

DOI:10.22144/ctujos.2024.253

NGHIÊN CỨU VẬT LIỆU COMPOSITE TỪ SỢI THÂN CÂY BẮP VÀ NHỰA POLYETHYLENE TỶ TRỌNG CAO TÁI CHẾ

Cao Lưu Ngọc Hạnh^{1*}, Nguyễn Thị Bích Thuyền¹, Huỳnh Văn Tươi², Đặng Huỳnh Giao¹ và Trần Nguyễn Phương Lan³

¹Khoa Kỹ thuật Hóa học, Trường Bách Khoa, Trường Đại học Cần Thơ

²Sinh viên khóa 43 ngành Công nghệ kỹ thuật hóa học, Trường Đại học Cần Thơ

³Khoa Cơ khí, Trường Bách Khoa, Trường Đại học Cần Thơ

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): clnhanh@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 29/08/2023

Sửa bài (Revised): 20/09/2023

Duyệt đăng (Accepted): 24/10/2023

Title: Study on composite materials from corn stalk fibers and recycled high density polyethylene

Author(s): Cao Luu Ngoc Hanh*, Nguyen Thi Bich Thuyen, Huynh Van Tui, Dang Huynh Giao and Tran Nguyen Phuong Lan

Affiliation(s): Can Tho University

TÓM TẮT

Vật liệu composite được gia công từ sợi thân cây bắp trên nền nhựa polyethylene tỷ trọng cao tái chế thông qua phương pháp ép nóng. Cấu trúc và thành phần hóa học của sợi thân cây bắp trước và sau khi xử lý bằng dung dịch NaOH lần lượt được quan sát qua ảnh kính hiển vi điện tử quét (SEM) và được phân tích bằng phương pháp phân tích nhiệt trọng lượng (TGA). Ảnh hưởng của điều kiện gia công, tỷ lệ thể tích sợi đến độ co ngót và cơ tính của vật composite cũng được khảo sát. Kết quả cho thấy sợi thân cây bắp có hàm lượng cellulose ~61%, cấu trúc sợi có nhiều lỗ rỗng to, điều này khác biệt so với những sợi tự nhiên phổ biến khác. Ở điều kiện gia công vật liệu đạt cơ tính cao nhất khi nhiệt độ ép 145°C, thời gian ép 10 phút, áp suất ép 100 kg.cm⁻² và tỷ lệ thể tích sợi 50%, độ bền kéo ~31 MPa, độ bền uốn ~34 MPa, độ bền va đập ~11 KJ.m⁻² và độ co ngót của vật liệu là 0,4%. Vật liệu composite được tạo ra trong nghiên cứu này đáp ứng các tiêu chuẩn chất lượng của vật liệu dùng trong sản xuất, trang trí nội thất và xây dựng.

Từ khóa: Phương pháp ép nóng, polyethylene tỷ trọng cao tái chế, sợi thân cây bắp, vật liệu composite

ABSTRACT

Composite materials are fabricated from corn stalk fibers on recycled high-density polyethylene via the compression molding method. The structure and chemical composition of corn stalk fibers before and after treatment with NaOH solution were briefly observed through scanning electron microscope (SEM) images and analyzed by thermogravimetric analysis method (TGA). The influence of machining conditions, fiber volume ratio on shrinkage, and mechanical properties of composites were also investigated. The results show that corn stalk fiber has a cellulose content of ~61%, and the fiber structure has many large pores, which is different from other common natural fibers. The mechanical properties of the material are highest in the processing conditions: pressing temperature 145°C, pressing time 10 minutes, pressing pressure 100 kg.cm⁻² and fiber volume ratio 50%, with tensile strength ~31 MPa, flexural strength ~34 MPa, impact strength ~11 KJ.m⁻² and material shrinkage is 0.4%. The composite materials created in this study meet the quality standards of materials used in manufacturing, interior decoration, and construction.

Keywords: Biocomposite materials, compression molding method, corn stalk fiber, recycled high density polyethylene

1. GIỚI THIỆU

Giá trị to lớn mà vật liệu composite mang lại cho cuộc sống con người đã được khẳng định. Tuy nhiên, việc sản xuất và sử dụng vật liệu composite ngày càng nhiều càng làm tăng lượng rác thải có nguồn gốc từ polymer tổng hợp, gây tác động tiêu cực đến môi trường sinh thái cũng như sức khỏe của con người. Trước nguy cơ đó, việc thay đổi về nguồn nguyên liệu trong sản xuất vật liệu composite đang được quan tâm, cụ thể là những nguyên liệu có nguồn gốc tự nhiên đang dần được tăng cường sử dụng. Các sản phẩm composite từ sợi đay, gai, lanh, xơ dừa,... đã và đang được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi. Mặc dù, các loại composite từ sợi thực vật có cơ tính thấp hơn so với composite từ sợi tổng hợp nhưng với ưu thế nhẹ hơn và thân thiện với môi trường nên các sản phẩm composite từ sợi tự nhiên cũng được ứng dụng rộng rãi và thay thế một phần composite từ sợi tổng hợp (Diệu và ctv., 2018). Trong những năm gần đây, nhiều công trình nghiên cứu về vật liệu tái tạo và phân hủy sinh học đã có nhiều thành tựu. Vật liệu composite được gia công kết hợp sợi xơ dừa với nhựa HDPE tái chế (Niên, 2018). Kết quả cho thấy vật liệu composite từ sợi xơ dừa và nhựa HDPE tái chế có các đặc tính cơ học đáp ứng đầy đủ yêu cầu của TCVN 7754:2007. Viet et al. (2014) đã thực hiện khảo sát tính chất sợi xơ dừa sản xuất bằng máy đập tước liên hoàn tại Bến Tre và nghiên cứu xử lý sợi bằng NaOH. Kết quả nghiên cứu cho thấy sợi xơ dừa sau khi xử lý có đường kính thu nhỏ 30%, độ bền kéo tăng 40% từ 85 – 96 MPa lên 124 – 130 MPa. Trigui et al. (2012) đã nghiên cứu tính chất nhiệt và cơ tính của sợi thân cây bắp trên nền nhựa HDPE được gia công bằng phương pháp ép phun, kết quả nghiên cứu cho thấy cơ tính cũng như tính chất nhiệt đã cải thiện, đồng thời ảnh SEM của mẫu composite cho thấy sự kết hợp thành công giữa sợi bắp được nhựa HDPE giữ lại khá tốt. Liu et al. (2019) đã nghiên cứu đặc tính của sợi cellulose tự nhiên từ sợi thân cây bắp được xử lý bề mặt. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng việc xử lý hóa học bằng NaOH giúp cải thiện độ bền kéo của sợi so với sợi chưa xử lý.

Bắp là một loại cây lương thực được thuần canh, có diện tích trồng đứng thứ hai tại Việt Nam nên sau khi thu hoạch trái bắp, một lượng lớn phế/phụ phẩm từ cây bắp cần được xử lý. Vì thế, việc tận dụng phế/phụ phẩm này để gia cường cho vật liệu composite không những giải quyết được vấn đề môi trường mà còn mang lại hiệu quả kinh tế cho cây bắp. Liu et al. (2019) đã tổng hợp vật liệu composite dựa trên sợi cellulose tự nhiên được chiết xuất từ

thân cây bắp được xử lý bằng dung dịch silane với nồng độ khác nhau. Kết quả cho thấy phương pháp xử lý bằng silane loại bỏ một lượng hemicellulose và lignin nhất định khỏi bề mặt sợi giúp cải thiện độ bền kéo (cao nhất là $223,33 \pm 41,22$ MPa) và mô đun Young (cao nhất là $18,98 \pm 2,43$ GPa). Tsou et al. (2022) đã nghiên cứu vật liệu dựa trên bột được nghiền mịn từ lá bắp và poly butylene adipate terephthalate (PBAT). Kết quả thu được vật liệu có cơ tính tương đối và khả năng phân hủy sinh học cao. Puyana-Romero et al. (2023) đã tận dụng phế thải từ cây bắp để sử dụng làm vật liệu gia cố cho vật liệu composite nền thạch cao với mục đích cách âm. Việc bổ sung các sợi được chiết xuất từ thân cây bắp vào các mẫu nền thạch cao đã cải thiện đáng kể hiệu suất hấp thụ âm thanh của vật liệu.

Trong nghiên cứu này, sợi gia cường cho vật liệu composite được tách từ thân cây bắp, là loại sợi tự nhiên hầu như rất ít được nghiên cứu để gia cường cho vật liệu composite nền nhựa. Việc tận dụng thân cây bắp để dùng sợi gia cường cho vật liệu composite không những giải quyết được vấn đề môi trường mà còn mang lại hiệu quả kinh tế cho cây bắp. Nhựa nền được chọn sử dụng là nhựa polyethylene tỷ trọng cao (HDPE) tái chế với mục tiêu giảm thiểu lượng rác thải nhựa. Nghiên cứu tập trung vào việc tìm điều kiện tối ưu để gia công vật liệu composite kết hợp giữa sợi thân cây bắp và HDPE thông qua việc khảo sát ảnh hưởng của điều kiện gia công tấm composite đến cơ tính (kéo, uốn và va đập) của vật liệu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Thân cây bắp 70-75 ngày tuổi với chiều dài 80-110 cm được thu hoạch tại phường Tân Hưng, quận Thốt Nốt, thành phố Cần Thơ. Nhựa HDPE tái chế được sử dụng là vỏ thùng nước rửa chén hiệu Sunlight.

Hóa chất sử dụng trong quá trình xử lý hóa học cho sợi thân cây bắp là sodium hydroxide (NaOH, 96%, Trung Quốc). Hóa chất được sử dụng trực tiếp không phải tinh chế lại.

