



Original Article

Investigating the Influence of Hydroperoxide Treatment on the Bagasse Fiber Reinforced Composite Properties

Nguyen Thanh Liem*, Nguyen Pham Duy Linh,
Nguyen Huy Tung, Bach Trong Phuc

*Centre for Polymer Composite and Paper Technology,
Hanoi University of Science and Technology, 1 Dai Co Viet, Hai Ba Trung, Hanoi, Vietnam*

Received 22 February 2021

Revised 06 October 2021; Accepted 22 March 2023

Abstract: This study investigated the effect of hydroperoxide treatment on the properties of bagasse fibers in order to get the value-added material using by-products from sugar production such as reinforcement for composite materials. The results of processing bagasse fibers with hydroperoxide at different concentrations, temperatures, and treatment times showed that treatment conditions significantly influenced the properties of the obtained fibers. With suitable treatment conditions of 10% peroxide concentration, treatment time of 40 minutes, and treatment temperature of 60 °C, the treated fiber had a more homogeneous surface than the untreated one. The composite using hybrid bagasse/glass fiber had higher flexural and impact resistance than when using glass fiber and reached 162.6 MPa and 38.9 KJ/m² (16.7% and 213%, respectively, compared to composite using glass fiber only). It could be due to the treated bagasse fiber having a better wetting ability with the matrix resin and together with the energy absorption capacity of the fiber bundle. It led to an increase in flexural strength and impact strength of composite material.

Keywords: Bagasse fiber, Glass fiber, Composite material, Impact strength.

* Corresponding author.

E-mail address: liem.nguyenthanh@hust.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5185>

Nghiên cứu ảnh hưởng của xử lý sợi mía bằng hydroperoxit đến tính chất của compozit gia cường bằng sợi mía

Nguyễn Thanh Liêm*, Nguyễn Phạm Duy Linh,
Nguyễn Huy Tùng, Bạch Trọng Phúc

*Trung tâm công nghệ polyme compozit và giấy, Đại học Bách khoa Hà Nội,
Số 1, Đại Cồ Việt, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 22 tháng 02 năm 2021

Chỉnh sửa ngày 06 tháng 12 năm 2021; Chấp nhận đăng ngày 22 tháng 3 năm 2023

Tóm tắt: Kết quả xử lý sợi mía bằng dung dịch hydro peroxit ở nồng độ, nhiệt độ và thời gian xử lý khác nhau đã cho thấy điều kiện xử lý có ảnh hưởng lớn đến tính chất của sợi thu được. Nồng độ dung dịch hydro peroxit 10%, thời gian xử lý 40 phút tại nhiệt độ 60 °C cho sợi có độ bền kéo tăng cao hơn 20% so với sợi chưa xử lý. Vật liệu compozit sử dụng sợi mía đã xử lý lai tạo với sợi thủy tinh dạng vỏ lớp có độ bền uốn và độ bền va đập lần lượt là 162,6 MPa và 38,9 KJ/m², cao hơn so với sợi thủy tinh lần lượt là 16,7% và 213%. Điều này có thể được giải thích là do sợi mía sau khi xử lý có khả năng thấm ướt tốt hơn với nhựa nền và cùng với khả năng hấp thụ năng lượng của bó sợi, do vậy đã làm tăng được độ bền uốn và độ bền va đập của vật liệu.

Từ khóa: Sợi mía, sợi thủy tinh, dung dịch kiềm, vật liệu compozit, độ bền va đập.

1. Mở đầu

Theo Hiệp hội Mía đường Việt Nam, niên vụ 2015 - 2019, sản lượng mía của cả nước đạt 15 triệu tấn/năm. Tuy nhiên nếu tính theo khối lượng thì chỉ khoảng 23% trọng lượng của toàn bộ cây mía được sử dụng để sản xuất đường, phần còn lại bị loại bỏ. Bên cạnh đó, khi thân cây mía sử dụng trong quá trình ép, sau khi tách lấy đường thì còn lại 27% là bã mía, 1,3% dạng bùn ép và 4,1% rỉ đường.

Bã mía là phần phế thải trong quá trình chế biến đường từ cây mía và hiện nay phần lớn được loại bỏ bằng cách đốt tại Việt Nam. Vì thế lượng bã mía thải ra trong nhà máy sản xuất đường là rất lớn, chưa kể đến bã ép thải loại trong quá trình sử dụng, khai thác cây mía trong đời sống.

