



DOI:

ẢNH HƯỞNG XỬ LÝ KALI SILICATE (K_2SiO_3) ĐẾN MỘT SỐ TÍNH CHẤT VẬT LÝ GỖ CAO SU (*Hevea brasiliensis*)

Lê Quỳnh Như và Bùi Thị Thiên Kim*

Khoa Lâm Nghiệp, Trường đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

**Tác giả liên hệ, Email: thienkim@hcmuaf.edu.vn.*

Lịch sử bài báo

Ngày nhận: 03/02/2025; Ngày nhận chỉnh sửa: 15/4/2025; Ngày duyệt đăng: 19/4/2025

Tóm tắt

*Kali silicate (K_2SiO_3), còn gọi là thủy tinh lỏng, khi sử dụng để xử lý gỗ, tạo ra một loạt các thay đổi vật lý trong cấu trúc gỗ làm tăng cường khả năng kháng ẩm, điều này góp phần tăng cường tính chất vật lý của gỗ. Nghiên cứu thực nghiệm xác định khả năng hút nước, tỷ lệ giãn nở thể tích của gỗ Cao Su (*Hevea brasiliensis*) sau khi xử lý Kali silicate (K_2SiO_3) ở các mức thời gian khác nhau. Kết quả cho thấy mức độ ảnh hưởng này qua mối quan hệ phương trình tương quan hồi quy như sau: hàm độ hút nước: $Y_1 = 54,9 - 10,21.x_1 - 0,7765.x_2 - 0,49.x_1.x_2 - 0,5979.x_1^2 + 1,2.x_2^2$, hàm tỉ lệ giãn nở thể tích: $Y_2 = 7,23 - 1,02.x_1 - 0,6936.x_2 + 0,265.x_1.x_2 + 0,2359.x_1^2 + 0,115.x_2^2$. Kết quả tối ưu được thiết lập trên cơ sở Gỗ Cao su đạt độ hút nước ít nhất với thông số nồng độ Kali silicate (K_2SiO_3) là $X_1 = 1,414$ ($N = 27,07\%$) và thời gian xử lý là $X_2 = 0,348$ ($T = 3,348$ (giờ)). Kết quả tối ưu được thiết lập trên cơ sở Gỗ Cao su đạt tỷ lệ giãn nở thể tích ít nhất với thông số nồng độ Kali silicate (K_2SiO_3) là $X_1 = -0,43$ ($N = 17,85\%$) và thời gian xử lý là $X_2 = 0,619$ ($T = 3,619$ (giờ)).*

Từ khóa: *gỗ cao su, Kali Silicate, thấm hút nước, xử lý biến tính gỗ.*

Trích dẫn: Lê, Q. N., & Bùi, T. T. K. (2026). Ảnh hưởng xử lý kali silicate (K_2SiO_3) đến một số tính chất vật lý gỗ cao su (*Hevea brasiliensis*). *Tạp chí Khoa học Đại học Đồng Tháp*, 15(2), 106-116.

Copyright © 2026 The author(s). This work is licensed under a CC BY-NC 4.0 License.

RESEARCH ON MODIFICATION OF RUBBER WOOD (*Hevea brasiliensis*) USING POTASSIUM SILICATE (K_2SiO_3)

Le Quynh Nhu and Bui Thi Thien Kim*

Faculty of Forestry, Nong Lam University, Vietnam

**Corresponding author, Email: thienkim@hcmuaf.edu.vn.*

Article history

Received: 03/02/2025; Received in revised form: 15/4/2025; Accepted: 19/4/2025

Abstract

*Potassium silicate (K_2SiO_3), also known as liquid glass, when used to treat wood, creates a series of physical changes in the wood structure that enhance moisture resistance, and thereby, it improves the physical properties of the wood. This experimental study evaluated the water absorption capacity and volumetric swelling rate of Rubberwood (*Hevea brasiliensis*) after treatment with potassium silicate (K_2SiO_3) over different treatment durations. The results showed the influence of these factors through the following regression correlation equations: Water absorption function: $Y_1 = 54.9 - 10.21 \cdot x_1 - 0.7765 \cdot x_2 - 0.49 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0.5979 \cdot x_1^2 + 1.2 \cdot x_2^2$, Volumetric swelling rate function: $Y_2 = 7.23 - 1.02 \cdot x_1 - 0.6936 \cdot x_2 + 0.265 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0.2359 \cdot x_1^2 + 0.115 \cdot x_2^2$. The optimal result for reducing water absorption in rubberwood was achieved with a potassium silicate concentration of $X_1 = 1,414$ ($N = 27,07\%$) and a treatment duration of $X_2 = 0,348$ ($T = 3,348$ hours). Meanwhile, the optimal result for minimizing the volumetric swelling rate was identified at a potassium silicate concentration of $X_1 = -0,43$ ($N = 17,85\%$) and a treatment duration of $X_2 = 0,619$ ($T = 3,619$ hours).*

