



คุณสมบัติของไม้อัดยางพาราจากไม้บางที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด Properties of Rubberwood Plywood from Thermo-Veneer

วรทัตตา สุทธิภาค^{1*}, ทรงกลด จารุสมบัติ² และ ดำรง พิพัฒน์วัฒนากุล³

Voratatta Sutthipak^{1*}, Songklod Jarusombuti² and Damrong Pipatwattanakul³

¹ นักศึกษาระดับปริญญาโท, หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วนศาสตร์), สาขาวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹ Graduate student, Department of Forest Product, Faculty of Forestry, Kasetsart University

² รองศาสตราจารย์, คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² Associate Professor, Department of Forest Product, Faculty of Forestry, Kasetsart University

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³ Assistant Professor, Department of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University

*Corresponding author, E-mail: Voratatta_s@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความทนทานต่อปลวกของไม้อัดไม้อย่างพาราจากไม้บางที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด โดยมีชุดทดลองคือ 1) อุณหภูมิในการทำเทอร์โมวู้ด ได้แก่ 180 200 และ 220 องศาเซลเซียส 2) เวลาในการทำเทอร์โมวู้ด ได้แก่ 10 15 และ 20 นาที 3) กาวที่ใช้ในการทำไม้อัด ได้แก่ ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และ ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ และชุดควบคุมคือไม้อัดไม้อย่างพาราจากไม้บางที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด จากนั้นนำไม้อัดทั้งหมดเข้าทดสอบความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวก

ผลการศึกษาพบว่า ไม้อัดไม้อย่างพาราที่ไม่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก 19.32 และ 17.96 ตามลำดับ ในขณะที่ไม้อัดไม้อย่างพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ดที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียสนาน 20 นาที มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุด คิดเป็นร้อยละ 6.96 และไม้อัดไม้อย่างพาราที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสนาน 15 นาที มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุด คิดเป็นร้อยละ 4.02 ดังนั้นไม้อัดไม้อย่างพาราจากไม้บางที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ดจึงมีความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวก อีกทั้งยังไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้งาน

คำสำคัญ: ไม้อย่างพารา, ไม้อัด, เทอร์โมวู้ด, ไม้บาง, ปลวก

Abstract

This research aims to study the termite resistance of rubberwood plywood made from thermo-veneer. The control factor is rubberwood plywood without thermo-veneer and 3 factors in the experiment: the first factor is the temperature for making



ThermoWood: 180, 200, and 220 degrees Celsius. Second is Time in Making thermowood: 10, 15, and 20 minutes. The third is adhesive used in making plywood: urea formaldehyde and phenol formaldehyde. Then all the plywood was tested for resistance to termite infestation.

The results of the study found that untreated rubberwood plywood using urea-formaldehyde and phenol-formaldehyde adhesives had a higher percentage loss. Weight loss 19.32 and 17.96 respectively. Meanwhile, rubberwood plywood using urea-formaldehyde glue that was processed by thermowood at 220 degrees Celsius for 20 minutes had the lowest average weight loss, accounting for 6.96 percent. Rubberwood plywood using phenol-formaldehyde glue that went through the thermowood process at 180 degrees Celsius for 15 minutes had the lowest average weight loss, accounting for 4.02 percent. Therefore, rubberwood plywood from thermos-veneer is resistant to termite infestation. It also is not toxic to the environment and users.

Keywords: Rubber wood, Plywood, ThermoWood, Veneer, Termite

บทนำ

ยางพารา (*Hevea Brasiliensis* Mull-Arg.) มีถิ่นกำเนิดในประเทศบราซิล ในปัจจุบันมีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในเขตร้อนและทวีปเอเชีย รวมถึงประเทศไทย กล่าวได้ว่าไม้ยางพาราเป็นไม้เศรษฐกิจอันดับหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกไม้ยางพารามากกว่า 20 ล้านไร่ (International Thermowood Association, 2021 ; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) อีกทั้งไม้ยางพารายังเป็นไม้เศรษฐกิจเพียงชนิดเดียวในขณะนี้ที่สามารถส่งออกได้โดยไม่จำกัดปริมาณ และไม้ยางพารายังมีสีและลวดลายที่สวยงาม โดยจะพบว่ามีการใช้ไม้ยางพาราเป็นวัตถุดิบหลักในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมไม้ยางพาราอบแห้ง อุตสาหกรรมแผ่นไม้ทดแทนธรรมชาติ อุตสาหกรรมไม้อัด และอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการใช้งานไม้ยางพาราอย่างแพร่หลาย แต่ไม้ยางพารานั้นยังคงมีข้อจำกัดหลายปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุและการใช้งาน โดยธรรมชาติแล้วไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีปริมาณแป้งและน้ำตาลอิสระสูง หลังจากผ่านการอบแห้งแล้วมีอัตราการดูดกลับความชื้นสูง ความหนาแน่นต่ำ มีปริมาณลิกนินและสารแทรกต่ำ (วิสุทธิ สิทธิฉายา และ อรุณ งามผ่องใส, 2552) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ไม้ยางพารามีความไวต่อการถูกแมลงทำลายไม้ เช่น มอด ปลวก เข้าทำลายรวมถึงการเข้าทำลายของเชื้อรา ทั้งเชื้อราเสียดสี (Stain) และเชื้อราทำลายไม้ (Wood Decay Fungi)

ด้วยข้อจำกัดดังกล่าวของไม้ยางพารานั้นจึงเป็นไปได้ยากที่จะนำไม้ยางพาราใช้ในสภาพแวดล้อมภายนอกซึ่งมีองค์ประกอบทั้งความร้อน ความชื้น และศัตรูทำลายไม้จะส่งผลให้ไม้ยางพารามีอายุการใช้งานที่