Nhà máy Đường Bourbon (Tây Ninh), với công suất chế biến 8000 tấn mía/ngày, đã thải ra

lượng bã mía khoảng 2800 tấn/ngày. Công ty Đường Biên Hòa (Đồng Nai) có 3 nhà máy, trong đó 2 nhà máy sử dụng mía làm nguyên liệu với tổng công suất 5000 tấn mía/ngày [1, 2].

Mỗi năm, sản lượng mía cây là 600000 ÷ 750000 tấn, tương đương 174000 ÷ 217500 tấn bã được thải ra (khoảng 29% khối lượng mía cây). Bã mía sau khi ép còn chứa từ 1 đến 2% đường và có hàm ẩm khoảng 50%.

Trong thời gian qua, các ứng dụng của bã mía chưa được khai thác triệt để, chỉ dùng lại ở việc dùng làm nhiên liệu đốt lò hoặc làm bột giấy, ván ép dùng trong xây dựng hay làm thức ăn cho gia súc [3, 4].

Việc tận dụng phụ phẩm nông nghiệp trong đó có bã mía làm nhiên liệu thông qua quá trình đốt cháy trực tiếp có thể gây ra các vấn đề môi trường. Do vậy, gần đây trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu sử dụng phụ phẩm nông nghiệp trong đó có bã mía để chế tạo ra các sản phẩm như than hoạt tính, vật liệu hấp phụ, thậm chí chống xói mòn đất [5-8].

Để xử lý sợi mía nói riêng cũng như sợi thực vật nói chung bằng phương pháp hoá học

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: liem.nguyenthanh@hust.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5185>

thường sử dụng dung dịch kiềm. Tuy chỉ sử dụng hàm lượng thấp (thường nhỏ hơn 0,5 N) nhưng do vẫn còn lượng kiềm dư trong nước thải nên đã gây ảnh hưởng đến môi trường xung quanh khi thải trực tiếp ra bên ngoài hoặc sẽ tồn kém nếu muốn trung hoà lượng kiềm dư. Bên cạnh đó, xử lý sợi bằng dung dịch kiềm thường kéo dài thời gian dẫn đến khó có thể áp dụng ở quy mô công nghiệp [9-12].

Trong công nghiệp sản xuất giấy, hydro peroxit đã được sử dụng làm chất tẩy trắng. Hydro peroxit có ưu điểm là vừa có tác dụng làm sạch và khả năng phân huỷ tự nhiên thành nước. Do vậy các dung dịch sau xử lý không ảnh hưởng đến môi trường

Vật liệu polyme compozit thường sử dụng sợi thủy tinh làm chất gia cường trong quá trình chế tạo. Sợi tổng hợp như sợi thủy tinh thường cứng, giòn do vậy đã làm ảnh hưởng đến tính chất cơ lý của vật liệu tạo thành như độ bền va đập của sản phẩm thấp [12].

Công trình này tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình xử lý sợi bã mía bằng dung dịch hydroperoxit (H_2O_2) đến tính chất của sợi và định hướng ứng dụng chúng làm chất gia cường cho vật liệu compozit, thay thế sợi tổng hợp truyền thống như sợi thủy tinh.

2. Thực nghiệm

2.1. Nguyên vật liệu

Mía được lấy từ nhà máy chế biến đường Lam Sơn (Thanh Hoá) có chiều dài từ 5 - 10 cm, dạng mảnh và chưa được xử lý.

Sợi thủy tinh dạng vải mat (Trung Quốc) có mật độ 300 g/m².

Nhựa polyeste không no loại R2110 (Đài Loan) có các chỉ tiêu kỹ thuật chính: độ nhớt 47 mPas, khối lượng riêng 1,056 g/ml, hàm lượng styren 40%.

Chất khơi mào cho nhựa polyeste không no là metyle etylketon peroxit (Trung Quốc).

