

นิพนธ์ต้นฉบับ

คุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางกลของไม้ยูคาลิปตัสยูโรฟิลลาลำสายต้น K62

Physical and Mechanical Properties of *Eucalyptus Urophylla* Clone K62 Woodวิวัฒน์ หาญวงศ์จิรวัดน์^{1*}Wiwat Hanvongjirawat^{1*}วัฒนชัย ตาเสน²Wattanachai Tasen²¹ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Department of Forest Products, Faculty of Forestry, Kasetsart University 50 Ngam Wong Wan Rd., Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand²ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900²Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University 50 Ngam Wong Wan Rd., Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fforwih@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 1 พฤษภาคม 2566

รับแก้ไข 2 มิถุนายน 2566

รับลงพิมพ์ 12 มิถุนายน 2566

ABSTRACT

Eucalyptus is a raw material frequently used in the timber and fiber industries. However, most of the *eucalyptus* grown is used in the production of low-value products such as pulp, energy, and wood composites for furniture. Most *eucalyptus* species are rarely processed into sawn timber. The objective of this research was to study the physical and mechanical properties of *Eucalyptus urophylla* clone K62 wood for utilization in the form of sawn timber and manufacturing of high-value structural products such as glue laminated timber (GLT) and cross-laminated timber (CLT). Various physical properties of the eucalyptus clone K62 were measured and included average specific gravity at oven-dry condition, which was 0.63. Additionally, the average fiber saturation point was between 23 to 25%, and maximum shrinkages in tangential, radial, and longitudinal directions were 7.5, 5.10, and 0.02%, respectively. The reduction in moisture content from the fiber saturation point to 0% and equilibrium moisture content (EMC) from desorption isotherm indicated that EMC decreased with increasing temperature and at constant temperature, EMC value decreased with decreasing relative humidity. The mechanical properties were tested at an average moisture content of 10.75%, with an average modulus of rupture of 112.08 MPa, modulus of elasticity of 9,213 MPa, compression parallel to grain of 55.93 MPa, compression perpendicular to grain of 9.68 MPa, hardness of 5,875 N, and cleavage and nail holding of 2.25 and 35.34 N/mm respectively. The mechanical properties were compared with wood standard used in structural analysis, and it was found that the strength of eucalyptus clone K62 wood passed the standard and was suitable for the main structure of buildings and manufacturing products for building materials.

Keywords: Clone K62; *Eucalyptus*; *Eucalyptus urophylla*; Mechanical properties; Physical properties

บทคัดย่อ

ยูคาลิปตัสมีศักยภาพในการเป็นวัตถุดิบ สำหรับอุตสาหกรรมไม้และเส้นใย อย่างไรก็ตามยูคาลิปตัสส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตสินค้าที่มีมูลค่าต่ำ เช่น เยื่อกระดาษ ผลิตภัณฑ์พลังงาน และไม้ประกอบสำหรับเฟอร์นิเจอร์ ยูคาลิปตัสส่วนใหญ่ไม่ค่อยแปรรูปเป็นไม้แปรรูป วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางกลของไม้ยูคาลิปตัสยุโรปิลล่าสายต้น K62 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปใช้ประโยชน์ในลักษณะไม้แปรรูป และนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง เพื่อใช้ทำโครงสร้าง เช่น glue laminated timber (GLT) และ cross laminated timber (CLT) คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 ได้แก่ ค่าความถ่วงจำเพาะที่สภาวะอบแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.63 จุดหมาด มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 23 ถึง 25 การหดตัวสูงสุดทางด้านสัมผัส ทางด้านรัศมี และ ด้านความยาว มีค่าเท่ากับร้อยละ 7.50, 5.10 และ 0.02 ตามลำดับ เมื่อความชื้นลดลงจากจุดหมาดจนถึงร้อยละ 0 และ ความชื้นสมมูลจากการคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่ พบว่า ความชื้นสมมูลมีค่าต่ำลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และที่อุณหภูมิคงที่ค่าความชื้นสมมูลลดลงตามการลดลงของความชื้นสัมพัทธ์ คุณสมบัติทางกลของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 ทำการทดสอบที่ความชื้นเฉลี่ยเท่ากับเปอร์เซ็นต์ 10.75 โดยมีค่าเฉลี่ย โมดูลัสแตกหัก เท่ากับ 112.08 เมกะปาสคาล โมดูลัสยืดหยุ่น เท่ากับ 9,213 เมกะปาสคาล แรงอัดขนานเส้นใย เท่ากับ 55.93 เมกะปาสคาล แรงอัดตั้งฉากเส้นใย เท่ากับ 9.68 เมกะปาสคาล ค่าความแข็ง เท่ากับ 5,875 นิวตัน แรงฉีก และ แรงยึดเหนี่ยวตาปู เท่ากับ 2.25 และ 35.34 นิวตันต่อมิลลิเมตร ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลกับมาตรฐานไม้ที่ใช้ทำโครงสร้าง พบว่า ไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าความแข็งแรงผ่านเกณฑ์มาตรฐานการก่อสร้าง สามารถนำไปใช้ทำเป็นโครงสร้างหลักของอาคารได้ ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตไม้แปรรูปเพื่อทำโครงสร้าง และนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ทำโครงสร้าง

คำสำคัญ : สายต้น K62 ยูคาลิปตัส ยูคาลิปตัสยุโรปิลล่า คุณสมบัติทางกล คุณสมบัติทางฟิสิกส์

คำนำ

ในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมีการนำเข้าไม้แปรรูป มีมูลค่า 3,237,043,096 บาท และมูลค่าการส่งออก 33,437,610,185 บาท โดยไม้แปรรูปที่ส่งออกส่วนใหญ่เป็นไม้ยางพารา (*Hevea brasiliensis*) มีมูลค่าถึง 33,344,897,011 บาท ส่วนไม้แปรรูปยูคาลิปตัสไม่มีทั้งการส่งออกและนำเข้า (Royal Forest Department, 2021) จากข้อมูลการนำเข้าและส่งออกของกรมป่าไม้แสดงให้เห็นว่าไม่มีการใช้ประโยชน์ไม้แปรรูปจากไม้ยูคาลิปตัสไม้แปรรูปในประเทศไทยส่วนใหญ่ มาจากไม้ยางพารา และไม้สัก (*Tectona grandis*) ซึ่งจัดได้ว่าเป็นไม้เศรษฐกิจของประเทศไทย อย่างไรก็ตาม การนำไม้ดังกล่าว มาแปรรูปไม้ต้องมีอายุมากกว่า 20 ปี จึงสามารถนำมาแปรรูปได้หรือบางชนิดต้องรอการใช้ประโยชน์ด้านอื่นก่อน เช่น ไม้ยางพารา ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการปลูกเพื่อให้น้ำยาง

จุดเด่นของยูคาลิปตัส คือ เป็นไม้โตเร็ว รอบตัดฟันสั้นอายุระหว่าง 5-15 ปี สามารถนำมาใช้แปรรูปได้

ยูคาลิปตัสปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศ ปัจจุบันมีการส่งเสริมการปลูกกันอย่างแพร่หลาย ทั้งในรูปแบบของ สวนป่าและระบบวนเกษตร ได้แก่ การปลูกบนคันนา การปลูกร่วมกับพืชเกษตร เช่น มันสำปะหลัง เป็นต้น ทำให้เกษตรกรมีรายได้เสริมอย่างแท้จริง และเป็นต้นแบบของเศรษฐกิจพอเพียงระดับชุมชน

ยูคาลิปตัสมีมากกว่า 700 ชนิด จัดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปออสเตรเลีย ประเทศไทยได้เริ่มนำยูคาลิปตัสชนิดต่าง ๆ มาทดลองปลูกประมาณ พ.ศ. 2493 แต่ได้มีการปลูกกันอย่างจริงจังเมื่อประมาณ พ.ศ. 2508 ชนิดที่นิยมปลูกกันมากในช่วงเวลานั้นคือ ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส (*Eucalyptus camaldulensis*) (Royal Forest Department, 2001) ปัจจุบัน กลุ่มบริษัทสวนกิติได้พัฒนาสายพันธุ์ยูคาลิปตัสและจดทะเบียนคุ้มครองพันธุ์พืชไว้หลายสายพันธุ์ แต่สายพันธุ์ที่บริษัทส่งเสริมการปลูกและเป็นที่นิยมปลูกของเกษตรกรในพื้นที่ภาคตะวันออก ได้แก่ ยูคาลิปตัสสายต้น K62 สายต้น K58 และสายต้น K7

โดยมีสัดส่วนการปลูกของยูคาลิปตัสทั้ง 3 สายต้น ประมาณร้อยละ 30 ร้อยละ 20 และร้อยละ 50 ตามลำดับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อเพื่อทำกระดาษ (pulp and paper) แผ่นใยไม้อัด (fiberboard) และชิ้นไม้สับ (chips) เป็นส่วนใหญ่

ยูคาลิปตัสสายต้น K62 พัฒนาจากยูคาลิปตัสยูโรฟิลลา (*Eucalyptus urophylla*) ไม้ใหญ่อายุ 2–5 ปี ใบรูปหอกแคบ (narrow-lanceolate) ขอบใบเรียบ ปลายใบ และฐานใบแหลม ลำต้นเดี่ยว ตั้งตรง ทรงกลม มีความเปลาตรงสม่ำเสมอไม่โค้งงอ ทรงพุ่มกว้างใบหนาที่เติบโตได้ดี ในพื้นที่ราบ ที่มีความชื้นดี และน้ำไม่ท่วมขัง เนื้อดินเป็นดินร่วน-ดินร่วนปนทราย ไม่เหมาะกับพื้นที่มีหินหรือกรวดมาก และดินทรายที่เสี่ยงต่อการขาดน้ำ (Department of Agriculture, 2008)

ยูคาลิปตัสสายต้น K58 พัฒนาจากยูคาลิปตัสยูโรฟิลลา ไม้ใหญ่อายุ 3–5 ปี ลำต้นกลม อาจพบโคนต้นคดเล็กน้อย ทรงพุ่มกว้างแตกพุ่มรอบลำต้นครอบคลุม 1/3 ของลำต้นนับจากยอด ปริมาณใบและกิ่งหนาแน่นมาก กิ่งขนาดกลาง ทำมุมกับลำต้นน้อยกว่า 70 องศา ไม่มีกิ่งง่ามใหญ่ ลิดกิ่งตามธรรมชาติได้ปานกลาง เปลือกค่อนข้างหนา สีน้ำตาลแดง ลอกเปลือกเป็นแผ่นหลังอายุ 2 ปี ใบสีเขียวเข้มผิวใบค่อนข้างเป็นมัน รูปหอก (lanceolate) ปลายใบสอบแหลม ฐานใบแหลมขอบใบและแผ่นใบเรียบขนาด 3.5 เซนติเมตร x 15.0 เซนติเมตร ใบเรียงตัวแบบสลับ (alternate) เติบโตได้ดีในพื้นที่ราบ และพื้นที่ชื้นที่มีฝนตกมาก หรือตกไม่มาก แต่ตกบ่อยๆ ระบายน้ำไม่มีน้ำท่วมขัง ลักษณะดินเป็นดินที่อุ้มน้ำดีดินร่วน มีหน้า ดินลึก (Department of Agriculture, 2005) ยูคาลิปตัสสายต้น K7 พัฒนาจากยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis*) กับยูคาลิปตัสดีกลูปต้า (*Eucalyptus deglupta*) ไม้ใหญ่อายุ 3–5 ปี ใบสีเขียวเข้มเป็นมัน รูปหอกกว้าง (broad-lanceolate) ปลายใบแหลม และฐานใบมนแหลม ขนาด 4x18 ซม. ขอบใบเป็นคลื่น ใบเรียงตัวแบบสลับ (alternate) ลำต้นไม่กลม มีความเปลาตรงสม่ำเสมอไม่คดงอ มีร่องกิ่งชัดเจน ใบหนาแน่น เรือนยอดแหลม ทรงพุ่มแผ่กิ่งมากขนาดปานกลางถึงใหญ่แต่กรอบ ลำต้น ผิวเปลือกเรียบสีน้ำตาล ลอกเปลือกเป็นแผ่น เติบโตได้

ดีในพื้นที่ราบ และที่ราบต่ำ ที่มีความชื้นในดินและอากาศปานกลาง เนื้อดินเป็นดินร่วน ดินร่วนเหนียวปนทราย อุ้มน้ำดีหรือดินร่วนปนลูกรัง (Department of Agriculture, 2005)

