

ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN XỬ LÝ NHIỆT DẦU ĐẾN MỘT SỐ TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA GỖ KEO LAI

Tăng Thị Kim Hồng, Trần Quý Bảo, Dương Phan Nghĩa

Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Nghiên cứu này phân tích ảnh hưởng của điều kiện xử lý đến độ ẩm thăng bằng (EMC), hiệu suất chống hút nước (WRE), hiệu suất chống trương nở (ASE) và độ bền uốn tĩnh (MOR) của gỗ keo lai (*Acacia mangium* × *Acacia auriculiformis*) sau khi biến tính nhiệt với hỗn hợp nhựa dầu tự nhiên và dầu thực vật tái chế. Nhựa dầu tự nhiên, một loại lâm sản ngoài gỗ thu được từ cây Dầu rái (*Dipterocarpus alatus* Roxb.) và dầu thực vật tái chế từ cơ sở tái chế dầu được phối trộn theo tỷ lệ khối lượng 20:80, sử dụng làm môi trường truyền nhiệt trong khoảng nhiệt độ từ 150 - 190°C, thời gian xử lý kéo dài từ 60 - 90 phút. Phân tích theo phương pháp đáp ứng bề mặt cho thấy, mô hình hồi quy bậc hai xây dựng được có hệ số tương quan cao, phản ánh mức độ phù hợp tốt với dữ liệu thực nghiệm. Kết quả cho thấy, EMC giảm từ 9,8 - 45,5% so với mẫu đối chứng khi nhiệt độ xử lý tăng dần. WRE và ASE tăng đáng kể khi nâng cao nhiệt độ và kéo dài thời gian xử lý, đạt giá trị cực đại lần lượt là 28,37% và 48,03%. Trong khi đó, MOR giảm nhẹ trong khoảng từ 1 - 9,7% so với mẫu chưa xử lý. Những kết quả này cho thấy, xử lý nhiệt bằng hỗn hợp nhựa dầu tự nhiên và dầu thực vật tái chế giúp cải thiện đáng kể khả năng ổn định kích thước, đồng thời chỉ gây ảnh hưởng nhẹ đến khả năng chịu uốn của gỗ keo lai.

Từ khóa: *Acacia mangium* × *Acacia auriculiformis*, biến tính nhiệt dầu, dầu thực vật tái chế, đặc tính cơ lý, nhựa dầu tự nhiên.

EFFECT OF OIL HEAT TREATMENT PARAMETERS ON MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF ACACIA HYBRID WOOD

Tang Thi Kim Hong, Tran Quy Bao, Duong Phan Nghia

Nong Lam University, Ho Chi Minh city

ABSTRACT

This study investigated the effects of treatment conditions on the equilibrium moisture content (EMC), water-repellent efficiency (WRE), anti-swelling efficiency (ASE), and modulus of rupture (MOR) of acacia hybrid wood (*Acacia mangium* × *Acacia auriculiformis*) following heat treatment with a mixture of natural oleoresin and waste cooking oil. The oleoresin, a non-timber forest product derived from *Dipterocarpus alatus* Roxb., and the waste cooking oil collected from a recycling facility were blended at a mass ratio of 20:80 and used as the heating medium within a temperature range of 150°C to 190°C for durations of 60 to 90 minutes. Response surface methodology analysis showed that the developed quadratic regression models had high correlation coefficients, indicating strong agreement with the experimental data. The results showed that EMC decreased by 9.8% to 45.5% compared to the control as the treatment temperature increased. WRE and ASE increased significantly with higher temperature and longer treatment time, reaching maximum values of 28.37% and 48.03%, respectively. Meanwhile, MOR exhibited a slight reduction ranging from 1% to 9.7% compared to the untreated samples. These findings demonstrate that heat treatment using a mixture of natural oleoresin and waste cooking oil significantly improves the dimensional stability of acacia hybrid wood while causing only a minor reduction in its bending strength.

Keywords: *Acacia mangium* × *Acacia auriculiformis*, natural oleoresin, oil heat treatment, mechanical and physical properties, waste cooking oil.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến tính nhiệt là một trong những phương pháp cải thiện tính chất gỗ đang được quan tâm nghiên cứu trên thế giới nhờ tính thân thiện với môi trường và hiệu quả trong việc nâng cao chất lượng gỗ rừng trồng (Acosta - Acosta *et al.*, 2021). Gỗ keo (Acacia), một trong những loài cây trồng rừng chủ lực tại các quốc gia có khí hậu nhiệt đới, bao gồm Việt Nam, thường được sử dụng làm nguyên liệu trong công nghiệp chế biến gỗ. Tuy nhiên, loại gỗ này còn tồn tại nhiều hạn chế như độ hút ẩm cao, khả năng ổn định kích thước kém và độ bền sinh học thấp, làm ảnh hưởng đến độ bền và phạm vi ứng dụng của sản phẩm. Nhằm khắc phục các nhược điểm trên, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện sử dụng phương pháp xử lý nhiệt trong các môi trường nhiệt khô và thủy nhiệt đối với gỗ Keo tai tượng, Keo lá tràm và keo lai, cho thấy, hiệu quả trong việc cải thiện độ ổn định kích thước và tăng cường hiệu suất sử dụng của vật liệu (Molnár *et al.*, 2012; Nguyễn Trung Hiếu, Trần Văn Chứ, 2013; Trần Văn Chứ, 2013; Nguyễn Thị Minh Nguyệt, Vũ Mạnh Tường, 2016; Trịnh Hiền Mai *et al.*, 2018).