Keywords: *water absorption of rubber wood, treatment technology, Kali Silicate*

1. Đặt vấn đề

Gỗ Cao su là một loại gỗ phổ biến tại Việt Nam nhờ nguồn cung dồi dào từ các đồn điền sau khai thác mỏ. Tuy nhiên, nhược điểm của gỗ Cao su là độ hút ẩm cao, dễ cong vênh, nứt nẻ và biến dạng khi sử dụng ngoài trời hoặc trong điều kiện thay đổi độ ẩm. Để cải thiện tính chất vật lý của gỗ, đặc biệt là giảm độ hút nước và độ giãn nở, nghiên cứu xử lý gỗ bằng Kali Silicate (K_2SiO_3) – một hợp chất có khả năng tạo màng vô cơ trong cấu trúc gỗ – được đặt ra như một giải pháp mới, an toàn và thân thiện môi trường. Trong bối cảnh ngày càng gia tăng yêu cầu về chất lượng sản phẩm gỗ nội thất, đặc biệt là khả năng chống ẩm và ổn định hình dạng, việc nghiên cứu các giải pháp xử lý nhằm cải thiện tính chất vật lý của gỗ Cao su là cần thiết. Một trong những hướng tiếp cận tiềm năng là sử dụng hóa chất vô cơ như Kali Silicate (K_2SiO_3) để xử lý gỗ. Kali Silicate là một hợp chất thân thiện với môi trường, có khả năng thâm nhập vào cấu trúc tế bào gỗ, tạo nên mạng lưới silicat không tan trong nước, từ đó giúp giảm khả năng hút ẩm và tăng độ ổn định kích thước cho gỗ.

Gỗ là nguyên liệu sinh học bao gồm cellulose, hemicellulose, và lignin, với nhiều nhóm hydroxyl (-OH). Khi xử lý K_2SiO_3 sẽ thẩm thấu vào gỗ với cơ chế Phản ứng với nhóm hydroxyl (-OH) trên cellulose tạo liên kết hydro hoặc liên kết hóa học yếu và hình thành mạng lưới vô cơ-sinh học lai (organic-inorganic hybrid). Sau khi khô K_2SiO_3 sẽ kết tủa thành gel hoặc mạng lưới silica (SiO_2) trong các mao quản gỗ. Dung dịch K_2SiO_3 thẩm thấu sâu vào các khoang rỗng và mao quản trong gỗ. Khi nước bay hơi, K_2SiO_3 để lại mạng lưới silicat rắn phủ lên thành tế bào và lỗ rỗng, Cố định cấu trúc vi mô của gỗ. Tăng độ đặc chắc và giảm khả năng hút ẩm, hút nước. Với cơ chế tác động trực tiếp như trên đã góp phần cải thiện tính chất vật lý của gỗ Cao su việc nghiên cứu tìm ra công nghệ cải thiện tính chất vật lý nói chung và giảm thấm hút nước và giãn nở của gỗ nói riêng góp phần nâng cao giá trị sử dụng của gỗ Cao su là vấn đề cấp thiết đang được các doanh nghiệp quan tâm.

2. Tổng quan

Những nghiên cứu về thay đổi tính chất vật lý của gỗ bằng hóa chất xử lý được nhiều nhà khoa học quan tâm như (Rowell, 1991, 2006), (Kumar, 1994), (Callum, 2006) bằng các hóa chất acetic, butyric, phthalic, succinic, maleic, propionic và butyricanhydrit, axit clorua, axit cacboxylic ketene, nhiều loại isocyanat khác nhau. Những nghiên cứu về độ co rút giãn nở gỗ đã qua xử lý nhiệt của (Stamm & Hansen, 1937), kết quả cho thấy tính hút ẩm của gỗ giảm một cách đáng kể. Đối với gỗ được xử lý nhiệt trong môi trường không khí thì độ cứng giảm nhiều hơn khi được xử lý trong môi trường chất khí. Nghiên cứu làm tăng tính kháng nấm mốc cho gỗ khi xử lý hóa chất với khả năng cải thiện được độ bền và độ ổn định kích thước, hệ số chống co rút giãn nở (Antiswelling/ Shrinking efficiency – ASE) tăng lên 40%, còn độ bền uốn tĩnh (Modulus Of Elasticity – MOE) giảm 20% (Stamm, 1946). Các nghiên cứu acetyl hóa gỗ lần đầu tiên được thực hiện ở Đức vào năm 1928 bởi Fuchs, sử dụng axetic anhydrit và axit sulfuric làm chất xúc tác khối lượng acetyl tăng hơn 40%, nghĩa là khử kết tinh cellulose trong quá trình này và sử dụng phản ứng để tách lignin khỏi gỗ thông (Fuchs, 1928).

