

ĐÁNH GIÁ CƠ TÍNH CỦA VẬT LIỆU COMPOSITE TỪ NHỰA TÁI CHẾ POLYPROPYLENE VÀ CỐT SỢI LỤC BÌNH

TRẦN NHẬT HUY¹, LÊ ANH HÀO², TRẦN THANH TÂM^{2*}

¹ Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh

² Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh

Tóm tắt:

Lục bình (*Eichhornia crassipes*) là loài thực vật thủy sinh rất quen thuộc với người dân nông thôn. Tuy nhiên, lục bình phát triển nhanh chóng không chỉ lấn chiếm lòng sông, cản trở lưu thông mà còn gây ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng nguồn nước sinh hoạt. Nghiên cứu này nhằm tận dụng nguồn rác thải nhựa, vật liệu thiên nhiên để chế tạo vật liệu tổ hợp (composite) và đánh giá cơ tính của nó. Thông qua kính hiển vi quang học (OM), hồng ngoại biến đổi Fourier (FT-IR) để nghiên cứu phân tích các tính chất của sợi lục bình, đánh giá ảnh hưởng của các kích thước sợi lục bình với tỷ lệ pha trộn giữa vật liệu nền và pha gia cường đến các đặc tính kéo của vật liệu tổng hợp polypropylene (PP) được gia cố bằng sợi lục bình đã được xử lý, so sánh chúng với composite sợi thủy tinh, sợi thô, mẫu M0 chứa 100% nhựa PP. Kết quả cho thấy, tỷ lệ tối ưu nhất là 95% wt PP kết hợp với 5% wt sợi, kích thước sợi là 5mm sẽ giúp giải quyết các vấn đề môi trường, tận dụng nguồn rác thải, mang lại lợi ích về kỹ thuật và kinh tế, góp phần vào sự phát triển bền vững của các ngành công nghiệp liên quan.

Từ khóa: Composite, lục bình, sợi lục bình.

Ngày nhận bài: 10/8/2024; Ngày sửa chữa: 11/9/2024; Ngày duyệt đăng: 24/9/2024.

Evaluation of mechanical properties of composite materials from recycled polypropylene plastic and water hyacinth fiber

Abstract:

Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) is an aquatic plant very familiar to rural people. However, the rapid growth of water hyacinth not only encroaches on river beds, obstructing circulation, but also causes environmental pollution and affects domestic water sources. This research aims to take advantage of plastic waste and natural materials to manufacture composite materials and evaluate its mechanical properties. Through optical microscope (OM), Fourier transform infrared (FT-IR) to study and analyze the properties of water hyacinth fibers, evaluate the influence of water hyacinth fiber sizes on the mixing ratio between materials with matrix material and reinforcement phase on the tensile properties of treated water hyacinth fiber-reinforced polypropylene (PP) composites, comparing them with glass fiber composites, raw fibers, sample M0 containing 100% resin PP. The results show that the most optimal ratio is 95% wt PP combined with 5% wt fiber, fiber size is 5mm, which will help solve environmental problems, take advantage of waste sources, and bring technical benefits, technical and economic, contributing to the sustainable development of related industries.

Keywords: Composite, *eichhornia crassipes*, water hyacinth fiber.

