

Ảnh hưởng của nồng độ nhựa và nhiệt độ ép đến tính chất cơ lý của composit từ bã mía và phenol formaldehyde

Nguyễn Thị Thuận¹, Vũ Mạnh Tường^{2*}, Nguyễn Văn Tú³

¹Trường Đại học Lâm nghiệp - Phân hiệu Đồng Nai

²Trường Đại học Thủ Dầu Một

³Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

Effect of resin content and pressing temperature on the physical and mechanical properties of bagasse-phenol formaldehyde composite

Nguyen Thi Thuan¹, Vu Manh Tuong^{2*}, Nguyen Van Tu³

¹Vietnam National University of Forestry - Dongnai Campus

²Thu Dau Mot University

³Ho Chi Minh City University of Technology and Engineering

*Corresponding author: tuongvm@tdmu.edu.vn

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.15.5.2026.123-131>

TÓM TẮT

Bã mía là phụ phẩm nông nghiệp sau khi ép lấy nước, có hàm lượng xenlulo cao, có khả năng phân hủy sinh học, do đó bã mía được xem là nguồn nguyên liệu tiềm năng để sản xuất vật liệu composit. Tuy nhiên, do bản chất ưa nước của sợi bã mía, nên composit từ bã mía thường có độ ổn định kích thước kém. Trong nghiên cứu này, composit từ bã mía và nhựa phenol-formaldehyde (PF) được tạo ra bằng phương pháp ngấm tẩm kết hợp với ép nhiệt, nhằm cải thiện tính chất cơ lý của vật liệu. Các chỉ tiêu đánh giá bao gồm: khối lượng riêng, độ trương nở chiều dày, độ hút nước (sau 2 giờ, 24 giờ và 7 ngày) và độ bền uốn tĩnh (MOR). Kết quả nghiên cứu cho thấy các tính chất của composit được cải thiện rõ rệt khi tăng nồng độ nhựa và điều chỉnh nhiệt độ ép phù hợp. Cụ thể, tại nồng độ nhựa 30% và nhiệt độ ép 180°C, vật liệu đạt giá trị tối ưu về khối lượng riêng, độ trương nở chiều dày và độ hút nước; trong khi đó, độ bền uốn tĩnh cao nhất đạt được tại nhiệt độ ép 165°C. Những kết quả này gợi ý tiềm năng sử dụng bã mía như một nguồn nguyên liệu tái tạo trong phát triển vật liệu composit thân thiện với môi trường.

ABSTRACT

Bagasse is an agricultural by-product generated after juice extraction. It has a high cellulose content and biodegradability, making it a promising raw material for composite production. However, due to the inherent hydrophilicity of bagasse fibers, composites made from bagasse often exhibit poor dimensional stability. In this study, bagasse-phenol formaldehyde (PF) composite was fabricated using an impregnation method combined with hot pressing to improve the physical and mechanical properties of the material. The evaluated properties included density, thickness swelling, water absorption (after 2 hours, 24 hours, and 7 days), and modulus of rupture (MOR). The results indicate that the properties of the composite were significantly enhanced with increasing resin content and appropriate adjustment of pressing temperature. Specifically, at a resin content of 30% and a pressing temperature of 180°C, the material achieved optimal values in terms of density, thickness swelling, and water absorption, while the highest MOR value was obtained at a pressing temperature of 165°C. These findings suggest the potential of bagasse as a renewable resource for the development of environmentally friendly materials.

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 01/04/2026

Ngày phản biện: 07/05/2026

Ngày quyết định đăng: 03/06/2026

Từ khóa:

Composite bã mía, độ ổn định kích thước, MOR, nhiệt độ ép, nhựa phenol formaldehyde, nồng độ nhựa.

Keywords:

Bagasse fiber composite, dimensional stability, MOR, phenol-formaldehyde resin, pressing temperature, resin content.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh nhu cầu sử dụng gỗ ngày càng tăng, đặc biệt là đối với các sản phẩm gỗ công nghiệp và đồ mộc sử dụng gỗ kích thước

lớn, áp lực lên nguồn nguyên liệu gỗ truyền thống ngày càng cao. Do đó, việc tận dụng các phụ phẩm nông nghiệp để phát triển vật liệu composit thay thế đang trở thành một hướng

nghiên cứu quan trọng.

Bã mía, một phụ phẩm từ ngành công nghiệp mía đường, có hàm lượng xenlulo cao (40 - 55%), khối lượng nhẹ và khả năng phân hủy sinh học, được xem là nguồn nguyên liệu tiềm năng để sản xuất vật liệu composit thân thiện với môi trường [1, 2]. Tuy nhiên, do bản chất ưa nước của sợi bã mía nên composit từ bã mía và nhựa thường có độ ổn định kích thước kém, hạn chế khả năng ứng dụng trong các môi trường có độ ẩm cao [3, 4].

Một trong những giải pháp hiệu quả để khắc phục nhược điểm này là sử dụng nhựa nền có khả năng chịu nước tốt và tạo liên kết bền vững với sợi. Nhựa phenol formaldehyde (PF) được biết đến với khả năng chịu nước vượt trội, độ bền cơ học cao và ổn định nhiệt tốt, đặc biệt phù hợp khi kết hợp với sợi thực vật [5, 6].

Trong quá trình chế tạo composit, nồng độ nhựa là yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến mức độ thấm thấu, khả năng dàn trải, bao phủ sợi và hình thành liên kết giữa các pha, từ đó tác động đến khối lượng riêng, độ ổn định kích thước và độ bền cơ học của vật liệu [7]. Bên cạnh đó, nhiệt độ ép đóng vai trò quyết định đến quá trình đóng rắn của nhựa PF, ảnh hưởng đến cấu trúc mạng liên kết ba chiều cũng như mức độ phân hủy nhiệt của các thành phần sợi [8]. Việc lựa chọn hai thông số công nghệ này một cách phù hợp là then chốt để tối ưu hóa tính chất của composit bã mía.

