

Chế tạo khẩu trang phân hủy sinh học từ sợi lá chuối bằng phương pháp ép nhiệt

Văng Hoài Ân¹, Trần Quốc Viễn¹, Lê Phúc Như¹, Huỳnh Nguyễn Anh Tuấn², Nguyễn Vũ Việt Linh^{1*}

¹Khoa Khoa học Ứng dụng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP Hồ Chí Minh, 1 Võ Văn Ngân, phường Linh Chiểu, TP Thủ Đức, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Khoa Công nghệ Hóa học và Thực phẩm, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP Hồ Chí Minh, 1 Võ Văn Ngân, phường Linh Chiểu, quận Thủ Đức, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài 6/9/2022; ngày chuyển phản biện 9/9/2022; ngày nhận phản biện 3/10/2022; ngày chấp nhận đăng 5/10/2022

Tóm tắt:

Khẩu trang y tế từ các sợi không dệt polypropylene được sử dụng phổ biến để ngăn sự lây lan của virus corona và các chủng virus khác. Tuy nhiên, rác thải từ khẩu trang lại gây ra vấn đề ô nhiễm vi nhựa, tác động tiêu cực đến môi trường và con người. Để giảm lượng khẩu trang y tế sử dụng, khẩu trang phân hủy sinh học từ lá chuối khô là một giải pháp tiềm năng vì sợi lá chuối có hàm lượng cellulose cao và là nguồn nguyên liệu dồi dào ở Đông Nam Á. Nghiên cứu này dùng phương pháp ép nhiệt để chế tạo các màng cellulose từ lá chuối đã xử lý hóa học với NaOH và H₂O₂ (hydro peroxide). Màng cellulose này được thiết kế thành sản phẩm khẩu trang để sử dụng. Tính chất của màng sợi lá chuối bao gồm cơ tính, khả năng hấp thụ nước, khả năng phân hủy sinh học, độ pH được phân tích và đánh giá. Kết quả cho thấy, độ bền kéo và modul kéo của màng cellulose đạt 2,55 và 119,18 MPa; độ hấp thụ nước đạt 14,62% và bề mặt màng có tính kỵ nước thể hiện qua kết quả góc tiếp xúc đạt 92,5°. Màng sợi lá chuối có khả năng phân hủy sinh học, khối lượng mẫu giảm 93,86% sau 9 tuần thử nghiệm và phân hủy hoàn toàn sau 13 tuần. Khẩu trang sợi lá chuối có pH 6,96 nằm trong khoảng pH an toàn để sử dụng cho con người.

Từ khóa: khẩu trang phân hủy sinh học, lá chuối, màng cellulose, xử lý hóa học.

Chỉ số phân loại: 2.4

1. Đặt vấn đề

Kể từ khi đại dịch COVID-19 diễn ra năm 2019, không chỉ sức khỏe con người bị ảnh hưởng mà còn gây tác động tiêu cực ảnh hưởng lớn đến phát triển kinh tế toàn cầu [1, 2]. Để kiểm soát sự lây lan của dịch bệnh, khẩu trang được sử dụng như một công cụ bảo vệ cá nhân hiệu quả. Hiện nay có nhiều loại khẩu trang được sử dụng rộng rãi như khẩu trang phẫu thuật, khẩu trang y tế hay còn gọi là khẩu trang sử dụng một lần, khẩu trang vải... Trong đó, khẩu trang sử dụng một lần được làm từ polypropylene là phổ biến nhất [3]. Ước tính có khoảng 129 tỷ khẩu trang được sử dụng trên toàn cầu mỗi tháng (3 triệu chiếc/phút) [4]. Rác thải từ khẩu trang thường được xử lý bằng các phương pháp đốt hoặc chôn lấp, tuy nhiên, lựa chọn này không hiệu quả với số lượng lớn khẩu trang được sử dụng và còn thải khí CO₂ làm ô nhiễm môi trường [2, 5]. Khi chôn lấp, khẩu trang sử dụng một lần được làm từ các sợi vải không dệt polypropylene phân rã và phân hủy thành các hạt vi nhựa, chúng dễ dàng xâm nhập vào môi trường đất, nước gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường, hệ sinh thái và con người [6, 7]. Vì thế, giải pháp thay thế bền vững được đưa ra là khẩu trang phân hủy sinh học từ các loại sợi tự nhiên, nhằm giúp giảm thiểu rác thải nhựa từ khẩu trang sử dụng một lần tác động đến môi trường và sức khỏe con người [8].