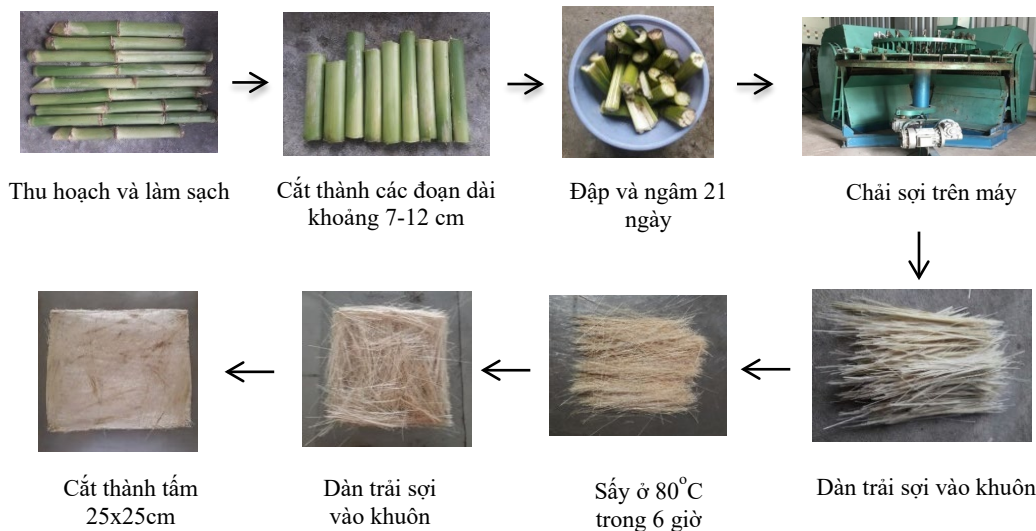
2.2. Các bước tiến hành

2.2.1. Quá trình tạo mat từ sợi thân cây bắp

Thân cây bắp sau khi thu hoạch sẽ được rửa sạch và cắt bỏ mắt cây để dễ dàng trong quá trình tách sợi. Ngâm cây bắp trong nước sẽ giúp cho các bó mạch trong thân cây tách ra, với thời gian ngâm trong vòng 21 ngày, việc ngâm sẽ giúp cho mụn và sợi được tách ra dễ hơn trong quá trình chải sợi.

Quá trình chải sợi được tiến hành khi sợi còn ướt, vì khi khô các sợi dính chặt vào nhau, đồng thời phần mụn thân cây bắp cũng dính chặt hơn làm cho việc chải sợi có tỉ lệ đứt gãy lớn hơn. Các bó sợi được chia thành các búi nhỏ và lắp đều trên mâm

kep, hai trống quay sẽ lần lượt chải qua các búi sợi theo hai chiều thuận, nghịch nhằm đảm bảo toàn bộ phần sợi đều được chải sạch. Sợi thân cây bắp sau khi tách sẽ có chiều dài 7-12 cm, sau đó sợi thu được sẽ được sấy khô ở 80°C trong 6 giờ.

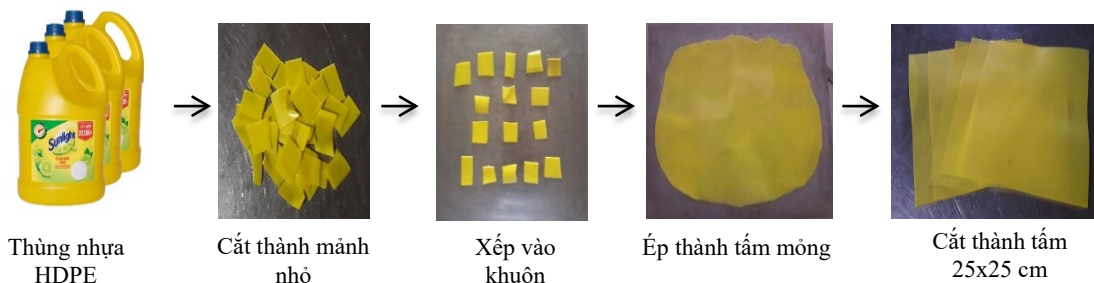


Hình 1. Quá trình gia công mat sợi thân cây bắp

Sợi thân cây bắp được dàn trải vào khuôn một cách ngẫu nhiên với cách xếp sợi ngẫu nhiên sẽ giúp cho cơ tính của mẫu composite có tính đẳng hướng và ép ở nhiệt độ (120, 130, 140 và 150°C), thời gian ép (3, 5 và 10 phút), áp suất ép (25, 50 và 100 kg.cm⁻²) và giải nhiệt ngoài không khí. Sau quá trình ép, tấm sợi được cắt theo kích thước 25x25 cm. Quá trình tạo mat từ sợi thân cây bắp được mô tả ở Hình 1.

2.2.2. Quá trình tạo tấm nhựa mỏng HDPE tái chế

Thùng nhựa sau khi loại bỏ nhãn được tẩy sạch keo dán bằng dầu hỏa. Sau đó, thùng được cắt thành các mảnh nhựa nhỏ. Các mảnh nhựa này được xếp đều lên khuôn ép để có thể dàn trải toàn bộ diện tích mong muốn khi tạo hình trên máy ép. Thời gian ép 6 phút ở 150°C và giải nhiệt 5 phút (Toàn, 2021). Tấm nhựa HDPE tái chế thu được có độ dày khoảng 0,25-0,3 mm và được cắt thành tấm có kích thước 25x25 cm. Quá trình chuẩn bị tấm nhựa được thể hiện trong Hình 2

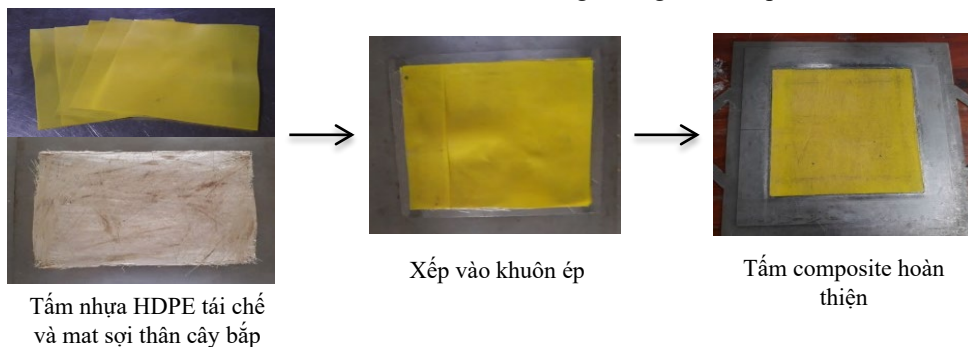


Hình 2. Quá trình ép tấm nhựa HDPE tái chế

2.2.3. Gia công mẫu composite từ sợi thân cây bắp và nhựa HDPE tái chế

Tấm composite từ sợi thân cây bắp và nhựa HDPE tái chế được gia công bằng phương pháp ép nóng. Đầu tiên, các lớp nhựa và mat sợi được xếp xen kẽ với nhau. Tiếp theo, đặt vào khuôn và ép ở

hiệu suất ép (140, 145 và 150°C), thời gian gia công (5 và 10 phút), thời gian giải nhiệt 15 phút, áp suất ép 100 kg.cm⁻². Tấm composite sau khi ép cần được cố định trong khuôn và thực hiện giải nhiệt trên máy ép để tránh hiện tượng cong vênh đối với vật liệu composite từ nhựa nhiệt dẻo. Hình 3 thể hiện các bước gia công tấm composite.



Hình 3. Quá trình gia công tấm composite

2.3. Phương pháp phân tích

Cấu trúc của sợi thân cây bắp (cả mặt cắt ngang và bề mặt sợi) được quan sát dưới kính hiển vi quét điện tử (FESEM, Hitachi, Nhật Bản). Thành phần của sợi thân cây bắp trước và sau khi xử lý hoá học được phân tích bằng phương pháp phân tích nhiệt trọng lượng (TGA/DSC của NETZSCH) với tốc độ gia nhiệt 5°C/phút ở 100–600°C. Dựa vào độ bền nhiệt của các thành phần có trong mẫu sợi thân cây bắp (như cellulose, hemicellulose, lignin,...) để ước lượng thành phần phần trăm khối lượng của các thành phần tương ứng.

Độ co ngót của vật liệu composite được khảo sát với các mẫu ở các hàm lượng sợi thân cây bắp từ 30 đến 70% theo thể tích với kích thước 250x250 mm, tiến hành đo kích thước mẫu và ghi nhận số liệu. Độ co ngót tuyệt đối (Δl) được tính bằng hiệu số giữa kích thước mẫu đo được và kích thước lòng trong của khuôn, tính bằng mm.

Độ bền kéo, độ bền uốn và độ bền va đập của vật liệu composite của các mẫu trước và sau khi xử lý hoá học, được xác định lần lượt theo tiêu chuẩn ASTM D638-03 (kích thước mẫu thử, chiều dài x rộng là 165x10 mm), ASTM D7264-02 (kích thước mẫu thử, chiều dài x rộng 45x15 mm) và ASTM D6110-04 (chiều dài x rộng là 127x12,7 mm, kiểu thử Charpy) với 5 lần lặp lại.

