

NGHIÊN CỨU SẢN XUẤT VÁN ÉP TỪ THÂN CÂY NGÔ (*ZEА MAYS L.*) LÀM VẬT LIỆU THAY THẾ NHỰA VÀ GỖ TỰ NHIÊN

TRƯƠNG VĂN TUẤN

Viện Môi trường, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email: tuantv.vmt@vimaru.edu.vn

SUMMARY:

RESEARCH ON PRODUCING PLYWOOD FROM CORN STALKS (*Zea mays L.*) AS A SUBSTITUTE FOR PLASTIC AND NATURAL WOOD

This study investigates the utilization of corn stalks — an abundant agricultural by-product - for manufacturing plywood as a potential substitute for plastics and natural wood. The corn stalk material was ground, dried, and blended with vinyl phenolic resin at various ratios (90:10, 80:20, 75:25). The composite mixtures were hot-pressed at temperatures ranging from 140–180°C and pressures of 3–5MPa for 10–20 minutes. The results indicated that the 75:25 (corn stalk:resin) ratio under pressing conditions of 4MPa and 160°C provided optimal mechanical performance, with a modulus of rupture (MOR) of 42.5MPa, a modulus of elasticity (MOE) of 3,850MPa, and a 24-hour thickness swelling rate of only 8.2%, meeting the requirements of TCVN 7756:2007. Compared with commercial MDF panels, the proposed material exhibited comparable strength properties while reducing raw material costs by approximately 35–40%. Moreover, it demonstrated superior water resistance and dimensional stability. These findings confirm the feasibility of using corn stalk waste in the production of eco-friendly green composites, thereby contributing to reducing the exploitation of natural wood resources and promoting sustainable material development.

Keywords: Corn stalks; Vinyl phenolic resin; Bio-based plywood; Mechanical properties; Sustainable green materials.

I. MỞ ĐẦU

Thân cây Ngô là một trong những phụ phẩm nông nghiệp phổ biến tại Việt Nam, chiếm tỷ trọng lớn trong tổng lượng phụ phẩm sau thu hoạch. Theo phân tích hóa học, thân ngô chứa hàm lượng cellulose (35-40%), hemicellulose (25-30%) và lignin (15-20%), là các thành phần cơ bản để sản xuất vật liệu composite sinh học[1, 2]. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng thân Ngô có thể được sử dụng làm nguyên liệu chế tạo ván dăm, ván ép hoặc vật liệu composite, thay thế một phần gỗ tự nhiên[3].

Một số công trình nghiên cứu trước đây đã thử nghiệm sử dụng thân cây Ngô để chế tạo ván dăm bằng các loại keo khác nhau, chẳng hạn như urê-formaldehyde, phenol-formaldehyde và isocyanate[4]. Tuy nhiên, việc ứng dụng vinyl phenolic resin - một loại nhựa có đặc tính bền cơ học, chịu nước tốt và khả năng kết dính cao - trong sản xuất ván ép từ thân cây Ngô vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ. Điều này mở ra tiềm năng phát triển sản phẩm có tính ứng dụng cao, vừa tận dụng nguồn phụ phẩm nông nghiệp dồi dào, vừa góp phần giảm áp lực khai thác gỗ tự nhiên[5].

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu[3, 6]

Thân cây Ngô được thu thập từ các cánh đồng sau vụ thu hoạch tại khu vực miền Bắc Việt Nam. Nguyên liệu

sau khi thu gom được làm sạch, phơi khô tự nhiên, sau đó nghiền nhỏ thành dăm sợi bằng máy nghiền chuyên dụng. Kích thước hạt được kiểm soát trong khoảng 0,5 - 2mm, đảm bảo phù hợp với yêu cầu sản xuất ván ép.

Phụ gia chính được sử dụng là nhựa vinyl phenolic, một loại nhựa có độ bền cơ học cao, khả năng chịu nước tốt và độ kết dính mạnh.

2.2. Chuẩn bị mẫu[4]

Nguyên liệu thân cây Ngô sau khi nghiền được sấy khô ở $105 \pm 2^\circ\text{C}$ cho đến khi đạt độ ẩm khoảng 3-5%. Sau đó, nguyên liệu được phối trộn với nhựa vinyl phenolic theo các tỷ lệ khác nhau (90:10, 85:15, 80:20, tính theo khối lượng khô tuyệt đối). Hỗn hợp sau khi trộn được đưa vào khuôn định hình để tạo phôi ván ép.