Một số nghiên cứu cho rằng, có thể sử dụng khẩu trang phân hủy sinh học được chế tạo từ vật liệu có nguồn gốc thiên nhiên như sợi bông, sợi gai dầu, sợi thân chuối để thay thế cho các loại khẩu trang dùng một lần từ nhựa [9-12]. Ưu điểm của các sản phẩm khẩu trang này là trọng lượng nhẹ, không độc hại, hiệu quả lọc tốt và có khả năng phân hủy sinh học cao, nhờ vậy giúp giảm ô nhiễm do rác thải nhựa từ khẩu trang dùng một lần [9-11]. Đồng thời, quá trình phát triển khẩu trang phân hủy sinh học sẽ thúc đẩy việc sử dụng các nguồn tài nguyên thiên nhiên. Trong đó, cây chuối là một trong các nguồn nguyên liệu dồi dào ở Việt Nam với diện tích trồng lớn. Lá chuối khô có tiềm năng rất lớn để chế tạo các màng sợi cellulose do hàm lượng cellulose trong lá chuối cao [13], tuy nhiên lại chưa được sử dụng hiệu quả mà chỉ được xem như phụ phẩm nông nghiệp. Tính đến nay, khẩu trang phân hủy sinh học từ sợi lá chuối vẫn là một hướng nghiên cứu mới và chưa được khai thác.

Vì vậy, trong nghiên cứu này, lá chuối khô được xử lý hóa học với dung dịch NaOH và H₂O₂ để thu được các sợi cellulose, sau đó sử dụng phương pháp ép nhiệt để chế tạo màng sợi lá chuối. Khảo sát ảnh hưởng nhiệt độ gia công đến tính chất của màng sợi. Tính chất cơ lý, phân tích nhiệt, khả năng hút ẩm và kháng nước, khả năng phân hủy sinh học và độ pH của màng sợi lá chuối cũng được nghiên cứu đánh giá. Sản phẩm khẩu trang từ màng sợi lá chuối này rất thân thiện với môi trường vì sử dụng hoàn toàn nguyên liệu thiên nhiên và có khả năng phân hủy sinh học.

*Tác giả liên hệ: Email: linhvv@hcmute.edu.vn

Fabrication of biodegradable masks from banana leaves by thermal compression method

Hoai An Vang¹, Quoc Vien Tran¹, Phuc Nhu Le¹,
Nguyen Anh Tuan Huynh², Vu Viet Linh Nguyen^{1*}

¹Faculty of Applied Sciences, Ho Chi Minh City University of Technology and Education,

1 Vo Van Ngan Street, Linh Chieu Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Faculty of Chemical and Food Technology, Ho Chi Minh City University of Technology and Education,

1 Vo Van Ngan Street, Linh Chieu Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received 6 September 2022; revised 2 October 2022; accepted 5 October 2022

Abstract:

Medical face masks based on polypropylene non-woven fibres have been commonly used to prevent coronavirus and other types of viruses. However, the waste from medical masks causes pollution problems and negatively impacts the environment and human health. Biodegradable masks based on banana leaves are a potential solution for reducing the amount of disposal of medical face masks because of their high cellulose content and abundant source in Southeast Asia. This research used the thermal compression method to fabricate the cellulose film after banana leaves were treated with NaOH and H₂O₂. These cellulose films were designed into the biodegradable mask product for use. The properties of the banana-fibre film, such as mechanical property, water absorption, biodegradability, and pH, were analysed and evaluated. The results showed that the cellulose film obtained a tensile strength and modulus of 2.55 and 119.18 MPa, respectively; a water absorption rate of 14.62% and the surface of cellulose film was hydrophobic as shown by the contact angle of 92.5°. The banana-fibre film was biodegradable; the film's mass decreased by 93.86% after 9 weeks and completely decomposed after 13 weeks. The banana-fibre mask achieved a pH of 6.96, which was in the pH range that is safe and suitable for humans.

Keywords: banana leaves, biodegradable mask, cellulose film, chemical treatment.