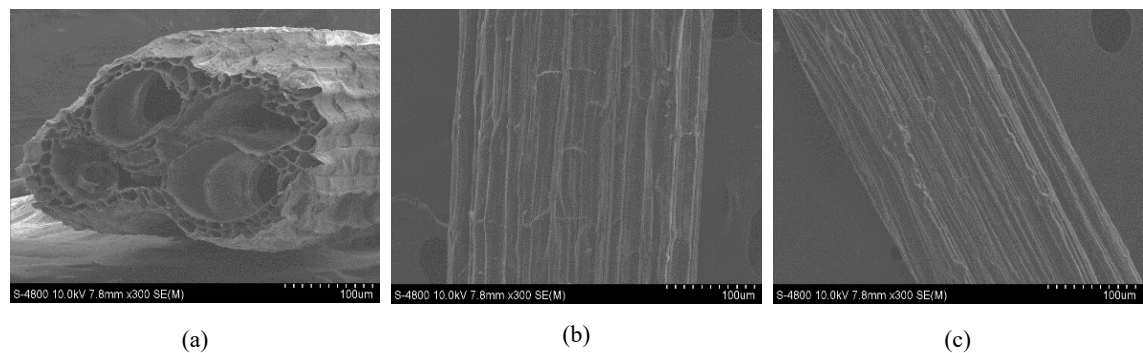
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cấu trúc và thành phần hóa học của sợi thân cây bắp

3.1.1. Cấu trúc sợi thân cây bắp

Cấu trúc của sợi thân cây bắp được quan sát dưới kính hiển vi điện tử quét cho thấy, phần trong cùng của sợi gồm nhiều ống rỗng to có đường kính khoảng 80–130 μ m (Hình 4a), các ống rỗng này làm nhiệm vụ như mạch dẫn truyền dịch nhựa trong thân cây. Các ống rỗng được bao bọc bởi tầng vi sợi gồm các bó vi sợi xếp dọc theo chiều dài của thân cây bắp, những vi sợi này cũng có cấu trúc rỗng ruột, tuy nhiên những vi sợi này không có đường kính rõ ràng, các vi sợi này đóng vai trò như các đường ống truyền tải dịch nhựa theo chiều ngược lại. Với cấu trúc đó, sợi thân cây bắp có khối lượng riêng thấp hơn so với các loại sợi tự nhiên phổ biến khác.

Bề mặt của sợi thân cây bắp chưa xử lý trơn bóng không gồ ghề (Hình 4b), còn đối với Hình 4c, bề mặt của sợi thân cây bắp đã qua xử lý thì ta thấy rõ được bề mặt sợi trở nên gồ ghề thô ráp, nguyên nhân là do khi xử lý sợi bằng dung dịch NaOH thì sẽ loại bỏ một phần hemicellulose và lignin. Bề mặt sợi trở nên gồ ghề thô ráp sẽ giúp cho liên diện giữa sợi và nhựa nền tăng lên, từ đó giúp cải thiện cơ tính của vật liệu composite.



Hình 4. Ảnh SEM của sợi thân cây bắp

Ghi chú: (a) mặt cắt ngang, (b) bề mặt sợi chưa xử lý, (c) bề mặt sợi đã được xử lý với NaOH 2%

3.1.2. Thành phần hóa học của sợi thân cây bắp trước và sau xử lý hóa học

Thành phần hóa học của sợi thân cây bắp trước và sau khi xử lý hoá học được ước lượng thông qua phép phân tích nhiệt trọng lượng (TGA). Mẫu sợi được cắt nhỏ, cho vào chén nung và miền nhiệt độ ghi nhận số liệu cho phân tích mẫu ở 100 – 600°C, tốc độ gia nhiệt cho mẫu là 5°C.phút⁻¹. Kết quả phân tích nhiệt trọng lượng của sợi thân cây bắp bao gồm giản đồ TGA và TGA vi phân được thể hiện ở Hình 5.

Dựa vào các điểm tới hạn trên đường TGA vi phân và nhiệt độ phân hủy của các thành phần cơ bản để xác định độ giảm khối lượng trong các khoảng nhiệt độ và thành phần hóa học ứng với khoảng nhiệt độ đó.

Theo nghiên cứu của Hosokawa et al. (2017) và Gomez et al. (2021), hemicellulose có độ bền nhiệt dưới 270°C, cellulose bền nhiệt đến 300°C và lignin là thành phần bền nhiệt nhất và phân hủy ở nhiệt độ trên 300°C. Sau quá trình xử lý số liệu, thành phần hóa học chính của sợi thân cây bắp được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần của sợi từ thân cây bắp không xử lý và xử lý với NaOH 2%

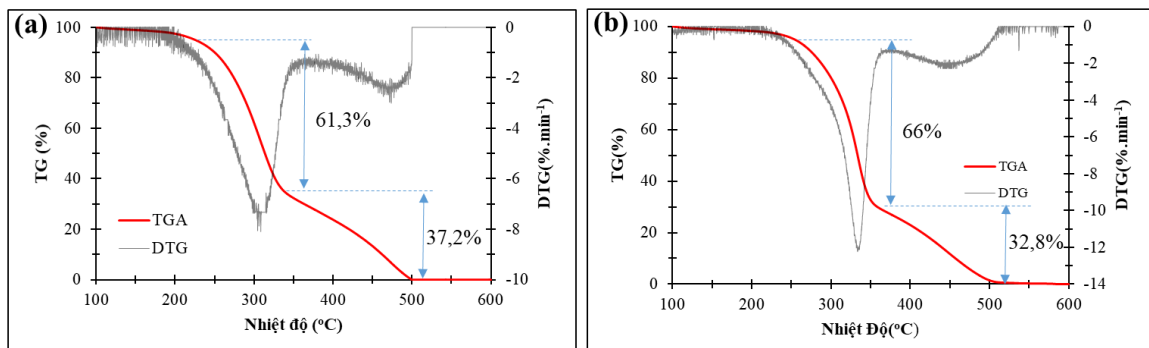
Thành phần	Sợi từ thân cây bắp	
	không xử lý	xử lý với NaOH 2%
Hemicellulose (%)	~1,5	~1,2
Cellulose (%)	~61,3	~66,0
Lignin (%)	~37,2	~32,8

Như vậy, hàm lượng cellulose có trong sợi thân cây bắp trước xử lý (Hình 5a) khoảng ~61%, cao hơn hàm lượng cellulose có trong sợi xơ dừa vào khoảng 30 – 40% (Faruk et al., 2012). Trong khi đó, hàm lượng lignin khoảng ~37,20% thấp hơn một ít so với sợi xơ dừa từ 40 đến 45% (Faruk et al., 2012). Hàm lượng hemicellulose trong sợi thân cây bắp ~1,5% rất thấp so với mức trung bình so với các loại sợi tự nhiên là 20 –25% (Faruk et al., 2012). Đặc biệt, sợi thân bắp hầu như không có chất vô cơ trong thành phần hóa học của sợi.

Tương tự, mẫu sợi sau khi xử lý hóa học với dung dịch NaOH 2% trong 24 giờ được thể hiện ở Hình 5b. So sánh kết quả phân tích ở giản đồ nhiệt trọng lượng của sợi thân cây bắp tự nhiên, xu hướng chung của các đường biểu diễn TG và DTG có điểm tới hạn ở nhiệt độ cao hơn, các điểm tới hạn ở sợi tự nhiên là 308, 473 và nhiệt độ sợi phân hủy hoàn toàn là 500°C, trong khi sợi xử lý NaOH 2% là 333, 455 và nhiệt độ sợi phân hủy hoàn toàn là 587°C.

Với thành phần lignin, ở nhiệt độ > 400°C, mức độ giảm khối lượng cũng trở nên ít hơn so với mẫu sợi chưa xử lý. Điều này khẳng định một phần lignin trong sợi thân cây bắp đã bị loại bỏ trong quá trình xử lý hóa học. Kết quả này tương đồng với kết quả của Trigui et al. (2012).

Sau quá trình xử lý hóa học, hàm lượng cellulose trong sợi thân cây bắp được cải thiện rõ rệt. Hàm lượng cellulose từ 61,30% ở sợi chưa xử lý, tăng đến 66,0%. Bên cạnh đó, quá trình xử lý hóa học giúp tăng tính bền nhiệt cho sợi thân cây bắp khi hóa chất xử lý phản ứng với sợi cellulose tạo thành các hợp chất sodium cellulose (Faruk et al., 2012).

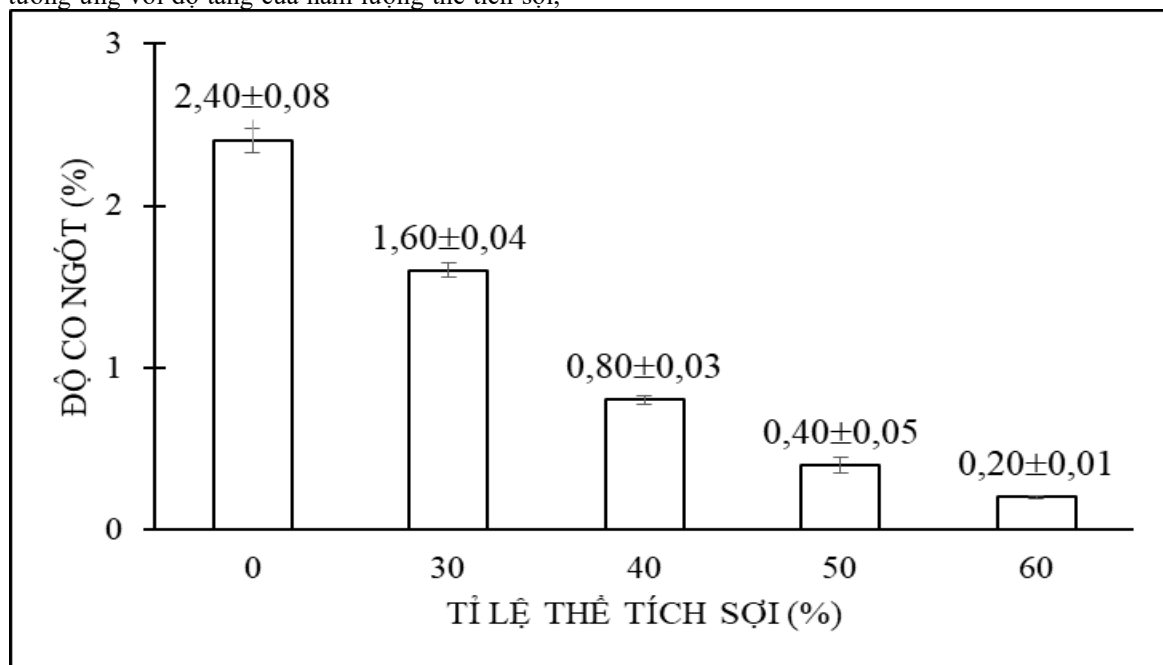


Hình 5. Giảm đồ nhiệt trọng lượng của sợi thân cây bắp không xử lý (a) và sau xử lý với NaOH 2% (b)