2.2. Phương pháp chế tạo

2.2.1. Phương pháp chế tạo sợi mía

Bã mía được lấy từ nhà máy mía đường Lam Sơn Thanh Hoá được xử lý theo 05 bước

sau để tạo sợi trước khi ép trên máy thủy lực để tạo thành vải dạng mat:

i) Mía được lấy về sẽ để ngâm trong nước sạch trong 24 giờ để rửa sạch bụi bẩn đồng thời loại bỏ bớt lượng đường trong mía;

ii) Cán trên thiết bị SXR 160A (SLIMC - Trung Quốc) để loại bỏ nước cùng đường còn sót lại bên trong sợi mía. Quá trình này cần thực hiện từ 3 - 4 lần để loại bỏ hết đường trong mía, tránh bị mốc trong lúc bảo quản;

iii) Cào sợi để tách bã mía ra thành các sợi dài có kích thước lớn hơn 5 cm;

iv) Sợi được đem đi xử lý bằng hydroperoxit với nồng độ 5, 10 và 15% tại nhiệt độ phòng cũng như tại 60 °C với thời gian từ 20 - 120 phút;

v) Sấy sợi thu được ở 70 °C đến khối lượng không đổi, hàm ẩm đạt được từ 3 - 4%;

Sợi mía được ép trên máy ép Gotech GT-7014 - A30 (Đài Loan) trong 10 phút tại áp lực ép 15 kgf/cm² để tạo tấm mat. Mat mía thu được có mật độ 220 g/m² được sử dụng riêng hoặc phối hợp với sợi thủy tinh để làm chất gia cường dạng lai tạo.

2.2.2. Chế tạo mẫu compozit gia cường sợi

Vật liệu compozit gia cường sợi mat mía, lai tạo sợi thủy tinh/sợi mía được chế tạo theo phương pháp lăn ép bằng tay. Nhựa polyeste không no, chất khơi mào metyle etylketon peroxit được trộn đều và được lăn ép lên trên bề mặt các tấm mat mía, mat thủy tinh/mat mía theo tỷ lệ sợi/nhựa xác định. Vật liệu được đóng rắn ở nhiệt độ phòng trong 7 ngày trước khi đem đi cắt thành mẫu để đo các tính chất cơ lý.

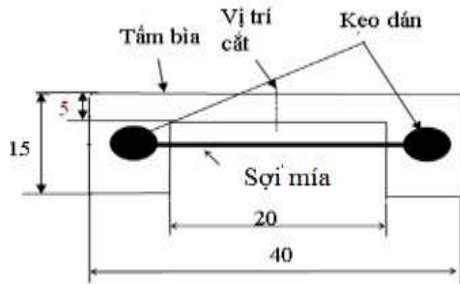
2.2.3. Phương pháp xác định tính chất của sợi mía và vật liệu compozit

Độ bền kéo, độ giãn dài khi đứt của sợi mía được xác định trên thiết bị đo tính chất cơ học vật liệu LLoyd 5 KN theo tiêu chuẩn TCVN 4509 - 2013, tốc độ kéo 5 mm/phút. Mẫu kéo được chuẩn bị theo Hình 1.

Độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của vật liệu compozit được xác định theo tiêu chuẩn ISO 527 - 3 trên máy đo tính chất cơ lý Instron 5582 - 100 KN, tốc độ kéo 2 mm/phút.

Độ bền va đập được xác định theo tiêu chuẩn ISO 180 - 2019 trên máy RADMANA ITR-2000 (Úc).

Đường kính sợi, cấu trúc hình thái sợi và vật liệu được xác định thông qua phương pháp chụp kính hiển vi điện tử quét SEM trên thiết bị Jeol JSM 6360 LV (Nhật Bản).



Hình 1. Mẫu đo độ bền kéo đứt và độ giãn dài.

Thành phần sợi mía bao gồm hàm lượng xenlulo, hemixenlulo, lignin, tro và hàm ẩm trước và sau khi xử lý bằng hydro peroxit được xác định theo các tiêu chuẩn phân tích thành phần hoá học gỗ và phi gỗ ASTM D588, ASTM D1106-96, ISO 13061-1:2014.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của điều kiện xử lý đến tính chất của sợi mía

Đã tiến hành khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố như nồng độ dung dịch H₂O₂, nhiệt độ và thời gian xử lý đến tính chất của sợi mía. Nồng độ dung dịch H₂O₂ lần lượt là 5%, 10% và 15%, thời gian xử lý thay đổi từ 20 phút đến 120 phút. Nhiệt độ xử lý lần lượt ở 25 °C, 60 °C và 80 °C.