สั้นลงมากกว่าปกติ ก่อนการใช้งานจึงจำเป็นที่จะต้องนำไม้ยางพาราไปผ่านกระบวนการยืดอายุการใช้งานเสียก่อน ในปัจจุบันมีวิธีการยืดอายุการใช้งานของไม้อยู่ด้วยกันหลายวิธี การอัดน้ำยาป้องกันและรักษาเนื้อไม้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย การใช้สารเคมีนั้นว่าเป็นวิธีที่ประสบความสำเร็จในการป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อรา แต่สารเคมีส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้ใช้งาน (Teoh, Don & Ujang, 2011)

กระบวนการเทอร์โมวู้ดเป็นทางเลือกของการยืดอายุการใช้งานไม้ จากการศึกษาของ (Lovrić et al., 2017) พบว่า ไม้บางจากไม้ป๊อปลาร์พันธุ์ลูกผสม (*Populus x euramericana* 'I-214') หรือใช้ชื่อสามัญ เวิร์เนสปีอปลาร์ (Veronese poplar) ที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ดมีความคงทนที่ดีขึ้น และมีการดูดซึมความชื้นที่ลดลง อีกทั้งยังไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้งานโดยการไม่ใช้สารเคมีให้มีความสอดคล้องกับนโยบายเศรษฐกิจแบบปีชีจีที่มุ่งเน้นไปยังการรักษาทรัพยากร ลดของเสียจากระบบการผลิตและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาคูณสมบัติของไม้อัดยางพาราจากไม้บางที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ดมีวัตถุประสงค์ในการเลือกใช้อุณหภูมิ เวลา และชนิดกาวที่เหมาะสม เพื่อให้ไม้อัดจากไม้ยางพารามีความทนทานต่อศัตรูทำลายไม้ประเภทปลวก

แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

ไม้ยางพารา

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Muell-Arg.) เป็นไม้ต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ผลัดใบ ลำต้นกลม ในภาคตัดขวาง เปลือกมีน้ำยางสีขาวขุ่น เนื้อไม้สีขาวอมเหลือง ใบประกอบแบบนิ้วมือเรียงเวียน มีใบย่อย 3 ใบ รูปรี (วิสุทธิ์ สิทธิฉายา, 2563) ยางพาราเป็นไม้พื้นเมืองในแถบลุ่มน้ำอเมซอน ประเทศบราซิลเป็นผู้ผลิตน้ำยางอันดับต้นของโลกในช่วงศตวรรษที่ 19 โดยได้น้ำยางจากการกรีดต้นยางพาราในธรรมชาติ (Killmann, 2001) ไม้ยางพาราเป็นผลผลิตพลอยได้จากการเกษตรกรรมของป่าไม้เขตร้อน เหมาะสำหรับเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนเนื่องจากมีปริมาณเซลลูโลสสูง มีแป้งและน้ำตาลอิสระถึง 8% (Li et al., 2022) และมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ ปัจจุบันความต้องการใช้ไม้ยางพารามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ไม้ยางพารามีรอบตัดฟันอยู่ที่ 25-30 ปี (Teoh et al., 2011) โดยจะถูกโค่นเพื่อปลูกต้นใหม่เมื่อระดับผลผลิตน้ำยางลดลง ไม้ยางพาราถูกยอมรับว่าเป็นป่าปลูกที่มีความยั่งยืน มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001) คุณสมบัติของไม้ยางพารา

คุณภาพของเนื้อไม้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติเชิงกล คุณสมบัติทางกายภาพ และปัจจัยอื่น ๆ ไม้มีองค์ประกอบหลักทางเคมี ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และสารแทรกในปริมาณ



ที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ความสูง ชนิดของไม้ และสภาพแวดล้อม ในปัจจุบันไม้ยางพาราได้ถูกพัฒนาให้มีพันธุ์โคลนหลายสายพันธุ์ จีรวพันธ์ รียาพันธ์ (2556) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและเชิงกลของไม้ยางพารา 7 โคลนพันธุ์ พบว่า คุณสมบัติเชิงกลของไม้ยางพาราทั้ง 7 โคลนพันธุ์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

สมบัติทางกายภาพของไม้ยางพารา

ลักษณะของพอร์เป็นพอร์แบบเดี่ยว (Solitary Pore) และพอร์แฝด (Multiple Pore) เรียงตัวแบบกระจุกกระจาย (Diffusion Porous) พอร์มีขนาดใหญ่ ภายในพอร์มีสารตกค้าง (Deposit) เส้นเรย์เห็นได้ชัด พาวเรคมาไม่ติดพอร์ มีความหนาแน่น 700 กก./ลบ.ม. การหดตัวด้านรัศมี 2.95% การหดตัวด้านสัมผัส 5.58% (ส่วนพัฒนาผลผลิตป่าไม้, 2547)

สมบัติทางเคมีของไม้ยางพารา

องค์ประกอบทางเคมีมีความแปรผันตามส่วนของต้นไม้ เช่น ราก หน่อ และกิ่ง ชนิดของต้นไม้ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ ภูมิอากาศ และสภาพดิน

สมบัติเชิงกลของไม้ยางพารา

คุณสมบัติทางกลของไม้ยางพาราขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากไม้เป็นวัสดุที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน จึงมีความสามารถในการดูดและคายความชื้น นอกจากนี้ องค์ประกอบทางเคมี ความหนาแน่น ตำแหน่งของเนื้อไม้ อายุ น้ำหนักและระยะเวลาที่โดนกระทำนั้นยังส่งผลกับความแข็งแรงของไม้ทั้งสิ้น (วรวิทย์ จตุรพาณิขย์, 2540)

ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่งสำหรับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากไม้ในพื้นที่เขตร้อนไม่เพียงแต่ในประเทศไทยแต่ยังรวมไปถึงประเทศมาเลเซีย ด้วยความเสื่อมโทรมของป่าเขตร้อนทำให้เกิดการขาดแคลนไม้ซุง จึงได้เกิดการหันมาใช้ไม้ยางพาราเป็นทางเลือกเพื่อทดแทนไม้ซุง ส่งผลให้มีการใช้ไม้ยางพาราอย่างแพร่หลาย (Naji *et al.*, 2011) จากข้อมูลพื้นที่ปลูกยางพารารายจังหวัดแบ่งตามภูมิภาคในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2563 โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราสูงถึง 24,753,253 ไร่ โดยแบ่งเป็นพื้นที่ในภาคเหนือ 963,254 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 6,246,548 ไร่ ภาคตะวันตก 488,488 ไร่ ภาคกลาง 582,118 ไร่ ภาคตะวันออก 2,084,533 ไร่ และภาคใต้ 14,388,272 ไร่

ทรงกลด จารุสมบัติ (2557). ได้กล่าวไว้ว่า เทอร์โมวู้ด หมายถึง ไม้ที่ผ่านกระบวนการอบด้วยความร้อนที่สูงกว่า 180°C ขึ้นไป มีวิธีการพ่นไอน้ำเพื่อลดปริมาณอากาศและส่งผลในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีที่เกิดขึ้นภายในเนื้อไม้ กระบวนการเทอร์โมวู้ดจะส่งผลให้ไม้มีสีที่ต่างออกจากเดิม โดยสีที่ได้จะมีลักษณะเข้มขึ้นกว่าเดิม ลักษณะของสีที่เปลี่ยนไปจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นการยืดและหดตัวของไม้ที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ดจะลดลง มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนความร้อนที่เพิ่มมากขึ้น มีความต้านทานต่อการผุที่เกิดจากปัจจัยที่มีชีวิต (Biotic Agent) ดีขึ้น แต่ความแข็งแรงในการต้านแรงดัดลดลง



ขั้นตอนการทำเทอร์โมวู้ด

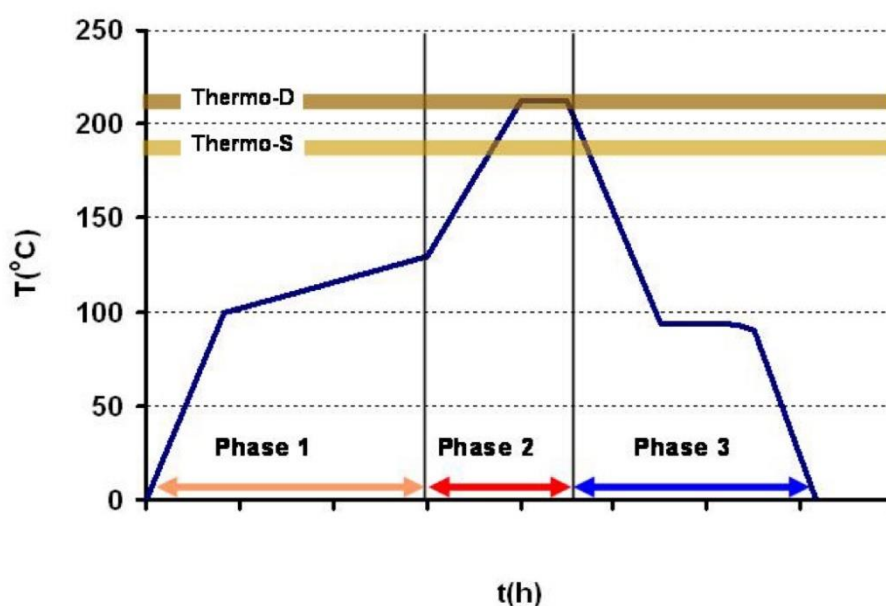
การทำเทอร์โมวู้ดมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพ่นไอน้ำและความร้อนเข้าไปภายในเตาอบให้มีอุณหภูมิสูงถึง 100°C และมีความชื้นสัมพัทธ์ 100% จากนั้นจึงค่อย ๆ เพิ่มแค่ความร้อนเพียงอย่างเดียว เมื่อมีอุณหภูมิสูงถึง 130°C ไม้จะมีลักษณะแห้งจนไม่มีความชื้นเหลืออยู่เลย

ขั้นตอนที่ 2 หลังจากไม้แห้งแล้วจะมีการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงถึง 185-215°C เมื่ออุณหภูมิสูงถึงระดับที่ต้องการ จึงทำการรักษาอุณหภูมิไว้ที่ระดับนั้นๆ เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง (อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ ขึ้นอยู่ลักษณะของการนำไม้เทอร์โมวู้ดใช้งาน)

ขั้นตอนที่ 3 หลังจากอบไม้ได้ตามลักษณะที่ต้องการแล้วจะเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้ไม้เย็นลงโดยการพ่นน้ำจนไม้มีอุณหภูมิลดลง เท่ากับ 80-90°C แล้วจึงปรับความชื้นภายในเนื้อไม้ให้อยู่ที่ 4-7% หากมีการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจำเป็นที่จะต้องทำการปรับสภาวะในเตาอบเพื่อลดการแตกและปริที่ผิวหน้าไม้ และลดการแตกภายในเนื้อไม้ ซึ่งสภาวะที่ใช้จะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดและความหนาของไม้

ThermoWood® process



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตเทอร์โมวู้ด

ที่มา: The International Thermowood Association (2003).

