไม้ยูคาลิปตัสทั้งสองภาคมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักโดยเฉลี่ยระดับเดียวกัน คือ 10-30% สรุปได้ว่า แหล่งปลูกมีความสัมพันธ์กับความทนทานตามธรรมชาติของไม้ไม่มากนักในขณะที่ชั้นอายุมีความสัมพันธ์กับความทนทานตามธรรมชาติของไม้อย่างชัดเจน

การศึกษากลสมบัติของไม้ภายหลังถูกเชื้อราเข้าทำลาย พบว่า เชื้อรามีอิทธิพลต่อคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของไม้ทั้งสองภาค ทั้งนี้ไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการสูญเสียความแข็งแรงด้านแรงต้านทานการหักประมาณ 48% ในขณะที่ไม้จากภาคตะวันออกมีการสูญเสียความแข็งแรงประมาณ 62% สรุปว่าไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความแข็งแรง และมีแรงต้านทานการเสียรูปมากกว่าไม้จากภาคตะวันออก ในส่วนของค่าความถ่วงจำเพาะของไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการสูญเสียความถ่วงจำเพาะมากกว่าไม้จากภาคตะวันออก แสดงว่าไม้จากภาคตะวันออกมีความหนาแน่นมากกว่าไม้จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนั้น ปัจจัยของชั้นอายุต่อผลทางกลสมบัติไม้ พบว่า ไม้อายุน้อยมีการสูญเสียความแข็งแรงและความถ่วงจำเพาะสูงกว่าไม้อายุมาก ซึ่งให้ผลสอดคล้องกันทั้งสองภาค

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเชื้อราและชั้นอายุของไม้ต่อการสูญเสียน้ำหนัก และความแข็งแรงของไม้ พบว่า ชั้นอายุของไม้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับการสูญเสียน้ำหนัก ความแข็งแรง และความถ่วงจำเพาะของไม้ นอกจากนั้นยังสามารถทำนายปรากฏการณ์ในอนาคตของน้ำหนักที่สูญเสีย และความแข็งแรง (MOR) โดยใช้ระดับชั้นอายุ ความถ่วงจำเพาะ และค่าแรงต้านทานการเสียรูป เป็นตัวพยากรณ์เพื่อประเมินการเสื่อมสภาพความแข็งแรงของไม้ก่อนนำไปใช้ประโยชน์เฉพาะทาง

ศึกษาการใช้สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ต่อผลกระทบทางชีววิทยาของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยการอัดด้วย Tanalith C (CC A3%) เข้าสู่เนื้อไม้ด้วยระบบสูญญากาศ แล้วทดสอบกับเชื้อรา 4 ชนิด พบว่า การสูญเสียน้ำหนักไม้มีความสัมพันธ์กับชนิดของเชื้อรา อายุของไม้ และความเข้มข้นของสารเคมี โดยเชื้อราผุสีขาวมีความสามารถในการทำลายไม้ยูคาลิปตัสได้รุนแรงกว่าเชื้อราผุสีน้ำตาล ไม้ชั้นอายุน้อย (3, 5, 7-8 ปี) จะสูญเสียน้ำหนักไม้มากกว่าไม้ชั้นอายุมาก (10 ปี) และการอัดสารเคมีเข้าสู่เนื้อไม้ด้วย CCA เข้มข้น 3% ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานต่อการทำลายของเชื้อรา ทำให้ช่วยยืดอายุการใช้งานของไม้ได้ 5 เท่าของอายุการใช้งานปกติ

ปริมาณสารเคมีที่เข้าสู่เนื้อไม้ (retention) มีความสัมพันธ์กับอายุของไม้โดยไม้ชั้นอายุน้อยของทั้งสองพื้นที่สามารถรับปริมาณสารเคมีแทรกซึมเข้าสู่เนื้อไม้ได้มากกว่าไม้อายุมากไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออกเฉียงเหนือสามารถรับสารเคมีเข้าสู่เนื้อไม้ได้มากกว่าไม้ยูคาลิปตัสภาคตะวันออก อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการป้องกันเชื้อรา (effective value) ของ CCA ในไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสทั้งสองพื้นที่ พบว่า ไม้ชั้นอายุ 3 ปี มีประสิทธิภาพในการป้องกันเชื้อราได้ไม่แตกต่างจากไม้ชั้นอายุมากกว่าที่ผ่านการอัดด้วย CCA แสดงให้เห็นแนวโน้มในการนำไม้ยูคาลิปตัสชั้นอายุน้อยจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกมาใช้ประโยชน์ทดแทนไม้อายุมากกว่า จำเป็นต้องผ่านกระบวนการอัดด้วยสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ที่มีประสิทธิภาพระดับความเข้มข้น และปริมาณสารเคมีเข้าสู่เนื้อไม้อย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

ยศนันท์ พรหมโชติกุล, อรุณี วีณิน และธีรวัฒน์ บุญทวีคุณ. 2548. การคัดเลือกเชื้อราที่ผลิตเอ็นไซม์ย่อยสลายลิกนิน เพื่อการใช้ประโยชน์. รายงานการประชุม ความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้และสัตว์ป่า : ความก้าวหน้าของผลงานวิจัยและกิจกรรมปี 2548. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ. หน้า 202-217

รัตนา หม้อมณี. 2549. ติดต่อข้อมูลส่วนตัว.

ส่วนศูนย์ข้อมูลกลาง. 2541. สถิติกรมป่าไม้ของประเทศไทย. สำนักสารนิเทศ, กรมป่าไม้. 144 น.

สุดารัตน์ เกาลวณิชย์. 2549. ติดต่อข้อมูลส่วนตัว.

Blanchette, R.A., J.R. Obst., J.T. Hedges and K. Weliky. 1988. Resistance of hardwood ressels to degradation by white rot basidiomycets. Can J. Bot. 66 : 1841-1847.

Bultman, J.D. 1976. Research at the Naval Research laboratory on bioresistant tropical woods. An overview, in chemical basrs for natural resistance. Proceedings of a workshop on the biodeterioration of tropical wood. Naval Research lab., Navy, Washington, D.C. pp. 1-6.

Da Costa, E.W.B. and P. Rudman. 1958. The causes of natural durability in timber. I. The role of of toxic extractires in the resistance of tallow wood (Eucalyptus microcorys) to decay. Austr. J. Biol. Sci. 11-45-57.

Dadswell, H.E. and W.E. Hillis. 1962. Wood. In : Wood Extractives and their Significance to pulp and Paper Industries.New York Academic Press. Pp. 3-55.

Gominho, J. and It. Pereina. 2000. Variability of heartwood content in plantation-grown Eucalyptus globules (Labill). Wood and Fiber Sci. 32 (2) : 189-195.

Goodell, B., J. Jellison, Q Yuhui and J. Connolly. 1999. Understanding how structural timber decay : mechanisms involved in the brown rot decay process. Proc : 1st Int. Conf. on Adv. Eng Wood Composites, Bar Harbor, Maine. July 5-8.

Henningsson, B. 1967. Changes in the impact bending strength, weight and alkali solubility following fungi attack on birch wood. Studia Forestalia Suecica. 41 : 1-21

Hillis, W.E. and A.G. Brown. 1984. Eucalyptus for wood production Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Academic press North Ryde, N.C.W. Ausrralia. 434 pp.

Koch, P. 1985. Utilization of Hardwoods Growing on Southern Pine Sites, Vol.1. USDA For. Serv. Handb. 605. pp 465-548.

Nguyen van Thua. 1977. Variation in vessel characteristics of Eucalyptus dalrympleana. Maiden associated with sample position, growth rate and climatic changes. M.Sc. Thesis, Aust. Nat. Uniu.

Scheffer, T.C., H.C. Lachmund and H. Hopp. 1944. Relation between hot water extractives and decay resistance of Black locust wood. J. agric. Res. 58 : 415-426.

Schultz, T.P. and D.D. Nicholas. 2000. Naturally durability heartwood : evidence for a proposed dual defense function of the extractives. Phytochemistry 54 : 47-52.

Appendix

Table 1. Average weight loss percentage effective value of *Eucalyptus camaldulensis* against wood destroying fungi

Fungi	Northeasthern				Easthern		
	Age (yrs.)	Control	Treated	Effective Value (%)	Control	Treated	Effective Value (%)
Loweporus medullae - panis	3	36.761	3.531	90.39	47.165	10.643	77.44
	5	36.71	8.401	77.12	34.779	8.674	76.41
	7-8	28.373	6.743	76.24	24.797	6.497	57.06
	10	6.209	1.827	70.37	15.138	3.163	87.25
Average		**27.01**	**5.12**	**78.53**	**30.47**	**7.24**	**74.54**
Pycnoporus sanguineus	3	42.384	6.125	85.53	66.137	8.332	87.40
	5	41.3	6.4	84.36	60.679	10.518	82.67
	7-8	36.477	6.926	81.00	31.442	5.694	83.84
	10	5.171	2.365	54.16	35.228	3.244	89.69
Average		**31.33**	**5.47**	**76.26**	**48.37**	**6.94**	**85.90**
Gloeophyllum sepiarium	3	39.477	4.987	87.36	36.258	12.368	65.90
	5	13.338	5.588	58.69	41.097	7.93	80.70
	7-8	24.625	5.908	76.00	7	5.004	16.04
	10	5.523	2.094	62.14	5.957	1.682	77.80
Average		**20.74**	**4.64**	**70.89**	**22.73**	**6.74**	**60.11**
Gloeophyllum striatum	3	21.679	3.767	82.61	42.637	8.447	80.20
	5	11.355	8.869	21.92	35.593	7.089	80.16
	7-8	26.41	6.116	76.83	24.424	4.745	39.77
	10	3.362	1.255	62.50	7.87	2.746	88.77
Average	**1**	**5.70**	**5.00**	**60.96**	**27.67**	**5.76**	**72.22**

Table 2. Mean weight loss of *Eucalyptus camaldulensis* related to age of wood

Northeasthern			Easthern	
Age of wood (years)	Control	CCA 3%	Control	CCA 3%
3	35.075	4.602	48.049	9.947
5	25.675	7.33	43.037	8.557
7-8	29.090	6.423	22.06	5.485
10	5.066	1.885	16.048	2.708
Average	**23.73**	**5.06**	**32.30**	**6.67**

Table 3. CCA retention and effective value varied on age of *Eucalyptus camaldulensis*

Northeasthern			Easthern	
Age (years)	Retention ($kg./m^3$)	Effective Value (%)	Retention ($kg./m^3$)	Effective Value (%)
3	19.229	86.88	13.140	79.29
5	16.745	71.45	11.46	80.12
7-8	18.723	77.92	7.979	75.14
10	3.684	62.79	4.450	83.12
Average	**14.60**	**74.76**	**9.33**	**79.42**