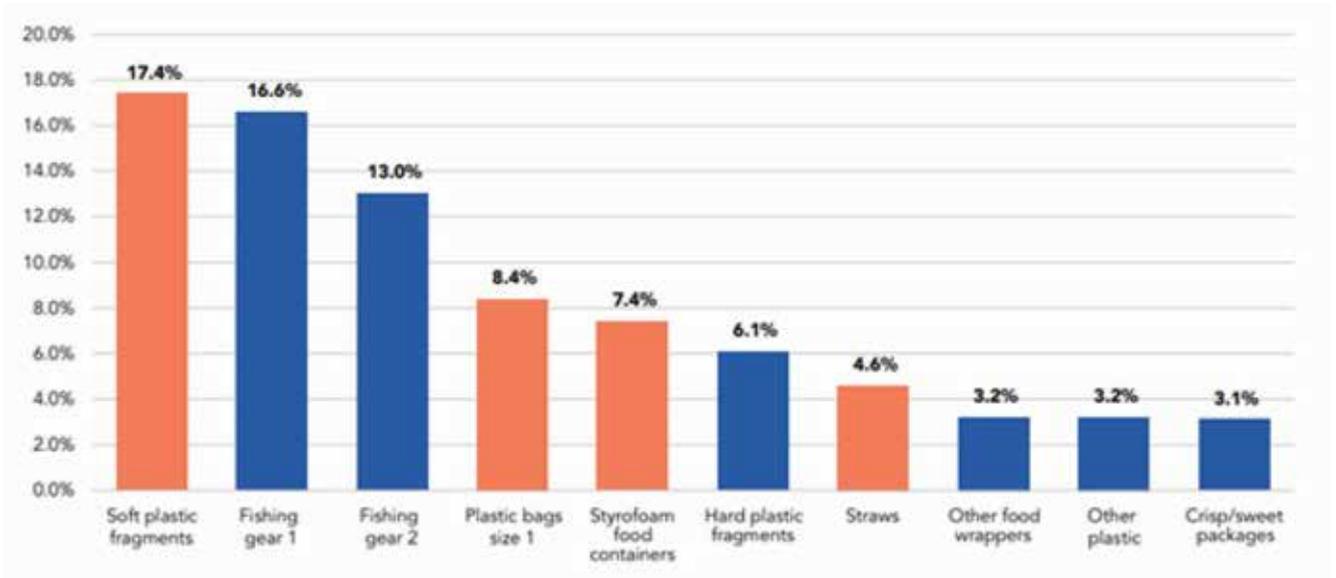
JEL Classifications: N51, O13, Q15.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, rác thải nhựa là mối đe dọa môi trường toàn cầu, có tác động tiêu cực đến hệ sinh thái, môi trường sống, sức khỏe con người và sự phát triển bền vững của mỗi quốc gia. Trên thế giới ước tính có khoảng hơn 8 triệu tấn rác thải nhựa đổ ra các đại dương hàng năm. Tại Việt Nam, mỗi năm có từ 2,8 đến 3,1 triệu tấn rác thải nhựa được thải vào đất liền và 0,28 đến 0,73 triệu tấn thải ra đại dương (N. T. Phu and M. Andersson), khiến Việt Nam trở thành một trong những nguồn rác thải nhựa lớn

trên thế giới. Các sản phẩm nhựa sử dụng một lần chiếm 62% tổng lượng rác thải nhựa, trong đó ly nhựa, túi nhựa và các mảnh nhựa, hộp đựng thức ăn bằng xốp, ống hút... phổ biến nhất trong môi trường, chiếm tới 38% lượng rác thải nhựa rò rỉ tại các địa điểm khảo sát.

Trước tình hình đó, nhu cầu về vật liệu và sản phẩm bền vững đang ngày càng trở nên cấp thiết. Lục bình là một loại sinh khối độc đáo và các thành phần của nó đã được sử dụng để nghiên cứu, phát triển nhiều sản phẩm. Sự tăng trưởng nhanh chóng, chi



▲ Hình 1. Biểu đồ tỷ lệ 10 loại rác thải ra môi trường tại Việt Nam năm 2022 (N. T. Phu and M. Andersson)

phí tiềm năng thấp, trong thành phần có chứa nhiều cấu trúc sợi thiên nhiên cellulose và tính chất tái tạo của chúng khiến lục bình rất hấp dẫn làm nguyên liệu thô cho nhiều nguồn khác nhau. Nghiên cứu này nhằm tận dụng nguồn rác thải nhựa, vật liệu thiên nhiên để chế tạo vật liệu tổ hợp (composite) và đánh giá cơ tính của nó.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. *Vật liệu:* Sợi lục bình chiết xuất từ thân cây lục bình được lấy từ một con sông ở Gò Công Đông, Tiền Giang, Việt Nam. Nhựa Polypropylene (PP) sử dụng trong nghiên cứu này được thu gom từ những vật dụng sinh hoạt hàng ngày đã qua sử dụng (M. Karina et al., 2007).

2.2. *Phương pháp nghiên cứu:* Thông qua kính hiển vi quang học (OM) để quan sát bề mặt mẫu sợi lục bình thô và tinh, phổ FT-IR để xác định nhóm

chức và thành phần của sợi lục bình trước và sau khi xử lý, nghiên cứu đánh giá các đặc tính cơ lý của sợi, composite cốt sợi lục bình trên nền nhựa PP thông qua đồ thị độ bền kéo và biến dạng.