Suida và Titsh (1929) đã nghiên cứu acetyl hóa gỗ Dẻ gai (*Fagus Sylvatica*) để loại bỏ hemicellulose theo quy trình phân lập lignin tương tự. Bên cạnh đó, các tác giả trên tiến hành nghiên cứu tiếp theo acetyl hóa bột gỗ Dẻ gai và gỗ thông bằng cách sử dụng pyridin hoặc dimethylaniline làm chất xúc tác để tăng trọng lượng acetyl từ 30% đến 35% sau 15 đến 35 ngày ở $100^\circ C$. Tarkow & Stamm & Erickson (1946) lần đầu tiên mô tả việc sử dụng acetyl hóa gỗ để ổn định gỗ giảm sự giãn nở (trương nở) của gỗ khi đặt gỗ trong nước. Kết quả của những nghiên cứu trên cho thấy việc xử lý hóa chất biến đổi tính chất vật lý của gỗ, điều này cho thấy giải pháp xử lý hóa học gỗ mang lại hiệu quả tích cực. Trong những năm gần đây, Olga Bytner và ctv (2021) biến tính nhiệt cho gỗ Dương Nigra (*Populus nigra* L.) ở $160^\circ C$,

190°C và 220°C trong 2 giờ và ở 160°C, 190°C trong 6 giờ với môi trường biến tính là khí Nitơ, đồng thời những thay đổi về độ ẩm thăng bằng (EMC) của gỗ được biến tính nhiệt trong điều kiện môi trường có độ ẩm tương đối lần lượt là 34%, 65% và 98%. Kết quả cho thấy khi độ ẩm tương đối tăng EMC giảm, và tỷ lệ hút nước của gỗ được biến tính nhiệt ở 190°C và 220°C giảm trong 7 giờ đầu tiên khi ngâm trong nước. Nghiên cứu biến tính gỗ theo hướng bảo vệ môi trường trong đó có các nghiên cứu của (Jones & cs., 2022), (Mariani & Malucelli, 2022).

Việc xử lý gỗ bằng các hợp chất vô cơ thân thiện với môi trường là xu hướng đang phát triển nhằm thay thế các chất bảo quản truyền thống có độc tính cao như CCA, PCP, creosote... Trong đó, Kali silicate (K_2SiO_3), còn gọi là thủy tinh lỏng, nổi lên như một lựa chọn tiềm năng nhờ đặc tính không độc hại, thân thiện môi trường, có khả năng chống thấm nước, chống cháy, kháng sinh học và tăng cường độ bền vật lý cho gỗ, chi phí thấp, sẵn có và dễ ứng dụng vào sản xuất. Saka et al (1992, Nhật Bản) nghiên cứu xử lý gỗ bằng phương pháp sol-gel silica, giúp giảm độ hút nước và nâng cao độ ổn định thể tích. Nghiên cứu tại Indonesia (2021) trên gỗ Sengon cho thấy, xử lý bằng nano kali silicate làm giảm độ trương nở thể tích và tăng hiệu suất hấp thụ (WPG), đặc biệt ở nồng độ 0,75%. Son et al. (2012, Hàn Quốc) sử dụng hỗn hợp kali silicate và borax để xử lý gỗ thông đỏ. Kết quả cho thấy giảm tốc độ lan truyền lửa, giảm đáng kể các chỉ số HRR và THR trong thử nghiệm chống cháy theo tiêu chuẩn ISO 5660. Nghiên cứu vào năm 2022 ở Trung Quốc kết hợp kali silicate và phytic acid giúp cải thiện hiệu quả chống cháy cho gỗ công nghiệp mà vẫn duy trì tính cơ học tốt. Một số nghiên cứu gần đây Zaidon et al. (Malaysia) nghiên cứu xử lý gỗ bằng dung dịch silicate và nhận thấy khả năng kháng nấm mốc và côn trùng nhờ môi trường kiềm và sự tạo màng silica trong tế bào gỗ. Các nghiên cứu cho thấy dung dịch K_2SiO_3 tác động lên hemicellulose và lignin, có thể phá vỡ một phần liên kết hydrogen, từ đó tạo điều kiện hình thành lớp gel silica, củng cố cấu trúc thành tế bào. Tuy nhiên, nếu nồng độ quá cao hoặc thời gian xử lý quá dài, có thể gây ảnh hưởng cho cấu trúc gỗ.

Xuất phát từ những ưu điểm trên với hướng ít gây hại sức khỏe người sử dụng và môi trường chúng tôi tiến hành thực hiện nghiên cứu biến tính gỗ Cao su bằng Kali Silicate (K_2SiO_3) thông qua đó làm giảm tính hút nước và giãn nở của gỗ Cao su, góp phần nâng cao tính chất vật lý và giá trị sử dụng của gỗ trong công nghiệp sản xuất hiện nay.

3. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

3.1. Vật liệu

Nguyên liệu: Gỗ Cao su dùng trong thí nghiệm là gỗ nghiên cứu lấy từ cây gỗ thành thực thuộc Đồng Nai. Gỗ không khuyết tật, đưa về công ty chế biến gỗ cắt khúc, xẻ phách, gia công theo đúng kích thước 30 x 30 x 10mm, độ ẩm 40 - 50%.