Đã lựa chọn điều kiện khảo sát ảnh hưởng của nồng độ H₂O₂ ở nhiệt độ 25 °C, thời gian xử lý trong 60 phút. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nồng độ H₂O₂ đến đường kính sợi và độ bền kéo của sợi mía được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của nồng độ H₂O₂ đến tính chất của sợi mía

Nồng độ H ₂ O ₂ , %	Tính chất sợi mía	
	Đường kính, μm	Độ bền kéo, MPa
0	325 - 507	110 - 195
5	290 - 410	130 - 217
10	202 - 290	170 - 320
15	211 - 297	150 - 235

Kết quả ở Bảng 1 cho thấy, sự thay đổi nồng độ dung dịch H₂O₂ có ảnh hưởng lớn đến đường kính sợi và độ bền kéo. Đường kính sợi có xu hướng giảm xuống khi nồng độ H₂O₂ lên đến 10% và gần như không thay đổi sau 60 phút xử lý. Điều này có thể được giải thích là khi nồng độ hydro peroxit tăng thì các thành phần như sáp, lignin, chất màu, hemixenlulo đã bị tách ra khỏi bó sợi nhiều hơn dẫn đến đường kính sợi có xu hướng giảm xuống.

Độ bền kéo cũng có xu hướng tương tự và đạt cao nhất khi sử dụng dung dịch H₂O₂ có nồng độ là 10%. Sợi khi chưa xử lý có độ bền kéo trong khoảng 110 - 195 MPa đã tăng lên trong khoảng 170 - 320 MPa khi xử lý bằng dung dịch H₂O₂ 10% ở nhiệt độ phòng sau 60 phút.

Do vậy, lựa chọn điều kiện xử lý sợi mía tại nồng độ H₂O₂ 10%, nhiệt độ 25 °C cho các nghiên cứu tiếp theo.

Đã khảo sát ảnh hưởng của thời gian xử lý đến tính chất của sợi mía. Thời gian xử lý lựa chọn từ 20 đến 120 phút. Ảnh hưởng của thời gian xử lý đến đường kính và độ bền kéo của sợi được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của thời gian xử lý đến đường kính và độ bền kéo của sợi mía

Thời gian, phút	Tính chất sợi mía	
	Đường kính, μm	Độ bền kéo, MPa
20	285 - 426	160 - 295
40	215 - 302	182 - 332
60	202 - 290	170 - 320
80	201 - 265	163 - 291
100	197 - 262	155 - 270
120	190 - 260	152 - 263

Kết quả thu được về ảnh hưởng của thời gian xử lý đã cho thấy 40 phút là hiệu quả nhất. Nếu kéo dài thời gian xử lý thì độ bền của sợi có xu hướng giảm. Sau thời gian xử lý 40 phút, đường kính sợi mía trong khoảng 215 - 302 μm và độ bền kéo dao động từ 182 - 332 MPa.

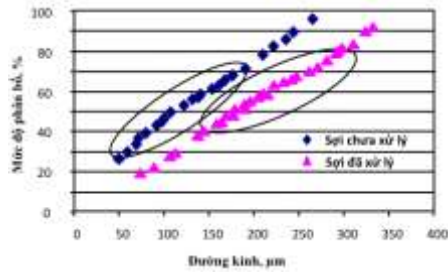
Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ đến đường kính và độ bền kéo sợi được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ xử lý đến tính chất của sợi mía

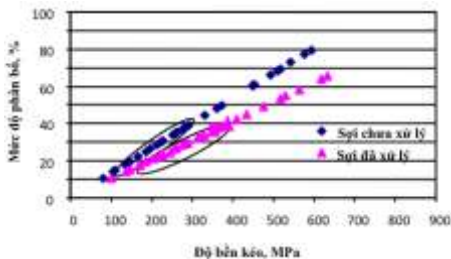
Nhiệt độ, °C	Tính chất sợi mía	
	Đường kính, μm	Độ bền kéo, MPa
25	215 - 302	182 - 332
60	203 - 295	195 - 370
80	170 - 320	135 - 197

Kết quả cho thấy nhiệt độ xử lý cũng có ảnh hưởng lớn đến tính chất của sợi. Khi tăng nhiệt độ xử lý lên đến 60 °C, đường kính sợi giảm nhẹ nhưng độ bền tăng lên đáng kể. Điều này có thể được giải thích khi nhiệt độ tăng thì peroxit linh động hơn, dễ khuyết tán sâu vào trong bó sợi do vậy các thành phần bao bọc bên ngoài sợi như sáp, lignin dễ dàng tách ra làm giảm mật độ bó sợi và giảm đường kính sợi. Sợi khi đó sẽ có cấu trúc đồng đều hơn với hàm lượng xenlulo lớn nên độ bền kéo có xu hướng tăng.