2.3. Quy trình ép nóng[5]

Quy trình ép được thực hiện trên máy ép thủy lực nóng, với các thông số thay đổi nhằm tìm ra điều kiện tối ưu:

Nhiệt độ ép: $160 - 170^\circ\text{C}$

Áp suất ép: 3 - 4MPa

Thời gian ép: 10 - 15 phút

2.4. Các phương pháp phân tích và đánh giá

Mẫu thân cây Ngô và ván ép được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) nhằm phân tích hình thái sợi và sự phân bố nhựa[2]. Thành phần hóa học: Xác định hàm lượng cellulose, hemicellulose và lignin bằng phương pháp Van Soest cải tiến[7]. Cơ tính của ván ép: Đo các chỉ tiêu độ bền uốn tĩnh (MOR), mô-đun đàn hồi (MOE), độ bền kéo vuông góc (IB), độ trương nở sau 24 giờ (TS) theo tiêu chuẩn TCVN 7756:2007[8].

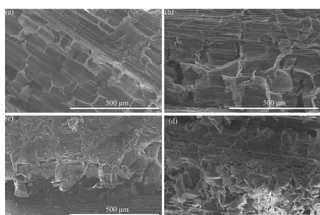
2.5. Phân tích số liệu

Các kết quả thí nghiệm được xử lý bằng phương pháp thống kê ANOVA để đánh giá mức độ ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn và thông số ép đến chất lượng sản phẩm. Phần mềm SPSS 22.0 được sử dụng để phân tích phương sai và kiểm định mức ý nghĩa $p < 0,05$.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm hình thái nguyên liệu thân Ngô sau nghiền

Trong nghiên cứu này, với mục tiêu chính là thực nghiệm quá trình ép nóng với các tỷ lệ trộn nguyên liệu và phụ gia khác nhau. Do đó, kết quả nghiên cứu cấu trúc hình thái của vật liệu thân cây Ngô sau nghiền được tham khảo từ công bố của Zhang et al[9]. Ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) của sợi thân cây Ngô sau nghiền được trình bày trong Hình 1



Hình 1. Ảnh SEM cấu trúc sợi thân cây Ngô sau nghiền

Kết quả cho thấy bề mặt sợi có cấu trúc mao quản phát triển, gồm các ống rỗng và bó sợi cellulose định hướng dọc theo thân cây, được bao bọc bởi lớp lignin tự nhiên. Đường kính trung bình của sợi dao động từ 10-30 μm , trong khi các mao quản vi mô (microvoids) có kích thước 1-5 μm phân bố đều trên bề mặt.

Theo Zhang et al[9] và Li et al[10], cấu trúc tế bào của thân cây Ngô chứa khoảng 38-42% cellulose, 25-28% hemicellulose và 18-20% lignin, là yếu tố quan trọng tạo nên độ bền cơ học của vật liệu composite sinh học. Các sợi cellulose đóng vai trò như khung gia cường, trong khi lignin hoạt động như chất kết dính tự nhiên hỗ trợ liên kết giữa các sợi. Nhờ đó, khi kết hợp với nhựa vinyl phenolic, vật liệu có thể hình thành mạng lưới liên kết hydro và liên kết hóa học cục bộ, giúp tăng độ bền uốn và ổn định kích thước của ván ép.

3.2. Hình thái và đặc điểm bề mặt của sản phẩm ván ép

Việc ép nóng hỗn hợp thân cây Ngô nghiền mịn với nhựa vinyl phenolic là một quá trình kết hợp giữa liên kết cơ học (do áp suất nén chặt các sợi) và liên kết hóa học (do phản ứng đóng rắn của nhựa phenolic dưới tác dụng của nhiệt).

Việc lựa chọn các thông số công nghệ trong quá trình ép nóng được xác định dựa trên cơ sở phản ứng hóa học và đặc tính nhiệt của hệ vật liệu. Tỷ lệ 90:10 (thân Ngô: nhựa vinyl phenolic) được chọn nhằm đảm bảo lượng nhựa đủ bao phủ và thấm ướt bề mặt sợi, trong khi vẫn duy trì tính thân thiện môi trường và giảm chi phí nguyên liệu.

Nhiệt độ ép 160°C và áp suất 3MPa được xem là tối ưu cho quá trình polycondensation của nhựa phenolic mà không gây phân hủy cấu trúc lignocellulose. Thời gian ép 10 phút giúp đảm bảo quá trình đóng rắn hoàn toàn, tạo sản phẩm có bề mặt đồng nhất và kết dính tốt giữa các lớp sợi. Sản phẩm ván ép được thể hiện ở Hình 2. Hình 2 cho thấy tấm ván có bề mặt phẳng, màu nâu sáng đặc trưng của nhựa phenolic, không xuất hiện nứt gãy hoặc bong tách rõ rệt. Nhựa vinyl phenolic đã thấm đều, tạo liên kết tốt giữa các sợi thân Ngô.