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về composit sợi thực vật gia cường nhựa nhiệt rắn, nhưng các nghiên cứu hệ thống, đồng thời đánh giá ảnh hưởng của nồng độ nhựa PF và nhiệt độ ép đến tính chất cơ lý của composit từ sợi bã mía theo cách tiếp cận ngâm tẩm và ép nhiệt vẫn còn hạn chế. Đặc biệt, dữ liệu phục vụ cho việc xác định thông số phù hợp để tạo composit bã mía còn chưa nhiều, do đó các nghiên cứu ảnh hưởng của thông số công nghệ rất cần thiết để làm cơ sở cho việc thiết lập quy trình sản xuất, và làm nền tảng cho các ứng dụng thực tiễn.

Với mục tiêu làm rõ ảnh hưởng của nồng độ nhựa và nhiệt độ ép đến một số tính chất vật lý và cơ học của composit bã mía – nhựa PF, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá sự thay đổi của khối lượng riêng, độ trương nở

chiều dày, độ hút nước và độ bền uốn tĩnh của vật liệu. Kết quả nghiên cứu kỳ vọng bổ sung thông tin về thông số công nghệ chế tạo, góp phần thúc đẩy việc sử dụng bã mía như một nguồn nguyên liệu tái tạo trong sản xuất vật liệu composit bền vững, thân thiện với môi trường.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

- Phenol - C_6H_5OH (P);
- Formaldehyde 37% - HCHO (F);
- Sodium hydroxide - NaOH;
- Bã mía

2.2. Thiết bị và dụng cụ

- Thiết bị tổng hợp nhựa gồm: bếp điện gia nhiệt tự động, nhiệt kế xác định nhiệt độ dung dịch nhựa, cánh khuấy kết nối động cơ.

- Các dụng cụ: cân phân tích 572-31 Kern (Đức), tủ sấy Memmert UM400 (Đức), thước kẹp điện tử Mitutoyo (Nhật).

- Hệ thống ép nhiệt có thể gia nhiệt đến $200^{\circ}C$, các thí nghiệm được tiến hành tại Phòng Thí nghiệm trung tâm của Trung tâm thực nghiệm và Phát triển công nghệ – Phân hiệu Trường Đại học Lâm nghiệp tại tỉnh Đồng Nai.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

a. Xử lý bã mía

Bã mía sau khi ép hết nước được loại bỏ phần ruột xốp, giữ lại lớp vỏ ngoài, cắt ngắn 150 mm, rửa sạch, ngâm ngập trong nước cất ở $90^{\circ}C$, thay nước sau mỗi 2 giờ. Lặp lại quá trình ngâm và thay nước 5 lần, vớt bã mía ra ngoài, để ráo và sấy đến độ ẩm 12-15%.

b. Tổng hợp dung dịch nhựa PF

Tỉ lệ mol hỗn hợp: P:F:NaOH = 1:2,0:0,25. Trong quá trình tổng hợp sẽ kết hợp cho thêm một lượng nước phù hợp để dung dịch nhựa đạt hàm lượng rắn theo yêu cầu thí nghiệm. Quy trình tổng hợp nhựa thực hiện theo quy trình điều chế keo PF làm nguyên liệu để chế tạo vật liệu composit từ tre làm tấm lót đường của Vũ Mạnh Tường và cộng sự (2024) [9, 10]. Nhựa PF sau khi tổng hợp là dung dịch màu nâu đỏ, pH = 12, độ nhớt 145 mPa.s ($25^{\circ}C$), hàm lượng khô 52,5%, độ tan trong nước > 5 lần, thời gian gel hoá 360 giây.

c. Tạo vật liệu composit từ bã mía và nhựa PF

Cân cố định 50 g bã mía sau khi đã xử lý ở bước trên, ngâm trong dung dịch nhựa PF với

thời gian 30 phút. Vớt để ráo, sấy ở nhiệt độ 60°C trong 12 giờ. Lần lượt xếp các lớp bã mía theo hướng song song với chiều dọc thớ vào thành phôi có kích thước 150 mm x 150 mm x 4 mm. Các tấm composit được ép nóng 6 phút dưới áp suất 1,2 MPa, giảm nhiệt về nhiệt độ phòng rồi nhả áp. Sản phẩm sau khi ép sẽ được tạo mẫu như Hình 1.

Để đánh giá ảnh hưởng của nồng độ nhựa PF đến tính chất cơ lý của composit, thí nghiệm chọn nhiệt độ ép 170°C và 5 cấp nồng độ dung

dịch PF gồm: 10%, 20%, 30%, 40% và 52,5% (không pha loãng), ký hiệu lần lượt là PF_10, PF_20, PF_30, PF_40, PF_55.

Sau khi xác định được nồng độ phù hợp, nghiên cứu cố định nồng độ đó và tiến hành thí nghiệm tạo vật liệu composit đồng thời đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ ép đến tính chất cơ lý của composit 5 cấp nhiệt độ được chọn gồm: 135°C, 150°C, 165°C, 180°C, 195°C, ký hiệu lần lượt là T_135, T_150, T_165, T_180, T_195.