ไม้ยูคาลิปตัส เป็นที่สนใจของหลายประเทศทั้งในประเทศเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนหลายแห่ง (Nacar *et al.*, 2005) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 ถึง พ.ศ. 2558 พื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสทั่วโลกเพิ่มขึ้น 16.57 ล้านเฮกตาร์ โดยเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 1.1 ล้านเฮกตาร์ อัตราส่วนพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสต่อการปลูกพื้นที่ป่าไม้ทั่วโลก เพิ่มขึ้นจาก 3.41% เป็น 7.80% ภายในช่วงเวลาเดียวกัน ยูคาลิปตัสมีรอบตัดฟันสั้น จึงเป็นไม้เศรษฐกิจเพื่อเป็นวัตถุดิบ ในการผลิตเป็นไม้แปรรูป การผลิตเยื่อ ถ่าน และ ไม้ฟืน เป็นต้น (Zhou *et al.*, 2018) อย่างไรก็ตามประเทศต่าง ๆ ส่วนใหญ่นำยูคาลิปตัสมาเป็นวัตถุดิบในการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่สร้างมูลค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่าของไม้แปรรูปได้แก่ ผลิตเยื่อ ไม้ปาร์ติเกิ้ลและแผ่นใยไม้อัดในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ และผลิตภัณฑ์ด้านพลังงาน (Derikvand *et al.*, 2017) การนำยูคาลิปตัสมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นไม้แปรรูป มีน้อยมาก เนื่องจากเกิดปัญหาการเกิดปัญหาการบิดตัว (low dimension stability) มีการหดตัวทางด้านรัศมี (radial direction) และ ด้านสัมผัส (tangential direction) มาก การยุบตัวของเซลล์ (cell collapse) การแตก (split) และตำหนิอื่นๆ จากการอบไม้ เช่น บิด (twist) โค้ง (bow) โกง (crook) และ ห่อ (cup) เป็นต้น (Yang and Waugh, 2001; Crafford and Wessels, 2016; Pagel, 2018; Proeller *et al.*, 2018; Wessels *et al.*, 2020) ปัญหาอีกประการหนึ่งคือการแตกเนื่องจากความเค้นจากการเจริญเติบโต (growth stress) ที่มักพบในไม้ยูคาลิปตัสเป็นไม้ที่เลื่อยได้ยาก ไม้แปรรูปที่ได้มักเกิดการ บิด โค้ง โกง งอ เนื่องจากความเค้นของไม้จากการเจริญเติบโต นอกจากนี้เมื่อไม้แปรรูปมีความชื้นต่ำกว่าจุดหมาด การแตกตามปลายไม้จะเพิ่มมากขึ้นตามการแห้งของไม้ การเกิดตำหนิต่างๆนี้ ทำให้ไม้ยูคาลิปตัสที่แปรรูปมีคุณภาพและผลผลิตต่ำ (Malan, 1984, 2003; Wessels *et al.*, 2016) ถึงแม้ว่าการใช้ประโยชน์ไม้ยูคาลิปตัสในลักษณะไม้

แปรรูปจะมีปัญหามาก และให้ผลผลิตที่ต่ำ แต่เศษไม้ที่เหลือจากการแปรรูปที่มีคุณภาพต่ำและขนาดเล็ก สามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์ที่สร้างมูลค่าสูงได้ โดยการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการรับแรงเพื่อการก่อสร้าง ได้แก่ oriented strand board (OSB), glue laminated timber (GLT) และ cross laminated timber (CLT) และสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มโดยนำไม้ยูคาลิปตัสที่เป็นท่อนซุงมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นไม้บาง (veneer) เพื่อผลิตเป็น ไม้อัด (plywood) และ laminated veneer lumber (LVL) (New Nordic, 2019; Hua *et al.*, 2022)

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ ความหนาแน่นของไม้มีอิทธิพลโดยตรงต่อความแข็งแรงของไม้ ไม้ที่มีความหนาแน่นสูงย่อมรับแรงได้ดีกว่าไม้ที่มีความหนาแน่นต่ำ แต่การแปรรูปและการตกแต่งทำได้ยากขึ้นและปกติไม้ที่มีความหนาแน่นสูง มีแนวโน้มจะหดตัวมากและการแตกร้าวได้ง่ายกว่าไม้ที่มีความหนาแน่นต่ำ ยกเว้นไม้บางชนิดที่มีสารแทรกมาก เช่น ไม้สัก มะค่าโมง และประดู่ จุดหยาบของไม้มีความสำคัญเพราะน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในไม้มี 2 ลักษณะด้วยกันคือ น้ำที่อยู่ในผนังเซลล์ (cell wall) ซึ่งเรียกว่าน้ำขับ (bound water) กับน้ำที่อยู่นอกผนังเซลล์หรือตามช่องว่างของเซลล์ (cell cavity) ซึ่งเรียกว่าน้ำอิสระ (free water) จุดหรือสภาพของไม้ที่มีน้ำอยู่เต็มเซลล์ โดยที่น้ำซึ่งอยู่นอกผนังเซลล์ไม่มีเหลืออยู่เลย จุดนี้เรียกว่า จุดหยาบ (fiber saturation point; FSP) จุดหยาบมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของไม้ คือ เกี่ยวกับการหดตัว ไม้จะเริ่มการหดตัวเมื่อมีความชื้นต่ำกว่าจุดหยาบเกี่ยวกับความแข็งแรง เพราะความแข็งแรงของไม้จะเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นของไม้ต่ำกว่าจุดหยาบ เกี่ยวกับการเป็นฉนวนไฟฟ้า ไม้จะเป็นฉนวนกับไฟฟ้าได้ดี เมื่อมีความชื้นต่ำกว่าจุดหยาบ (Wisuttapekul *et al.*, 1997; USDA, 2021)

คุณสมบัติทางกลในสภาวะแห้งของยูคาลิปตัสยูโรฟิลลา พบว่า โมดูลัสแตกหัก (modulus of rupture) โมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) แรงเฉือนด้านรัศมี (radial side shearing) แรงเฉือนด้านสัมผัส (tangential side shearing) แรงอัดขนานเส้น (compression parallel to grain) แรงอัดตั้งฉากเส้นด้านรัศมี (radial side

compression perpendicular to grain) แรงอัดตั้งฉากเส้นด้านสัมผัส (tangential side compression perpendicular to grain) และแรงดึง (tension) มีค่าเท่ากับ 78.9, 9,810, 12.8, 14.6, 37.2, 10.8, 13.2 และ 145 เมกะปาสคาล ตามลำดับ การดัดงอ (impact bending) เท่ากับ 2.44 กิโลกรัมต่อเมตร ความแข็งด้านรัศมี (radial side hardness) และความแข็งด้านสัมผัส (tangential side hardness) เท่ากับ 3,879 และ 3,763 นิวตัน ตามลำดับ การทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ ของ ยูคาลิปตัสยูโรฟิลลาพบว่า การหดตัวด้านรัศมี การหดตัวด้านสัมผัส การหดตัวตามยาว และการหดตัวของปริมาตร (volumetric shrinkage) มีค่าเท่ากับร้อยละ 5.60, 7.66, 0.57 และ 13.32 ตามลำดับ มีปริมาณความชื้นที่จุดหยาบ เท่ากับ ร้อยละ 25 และมีความหนาแน่นที่สภาวะผึ่งแห้ง (density at dry condition) เท่ากับ 684 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กก./ลบ.ม.) และความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) เท่ากับ 0.66 (Sompoch, n.d.)