Trong các phương pháp biến tính nhiệt, xử lý nhiệt bằng dầu thực vật nổi bật nhờ khả năng đồng thời cải thiện các đặc tính cơ lý và nâng cao độ bền sinh học của gỗ, đặc biệt là khả năng ổn định kích thước và kháng côn trùng, ưu việt hơn so với xử lý nhiệt khô và thủy nhiệt (Lee *et al.*, 2018; Mandraveli *et al.*, 2024). Các loại dầu thực vật như dầu hạt neem, dầu đậu nành, dầu cọ, dầu dừa và dầu tung đã được chứng minh có hiệu quả trong việc tăng cường độ ổn định kích thước, cải thiện khả năng kháng nước, duy trì độ bền cơ học và nâng cao khả năng kháng mối mọt của gỗ và tre sau xử lý (Manalo, Garcia, 2012; Wahab *et al.*, 2013; Oyeleye *et al.*, 2024; Haseli *et al.*, 2024; He *et al.*, 2025).

Nhựa dầu tự nhiên từ cây Dầu rái (*Dipterocarpus alatus* Roxb.) là nguyên liệu truyền thống được sử dụng trong sản xuất sơn, chất phủ và chất

chống thấm cho tàu thuyền (Đào Hùng Cường, 2004; Luu and Pinto, 2007). Gần đây, nhựa dầu cũng được chứng minh có hiệu quả trong việc cải thiện khả năng ổn định kích thước và kháng nấm mốc của tre khi xử lý nhiệt (Tăng Thị Kim Hồng, Nguyễn Nhật Quang, 2021; Tăng Thị Kim Hồng *et al.*, 2022). Bên cạnh đó, dầu thực vật tái chế, một phụ phẩm ngành thực phẩm, cũng cho thấy, tiềm năng tương tự khi được ứng dụng trong xử lý gỗ Dẻ và tre Lồ ô (Kapçak *et al.*, 2024; Jimenez, Camos, 2024).

Việc kết hợp nhựa dầu tự nhiên và dầu thực vật tái chế trong cùng một quy trình xử lý không chỉ tận dụng đặc tính kháng nước của nhựa dầu mà còn giúp giảm độ nhớt của hỗn hợp, từ đó hỗ trợ quá trình thẩm thấu sâu hơn vào cấu trúc gỗ, góp phần nâng cao chất lượng gỗ biến tính. Đây là hướng nghiên cứu phù hợp với mục tiêu phát triển bền vững, thông qua việc sử dụng nguyên liệu tự nhiên và tái chế phụ phẩm từ ngành công nghiệp thực phẩm. Một số nghiên cứu gần đây cũng đã chứng minh khả năng cải thiện đặc tính của gỗ Thông Loblolly và gỗ Cao su khi xử lý nhiệt bằng hỗn hợp dầu (Tăng Thị Kim Hồng, Nguyễn Nhật Quang, 2025a; 2025b).

Nhằm góp phần phát triển và tiêu chuẩn hóa quy trình xử lý nhiệt gỗ bằng hỗn hợp nhựa dầu tự nhiên và dầu thực vật tái chế, nghiên cứu này được mở rộng thực hiện trên gỗ keo lai, thông qua việc đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian xử lý đến các đặc tính cơ lý gồm: độ ẩm thăng bằng (EMC), hiệu suất chống hút nước (WRE), hiệu suất chống trương nở (ASE) và độ bền uốn tĩnh (MOR) sau xử lý.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

2.1.1. Gỗ keo lai

Gỗ keo lai (*Acacia mangium* × *Acacia auriculiformis*) được thu thập từ một cơ sở chế biến gỗ tại tỉnh Đồng Nai, Việt Nam. Mẫu gỗ được gia công với kích thước tiêu chuẩn 52 ×

100 × 600 mm (dày × rộng × dài), sau đó được sấy bằng lò ở nhiệt độ 65°C trong thời gian 10 ngày để đạt độ ẩm từ 10% đến 12%. Sau khi sấy, các mẫu được chia thành 9 nhóm thí nghiệm và 1 nhóm đối chứng chưa xử lý, mỗi nhóm gồm 5 mẫu.