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไม้และปฏิกิริยาเคมี

ไม้ที่ถูกความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติเชิงกลหลายประการ การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติส่วนใหญ่เกิดจากการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลสเนื่องมาจากความร้อน การสลายตัว



ของเอมิเซลลูโลสจะเริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 200°C การเปลี่ยนแปลงจะดำเนินต่อไปเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นในระยนี้ ผลที่ตามมาคือการพองและการหดตัวเนื่องจากความชื้นลดลง ความทนทานต่อสภาพแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น สีเข้มขึ้นสารแทรกหลายชนิดสลายไป น้ำหนักเบาลง ความชื้นสัมบูรณ์ลดลง และมีความเป็นฉนวนมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามคุณสมบัติความแข็งแรงของไม้ก็เปลี่ยนไปเช่นกัน (The International Thermowood Association, 2003)

มาตรฐานการจำแนกประเภทเทอร์โมวู้ด

เทอร์โมวู้ดมีมาตรฐานการปรับสภาพอยู่สองชั้น คือ Thermo-S และ Thermo-D

1. Thermo-S ตัวอักษร “S” มาจากคำว่าคงตัว (Stability) ความคงตัวเป็นคุณสมบัติหลักในการใช้งานของ Thermo-S การพองตัวและการหดตัวโดยเฉลี่ยเนื่องจากการสัมผัสความชื้นของไม้ทางด้านสัมผัส คือ 6-8% Thermo-S จัดเป็นเทอร์โมวู้ดที่มีความทนทานตามมาตรฐาน EN-113 มีความทนทานตามธรรมชาติต่อเชื้อราตามข้อกำหนดอยู่ในระดับ 3 ผลของคุณภาพไม้ที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด Thermo-S แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลของคุณภาพไม้ที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด (Thermo-S)

ชั้นคุณภาพ	อุณหภูมิของกระบวนการ	เปรียบเทียบกับคุณสมบัติกับไม้ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการ		
		ความทนทานต่อสภาพอากาศ	ความคงขนาด	ความเข้มของสี
Thermo-S	190°C	+	+	+
Nordic softwood	(+/- 3°C)			
Thermo-S	190°C	O	O	O
Radiata pine	(+/- 3°C)			
Thermo-S	185°C	O	+	+
Hardwoods	(+/- 3°C)			

(+ = คุณสมบัติดีขึ้น)

(++ = คุณสมบัติดีขึ้นอย่างมาก)

(O = ไม่มีการเปลี่ยนแปลง)

ที่มา: (International Thermowood Association, 2021)

2. Thermo-D ตัวอักษร “D” มาจากคำว่า ความทนทาน (Durability) ความทนทานตามธรรมชาติเป็นคุณสมบัติหลักของ Thermo-D การพองตัวและการหดตัวโดยเฉลี่ยเนื่องจากการสัมผัสความชื้นของไม้



ทางด้านสัมผัส คือ 5-6% Thermo-D จัดเป็นเทอร์โมวู้ดที่มีความทนทานตามมาตรฐาน EN-113 มีความทนทานตามธรรมชาติต่อเชื้อราตามข้อกำหนดอยู่ในระดับ 2 ผลของคุณภาพไม้ที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด Thermo-D แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลของคุณภาพไม้ที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด (Thermo-D)

ชั้นคุณภาพ	อุณหภูมิของกระบวนการ	เปรียบเทียบคุณสมบัติกับไม้ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการ		
		ความทนทานต่อสภาพอากาศ	ความคงขนาด	ความเข้มของสี
Thermo-D	212°C	++	++	++
Nordic softwood	(+/- 3°C)			
Thermo-D	230°C	++	++	++
Radiata pine	(+/- 3°C)			
Thermo-D	212°C	+	+	++
Ayous	(+/- 3°C)			
(hardwoods)				
Thermo-D	212°C	+	+	++
Frake	(+/- 3°C)			
(hardwoods)				
Thermo-D	212°C	+	+	++
Ash (hardwoods)	(+/- 3°C)			

ที่มา: (International Thermowood Association, 2021)

(+ = คุณสมบัติดีขึ้น)

(++ = คุณสมบัติดีขึ้นอย่างมาก)

(O = ไม่มีการเปลี่ยนแปลง)

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับไม้อัด

ไม้อัดผลิตโดยวิธีการนำไม้บาง (Veneer) จำนวนชั้นเป็นเลขคี่ มาประกอบยึดติดกันด้วยกาว ชั้นกาวจะต้องเป็นแนวเส้นขวางตั้งฉากซึ่งกันและกันเพื่อให้เกิดสมดุลทางโครงสร้าง ช่วยลดการบิด โก่ง งอ จากการเปลี่ยนแปลงความชื้น ชั้นนอกทั้งสองด้านจะถูกเรียกว่าไม้หน้า (Face) และไม้หลัง (Back) ชั้นด้านในจะถูกเรียกว่าชั้นไส้ (Core) (Terry, 1985) ไม้อัดถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ อุตสาหกรรมการตกแต่งภายในและภายนอก ในปี 2560



ทั่วโลกได้มีการผลิตไม้อัดถึงประมาณ 190 ล้านลูกบาศก์เมตร (FAO, 2021) ค่าความแข็งแรงต่อแรงอัด (MOR) และค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (MOE) ของไม้อัดมีผลมาจากหลายปัจจัย เช่น สายพันธุ์ของต้นไม้ คุณภาพไม้ ความชื้นของไม้ ความหนาแน่น โครงสร้าง จำนวนชั้นของไม้บาง ความหนาของไม้บาง และกาว โดยทั่วไปแล้วความหนาแน่นเป็นหนึ่งในคุณสมบัติที่สำคัญที่สุด เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของไม้เป็นอย่างมาก (Bekhta *et al.*, 2020)