3.2. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng sợi đến độ co ngót của vật liệu composite

Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thân cây bắp không qua xử lý đến độ co ngót của vật liệu composite được thể hiện ở Hình 6. Kết quả cho thấy mức độ co ngót của vật liệu có xu hướng giảm dần tương ứng với độ tăng của hàm lượng thể tích sợi,

với hàm lượng sợi chiếm từ 40% thể tích trở lên thì vật liệu có độ co ngót rất thấp ($\leq 0,8\%$). Điều này có ý nghĩa rất lớn trong việc chống biến dạng sau gia công cho composite nhựa nhiệt dẻo, giúp cho vật liệu hạn chế được mức độ cong vênh thường thấy khi gia công nhựa nhiệt dẻo.



Hình 6. Độ co ngót của vật liệu composite với các hàm lượng thể tích sợi khác nhau

3.3. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian gia công đến mat sợi

Tiến hành gia công mat sợi thân cây bắp ở các khoảng thời gian (3, 5, và 10 phút), trong điều kiện cố định nhiệt độ ép là 130°C, áp suất ép 50 kg·cm⁻², giải nhiệt ngoài không khí. Kết quả cho thấy ở thời gian ép 3 phút mat sợi bắt đầu dính chặt lại, trên mat sợi xuất hiện một ít vùng bị quá nhiệt, các vùng quá nhiệt này sẽ làm cho độ bền của mat sợi bị giảm dần

đến cơ tính của vật liệu composite cũng giảm. Ở khoảng thời gian 5 phút tấm sợi dính chặt, với tấm sợi dính chặt sẽ giúp cho liên kết giữa sợi nhựa sẽ tốt hơn nhưng trên tấm sợi xuất hiện nhiệt vùng bị quá nhiệt hơn so với ép ở 3 phút. Khi thời gian ép từ 10 phút, mat sợi giòn dễ gãy và có rất nhiều vùng bị quá nhiệt trên mat sợi. Như vậy, khoảng thời gian thích hợp cho việc ép tấm sợi 3 phút, vì ở khoảng

thời gian này mat sợi có độ dính chặt vừa phải, cũng như là ít vùng bị quá nhiệt.

3.4. Khảo sát ảnh hưởng của áp suất gia công đến mat sợi

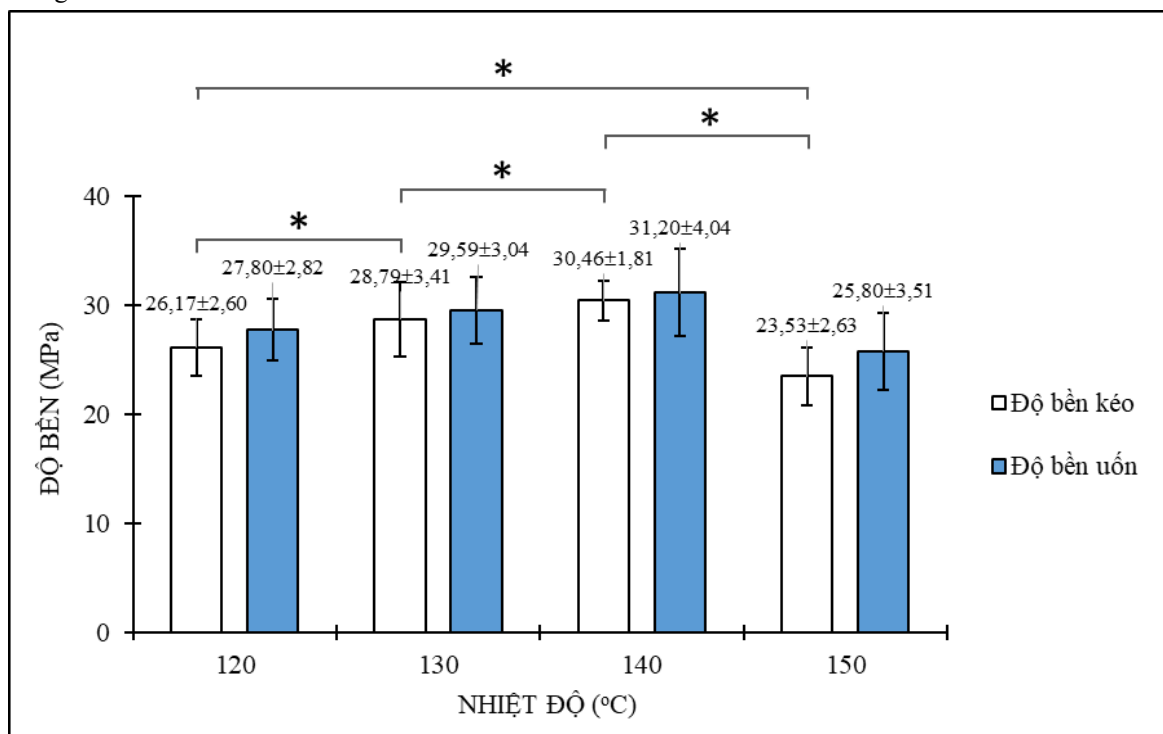
Tấm sợi thân cây bắp được gia công ở áp suất ép từ 25, 50 và 100 kg.cm⁻² và trong điều kiện cố định nhiệt độ ép là 130°C, thời gian ép 3 phút, giải nhiệt ngoài không khí. Qua quan sát, ở áp suất ép 25 kg.cm⁻² mat sợi dính chưa hoàn toàn, việc này sẽ làm cho mat sợi và tấm nhựa khó liên kết lại với nhau. Đối với tấm sợi được ép ở 50 kg.cm⁻², mat sợi dính chặt đồng thời rất dễ thoát khỏi khuôn ép. Còn khi tăng áp suất ép lên 100 kg.cm⁻², mat sợi dính rất chặt vào khuôn gây khó thoát khuôn và dẫn đến mat sợi dễ bị rách trong quá trình thoát khuôn. Như vậy, để ép mat sợi thân cây bắp thì áp suất thích hợp là 50 kg.cm⁻².

3.5. Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ gia công mat sợi đến cơ tính vật liệu composite

Mat sợi được gia công ở các nhiệt độ 120, 130, 140 và 150°C, áp suất ép được cài đặt ở 50 kg.cm⁻², thời gian ép 3 phút và giải nhiệt ngoài không khí. Sau đó, composite được tạo mẫu trong điều kiện cố định (tỷ lệ sợi 50%, nhiệt độ ép 150°C, thời gian ép 10 phút, giải nhiệt 15 phút và áp suất ép 100 kg.cm⁻²).

3.5.1. Kết quả thử nghiệm độ bền kéo, uốn

Độ bền kéo, uốn trung bình của vật liệu composite tương ứng với các nhiệt độ ép mat sợi khác nhau được thể hiện trên Hình 7.



Hình 7. Độ bền kéo và uốn của mẫu composite tương ứng với nhiệt độ gia công mat sợi khác nhau

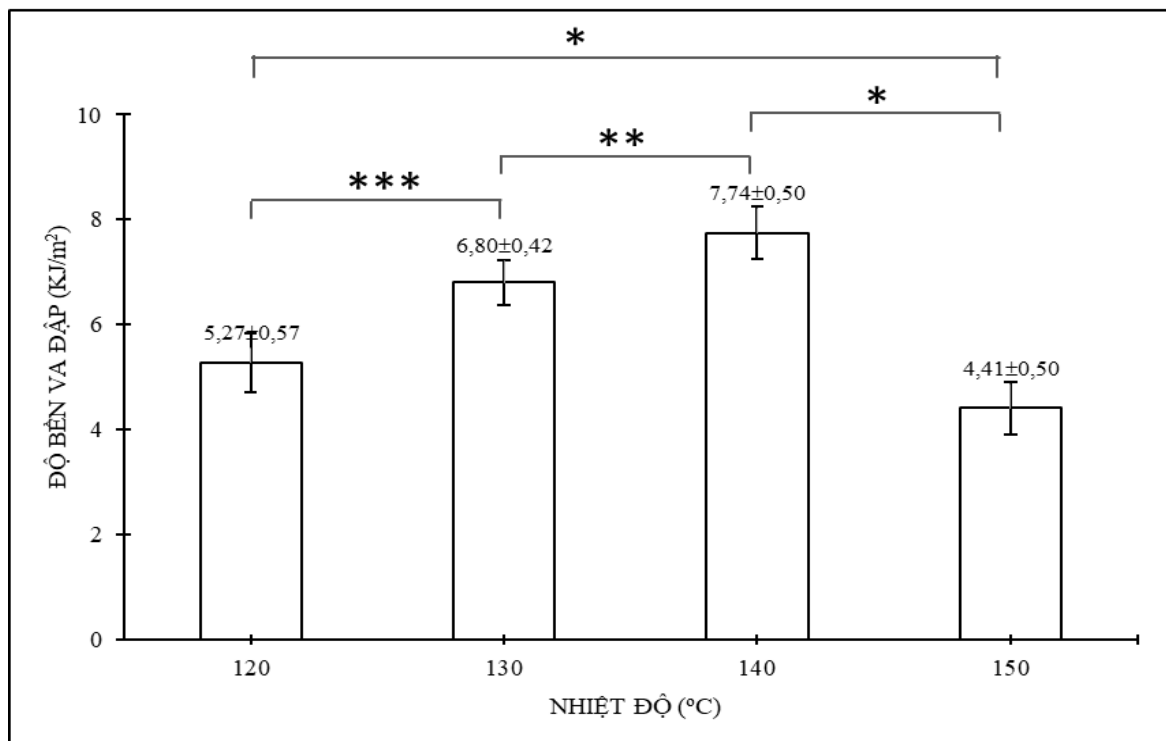
Ghi chú: Phân tích ANOVA một yếu tố được sử dụng để so sánh đồng thời các biến độc lập (* $P < 0,05$)