Table 4. Correlation of many factors effected on weight loss and CCA retention of Northeasthern *Eucalyptus camaldulensis*

		Age	Fungi	Concentration	Retention	Weight loss
Age	Pearson Correlation	1.000	0.000	0.000	-0.287**	-0.359**
	Sig.(2-tailed)	.	1.000	1.000	0.000	0.000
	N	160	160	160	160	160
Fungi	Pearson Correlation	0.000	1.000	0.000	-0.027**	-0.172
	Sig.(2-tailed)	1.000	.	1.000	0.735	0.030
	N	160	160	160	0.735	160
Concentration	Pearson Correlation	0.000	0.000	1.000	0.838**	-0.626**
	Sig.(2-tailed)	1.000	1.000	.	0.000	0.000
	N	160	160	160	0.735	160
Retention	Pearson Correlation	-0.287**	0.027	0.838**	1.000	-0.483**
	Sig.(2-tailed)	0.000	0.735	0.000	.	0.000
	N	160	160	160	0.735	160
Weight loss	Pearson Correlation	-0.359**	-0.172*	-0.626**	-0.483**	1.000
	Sig.(2-tailed)	0.000	0.030	0.000	0.000	.
	N	160	160	160	0.735	160

Table 5. Correlation of many factors effected on weight loss and CCA retention of Easthern *Eucalyptus camaldulensis*

		Age	Fungi	Concentration	Retention	Weight loss
Age	Pearson Correlation	1.000	0.000	0.000	-0.293**	-0.387**
	Sig.(2-tailed)	.	1.000	1.000	0.000	0.000
	N	160	160	160	160	160
Fungi	Pearson Correlation	0.000	1.000	0.000	0.013	-0.106
	Sig.(2-tailed)	1.000	.	1.000	0.873	0.030
	N	160	160	160	0.735	160
Concentration	Pearson Correlation	0.000	0.000	1.000	0.821**	-0.626**
	Sig.(2-tailed)	1.000	1.000	.	0.000	0.000
	N	160	160	160	0.735	160
Retention	Pearson Correlation	-0.293**	0.013	0.821**	1.000	-0.461**
	Sig.(2-tailed)	0.000	0.873	0.000	.	0.000
.	N	160	160	160	0.735	160
Weight loss	Pearson Correlation	-0.387**	-0.106*	-0.626**	-0.461**	1.000
	Sig.(2-tailed)	0.000	0.030	0.000	0.000	.
	N	160	160	160	160	160

Table 6. Linear regression between many factors and weight loss of Northeasthern *Eucalyptus camaldulensis*

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	r	R^2
	B	Std.Error	Beta				
1 (Constant)	55.770	3.992		13.969	13.969	0.752	0.565
Age	-5793	0.830	-0.434	-6.979	-6979		
Age	-2.197	0.707	-0.165	-3.106	-3.160		
Concentration	-12.067	3.260	-0.405	-3.702	-3.702		
Retention	-0.452	0.195	-0.264	-2.314	-2.314		

Table 7. Linear regression between many factors and weight loss of Easthern *Eucalyptus camaldulensis*

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	r	R^2
	B	Std.Error	Beta				
1 (Constant)	70.581	4.766		14.810	0.000	0.746	0.556
Concentration	-17.201	4.259	-0.420	-4.039	0.000		
Age	-8.433	1.138	-0.460	-7.412	0.000		
Retention	-0.910	0.395	-0.251	-2.304	0.023		

Table 8. Linear regression between many factors and CCA retention of Northeasthern *Eucalyptus camaldulensis*

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	r	R^2
	B	Std.Error	Beta				
1 (Constant)	-4.940	2.079		-2.376	0.019	0.890	0.792
Concentration	13.196	0.858	0.758	15.387	0.000		
Age	-2.591	0.320	-0.333	-8.088	0.000		
Weight loss	-0.07495	0.0.31	-0.128	-2.432	0.016		

Table 9. Linear regression between many factors and CCA retention of Easthern *Eucalyptus camaldulensis*

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	r	R^2
	B	Std.Error	Beta				
1 (Constant)	-828	1.456		-1.942	0.054	0.876	0.768
Concentration	8.331	0.593	0.739	14.057	0.000		
Age	-1.734	0.224	-0.344	-7.733	0.000		
Weight loss	-0.03616	0.016	-0.131	-2.304	0.023		

ความทนทานของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน

Durability of Chemical Treated *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Timbers to the Attack of Subterranean Termites

กฤษณา ชายกวด [1]
สุวรรณา อ่ำเผือก [2]
Krisana Chaikuad
Suwanna Umphauk

[1] งานกีฏวิทยาป่าไม้ กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้
E-mail address: Kchaikuad@yahoo.com
[2] กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลป่าไม้
E-mail address: Suwanna502@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส อายุ 3, 5 และ 7 ปี ที่ผ่านการอาบน้ำยาโดยวิธีการแช่และการใช้แรงดันด้วยตัวยา CCA และ CCB เปรียบเทียบกับไม้ที่ไม่ผ่านการอาบน้ำยา โดยใช้วิธีทดสอบแบบเลือกอิสระ ในสภาพสัมผัสดินและไม่สัมผัสดิน ในระยะเวลา 24 เดือน ผลปรากฏว่าพบปลวกเข้าทำลายไม้ทดลอง 4 ชนิด คือ *Microcerotermes crassus, Microtermes obesi, Odontotermes proformosanus* และ *Macrotermes gilvus* ไม้ทดลองทั้งหมดที่ไม่ผ่านการอาบน้ำยานั้น มีความทนทานต่อปลวกในสภาพไม่สัมผัสดิน แต่ในสภาพสัมผัสดินนั้นไม่มีความทนทานต่อปลวกเลย สำหรับไม้ทดลองที่ผ่านการอาบน้ำยานั้นพบว่า ไม้ทดลองทุกชั้นอายุมีความทนทานต่อปลวกสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ที่ไม่ผ่านการอาบน้ำยาทั้งในสภาพสัมผัสดินและไม่สัมผัสดิน นอกจากนี้ยังพบว่าชนิดตัวยา CCA หรือ CCB และวิธีการอาบน้ำยาแบบแช่หรือแบบใช้แรงดันนั้น มีผลในการเพิ่มความทนทานของไม้ทดลองไม่แตกต่างกันที่ระยะเวลา 24 เดือน

คำหลัก : ความทนทาน ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส ปลวกใต้ดิน ไม้อาบน้ำยา

Abstract

Comparision on the durability of 3, 5 and 7 years preservative treated *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. timbers (soaking in CCA and CCB, vacuum-pressure with CCA and CCB) and non-treated timbers (control) against subterranean termites were conducted in 2 conditions; ground and above ground, in field test for 24 months by choice test method. Results revealed that four termite species; *Microcerotermes crassus, Microtermes obesi, Odontotermes proformosanus* and *Macrotermes gilvus* were found in studies site. The non-treated timbers showed durable to termite attack in above ground condition, whereas, they performed non durable in ground condition. For the chemical treated timbers, all wood ages indicated excellent durability in both conditions. Moreover, the two types of wood preservative (CCA, CCB) and methods of treatment (soaking, vacuum pressure) proved no different in durability improvement of treated timbers within 24 months.

Key words : Durability, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, Subterranean Termites, Treated timbers

คำนำ

ปลวก เป็นแมลงสังคมชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทั้งต่อระบบนิเวศป่าไม้ ในการเป็นผู้ย่อยสลายเศษไม้ เศษซากพืช และอินทรีย์วัตถุ ส่วนอีกบทบาทหนึ่งที่สำคัญเช่นกัน คือ เป็นศัตรูทำลายไม้ที่สามารถส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศได้ ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีปลวกอย่างน้อย 179 ชนิด (ยุพาพร และจารุณี, 2547) สามารถจัดแบ่งเป็นกลุ่มต่างๆ ได้แก่ กลุ่มปลวกเพาะเลี้ยงเชื้อรา กลุ่มปลวกกินดินและอินทรีย์วัตถุ กลุ่มปลวกกินไลเคน และกลุ่มปลวกกินเนื้อไม้ (จารุณี และคณะ, 2548) ซึ่งปลวกในกลุ่มกินเนื้อไม้นี้ จะมีบทบาทสำคัญในแง่เป็นศัตรูทำลายไม้ โดยปลวกชนิดที่เข้าทำลายอาคารบ้านเรือนมากที่สุดคือ ปลวก *Coptotermes gestroi* ซึ่งพบมากในเขตเมืองถึงร้อยละ 90 และพบในชนบทร้อยละ 22 ส่วนปลวกชนิดที่พบรองลงมา คือ ปลวก *Microcerotermes crassus* ซึ่งพบทำลายเฉพาะบ้านเรือนที่อยู่ในพื้นที่ชนบท ร้อยละ 42 ของพื้นที่ นอกจากนั้นยังพบว่า เมื่อสภาพนิเวศวิทยาในป่าธรรมชาติได้ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ใช้ประโยชน์จะพบปลวกชนิด *Microcerotermes crassus, Globitermes sulphureus* และ *Bulbitermes makhamensis* เป็นปลวกชนิดเด่นที่สามารถปรับตัวให้อยู่รอดได้ดีในสภาพพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายไป (Watanabae et.al, 1984) ดังนั้นปลวกที่สามารถทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ (key pests) ของประเทศไทยมากที่สุด คือ ปลวก *C. gestroi* รองลงมาคือ *M. crassus* ตามลำดับ (Sornnuwat, 1996)