Cây lục bình được loại bỏ rễ và lá chỉ giữ lại thân, lấy thân cây lục bình cho vào máy tuốt sợi để tạo ra sợi lục bình, sau đó tiến hành phơi khô sợi dưới ánh nắng mặt trời đến khi khô hoàn toàn. Tiếp đó tiến hành xử lý sợi bằng NaOH, rồi tiếp tục phơi dưới ánh nắng mặt trời, cắt nhỏ các sợi vừa chiết xuất theo 3 kích thước khảo sát ở Bảng 1.

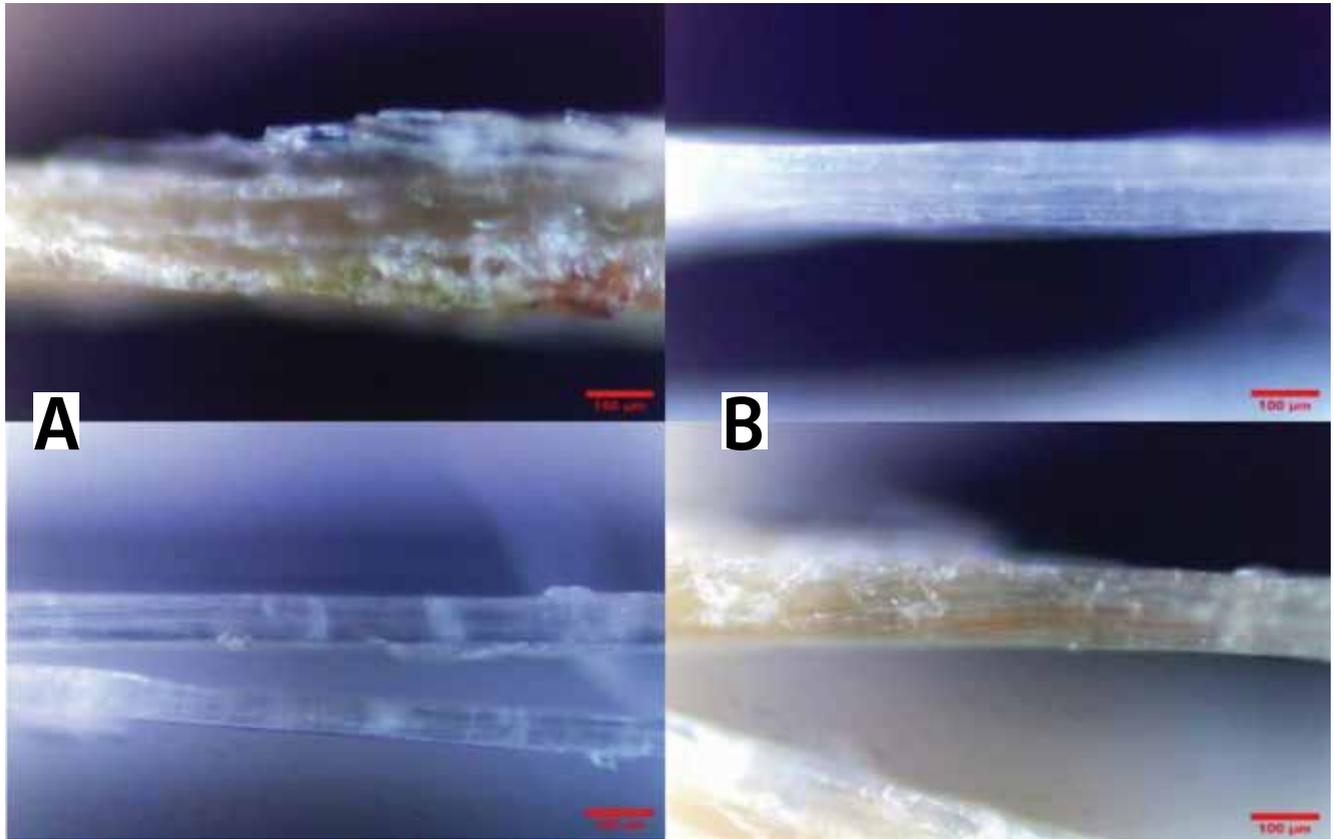
Thu gom nhựa PP sau đó làm sạch rồi mới tiến hành cắt nhỏ, cân lượng nhựa PP và sợi đã cắt bằng cân phân tích, dùng máy ép nhiệt tiến hành gia nhiệt cho nhựa nóng chảy hoàn toàn rồi mới cho sợi vào, dùng muỗng trộn đều và ép lại, cuối cùng làm lạnh bằng nước thu được sản phẩm composite cốt sợi lục bình.