Classification number: 2.4

2. Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu

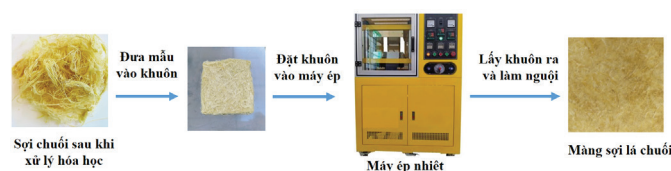
Hãng Xilong, Trung Quốc cung cấp NaOH, H₂O₂ 30%. Lá chuối tươi được thu gom từ tỉnh Bến Tre, sau đó tiến hành rửa sạch và phơi khô, thu được lá chuối thô (khô).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Xử lý lá chuối khô bằng phương pháp hóa học: Trước khi xử lý với dung dịch NaOH 1% ở 100°C trong 100 phút

thì lá chuối khô được rửa sạch với nước 100°C để loại bỏ các tạp chất là các thành phần tan được trong nước như sáp và pectin trong lá chuối. Tiếp theo, lá chuối được đem đi giã để các sợi lá chuối tách ra và tiếp tục được cho vào dung dịch H₂O₂ 10% trong 45 phút, ở nhiệt độ 80°C nhằm loại bỏ một phần lignin và toàn bộ hemicellulose trong sợi lá chuối. Cuối cùng, sợi lá chuối được rửa lại nhiều lần với nước sạch đến pH 7, trước khi tiến hành giai đoạn ép nhiệt.

Chế tạo màng sợi từ lá chuối bằng phương pháp ép nhiệt: Đầu tiên, 16 g sợi lá chuối sau khi xử lý hóa học được rải đều trong khuôn ép như hình 1. Sau đó, cho khuôn ép (gồm mâm dưới có sợi lá chuối và mâm trên) vào máy ép nhiệt Baopin precision instruments Co. Ltd (Trung Quốc). Tiến hành ép tạo màng sợi ở 100-130°C trong 2 phút (bảng 1). Sau đó, lấy khuôn ra khỏi máy ép và làm nguội khuôn đến 30°C. Màng sợi lá chuối thu được như ở hình 1 sau khi được lấy ra khỏi khuôn ép.



Hình 1. Quy trình chế tạo màng sợi lá chuối.

Bảng 1. Các mẫu màng sợi lá chuối chế tạo bằng phương pháp ép nhiệt.

Ký hiệu mẫu	Nhiệt độ ép (°C)	Thời gian ép (phút)
M100	100	2
M110	110	2
M120	120	2
M130	130	2

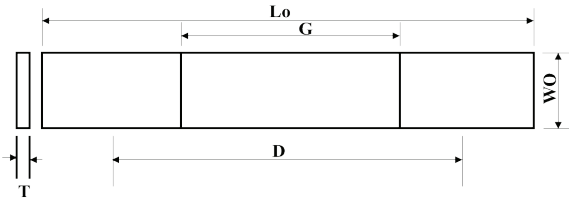
Phân tích hình thái bề mặt: Kính hiển vi điện tử quét (Scanning electron microscopy - miniSEM, TM400 plus, Nhật Bản) được sử dụng để quan sát hình thái bề mặt các mẫu dạng sợi như: sợi chưa xử lý với hóa chất, xử lý với NaOH và H₂O₂. Hình ảnh SEM sẽ được xử lý và tính toán đường kính sợi dựa trên phần mềm ImageJ và Minitab.

Phân tích thành phần hóa học: Thành phần hóa học của sợi lá chuối thô sau khi xử lý được phân tích trên thiết bị quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) NICOLET 6700 của Hãng Thermo Fisher (Mỹ). Phổ FTIR của các mẫu được ghi lại ở chế độ truyền qua trong vùng số sóng 400-4000 cm⁻¹.

Phân tích nhiệt: Mẫu sợi được sấy khô trước khi tiến hành phân tích nhiệt trên thiết bị Labsys evo TG-DSC 1600°C Setaram (Pháp). Phép đo được thực hiện trong môi trường khí nitơ, mẫu được gia nhiệt từ nhiệt độ phòng đến 800°C với tốc độ gia nhiệt là 10°C/phút.

Phân tích tính chất cơ lý: Độ bền kéo, biến dạng khi đứt và mô đun đàn hồi cho từng vật liệu được đo trên thiết bị đo kéo MTC-500 PTA Group (Pháp) theo tiêu chuẩn ASTM D882-02 [4, 14]. Tốc độ kéo 12,5 mm/phút.