การแบ่งประเภทไม้อัด

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2550) ได้แบ่งประเภทไม้อัดตามกาวที่ใช้ออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. ไม้อัดประเภทภายนอก ใช้กาวที่ทนทานต่อสภาพอากาศภายนอก น้ำเย็น น้ำเดือด ไขมัน และความร้อนแห้งได้ดี เหมาะสำหรับใช้ภายนอกอาคารหรือในพื้นที่ซึ่งถูกน้ำหรือละอองน้ำ
2. ประเภททนความชื้น ใช้กาวที่ทนต่อลมฟ้าอากาศ น้ำเย็น น้ำเดือด ไขมัน และความร้อนแห้งในเวลาจำกัด เหมาะสำหรับใช้ภายในและภายนอกอาคารหรือในพื้นที่ซึ่งถูกน้ำหรือละอองน้ำเป็นครั้งคราว
3. ประเภทภายใน ใช้กาวที่ทนน้ำเย็นได้ดีพอสมควร ทนทานในน้ำร้อนได้ในเวลาจำกัดไม่ทนทานในน้ำเดือด เหมาะสำหรับใช้ภายในอาคารหรือในพื้นที่ซึ่งไม่ถูกน้ำหรือละอองน้ำ
4. ประเภทชั่วคราว ใช้กาวที่ทนน้ำเย็นได้ในเวลาจำกัด เหมาะสำหรับใช้งานชั่วคราว

ปลวก

นิเวศวิทยาของปลวก

ปลวกเป็นแมลงที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก มีทั้งประโยชน์และโทษ ในแง่ของประโยชน์ปลวกเป็นส่วนหนึ่งของสังคมป่าไม้ที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยปลวกเป็นทั้งผู้บริโภคและผู้ย่อยสลายในระบบนิเวศ โทษของปลวกนั้นเกิดจากการที่ปลวกเป็นแมลงที่ใช้เซลลูโลสเป็นอาหารหลักเพื่อการดำรงชีวิต ซึ่งเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในไม้และเส้นใยต่างๆ ดังนั้นจึงพบปัญหาว่า ปลวกเข้าทำลายจนเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงแก่ไม้ หรือโครงสร้างไม้ภายในอาคารสถานที่ต่างๆ รวมไปถึงเครื่องใช้ต่างๆจากไม้และผลิตภัณฑ์ที่มีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบ ปลวกพบได้ทั่วโลกและชุกชุมในเขตอากาศอบอุ่น ปลวกที่ทำลายไม้มากในโซนร้อนแบ่งออกเป็น

1. ปลวกใต้ดิน (Subterranean Termites) เป็นปลวกที่อาศัยและทำรังอยู่ใต้ดิน ลักษณะการเข้าทำลายไม้และที่อยู่อาศัยจะแตกต่างกันไปตามแต่ละสกุล ปลวกชนิด *Coptotermes gestroi* เป็นปลวกใต้ดินที่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจสูงที่สุด
2. ปลวกกินไม้แห้ง (Dry Wood Termites) ปลวกชนิดนี้อาศัยในไม้ที่แห้ง หรือมีอายุการใช้งานนาน มีความชื้นต่ำ โดยทั่วไปจะทำลายเฉพาะภายในของไม้และจะเหลือผิวไม้ด้านนอกไว้ทำให้ดูเหมือนว่าไม้ยังอยู่ในสภาพดี
3. ปลวกกินไม้ชื้น (Damp Wood Termites) ปลวกชนิดนี้มักอาศัยอยู่ในบริเวณไม้ที่แห้ง หรือไม้ล้มตายที่มีความชื้นสูง โดยปกติแล้วจะพบในบริเวณป่าดิบชื้น โดยเฉพาะปลวกในสกุล *Archotermopsis*



ซึ่งจัดว่าเป็นปลวกดึกดำบรรพ์ ปลวกที่ทำลายไม้มากที่สุดในประเทศไทยคือปลวกใต้ดิน รองลงมาคือปลวกกินไม้แห้ง ในขณะที่ปลวกกินไม้ชื้นมักจะไม่ทำลายไม้ที่ใช้ประโยชน์แต่จะทำลายเศษไม้และไม้ผุ ปลวกต้องอาศัย Protozoa ที่อยู่ในลำไส้ในการช่วยย่อยเซลลูโลสที่กินเข้าไปให้กลายเป็นแป้งก่อนที่จะกลายเป็นอาหารต่อไป

ผลกระทบของปลวกใต้ดินต่อวัสดุ

อาหารหลักของปลวกใต้ดินคือเซลลูโลสที่ได้จากไม้และพืชอื่นๆ ปลวกกินส่วนที่เป็นไม้ของอาคาร เสาเอกประสงค์ เสารั้ว หรือไม้อื่นๆ รวมไปถึงกระดาษ แผ่นไม้อัด และเส้นใยจากฝ้ายหรือพืชอื่นๆ เมื่อปลวกออกหาอาหารสามารถสร้างความเสียหายเป็นอย่างมากแก่วัสดุที่ไม่ใช่เซลลูโลส เช่น พลาสติก ยาง รวมไปถึงโลหะบางๆ แม้ว่าวัสดุเหล่านี้จะไม่ใช่แหล่งอาหาร (Beal *et al.*, 1983; Peterson *et al.*, 2006) สามารถพบปลวกใต้ดินมากขึ้นในบริเวณดินที่ชื้นและมีอาหารจำนวนมาก บริเวณใต้อาคารที่มีการระบายน้ำที่ไม่ดี หรือบริเวณเศษไม้ ต่อไม้ เมื่อพบปลวกบริเวณดังกล่าวแล้วสามารถเคลื่อนที่เข้าสู่อาคารได้หลายวิธี โดยปกติจะเคลื่อนผ่านไม้ที่มีการสัมผัสกับดินโดยตรง ปลวกสามารถเข้าสู่อาคารได้ง่ายผ่านรอยแตกหรือช่องว่างของอาคาร การทำลายไม้ของปลวกจะไม่สามารถเห็นได้ในบริเวณผิวหน้า เนื่องจากปลวกหลีกเลี่ยงการถูกแสงและอากาศโดยตรง