Bảng 1. Tỷ lệ pha trộn theo khối lượng PP và sợi lục bình theo khảo sát

STT	Loại sợi	Kích thước sợi (mm)	Kí hiệu	Lượng PP (wt%)	Lượng sợi (wt%)
1	-	-	M0	100	0
2	Sợi đã xử lý bằng hóa chất	5	M5-3	97	3
3			M5-5	95	5
4			M5-7	93	7
5		10	M10-3	97	3
6			M10-5	95	5
7			M10-7	93	7
8		15	M15-3	97	3
9			M15-5	95	5
10			M15-7	93	7
11		Sợi thủy tinh	5	MT	95
12	Sợi chưa xử lý	MTT			

3. KẾT QUẢ

Kính hiển vi quang học sử dụng ánh sáng khả kiến để quan sát các hình thái, cấu trúc bề mặt của vật liệu được phóng đại nhiều lần nhờ một hệ thống các thấu kính thủy tinh.



▲ Hình 2. Sợi lục bình trước và sau khi xử lý hóa chất: a) sợi thô, b) sợi tinh

Hình a) sợi thô, các sợi này có kích thước to, bề mặt trông rất thô với sự bám dính của một lượng tạp chất cao, dễ hút ẩm, có màu nâu và cơ tính kém. Những bó sợi đan chặt, rỗng bên trong cho luồng không khí lưu thông.

Hình b) sợi tinh, kích thước sợi đã giảm đáng kể so với sợi thô, các bó sợi kết tinh lại với nhau màu trắng sáng, cơ tính tăng, giảm hút ẩm, có kết quả khả quan do đã xử lý hóa chất.



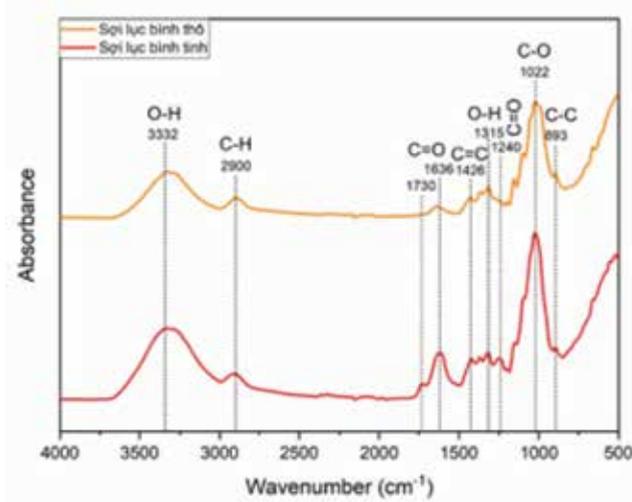
▲ Hình 3. Hình và biểu đồ phân bố kích thước sợi



Kích thước trung bình sợi được tính theo công thức:

$$\frac{\sum x_i}{n} = 98 \pm 21 (\mu\text{m})$$

Đường kính sợi lục bình phân bố không đều, phổ biến nhất từ 80 μm đến 110 μm .



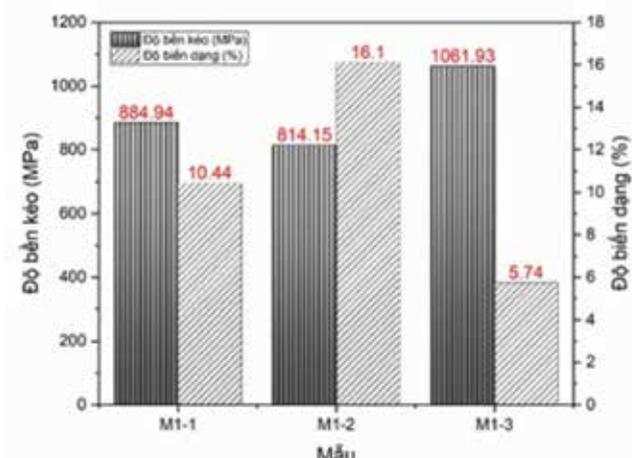
▲ Hình 4. Phổ FT-IR của sợi lục bình trước và sau khi xử lý

Sau khi xử lý hóa học làm tăng sự kết tinh hàm lượng của cellulose ở đỉnh 3.332 và 1.022 (cm^{-1}), tăng hàm lượng hemicellulose và lignin ở đỉnh 1.636 (cm^{-1}) (N. Sumrith, 2020).