Hình 1. Mẫu composit từ sợi bã mía và nhựa PF

d. Phương pháp xác định các chỉ tiêu chất lượng composit từ bã mía và nhựa PF

- Khối lượng riêng:

Khối lượng riêng của composit với kích thước 50 mm x 50 mm x độ dày ở độ ẩm thẳng bằng được xác định theo TCVN 5694:2014 Ván gỗ nhân tạo – xác định khối lượng riêng.

- Độ trương nở chiều dày (TS):

Độ trương nở chiều dày của các mẫu composit với kích thước 50 mm x 50 mm x độ dày được xác định theo TCVN 12445:2018 Ván gỗ nhân tạo – xác định độ trương nở chiều dày sau khi ngâm trong nước. Trong thí nghiệm đã tiến hành xác định độ trương nở chiều dày của mẫu composit sau khi ngâm trong nước ở 20 °C sau 2 giờ, 24 giờ và 7 ngày.

- Độ hút nước (WA):

Độ hút nước của các mẫu composit với kích thước 50 mm x 50 mm x độ dày được xác định sau khi ngâm trong nước ở 20°C sau 2 giờ, 24 giờ và 7 ngày. Công thức tính toán như sau:

$$WA (\%) = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

Trong đó:

m_1 là khối lượng mẫu composit khô kiệt trước khi ngâm nước (g);

m_2 là khối lượng mẫu composit sau khi ngâm nước (g).

- Độ bền uốn tĩnh (MOR):

Độ bền uốn tĩnh được xác định theo TCVN 12466:2018 Ván gỗ nhân tạo – xác định mô đun đàn hồi khi uốn và độ bền uốn. Kích thước mẫu thử: dài x rộng x dày = 150 mm x 50 mm x độ dày mẫu, khoảng cách giữa hai tâm gối đỡ là 100 mm.

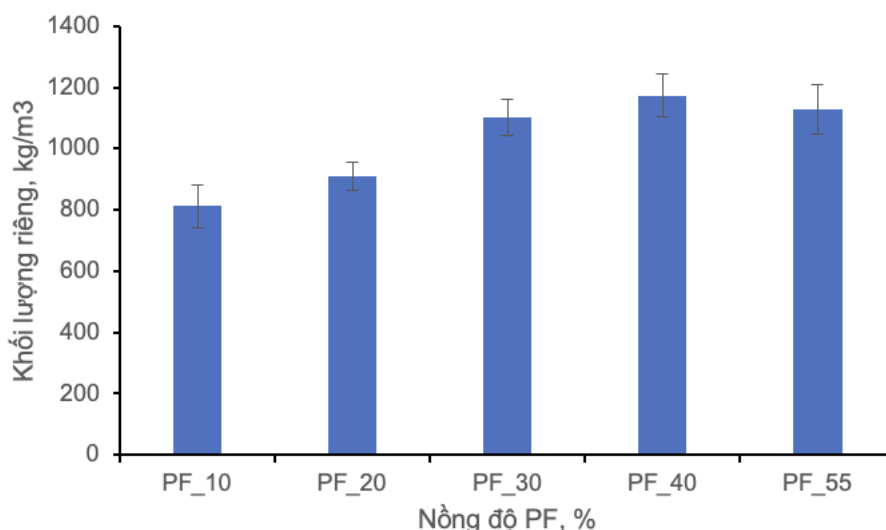
Số lượng mẫu thử ở mỗi chỉ tiêu kiểm tra là 10 mẫu/mã thí nghiệm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch nhựa PF đến tính chất cơ lý của composit bã mía

Khối lượng riêng

Kết quả xác định khối lượng riêng của composit ở độ ẩm thẳng bằng trong các thí nghiệm với nồng độ dung dịch PF từ 10-52,5%, nhiệt độ ép 170°C, được thể hiện trong Hình 2.



Hình 2. Khối lượng riêng của composit bã mía với nồng độ PF khác nhau

Từ Hình 2 cho thấy, khi nồng độ nhựa tăng từ 10% lên 30%, khối lượng riêng của vật liệu tăng từ 812 kg/m³ lên 1.103 kg/m³. Sự gia tăng đáng kể này được cho là do nhựa PF đóng vai trò như một chất điền đầy vào các khoảng trống và các lỗ rỗng tự nhiên trong cấu trúc sợi bã mía [3]. Việc tăng nồng độ nhựa giúp hàm lượng chất rắn (solid content) thẩm thấu vào bên trong các bó sợi tăng lên, dẫn đến sự gia tăng khối lượng của composit. Quá trình này giúp lấp đầy khoảng trống giữa các tế bào, từ đó tăng cường khối lượng riêng của composit [3]. Khi nồng độ nhựa tiếp tục tăng từ 30% đến 52,5%, khối lượng riêng có xu hướng duy trì ổn định, sự ổn định này có thể do cấu trúc của bã mía đã đạt đến trạng thái bão hòa nhựa. Theo các nghiên cứu trước đây, khi nồng độ nhựa quá cao, khả năng nén chặt của sợi bã mía trong quá trình ép có thể bị hạn chế do sự gia tăng độ nhớt và sự hiện diện quá mức của polymer trên bề mặt sợi, điều này có thể dẫn đến hiện tượng đàn hồi trở lại (springback) nhẹ sau khi composit được lấy ra khỏi mặt bàn ép, làm cho thể tích mẫu tăng lên, vì vậy khối lượng riêng không những không tăng mà còn có thể giảm nhẹ [3]. Ngoài ra, khối lượng riêng được duy trì ổn định ở các mức nồng độ cao nhất định cũng cho thấy hiệu quả bao phủ sợi của nhựa đã đạt mức tối ưu cho quá trình hình thành liên kết [8].