รายงานผลการศึกษาของ Jacob *et al.* (2013) พบว่าไม้ที่มีความหนาแน่นสูง ความหนาแน่นปานกลาง และความหนาแน่นต่ำจากไนจีเรียจำนวน 10 ชนิดที่ถูกปลวกใต้ดินเข้าทำลายเป็นเวลา 24 วัน มีความหนาแน่นลดลงทั้งสิ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

ตารางที่ 4 ปัจจัยในการดำเนินการวิจัย

ชนิดกา	เวลา (นาท)	อุณหภูมิ (°C)		
		180	200	220
Urea formaldehyde	5	x	x	x
	10	x	x	x
	15	x	x	x
Phenol formaldehyde	5	x	x	x
	10	x	x	x
	15	x	x	x

การวิจัยครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ประกอบด้วย 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการทำเทอร์โมวู้ด เวลาที่ใช้ในการทำเทอร์โมวู้ด และชนิดกาที่ใช้ในการอัดไม้ จำนวน 3 ซ้ำ (3x3x2x3)



วิธีการ

การปรับสภาพด้วยความร้อนโดยนำวิธี ThermoWood® (International Thermowood Association, 2021) มาปรับใช้

1. ตัดไม้บางจากไม้ยางพาราให้มีขนาด 40 x 40 เซนติเมตร
2. นำไม้บางเข้าเครื่องอัดร้อนที่ความดัน 8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
3. ตั้งอุณหภูมิของเครื่องอัดร้อนที่ 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส
4. ทำการปรับสภาพด้วยความร้อนนาน 10, 15 และ 20 นาที

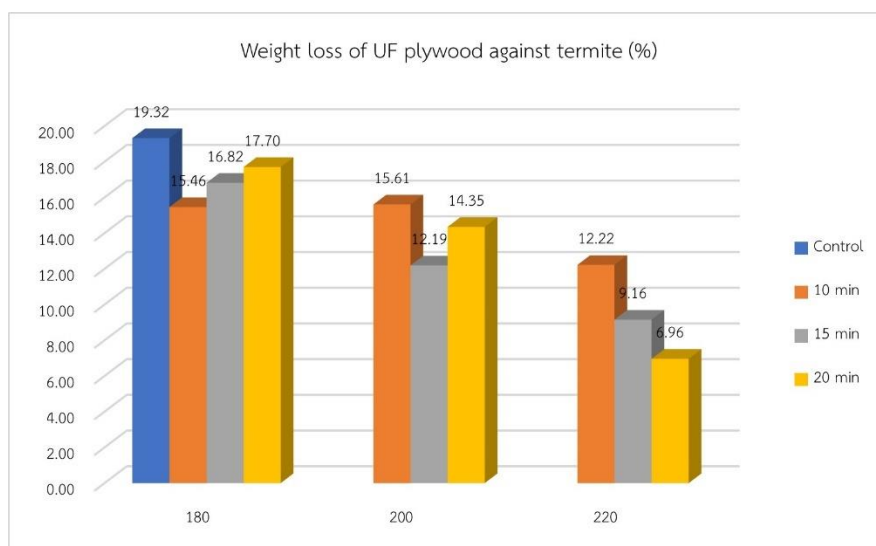
วิธีการทำแผ่นไม้อัด

1. ทากาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Uria Formaldehyde: UF) กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde: PF) ในปริมาณ 200 ± 10 กรัมต่อตารางเมตร
2. ทำการอัดไม้โดยใช้ไม้บางที่ผ่านการปรับสภาพด้วยความร้อนที่ทากาวเรียบร้อยแล้ว เรียงในด้านสลับสลับจำนวน 3 ชั้น
3. อัดไม้ด้วยความดัน 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
4. อุณหภูมิสำหรับอัดไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 110 องศาเซลเซียส สำหรับกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 135 องศาเซลเซียส
5. นำแผ่นไม้อัดเข้าสู่ห้องปรับสภาวะ