Hóa chất: Kali Silicate (K_2SiO_3) có công thức K_2SiO_3 , là chất rắn màu trắng, xuất xứ: Ấn Độ, hóa chất được cung cấp bởi công ty TNHH Xuất nhập khẩu Trần Tiến (Tp. Hồ Chí Minh)

Thiết bị dụng cụ:

- Tủ sấy thí nghiệm Memmert
- Cân điện tử Ohaus có độ chính xác 0,001 (g)
- Máy đo độ ẩm gỗ
- Thước kẹp có độ chính xác 0,02 (mm)

- Ngoài ra có bình hút ẩm, găng tay, khẩu trang, đũa thủy tinh, ca đong hóa chất, khay nhựa và một số vật dụng cần thiết.



Hình 1. Gỗ Cao su



Hình 2. Kali



Hình 3. Máy đo độ ẩm



Hình 4. Tủ sấy



Hình 5. Thước



Hình 6. Cân phân

3.2 Phương pháp nghiên cứu

Mô hình thí nghiệm

Phương pháp qui hoạch thực nghiệm: dựa vào phương án đã chọn mức và khoảng biên thiên các thông số đầu vào ở dạng mã hoá được xác định do đặc điểm của quá trình nghiên cứu thực nghiệm nên mô hình được biến đổi dưới dạng mô hình bậc 2, Số mức thí nghiệm là 5 bao gồm mức cơ sở (mức điểm 0 - mức trung tâm), mức trên (+1), mức dưới (-1) mức sao trên (+ α), mức sao dưới (- α)

Số thí nghiệm cần phải tiến hành là:

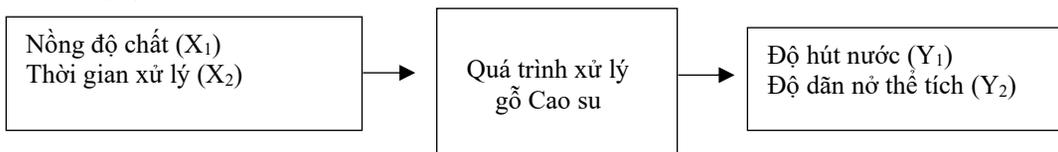
$$N = N_1 + N_0 = 2^k + N_0 = 2^2 + 2 \times 2 + 5 = 13$$

Trong đó: k : số thông số đầu vào k = 2

$2^2 = 4$ số thí nghiệm ở mức trên và dưới

3 : số thí nghiệm lặp thực hiện ở mức trung tâm

Mô hình nghiên cứu gồm có các yếu tố đầu vào ký hiệu là: X_1 : nồng độ (K_2SiO_3) (%), X_2 : thời gian xử lý (giờ) và các yếu tố đầu ra ký hiệu là: Y_1 : độ hút nước (%), Y_2 : độ giãn nở thể tích (%),



Hình 3. Sơ đồ thực nghiệm xử lý gỗ Cao su

Theo kết quả thí nghiệm thăm dò với khoảng biến thiên nghiên cứu rộng, ta có mức và khoảng biến thiên của các thông số nghiên cứu đầu vào được xác định như sau :

Bảng 1. Mức và khoảng biến thiên của các yếu tố nghiên cứu

Stt	Các thông số	Nồng độ xử lý N (%) X ₁	Thời gian xử lý T (giờ) X ₂
1	Mức sao trên $+\alpha = +1,414$	27,07	4,414
2	Mức trên 1	25	4
3	Mức cơ sở 0	20	3
4	Mức dưới -1	15	2
5	Mức sao dưới $-\alpha = -1,414$	10	1,586
6	Khoảng biến thiên Δl	5	1

Bảng 2. Bảng ma trận thí nghiệm

Stt	Dạng mã hóa			Dạng thực	
	X1	X2	N	T	
1	1	1	25	4	
2	1,41421	0	27,07	3	
3	-1	1	15	4	
4	-1	-1	15	2	
5	1	-1	25	2	
6	0	0	20	3	
7	0	-1,41421	20	1,586	
8	0	1,41421	20	4,414	
9	-1,41421	0	10	3	
10	0	0	20	3	
11	0	0	20	3	
12	0	0	20	3	
13	0	0	20	3	

Xác định các thông số công nghệ sau xử lý

Xác định độ hút nước của gỗ được thực hiện theo TCVN 13707:2023. Mẫu gỗ có kích thước tối thiểu 20mm chiều rộng và chiều dài, 5-10mm chiều dày. Sấy khô mẫu với nhiệt độ $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, mẫu sau khi sấy đến khô kiệt, cân khối lượng chính xác đến $\pm 0,01\text{g}$. Cân xong cho vào bình đựng nước (để cho mẫu tự do hút nước). Sau từng thời gian nhất định: 2 giờ ngày thứ 1, 2, 4, 7, 12 và 20 ngày cân lại mẫu gỗ. Về sau cứ 10 ngày cân 1 lần cho đến khi mẫu gỗ không tăng lên nữa thì kết thúc thí nghiệm. Thời gian quan sát tối thiểu là 30 ngày đêm. Sau mỗi lần cân, tính lượng hút nước theo công thức sau:

$$W_n = \frac{m_a - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

Trong đó: W_n là độ hút nước (%)

m_0 : khối lượng gỗ khô kiệt (g)

m_a : khối lượng gỗ có nước sau mỗi lần cân (g)