Khi so sánh sợi đã được xử lý ở điều kiện thích hợp nhất (trong phạm vi khảo sát) là nồng độ H₂O₂ 10% , thời gian xử lý 40 phút tại nhiệt độ 60 °C nhận thấy có sự thay đổi lớn về sự phân bố đường kính sợi, độ bền kéo và được thể hiện trong Hình 2 và Hình 3.



Hình 2. Độ phân bố đường kính sợi mía trước và sau khi xử lý.

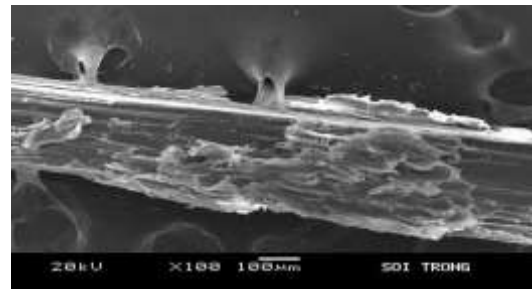


Hình 3. Độ phân bố độ bền kéo sợi mía trước và sau khi xử lý.

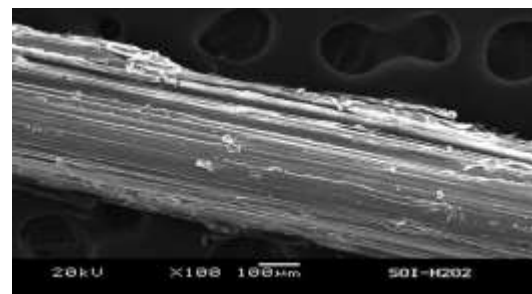
Từ Hình 2 và Hình 3 có thể nhận thấy sợi sau xử lý có đường kính và độ bền kéo tập hợp trong phạm vi hẹp hơn. Trong khi đó sợi chưa xử lý có độ phân bố cả đường kính lẫn độ bền kéo đứt trong phạm vi rộng. Để lý giải rõ hơn về sự thay đổi tính chất của sợi sau xử lý, đã tiến hành và chụp kính hiển vi điện tử quét SEM bề mặt sợi trước và sau khi xử lý bằng dung dịch H₂O₂. Kết quả được trình bày trong Bảng 4 và Hình 4.

Bảng 4. Thành phần sợi mía trước và sau khi xử lý bằng dung dịch H₂O₂

Thành phần	Trước xử lý, %	Sau xử lý, %
Xenlulo	44,06	54,11
Hemixenlulo	16,67	12,89
Lignin	20,07	16,08
Tro	1,05	1,33
Hàm ẩm	8,5	7,75



(a)



(b)

Hình 4. Ảnh chụp SEM bề mặt sợi mía. (a) Sợi trước khi xử lý (b) Sợi sau xử lý

Kết quả thu được từ bảng 4 cho thấy sau khi xử lý bằng dung dịch H₂O₂ thì hàm lượng xenlulo có trong sợi tăng mạnh từ 44,06% lên

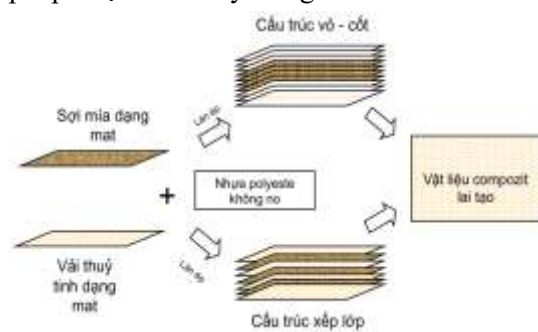
54,11% trong khi các thành phần khác như hemixenlulo và lignin giảm nhẹ.

Ảnh chụp SEM bề mặt sợi (Hình 4) cho thấy bề mặt sợi trước xử lý (a) thô ráp, có nhiều tạp chất và sau khi được xử lý bằng dung dịch H₂O₂ bề mặt trơn nhẵn hơn với các thớ sợi được lộ rõ. Do vậy có thể lý giải sự giảm đường kính sợi và tăng độ bền kéo đứt của sợi sau xử lý là do loại bỏ được các thành phần như hemixenlulo, lignin và tạo cho cấu trúc sợi chặt chẽ hơn. Tuy nhiên do sự suy giảm hàm lượng các thành phần này nhỏ, hàm lượng còn lại cao (hemixenlulo giảm từ 16,67% xuống 12,89%; lignin giảm từ 20,07% xuống 16,08%) nên có thể việc suy giảm này chỉ diễn ra trên bề mặt của bó sợi trong điều kiện thực hiện của nghiên cứu này.