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางกลของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปใช้ประโยชน์ในลักษณะไม้แปรรูปและนำไปทำผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงเพื่อใช้ทำโครงสร้าง

อุปกรณ์และวิธีการ

ไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 อายุ 4 ปี 1 เดือน จากกลุ่มบริษัทสวนป่ากิตติ จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 3 ต้น มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก เท่ากับ 16.51, 16.26 และ 14.99 เซนติเมตร ทำการโค่นไม้ ยูคาลิปตัสห่างจากพื้นดินประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วดำเนินการตัดเป็นไม้ท่อน ดังใน Figure 1 ในไม้ 1 ต้น จะได้ไม้ท่อนขนาดความยาว 50 เซนติเมตร จำนวน 2 ท่อนและไม้ท่อนขนาดความยาว 150 เซนติเมตร จำนวน 2 ท่อน ไม้แต่ละท่อนทำการทาพลาสติก และหุ้มด้วยพลาสติก เพื่อป้องกันความชื้นระเหยจากปลายไม้ เพื่อลดการสูญเสียการแตกที่ปลายไม้ ดังนั้นจะได้ไม้ท่อนขนาด 50 เซนติเมตร และไม้ท่อนขนาด 150 เซนติเมตร จำนวน 6 ท่อน จากไม้ยูคาลิปตัสจำนวน 3 ต้น นำไม้ท่อนขนาด 50

เซนติเมตร มาใช้ในการทดลองหาค่าคุณสมบัติทางฟิสิกส์ และคุณสมบัติทางกล ส่วนไม้ท่อนขนาดความยาว 150 เซนติเมตร เก็บไว้เพื่อนำไปทำการวิจัยในเรื่องการแปรรูป และการอบไม้ต่อไป

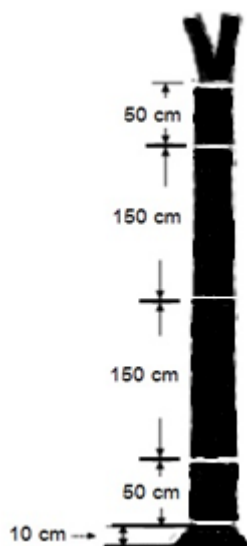


Figure 1 Depiction of log cutting practice frequently used in logging.

คุณสมบัติทางฟิสิกส์

ทำการศึกษาคูณสมบัติทางฟิสิกส์ของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K62 ได้แก่ ค่าความถ่วงจำเพาะที่สภาวะอบแห้ง (specific gravity at oven dry condition) จุดหมาด (fiber saturation point) การหดตัว (shrinkage) และความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content, EMC) จากการคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่ (desorption isotherm) นำไม้ท่อนขนาด 50 ซม.จำนวน 6 ท่อนจากไม้ ยูคาลิปตัสจำนวน 3 ต้น มาตัดเป็นชิ้นทดสอบเพื่อทดสอบ คุณสมบัติทางฟิสิกส์ จำนวน 4 ชิ้นในแต่ละท่อน ด้วยวิธีการสุ่ม ดังนี้ ตัดชิ้นทดสอบให้มีขนาดด้านหน้าตัด 5 เซนติเมตร X 5 เซนติเมตร ให้ตรงกับด้านสัมผัส (tangential) และ ด้านรัศมี (radial) และหนา 0.3 เซนติเมตร ส่วนการหดตัวด้านความยาว ตัดชิ้นทดสอบให้มี ขนาดด้านหน้าตัด 1 เซนติเมตร x 1 เซนติเมตร และความ ยาวตามแนวเส้นไม้ขนาด 5 เซนติเมตร ทำเครื่องหมาย ทำการวัดขนาดที่ทำเครื่องหมาย ด้านสัมผัส ด้านรัศมีและ

ด้านความยาว และทำการชั่งน้ำหนักขึ้นตัวอย่าง นำไม้ ตัวอย่างไปใส่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (conditioning chamber) ที่สภาวะอุณหภูมิ 2 ระดับ ได้แก่ 40 และ 70 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 41, 50, 70 และ 90 จนกระทั่ง น้ำหนักคงที่ในแต่ละสภาวะ ทำการชั่งน้ำหนัก วัดขนาด ด้านสัมผัส ด้านรัศมีและ ด้านความยาว เมื่อดำเนินการ ทดลองจนครบทุกสภาวะ นำชิ้นทดสอบมาอบแห้งที่ อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แล้วทำการชั่งน้ำหนัก วัดขนาดด้านต่างๆ และวัดปริมาตร ด้วยการแทนที่น้ำ ทำการคำนวณหาความชื้นของไม้ตาม สมการที่ 1 ทำการคำนวณหาความถ่วงจำเพาะที่สภาวะ อบแห้งตามสมการที่ 2 และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การหด ตัวตามสมการที่ 3 ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 143 standard (2014)

การคำนวณหาความชื้นของไม้

$$MC = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

MC = ความชื้นไม้ (%)

m = น้ำหนักก่อนอบ (g)

m_0 = น้ำหนักอบแห้ง (g)

การคำนวณหาความถ่วงจำเพาะ

$$G = \frac{m_0}{V \rho_w} \quad (2)$$

G = ความถ่วงจำเพาะ

V = ปริมาตรของเนื้อไม้ (cm^3)

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ = 1 g/cm^3

$V \rho_w$ = ปริมาตรของเนื้อไม้จากการแทนที่น้ำ (g)

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การหดตัว (S)

$$S (\%) = \frac{\text{ขนาดเริ่มต้น} - \text{ขนาดที่หดตัว}}{\text{ขนาดเริ่มต้น}} \times 100 \quad (3)$$

คุณสมบัติทางกล

นำไม้ท่อนขนาด 50 ซม. จำนวน 6 ท่อนจากไม้ยูคาลิปตัสจำนวน 3 ต้น มาตัดเป็นชิ้นทดสอบตามมาตรฐานเพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกลของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 จำนวน 4 ชิ้นในแต่ละท่อน ด้วยวิธีการสุ่มและทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลดังนี้ ค่าโมดูลัสแตกหัก (modulus of rupture, MOR) โมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity, MOE) แรงอัดขนานเส้นใย (compression parallel to grain) แรงอัดตั้งฉาก (compression perpendicular to grain) และ แรงฉีก (cleavage) ทำการทดสอบตามมาตรฐาน BS 373 standard (1985) ส่วนค่าความแข็ง (hardness) และ แรงยึดเหนี่ยวตะปู (nail holding) ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 143 standard (2014) ก่อนทำการทดสอบนำชิ้นทดสอบมาปรับสภาวะความชื้น ที่อุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 2 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งชิ้นทดสอบมีน้ำหนักคงที่

ผลและวิจารณ์

คุณสมบัติทางฟิสิกส์

ค่าความถ่วงจำเพาะเป็นคุณสมบัติเฉพาะของไม้ที่อธิบายความแข็งแรงของไม้ ค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะที่สภาวะอบแห้งของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K62 มีค่าเท่ากับ 0.63 จุดหมาด คือจุดที่ไม้เริ่มมีการหดตัวเนื่องจากไม้สูญเสียความชื้นในผนังเซลล์ จุดหมาดของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 23 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2) ใน Table 1 แสดงค่าเปรียบเทียบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K62, K7 และ K 58 พบว่า ค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะที่สภาวะอบแห้งของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าเท่ากับ 0.63 มีค่าต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K58 แต่สูงกว่าไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K7 และจุดหมาดของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K62 มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 23–25 มีค่าต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K7 และ K58 เล็กน้อย โดยทั้ง 2 สายต้นมีค่าจุดหมาดที่เท่ากันเท่ากับร้อยละ 26–28 (Hanvongjirawat, 2016; 2022)