Mẫu kéo được gia công tạo hình với kích thước theo tiêu chuẩn ASTM D882-02 được thể hiện ở hình 2. Trong đó: Lo là chiều dài mẫu ($Lo \geq 100$ mm); WO là chiều rộng mẫu (WO 20-15 mm); G là độ dài khoảng đo ($G=50$ mm); D là khoảng cách hai ngàm kẹp ($D=80$ mm); T là bề dày mẫu ($T \leq 1$ mm).



Hình 2. Hình ảnh minh họa của mẫu màng sợi lá chuối theo tiêu chuẩn ASTM D882-02.

Đánh giá khả năng hấp thụ nước: Mẫu màng sợi lá chuối có kích thước 20x20 mm được sấy khô trong tủ sấy ở 100°C trong 24 giờ, sau đó cân mẫu để xác định khối lượng ban đầu. Ngâm mẫu trong 10 ml nước cất để ở nhiệt độ phòng. Sau 24 giờ lấy mẫu ra và tiến hành lau nhẹ bề mặt để loại bỏ phần nước dính trên bề mặt. Cuối cùng, mẫu được cân trên cân 4 số lẻ với độ chính xác 0,1 mg. Ba mẫu đối chứng được thực hiện một cách độc lập để xác định độ hấp thụ nước. Phương pháp này được xây dựng dựa trên tiêu chuẩn ASTM D570-98 [15].

Độ hấp thụ nước (X) được xác định theo công thức sau:

$$X = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

trong đó m_0 là khối lượng mẫu ban đầu (g); m_1 là khối lượng mẫu sau khi ngâm trong nước (g).

Phân tích góc tiếp xúc: Tính kỵ nước của màng sợi lá chuối được đánh giá thông qua giá trị góc tiếp xúc của giọt nước trên bề mặt màng. Thiết bị được sử dụng là máy đo góc tiếp xúc Phoenix 300Touch, SEO (Hàn Quốc).

Đánh giá khả năng phân hủy sinh học: Mẫu màng sợi lá chuối có kích thước 30x30 mm được cân trên thiết bị cân 4 số lẻ có độ chính xác 0,1 mg để xác định khối lượng mẫu ban đầu. Chôn mẫu vào trong mỗi chậu chứa 200 g đất (loại đất sạch giàu dinh dưỡng Tribat, thành phần đất gồm mùn dừa, tro trấu, phân compost) để ở nhiệt độ phòng. Sau khoảng thời gian 1, 3, 5, 7 và 9 tuần lấy mẫu ra khỏi môi trường đất và đem đi cân mẫu với độ chính xác đến 0,1 mg. Mỗi giá trị thực nghiệm được thực hiện với 3 mẫu màng sợi độc lập.

Độ phân hủy sinh học (D) được xác định theo công thức sau:

$$D = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100\% \quad (2)$$

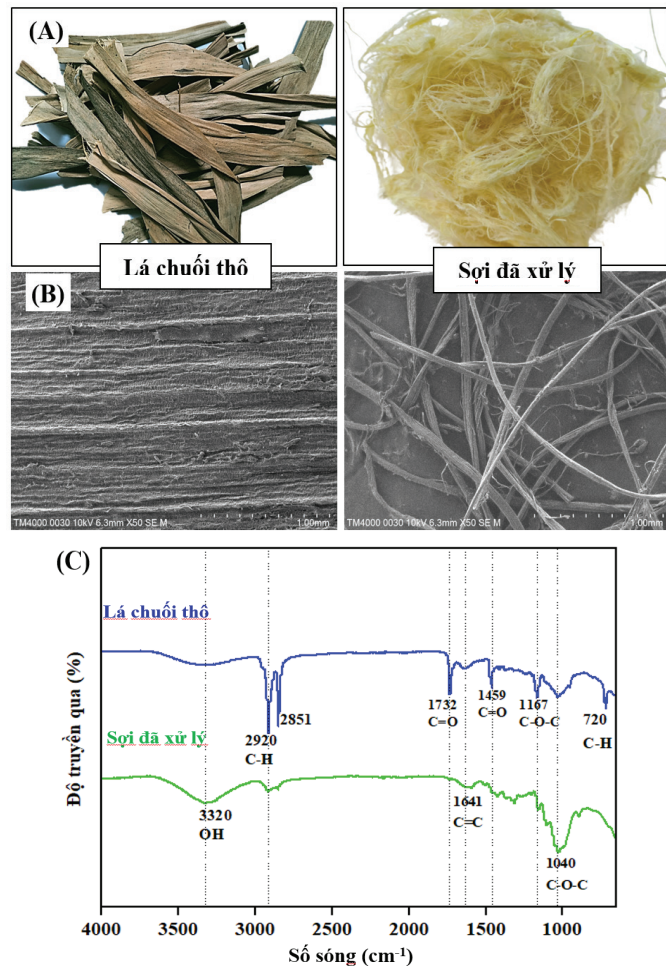
trong đó M_0 là khối lượng mẫu ban đầu (g); M_1 là khối lượng mẫu sau khi chôn trong đất (g).