Đã sử dụng điều kiện xử lý sợi mía thu được để chế tạo sợi, mat sợi mía cho bước nghiên cứu tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của sợi mía đến tính chất của vật liệu composit

Đã tiến hành chế tạo vật liệu composit với chất gia cường từ sợi thủy tinh, sợi mía và sợi lai tạo mía/thủy tinh. Đã sử dụng 02 phương pháp xếp lớp sợi gia cường là phương pháp xếp lớp (các lớp vải đặt lần lượt) và phương pháp vỏ cốt (lớp ngoài là mat mía và lớp trong là mat thủy tinh) với tỷ lệ các lớp khác nhau. Cách thức xếp vải thủy tinh, sợi mía theo 2 phương pháp được trình bày trong Hình 5.



Hình 5. Mô tả phương pháp xếp lớp vải thủy tinh/sợi mat mía.

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của sợi mía đến tính chất của vật liệu composit được trình bày trong Bảng 5.

Bảng 5. Tính chất cơ lý của vật liệu composit theo phương pháp đặt sợi khác nhau

Loại sợi	Tỷ lệ sợi/sợi	Độ bền kéo, MPa	Độ bền uốn, MPa	Độ bền va đập, KJ/m ²
Mía/thủy tinh	100/0	76,4	105,1	13,2
Mía/thủy tinh	0/100	120,6	140,5	18,2
Mía/thủy tinh (xếp lớp)	60/40	83,2	133,6	32,8
Mía/thủy tinh (vỏ cốt)	70/30	78,4	148,2	26,4
Mía/thủy tinh (vỏ cốt)	60/40	83,6	162,6	38,9
Mía/thủy tinh (vỏ cốt)	50/50	86,1	152,4	35,6
Mía/thủy tinh (vỏ cốt)	40/60	100,8	148,0	31,1
Mía/thủy tinh (vỏ cốt)	30/70	105,5	132,2	29,0

Kết quả ở Bảng 5 cho thấy khi sử dụng riêng sợi mía thì tính chất của vật liệu không cao so với khi sử dụng sợi gia cường là mat thủy tinh.

Tuy nhiên nếu sử dụng sợi lai tạo mía/thủy tinh thì tính chất cơ lý được cải thiện đáng kể. Nhìn chung các tính chất cơ lý đều tăng cao hơn so với khi chỉ sử dụng sợi mía. Việc sử dụng sợi mía đã tạo cho vật liệu có độ bền kéo, bền uốn phù hợp nhưng độ bền va đập tăng mạnh.

Với tỷ lệ chất gia cường mía/thủy tinh dạng vỏ cốt ở tỷ lệ 60 phần khối lượng mat mía và 40 phần khối lượng mat thủy tinh vật liệu có độ bền uốn đạt 162,6 KJ/m² và độ bền va đập đạt 38,9 KJ/m² (tăng tương ứng 16,7% và 213% so với khi chỉ sử dụng vải thủy tinh). Điều này có thể được giải thích bởi sự mềm dẻo của sợi mía do chúng là tập hợp của các sợi đơn do vậy có khả năng hấp thụ năng lượng phá hủy cao. Bên cạnh đó việc loại bỏ các thành phần phụ như lignin cũng làm tăng khả năng thấm ướt của nhựa nền polyeste vào trong bó sợi, tăng khả

năng liên kết giữa nhựa - sợi mía qua đó tăng được độ bền cơ học của vật liệu.

4. Kết luận

Đã khảo sát ảnh hưởng của điều kiện xử lý sợi mía bằng dung dịch hydroperoxit và tìm ra được điều kiện xử lý thích hợp là nồng độ 10%, thời gian 40 phút và nhiệt độ 60 °C. Sợi thu được có đường kính dao động từ 203 - 295 μm và độ bền kéo trong khoảng 195 - 370 MPa.

Đã khảo sát ảnh hưởng của sợi mía đến tính chất của vật liệu compozit nền nhựa polyeste không no. Kết quả cho thấy việc sử dụng sợi mía đã làm tăng đáng kể độ bền va đập của vật liệu so với khi sử dụng sợi thủy tinh và đạt 38,9 KJ/m².