Cơ tính của sợi lục bình được xác định bằng máy đo kéo Imada MX-500N, theo tiêu chuẩn ASTM D3822.



▲ Hình 5. Các mẫu sợi đơn được cắt để đo cơ tính



▲ Hình 6. Đồ thị độ bền kéo và biến dạng của sợi đơn

Bảng 2. Cơ tính các mẫu sợi

Tên mẫu	Đường kính (mm)	Độ bền kéo (MPa)	Độ biến dạng khi đứt (%)	Mô-đun đàn hồi (MPa)
M1-1	0,04	884,94	10,44	6.004,14
M1-2	0,04	814,15	16,10	8.684,00
M1-3	0,04	1.061,93	5,74	18.531,30



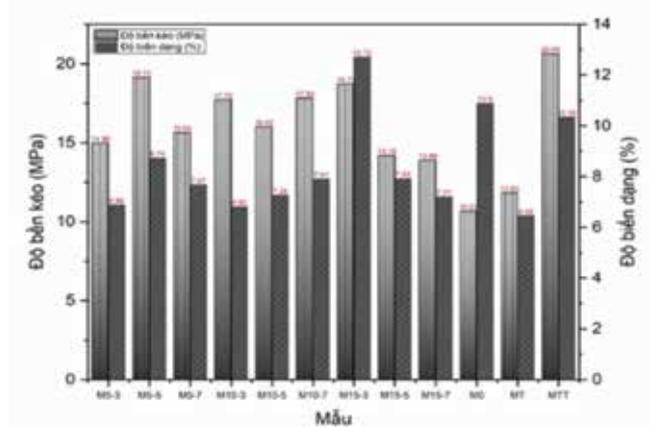
▲ Hình 7. Các mẫu composite khảo sát được cắt theo hình quả tạ

Mẫu M1-3 cho kết quả cao nhất về độ bền kéo đạt 1.061,93 (MPa). Tiếp theo đó là mẫu M1-1 có độ bền kéo là 884,94 (MPa), cuối cùng là mẫu M1-2 có độ bền kéo thấp nhất đạt 814,15 (MPa). Có thể kết luận rằng độ bền kéo của sợi đơn lục bình sau khi đã xử lý của nghiên cứu này cao đạt khoảng từ 800-1.100 (MPa).

Mẫu M1-2 có độ biến dạng khi đứt cao nhất trong 3 sợi đơn đạt 16,10%. Sau đó là mẫu M1-1 có độ biến dạng là 10,44%, cuối cùng là mẫu M1-3 tuy rằng có độ bền kéo cao nhưng độ biến dạng lại thấp nhất chỉ đạt 5,74%.

Mẫu M1-3 có mô-đun đàn hồi lớn nhất trong 3 mẫu sợi đạt 18.531,30 (MPa), xếp sau là mẫu M1-1 đạt mô-đun đàn hồi là 8.684 (MPa), cuối cùng là mẫu M1-2 đạt 6.004,14 (MPa).

Khảo sát về cơ tính của composite cốt sợi lục bình bằng máy đo độ bền kéo Shimadzu AG-10TG KR-24A, theo tiêu chuẩn đo composite ASTM D638.



▲ Hình 8. Đồ thị độ bền kéo và độ biến dạng của các mẫu khảo sát

Bảng 3. Cơ tính của các mẫu composite

Tên mẫu	Độ dày (mm)	Độ bền kéo (MPa)	Độ biến dạng khi đứt (%)	Mô-đun đàn hồi (MPa)
M5-3	3,35	14,98	6,88	221,98
M5-5	3,41	19,15	8,74	243,94
M5-7	3,35	15,65	7,67	229,44
M10-3	2,87	17,72	6,82	276,00
M10-5	2,85	16,02	7,26	229,46
M10-7	3,25	17,83	7,91	257,63
M15-3	3,66	18,37	12,72	162,43
M15-5	3,57	14,19	7,93	181,00
M15-7	3,21	13,89	7,21	198,65
M0 (100% PP)	3,32	10,67	10,89	100,81
MT (Sợi thô)	3,36	11,83	6,44	184,22
MTT (Sợi thủy tinh)	3,25	20,65	10,35	218,02