Xác định độ giãn nở thể tích theo TCVN 13708:2023 tỷ lệ giãn nở thể tích của gỗ là một chỉ tiêu quan trọng phản ánh mức độ biến dạng thể tích của mẫu gỗ khi thay đổi độ ẩm. Đây là thông số dùng để đánh giá tính ổn định của gỗ trong điều kiện môi trường thay đổi. Đo ở trạng thái khô kiệt và trạng thái ngâm nước. Sức giãn nở được biểu thị bằng tỷ lệ % giữa lượng giãn nở so với kích thước ban đầu gọi là tỷ lệ giãn nở. Tỷ lệ giãn nở: Dùng mẫu gỗ đã sấy khô kiệt. Đo kích thước 3 chiều chính xác đến $\pm 0,01$ mm tính V_0 thể tích mẫu trạng thái khô kiệt. Sau đó, mẫu được đem đi hút nước đến bão hòa (kích thước 2 lần đo liên tiếp không thay đổi), lấy mẫu ra đo lại kích thước tính V_s thể tích mẫu trạng thái bão hòa. Công thức xác định tỉ lệ giãn nở thể tích như sau:

$$\text{Chiều dọc thớ: } S_v = \frac{V_s - V_0}{V_0} \times 100\% \quad (2)$$

Trong đó: V_s, V_0 : thể tích mẫu trạng thái bão hòa và khô kiệt (mm^3)

S_v : Tỷ lệ giãn nở thể tích (%)

Tính toán và xử lý số liệu

Sử dụng phần mềm Design Expert 11 để xác định các hệ số hồi quy, phân tích phương sai theo mô hình thống kê thực nghiệm trong các bài toán quy hoạch thực nghiệm. Sử dụng phần mềm Matlab để giải bài toán tối ưu một mục tiêu và đa mục tiêu.

4. Kết quả và thảo luận

Theo kế hoạch thực hiện tiến hành thực nghiệm xử lý gỗ Cao su bằng Kali Silicate (K_2SiO_3) với 13 thí nghiệm thức. Các thí nghiệm đa yếu tố được thực hiện để đánh giá ảnh hưởng của hóa chất xử lý Kali Silicate (K_2SiO_3) đến tính chất vật lý của gỗ về độ thấm hút nước, tỷ lệ giãn nở thể tích của gỗ sau khi xử lý. Các thí nghiệm được tiến hành dựa trên ma trận thí nghiệm xây dựng theo quy hoạch thực nghiệm bậc II bất biến quay Box-Hunter. Kết quả thực nghiệm được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Bảng kết quả nghiên cứu xử lý gỗ Cao su bằng Kali Silicate (K_2SiO_3)

	X_1	X_2	Y_1	Y_2
1	1	1	43,76	6,12
2	1,41421	0	39,56	6,37
3	-1	1	65,63	7,71

4	-1	-1	66,37	9,48
5	1	-1	46,46	6,83
6	0	0	54,72	7,36
7	0	-1,41421	58,23	8,59
8	0	1,41421	56,27	6,42
9	-1,41421	0	67,75	9,12
10	0	0	55,16	7,32
11	0	0	55,21	7,21
12	0	0	54,89	7,15
13	0	0	54,53	7,11

Theo kết quả nghiên cứu ở Bảng 3, để tiến hành xác định phương trình tương quan của các thông số công nghệ đầu vào và đầu ra, chúng tôi tiến hành dùng phương pháp bề mặt đáp ứng, phân tích Anova và kiểm tra mức ý nghĩa của các hệ số theo chuẩn Student; các giá trị thực nghiệm được kiểm định theo chuẩn Fisher. Từ đó, chúng tôi xác định phương trình tương quan với các hệ số hồi quy cho phương trình Y_1 và Y_2 đặc trưng cho độ hút nước (%) và tỷ lệ giãn nở thể tích (%).