Kết quả xử lý sợi mía và ứng dụng sợi thu được để chế tạo vật liệu compozit cho thấy khả năng chế tạo vật liệu chịu va đập cao khi sử dụng sợi mía, thay thế cho việc sử dụng sợi thủy tinh trong khi vật liệu thu được có tính chất cơ học cao đặc biệt là độ bền va đập.

Lời cảm ơn

Tác giả xin chân thành cảm ơn Phòng thí nghiệm trọng điểm vật liệu polyme và compozit đã hỗ trợ về kinh phí và thiết bị cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Vietnam Sugar Industry Report, 2019 (in Vietnamese), http://www.fpts.com.vn/FileStore2/File/2019/08/02/FPTSSugar_Industry_ReportJuly2019_61f3c42c, (accessed on: August 18th, 2019).
- [2] P. D. Tuan, Development of Biofuel for Building the Biomass Tower in Vietnam, *Journal of Science and Technology*, Vol. 50, No. 6, 2012, pp. 943-949 (in Vietnamese).
- [3] D. M. L. S. C. Datta, D. R. Biswas, C. K. Dotaniya, B. L. Meena, S. Rajendiran, K. L. Regar, M. Lata, M. L. Dotaniya, Use of Sugarcane Industrial Byproducts for Improving Sugarcane Productivity and Soil Health, *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, Vol. 5, No. 3, 2016, pp. 185-194, <https://doi.org/10.1007/s40093-016-103208>.
- [4] D. Verma, P. C. Gope, M. K. Maheshawri, R. K. Sharma, Bagasse Fiber Composite - A Review, *J. Mater, Environ. Sci*, Vol. 3, No. 6, 2012, pp. 1079-1092.
- [5] D. I. Nagy, I. V. Rowe, R. Kahhat, I. Quispe, G. C. Carrasco, Life Cycle Assessment of Bagasse Fiber Reinforced Biocomposites, *Science of the Total Environment*, Vol. 720, 2020, pp.1-12, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137586>.
- [6] H. A. Hegazi, Removal of Heavy Metals from Wastewater Using Agricultural and Industrial Wastes as Adsorbents, *HBRC Journal*, Vol. 9, 2013, pp. 276-282, <http://doi.org/10.1016/j.hbrj.2013.08.004>.
- [7] Z. Anwar, M. Gulfranz, M. Irshad, Agro - industrial Lignocellulosic Biomass a Key to Unlock the Future Bio-energy: A Brief Review, *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, Vol. 7, No. 2, 2014, pp. 163-173, <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2014.02.003>.
- [8] J. Anggono, S. Sugodo, N. R. Habili, Alkali Treatment of Sugarcane Bagasse to Improve Properties of Green Composites of Sugarcane Bagasse Fibers-polypropylene, *Ceramic Engineering and Science Proceeding*, Vol. 35, No. 2, 2014, pp. 5-15, <https://doi.org/10.1002/9781119031192.ch14>.
- [9] F. Ahmadi, M. J. Zamiri, M. Khorvash, E. Ziaee, I. Polykarpov, Pre-treatment of Sugarcane Bagasse with a Combination of Sodium Hydroxide and Lime for Improving the Ruminant Degradability: Optimization of Process Parameters Using Response Surface Methodology, *Journal of Applied Animal Research*, Vol. 44, No. 1, 2016, pp. 287-296, <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1031783>.
- [10] A. Bartos, J. Anggono, A. E. Farkas, D. Kun, F. E. Soetaredjo, J. Moczo, Antoni, Hariyati Purwaningsih, Bela Pukanszky, Alkali Treatment of Lignocellulosic Fibers Extracted from Sugarcane Bagasse: Composition, Structure, Properties, *Polymer Testing*, Vol. 88, 2020, pp. 1-8, <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106549>.
- [11] M. Karatas, H. Gokkaya, A Review on Machinability of Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) and Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) Composite Materials, *Defence Technology*, Vol. 14, No. 4, 2018, pp. 318-326, <https://doi.org/10.1016/j.dt.2018.02.001>.
- [12] D. K. Jesthi, R. K. Nayak, Evaluation of Mechanical Properties and Morphology of Seawater Aged Carbon and Glass Fiber Reinforced Polymer Hybrid Composites, *Composite Part B*, Vol. 174, 2019, pp. 1-9, <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.106980>.