2.1.2. Hỗn hợp nhựa Dầu rái và dầu thực vật tái chế

Hỗn hợp dầu sử dụng trong quá trình xử lý bao gồm nhựa dầu tự nhiên và dầu thực vật tái chế, được phối trộn theo tỷ lệ khối lượng 20:80. Nhựa dầu tự nhiên có độ nhớt 190 cP, được chiết xuất từ cây Dầu rái (*Dipterocarpus alatus* Roxb.), thu mua từ một cơ sở khai thác dầu tự nhiên tại tỉnh Quảng Nam, Việt Nam. Dầu thực vật tái chế, có nguồn gốc từ dầu đậu nành, được cung cấp bởi một doanh nghiệp tái chế dầu tại Thành phố Hồ Chí Minh và có độ nhớt 30 cP trong điều kiện nhiệt độ phòng.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp đáp ứng bề mặt và phương án cấu trúc có tâm

Trong nghiên cứu này, phương pháp đáp ứng bề mặt (RSM) kết hợp với thiết kế cấu trúc tâm (CCD) được sử dụng nhằm phân tích tác động của hai thông số đầu vào, gồm nhiệt độ (T°) và thời gian xử lý (t), đến bốn đặc tính cơ lý của gỗ keo lai, bao gồm độ ẩm thăng bằng (EMC), hiệu suất chống hút nước (WRE), hiệu suất chống trương nở (ASE) và độ bền uốn tĩnh (MOR). Thiết kế thí nghiệm gồm 9 nghiệm thức, được xây dựng bằng phần mềm Minitab (phiên bản 21.2). Khoảng nghiên cứu đối với nhiệt độ xử lý dao động từ 142°C đến 198°C, trong khi thời gian xử lý được điều chỉnh trong khoảng 54 - 96 phút. Chi tiết các mức khảo nghiệm được trình bày tại bảng 1.

Bảng 1. Các mức nhiệt độ và thời gian xử lý áp dụng để biến tính nhiệt gỗ keo lai bằng hỗn hợp nhựa Dầu rái và dầu thực vật tái chế

Thông số nghiên cứu	Giá trị thực và giá trị mã hóa				
	- α	-1	0	+1	+ α
Nhiệt độ (T° , °C)	142	150	170	190	198
Thời gian (t, phút)	54	60	75	90	96

* Ghi chú: Các giá trị mã hóa bao gồm: - α là mức điểm sao dưới, -1 là mức dưới, 0 là mức cơ sở, +1 là mức trên, và + α là mức điểm sao trên.

2.2.2. Xử lý nhiệt bằng hỗn hợp nhựa Dầu rái và dầu thực vật tái chế

Mẫu gỗ keo lai được ngâm hoàn toàn trong thiết bị xử lý nhiệt dầu và tiến hành xử lý theo kế hoạch thí nghiệm gồm 9 nghiệm thức đã định trước. Hệ thống xử lý nhiệt sử dụng trong nghiên cứu bao gồm một buồng thép không gỉ hình chữ nhật, có kích thước lọt lòng dài 680 mm, rộng 380 mm và sâu 200 mm. Nhiệt độ được kiểm soát bằng bộ phận gia nhiệt điện trở, với điều kiện nhiệt được theo dõi thông qua cảm biến nhiệt kết nối với bộ điều khiển kỹ thuật số.

2.2.3. Xác định độ ẩm thăng bằng (EMC), hiệu suất chống hút nước (WRE), hiệu suất chống trương nở (ASE) và độ bền uốn tĩnh (MOR)

Để đánh giá các chỉ tiêu EMC, WRE và ASE, mẫu thử được gia công từ cả gỗ keo lai đã xử lý và chưa xử lý, với kích thước 20 × 20 × 23 mm lần lượt theo chiều xuyên tâm, tiếp tuyến và dọc thớ.

Việc xác định WRE và ASE được thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 13352:2021 (TCVN, 2021). Đối với xác định EMC, mẫu được ổn định trong buồng điều hòa khí hậu Memmert HPP260eco ở điều kiện ẩm tương đối 65% và

nhệt độ 20°C cho đến khi đạt khối lượng không đổi, sau đó được cân để xác định khối lượng ở độ ẩm thăng bằng (m_{eq}). Mẫu gỗ sau đó được sấy trong tủ sấy Memmert UN260 ở $103 \pm 2^\circ\text{C}$ đến khi đạt khối lượng khô kiệt (m_0). Giá trị EMC được tính theo Phương trình (1), dựa trên tiêu chuẩn ASTM D4442 - 20 (ASTM International, 2020).

$$EMC = \frac{m_{eq} - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

Việc xác định MOR được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM D143 - 23 (ASTM International, 2023), với mẫu thử có kích thước $25 \times 25 \times 410$ mm. Mỗi chỉ tiêu EMC, WRE, ASE, và MOR được đánh giá với 5 mẫu lặp lại cho mỗi nghiệm thức. Các giá

trị trung bình và độ lệch chuẩn được tính toán để phân tích các đặc tính cơ lý của gỗ.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