Độ bền kéo, uốn của mẫu thử có xu hướng tăng khi nhiệt độ ép tấm sợi từ 120°C đến 140°C, và đạt tốt nhất ở 140°C. Dù ép tấm sợi ở 140°C, tấm sợi bị quá nhiệt nhiều hơn so với khi ép tấm sợi ở 120°C và 130°C, nhưng bù lại ở nhiệt độ 140°C, thành phần lignin trong sợi nóng chảy ra giúp liên kết giữa các sợi trở nên tốt hơn, do đó độ bền uốn của mẫu 140°C sẽ tốt hơn so với các nhiệt độ còn lại. Còn khi ép tấm

sợi ở 150°C, độ bền kéo của mẫu thử giảm nguyên nhân là do tấm sợi bị quá nhiệt quá nhiều cũng như là thành phần lignin bị phân hủy đi một phần.

3.5.2. Kết quả thử nghiệm độ bền va đập

Độ bền va đập trung bình của vật liệu composite tương ứng với các nhiệt độ ép mat sợi khác nhau được thể hiện trên Hình 8.



Hình 8. Độ bền va đập của mẫu composite tương ứng với các nhiệt độ gia công mat sợi khác nhau

Ghi chú: Phân tích ANOVA một yếu tố được sử dụng để so sánh đồng thời các biến độc lập (* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$)

Tương tự với 2 thử nghiệm kéo uốn ở trên, mẫu thử cũng có xu hướng tăng khi nhiệt độ ép tẩm sợi từ 120 đến 140°C, và đạt tốt nhất ở 140°C. Dù ép tẩm sợi ở 140°C, tẩm sợi bị quá nhiệt nhiều hơn so với khi ép tẩm sợi ở 120°C và 130°C, nhưng ở nhiệt độ 140°C, thành phần lignin trong sợi thân cây bắp nóng chảy ra giúp liên kết giữa các sợi trở nên tốt hơn, do đó độ bền va đập của mẫu 140°C sẽ tốt hơn so với các nhiệt độ còn lại. Còn khi ép tẩm sợi ở 150°C, độ bền va đập của mẫu thử giảm nguyên nhân là do tẩm sợi bị quá nhiệt quá nhiều cũng như là thành phần lignin bị phân hủy đi một phần.

3.6. Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ gia công vật liệu composite sợi đến cơ tính vật liệu composite

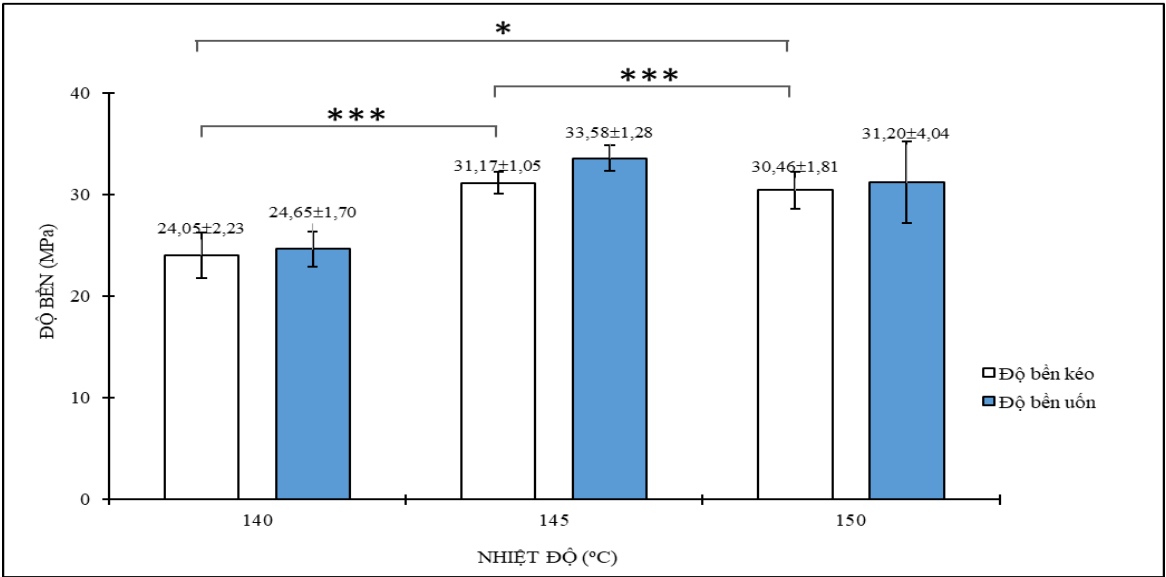
Tiến hành gia công tẩm composite ở các nhiệt độ lần lượt là 140, 145 và 150°C và trong điều kiện cố

định thời gian ép 10 phút, áp suất ép 100 kg.cm⁻², giải nhiệt 15 phút, hàm lượng sợi 50%.

3.6.1. Kết quả thử nghiệm độ bền kéo, uốn

Độ bền kéo, uốn trung bình của vật liệu composite tương ứng với các nhiệt độ ép tẩm composite khác nhau được thể hiện trên Hình 9.

Độ bền kéo uốn của mẫu thử có xu hướng tăng khi nhiệt độ ép từ 140 đến 145°C và đạt tốt nhất ở 145°C, ở 145°C tẩm sợi sẽ bị quá nhiệt nhiều hơn so với ép ở 140°C, tuy vậy nhưng nhựa nền nóng chảy ở 145°C sẽ giúp liên kết tốt hơn với sợi. Khi ép mẫu composite ở 140°C, độ bền kéo uốn thấp nhất là do ở nhiệt độ này nhựa nền chưa nóng chảy hoàn toàn nên liên diện giữa sợi và nhựa kém. Còn ở 150°C độ bền kéo uốn giảm một ít nguyên nhân là do khi ép tẩm composite ở 150°C sẽ làm mat sợi bị quá nhiệt nhiều hơn so với khi ép ở 145°C.



Hình 9. Độ bền kéo uốn của mẫu composite tương ứng với nhiệt độ gia công khác nhau

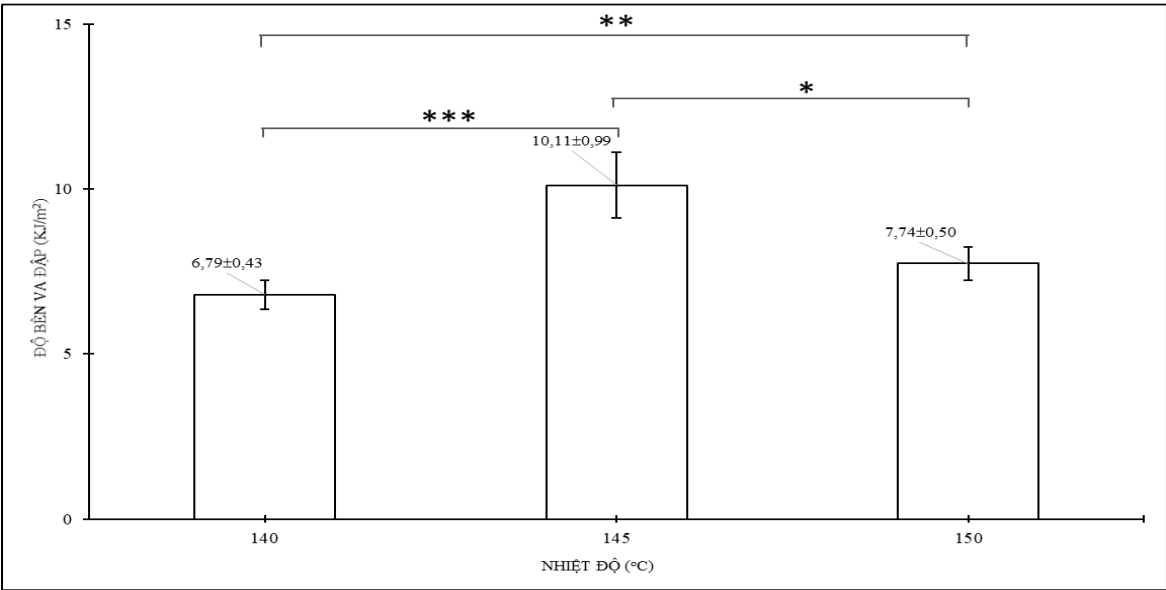
Ghi chú: Phân tích ANOVA một yếu tố được sử dụng để so sánh đồng thời các biến độc lập (* $P < 0,05$, *** $P < 0,001$)

3.6.2. Kết quả thử nghiệm độ bền va đập

Độ bền va đập trung bình của vật liệu composite tương ứng với các nhiệt độ ép tẩm composite khác nhau được thể hiện trên Hình 10.