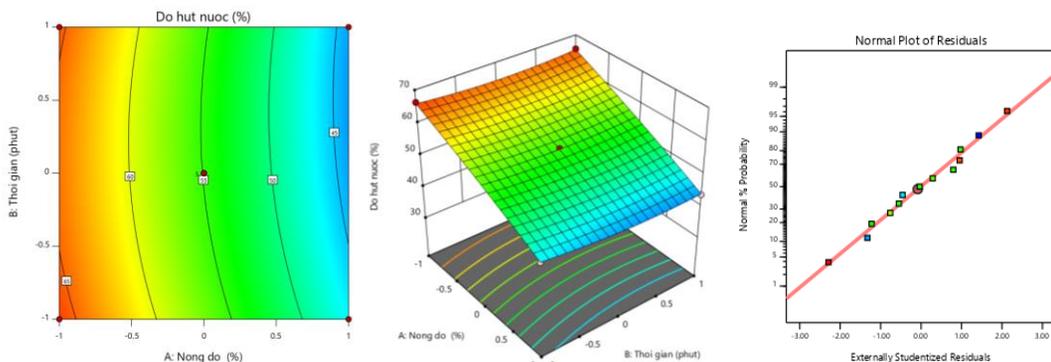
4.1 Kết quả nghiên cứu xác định độ hút nước gỗ sau khi xử lý (Y_1)

Dựa vào phương pháp quy hoạch thực nghiệm theo phương án thực nghiệm bất biến quay bậc II của Box-Hunter trên 13 nghiệm thức, chúng tôi thu được kết quả cho thấy mối quan hệ giữa nồng độ hóa chất K_2SiO_3 (X_1) và thời gian xử lý (X_2) với độ hút nước (Y_1), thể hiện qua phương trình tương quan. Dựa trên kết quả thực nghiệm và phân tích hồi quy đa yếu tố, sau khi loại trừ các hệ số có mức ý nghĩa $p > 0,05$, chúng tôi thu được phương trình hồi quy mô tả mối quan hệ giữa các thông số công nghệ (X_1, X_2) đến độ hút nước (Y_1) như sau:

$$Y_1 = 54,9 - 10,21.x_1 - 0,7765.x_2 - 0,49.x_1.x_2 - 0,5979.x_1^2 + 1,2.x_2^2 \quad (3)$$

Qua phân tích cho thấy các hệ số hồi quy đều đảm bảo độ tin cậy với mức ý nghĩa $\alpha = 0.05$ với $F_t = 2,14 < F_b = 6,59$ tức mô hình đảm bảo tương thích.

Vậy phương trình hồi quy (3) tìm được thông số đầu ra Y_1 tương thích với thực nghiệm



Hình 4. Đồ thị thể hiện mối quan hệ nồng độ X_1 , thời gian xử lý X_2 và độ thấm hút nước của gỗ Y_1

Đồ thị cho thấy khi nồng độ K_2SiO_3 tăng thì độ hút nước giảm, điều đó chứng tỏ K_2SiO_3 đã xâm nhập vào cấu trúc gỗ, lấp đầy lỗ rỗng và giảm khả năng hút nước của gỗ.

Việc đạt ngưỡng bão hòa sau một nồng độ nhất định, mức giảm độ hút nước chậm lại hoặc không thay đổi đáng kể. Thời gian tăng làm độ hút nước giảm: Do thời gian tiếp xúc lâu hơn, dung dịch có điều kiện thâm nhập sâu hơn vào cấu trúc gỗ. Nhưng nếu thời gian quá dài, hiệu quả không tăng nhiều do sự bão hòa thẩm thấu.

Thông qua đồ thị 3D, mặt nghiêng xuống về phía góc cao của X_1 và X_2 cho thấy cả nồng độ cao và thời gian dài đều làm giảm mạnh độ hút nước. Đồ thị thể hiện rằng độ hút nước của gỗ Cao su có xu hướng giảm khi nồng độ K_2SiO_3 và thời gian xử lý tăng. Tuy nhiên, hiệu quả xử lý đạt cao nhất trong một khoảng giới hạn nhất định của hai biến này. Sau ngưỡng đó, hiệu quả không còn tăng rõ rệt, chứng tỏ có sự bão hòa trong quá trình thẩm thấu. Do đó, để đạt hiệu quả tối ưu trong xử lý gỗ bằng dung dịch K_2SiO_3 , cần xác định điều kiện xử lý hợp lý về cả thời gian và nồng độ.

Hàm độ hút nước được tối ưu hóa theo phương trình (3).

Hàm mục tiêu: $Y_1 \rightarrow \min$.

Các điều kiện ràng buộc: $-1.414 \leq x_i \leq +1.414; i = 1 \div 2$.

Bảng 4. Giá trị tối ưu hàm tỷ lệ hút nước của gỗ Y_1

Stt	Thông số đầu vào		Giá trị		Thông số đầu ra		Giá trị tối ưu
	Dạng mã hóa	Dạng thực	Dạng mã hóa	Dạng thực	Dạng mã hóa	Dạng thực	
1	X_1	N	1,414	27,07%	Y_1	A	39,26 %
2	X_2	T	0,348	3,348 giờ			

Qua bảng 4 cho thấy hàm thẩm hút nước Y_1 đạt giá trị tối ưu nhỏ nhất là 39,26 (%) với nồng độ K_2SiO_3 là $X_1 = 1.414$ ($N = 27,07\%$) và thời gian xử lý là $X_2 = 0,348$ ($T = 3,348$ (giờ)) điều này cho thấy nồng độ K_2SiO_3 và thời gian xử lý đều ảnh hưởng đáng kể đến độ hút nước của gỗ Cao su.