Nhóm tác giả nghiên cứu ảnh hưởng của các kích thước sợi lục bình và tỷ lệ pha trộn giữa vật liệu nền và gia cường đến các đặc tính kéo của vật liệu tổng hợp PP được gia cố bằng sợi lục bình đã được xử lý và so sánh chúng với composite sợi thủy tinh, sợi thô, mẫu M0 chứa 100% nhựa PP.

Mẫu M5-5 là mẫu tối ưu nhất, có lượng sợi gia cường là 5% khối lượng với kích thước sợi là 5mm mang lại các đặc tính cơ học cao, độ bền kéo tăng 180%, độ biến dạng khi đứt giảm 20%, mô-đun đàn hồi tăng 242% so với M0 chứa 100% PP, so sánh kết quả với mẫu MTT chứa sợi thủy tinh thì mẫu M5-5 chứa sợi lục bình theo khảo sát có cơ tính cao mở ra nhiều tiềm năng và ứng dụng.

Kết quả cho thấy, tỷ lệ tối ưu nhất là 95% wt PP kết hợp với 5% wt sợi, kích thước sợi là 5mm sẽ giúp giải quyết các vấn đề môi trường, tận dụng nguồn sợi thiên nhiên từ cây lục bình sinh trưởng phát triển nhanh và nguồn rác thải, mang lại lợi ích về kỹ thuật, kinh tế, góp phần vào sự phát triển bền vững của các ngành công nghiệp liên quan.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đưa ra quy trình chế tạo sợi lục bình đơn giản, tiết kiệm chi phí, không độc hại nhưng vẫn đảm bảo được những tính chất cơ học của nó để phát triển các ứng dụng trong ngành may mặc, dệt may trong tương lai. Các kết quả phân tích vật liệu như quang phổ hồng ngoại FT-IR, khảo sát cơ tính sợi, đường kính sợi đã đưa ra những tín hiệu khả quan về sợi lục bình được tạo ra từ quy trình này vô cùng phù hợp với những ứng dụng thực tế. Chế tạo tấm composite gia cường bằng sợi lục bình kết hợp với nhựa PP từ những vật dụng nhựa thải ra

từ trong sinh hoạt đời sống hàng ngày để thực hiện giảm thiểu chi phí, thân thiện với môi trường mà vẫn có những tính chất cơ học cao để phát triển ứng dụng ốp thân xe trong công nghiệp sản xuất ô tô và các ứng dụng đẩy tiềm năng khác trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. S. Tanpichai, S. K. Biswas, S. Witayakran, and H. Yano, "Water Hyacinth: A Sustainable Lignin-Poor Cellulose Source for the Production of Cellulose Nanofibers", *ACS Sustain Chem Eng*, vol. 7, no. 23, pp. 18884-18893, Dec. 2019, doi: 10.1021/acssuschemeng.9b04095.
2. N. T. Phu and M. Andersson, "Title: Viet Nam Plastic Waste Strategies Supervisor (Arcada)".
3. "Water Hyacinth environmental challenges, Management and Utilization".
4. M. Karina, H. Onggo, and A. Syampurwadi, "Physical and mechanical properties of natural fibers filled polypropylene composites and its recycle", *Journal of Biological Sciences*, vol. 7, no. 2, pp. 393-396, Feb. 2007, doi: 10.3923/jbs.2007.393.396.
5. N. Sumrith, L. Techawinyutham, M. R. Sanjay, R. Dangtungee, and S. Siengchin, "Characterization of Alkaline and Silane Treated Fibers of 'Water Hyacinth Plants' and Reinforcement of 'Water Hyacinth Fibers' with Bioepoxy to Develop Fully Biobased Sustainable Ecofriendly Composites", *J Polym Environ*, vol. 28, no. 10, pp. 2749-2760, Oct. 2020, doi: 10.1007/s10924-020-01810-y.
6. "Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers 1", doi: 10.1520/D3822_D3822M-14.
7. "Designation: D 638-00 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics 1".