Cũng tương tự với thử nghiệm về độ bền kéo uốn, độ bền va đập có xu hướng tăng khi nhiệt độ ép từ 140-145°C và đạt tốt nhất ở 145°C, ở 145°C tẩm

sợi bị quá nhiệt nhiều hơn so với ép ở 140°C, tuy vậy nhưng nhựa nền nóng chảy ở 145°C sẽ giúp liên kết tốt hơn với sợi. Ở 140°C, nhựa nền chưa nóng chảy hoàn toàn nên liên diện giữa sợi và nhựa kém. Ở 150°C, mat sợi bị quá nhiệt nhiều hơn so với khi ép tẩm composite ở 145°C. Do đó, nhiệt độ gia công tẩm composite thích hợp là 145°C.



Hình 10. Độ bền va đập của mẫu composite tương ứng với nhiệt độ gia công khác nhau

Ghi chú: Phân tích ANOVA một yếu tố được sử dụng để so sánh đồng thời các biến độc lập (* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$)

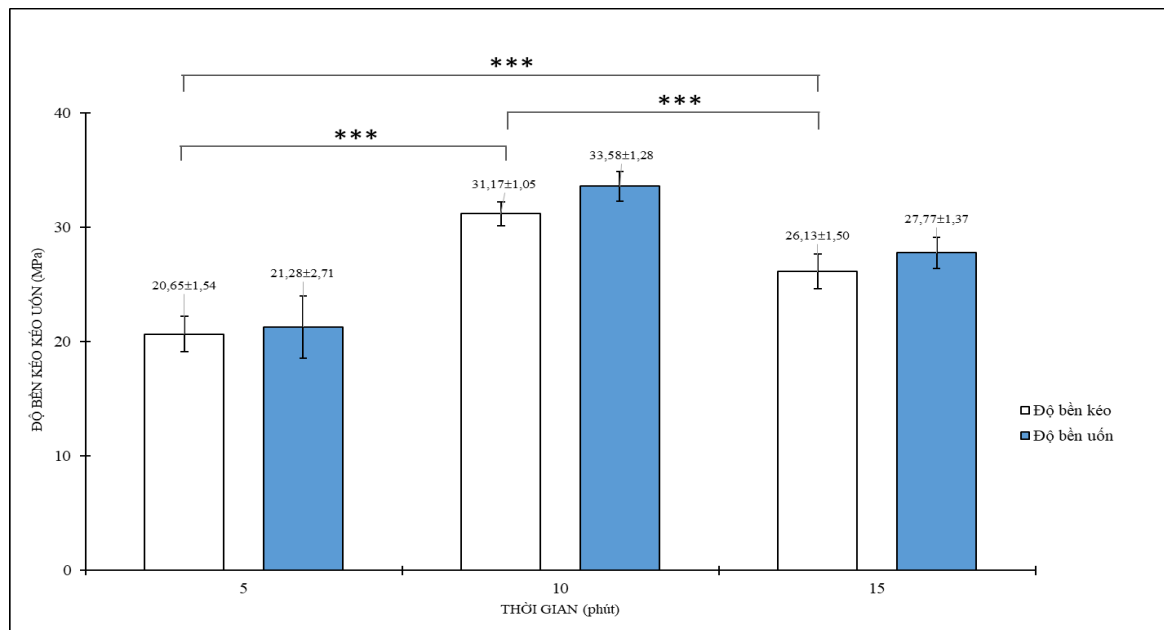
3.7. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian gia công vật liệu composite sợi đến cơ tính vật liệu composite

Tiến hành gia công tấm composite ở các thời gian ép lần lượt là 5, 10 và 15 phút và trong điều

kiện cố định nhiệt độ ép 145°C, áp suất ép 100 kg.cm⁻², giải nhiệt 15 phút, hàm lượng sợi 50%.

3.7.1. Kết quả thử nghiệm độ bền kéo, uốn

Độ bền kéo, uốn trung bình của vật liệu composite tương ứng với các thời gian ép tấm composite khác nhau được thể hiện trên Hình 11.



Hình 11. Độ bền kéo uốn của mẫu composite tương ứng với thời gian gia công khác nhau

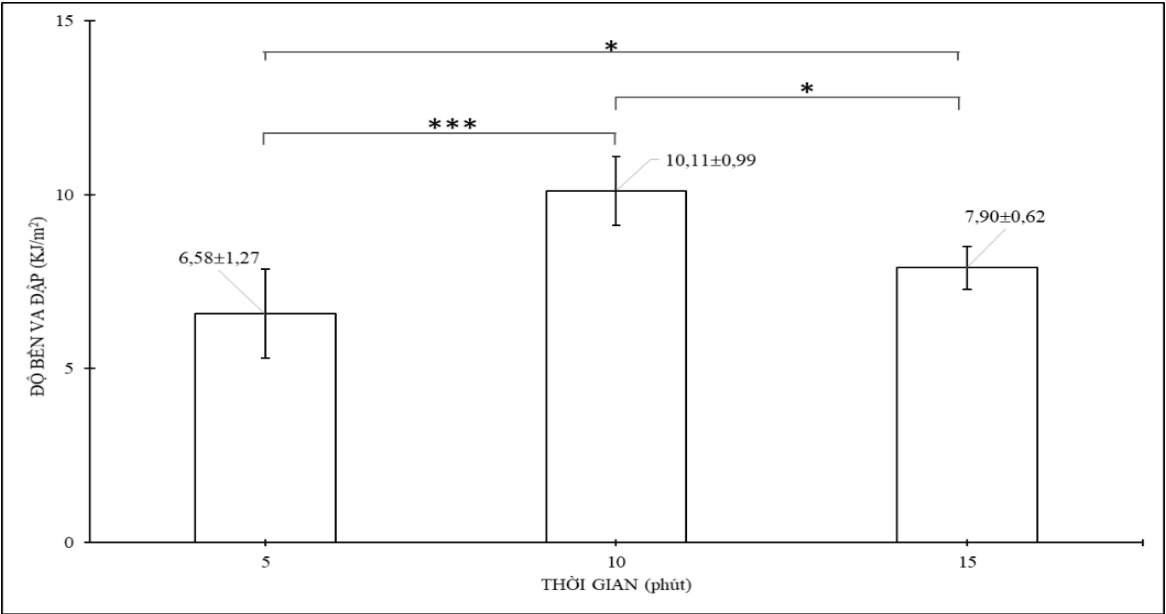
Ghi chú: Phân tích ANOVA một yếu tố được sử dụng để so sánh đồng thời các biến độc lập (***) $P < 0,001$

Độ bền kéo uốn của mẫu thử có xu hướng tăng khi thời gian ép khoảng 5-10 phút và đạt tốt nhất ở 10 phút, ở 10 phút tấm sợi sẽ bị quá nhiệt nhiều hơn so với ép tấm composite ở 5 phút, tuy nhiên nhựa nền nóng chảy ở 10 phút sẽ có đủ thời gian để len lỏi vào các khoảng trống giữa các sợi trong tấm sợi, điều đó làm cho liên diện giữa sợi và nhựa nền tốt hơn. Với thời gian 5 phút, do không đủ thời gian để nhựa nền có thể len lỏi vào các khoảng trống của tấm sợi. Còn ở thời gian ép 15 phút độ bền kéo uốn giảm nguyên nhân là vì tấm composite ở trong khuôn ép quá lâu dẫn đến việc hình thành nên nhiều vùng quá nhiệt trong mat sợi, từ đó làm cho độ bền kéo uốn của tấm composite giảm.

3.7.2. Kết quả thử nghiệm độ bền va đập

Độ bền va đập trung bình của vật liệu composite tương ứng với các thời gian ép tấm composite khác nhau được thể hiện trên Hình 12.

Kết quả thử nghiệm cũng tương tự như 2 thử nghiệm trên, độ bền va đập có xu hướng tăng khi thời gian ép từ 5 đến 10 phút và đạt tốt nhất ở 10 phút. Với thời gian ép 5 phút, do không đủ thời gian để nhựa nền có thể len lỏi vào các khoảng trống của tấm sợi nên độ bền đập sẽ giảm. Còn ở thời gian ép 15 phút độ bền va đập giảm một ít, nguyên nhân do tấm composite ở trong khuôn ép quá lâu dẫn đến việc hình thành nên nhiều vùng quá nhiệt trong mat sợi, làm cho độ bền kéo của tấm composite giảm.



Hình 12. Độ bền va đập của mẫu composite tương ứng với thời gian gia công khác nhau

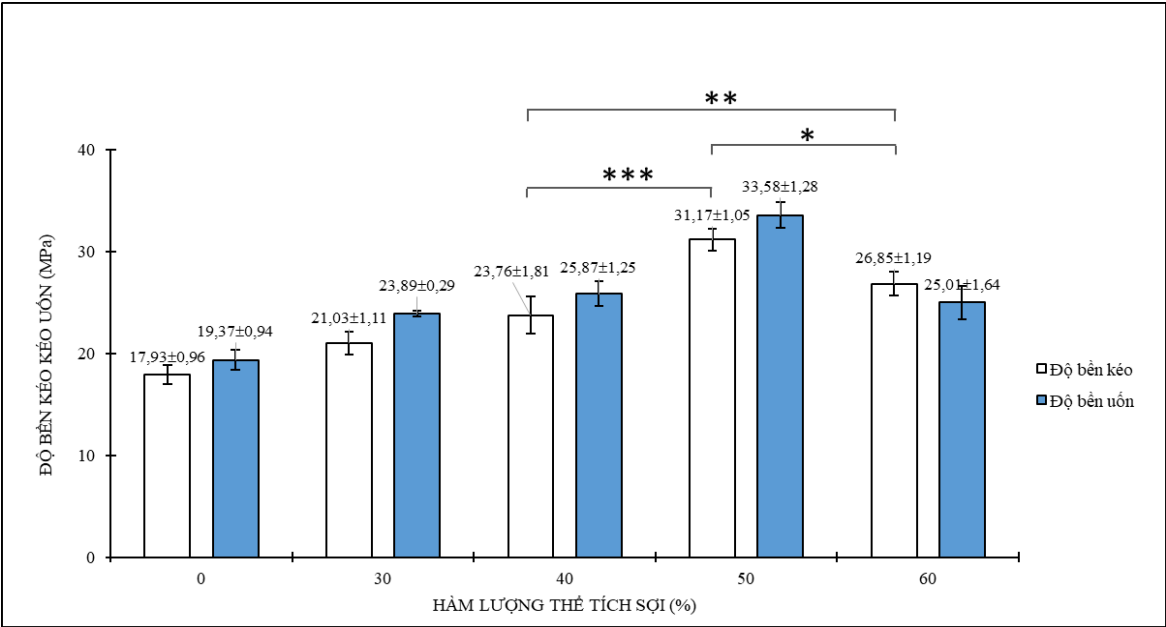
Ghi chú: Phân tích ANOVA một yếu tố được sử dụng để so sánh đồng thời các biến độc lập (* $P < 0,05$, *** $P < 0,001$)

3.8. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng thể tích sợi đến cơ tính vật liệu composite

Tấm composite được gia công ở các hàm lượng sợi 30, 40, 50, 60, 70% về thể tích và trong điều kiện cố định nhiệt độ ép 145°C , thời gian ép 10 phút, áp suất ép 100 kg.cm⁻², giải nhiệt 15 phút.