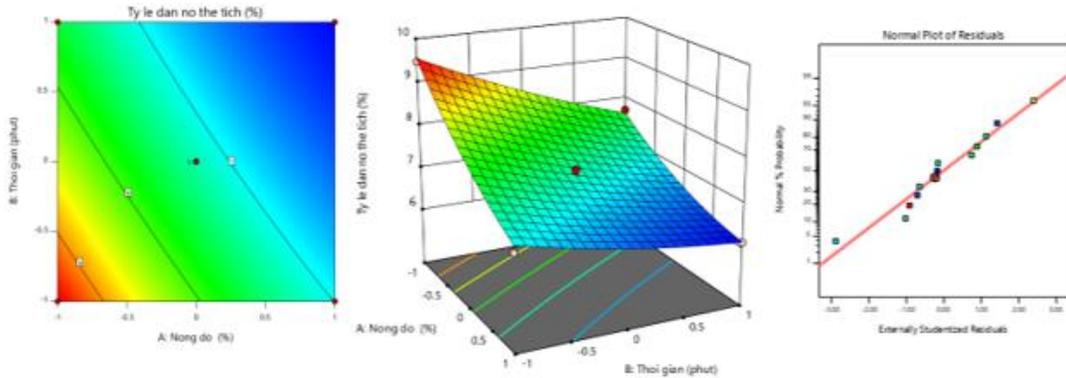
4.2 Kết quả nghiên cứu xác định độ giãn nở thể tích của gỗ sau khi xử lý (Y_2)

Dựa vào phương pháp quy hoạch thực nghiệm theo phương án thực nghiệm bất biến quay bậc II của Box-Hunter trên 13 nghiệm thức, chúng tôi thu được kết quả cho thấy mối quan hệ giữa nồng độ hóa chất K_2SiO_3 (X_1) và thời gian xử lý (X_2) với độ giãn nở theo thể tích (Y_2), thể hiện qua phương trình tương quan. Dựa trên kết quả thực nghiệm và phân tích hồi quy đa yếu tố, sau khi loại trừ các hệ số có mức ý nghĩa $p > 0,05$, chúng tôi thu được phương trình hồi quy mô tả mối quan hệ giữa các thông số công nghệ (X_1, X_2) đến độ giãn nở theo thể tích (Y_2) như sau:

$$Y_2 = 7,23 - 1,02.x_1 - 0,6936.x_2 + 0,265.x_1.x_2 + 0,2359.x_1^2 + 0,115.x_2^2, (4)$$

Qua phân tích cho thấy các hệ số hồi quy đều đảm bảo độ tin cậy với mức ý nghĩa $\alpha = 0.05$ với $F_t = 2,16 < F_b = 6.59$ tức mô hình đảm bảo tương thích.

Vậy phương trình hồi quy (4) tìm được thông số đầu ra Y_2 tương thích với thực nghiệm



Hình 5. Đồ thị thể hiện mối quan hệ nồng độ X_1 , thời gian X_2 và tỷ lệ dẫn nở thể tích Y_2

Khi nồng độ K_2SiO_3 (X_1) tăng, độ giãn nở thể tích giảm dần, do Silicate làm đầy các khoang rỗng trong gỗ và giảm khả năng hút nước và biến dạng. Tuy nhiên, nếu nồng độ quá cao, Có thể gây kết tủa hoặc tạo lớp cứng giòn, ảnh hưởng đến cấu trúc vi mô gây ứng suất nội độ giãn nở tăng nhẹ trở lại. Khi thời gian xử lý (X_2) tăng, trong giai đoạn đầu, độ giãn nở thể tích giảm rõ rệt do thời gian lâu hơn giúp dung dịch thâm nhập sâu hơn. Sau một thời gian nhất định, hiệu quả bão hòa, độ giãn nở thể tích ổn định hoặc thậm chí tăng nhẹ trở lại nếu có hiện tượng hấp thu quá mức gây trương nở tế bào.

Hàm độ giãn nở được tối ưu hóa theo phương trình (4).

Hàm mục tiêu: $Y_2 \rightarrow \min$.

Các điều kiện ràng buộc: $-1.414 \leq x_i \leq +1.414$; $i = 1 \div 2$.