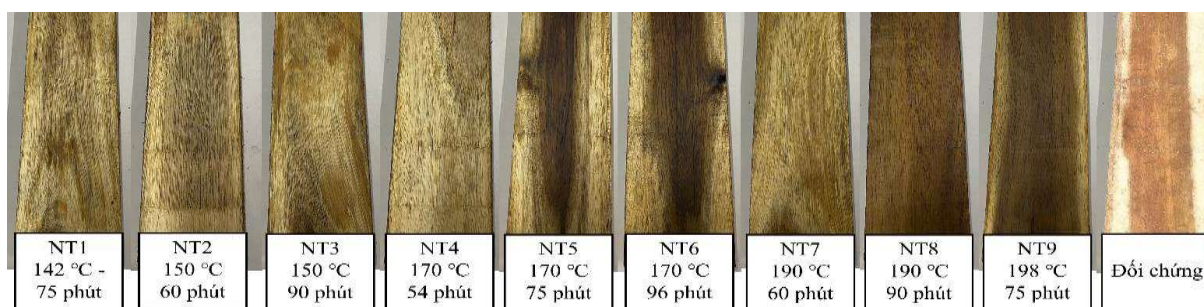
Các giá trị EMC, WRE, ASE, và MOR của mẫu gỗ keo lai sau xử lý nhiệt bằng hỗn hợp nhựa dầu tự nhiên và dầu thực vật tái chế, cùng với mẫu đối chứng chưa xử lý, được trình bày trong bảng 2. Hình 1 minh họa hình ảnh các mẫu gỗ tương ứng với các nghiệm thức thí nghiệm.

Quá trình xử lý nhiệt ở nhiệt độ từ 142°C đến 198°C đã làm giảm EMC của gỗ keo lai từ 9,8% đến 45,5% so với mẫu đối chứng. Giá trị WRE và ASE cao nhất đạt lần lượt 28,37% và 48,03% tại 198°C trong 75 phút. Trong khi đó, MOR giảm nhẹ, dao động từ 1% đến 9,7% so với mẫu chưa xử lý.

Bảng 2. Giá trị EMC, WRE, ASE, và MOR của các mẫu gỗ keo lai tại các nghiệm thức thực hiện

Nghiệm thức	T° (°C)	t (phút)	EMC (%)	WRE (%)	ASE (%)	MOR (MPa)
NT1	142	75	10,1 (0,5)	15,81 (1,25)	26,83 (2,34)	91,6 (4,5)
NT2	150	60	9,7 (0,8)	17,32 (0,86)	29,42 (1,35)	91,3 (6,1)
NT3	150	90	9,6 (0,4)	18,93 (2,31)	32,21 (1,99)	89,7 (4,9)
NT4	170	54	8,6 (0,6)	19,84 (4,25)	33,68 (3,54)	87,9 (6,8)
NT5	170	75	8,6 (0,2)	21,23 (1,36)	36,02 (2,74)	87,2 (3,4)
NT6	170	96	8,4 (0,1)	23,37 (0,38)	39,61 (1,32)	86,9 (8,4)
NT7	190	60	6,7 (0,7)	25,62 (2,12)	43,55 (0,79)	85,1 (3,6)
NT8	190	90	6,6 (0,3)	28,73 (0,75)	48,67 (1,46)	83,6 (5,8)
NT9	198	75	6,1 (0,2)	28,37 (2,06)	48,03 (1,85)	83,5 (7,6)
Đối chứng	-	-	11,2 (0,4)	-	-	92,5 (6,5)

* Ghi chú: Số trong ngoặc đơn là độ lệch chuẩn.



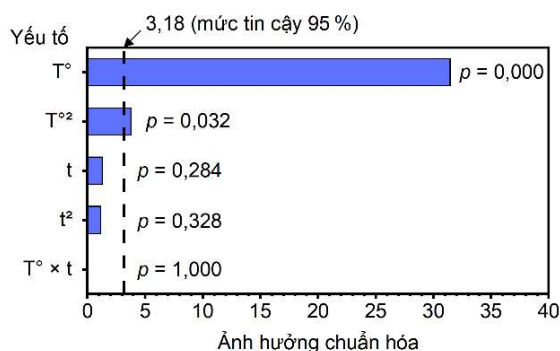
Hình 1. Các mẫu gỗ keo lai theo từng nghiệm thức khảo nghiệm

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian xử lý đến EMC của gỗ keo lai