Độ trương nở chiều dày

Độ trương nở chiều dày là một chỉ số quan trọng phản ánh độ ổn định kích thước của composit bã mía. Sợi bã mía với bản chất ưa nước do chứa nhiều nhóm hydroxyl là nguyên nhân chính gây ra sự thay đổi kích thước khi gặp nước [11, 12]. Nhằm đánh giá độ trương nở chiều dày của vật liệu composit bã mía sau khi ngâm nước trong thời gian ngắn hạn và dài hạn, nghiên cứu tiến hành xác định độ trương nở chiều dày sau khi ngâm nước ở các khoảng thời gian 2 giờ, 24 giờ và 7 ngày.

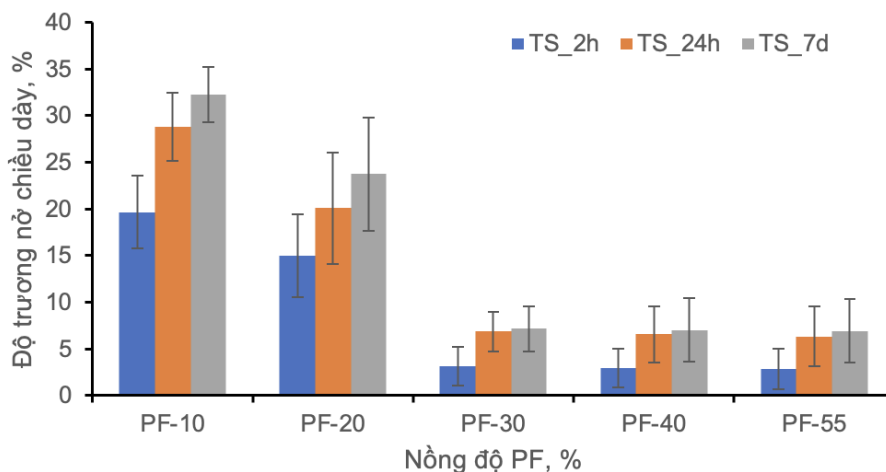
Kết quả thí nghiệm tại Hình 3 cho thấy, khi nồng độ nhựa PF tăng từ 10% lên 30%, độ trương nở chiều dày giảm đáng kể ở cả ba mốc thời gian ngâm. Điều này được giải thích là do nhựa PF đóng vai trò như một tác nhân bao phủ và điền đầy các khoảng trống cũng như lỗ rỗng vi mô trong cấu trúc sợi bã mía [8]. Nhựa giúp ngăn chặn sự tiếp xúc trực tiếp giữa các phân tử nước và các nhóm -OH trên thành tế bào sợi, từ đó hạn chế quá trình hình thành liên kết hydro - tác nhân gây trương nở [8, 11].

Khi nồng độ nhựa tiếp tục tăng lên 40% và 52,5%, độ trương nở chiều dày thay đổi không rõ rệt mà duy trì ở mức thấp (dưới 6,5%). Điều này cho thấy ngưỡng nồng độ 30% đã đủ để lấp đầy phần lớn các lỗ rỗng và tạo lớp hạn chế hút nước hiệu quả. Sự dao động nhẹ của TS ở các mức nồng độ cao có thể liên quan đến độ nhớt tăng làm giảm khả năng thẩm thấu sâu vào bó sợi hoặc sự hình thành vùng giàu nhựa cục bộ

[8, 13]. Tổng thể, nồng độ 30% được xem là ngưỡng phù hợp để đạt độ ổn định kích thước tốt nhất cho composit bã mía.

Từ các số liệu trong Hình 3 cũng cho thấy, ở tất cả các nồng độ, mức độ trương nở diễn ra

mạnh nhất trong 2 giờ đầu, sau đó chậm dần và đạt trạng thái gần như ổn định sau 24 giờ, phản ánh quá trình thẩm nước và trương nở chủ yếu xảy ra trong giai đoạn đầu.



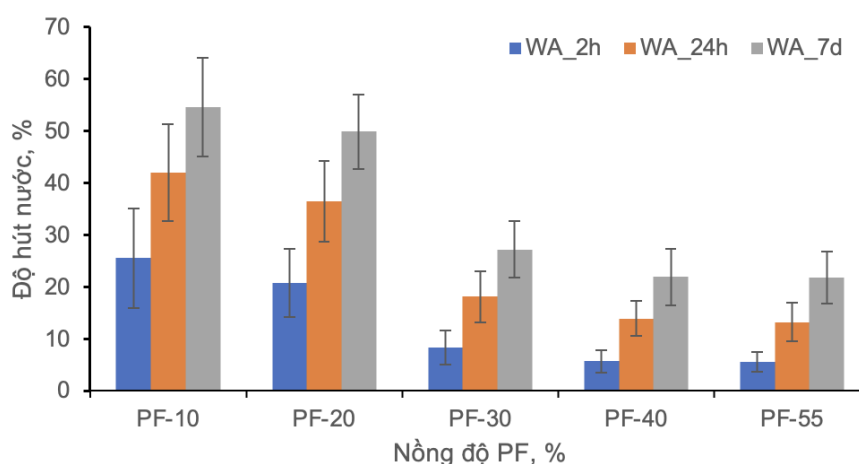
Hình 3. Độ trương nở chiều dày của composit bã mía với nồng độ PF khác nhau

Độ hút nước

Tương tự như độ trương nở, độ hút nước cũng chịu ảnh hưởng rõ rệt bởi các thông số công nghệ. Bản chất sợi bã mía có cấu trúc tế bào nhiều lỗ rỗng và vi mao quản nên nước dễ dàng khuếch tán vào bên trong cấu trúc vật liệu [8, 12].