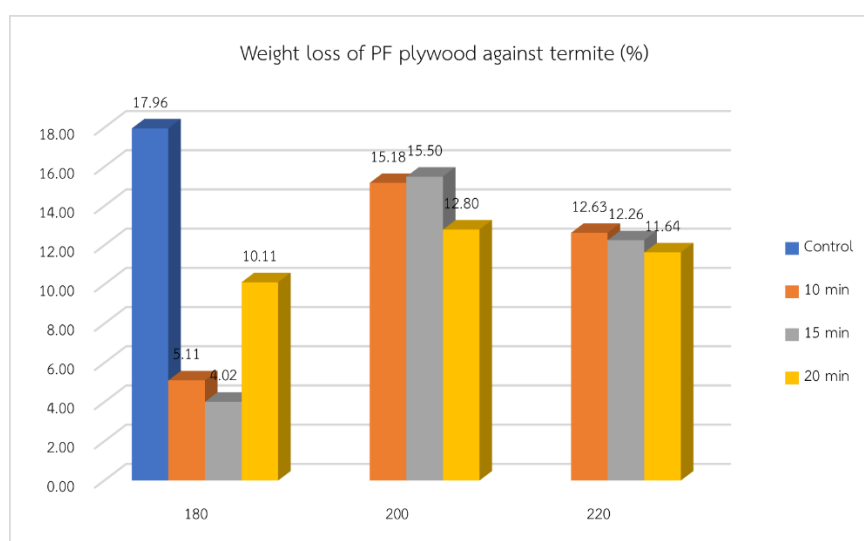
ผลการวิจัย

การทดสอบความทนทานของไม้อัดจากไม้ยางพาราที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด (ควบคุม) และไม้อัดจากไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ โดยอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ประกอบด้วย 180 200 และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 15 และ 20 นาที เมื่อทำการวิเคราะห์สถิติสำหรับไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์พบว่าไม้อัดไม้ยางพาราจากไม้บางที่ไม่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ดกับไม้อัดไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 180 องศาเซลเซียส 20 นาที มีค่าเฉลี่ยของการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 17.70 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ไม้อัดไม้ยางพาราจากไม้บางที่ไม่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ดมีค่าเฉลี่ยของการสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับไม้อัดไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 180 องศาเซลเซียส 10 นาที ไม้อัดไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 180 องศาเซลเซียส 15 นาที ไม้อัดไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 200 องศาเซลเซียส 10 นาที ไม้อัดไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 200 องศาเซลเซียส 15 นาที ไม้อัดไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 200 องศาเซลเซียส 20 นาที ไม้อัดไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 220 องศาเซลเซียส 10 นาที ไม้อัดไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 220 องศาเซลเซียส 15 นาที ไม้อัดไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 220 องศาเซลเซียส 20 นาที

เมื่อทำการวิเคราะห์สถิติสำหรับไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์พบว่าไม้อัดไม้อย่างพาราจากไม้บางที่ไม่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับไม้อัดไม้อย่างพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 180 องศาเซลเซียส 10 นาที ไม้อัดไม้อย่างพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 180 องศาเซลเซียส 15 นาที ไม้อัดไม้อย่างพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 180 องศาเซลเซียส 20 นาที ไม้อัดไม้อย่างพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 200 องศาเซลเซียส 10 นาที ไม้อัดไม้อย่างพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 200 องศาเซลเซียส 15 นาที ไม้อัดไม้อย่างพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 200 องศาเซลเซียส 20 นาที ไม้อัดไม้อย่างพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 220 องศาเซลเซียส 10 นาที ไม้อัดไม้อย่างพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 220 องศาเซลเซียส 15 นาที ไม้อัดไม้อย่างพาราที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ด 220 องศาเซลเซียส 20 นาที



ภาพที่ 2 กราฟเปรียบเทียบร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของไม้อัดไม้อย่างพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์



ภาพที่ 3 กราฟเปรียบเทียบร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของไม้อัดไม้อย่างพาราที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์



สรุปและอภิปรายผล

จากการทดสอบความทนทานของไม้อัดไม้ยางพาราต่อการเข้าทำลายของปลวกพบว่าไม้ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยลดลงทั้งสิ้น โดยจากการวิเคราะห์สถิติพบว่าไม้อัดที่ผลิตจากกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีความแตกต่างทางนัยสำคัญทางสถิติกับไม้อัดควบคุมทั้งสิ้นในทุกอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ผลิต จึงสามารถสรุปได้ว่าการผลิตแผ่นไม้อัดเทอร์โมวู้ดโดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกสูงกว่าแผ่นไม้อัดที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกต่อไม้อัดไม้ยางพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

ตัวอย่ง	Contr ol	180 °C			200 °C			220 °C		
		10 นาที่	15 นาที่	20 นาที่	10 นาที่	15 นาที่	20 นาที่	10 นาที่	15 นาที่	20 นาที่
1	20.56	18.60	14.52	18.16	18.27	10.47	14.20	13.47	11.75	3.19
2	19.48	15.43	15.32	23.12	16.08	6.16	11.04	9.17	8.58	3.46
3	17.37	17.68	15.31	20.26	17.97	10.93	12.62	12.52	11.75	6.63
4	20.63	14.63	16.16	23.72	16.39	9.42	14.25	10.58	11.37	6.17
5	19.04	15.67	16.63	17.79	18.34	11.88	10.55	7.97	11.19	2.22
6	22.50	16.78	21.66	13.47	13.65	13.42	17.44	11.60	8.37	7.90
7	18.50	8.73	16.90	15.31	11.84	15.51	16.38	11.15	7.77	9.03
8	20.07	18.78	16.67	15.61	13.78	18.65	15.71	13.63	9.08	7.98
9	15.90	15.02	19.31	17.40	14.04	10.37	19.53	12.61	7.37	5.92
10	19.41	17.69	16.82	13.37	14.07	18.63	19.03	10.86	7.64	10.32
11	20.44	12.73	18.49	16.75	15.64	13.73	14.49	11.48	9.77	6.97
12	21.98	13.55	16.71	18.55	16.02	13.68	12.09	12.85	4.84	9.29
13	15.66	14.51	18.51	17.14	15.89	12.29	12.80	14.43	11.73	8.15
14	17.54	15.61	19.63	19.21	15.55	7.98	12.22	16.56	10.41	9.56
15	20.73	16.47	9.65	15.66	16.57	9.76	12.88	14.45	5.72	7.63
mean	19.32	15.46	16.82	17.70	15.61	12.19	14.35	12.22	9.16	6.96
T-test	*	*	*	NS	*	*	*	*	*	*



ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกต่อไม้อัดไม้ยางพาราที่ใช้กาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