ใน Figure 2 แสดงการหดตัวของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 เมื่อมีการสูญเสียความชื้นจากจุดหมาดจนถึงความชื้นร้อยละ 0 พบว่าร้อยละการหดตัวทางด้านสัมผัส (tangential direction: T) มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 0 ถึง 7.50 และ ร้อยละการหดตัวทางด้านรัศมี (radial direction: R) มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 0 ถึง 5.10 การหดตัวทางด้านสัมผัส มีค่าสูงกว่าทางด้านรัศมีประมาณ 0 ถึง 1.47 เท่า เมื่อความชื้นลดลงจากจุดหมาดจนถึงความชื้นร้อยละ 0 และพบว่า ร้อยละการหดตัวทางด้านสัมผัสและด้านรัศมี มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นลดลงจากจุดหมาดจนถึงความชื้นร้อยละ 0 ใน Figure 3 แสดงการหดตัวของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 ตามความยาว (longitudinal direction) พบว่า ร้อยละการหดตัวทางด้านความยาวมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 0 ถึง 0.20 เมื่อความชื้นลดลงจากจุดหมาดจนถึงความชื้นร้อยละ 0

การหดตัวสูงสุด (maximum shrinkage) เป็นการหดตัวจากสภาวะจุดหมาดจนถึงสภาวะที่ความชื้นร้อยละ 0 ใน Table 1 แสดงการเปรียบเทียบค่า การหดตัวสูงสุด (maximum shrinkage) ของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K62, K58 และ K7 พบว่า การหดตัวสูงสุดทางด้านสัมผัส ของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าเท่ากับ 7.50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K58 และ K7 ส่วนการหดตัวสูงสุดทางด้านรัศมี ของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าเท่ากับร้อยละ 5.10 มีค่าต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K58 และ K7 ส่วนการหดตัวสูงสุดทางด้านตามยาว ของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าเท่ากับ 0.20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K58 และ K7 อย่างไรก็ตามการหดตัวทางด้านความยาวของไม้ยูคาลิปตัสทั้ง 3 สายต้นมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับการหดตัวทางด้านรัศมีและด้านสัมผัส สามารถตัดทิ้งได้ เปอร์เซ็นต์การหดตัวด้านความยาวของไม้ปกติ (normal wood) โดยทั่วไปมีค่าน้อยมากสามารถตัดทิ้งไปได้ไม่ต้องนำมาพิจารณา ร้อยละการหดตัวทางด้านสัมผัสของไม้ส่วนใหญ่จะมีค่าสูงกว่าด้านรัศมีประมาณ 2 เท่า (Siau, 1984) ทั้งนี้เนื่องจากการหดตัวในแนวรัศมี มีเซลล์รัศมีช่วยยับยั้งการหดตัวส่วนทางด้านสัมผัสไม่มีเซลล์รัศมีช่วยยับยั้งการหดตัว ทำให้การหดตัวทางด้านสัมผัสมีค่าสูงกว่าด้านรัศมี (Panshin and de Zeeuw, 1980)

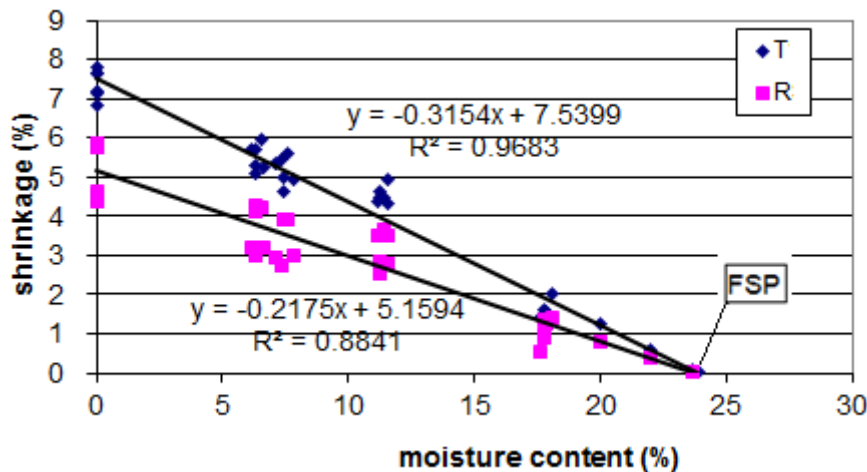


Figure 2 Shrinkage in the radial (R) tangential (T) directions and fiber saturation point (FSP) of *Eucalyptus urophylla* clone K62.

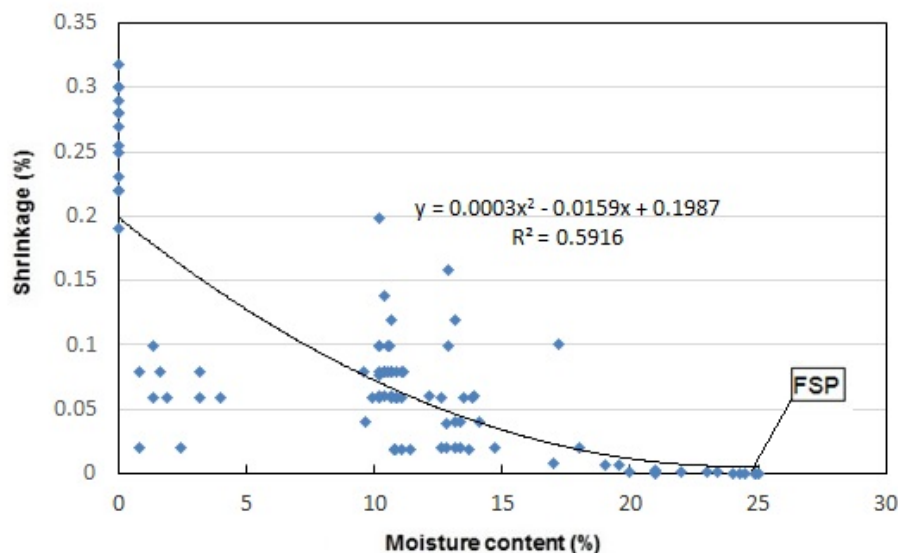


Figure 3 Shrinkage in the longitudinal direction and the fiber saturation point (FSP) of *Eucalyptus urophylla* clone K62.

ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสมดุลและความชื้นสัมพัทธ์ ที่อุณหภูมิคงที่ เรียกว่า การดูดและคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่ (sorption isotherm) การดูดและคายน้ำเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเนื้อไม้อย่างหนึ่ง (Siau, 1984; USDA, 2021)

ใน Figure 4 แสดงการคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่ (desorption isotherm) ของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 พบว่า ความชื้นสมดุลมีค่าต่ำลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงขึ้นมีผลให้น้ำถูกกระตุ้นไปสู่พลังงาน

ที่สูงขึ้นและมีความเสถียรต่ำทำให้โมเลกุลน้ำหลุดจากการยึดเหนี่ยวกับไฮโดรเจนบอนด์ของเนื้อไม้เป็นผลให้ไม่มีค่าความชื้นสมดุลลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Palipane and Driscoll, 1992) และพบว่า ที่อุณหภูมิคงที่ค่าความชื้นสมดุลลดลงตามการลดลงของความชื้นสัมพัทธ์ แม้ว่าความชื้นสัมพัทธ์เป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดที่ส่งผลต่อความชื้นสมดุล แต่ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อความชื้นสมดุล ได้แก่ ความเค้นทางกล (mechanical stress) ประวัติการอบแห้งของไม้ ชนิดและความถ่วงจำเพาะ

ของไม้ ปริมาณสารแทรก (extractive) และอุณหภูมิ (Skaar, 1972; Siau, 1984; Skaar, 1988; Fredrikson and Thybring, 2018) ข้อมูลการดูดและคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่ (sorption isotherm) มีประโยชน์อย่างมากสำหรับการใช้งานจริงในกระบวนการผลิตต่างๆ ที่ใช้ไม้เป็นวัตถุดิบ เช่น การอบไม้ และในกระบวนการผลิตที่ให้ความร้อนแก่เนื้อไม้

(Siau, 1984) ใน Table 1 แสดงค่าเปรียบเทียบความชื้นสมดุลย์ของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K62, K58 และ K7 ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ ได้แก่ ที่อุณหภูมิ 40 และ 70 องศาเซลเซียส และที่ความชื้นสัมพัทธ์ 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 41, 50, 70 และ 90 พบว่า ค่าความชื้นสมดุลย์ของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62, K58 และ K7 มีค่าใกล้เคียงกัน

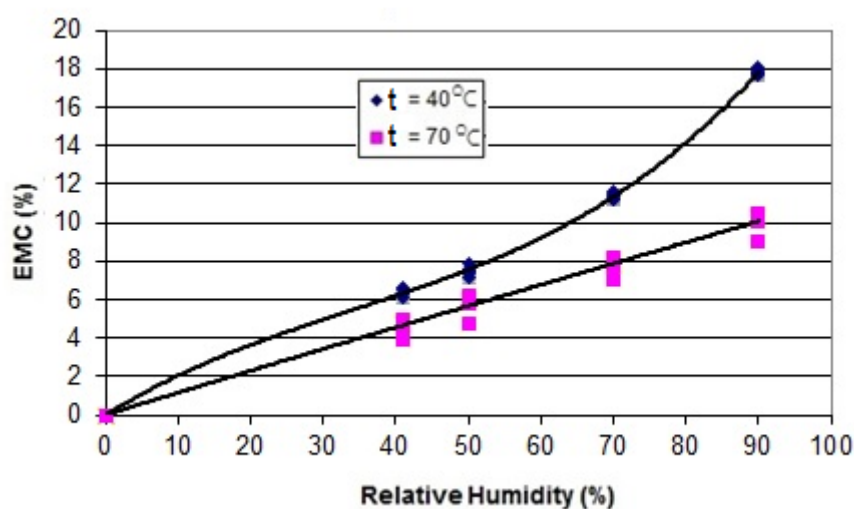


Figure 4 Relationship between the equilibrium moisture content (EMC) and relative humidity of *Eucalyptus urophylla* clone K62 at constant temperatures (t) of 40 and 70 °C.

Table 1 Comparison of physical properties of *Eucalyptus* clones K62, K7, and K58.

Wood species	G ₀	FSP (%)	Maximum shrinkage from FSP to 0 %			EMC (%) t = 40 °C				EMC (%) t = 70 °C			
			T (%)	R (%)	L (%)	RH (%)				RH (%)			
						41	50	70	90	41	50	70	90
K62	0.63 (0.02)	23 -	7.50	5.10	0.20	6.20	7.50	11.50	18.00	5.00	6.00	8.00	10.00
		25	(0.39)	(0.70)	(0.04)	(0.18)	(0.23)	(0.17)	(0.22)	(0.40)	(0.50)	(0.40)	(0.53)
K7 ¹	0.52	26-28	11.00	7.00	0.65	6.00	7.50	11.00	17.00	5.00	6.00	8.00	10.00
K58 ²	0.72	26-28	10.00	6.50	0.30	6.00	7.50	11.00	17.00	5.00	5.80	7.80	10.00

Remarks: G₀ (oven dry specific gravity), FSP (fiber saturation point), T (tangential), R (radial), L (longitudinal), EMC (equilibrium moisture content), RH (relative humidity), t (temperature), and the value in the parentheses indicate standard deviation.

Wood species: K62 (*Eucalyptus urophylla* clone K62), K7 (*E. camaldulensis* x *E. deglube* clone K7) and K58 (*Eucalyptus urophylla* clone K58),

Sources: ¹Hanvongjirawat (2022); ²Hanvongjirawat (2016)

คุณสมบัติทางกล

ก่อนทำการทดสอบค่าคุณสมบัติทางกล ได้ทำการควบคุมความชื้นของชิ้นทดสอบ โดยนำชิ้นทดสอบไปไว้ในที่ห้องควบคุมสภาวะความชื้นที่อุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส และ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 2 จนกระทั่งไม่มีน้ำหนักคงที่ และได้ทำการหาความชื้นของชิ้นทดสอบ ค่าความชื้นเฉลี่ยของชิ้นทดสอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 10.75 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.39

ค่ากลสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 แสดงใน Table 2 โดยเปรียบเทียบค่ากลสมบัติกับไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K7 (*E. camaldulensis* x *E. deglube* clone K7) ไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K58 (*E. urophylla* clone K58) ไม้เศรษฐกิจที่ใช้ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ ได้แก่ ไม้ยางพารา และ ไม้สัก และไม้ที่ใช้ในการก่อสร้าง ได้แก่ ไม้ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) ไม้แดง (*Xylocarpus xylocarpa*) และไม้เต็ง (*Shorea obtusa*)

ค่าโมดูลัสแตกหัก (MOR) ของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 112.08 เมกะปาสคาล มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K58 ไม้ประดู่ และไม้แดง แต่มีค่าสูงกว่าไม้ยางพารา ไม้เต็ง ไม้สัก และ ไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K7

โมดูลัสยืดหยุ่น (MOE) ของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9,213 เมกะปาสคาล มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K58 ไม้ยางพารา ไม้ประดู่ ไม้เต็ง และไม้แดง แต่มีค่าสูงกว่าไม้สัก และไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K7
แรงอัดขนานเส้น (compression parallel to grain) ของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 55.93 เมกะปาสคาล มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K58 แต่มีค่าสูงกว่า ไม้ยางพารา ไม้ประดู่ ไม้เต็ง ไม้แดง และไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K7

แรงอัดตั้งฉากเส้น (compression perpendicular to grain) ของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.68 เมกะปาสคาล มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า ไม้ยางพารา ไม้ประดู่ ไม้เต็ง และ ไม้แดง มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับ ไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K58 แต่มีค่าสูงกว่าไม้สัก และไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K7

ค่าความแข็ง (hardness) ของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5,875 นิวตัน มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K58 ไม้ยางพารา ไม้ประดู่ ไม้เต็งและไม้แดง แต่มีค่าสูงกว่าไม้สัก และไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K7

แรงฉีก (cleavage) และ แรงยึดเหนี่ยวตะปู (nail holding) ของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.25 และ 35.34 นิวตันต่อมิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K58 แต่มีค่าสูงกว่าไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K7

Table 2 Comparison of mechanical properties of Eucalyptus clone K62 with K58, K7, and commercial woods.