Bảng 5. Giá trị tối ưu hàm tỷ lệ giãn nở theo chiều tiếp tuyến của gỗ Y_2

stt	Thông số đầu vào		Giá trị		Thông số đầu ra		Giá trị tối ưu
	Dạng mã hóa	Dạng thực	Dạng mã hóa	Dạng thực	Dạng mã hóa	Dạng thực	
1	X_1	N	-0,43	17,85%	Y_2	B	7,25 %
2	X_2	T	0,619	3,619 giờ			

Qua bảng 5 cho thấy hàm Y_2 đạt giá trị tối ưu nhỏ nhất là 7,25 (%) với nồng độ K_2SiO_3 là $X_1 = -0,43$ ($N = 17,85\%$) và thời gian xử lý là $X_2 = 0,619$ ($T = 3,619$ (giờ))

5. Kết luận

Nghiên cứu xử lý gỗ cao su (*Hevea brasiliensis*) bằng dung dịch kali silicate (K_2SiO_3) đã cho thấy hiệu quả rõ rệt trong việc cải thiện một số tính chất vật lý quan trọng của gỗ. Gỗ sau xử lý có độ giãn nở thể tích trung bình từ 6,12% – 9,48%, giảm sự giãn nở thể tích 35 % so mẫu không xử lý có tỷ lệ giãn nở thể tích 12-14%, giá trị tối ưu của thông số công nghệ với nồng độ K_2SiO_3 là $X_1 = -0,43$ ($N = 17,85\%$) và thời gian xử lý là $X_2 = 0,619$ ($T = 3,619$ (giờ)). Điều này chứng tỏ độ ổn định kích thước của gỗ được cải thiện, giúp hạn chế biến dạng khi thay đổi độ ẩm môi trường. Nghiên cứu cũng tìm ra giá trị tối ưu của thông số công nghệ với nồng độ K_2SiO_3 là $X_1 = 1,414$ ($N = 27,07\%$) và thời gian xử lý là $X_2 = 0,348$ ($T = 3,348$ (giờ)) làm giảm sự thấm hút nước 40% so với mẫu không xử lý độ hút nước 80-95%. Nghiên cứu có ý nghĩa thực tiễn với kết quả đạt được góp phần ứng dụng quá trình xử lý gỗ Cao su trước khi sử dụng trong nội thất và công trình.

Lời cảm ơn: Trân trọng cảm ơn Trường đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh đã hỗ trợ kinh phí cho việc thực hiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- Callum A.S. Hill (2006), *Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes*, Agricultural and Forest Sciences, University of Wales, Bangor.
- Fuchs, W. (1928). Genuine lignin. I. Acetylation of pine wood. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 61B, 948-51. <https://doi.org/10.1002/cber.19280610512>
- Jones, D., Kržišnik, D., Hočevár, M., Zagar, A., Humar, M., Popescu, C. M., ... & Sandberg, D. (2022). Evaluation of the Effect of a Combined Chemical and Thermal Modification of Wood through the Use of Bicine and Tricine. *Forests*, 13(6), 834. <https://doi.org/10.3390/f13060834>
- Kumar, S. (1994). *Chemical modification of wood*. *Wood and Fiber Science*, 26, 270 /280. <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/1584>
- Lê Xuân Tình, (1998) Khoa học gỗ. Trường Đại học Lâm Nghiệp, Việt Nam
- Mariani, A.& Malucelli, G. (2022), *Transparent Wood-Based Materials: Current State-of-the-Art and Future Perspectives*. *Materials* , 15, 9069. <https://doi.org/10.3390/ma15249069>.
- Nguyễn Cảnh, (1993) *Qui hoạch thực nghiệm*. Đại học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam.
- Roger M. Rowell (2006) *Chemical modification of wood: A short review*, *Wood Material Science and Engineering*, University of Wisconsin, WI, USA, https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/pdf2006/fpl_2006_rowell006.pdf.
- Roger, M. Rowell (1991). *Chemical modification of wood*. In: D. N.-S. Hon and N. Shiraishi, eds., *Handbook on wood and cellulosic materials*. Marcel Dekker, Inc., New York. Ch. 15, p. 703 /756. https://www.academia.edu/49715913/Chemical_Modification_of_Wood
- Stamm, A.J. and Hansen, L.A. (1937) Minimizing Wood Shrinkage and Swelling. Effect of Heating in Various Gases. *Industrial and Engineering Chemistry*, 29, 831-833. <https://doi.org/10.1021/ie50331a021>
- Suida, H. & Titsch, H. (1929). *Chemistry of beech wood: Acetylation of beech wood and cleavage of the acetyl-beechwood*. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 61B,1599 /1604.
- Tarkow, H., Stamm, A. J. & Erickson, E. C. O. (1946). *Acetylated wood*. Rep. 1593, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI, 29 pp.
- Saka S, Sasaki M, Tanahashi M (1992) *Wood-inorganic composites prepared by sol-gel processing. I. Wood-inorganic composites with porous structure*. *Mokuzai Gakkaishi* 38:1043–1049 <https://jwoodscience.springeropen.com/articles/10.1007/BF00767902>
- Son, D. W., M. R. Kang., J. I. Kim., S. B. Pakr, and D. h. Lee. (2012). *Performance and anti-sapstain efficacy of fire retardant treated wood*. Korea Furniture Society, Spring Conference. 32 -34. https://www.researchgate.net/publication/264035172_Fire_Performance_of_the_Wood_Treated_with_Inorganic_Fire_Retardants