ตัวอย่าง	Contra	180 °C			200 °C			220 °C		
		10	15	20	10	15	20	10	15	20
าง	ol	นาที่	นาที่	นาที่	นาที่	นาที่	นาที่	นาที่	นาที่	นาที่
1	21.17	4.87	3.72	7.14	17.99	14.10	12.57	10.75	10.29	16.44
2	17.62	5.85	3.15	5.34	20.80	13.86	16.32	10.02	15.43	15.36
3	19.37	7.75	3.38	10.86	21.39	16.42	14.09	12.59	13.43	12.84
4	19.29	7.25	3.28	6.73	19.74	16.93	13.49	12.78	12.20	16.60
5	17.18	6.37	3.99	8.07	18.01	14.98	13.94	11.95	12.25	11.79
6	17.42	6.96	5.32	5.38	15.28	18.73	19.75	12.37	10.97	14.37
7	18.40	3.18	4.89	3.21	9.43	15.60	13.24	11.88	11.70	9.62
8	19.16	5.85	5.21	1.44	15.73	19.03	13.17	12.66	10.50	12.20
9	20.15	5.19	4.35	11.63	10.01	19.53	15.74	12.98	9.85	10.70
10	16.27	3.14	4.78	2.70	10.70	15.95	14.51	10.62	9.40	11.47
11	17.66	2.09	2.65	18.22	14.96	16.85	9.25	16.30	13.07	5.84
12	16.89	7.31	3.59	17.07	13.65	4.36	5.09	14.80	13.98	11.04
13	21.39	3.38	5.32	17.34	14.19	15.27	11.03	13.78	13.62	6.46
14	12.87	3.98	4.52	21.90	12.98	15.18	13.09	12.98	15.88	9.89
15	14.51	3.44	2.15	14.65	12.83	15.69	6.75	13.01	11.30	9.92
mean	17.96	5.11	4.02	10.11	15.18	15.50	12.80	12.63	12.26	11.64
T-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

หมายเหตุ : * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

NS = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ

ควรทำการทดสอบภาคสนามควบคู่ไปด้วยเพื่อให้เห็นถึงผลประสิทธิภาพของไม้อัดไม้ยางพาราจากไม้บางที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมวู้ดในระยะยาว



เอกสารอ้างอิง

- จิรวัฒน์ ธิยาพันธ์. (2556). คุณสมบัติทางเคมีและเชิงกลของไม้ยางพารา 7 โคลนพันธุ์. (ปริญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
ทรงกลด จารุสมบัติ. (2557). เทอร์โมวูด. เครือข่ายพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางและไม้ยางพารา.
วรวิทย์ จตุรพานิชย์. (2540). คุณสมบัติทางฟิสิกส์และแมคานิคของไม้. กรุงเทพฯ : ศูนย์ผลิตตำราเรียน
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วิสุทธิ สิทธิธายา. (2563). มอดไม้ยางพารา (1 ed.). สงขลา : ร้านไอดีไซน์หาดใหญ่.
- วิสุทธิ สิทธิธายา, & อรัญ งามผ่องใส. (2552). การสำรวจ และศึกษาผลของพันธุ์ยางพาราต่อชีววิทยาการ
สืบพันธุ์ของมอดทำลายไม้ยางพาราในภาคใต้. Retrieved from สงขลา :
- ส่วนพัฒนาผลิตผลป่าไม้, ก. (2547). คุณลักษณะของไม้ไทย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์
การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2550). มาตรฐานอุตสาหกรรม. แผ่นไม้อัด.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2563). ยางพารา : เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่กรี๊ดได้ และผลผลิตต่อไร่ รวมทั้ง
ประเทศ รายภาค และรายจังหวัดปี 2563. Retrieved from
[https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/para%20rubber63.p
df](https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/para%20rubber63.pdf)
- Beal, R. H., Mauldin, J. K., Jones, S. C., & Off., U. S. G. P. (1983). Subterranean termites :
their prevention and control in buildings. Retrieved from
<https://handle.nal.usda.gov/10113/CAT40000408>
- Bekhta, P., Salca, E. A., & Lunguleasa, A. (2020). Some properties of plywood panels
manufactured from combinations of thermally densified and non-densified
veneers of different thicknesses in one structure. Journal of Building Engineering,
29. doi:10.1016/j.job.2019.101116
- FAO. (2021). Forestry Production and Trade. Retrieved from
<https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2001). Non-forest tree
plantations. Retrieved from FAO, Rome (unpublished).
- International Thermowood Association. (2021). ThermoWood®HANDBOOK. Helsinki,
Finland: International Thermowood Association.
- Jacob, M., Samuel, O., & Dauda, I. (2013). EFFECT OF DENSITY ON THE
NATURALRESISTANCE OF TEN SELECTED NIGERIANWOOD SPECIES TO
SUBTERRANEANTERMITE. PRO LIGNO, 9(1), 32-40.



- Killmann, W. (2001). Non-Forest Tree Plantations. The Forest Plantation Thematic Papers, 4-8.
- Li, D., Xu, L., Li, Y., Ma, X., & Li, J. (2022). Achieving polyhydroxyalkanoate production from rubber wood waste using mixed microbial cultures and anaerobic-aerobic feeding regime. *Int J Biol Macromol*, 199, 162-171.
doi:10.1016/j.ijbiomac.2021.12.132
- Lovrić, A., Zdravković, V., Popadić, R., & Milić, G. (2017). properties of Plywood Boards Composed of Thermally Modified and Non-modified Poplar Veneer. *BioRes*, 12(4), 8581-8594.
- Naji, H. R., Sahri, M. H., Nobuchi, T., & Bakar, E. S. (2011). The effect of growth rate on wood density and anatomical characteristics of Rubberwood (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) in two different clonal trails *J. Nat. Prod. Plant Resour.*, 1, 71-80.
- Peterson, C., Wagner, T. L., Mulrooney, J. E., & Shelton, T. G. (2006). Subterranean termites - their prevention and control in buildings. Retrieved from <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/26674>
- Teoh, Y. P., Don, M. M., & Ujang, S. (2011). Assessment of the properties, utilization, and preservation of rubberwood (*Hevea brasiliensis*): a case study in Malaysia. *Journal of Wood Science*, 57(4), 255-266. doi:10.1007/s10086-011-1173-2
- Terry, S. J. (1985). Plywood and adhesive technology. New York: Marcel Dekker, Inc.
- the International Thermowood Association. (2003). ThermoWood Handbook.