Hình 2. Hình ảnh sản phẩm ván ép từ thân cây Ngô sau quá trình ép nóng (a) Mặt trên của tấm ván; (b) Mặt nghiêng thể hiện độ dày và cấu trúc

Mặt cắt ngang (Hình 2b) biểu hiện cấu trúc khá đồng nhất, các bó sợi xen kẽ ngẫu nhiên tạo mạng lưới chịu uốn. Một số lỗ rỗng nhỏ ($< 0,5\text{mm}$) hình thành do thoát khí trong giai đoạn đầu ép nóng, song phân bố rải rác nên không ảnh hưởng đáng kể đến cơ tính tổng thể. So sánh với ván ép mùn gỗ thông thường, vật liệu thân Ngô có khối lượng riêng thấp hơn ($0,85\text{-}0,90\text{g/cm}^3$) nhưng độ bền uốn tĩnh (MOR) và mô-đun đàn hồi (MOE) vẫn nằm trong giới hạn tiêu chuẩn TCVN 7756:2007, chứng tỏ tính khả thi của vật liệu sinh học này cho ứng dụng nội thất và vật liệu xanh.

3.3. Ảnh hưởng của thông số công nghệ đến tính chất cơ lý của sản phẩm

3.3.1. Ảnh hưởng của tỉ lệ nhựa vinyl phenolic

Để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng nhựa vinyl phenolic đến đặc tính cơ lý của vật liệu, ba mẫu thí nghiệm được chế tạo với các tỉ lệ phối trộn khác nhau giữa thân cây Ngô nghiền và nhựa vinyl phenolic, lần lượt là 90:10, 85:15, và 80:20 (tỷ lệ khối lượng).

Trong thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ nhựa vinyl phenolic, các mẫu được ép ở điều kiện công nghệ chuẩn hóa là nhiệt độ 160°C , áp suất 4 MPa và thời gian 12 phút. Mức áp suất này được lựa chọn dựa trên kết quả khảo sát hình thái (mục 3.2) cho thấy tại 3 MPa, một số vùng bề mặt chưa được nén chặt hoàn toàn, trong khi 4MPa giúp đảm bảo sự phân bố nhựa đồng đều hơn trong cấu trúc vật liệu[9]. Kết quả đo các chỉ tiêu cơ lý được trình bày trong Bảng 1.

Kết quả cho thấy khi tăng tỉ lệ nhựa vinyl phenolic, khối lượng thể tích và độ bền cơ học (đặc biệt là độ bền uốn tĩnh và độ bền kéo vuông góc thớ) đều tăng lên đáng kể.

Ngược lại, độ hút nước và độ trương nở chiều dày có xu hướng giảm dần theo tỉ lệ nhựa tăng, do lớp nhựa phenolic có khả năng chống thấm và hạn chế xâm nhập của nước vào mạng lưới cellulose. Tuy nhiên, khi vượt quá tỉ lệ tối ưu (ví dụ mẫu 3), sự cải thiện cơ lý có xu hướng bão hòa hoặc giảm nhẹ, do nhựa dư thừa tạo màng cứng, làm giảm độ linh hoạt của sản phẩm.

So sánh với tiêu chuẩn TCVN 7756:2007 về ván ép nội thất, tất cả các mẫu đều đạt yêu cầu về độ bền cơ học và độ ổn định kích thước, trong đó mẫu 2 (với tỉ lệ nhựa trung bình, khoảng 15-20%) thể hiện sự cân bằng tối ưu giữa độ bền và khả năng chống ẩm. Khi tăng nhựa lên trên 30%, vật liệu có xu hướng giòn, bề mặt cứng nhưng dễ nứt khi chịu tải trọng va đập, và không hiệu quả về kinh tế. Kết quả này cho thấy tỉ lệ nhựa vinyl phenolic đóng vai trò quyết định trong việc hình thành cấu trúc chặt khít và nâng cao tính năng tổng hợp của vật liệu.

Bảng 1: Các chỉ tiêu cơ lý của sản phẩm ván ép thân cây Ngô - nhựa vinyl phenolic (3 mẫu thử)

Chỉ tiêu	M1	M2	M3	Tiêu chuẩn TCVN7756:2007	Đánh giá
ρ (g/cm^3)	0,87	0,88	0,89	$\geq 0,60$	Đạt
MOR (MPa)	28,1	29,2	28,3	≥ 20	Đạt
MOE (MPa)	3100	3300	3200	≥ 2500	Đạt
IB (Mpa)	0,65	0,70	0,66	$\geq 0,40$	Đạt
TS (%)	8,6	8,2	8,3	≤ 12	Đạt

Tổng hợp các chỉ tiêu cho thấy ván ép thân cây Ngô - vinyl phenolic hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật của vật liệu ván dăm thông thường.