ไม้ยูคาลิปตัส เป็นไม้โตเร็วที่กรมป่าไม้ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตสูง สามารถเจริญเติบโตได้ในแทบทุกสภาพพื้นที่ และสามารถตัดฟันเพื่อใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่อายุ 3 - 5 ปี ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการปลูกไม้ยูคาลิปตัสทั่วประเทศมากถึง 3 ล้านไร่ (ดวงแก้ว, 2547) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สำหรับทำกระดาษ แต่นอกจากนี้ เกษตรกรยังสามารถนำไม้ที่ได้จากการตัดสางระยะไปใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ภายในบ้านเรือนในลักษณะที่ไม่ได้สัมผัสกับดิน หรือนำไปสร้างสิ่งก่อสร้างต่างๆ ที่มีบางส่วนของไม้สัมผัสกับดินโดยตรง ซึ่งทำให้มีปัญหาของการทำลายจากศัตรูทำลายไม้ ไม่ว่าจะเป็นมอด หรือเชื้อราที่มีรายงานการศึกษาว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีสมักจะพบเชื้อรา white rot และ brown rot เข้าทำลาย (ยศนันท์ และอรุณี, 2530) นอกจากนั้นยังมีปลวกที่เป็นศัตรูทำลายไม้ที่สำคัญเข้าทำลายไม้ ทำลายบ้านเรือน และผลิตภัณฑ์จากไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้โตเร็วที่มีอายุน้อย จะพบปลวกเข้าทำลายได้อย่างง่ายและรวดเร็ว ถึงแม้ว่าในประเทศไทยจะมีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับความทนทานของไม้จากสวนป่าบางชนิด รวมทั้งการศึกษาถึงการเพิ่มอายุความทนทานของไม้โดยใช้สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ต่อการทำลายของปลวกใต้ดินอยู่บ้าง เช่น ความทนทานของไม้สะเดาเทียม ไม้ยาง และไม้สน เป็นต้น แต่สำหรับการศึกษาความทนทานของไม้ยูคาลิปตัสต่อการเข้าทำลายของปลวกนั้นยังไม่มีรายงานการศึกษา อย่างไรก็ตามในประเทศออสเตรเลียซึ่งเป็นถิ่นกำเนิดของไม้ยูคาลิปตัสได้มีการศึกษาความทนทานตามธรรมชาติของไม้ยูคาลิปตัส 5 สายพันธุ์ ต่อการ ทำลายของปลวกใต้ดินชนิดต่างๆ (Cookson, 2005) พบว่า มีไม้ยูคาลิปตัสเพียง 2 สายพันธุ์เท่านั้นที่พบปลวกเข้าทำลายน้อยที่สุด คือ *Eucalyptus camaldulensis* และ *E. sideroxylon* นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความทนทานตามธรรมชาติของไม้สน *(Pine sp.)* และไม้ยูคาลิปตัสสายพันธุ์ต่างๆ ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน (Goncalves Peratta et al, 2004) ที่รายงานว่า ไม้สน และยูคาลิปตัสสายพันธุ์ *E. robusta* พบปลวกเข้าทำลายได้มากกว่ายูคาลิปตัสสายพันธุ์ *E.pillita* และ *E. urophylla*

ดังนั้น การศึกษาความทนทานของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส ที่ผ่านการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน จึงมีความน่าสนใจที่ควรจะต้องศึกษาเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นชนิดไม้ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ อีกทั้งยังมีการศึกษาด้านความทนทานต่อการทำลายของศัตรูทำลายไม้น้อยมาก จึงควรศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลความทนทานของไม้ตามธรรมชาติ รวมถึงแนวทางการเพิ่มอายุความทนทานของไม้ในการใช้งานแบบสัมผัสดินและไม่สัมผัสดิน เพื่อให้สามารถนำไม้ชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายและคุ้มค่ามากที่สุด ซึ่งเป็นการช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ได้อีกทางหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ไม้ท่อนยูคาลิปตัสอายุ 3 ปี 5 ปี และ 7 ปี ขนาดความยาวประมาณ 30 เซนติเมตร ที่ผ่านการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ ด้วยตัวยา Chromated copper arsenate (CCA) และ Chromate copper boron (CCB) โดยใช้กรรมวิธีอาบน้ำยาแบบแช่ (Soaking) และอาบน้ำยาแบบใช้แรงดัน (Vacuum-Pressure Treatment) และไม้ยูคาลิปตัสที่ไม่ได้อาบน้ำยา (Control)
2. ไม้ยางพาราขนาด 5 x 30 x 2.5 เซนติเมตร
3. บ่อซีเมนต์ทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร หัวท้ายเปิด พร้อมฝาบ่อ
4. อิฐบล็อค
5. ทรายหยาบ

วิธีการทดลอง

ทดสอบความทนทานของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีสที่ผ่านการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน ในภาคสนามแบบเลือกอิสระ (Choice Test) ที่ศูนย์ส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า จังหวัดขอนแก่น โดยการนำบ่อซีเมนต์ทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร หัวท้ายเปิด จำนวนเท่ากับจำนวนซ้ำที่ทำการทดสอบ วางในพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ ให้มีระยะห่างแต่ละจุดเท่ากับ 1 เมตร ปูรองพื้นด้วยทรายหยาบ นำท่อนไม้ยูคาลิปตัสที่อาบน้ำยาแบบแช่ และอาบน้ำยาแบบใช้แรงดัน โดยใช้ตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ CCA, CCB และไม้ยูคาลิปตัสที่ไม่อาบน้ำยา (control) จำนวนทั้งหมด 5 ซ้ำ ของแต่ละชุดทดลอง ใส่ลงไปในบ่อซีเมนต์ที่แยกตามซ้ำ โดยทำการทดสอบ 2 สภาพ คือ สภาพไม่สัมผัสดิน เพื่อเป็นตัวแทนของการใช้ประโยชน์ไม้ในลักษณะไม่สัมผัสดิน ซึ่งต้องนำอิฐบล็อกมาปูทับทรายหยาบให้อยู่ในระดับเหนือดินก่อน แล้ววางไม้ทดลองลงบนอิฐบล็อก ส่วนสภาพที่ 2 คือ สภาพสัมผัสดิน เพื่อเป็นตัวแทนของการใช้ประโยชน์ไม้ในลักษณะการสัมผัสดิน โดยนำไม้ทดลองปักลงไปในทรายหยาบที่ปูพื้นไว้แล้วปิดฝาบ่อซีเมนต์เพื่อป้องกันน้ำฝนและสิ่งแปลกปลอมต่างๆ

Figure 1 Durability experiment of chemical treated timber to the attack of subterranean termites. A -B) Studied site C) Ground condition and D) Above ground condition

การประเมินผลการทดสอบ

การทดสอบในภาคสนาม มีการประเมินผลทุกระยะ 6 เดือน โดยการประเมินความเสียหายของไม้ทดลองด้วยสายตา (visual rate) และบันทึกอัตราการเข้าทำลายเป็นเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของปลวกดังนี้ (Sornnuwat, 1996)

อัตราการเข้าทำลาย (%)	ความเสียหายของไม้ทดลอง	ระดับความทนทาน
0	ไม่พบความเสียหาย	ทนทานสูง (Very durable)
1-15	เสียหายเล็กน้อย	ทนทาน (Durable)
16-40	เสียหายปานกลาง	ทนทานปานกลาง (Moderately Durable)
41-75	เสียหายมาก	ไม่ทนทาน (Non durable)
> 75	เสียหายรุนแรงมากใช้งานไม่ได้	ผุพังง่ายมาก (Perishable)

ผลและวิจารณ์

การศึกษาความทนทานของไม้ยูคาลิปตัสอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน โดยทำการทดสอบในภาคสนามแบบเลือกอิสระ ในสภาพสัมผัสดิน และไม่สัมผัสดิน ซึ่งตรวจประเมินความเสียหายทุกระยะ 6 เดือน มีผลการทดลองดังนี้

1. ชนิดปลวกที่พบในการทดลอง

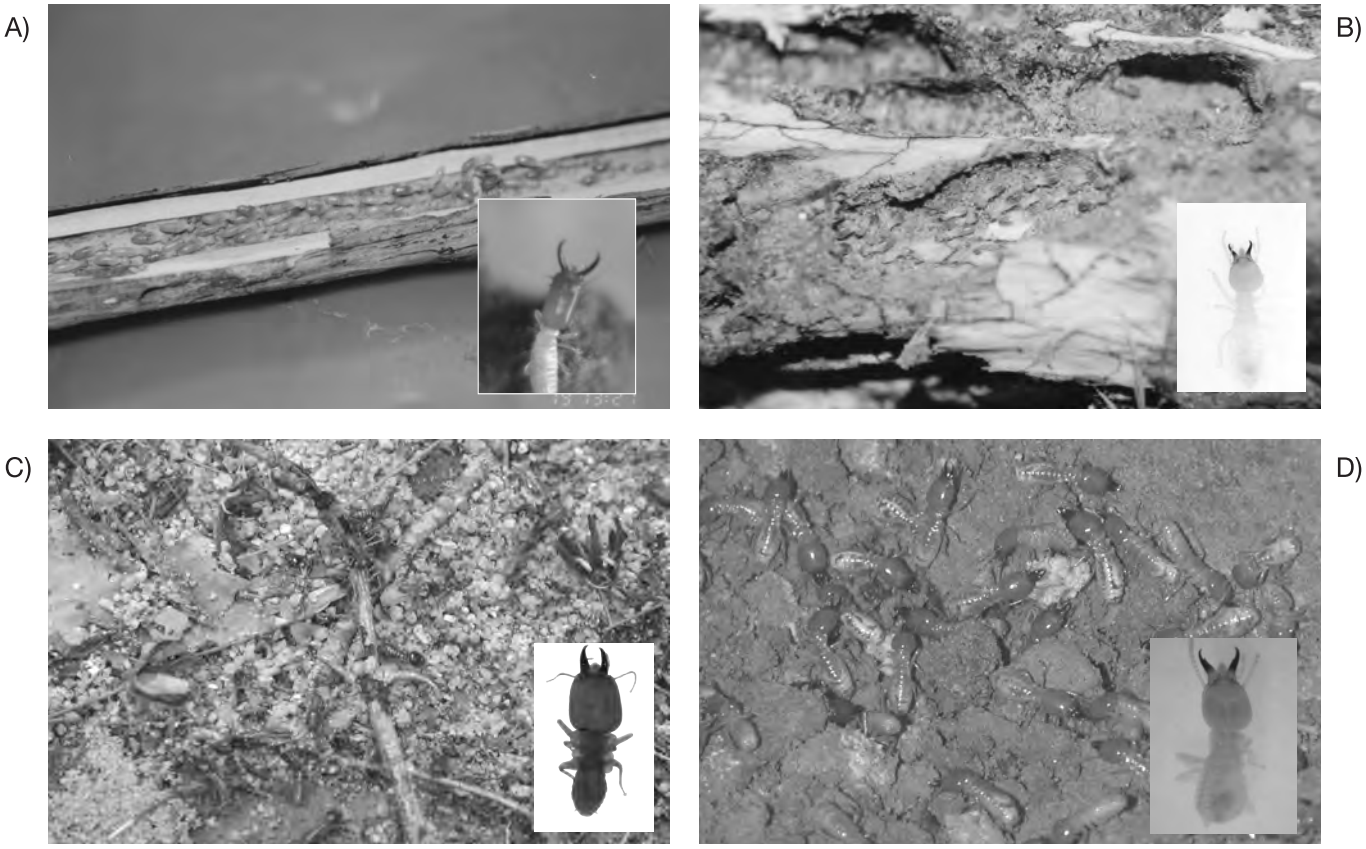


Figure 2 Termite speicies attack to *Eucalyptus camaldulensis* timbers in field test. (A) *Microcerotermes crassus* (B) *Microtermes obesi* (C) *Macrotermes gilvus* and (D) *Odontotermes proformosanus*