Kết quả độ hút nước của composit bã mía được thể hiện trên Hình 4. Khi nồng độ nhựa PF tăng từ 10 - 30%, độ hút nước giảm mạnh, hiện

tượng này là do nhựa PF đã lấp đầy hiệu quả các lỗ rỗng và mao quản khi nồng độ nhựa gia tăng, đồng thời bao phủ bề mặt sợi bằng một lớp màng polymer chịu nước tốt [8]. Ở các nồng độ lớn hơn, độ hút nước chỉ giảm thêm rất ít, cho thấy cấu trúc vật liệu đã tiến gần đến trạng thái bão hòa nhựa. Các lỗ rỗng cho nước xâm nhập đã bị nhựa lấp đầy tối đa, khiến việc gia tăng nồng độ nhựa không làm giảm đáng kể độ hút nước [8].

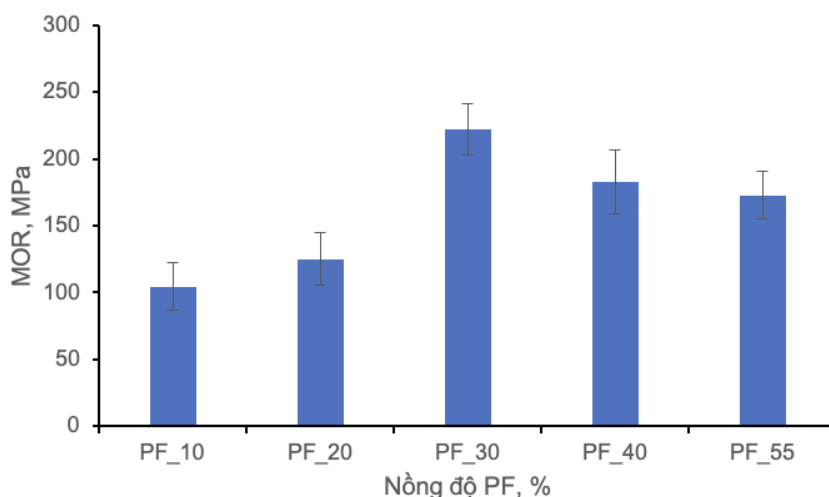


Hình 4. Độ hút nước của composit bã mía với nồng độ PF khác nhau

Độ bền uốn tĩnh

Kết quả thực nghiệm kiểm tra độ bền uốn tĩnh (MOR) của composit bã mía theo các mức

nồng độ nhựa PF khác nhau được trình bày trong Hình 5.



Hình 5. Độ bền uốn tĩnh của composit bã mía với nồng độ PF khác nhau

Qua đồ thị có thể thấy MOR tăng mạnh khi nồng độ nhựa tăng dần và đạt giá trị cực đại tại 30% với giá trị MOR đạt 222 MPa. Tuy nhiên, khi tiếp tục gia tăng nồng độ lên 40% và 52,5%, chỉ số MOR lại có xu hướng sụt giảm. Sự cải thiện MOR trong giai đoạn 10 - 30% là kết quả của việc tăng cường khả năng truyền tải ứng suất giữa nhựa (pha nền) và sợi bã mía (pha gia cường). Các nghiên cứu trước đây cho biết sự liên kết liên bề mặt (interface bonding) đóng vai trò then chốt trong việc chuyển đổi ứng suất từ chất nền nhựa sang các sợi gia cường vốn có khả năng chịu tải cao hơn [14]. Thực tế, nhựa đóng vai trò như một chất điền đầy vào các khoảng trống giữa các sợi bã mía, khi nồng độ nhựa tăng, hàm lượng chất rắn thẩm thấu vào cấu trúc sợi tăng, từ đó tăng cường tính toàn vẹn cấu trúc và hiệu suất cơ học của composit thành phẩm [8]. Ngược lại, sự sụt giảm MOR ở các mức nồng độ cao có thể được giải thích do sự gia tăng độ nhớt của dung dịch nhựa, dẫn

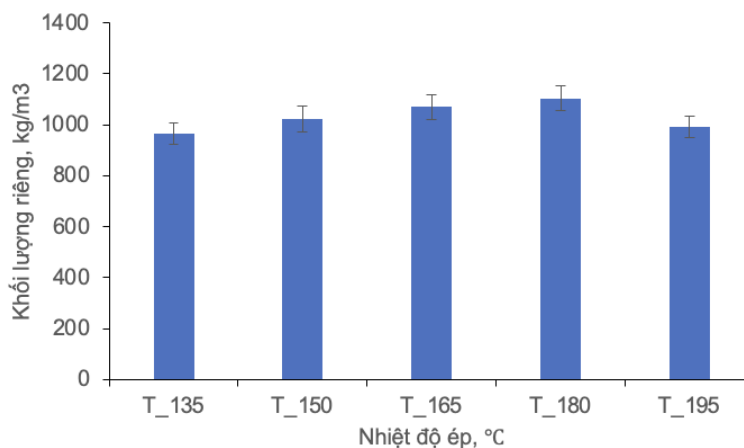
đến khả năng thẩm ướt bề mặt sợi kém hiệu quả [13]. Các nghiên cứu về sợi thực vật đã chỉ ra, khi nồng độ nhựa quá cao, sự phân tán của nhựa không đồng nhất, dễ hình thành các vùng giàu nhựa cục bộ nhưng thiếu sự liên kết chặt chẽ với sợi, hoặc tạo ra các lỗ rỗng do nhựa không thể xâm nhập được vào các khe hẹp của bó sợi [1, 13].