3.8.1. Kết quả thử nghiệm độ bền kéo, uốn

Độ bền kéo, uốn trung bình của vật liệu composite tương ứng với các hàm lượng thể tích sợi khác nhau được thể hiện trên Hình 13.



Hình 13. Độ bền kéo uốn của mẫu composite tương ứng với hàm lượng thể tích sợi khác nhau

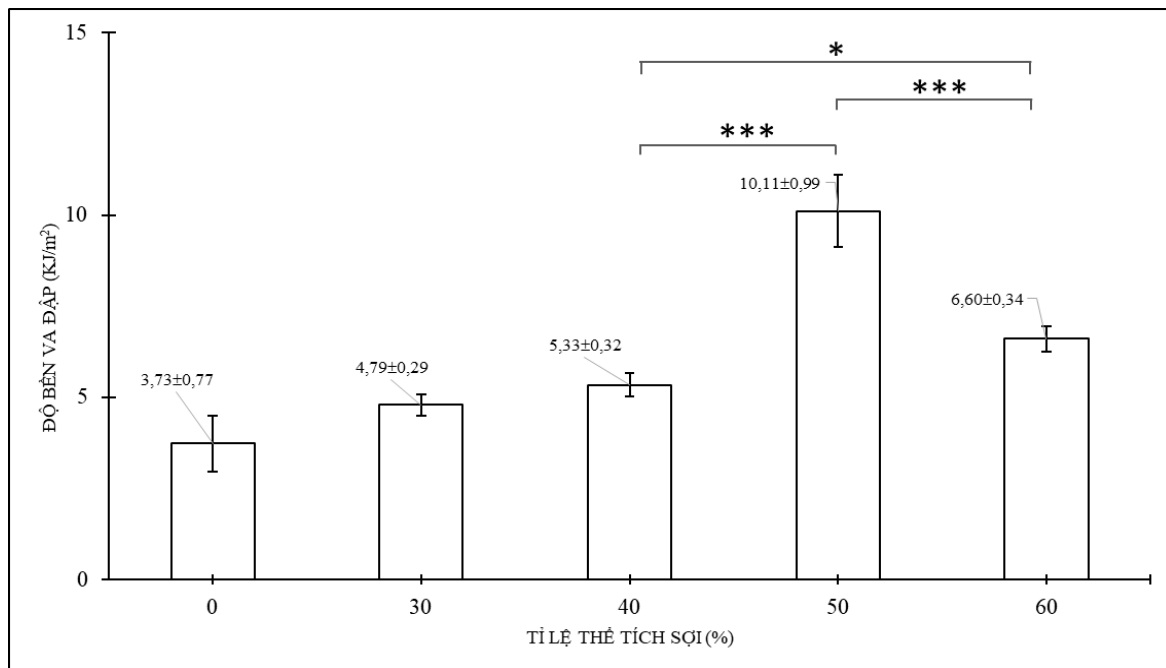
Ghi chú: Phân tích ANOVA một yếu tố được sử dụng để so sánh đồng thời các biến độc lập (* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$)

Độ bền kéo uốn tăng dần từ 0 đến 50% sợi và đạt tốt nhất ở 50% thể tích sợi. Khi hàm lượng sợi tăng lên 60% độ bền kéo uốn giảm, nguyên nhân do mat sợi quá dày làm cho nhựa nền khó len lõi và các chỗ trống giữa các sợi. Với hàm lượng sợi 70%, nhựa nền không thể điền đầy khuôn, đồng thời bề mặt cắt

ngang của mẫu composite cho thấy mat sợi và nhựa bị tách lớp khó liên kết lại với nhau.

3.8.2. Kết quả thử nghiệm độ bền va đập

Độ bền va đập trung bình của vật liệu composite tương ứng với các hàm lượng thể tích sợi khác nhau được thể hiện trên Hình 14.



Hình 14. Độ bền va đập của mẫu composite tương ứng với hàm lượng thể tích sợi khác nhau

Ghi chú: Phân tích ANOVA một yếu tố được sử dụng để so sánh đồng thời các biến độc lập (* $P < 0,05$, *** $P < 0,001$)

Tương tự như 2 thí nghiệm trên, độ bền va đập của mẫu thử tăng khi gia tăng hàm lượng sợi từ 0 đến 50% và đạt tốt nhất ở 50% thể tích. Với hàm lượng sợi 60%, độ bền va đập giảm là do tấm sợi quá dày làm cho nhựa nền khó có thể len lõi vào các chỗ trống giữa các sợi.

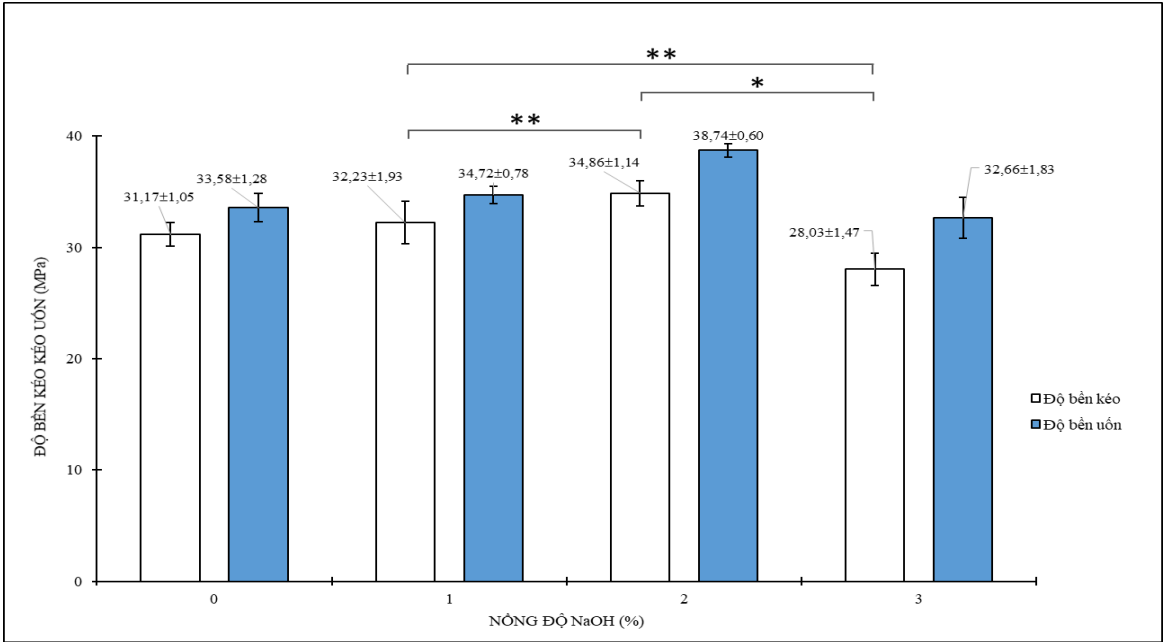
3.9. Khảo sát ảnh hưởng của tác nhân xử lý sợi đến cơ tính vật liệu composite

Tạo mẫu composite có thành phần sợi thân cây bắp đã được xử lý hóa học bằng cách ngâm sợi trong dung dịch NaOH 0, 1, 2 và 3%, thời gian xử lý sợi là 24 giờ.

3.9.1. Kết quả thử nghiệm độ bền kéo, uốn

Ảnh hưởng của tác nhân xử lý sợi đến độ bền kéo, uốn của vật liệu composite được thể hiện trên Hình 15

Độ bền kéo uốn của mẫu thử có xu hướng tăng từ 0 đến 2%, và đạt tốt nhất ở 2%. Nguyên nhân độ bền kéo tăng là do sau khi xử lý NaOH một phần lignin và hemicellulose bị hòa tan vào dung dịch giúp cải thiện độ bền cho sợi (Tráng, 2002), đồng thời quá trình xử lý hóa học giúp cải thiện độ bền kéo của sợi (Liu et al., 2019). Ở 3% độ bền kéo uốn giảm, nguyên nhân do nồng độ NaOH sẽ phá hủy đi cấu trúc của sợi bằng cách loại bỏ quá nhiều lignin và hemicellulose.