ปลวกที่พบเข้าทำลายไม้ทดลองยูคาลิปตัส ทั้งในสภาพสัมผัสดินและไม่สัมผัสดิน มีทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ *Microcerotermes crassus, Microtermes obesi, Odontotermes proformosanus* และ *Macrotermes gilvus* (Figure 2) โดยปลวกชนิด Microcerotermes crassus เข้าทำลายไม้ทดลองบ่อยครั้งที่สุดคิดเป็น 59.2% ของจำนวนครั้งที่พบปลวกทั้งหมด รองลงมาได้แก่ ปลวกชนิด *Microtermes obesi, Macrotermes gilvus* และ *Odontotermes proformosanus* คิดเป็น 26.3%, 9.2% และ 5.3% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากผลการทดลองที่ประเทศออสเตรเลียซึ่งพบปลวกชนิด *Macrotermes darwiniensis* และ *Coptotermes acinaciformis* เข้าทำลายไม้ยูคาลิปตัสมากกว่าปลวกชนิด *Coptotermes scinaciformes* (Cookson, 2005) ทั้งนี้อาจเนื่องจากประเทศออสเตรเลียมีสภาพภูมิประเทศ และสภาพนิเวศน์ที่แตกต่างอย่างชัดเจนกับประเทศไทย ทำให้มีชนิดปลวกที่แตกต่างกันด้วย อย่างไรก็ตาม การที่พบปลวกชนิด *Microcerotermes crassus* บ่อยครั้งที่สุดในการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Sornnuwat (1996) ที่พบปลวกชนิดนี้ทำลายเฉพาะบ้านเรือนที่อยู่ในพื้นที่ชนบท และปลวกชนิดนี้จะเป็นปลวกชนิดเด่นที่สามารถปรับตัวให้อยู่รอดได้ดีในสภาพพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายไป (Watanabae et.al,1984) เช่น ป่าธรรมชาติที่ถูกทำลายไปหรือเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรหรือที่อยู่อาศัยของมนุษย์ ดังนั้นปลวกชนิดนี้ จึงเป็นศัตรูที่เข้ามาทำลายไม้ที่สำคัญในพื้นที่ชนบท ซึ่งสอดคล้องกับสภาพพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นพื้นที่ทางการเกษตร เปิดโล่ง มีต้นไม้เล็กน้อย สำหรับปลวกอีก 3 ชนิดที่เหลือนั้น เป็นปลวกกลุ่มที่เพาะเลี้ยงเชื้อราที่สามารถกินทั้งไม้และเศษใบไม้เป็นอาหาร (ยุพาพร และจารุณี, 2546; จารุณีและคณะ, 2548) จึงมีทางเลือกในการกินอาหารมากกว่า และมักจะพบบ่อยในพื้นที่ป่าที่ค่อนข้างอุดมสมบูรณ์

2. ความทนทานของไม้ยูคาลิปตัสไม่อาบน้ำยาต่อการทำลายของปลวกใต้ดิน

Table 1. Damaged Values of non-treated timbers by the attack of subterranean termites

Ages (years)	Damaged Values (%)							
	Ground Test				Above Ground Test			
	7 month	12 month	18 month	24 month	7 month	12 month	18 month	24 month
3	25.00	58.00	78.00	86.00	1.20	6.20	22.00	24.20
5	28.00	50.00	54.00	63.00	1.40	10.40	23.00	26.00
7	32.00	57.00	61.00	73.00	1.20	2.20	9.20	13.20

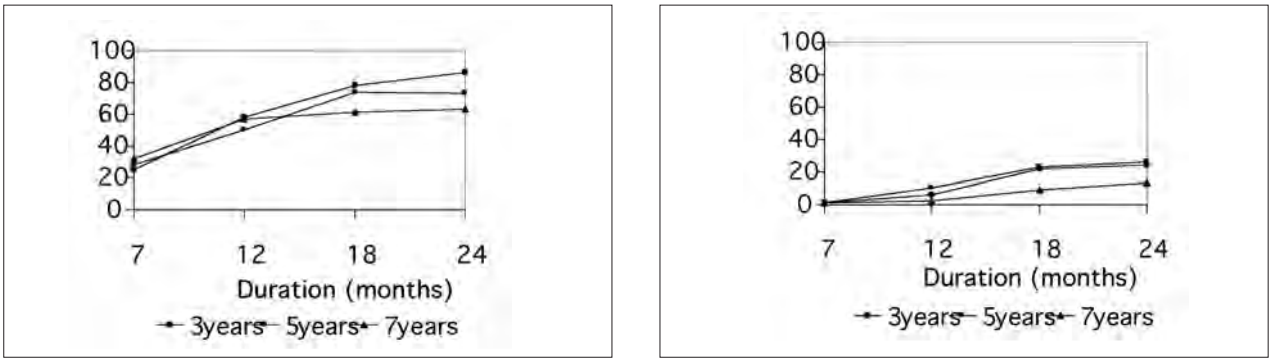


Figure 3. Durability of non chemical treated timbers were tested in different conditons.

ผลความทนทานของไม้ทดลองอายุ 3 ปี 5 ปี และ 7 ปี ที่ไม่ได้อาบน้ำยาต่อการทำลายของปลวกใต้ดินที่ทำการทดสอบในสภาพสัมผัสดินและไม่สัมผัสดิน (Figure 3) พบว่า ไม้ทดลองทุกชั้นอายุในสภาพสัมผัสดิน เมื่อครบระยะเวลาทดลอง 12 เดือนขึ้นไป ถูกปลวกเข้าทำลายเสียหายมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของไม้มากกว่า 40% ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่ไม่ทนทาน แต่สำหรับในสภาพไม่สัมผัสดิน พบว่าไม้ทดลองมีความทนทานต่อการทำลายของปลวกสูงกว่า คือ สามารถทนทานต่อการทำลายของปลวกได้นานอย่างน้อย 24 เดือน เนื่องจากเมื่อครบระยะเวลาดังกล่าว ไม้ทดลองอายุ 3 ปี 5 ปี และ 7 ปี ยังมีค่าความเสียหายของไม้น้อยกว่า 40% ซึ่งมีค่าเท่ากับ 24.2%, 26.0% และ 13.0% ตามลำดับ จัดอยู่ในระดับมีความทนทานปานกลาง แสดงให้เห็นว่า ไม้ยูคาลิปตัส อายุ 3 ปี 5 ปี และ 7 ปีที่ไม่อาบน้ำยานั้น ถ้านำมาใช้ประโยชน์ในสภาพสัมผัสดินจะสามารถทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินได้ไม่เกิน 12 เดือน แต่ถ้านำมาใช้ประโยชน์ในลักษณะไม่สัมผัสดินแล้วจะสามารถทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินได้นานอย่างน้อย 24 เดือน

3. ความทนทานของไม้ยูคาลิปตัสอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน

จาก Table 2 จะเห็นได้ว่า ไม้ยูคาลิปตัสทดลองที่ผ่านการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ด้วยกรรมวิธีแบบแช่ มีค่าปริมาณตัวยาในเนื้อไม้น้อยกว่าไม้ที่ผ่านการอาบน้ำยาด้วยกรรมวิธีแบบใช้แรงดันอย่างเห็นได้ชัด โดยไม้ยูคาลิปตัสที่ผ่านการอาบ น้ำยาไม้ด้วยกรรมวิธีแบบแช่นั้น มีค่าปริมาณตัวยา CCA และ CCB ในเนื้อไม้เป็น 2.93 - 4.69 และ 2.64 - 4.28 กก./ลบ.ม. ในขณะที่ไม้ที่ผ่านการอาบน้ำยาด้วยกรรมวิธีแบบใช้แรงดันนั้น มีค่าปริมาณตัวยา CCA และ CCB ในเนื้อไม้มากกว่าโดยมีค่าเป็น 14.29 -19.64 และ 11.97-14.01 กก./ลบ.ม. เมื่อนำไม้อาบน้ำยาเหล่านี้มาทดสอบความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน เปรียบเทียบกับไม้ยูคาลิปตัสทดลองที่ไม่ได้ผ่านการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ (control) โดยทดสอบใน 2 ลักษณะ คือ สภาพสัมผัสดิน และสภาพไม่สัมผัสดิน ในระยะเวลา 24 เดือน ปรากฏผลการทดลองดังนี้

3.1 การทดลองในสภาพสัมผัสดิน

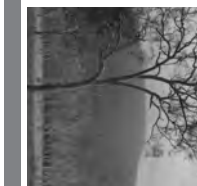
เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของไม้ทดลองในสภาพสัมผัสดินในระยะเวลาการทดสอบ 24 เดือน โดยวิธีการของ Duncan 's New Multiple Rage Test พบว่า ไม้ทดลองทุกชั้นอายุในกลุ่มที่ผ่านการอาบน้ำยาทั้งโดยกรรมวิธีแบบแช่ และแบบใช้แรงดันด้วยตัวยา CCA และ CCB นั้น มีค่าเฉลี่ยความเสียหายของไม้จากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) โดยมีค่าความเสียหายน้อยมาก ซึ่งมีชุดทดลองเดียวที่ถูกปลวกทำลายสูงสุดเพียง 2.8% เท่านั้น และมีหลายชุดทดลองที่ไม่พบความเสียหายเลย (0%) ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่มีความทนทานสูงถึงทนทาน แต่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ทดลองกลุ่มที่ไม่ผ่านการอาบน้ำยา (control) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของไม้ทดลองสูงกว่ามาก โดยไม้ทดลองอายุ 3 ปี พบถูกปลวกเข้าทำลายเสียหายรุนแรงมาก มีค่าเฉลี่ยความเสียหายของ ไม้สูงที่สุดเท่ากับ 86% จัดอยู่ในระดับผุพังง่าย ในขณะที่ไม้ทดลองอายุ 5 ปี และ 7 ปีนั้น มีค่าความเสียหายของ ไม้เท่ากับ 63% และ 73% ตามลำดับ จัดอยู่ในระดับที่ไม่มีความทนทาน

Table 2. Average damage values of timbers attacked by subterranean termites in different treatments within 24 months.