Wood species	Oven-dry specific gravity	MOR (MPa)	MOE (MPa)	Compression parallel to grain (MPa)	Compression perpendicular to grain (MPa)	Hardness (N)	Cleavage (N/mm)	Nail holding (N/mm)
K62	0.63 (0.02)	112.08 (8.55)	9,213 (953.39)	55.93 (2.32)	9.68 (1.25)	5,875 (523.25)	2.25 (0.96)	35.34 (8.29)
K7	0.52 ¹ (0.02) ¹	72.45 ¹ (8.22) ¹	6,654 ¹ (1204) ¹	41.94 ¹ (2.46) ¹	5.33 ¹ (1.11) ¹	3,075 ¹ (561.91) ¹	2.00 ¹ (0.31) ¹	17.91 ¹ (4.85) ¹
K58	0.72 ² (0.03) ²	125.18 ² (9.53) ²	11,137 ² (962.26) ²	63.50 ² (2.51) ²	9.20 ² (1.89) ²	6,011 ² (663.39) ²	3.35 ² (4.55) ²	38.39 ² (9.63) ²
Rubber-Wood	0.65 ³	100.20 ³	9,403 ³	47.01 ³	14.34 ³	6,498 ³	-	-
Teak	0.62 ⁴	63.00 ⁴	7,996 ⁴	32.00 ⁴	8.00 ⁴	4,864 ⁵	-	-
Pradauk	0.82 ⁴	114.00 ⁴	12,596 ⁴	49.00 ⁴	20.00 ⁴	9,097 ⁵	-	-
Daeng	1.05 ⁴	117.00 ⁴	15,017 ⁴	53.00 ⁴	21.00 ⁴	10,101 ⁵	-	-
Teng	1.07 ⁴	91.00 ⁴	11,323 ⁴	43.00 ⁴	18.00 ⁴	9,454 ⁵	-	-

Remark: The value in parentheses indicate standard deviation.

Wood species: K62 (*Eucalyptus urophylla* clone K62), K7 (*E. camaldulensis* x *E. deglube* clone K7), K58 (*Eucalyptus urophylla* clone K58), Rubber Wood (*Heavia brasiliensis*), Teak (*Tectona grandis*), Pradauk (*Pterocarpus macrocarpus*), Daeng (*Xylia xylocarpa*) and Teng (*Shorea obtusa*).

Sources: ¹Hanvongjirawat (2022); ²Hanvongjirawat (2016); ³Riyaphan (2013); ⁴Saneg-ah-tit (n.d.); ⁵ Forest Products Development Division (2010)

ตามการจัดชั้นความแข็งแรงของเนื้อไม้ ไม้ที่มีค่าโมดูลัสแตกหักสูงกว่า 95 เมกะปาสคาล และแรงอัดขนานเส้นสูงสูงกว่า 51 เมกะปาสคาล เป็นไม้ที่มีความแข็งแรงสูงจัดอยู่ในชั้นความแข็งแรง A ส่วนไม้ที่มีค่าโมดูลัสแตกหักอยู่ระหว่าง 60.0-94.9 เมกะปาสคาล และแรงอัดขนานเส้นอยู่ระหว่าง 35-50.9 เมกะปาสคาล จัดอยู่ในชั้นความแข็งแรง B (Forest Products Development Division, 2010) และตามมาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุใช้งานในโครงสร้างอาคาร สำหรับงานไม้ ของกรมโยธาธิการและผังเมือง กำหนดไม้ที่ใช้เป็นโครงสร้างหลักของอาคารต้องเป็นไม้เนื้อแข็งที่มีโมดูลัสแตกหักไม่น้อยกว่า 100 เมกะปาสคาล และมีแรงอัดขนานเส้นสูงสุดไม่น้อยกว่า 52 เมกะปาสคาล (Building Control Bureau, 2021) ไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 112.08 เมกะปาสคาล และแรงอัดขนานเส้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 55.93 เมกะปาสคาล จัดอยู่ในชั้นความแข็งแรง A สามารถนำมาทำเป็นโครงสร้างหลักของอาคารได้ เช่นเดียวกับ ไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K58 ซึ่งมี ค่าโมดูลัสแตกหักเท่ากับ 125.18 เมกะปาสคาล และแรงอัดขนานเส้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.50 เมกะปาสคาล จัดอยู่ในชั้นความแข็งแรง A สามารถนำมาทำเป็นโครงสร้างหลักของอาคารได้ (Hanvongjirawat, 2016) ส่วนไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K7 มีค่าโมดูลัสแตกหัก เฉลี่ยเท่ากับ 72.45 เมกะปาสคาล และ มีค่าแรงอัดขนานเส้น เฉลี่ยเท่ากับ 41.94 เมกะปาสคาล จัดอยู่ในชั้นความแข็งแรง B ไม่สามารถนำมาทำเป็นโครงสร้างหลักของอาคารได้ ดังนั้นการใช้ประโยชน์ไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K7 สามารถนำไปทำ เครื่องเรือน ไม้ค้ำยัน ไม้พื้น ทำชั้นไม้สับสำหรับ

อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ อุตสาหกรรมไม้ประกอบ
พื้นและถ่าน เป็นต้น (Hanvongjirawat, 2022)

สรุป

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะที่สภาวะอบแห้งเท่ากับ 0.63 จุดหมาด มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 23 ถึง 25 มีการหดตัวสูงสุด ด้านสัมผัส ด้านรัศมี และด้านความยาว มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 7.50, 5.10 และ 0.02 ตามลำดับ การหดตัวทางด้านสัมผัส มีค่าสูงกว่าทางด้านรัศมี ประมาณ 0 ถึง 1.47 เท่า เมื่อความชื้นลดลงจากจุดหมาดจนถึงความชื้น 0 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า เปอร์เซ็นต์การหดตัวทางด้านสัมผัสและด้านรัศมี มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นลดลงจากจุดหมาดจนถึงความชื้นร้อยละ 0 และความชื้นสมดุลจากการคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่ พบว่าความชื้นสมดุลมีค่าต่ำลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และที่อุณหภูมิคงที่ ค่าความชื้นสมดุลลดลงตามการลดลงของความชื้นสัมพัทธ์

คุณสมบัติทางกลของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีค่าเฉลี่ยโมดูลัสแตกหัก เท่ากับ 112.08 เมกะปาสคาล มีค่าเฉลี่ยโมดูลัสยืดหยุ่น เท่ากับ 9,213 เมกะปาสคาล แรงอัดขนานเส้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 55.93 เมกะปาสคาล แรงอัดตั้งฉากเส้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.68 เมกะปาสคาล ค่าความแข็ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5,875 นิวตัน แรงฉีก และ แรงยึดเหนี่ยวตาปู มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.25 และ 35.34 นิวตันต่อมิลลิเมตร ตามลำดับ

ไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K62 มีความแข็งแรงผ่านเกณฑ์มาตรฐานการก่อสร้าง สามารถนำมาทำเป็นโครงสร้างหลักของอาคาร ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตไม้แปรรูปเพื่อทำโครงสร้างในการรับแรง และสามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นไม้ประกอบสำหรับรับแรง เพื่อเป็นวัสดุในการก่อสร้าง การศึกษาต่อไปควรศึกษา เรื่องการแปรรูป การอบไม้ และนำไม้เศษเหลือจากการแปรรูปมาทำเป็นไม้ประกอบในการรับแรง เพื่อเป็นวัสดุในการก่อสร้าง อย่างเป็นรูปธรรม

คำนิยม

การศึกษานี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มบริษัทสวนกิตติ และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) โปรแกรมสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยี และนวัตกรรม (ITAP: Innovation and technology assistance program) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

REFERENCES

- American Society for Testing and Materials (ASTM). 2014. **D 143**. Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber.
- British Standard (BS). 1985. **BS 373**. Method of Testing Small Clear Specimens of Timber. British Standards Institution.
- Building Control Bureau. 2021. **Specification Standard of Materials Using in Building Structure**. Department of Public Works and Town & Country Planning. Ministry of Interior. (in Thai)
- Crafford, P.L., Wessels, C.B. 2016. A potential new product for roof truss manufacturing: young, green finger-jointed *Eucalyptus grandis* lumber. **Southern Forests. A Journal of Forest Science**, 78(1): 61-71.
- Department of Agriculture. 2005. **Registration for Plant Varieties Certificate Follow Plant Varieties Act 1975**. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Department of Agriculture. 2008. **Registration for Plant Varieties Certificate Follow Plant Varieties Act 1975**. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Derikvand, M., Nolan, G., Jiao, H., Kotlarewski, N. 2017. What to do with structurally low-grade wood from Australia's plantation eucalyptus; building application?. **BioResources**, 12(1): 4-7.

- Fredrikson, M., Thybring, E.E. 2018. Scanning or desorption isotherms? Characteristic sorption hysteresis of wood. **Cellulose**, 25(8): 4477-4485.
- Forest Products Development Division. 2010. **General Characteristics of Thai Timbers. Forest Research and Development Bureau.** Royal Forest Department. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Hanvongjirawat, W. 2016. Physical and Mechanical Properties of *Eucalyptus urophylla* clone K58. **Thai Journal of Forestry**, 35(3): 128-135.
- Hanvongjirawat, W. 2022. Physical and Mechanical Properties of Eucalyptus Wood Clone K7. **Thai Journal of Forestry**, 41(1): 139-150.
- Hua, S.L., Chen, L.W., Antov, P., Kristak, L., Tahir, P.M. 2022. Engineering wood products from *Eucalyptus spp.* **Hindawi**, 2022: 80000780. <https://doi.org/10.1155/2022/8000780>
- Malan, F.S. 2003. The wood quality of the South African timber for high value solid wood products and its role in sustainable forestry. **Southern African Forestry Journal**, 198(1): 53-62, doi: 10.1080/20702620.2003.10431735
- Nacar, M., Hizioglu, S., Kalaycioglu, H. 2005. Some of the properties of particleboard panels made from eucalyptus. **American Journal of Applied Sciences**, (Special Issue): 5-8.
- New Nordic Timber. 2019. **Engineered wood products.** <https://newnordictimber.com/articles/engineered-woodproducts>, 13 October 2022.
- Pagel, C. 2018. Investigation into Material Resistance Factors and Properties of Young, Engineered *Eucalyptus Grandis* Timber. M.S. Thesis, Stellenbosch University, South Africa.
- Proeller, M., Nocetti, M., Brunetti, M., Barbu, M.C., Blumentritt, M., Wessels, C.B. 2018. Influence of processing parameters and wood properties on the edge gluing of green *Eucalyptus grandis* with a one component PUR adhesive. **European Journal of Wood and Wood Products**, 76: 1195–1204.
- Palipane, K.B., Driscoll, R.H. 1992. Moisture sorption characteristics of inshell macadamia nuts. **Journal of Food Engineering**, 18: 63–76.
- Panshin, A.J., de Zeeuw, C. 1980. **Textbook of Wood Technology 4th ed.** Mc Graw-Hill New York, USA.
- Riyaphan, J. 2013. **Chemical and Mechanical Properties of Wood in Seven Para Rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) Clones.** M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2001. ***Eucalyptus Camaldulensis*.** Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2021. **Forestry Statistics Data.** Bangkok. Thailand. 168 p. (in Thai)
- Wessels, C.B., Crafford, P.L., Du Toit, B., Grahn, T., Johansson, M., Lundqvist, S.O., Säll, H., Seifert, T. 2016. Variation in physical and mechanical properties from tree drought tolerant *Eucalyptus* species grown on the dry west coast of Southern Africa. **European Journal of Wood and Wood Products**, 74: 563-575.
- Wessels, C.B., Nocetti, M., Brunetti, M., Crafford, P.L., Pröller, M., Dugmore, M.K., Pagel, C., Lenner, R., Naghizadeh, Z. 2020. Green-glued engineered products from fast

- growing Eucalyptus trees: A review. **European Journal of Wood and Wood Products**, 78(5): 933–940.
- Wisuttapekul, S., Fuangwiwat, W., Sukwatnitjakul, S. 1997. Density, shrinkage and fiber saturation point of swamp forest wood. **Thai Journal of Forestry**, 16: 90-98. (in Thai)
- Saneg-ah-tit, S. n.d. Materials testing. Major of civil engineering Institute of Engineering. Suranaree University of Technology. <http://www.baannatura.com/public/files/Mpa.pdf>. 12 Febuary 2015. (in Thai)
- Siau, J.F. 1984. **Transport Processes in Wood**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, Japan.
- Skaar, C. 1972. **Water in Wood**. Syracue Univ Press, New York, USA.
- Skaar, C. 1988. **Wood-water Relations**. New York. N.Y. Springer Verlag. 283 p.
- Sompoch, n.d. **The properties of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**. Institute of Forest Research and Development. Royal Forest Department. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- U.S. Department of Agriculture (USDA). 2021. **Handbook Wood as an engineering Materials**. Forest Service. Forest Products Laboratory, USA., pp. 4-1–4-22.
- Yang, J.L., Waugh, G. 2001. Growth stress, its measurement and effects. **Australian Forestry**, 64: 127–135.
- Zhou, X., Zhu, H., Wen Y., Goodale, U.M., Li, X., You, Y., Ye, D., Liang, H. 2018. Effects of understory management on trade-offs and synergies between biomass carbon stock, plant diversity and timber production in eucalyptus plantations. **Forest Ecology and Management**, 410: 164–173. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.11.015>.
-