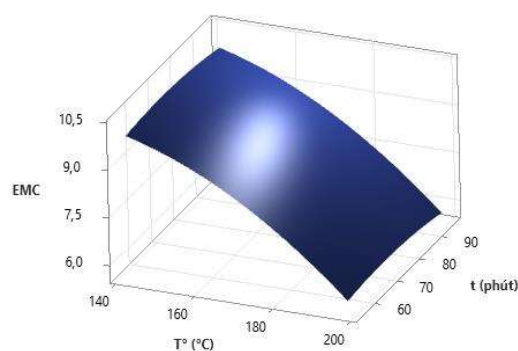
Tác động riêng lẻ và tương tác của nhiệt độ (T°) và thời gian (t) xử lý đến EMC được phân tích bằng biểu đồ Pareto (hình 2), trong đó đường đứt nét biểu thị ngưỡng ý nghĩa thống kê ở mức tin cậy 95%. Kết quả phân tích cho thấy, nhiệt độ xử lý có ảnh hưởng đáng kể đến EMC của gỗ keo lai; khi nhiệt độ tăng, EMC giảm rõ rệt (hình 3). Xu hướng này phù hợp với các nghiên cứu trước đó (Lee *et al.*, 2018; Mandraveli *et al.*,

2024; Tăng Thị Kim Hồng, Nguyễn Nhật Quang, 2025a; 2025b).

Sự suy giảm EMC được cho là do các biến đổi cấu trúc trong gỗ dưới tác động của nhiệt, bao gồm sự phân hủy các nhóm hydroxyl hút ẩm, giảm tương tác giữa các vị trí hydroxyl còn lại với phân tử nước do sự sắp xếp trật tự hơn của cellulose, và sự hình thành các liên kết chéo trong lignin qua phản ứng ngưng tụ (Tjeerdsma, Militz, 2005; Bhuiyan, Hirai, 2005; Boonstra, Tjeerdsma, 2006; Esteves *et al.*, 2008).



Hình 2. Biểu đồ Pareto cho EMC

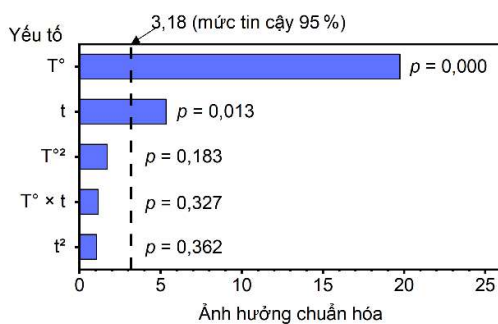


Hình 3. Đồ thị biểu hiện sự ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian xử lý đến EMC

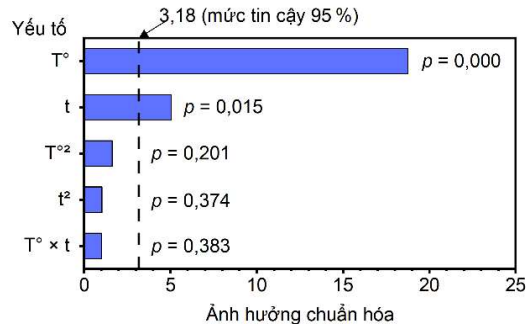
3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian xử lý đến WRE và ASE của gỗ keo lai

Tương tự, ảnh hưởng của nhiệt độ (T°) và thời gian (t) xử lý đến WRE và ASE cũng được đánh giá thông qua biểu đồ Pareto (hình 4). Kết quả cho thấy, cả hai yếu tố đều có tác động có ý nghĩa thống kê đến WRE và ASE của gỗ keo lai. WRE và ASE có xu hướng tăng khi nhiệt độ và thời gian xử lý tăng (hình 5), phù hợp với các nghiên cứu trước đây (Lee *et al.*,

2018; Çiftçi, Altay, 2024; Mandraveli *et al.*, 2024; Tăng Thị Kim Hồng, Nguyễn Nhật Quang, 2025a; 2025b). Theo các nghiên cứu này, sự cải thiện về khả năng ổn định kích thước có liên quan đến sự giảm tính hút ẩm của gỗ và sự thâm nhập của nhựa dầu vào các khoang tế bào trong quá trình xử lý nhiệt, từ đó làm hạn chế hấp thụ nước và giảm độ trương nở thể tích (Lee *et al.*, 2018; Mandraveli *et al.*, 2024).

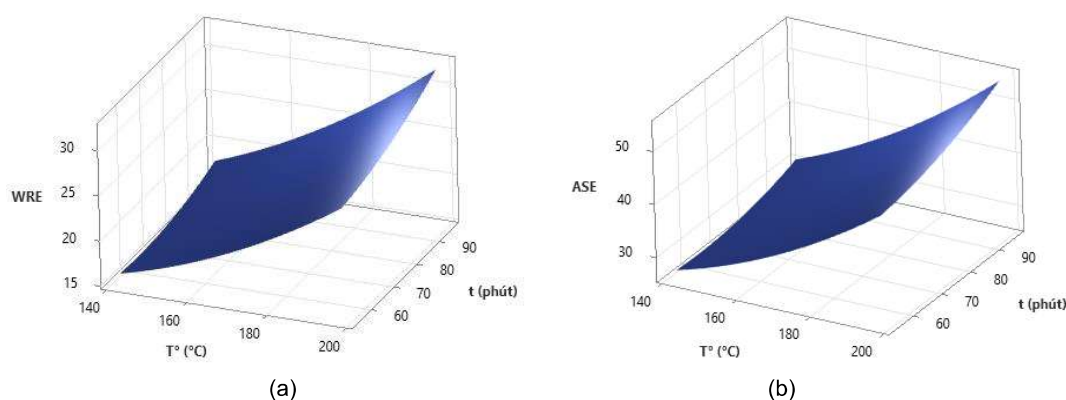


(a)