Wood ages (years)	Treatment	Ground			Above ground		
		Retention (kg/m^3)	Damage (%)	Level of Durability	Retention (kg/m^3)	Damage (%)	Level of Durability
3	Vacuum / Pressure - CCA	18.55	0.50 1/ a 2/	D	19.64	0.00 1/ a 2/	VD
3	Vacuum / Pressure - CCB	12.55	2.81a	D	14.01	0.00 a	VD
5	Soaking - CCA	4.48	0.00 a	VD	4.69	0.00 a	VD
5	Soaking - CCB	3.62	0.00 a	VD	4.28	1.00 a	D
5	Vacuum / Pressure - CCA	14.44	0.00 a	VD	14.29	0.00 a	VD
5	Vacuum / Pressure - CCB	11.97	0.40 a	D	12.68	0.40 a	VD
7	Soaking - CCA	2.93	0.00 a	VD	4.36	0.00 a	VD
7	Soaking - CCB	2.64	0.10 a	D	3.16	0.00 a	VD
7	Vacuum / Pressure - CCA	16.19	0.00 a	VD	17.30	0.00 a	VD
7	Vacuum / Pressure - CCB	12.99	0.00 a	VD	13.12	0.10 a	D
3	No Treatment (Control)	-	86.00	P	-	24.20c	MD
5	No Treatment (Control)	-	63.00b	ND	-	26.00c	MD
7	No Treatment (Control)	-	73.00b	ND	-	13.20b	D

1/ = Mean of 5 replications. 2/=Mean followed by the same letter are not significantly different at 95% level of confidence.

VD= (Very durable), D= (Durable), MD= (Moderately durable), ND= (Non durable), P= (Perishable)



3.2 การทดลองในสภาพไม่สัมผัสดิน

สำหรับการทดสอบความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินของไม้ยูคา ลิปตัสทดลองในสภาพไม่สัมผัสดินนั้น ให้ผลการทดสอบที่เป็นไปในแนวเดียวกันกับผลการทดสอบในสภาพสัมผัสดิน กล่าวคือ ไม้ทดลองทุกชั้นอายุในกลุ่มที่ผ่านการอาบน้ำยาทั้งโดยกรรมวิธีแบบแช่ และแบบใช้แรงดันด้วยตัวยา CCA และ CCB นั้น มีค่าเฉลี่ยความเสียหายของไม้จากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินไม่แตกต่างกันในทางสถิติ(ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) โดยมีค่าความเสียหายน้อยมากโดยมีค่าสูงสุดเพียง 1.0% เท่านั้น และมีหลายชุดทดลองที่ไม่พบความเสียหายเลย (0%) ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่มีความทนทานสูงถึงทนทาน แต่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนกับไม้ทดลองกลุ่มที่ไม่ผ่านการอาบน้ำยา (control) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของไม้ทดลองสูงกว่ามาก โดยมีค่าเป็น 13.2% 26%และ 24% ในไม้ทดลองอายุ 7 ปี 5 ปี และ 3 ปี ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่มีความทนทาน ถึงทนทานปานกลาง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเสียหายของไม้ทดลองที่ทำการทดลองในสภาพสัมผัสดินและไม่สัมผัสดิน พบว่า ไม้ทดลองในสภาพสัมผัสดินจะมีค่าเฉลี่ยความเสียหายของไม้เท่ากับ 19.5% ซึ่งสูงกว่า ความเสียหายไม้ทดลองในสภาพไม่สัมผัสดินอย่างชัดเจน ที่พบความเสียหายของไม้เพียง 5.5 % เท่านั้น ($t = 2.82$, $df = 116$) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากไม้ที่ใช้ประโยชน์ในลักษณะสัมผัสดินนั้น ปลวกมีโอกาสพบไม้ที่เป็นอาหารได้ง่าย กว่าการทดสอบในลักษณะไม่สัมผัสดินซึ่งมีสิ่งขวางกั้นระหว่างไม้ทดลองและพื้นดินจึงทำให้ปลวกใต้ดินมีโอกาสเข้าทำลายไม้ทดลองได้น้อยและยากกว่าไม้ที่สัมผัสกับดินโดยตรง ดังนั้นความเสียหายของไม้ทดลองในสภาพไม่สัมผัสดินจึงมีความเสียหายของไม้น้อยกว่าในสภาพสัมผัสดิน

จากผลการทดลองในครั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า การอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ทั้งวิธีการแบบแช่ และแบบใช้แรงดันด้วยตัวยา CCA หรือ CCB สามารถช่วยยืดอายุความทนทานของไม้ยูคาลิปตัสทดลองต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน ทั้งในสภาพการใช้งานที่เป็นแบบสัมผัสดิน และแบบไม่สัมผัสดิน ให้ยาวนานมากขึ้นอย่างน้อยมากกว่า 24 เดือนขึ้นไป แต่หากไม่ทำการอาบน้ำยาไม้ท่อนยูคาลิปตัสก่อนนำไปใช้งาน จะสามารถใช้งานในลักษณะสัมผัสดินได้ ไม่เกิน 12 เดือน สำหรับการใช้งานในลักษณะไม่สัมผัสดินนั้นมีโอกาสเสี่ยงต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินต่ำกว่า จึงอาจใช้งานได้นานมากกว่า 24 เดือน

อนึ่ง การทดสอบความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินของไม้ที่ผ่านการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้นั้น จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการทดสอบที่ยาวนาน โดยมีการติดตามและตรวจสอบความเสียหายของไม้ทดลองอย่างต่อเนื่องจนกว่าไม้ทดลองท่อนนั้นๆ จะถูกปลวกเข้าทำลายเสียหายมากและไม่สมควรที่จะใช้งานอีกต่อไป ซึ่งถือว่าสิ้นสุดการทดลอง จึงจะสามารถสรุปผลการทดสอบได้ แต่เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้ มีระยะเวลาการทดสอบค่อนข้างสั้นเพียงแค่ 24 เดือน จึงไม่สามารถสรุปในขณะนี้ได้ว่า กรรมวิธีการอาบน้ำยาแบบแช่ หรือแบบ ใช้แรงดัน ตัวยา CCA หรือ CCB ที่จะให้ผลในการยืดอายุความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินได้ดีกว่ากัน ดังนั้น จึงควรติดตามและประเมินผลความเสียหายของไม้ทดลองในครั้งนี้ต่อไปอย่างต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ เกษตรกรสามารถนำไปใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพไม้หรือเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์จากไม้ด้วยตนเองได้ โดยอาจเลือกกรรมวิธีการอาบน้ำยาไม้ที่ไม่ยุ่งยากมากนัก เช่น วิธีการแช่ ซึ่งทำได้ง่าย สะดวก เกษตรกรสามารถหาวัสดุ และอุปกรณ์ได้ในท้องถิ่นของตนเอง อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้กับไม้ชนิดอื่นๆ ได้อีกด้วย

สรุป

1. พบปลวกเข้าทำลายไม้ทดลองทั้งหมด 4 ชนิดได้แก่ *Microcerotermes crassus, Microtermes obesi, Odontotermes proformosanus* และ *Macrotermes gilvus โดยพบปลวกชนิด Microcerotermes crassus* บ่อยครั้งที่สุด รองลงไปได้แก่ ปลวกชนิด *Microtermes obesi, Macrotermes gilvus* และ *Odontotermes proformosanus* ตามลำดับ

2. ไม้ท่อนยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีสอายุ 3, 5 และ 7 ปีที่ไม่อาบน้ำยาถ้านำมาใช้ประโยชน์ในสภาพสัมผัสดินจะสามารถทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินได้ไม่เกิน 12 เดือน แต่ถ้านำไปใช้ประโยชน์ในสภาพไม่สัมผัสดินจะสามารถทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกได้ในอย่างน้อย 24 เดือน

3. ไม้ท่อนยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีสทดลองในสภาพไม่สัมผัสดินมีความทนทานต่อการทำลายของปลวกใต้ดินดีกว่าไม้ทดลองในสภาพสัมผัสดิน

4. การอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้โดยวิธีการแบบแช่ หรือ แบบใช้แรงดัน และชนิดตัวยา CCA หรือ CCB ให้ผลในการช่วยเพิ่มความทนทานของไม้ยูคาลิปตัสได้ดีไม่แตกต่างกันที่ระยะเวลา 24 เดือน

คำขอบคุณ

ผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณ คุณทินกร พิริยะโยธา หัวหน้าศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและ ของป่าจังหวัดขอนแก่นที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลองภาคสนามรวมทั้งอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานภาคสนาม รวมทั้งพนักงานราชการและลูกจ้างประจำทุกท่านที่ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานในภาคสนามทุกครั้ง

เอกสารอ้างอิง

จารุณี วงศ์ข้าหลวง ยุพาพร สรนุวัตร ขวัญชัย เจริญกรุง และศจิษฐ์ ชุติภาปกรณ์. 2548. ความหลากหลายของปลวกในประเทศไทย. หกจ.อักษรสยามการพิมพ์. 48 น.

ดวงแก้ว ผุงเพิมตระกูล. 2457. ยูคาฯ เป็นผู้ร้ายจริงหรือ? "ชาวเกษตร" นัดถกปัญหา. www.aggiethai.com/forum8.5/forum__posts.asp?TID=56

ยุพาพร สรนุวัตร และจารุณี วงศ์ข้าหลวง. 2546. ปลวกและบทบาทในระบบนิเวศน์. หกจ. อักษรสยามการพิมพ์.13 น.

ยุพาพร สรนุวัตร และจารุณี วงศ์ข้าหลวง. 2547. คู่มือการจำแนกปลวกในประเทศไทย.หกจ.อักษรสยามการพิมพ์. 28 น.

ยศนันท์ และอรุณี. 2530. ความทนทานตามธรรมชาติของไม้ยูคาลิปตัสต่อการเข้าทำลายของเชื้อราบางชนิด. www.forest.go.th/Fotprod/research/result1.asp.

Larie Cookson. 2005. Natural durability of Eucalyptus trees from farm forestry and low land forest. www.rirdc.gov.au/comp05/aft2.html#__Ref109451484

Regina Goncalves Peratta, Euripedea Barsanulfo Menezes, Acacio Geraldo Carvalho and Elende Lima Aguiar-Menzes. 2004. Wood Consumption Rates of Forest Species by Subterranean Termite (Isoptera) under Field Condition. www.scielo.br/pdf/rarv/v28n2/20993.pdf

Sornnuwat, Y.,1996. Studies on damage of constructions caused by subterranean termites and its control in Thailand. Wood Res. No. 83 : 59-139.

Watanabe, H., Takeda, H. and Ruaysoonggreen, S. 1984. Termites of Northern Thailand with special reference to changes in species composition due to shifting cultivation. Memoirs of the Collage of Agriculture, Kyoto University. 125; 45-57.

การอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

Preservative treatments of *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh.