Qua đánh giá các chỉ tiêu trên, nồng độ 30% cho thấy composit bã mía đạt được sự cải thiện rõ nhất về độ ổn định kích thước và độ bền cơ học. Vì vậy, nghiên cứu sử dụng nồng độ này để khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ ép.

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ ép đến tính chất cơ lý của composit bã mía

Khối lượng riêng

Nhiệt độ ép đóng vai trò quan trọng trong việc định hình cấu trúc và khối lượng riêng của composit. Hình 6 thể hiện kết quả khối lượng riêng của composit bã mía khi nhiệt độ ép từ 135 - 195°C.



Hình 6. Khối lượng riêng của composit bã mía với nhiệt độ ép khác nhau

Kết quả cho thấy khối lượng riêng của composit xác định ở độ ẩm thăng bằng có xu hướng tăng lên khi nhiệt độ tăng từ 135 - 180°C sau đó giảm xuống khi tiếp tục tăng nhiệt độ ép lên 195°C. Điều này có thể được giải thích như sau, khi nhiệt độ tăng lên sẽ thúc đẩy các phản ứng đóng rắn của nhựa PF, tạo ra cấu trúc mạng lưới polymer ba chiều chặt chẽ hơn [14]. Mặt khác, sự bay hơi nước hiệu quả ở nhiệt độ cao trong giai đoạn này cũng giúp các sợi bã mía được ép sát lại gần nhau hơn dưới tác động của áp suất, làm tăng mật độ của composit [11]. Tuy nhiên, khi nhiệt độ quá cao (195°C) sẽ có thể gây phân hủy hemixenlulo có trong bã mía, gây tổn hao khối lượng của vật liệu sợi [14]. Ngoài ra, ở nhiệt độ cao, tốc độ bay hơi nước từ phản ứng ngưng tụ của nhựa PF diễn ra quá nhanh, hơi nước bị kẹt lại hoặc thoát ra đột ngột có thể tạo thành các lỗ rỗng hoặc bong bóng khí bên trong cấu trúc vật liệu [6]. Các lỗ rỗng này làm giảm mật độ tổng thể, dẫn đến khối lượng riêng của composit thấp hơn.

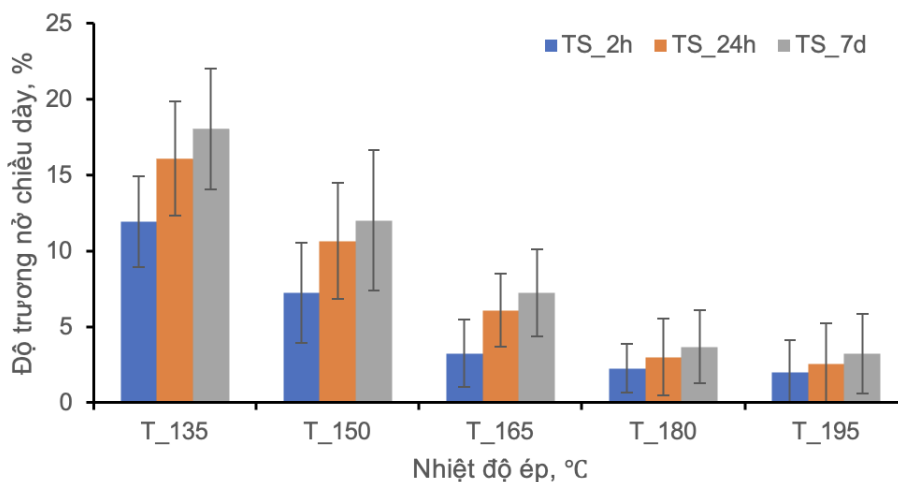
Độ trương nở chiều dày

Hình 7 thể hiện kết quả độ trương nở chiều dày của composit bã mía khi nhiệt độ ép thay đổi.

Kết quả cho thấy độ trương nở giảm mạnh khi nhiệt độ tăng từ 135 - 165°C, tiếp tục giảm đáng kể đến 180°C, sau đó chỉ giảm rất ít ở 195°C.

Độ trương nở giảm đáng kể trong khoảng 135 - 165°C có thể được giải thích là do nhiệt độ cao thúc đẩy các phản ứng ngưng tụ và hình thành mạng lưới liên kết ba chiều (crosslinking) chặt chẽ của nhựa PF [14]. Quá trình này giúp nhựa chuyển sang trạng thái rắn hoàn toàn, tạo ra rào cản vật lý và hóa học bền vững ngăn chặn sự xâm nhập của nước vào cấu trúc sợi. Khi nhiệt độ đạt đến 180°C, phần lớn nhựa đã đóng rắn hoàn toàn [14], do đó tiếp tục tăng nhiệt độ ép lên 195 °C không mang lại sự cải thiện đáng kể cho độ ổn định kích thước. Mặc dù ở 195°C có thể xảy ra hiện tượng phân hủy nhiệt nhẹ các thành phần hemixenlulo [4], nhưng mạng lưới nhựa đã hình thành đủ chặt để duy trì độ ổn định kích thước.

Ngoài ra, có thể nhận thấy, ở các mức nhiệt độ ép thấp (135 - 150°C), độ trương nở tăng mạnh theo thời gian ngâm, trong khi ở nhiệt độ cao (trên 165 °C), mức độ trương nở sau 24 giờ và 7 ngày chênh lệch không nhiều, cho thấy khả năng chịu nước ổn định theo thời gian.