(b)

Hình 4. Biểu đồ Pareto cho WRE (a) và ASE (b)

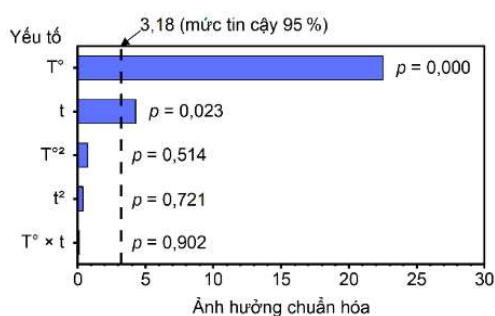


Hình 5. Đồ thị biểu hiện sự ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian xử lý đến WRE (a) và ASE (b)

3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian xử lý đến MOR của gỗ keo lai

Tương tự, ảnh hưởng của nhiệt độ (T°) và thời gian (t) xử lý đến MOR cũng được đánh giá thông qua biểu đồ Pareto (hình 6). Kết quả cho thấy, cả hai yếu tố đều có tác động có ý nghĩa thống kê đến MOR của gỗ keo lai. MOR có xu hướng giảm khi nhiệt độ và thời gian xử lý tăng (hình 7), phù hợp với các nghiên cứu trước đây (Lee *et al.*, 2018; Kaya, 2023; Mandraveli *et al.*, 2024; Tăng Thị Kim Hồng, Nguyễn Nhật Quang, 2025a; 2025b). Sự giảm độ bền uốn tĩnh (MOR) đã được lý giải trong các nghiên cứu

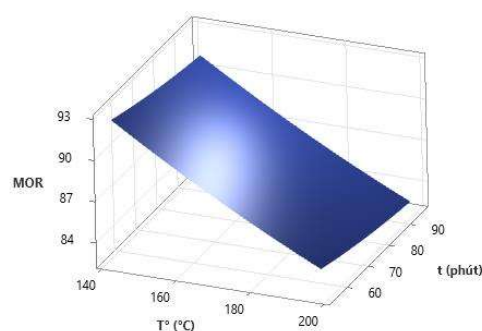
trước là do sự phân hủy dần của hemicellulose khi gỗ tiếp xúc nhiệt trong thời gian dài, làm suy yếu mạng liên kết trong thành tế bào (Boonstra, Tjeerdsma, 2006; Umar *et al.*, 2016). Lee và đồng tác giả (2018) cho rằng xử lý nhiệt bằng dầu gây ra biến đổi hóa học trong hemicellulose, cellulose và lignin, ba thành phần chính quyết định độ bền cơ học của gỗ. Trong đó, hemicellulose tham gia vào mạng liên kết, cellulose chịu kéo, còn lignin chịu nén. Khi hemicellulose bị phân hủy và cấu trúc cellulose bị phá vỡ, kết cấu bên trong gỗ suy yếu, dẫn đến giảm đáng kể độ bền uốn tĩnh.



Hình 6. Biểu đồ Pareto cho MOR

3.4. Phân tích hồi quy và độ phù hợp của mô hình

Mức độ phù hợp giữa mô hình hồi quy và dữ liệu thực nghiệm được đánh giá thông qua hệ số tương quan R^2 , phản ánh tỷ lệ biến thiên của dữ liệu được mô hình giải thích. Giá trị R^2 đạt lần lượt 99,7% đối với EMC, 99,3% đối với WRE, 99,22% đối với ASE và 99,43% đối với MOR,



Hình 7. Đồ thị biểu hiện sự ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian xử lý đến MOR

cho thấy, mô hình có độ tương thích cao với dữ liệu quan sát và phần sai số còn lại là không đáng kể.