สุวรรณา อ่ำเผือก*
กฤษณา ชายกวด**
วรัญญู ราษฎร์เจริญ*
ยุวดี แก้วมณี*
Suwanna Umphauk
Kridsana Chaikuad
Waranyu Ratcharoen
Yuwadee Keawmanee

* กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
** กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3 ปี 5 ปี และ 7 ปี ด้วยตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ประเภทละลายน้ำ จำนวน 2 ชนิด คือ Chromated copper arsenate (CCA) และ Chromated copper boron (CCB) โดยใช้กรรมวิธีการอาบน้ำยาแบบการแช่ (Soaking) แบบการต้มร้อนสลับเย็น (Hot and Cold Bath) และการอาบน้ำยาแบบใช้แรงดัน (Vacuum - Pressure Treatment) พบว่า กรรมวิธีในการอาบน้ำยา และอายุของไม้ทดลองมีผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถในการดูดซึมตัวยาของไม้ โดยกรรมวิธีการอาบน้ำยาแบบใช้แรงดัน มีค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซึมตัวยาในเนื้อไม้มากที่สุด รองลงมาเป็นการอาบน้ำยาแบบต้มร้อนสลับเย็น และการอาบน้ำยาแบบแช่ โดยมีค่าเป็น 13.71, 6.41, และ 3.53 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ ทำนองเดียวกับอายุของไม้ทดลอง พบว่า ไม้ที่มีอายุ 3 ปี มีค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซึมตัวยามากที่สุด 15.13 กก./ลบ.ม. ส่วนไม้ทดลองอายุ 5 และ 7 ปี มีค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซึมตัวยาใกล้เคียงกัน คือ 7.86 และ 8.98 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ สำหรับตัวยาทั้งสองชนิดที่ใช้ในการทดลองนั้นพบว่าให้ผลในการดูดซึมไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 9.06 และ 8.35 กก./ลบ.ม. สำหรับตัวยา CCA และ CCB ตามลำดับ

คำหลัก : ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส การอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ การแช่ การต้มร้อนสลับเย็น การใช้แรงดัน ปริมาณการดูดซึมตัวยา

ABSTRACT

To study on preservative treatments of *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh. a group of 3, 5 and 7 years *E. Camaldulensis* posts were treated with two types of water- borne wood preservative, Chromated copper arsenate (CCA) and Chromated copper boron (CCB) by soaking, hot and cold bath and vacuum-pressure treatment. Results revealed that methods of treatment and wood ages affected on wood preservatives retention significantly. Vacuum-pressure treatment showed the highest retention (13.71 kg/m^3), followed by hot and cold bath (6.41 kg/m^3) and soaking treatment (3.53 kg/m^3), respectively. For wood ages, 5 and 7 years gave no significantly difference in retention (7.86 kg/m^3 and 8.98 kg/m^3), whereas, the highest one was belonged to 3 years (15.13 kg/m^3). There was also no difference in retention between CCA and CCB wood preservatives (9.06 and 8.25 kg/m^3).

Key words : *Eucalyptus Camaldulensis,* wood preservative treatment, soaking, hot and cold bath, vacuum-pressure, retention, CCA, CCB,

คำนำ

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (*Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh.) เป็นไม้โตเร็วที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปออสเตรเลีย ถูกนำเข้ามาทดลองปลูกในประเทศไทยประมาณปี พ.ศ. 2493 พบว่า เป็นไม้ที่ปลูกง่าย ทนต่อสภาพแห้งแล้ง และสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินทุกสภาพ แม้ในพื้นที่เสื่อมโทรมที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ลำต้นตรง เพลา ดีพอสมควรสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่อายุยังน้อย อีกทั้งยังสามารถแตกหน่อได้ดีโดยไม่ต้องปลูกใหม่ จึงเป็น ที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ยังเป็นไม้อีกชนิดหนึ่งที่รัฐบาลโดยกรมป่าไม้ได้สนับสนุนและส่งเสริมให้ปลูกในรูปแบบของสวนป่าปลูกทั้งในพื้นที่ของภาครัฐและเอกชน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นแหล่งผลิตไม้ใช้สอยภายในประเทศและเป็นวัตถุดิบให้แก่อุตสาหกรรมทางไม้ต่างๆ เช่น อุตสาหกรรม กระดาษ อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดหรือแผ่นใยไม้อัด เป็นต้น ปัจจุบันมีการปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส คิดเป็นเนื้อที่สูงถึง 3 ล้านไร่ (กรมป่าไม้, 2539; เกรียงศักดิ์, 2549)

ภายใต้หลักการทางด้านการจัดการป่าไม้ที่เหมาะสม สวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จำเป็นต้องมีการตัดสางขยายระยะในช่วงอายุต่างๆ เช่น 3 ปี 5 ปี หรือ 7 ปี ส่วนใหญ่ไม้ตัดสางขยายระยะเหล่านี้มักมีขนาดเล็ก และมีราคาถูก เกษตรกรจึงนำมาทำฟืน เผาถ่าน หรือปล่อยทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งเป็นการใช้ไม้อย่างไม่คุ้มค่า เกษตรกรบางรายพยายามเพิ่มมูลค่าให้แก่ไม้เหล่านี้โดยนำไปผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์หรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ แต่มักประสบปัญหา การเข้าทำลายของมอดและศัตรูทำลายไม้ ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหาย หรือด้อยคุณภาพ มีอายุการใช้งานสั้น ทั้งนี้เป็นเพราะไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เป็นไม้ที่มีความ ทนทานตามธรรมชาติต่ำ ประกอบกับไม้ที่ได้จากการตัดสางขยายระยะเหล่านี้ เป็นไม้โตเร็วที่มีอายุน้อยจึงมีส่วนที่เป็นกระพี้อยู่มาก ดังนั้น จึงถูกแมลงและเชื้อราทำลายไม้เข้าทำลายได้ง่ายและรวดเร็ว (กรมป่าไม้, 2531; FAO, 1984; Willeitner H. and Liese W, 1992) ดังนั้น หากปรับปรุงคุณภาพของไม้ที่ได้จากการตัดสางขยายระยะเหล่านี้ให้มีความทนทานเพิ่มมากขึ้น ก็จะสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่ไม้และผลิตภัณฑ์ของไม้ได้ ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกสวนป่ามีรายได้เพิ่มมากขึ้น และเป็นการใช้ประโยชน์ไม้อย่างคุ้มค่าอีกทางหนึ่งด้วย

การอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ หรือการอาบน้ำยาไม้ เป็นเทคโนโลยีที่สำคัญอย่างหนึ่งในการยืดอายุความทนทานของไม้ โดยทำให้ไม้นั้นมีสารเคมี หรือตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นพิษต่อศัตรูทำลายไม้แทรกซึมเข้าไปอยู่ในเนื้อไม้ในปริมาณที่มากเพียงพอต่อการต้านทานการเข้าทำลายของศัตรูทำลายไม้ เมื่อไม้นั้นถูกนำมาใช้ประโยชน์ในลักษณะต่างๆ เช่น ในร่ม กลางแจ้ง สัมผัสดิน หรือในน้ำ ซึ่งย่อมมีอัตราความเสี่ยงและระดับความรุนแรงในการเข้าทำลายของศัตรูทำลายไม้ที่แตกต่างกัน และหากทำการอาบน้ำยาไม้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการแล้ว จะช่วยยืดอายุความทนทานของไม้เพิ่มขึ้นอีก 3-5 เท่าของความทนทานของไม้ตามปกติ (จารุณี, 2542)

ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหากรรมวิธีที่เหมาะสมในการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ได้จากการตัดสางขยายระยะที่ชั้นอายุต่างๆ โดยใช้ตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ประเภทละลายน้ำที่นิยมใช้กันทั่วไป คือ Chromated Copper Arsenate (CCA) และ Chromated Copper Boron (CCB) เพื่อยืดอายุความทนทานของไม้เหล่านี้ให้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่ไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ และเพื่อเป็นข้อมูลเผยแผ่แก่ประชาชน เกษตรกร และผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับสวนป่าปลูกชนิดอื่นๆ ได้ใช้เป็นแนวทางในการนำไม้จากสวนป่าไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างกว้างขวางและคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องอัดน้ำยาไม้แบบใช้แรงดัน
2. อ่างแช่น้ำยาไม้
3. เตาแก๊ส และถังแก๊ส
4. ตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ Chromated Copper Arsenate (CCA) เข้มข้น 3%
5. ตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ Chromated Copper Boron (CCB) เข้มข้น 3%
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก
7. ตู้อบ

วิธีการ

1. การเตรียมไม้ทดลอง

1.1. ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (*Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh.) เก็บจากท้องที่จังหวัดขอนแก่น ลักษณะเป็นไม้เสากลม อายุ 3 ปี 5 ปี และ 7 ปี

1.2. ผึ่งแห้งในกระแสอากาศนาน 4 เดือน ก่อนนำมาปอกเปลือกและตัดให้มีความยาว 1.00 เมตร คัดเลือกเฉพาะท่อนที่ไม่มีตำหนิ เพื่อใช้ในการทดลอง

1.3. หาค่าความชื้นในเนื้อไม้และความหนาแน่นของไม้ทดลองในแต่ละชั้นอายุ

2. การอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้

ชั่งน้ำหนัก วัดขนาด และคำนวณปริมาตรของไม้ทดลองแต่ละท่อนทุกครั้ง ก่อนทำการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ด้วยตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ CCA และ CCB เข้มข้น 3% โดยใช้กรรมวิธีต่างๆ ดังนี้

2.1. การอาบน้ำยาไม้แบบแช่ (Soaking)

2.1.1. จัดเรียงไม้ทดลองลงอ่างสำหรับแช่ และกดทับท่อนไม้ด้วยวัตถุ ที่มีน้ำหนัก เพื่อป้องกันมิให้ท่อนไม้ลอยขึ้น

2.1.2. เทน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ เข้มข้น 3% ลงในอ่างแช่ให้ท่วมไม้ทดลองและตรวจสอบให้ไม้ทุกส่วนจมอยู่ใต้น้ำยา ปิดอ่างแช่ให้มิดชิด และคอยเติมน้ำยาให้ท่วมไม้ทดลองอยู่เสมอ

2.1.3. ภายหลังการแช่ 3 วัน นำไม้ทดลองขึ้นวางพาดบนขอบอ่างเพื่อให้น้ำยาส่วนเกินหยดลงในอ่างจนสะเด็ดน้ำยา และผิวไม้แห้งหมาดๆ จึงชั่งน้ำหนักของไม้ภายหลังการอาบน้ำยา

2.1.4. คำนวณหาปริมาณการดูดซึมตัวยาของไม้ทดลองแต่ละท่อนตามสูตร

$$\text{Retention (R)} = 10\,\frac{GC}{V}$$

เมื่อ R = ปริมาณตัวยาในไม้ทดลอง (กก./ลบ.ม.)
W1 = น้ำหนักของไม้ก่อนอาบน้ำยา (กรัม)
W2 = น้ำหนักของไม้ภายหลังการอาบน้ำยา (กรัม)
G = น้ำหนักของน้ำยาที่ไม้ดูดซึมไว้ (กรัม) = $W_2 - W_1$
C = น้ำหนักของตัวยาที่มีอยู่ในน้ำยา 100 กรัม (กรัม)
V = ปริมาตรของไม้ทดลอง (ลบ.ซม.)