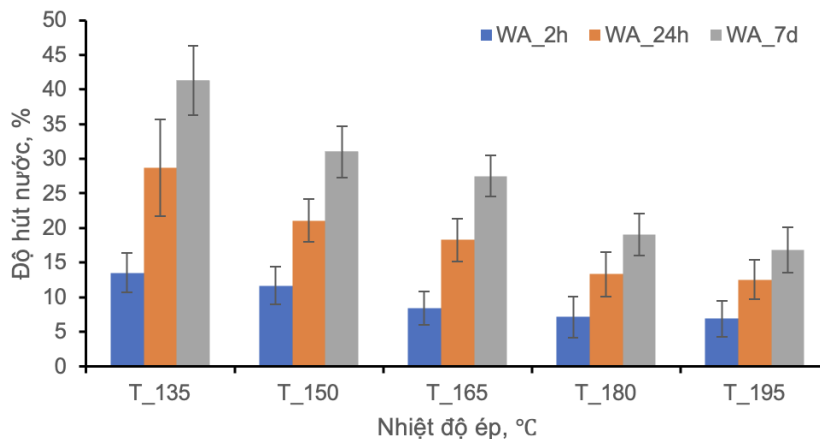


Hình 7. Độ trương nở chiều dày của composit bã mía với nhiệt độ ép khác nhau

Độ hút nước

Hình 8 thể hiện kết quả độ hút nước khi nhiệt độ ép thay đổi. Khi nhiệt độ gia tăng từ 135 - 180°C, độ hút nước giảm dần sau đó ổn định. Nhiệt độ tăng tạo điều kiện thuận lợi cho nhựa PF hình thành các phản ứng ngưng tụ để

tạo mạng lưới liên kết ba chiều chặt chẽ [14]. Khi cấu trúc mạng lưới nhựa đã hình thành hoàn chỉnh ở nhiệt độ 180°C, khả năng kháng nước của vật liệu đạt mức tối ưu, dẫn đến sự ổn định của chỉ số độ hút nước ở các mức nhiệt độ cao hơn [14].

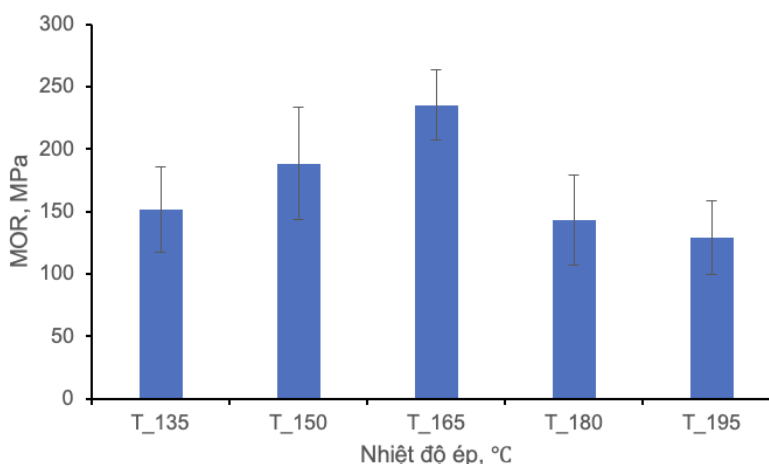


Hình 8. Độ hút nước của composit bã mía với nhiệt độ ép khác nhau

Độ bền uốn tĩnh

Nhiệt độ ép ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình đóng rắn của nhựa PF và độ bền cơ học của sợi bã mía. Theo kết quả tại Hình 9, MOR tăng dần khi nhiệt độ gia tăng và đạt giá trị lớn nhất 235 MPa tại 165°C, sau đó giảm mạnh ở các mức nhiệt độ cao hơn. Trong khoảng nhiệt độ từ 135 - 165°C, sự gia tăng MOR là do nhiệt độ cao thúc đẩy các phản ứng trùng ngưng và tạo mạng lưới liên kết ba chiều chặt chẽ của nhựa PF [14]. Trong nghiên cứu của Lin và cộng sự (2018) [14], bằng phân tích nhiệt lượng quét vi sai (DSC), nhóm tác giả đã xác nhận rằng nhựa PF trải qua các phản ứng liên kết ngang mảnh liệt hơn khi nhiệt độ tăng, giúp tăng

cường lực bám dính liên kết. Ngoài ra, trong quá trình ép nóng, nhiệt được truyền vào phần lõi của tấm ván hiệu quả giúp nhựa đóng rắn hoàn toàn [11]. Tuy nhiên, khi nhiệt độ ép vượt ngưỡng 165°C, sự sụt giảm MOR xảy ra do hiện tượng phân hủy nhiệt các thành phần lignocellulose của bã mía [14]. Bên cạnh đó, nhiệt độ quá cao có thể khiến nhựa PF trở nên giòn hoặc gây ra các ứng suất lớn tại bề mặt dán dính, làm suy yếu khả năng liên kết giữa nhựa và bã mía [6, 14]. Kết quả này cho thấy việc kiểm soát nhiệt độ ép tại 165°C là điểm tới hạn để đạt được sự cân bằng giữa quá trình đóng rắn tối ưu của nhựa và việc bảo toàn cấu trúc sợi tự nhiên.