Sau khi loại bỏ các hệ số không có ý nghĩa thống kê, phương trình hồi quy được xây dựng để mô tả ảnh hưởng của nhiệt độ (T°) và thời gian (t) đến EMC (%), WRE (%), ASE (%), và MOR (MPa) như sau:

$$\text{EMC}=3,76+0,1287T^{\circ}-0,000594T^{\circ 2} \quad (2)$$

$$\text{WRE}=-22,26+0,2253T^{\circ}+0,0813t \quad (3)$$

$$\text{ASE}=-37,36+0,3805T^{\circ}+0,1365t \quad (4)$$

$$\text{MOR}=115,63-0,14924T^{\circ}-0,03788t \quad (5)$$

IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này cho thấy, tiềm năng ứng dụng nhựa dầu tự nhiên kết hợp với dầu thực vật tái chế làm môi trường xử lý nhiệt thay thế nhằm cải thiện các đặc tính cơ lý của gỗ keo lai. Kết quả cho thấy, khi nhiệt độ và thời gian xử lý tăng, độ ẩm thăng bằng giảm rõ rệt, trong khi hiệu suất chống hút nước và chống trương nở tăng đáng kể. Ngược lại, độ bền uốn tĩnh giảm theo xu hướng tỷ lệ nghịch với hai yếu tố này. Những xu hướng

này cho thấy, xử lý nhiệt bằng hỗn hợp dầu không chỉ cải thiện toàn diện khả năng kháng ẩm và ổn định kích thước, mà còn chỉ gây ảnh hưởng nhẹ đến khả năng chịu uốn của gỗ keo lai. Để hoàn thiện cơ sở ứng dụng, các nghiên cứu tiếp theo cần đánh giá độ bền tự nhiên của gỗ đã xử lý trong điều kiện môi trường thực tế, đồng thời xem xét tính khả thi về kỹ thuật và kinh tế khi triển khai ở quy mô công nghiệp.

LỜI CẢM ƠN: *Nghiên cứu này là một phần của đề tài khoa học và công nghệ cấp cơ sở mã số CS-SV24-LN-02 được cấp kinh phí bởi Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh.*

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH: *Không.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Acosta - Acosta R., Montoya - Arango J.A., Joma - da - Silva E., 2021. Technologies Applied to Wood Heat Treatments, a Review. *Scientia et Technica* 26 (2): 127 - 136. <https://doi.org/10.22517/23447214.22641>.
- ASTM International, 2020. ASTM D4442 - 20: Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood - Based Materials. ASTM International, Pennsylvania.
- ASTM International, 2023. ASTM D143 - 23: Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. ASTM International, Pennsylvania.
- Bhuiyan T. and Hirai N., 2005. Study of crystalline behaviour of heat - treated wood cellulose during treatments in water. *Journal of Wood Science* 51:42 - 47. <https://doi.org/10.1007/s10086 - 003 - 0615 - x>.
- Boonstra M.J. and Tjeerdsma B., 2006. Chemical analysis of heat treated softwoods. *European Journal of Wood and Wood Products* 64: 204 - 211. <https://doi.org/10.1007/s00107 - 005 - 0078 - 4>.
- Çiftçi D, Altay Ç, 2024. Determination of some physical properties of oil heat treated oriental beech wood. *Düzce Univ J For* 20 (1):361 - 374. <https://doi.org/10.58816/duzceod.1415260>.
- Đào Hùng Cường, 2004. Nghiên cứu đánh giá khả năng chống thấm của Dầu rái. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng*.
- Esteves BM, Graca J, Pereira HM, 2008. Extractive composition and summative chemical analysis of thermally treated eucalypt wood. *Holzforchung* 62:344 - 351. <https://doi.org/10.1515/HF.2008.057>.
- Haseli M., Efhamisizi D., Abdulkhani A., Oladi R., Ungerer B., Al - musawi H., Halmschlagel E., Müller U., 2024. Effects of oil heat treatment on poplar wood properties: A pilot scale study. *Construction and Building Materials* 430: 136353. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136353>.
- He L., Zhang T., Xie W., Zhao X., Wang Z., He Z., Yi S., 2025. Improving structural integrity and dynamics of lignocellulosic polymers in heat - treated wood with tung oil. *International Journal of Biological Macromolecules* 305: 140949. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.140949>.
- Jimenez J.J.P. and Ramos J.E.C., 2024. Dimensional stability and mechanical strength of thermally modified giant bamboo [*Dendrocalamus asper* (Sult.) Backer] using steam and oil. *Adv Bamboo Sci* 7: 100081. <https://doi.org/10.1016/j.bamboo.2024.100081>.
- Kapçak M.A., Toker H., Özdemir E., Baysal E. and Altay C., 2024. Some Physical and Mechanical Characteristics of Waste Olive Oil Heat - Treated Oriental Beech Wood. *Wood Industry/Drvna Industrija* 75 (2): 207 - 214. <https://doi.org/10.5552/drvind.2024.0134>.
- Kaya A.I., 2023. Combined effects of linseed oil and heat treatment on the properties of cypress and maple wood Part 1: Water absorption, mechanical properties, and sound absorption capacity. *BioResources* 18 (2): 2940 - 2963. <https://doi.org/10.15376/biores.18.2.2940 - 2963>.