2.2. การอาบน้ำยาไม้แบบต้มร้อนสลับเย็น (Hot and Cold Bath)

2.2.1. ดำเนินการอาบน้ำยาไม้ทดลองเหมือน ข้อ 2.1.1 และ 2.1.2

2.2.2. ให้ความร้อนแก่น้ำยาโดยใช้เตาแก๊ส ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในระหว่าง 50 - 60 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นแช่ทิ้งไว้ปล่อยให้น้ำยาเย็นอีก 20 ชั่วโมง

2.2.3. นำไม้ทดลองขึ้นวางพาดบนขอบอ่างเพื่อให้น้ำยาส่วนเกินหยดลงในอ่าง จนสะเด็ดน้ำยา และผิวไม้แห้งหมาดๆ จึงชั่งน้ำหนักของไม้ภายหลังการอาบน้ำยา

2.2.4. คำนวณหาปริมาณการดูดซึมตัวยาของไม้ทดลองแต่ละท่อน

2.3. การอาบน้ำยาไม้แบบใช้แรงดัน (Vacuum - Pressure Treatment)

การอาบน้ำยาไม้แบบใช้แรงดันนี้ ใช้วิธีแบบเต็มเซลล์ (Full-Cell Process) โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.3.1. จัดเรียงไม้ทดลองเข้าถังอัดน้ำยา และปิดฝาถังให้แน่น

2.3.2. ทำสูญญากาศที่ 70 ซม.ปรอท เป็นเวลา 15 นาที

2.3.3. ปล่อยน้ำยาเข้าถังอัดให้เต็ม และอัดน้ำยาด้วยแรงดัน 150 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 45 นาที

2.3.4. ถ่ายน้ำยาจากถังอัดคืนเข้าสู่ถังเก็บน้ำยา

2.3.5. ทำสูญญากาศที่ 70 ซม.ปรอท เป็นเวลา 15 นาที อีกครั้ง

2.3.6. นำไม้ทดลองออกจากถังอัด ชั่งน้ำหนักและคำนวณปริมาณการดูดซึมตัวยาของไม้ทดลองแต่ละท่อน

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำค่าปริมาณการดูดซึมตัวยาแต่ละชนิดของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ชั้นอายุต่างๆ มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีทางสถิติ

ผลและวิจารณ์

ไม้เสากลมยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 3 ปี 5 ปี และ 7 ปี ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีขนาดค่อนข้างเล็ก โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.74 - 8.60 เซนติเมตร ความหนาแน่น 589 - 666 กก./ลบ.ม. มีความชื้นในเนื้อไม้ก่อนการอาบน้ำยา 17.45 - 25.20 % เมื่อนำมาทดลองอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ด้วยตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ประเภทละลายน้ำ จำนวน 2 ชนิด คือ CCA และ CCB โดยใช้กรรมวิธีการอาบน้ำยาแบบการแช่ (Soaking) แบบการต้มร้อนสลับเย็น (Hot and Cold Bath) และแบบใช้แรงดัน (Vacuum - Pressure Treatment) ปรากฏผลการทดลองดังนี้

1. ผลจากการทดลองศึกษาความสามารถในการดูดซึมตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในแต่ละชุดการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติดังแสดงใน Table 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าไม้แต่ละชุดทดลองนั้น มีค่าปริมาณการดูดซึมตัวยาที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยไม้ทดลองอายุ 3 ปี ที่ผ่านการอาบน้ำยาแบบใช้แรงดันด้วยตัวยา CCA มีค่าเฉลี่ยการดูดซึมตัวยาสูงที่สุด คือ 17.41 กก./ลบ.ม. รองลงมาเป็นไม้ทดลองอายุ 7 ปี ซึ่งผ่านการอาบน้ำยาด้วยเทคนิคเดียวกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 15.08 กก./ลบ.ม. ในขณะที่ไม้ทดลองอายุ 7 ปี เท่ากัน แต่เปลี่ยนกรรมวิธีการอาบน้ำยามาเป็นแบบแช่ซึ่งไม่ใช้แรงดัน กลับมีค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซึมตัวยา CCA และ CCB ต่ำสุด คือ 3.02 และ 3.07 กก./ลบ.ม.

Table 1. Preservative retentions (by weight) of treated *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh. in different treatments.

Ages (years)	Preservative treatments					
	Soaking		Vucuum-pressure		Hot-cold bath	
	CCA	CCB	CCA	CCB	CCA	CCB
3	-	-	17.41(1.10)[1/]	13.07(2.40)	-	-
5	3.74(1.03)	4.29(1.07)	13.92(1.86)	11.78(1.32)	5.99(0.81)	6.85(1.12)
7	3.07(0.76)	3.02(0.87)	13.92(1.86)	13.16(1.85)	-	-

1/ = Value in ( ) is standard deviation.

Table 2. Retention of *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh. in different treatment conditions.

Treatment conditions	Retentions (kg/m^3)
7 years - Soaking - CCB	3.02a[1/]
7 years - Soaking - CCA	3.07a
5 years - Soaking - CCA	3.74ab
5 years - Soaking - CCB	4.29b
5 years - Hot - Cold Bath - CCA	5.99c
5 years - Hot - Cold Bath - CCB	6.85c
5 years - Vucuum - Pressure - CCB	11.78d
3 years - Vucuum - Pressure - CCB	13.07e
7 years - Vucuum - Pressure - CCB	13.16e
5 years - Vucuum - Pressure - CCA	13.92e
7 years - Vucuum - Pressure - CCA	15.08f
3 years - Vucuum - Pressure - CCA	17.41g

1/ = Means having the difference letters are significantly different at 99% confidence level by Duncan, s New Multiple Range Test.

2. เมื่อพิจารณาผลของอายุของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ใช้ในการทดลองต่อความสามารถในการดูดซึมตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ ดังแสดงใน Table 3 พบว่า อายุของไม้ทดลองมีผลกระทบต่อความสามารถในการดูดซึมตัวยาของไม้ทดลองอย่างมาก และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซึมตัวยาของไม้ทดลองแต่ละชั้นอายุ พบว่าไม้ทดลองอายุ 3 ปี มีค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซึมตัวยามากที่สุด (15.13กก./ลบ.ม.) ส่วนไม้ทดลองอายุ 5 ปีและ 7 ปีนั้นมีค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซึมตัวยาที่ใกล้เคียงกันในทางสถิติ โดยมีค่าเป็น 7.86 และ 8.98 กก./ลบ.ม.ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไม้อายุ 3 ปี ซึ่งมีอายุน้อยที่สุดในการทดลองครั้งนี้ น่าจะมีส่วนที่เป็นกระพี้มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับไม้อายุ 5 ปีและ 7 ปี ซึ่งส่วนที่เป็นกระพี้นี้ จะเป็นส่วนที่น้ำยาสามารถไหลแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดีกว่าส่วนที่เป็นแก่น เนื่องจากส่วนที่เป็นแก่นมักมีสารแทรก (wood extractives) สะสมอยู่มาก ซึ่งสารแทรกเหล่านี้อาจปิดกั้นหรือขัดขวางช่องทางการไหลของน้ำยา (Findlay, 1962; FAO, 1986; Eaton and Hale, 1993; Roda and Gerard, 2006) ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่มีอายุ 5 ปีและ 7 ปี นั้นสามารถจะทำการอาบน้ำยาไม้ในคราวเดียวกันได้ เนื่องจากไม้ทั้งสองชั้นอายุนี้มีความสามารถในการดูดซึมตัวยาที่เท่าเทียมกัน

Table 3. Retention of treated *E. camaldulensis* posts in different wood ages.

Ages (years)	Retention (kg/m^3)
3	15.13(2.90)[1/] a [2/]
5	7.86(3.92) b
7	8.98(5.78) b

1/ = Value in ( ) is standard deviation.

2/ = Means having the same letters are not significantly different at 95% confidence level by Duncan, s New Multiple Range Test.

3. จากการศึกษาความสามารถในการดูดซึมตัวยาของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ผ่านการอาบน้ำยาโดยใช้กรรมวิธีต่างๆ ดังแสดงใน Table 4 นั้น จะเห็นว่ากรรมวิธีในการอาบน้ำยาไม้นั้น มีผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถในการดูดซึมตัวยาของไม้ทดลองอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง พบว่า การอาบน้ำยาไม้โดยวิธีการแช่มีค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซึมตัวยาน้อยที่สุด เพียง 3.53 กก./ลบ.ม. ในขณะที่การอาบน้ำยาไม้แบบใช้แรงดันนั้น ตัวยาสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซึมตัวยาสูงถึง 13.71 กก./ลบ.ม. ส่วนการอาบน้ำยาไม้แบบต้มร้อนสลับเย็น มีปริมาณการดูดซึมตัวยาในระดับปานกลาง 6.41 กก./ลบ.ม. จะเห็นได้ว่ากรรมวิธีการอาบน้ำยาไม้โดยใช้แรงดันนั้น สามารถทำให้ตัวยาแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้มากกว่าการอาบน้ำยาไม้แบบแช่และแบบต้มร้อนสลับเย็น ถึง 4 เท่า และ 2 เท่า ตามลำดับ

ถึงแม้ว่าการอาบน้ำยาไม้แบบแช่ และแบบต้มร้อนสลับเย็นซึ่งเป็นกรรมวิธีประเภทที่ไม่ใช้แรงดันนั้น จะมีการดูดซึมตัวยาของไม้ได้น้อยกว่ากรรมวิธีการอาบน้ำยาไม้โดยใช้แรงดัน แต่อย่างไรก็ตามการที่มีตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้แทรกอยู่ในเนื้อไม้ได้บ้าง ก็จัดได้ว่าสามารถยืดอายุความทนทานของไม้ให้ยาวนานกว่าปกติได้ในระดับหนึ่ง ดังนั้น จึงน่าที่จะแนะนำส่งเสริมให้เกษตรกรนำวิธีการอาบน้ำยาไม้แบบแช่ และแบบต้มร้อนสลับเย็นไปใช้ในการอาบน้ำยาไม้เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่ไม้และผลิตภัณฑ์ได้ ทั้งนี้ เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีราคาไม่แพงมาก เกษตรกรสามารถดัดแปลงใช้ได้ในท้องถิ่น สำหรับการอาบน้ำยาแบบต้มร้อนสลับเย็นนั้น เกษตรกรควรเพิ่มความระมัดระวังในเรื่องของอุณหภูมิในการทำให้น้ำยาร้อน จะต้องไม่เกินจุด ที่สารออกฤทธิ์ในตัวยานั้นๆ จะสลายตัว ซึ่งสามารถศึกษารายละเอียดจากฉลากบรรจุภัณฑ์หรือสอบถามบริษัทผู้ผลิตหรือจำหน่าย

ส่วนการอาบน้ำยาไม้โดยใช้แรงดัน ซึ่งโดยทั่วไป เรียกว่า “การอัดน้ำยาไม้” นั้นจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือในการอาบน้ำยาที่ยุ่งยากซับซ้อน และมีราคาแพง ต้นทุนในการผลิตจึงสูง มักนิยมทำในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งวิธีนี้สามารถกำหนดปริมาณตัวยาที่ต้องการให้แทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ ในขณะที่การอาบน้ำยาไม้แบบไม่ใช้แรงดันนั้นไม่สามารถควบคุมปริมาณตัวยาให้เข้าไปในเนื้อไม้ได้

Table 4. Retention of treated *E. camaldulensis* posts in different preservative treatments .