Hình 9. Độ bền uốn tĩnh của composit bã mía với nhiệt độ ép khác nhau

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã tạo được vật liệu composit từ bã mía và nhựa PF bằng phương pháp ngâm tẩm kết hợp với ép nhiệt. Kết quả cho thấy nồng độ nhựa PF có ảnh hưởng rõ rệt đến tính chất của composit, trong đó nồng độ 30% giúp

cải thiện khối lượng riêng, độ trương nở chiều dày, độ hút nước và độ bền uốn tĩnh. Đối với nhiệt độ ép, composit đạt độ ổn định kích thước cao nhất ở 180°C (khối lượng riêng cao nhất, độ trương nở và độ hút nước thấp nhất), trong khi độ bền uốn tĩnh đạt giá trị lớn nhất ở

165°C. Kết quả nghiên cứu cho thấy tiềm năng của bã mía như một nguồn nguyên liệu tái tạo để sản xuất vật liệu composit bền vững. Tuy nhiên, để có thêm cơ sở đánh giá toàn diện đặc tính cơ lý của vật liệu composit bã mía, cần tiến hành thêm các nghiên cứu hệ thống và quy mô lớn hơn về các chỉ tiêu khác như mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE), độ bền kéo và cấu trúc hình thái vật liệu.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn Bộ Khoa học và Công nghệ đã tạo điều kiện và hỗ trợ kinh phí để thực hiện nghiên cứu này thông qua đề tài “Nghiên cứu chế tạo vật liệu composite tấm lớn từ nhựa Phenol Formaldehyde (PF) và tre làm nguyên liệu cho đóng tàu cá vỏ gỗ và tấm lót đường”, mã số ĐTĐL.CN-03/24.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Y. R. Loh, D. Sujana, M. E. Rahman & C. A. Das (2013). Sugarcane bagasse—The future composite material: A literature review. *Resources, Conservation and Recycling*. 75: 14–22. DOI: 10.1016/j.resconrec.2013.03.002.
- [2]. Maneesh Tewari, V. K. Singh, Prakash Chandra Gope & Arun Kumar Chaudhary (2012). Evaluation of Mechanical Properties of Bagasse-Glass Fiber Reinforced Composite. *J. Mater. Environ. Sci.* 3(1): 171–184.
- [3]. Peyman Ahmadi, Davood Efhamsisi, Marie-France Thévenon, Hamid Zarea Hosseinabadi, Reza Oladi & Jean Gerard (2024). Chemically Modified Sugarcane Bagasse for Innovative Bio-Composites. Part One: Production and Physico-Mechanical Properties. *Journal of Renewable Materials*. 12(10): 1715–1728. DOI: 10.32604/jrm.2024.054076.
- [4]. Roopa Prabhu, Sharad Ganesh, G. T. Mahesha & K. Subrahmanya Bhat (2022). Physicochemical characteristics of chemically treated bagasse fibers. *Cogent Engineering*. 9(1): 2014025. DOI: 10.1080/23311916.2021.2014025.
- [5]. S. K. Acharya, P. Mishra & S. K. Mehar (2011). Effect of surface treatment on the mechanical properties of bagasse fiber reinforced polymer composite. *BioResources*. 6(3): 3155–3165.
- [6]. Jane M. F. Paiva & E. Frollini (2002). Sugarcane bagasse reinforced phenolic and lignophenolic composites. *Journal of Applied Polymer Science*. 83(4): 880–888. DOI: 10.1002/app.10085.
- [7]. Yanru Xu, Lifang Guo, Haonan Zhang, Huamin Zhai & Hao Ren (2019). Research status, industrial application demand and prospects of phenolic resin. *RSC Advances*. 9(50): 28924–28935. DOI: 10.1039/C9RA06487G.
- [8]. Nor Azlina Ramlee, Mohammad Jawaid, Edi Syams Zainudin & Shaikh Abdul Karim Yamani (2019). Tensile, physical and morphological properties of oil palm empty fruit bunch/sugarcane bagasse fibre reinforced phenolic hybrid composites. *Journal of Materials Research and Technology*. 8(4): 3466–3474. DOI: 10.1016/j.jmrt.2019.06.016.
- [9]. Nguyễn Minh Ngọc & Vũ Mạnh Tường (2017). Nghiên cứu một số tính chất vật lý của composit từ gỗ Bồ đề (*Styrax tonkinensis*) và nhựa phenol formaldehyde. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*. 1: 61–68.
- [10]. Vũ Mạnh Tường, Nguyễn Minh Hùng & Trịnh Hiền Mai (2024). Báo cáo khoa học, Nội dung 3.2 - Xây dựng quy trình công nghệ chế tạo vật liệu composit từ keo PF và tre làm tấm lót đường. Đề tài “Nghiên cứu chế tạo vật liệu composite tấm lớn từ nhựa Phenol Formaldehyde (PF) và tre làm nguyên liệu cho đóng tàu cá vỏ gỗ và tấm lót đường. ĐTĐL.CN-03/24. 2024
- [11]. Taghi Tabarsa, Alireza Ashori & Maria Gholamzadeh (2011). Evaluation of surface roughness and mechanical properties of particleboard panels made from bagasse. *Composites Part B: Engineering*. 42(5): 1330–1335. DOI: 10.1016/j.compositesb.2010.12.018.
- [12]. Deepa G. Devadiga, K. Subrahmanya Bhat & G. T. Mahesha (2020). Sugarcane bagasse fiber reinforced composites: Recent advances and applications. *Cogent Engineering*. 7(1): 1823159. DOI: 10.1080/23311916.2020.1823159.
- [13]. Ayyanar Athijayamani, Balasubramaniam Stalin, Susaiyappan Sidhardhan & Azeez Batcha Alavudeen (2016). Mechanical properties of unidirectional aligned bagasse fibers/vinyl ester composite. 36(2): 157–163. DOI: 10.1515/polyeng-2014-0325.
- [14]. Wei-Shu Lin & Wen-Jau Lee (2018). Influence of curing temperature on the bonding strength of heat-treated plywood made with melamine-urea-formaldehyde and phenol-formaldehyde resins. *European Journal of Wood and Wood Products*. 76(1): 297–303. DOI: 10.1007/s00107-016-1154-7.