Hình 15. Độ bền kéo uốn của mẫu composite tương ứng với nồng độ NaOH xử lý sợi khác nhau

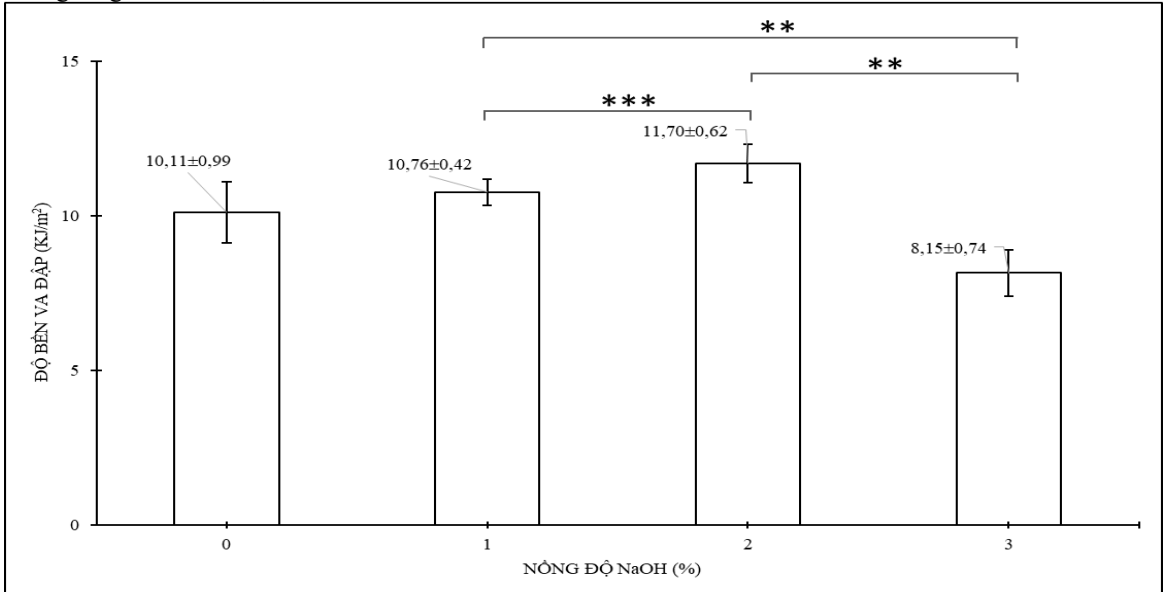
Ghi chú: Phân tích ANOVA một yếu tố được sử dụng để so sánh đồng thời các biến độc lập (* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$)

3.9.2. Kết quả thử nghiệm độ bền va đập

Ảnh hưởng của tác nhân xử lý sợi đến độ bền va đập của vật liệu composite được thể hiện trên Hình 16.

Tương tự, độ bền va đập của mẫu thử cũng có xu hướng tăng từ 0 đến 2%, và đạt tốt nhất tại 2%. Do

sau khi xử lý NaOH hàm lượng lignin và hemicellulose bị loại bỏ đi một phần nên làm cho bề mặt sợi trở nên thô ráp, giúp tăng liên diện giữa sợi và nhựa. Ở nồng độ NaOH 3%, cấu trúc của sợi sẽ bị phá hủy do bỏ quá nhiều lignin và hemicellulose, dẫn đến độ bền va đập giảm.



Hình 16. Độ bền kéo uốn của mẫu composite tương ứng với nồng độ phần trăm NaOH xử lý sợi khác nhau

Ghi chú: Phân tích ANOVA một yếu tố được sử dụng để so sánh đồng thời các biến độc lập (** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$)

4. KẾT LUẬN

Sợi thân cây bắp không xử lý có hàm lượng cellulose ~61%, cấu trúc của sợi gồm các vi sợi có đường kính không xác định và nhiều ống rỗng to ở giữa với kích thước 80-130 μm nên sợi thân cây bắp có khối lượng riêng nhẹ hơn so với các loại sợi tự nhiên phổ biến khác (sợi xơ dừa, sợi cuống dừa nước,...). Tầm sợi thân cây bắp được gia công ở điều kiện tối ưu với nhiệt độ ép 140°C, thời gian ép 3 phút, áp suất ép 50 kg.cm^{-2} , và giải nhiệt ngoài không khí. Tầm nhựa HDPE tái chế được dẫn trải đồng đều khi gia công tại điều kiện tối ưu như nhiệt độ ép 150°C, thời gian ép 6 phút, áp suất ép 100 kg.cm^{-2} và giải nhiệt ở máy ép nguội 5 phút. Việc gia cường bằng sợi thân cây bắp với hàm lượng thể tích sợi chiếm 50% thì độ co ngót của vật liệu ~0,4%, giảm đáng kể so với mẫu nhựa HDPE tái chế có độ co ngót lên đến ~2,4%. Điều này có ý nghĩa rất lớn trong việc chống biến dạng sau gia công cho

composite nhựa nhiệt dẻo, giúp cho vật liệu hạn chế được mức độ cong vênh thường thấy khi gia công nhựa nhiệt dẻo. Vật liệu composite từ sợi thân cây bắp và nhựa HDPE tái chế được gia công ở điều kiện tối ưu với nhiệt độ ép 145°C, thời gian ép 10 phút, áp suất ép 100 kg.cm^{-2} , giải nhiệt 15 phút và hàm lượng sợi chiếm 50% thể tích có cơ tính tối đa với độ bền kéo ~31 MPa, độ bền uốn ~34 MPa, độ bền va đập ~10 KJ.m^{-2} . Các chỉ số cơ tính của vật liệu composite từ sợi thân cây bắp và nhựa HDPE tái chế cũng đáp ứng tốt các yêu cầu kỹ thuật của ván ép (TCVN 7754:2007), rất phù hợp để sản xuất sản phẩm như mặt bàn, tấm ngói lợp mái nhà và trang trí nội thất,... Ngoài ra, khi xử lý sợi bằng dung dịch NaOH 2% hàm lượng cellulose tăng lên 66%, đồng thời vật liệu composite được gia cường bởi sợi thân cây bắp đã xử lý giúp cải thiện độ bền kéo tăng ~35 MPa, độ bền uốn ~39 MPa và độ bền va đập ~12 KJ.m^{-2} đều cao hơn ~10-15% so với composite được gia cường bằng sợi thân cây bắp chưa được xử lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Diệu, T. V., Năng, H. X., Tuấn, P. A., & Oanh, Đ. T. Y. (2018). *Vật liệu polymer composite, khoa học và công nghệ*. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
- Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H. P., & Sain, M. (2012). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. *Progress in polymer science*, 37(11), 1552-1596. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2012.04.003>
- Gomez, T. S., Zuluaga, S., Jimenez, M., Navacerrada, M. A., Barbero-Barrera, M. M., Prida, D., Restrepo-Osorio, A., & Fernández Morales, P. (2021). *Evaluation of Colombian Crops Fibrous Byproducts for Potential Applications in Sustainable Building Acoustics*. *Polymers*, 13(1), 101. <https://doi.org/10.3390/polym13010101>
- Hosokawa, M. N., Darros, A. B., Moris, V. A. S., & Paiva, J. M. F. (2017). *Polyhydroxybutyrate Composites with Random Mats of Sisal and Coconut Fibers*. *Materials Research*, 20(1), 279-290. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2016-0254>
- Liu, Y., Xie, J., Wu, N., Ma, Y., Menon, C., & Tong, J. (2019). Characterization of natural cellulose fiber from corn stalk waste subjected to different surface treatments. *Cellulose*, 26, 4707–4719. <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02429-6>
- Liu, Y., Lv, X., Bao, J., Xie, J., Tang, X., Che, J., Ma, Y., & Tong, J. (2019). *Characterization of silane treated and untreated natural cellulosic fibre from corn stalk waste as potential reinforcement in polymer composites*. *Carbohydrate Polymers*, 218(15), 179-187. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.04.088>
- Niên, H. X. (2018). Xác định thông số công nghệ tạo composite từ sợi xơ dừa với chất nền là nhựa HDPE. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 4, 167-174.
- Puyana-Romero, V., Cevallos, W. A. J., & Ciaburro, G. (2023). *Simulation of acoustic properties of plaster matrix composite material reinforced with corn stem fibers*. *Fibers*, 11(26). <https://doi.org/10.3390/fib11030026>
- TCVN 7754. (2007). *Tiêu chuẩn quốc gia về vật liệu ván dăm và vật liệu giả gỗ không phủ mặt*.
- Tráng, H. S. (2002). *Cơ sở hóa học gỗ và xenluloza*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
- Toàn, M. V. P. (2021). Nghiên cứu vật liệu composite thân thiện với môi trường từ sợi cuốn dừa nước và nhựa polyethylene tỷ trọng cao tái chế. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 57, 42-52. [10.22144/ctu.jvn.2021.171](https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2021.171)
- Trigui, A., Karkri, M., Pena, L., Boudaya, C., Candau, Y., Bouffi, S., & Vilaseca, F. (2012). *Thermal and mechanical properties of maize fibres–high density polyethylene biocomposites*. *Journal of Composite Materials*, 47(11), 1387-1397. <https://doi.org/10.1177/0021998312447648>
- Tsou, C. H., Chen, Z. J., Yuan, S., Ma, Z. L., Wu, C. S., Yang, T., Jia, C. F., & Guzman, M. R. D. (2022). *The preparation and performance of poly(butylene adipate) terephthalate/corn stalk composites*. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5C:\Users\Thinkpad

L13\Downloads\5, 100329.
<https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2022.100329>
Viet, Q. N., Linh, V. V. N., Sinh, N. P., Tuyen, N. K.
N., Tri, M. P., & Thanh, D. N. (2014).
Investigate coir fibers' properties produced by

coconut fiber extracting machine in Ben Tre and
research the treatment for fiber with NaOH
solution. *Engineering and Technology*, 17(2),
93-102.
<https://doi.org/10.32508/stdj.v17i2.1363>