Preservative	treatments Retention (kg/m^3)
Soaking	3.53 (1.07) 1/ a 2/
Vacuum-Pressure	13.71(2.97) b
Hot-Cold Bath	6.41 (1.06) c

1/ = Value in ( ) is standard deviation.

2/ = Means having the difference letters are significantly different at 99 % confidence level by Duncan, s New Multiple Range Test.

Table 5. Retention of treated *E. Camaldulensis* posts in different wood preservatives.

Wood preservatives	Retention (kg/m^3)
CCA	9.061(5.510) 1/
CCB	8.345(4.253)

1/ = Value in ( ) is standard deviation.

4. จาก Table 5 ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ทดลองมีค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซึมตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ CCA และ CCB ที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเป็น 9.06 และ 8.35 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซึมตัวยาของทั้งสองชนิดนี้มีค่าเทียบเท่ากันในทางสถิติ (t = 1.285, df = 310) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะตัวยา CCA และ CCB ต่างก็เป็นตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ประเภทละลายในน้ำเหมือนกัน ต่างกันเพียงสารออกฤทธิ์ที่เป็นอาร์เซนิกใน CCA และเป็นโบรอนใน CCB จึงมีความสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้พอๆ กัน แต่หากเปรียบเทียบตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ประเภทนี้กับตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ประเภทน้ำมัน หรือสารเคมีละลายในสารละลายอินทรีย์ ซึ่งจะให้ผลในการแทรกซึมตัวยาเข้าไปในเนื้อไม้ได้มากกว่า เนื่องจากสารละลายที่เป็นน้ำนั้น มีคุณสมบัติเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว จึงมักเกิดพันธะไฮโดรเจนกับเซลลูโลสที่ผนังเซลล์ของเนื้อไม้ ทำให้หน่วงการไหลซึมของตัวยา ในขณะที่สารละลายที่เป็นน้ำมัน หรือสารอินทรีย์ซึ่งเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว จึงไม่เกิดพันธะดังกล่าวขึ้น ตัวยาสามารถไหลผ่านได้สะดวกกว่าจึงแทรกซึมได้มากกว่า (Nicolas and Siua,1973; Eaton and Hale, 1993)

สรุป

1. กรรมวิธีในการอาบน้ำยาไม้ มีผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถในการดูดซึมตัวยาของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยกรรมวิธีการอาบน้ำยาแบบใช้แรงดัน ให้ผลในการดูดซึมตัวยาของไม้มากกว่า กรรมวิธีการอาบน้ำยาแบบต้มร้อนสลับเย็นเป็น 2 เท่า และมากกว่าแบบแช่เป็น 4 เท่า ตามลำดับ

2. ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสทดลองที่อายุ 5 ปี และ 7 ปี ให้ผลในการดูดซึมตัวยาใกล้เคียงเทียบเท่ากัน แต่น้อยกว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่อายุ 3 ปีอย่างเห็นได้ชัด

3. ตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ CCA ให้ผลในการดูดซึมตัวยาของไม้ทดลองใกล้เคียงเทียบเท่ากับตัวยา CCB

4. กรรมวิธีการอาบน้ำยาไม้แบบต้มร้อนสลับเย็นและกรรมวิธีแบบแช่ ซึ่งเป็นการอาบน้ำยาไม้ประเภทไม่ใช้แรงดันนั้น ควรสนับสนุนให้เกษตรกรนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ได้จากการตัดสางขยายระยะ และอาจขยายผลโดยการนำไปใช้กับไม้โตเร็วชนิดอื่นๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่ไม้และผลิตภัณฑ์ เนื่องจากใช้อุปกรณ์ที่ไม่ยุ่งยาก เกษตรกรสามารถดัดแปลงและหาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่น

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดเตรียมไม้ทดลอง บริษัท ธงประไพ จำกัด และบริษัท สยามรีลล์ จำกัด ที่กรุณาอำนวยความสะดวกด้านเครื่องมือที่ใช้ในการอัดน้ำยาไม้

เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2539. ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส. สำนักส่งเสริมการปลูกป่า ส่วนปลูกป่าเอกชน, กรุงเทพฯ. 30 น.

เกรียงศักดิ์ เผ่าอินทร์. 2549. จับตาปีทอง “ยูคาลิปตัส” ไม้โตเร็ว-อนาคตใสจริงหรือ. หนังสือพิมพ์ คม ชัด ลึก. http://www.komchadluek.net/news/2006/03-06/farm1-20074466.html.

จารุณี วงศ์ข้าหลวง. 2542. การป้องกันรักษาเนื้อไม้ : ข้อมูลและแนวทางการปฏิบัติเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. 38 น.

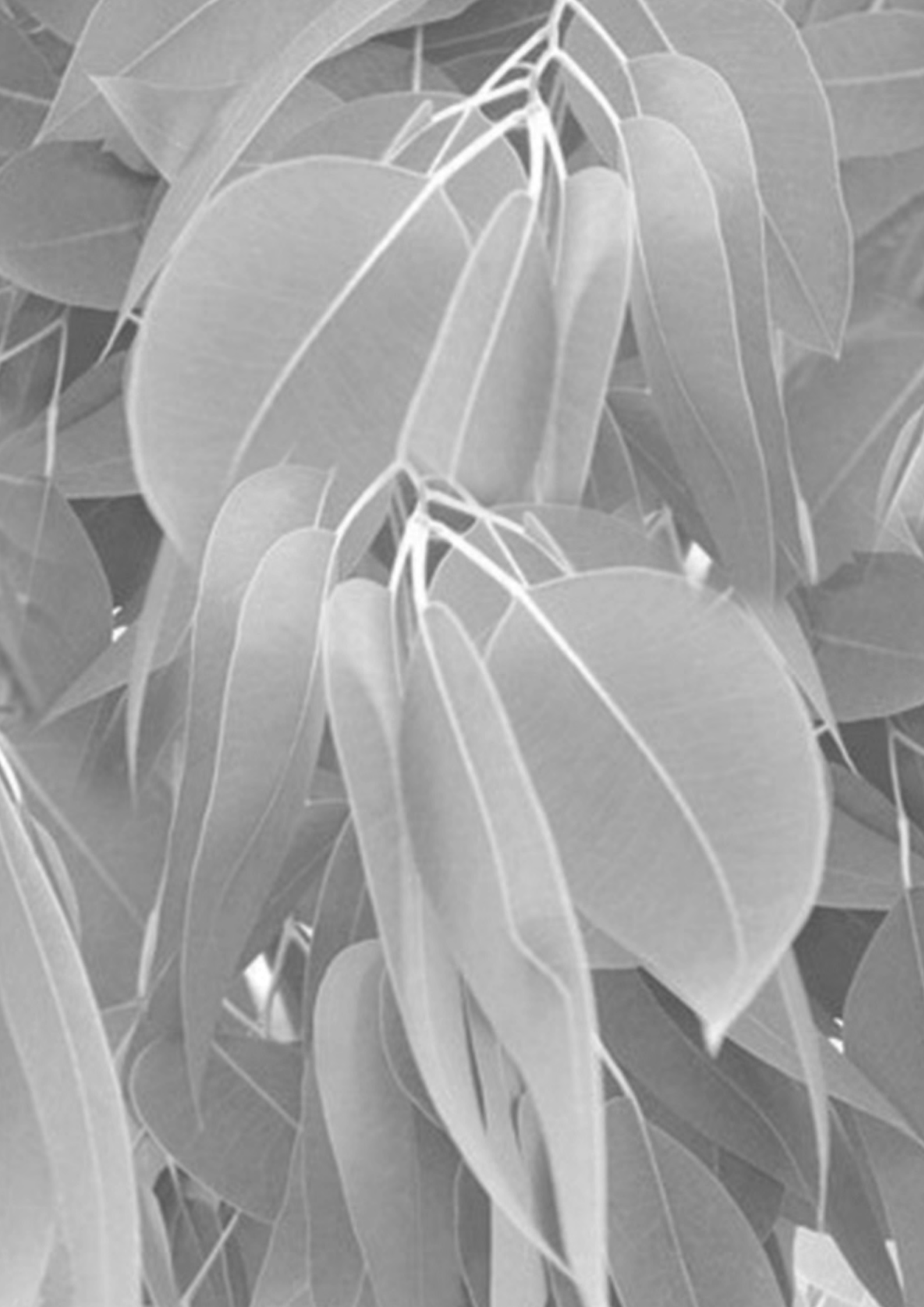
สรรเสริญ เจริญศรี. 2531. การใช้ประโยชน์ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส. กรมป่าไม้ กองวิจัยผลิตผลป่าไม้, กรุงเทพฯ. 14 น.

Eaton, R.A. and M.D.C. Hale. 1993. Wood : decay,pests and protection. Chapmam & Hall, London. 546 p.

FAO. 1986. Wood preservation manual. Machanical Wood Products Branch Forest Industries Division, Italy. 152 p.

Findlay, W.P.K. 1962. The Preservation of timber. Adam & Charles Black Ltd, London. 161 p.

Nicolas, D.D. and J.F. Siua. 1973. Factors Infuencing the Treatability of Wood. Pp. 299-343 In Nicolas, D.D. (ed.). Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments. Vol I. Syracuse University Press, Syracuse, New York.

Roda, J. M and J Gerard. 2006. Assessment of Technological Knowledge Relating to *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh. http:// etbg.cirsd.fr/etbg/ecompl/working/wpdt 40394. pdf.

Willeitner, H. and W. Liese .1992. Wood Protection in Tropical Countries : manual on the know-how. Deutsche Gesellschaft fur, Germany. 228 p.