14. Lee S.H., Ashaari Z., Lum W.C., Halip J.A., Ang A.F., Tan L.P., Chin K.L. and Tahir P.M., 2018. Thermal treatment of wood using vegetable oils: A review. *Construction and Building Materials* 181: 408 - 419. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.058>.
15. Luu H.T. and Pinto F., 2007. Dipterocarp oleoresin in Vietnam and Cambodia: Harvesting techniques, resource management and livelihood issues: A report from an exchange visit to Cambodia. Center for Biodiversity and Development (CBD), Ho Chi Minh City.
16. Manalo R.D. and Garcia C.M., 2012. Termite resistance of thermally-modified *Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer ex Heyne. *Insects* 3 (2): 390 - 395. <https://doi.org/10.3390/insects3020390>.
17. Mandraveli E., Mitani A., Terzopoulou P. and Koutsianitis D., 2024. Oil heat treatment of wood - A comprehensive analysis of physical, chemical, and mechanical modifications. *Materials* 17: 2394. <https://doi.org/10.3390/ma17102394>.
18. Molnár A., Horváth N. and Taschner R., 2012. The effect of dry heat treatment on physical properties of *Acacia mangium* and *Acacia auriculiformis* from Vietnam. In: The 5th Conference on Hardwood Research and Utilisation in Europe 2012. Nyugat - magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 370 - 382.
19. Nguyễn Thị Minh Nguyệt và Vũ Mạnh Tường, 2016. Ảnh hưởng của xử lý nhiệt đến một số tính chất cơ học gỗ keo lai. *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp* (1): 4285 - 4291.
20. Nguyễn Trung Hiếu và Trần Văn Chữ, 2013. Ảnh hưởng của xử lý nhiệt đến tính chất cơ học của gỗ Keo tai tượng trồng tại Hà Giang. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp* (2): 95 - 104.
21. Oyeleye I.O., Olaniran S.O., Owoyemi J.M. and Oluwasina O.O., 2024. Physical and mechanical properties of selected Nigerian wood species after thermo - oil modification. *Ligno* 20 (2): 77 - 87.
22. Tăng Thị Kim Hồng và Nguyễn Nhật Quang, 2025a. Effects of natural oleoresin heat treatment on the improvement of some physical and mechanical properties of loblolly pine wood (*Pinus taeda*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1465: 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1465/1/012011>.
23. Tăng Thị Kim Hồng và Nguyễn Nhật Quang, 2025b. Optimization of natural oleoresin and waste cooking oil heat treatment conditions for rubberwood using response surface methodology. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*. <https://doi.org/10.1007/s13196-025-00378-1>.
24. Tăng Thị Kim Hồng, Trịnh Hiền Mai và Nguyễn Thị Thanh Hiền, 2022. Mould resistance of the bamboo *Thyrsostachys siamensis* treated with oleoresin heat. *Journal of Forestry Science and Technology* (13): 103 - 108. <https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.2022.13.103-108>.
25. Tăng Thị Kim Hồng và Nguyễn Nhật Quang, 2021. Effect of oleoresin heat treatment on mechanical and physical properties of the bamboo *Thyrsostachys siamensis*. *Journal of Forestry Science and Technology* (12): 106 - 115.
26. TCVN, 2021. TCVN 13352:2021: Gỗ biến tính - Phương pháp thử cơ lý. Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, Hà Nội, Việt Nam.
27. Tjeerdsm B.F. and Militz H., 2005. Chemical changes in hydrothermal treated wood: FTIR analysis of combined hydrothermal and dry heat - treated wood. *European Journal of Wood and Wood Products* 63: 102 - 111. <https://doi.org/10.1007/s00107-004-0532-8>.
28. Trần Văn Chữ, 2013. Improvement of Dimensional Stability of *Acacia mangium* Wood by Heat Treatment: A Case Study of Vietnam. *Journal of Forest Science* 29 (2): 109 - 115. <http://dx.doi.org/10.7747/JFS.2013.29.2.109>.
29. Trịnh Hiền Mai, Nguyễn Thị Yên và Nguyễn Thị Thắm, 2018. Ảnh hưởng của chế độ xử lý nhiệt đến một số chỉ tiêu tính chất vật lý của gỗ Keo tai tượng (*Acacia mangium* Willd). *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp* (4): 160 - 166.
30. Umar I., Zaidon A., Lee S.H. and Halis R., 2016. Oil - heat treatment of rubberwood for optimum changes in chemical constituents and decay resistance. *Journal of Tropical Forest Science* 28: 88 - 96.
31. Wahab R., Sulaiman O., Khalid I., Rasat M.S.M. and Sudin M., 2013. Chemical, Colour and Strength Changes of Eco - friendly Hot Oil Treatment on 15 Year - old Cultivated *Acacia* Hybrid. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology* 3 (1): 6 - 15. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.3.1.268>.

Email tác giả liên hệ: tangkimhong@hcmuaf.edu.vn

Ngày nhận bài: 16/05/2025

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 27/05/2025; 27/05/2025

Ngày duyệt đăng: 29/05/2025