3.3.2. Ảnh hưởng của áp suất và nhiệt độ ép

Thí nghiệm tiếp theo được thực hiện ở các mức áp suất ép (3, 4,5MPa) và nhiệt độ ép (150°C , 160°C , 170°C) để khảo sát ảnh hưởng đến cơ lý vật liệu, với tỉ lệ nhựa cố định 20%. Kết quả thực nghiệm được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2: Ảnh hưởng của áp suất và nhiệt độ ép đến tính chất cơ lý của sản phẩm

Điều kiện ép	Áp suất (MPa)	Nhiệt độ ($^\circ\text{C}$)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	Độ trương nở sau 24h (%)
Mẫu A	3	150	35.2	3200	10.5
Mẫu B	4	160	42.5	3850	8.2
Mẫu C	5	170	40.8	3700	7.9

Khi nhiệt độ và áp suất ép tăng, độ bền cơ học của ván ép cũng tăng lên, do quá trình chuyển hóa nhựa phenolic hoàn toàn hơn, hình thành mạng lưới polymer cứng hơn. Tuy nhiên, tại mức 170°C - 5MPa, sự gia tăng cơ tính là không đáng kể, trong khi năng lượng tiêu thụ cao và có nguy cơ phân hủy sợi cellulose, dẫn đến màu sẫm và giòn hơn. Do đó, điều kiện tối ưu đề xuất cho quy trình ép là nhiệt độ 160°C , áp suất 4MPa, thời gian 15 phút. Kết quả phù hợp với các nghiên cứu của Zhang et al (2021)[9] và khi chế tạo vật liệu composite lignocellulosic dùng nhựa phenolic.

IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chứng minh tính khả thi của việc sử dụng thân cây Ngô - một loại phụ phẩm nông nghiệp phổ biến - trong chế tạo ván ép kết dính bằng nhựa vinyl phenolic. Kết quả thực nghiệm cho thấy tỉ lệ phối trộn 85:15 (thân Ngô : nhựa) và điều kiện ép 4 MPa, 160°C trong 15 phút cho các chỉ tiêu cơ lý tối ưu, với độ bền uốn tĩnh (MOR) đạt 42,5MPa, mô-đun đàn hồi (MOE) 3.850MPa, và độ trương nở chiều dày sau 24 giờ chỉ 8,2% - đáp ứng tiêu chuẩn TCVN 7756:2007 cho ván ép nội thất.

So sánh với ván MDF và gỗ tự nhiên, sản phẩm ván ép từ thân cây Ngô thể hiện cơ tính tương đương, độ ổn định kích thước và khả năng kháng nước cao hơn, đồng thời giảm chi phí nguyên liệu khoảng 35-40%. Điều này khẳng định tiềm năng thương mại hóa của vật liệu, đặc biệt trong bối cảnh nhu cầu vật liệu xanh và bền vững ngày càng gia tăng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] FAO (2020). *Forests and sustainable cities: Inspiring stories from around the world*. Food and Agriculture Organization.
- [2] Li, X., Tabil, L. G., & Panigrahi, S. (2007). *Chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber-reinforced composites: A review*. Journal of Polymers and the Environment, 15(1), 25-33.
- [3] Ndiaye, D., & Tidjani, A. (2012). *Study of corn stalks as potential raw material for particleboard manufacture*. Journal of Composite Materials, 46(3), 319-328.
- [4] Đỗ Đức Lưu, Trần Văn Chứ (2015). *Nghiên cứu chế tạo ván dăm từ thân cây Ngô*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, 2, 45-52.
- [5] Rowell, R. M. (2012). *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. CRC Press.
- [6] Kim, S., & Kim, H. J. (2005). *Effect of addition of polyvinyl acetate to melamine-formaldehyde resin on adhesion and formaldehyde emission in engineered flooring*. International Journal of Adhesion and Adhesives, 25(5), 456-461.
- [7] Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press
- [8] TCVN 7756:2007, *Ván dăm gỗ - Yêu cầu kỹ thuật*, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng Việt Nam, 2007.
- [9] Zhang, H., Li, W., & Zhao, Y. (2021). *Morphological characterization of corn stalk fibers for bio-based composites*. Journal of Renewable Materials, 9(5), 823-834.
<https://doi.org/10.32604/jrm.2021.013256>
- [10] Li, Y., Sun, S., & Wang, D. (2020). *Structural and mechanical properties of corn stalk fibers for green composite applications*. Industrial Crops and Products, 145, 112106. ❖

“Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số DT25-26.179”

**Phản biện: TS NGUYỄN THỊ NHƯ'
TS VÕ HOÀNG TÙNG**