Đánh giá pH của mẫu màng sợi lá chuối: Độ pH của màng sợi lá chuối được đo ở nhiệt độ phòng bằng máy Mettler Toledo S220K theo tiêu chuẩn ISO 3071:2020. Cắt mẫu có kích thước khoảng 5x5 mm, khối lượng $2 \pm 0,05$ g. Tiếp đến cho mỗi mẫu thử vào bình trung tính có chứa 100 ml nước cất rồi đem đi lắc cơ trong vòng 2 giờ ± 5 phút ở nhiệt độ phòng, rồi lọc chiết dịch. Thực hiện thí nghiệm với 3 mẫu độc lập để thu 3 dịch chiết khác nhau. Trước khi tiến hành đo pH dịch chiết, thiết bị đo được hiệu chuẩn bằng dung dịch đệm 4, 7, 10 và nhúng điện cực vào nước cất cho pH ổn định (pH 5-7,5). Nhúng điện cực lần lượt vào các bình chứa dung dịch chiết rồi ghi nhận kết quả pH [16]. Sai số của giá trị pH là $\pm 0,2$.

3. Kết quả và bàn luận

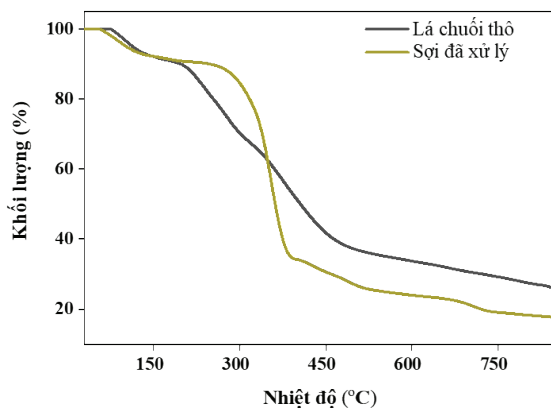
3.1. Đánh giá hình thái và tính chất của mẫu sợi lá chuối sau khi xử lý hóa học

Lá chuối thô có màu nâu sậm sau khi xử lý với dung dịch NaOH và H_2O_2 thu được các sợi cellulose màu vàng nhạt (hình 3A). Sự thay đổi màu sắc này là do trong quá trình xử



Hình 3. Ảnh chụp (A), ảnh SEM (B), phổ FTIR (C) của lá chuối thô và sợi lá chuối đã được xử lý hóa học.

lý, một phần lignin đã bị loại khỏi sợi lá chuối. Ảnh SEM cho thấy, lá chuối thô ban đầu là một màng liên tục, sau khi xử lý thì thu được các sợi cellulose rời rạc, có kích thước xấp xỉ 11 μm (hình 3B). Điều này có thể được giải thích là do các thành phần kết dính trong lá chuối như sáp, pectin và hemicellulose đã được loại bỏ sau quá trình xử lý hóa học. Nhận định này sẽ được làm rõ qua kết quả phân tích phổ FTIR (hình 3C). Các đỉnh hấp phụ đặc trưng cho thành phần cellulose bao gồm nhóm -OH và C-O ở vị trí số sóng lần lượt là 3320 và 1040 cm^{-1} vẫn xuất hiện ở mẫu lá chuối thô và mẫu sợi sau khi xử lý. Kết quả này chứng minh qua các quá trình xử lý lá chuối, cấu trúc hóa học của cellulose vẫn được giữ nguyên. Tuy nhiên, các đỉnh đặc trưng cho nhóm C=O của hemicellulose tại vị trí 1732 và 1459 cm^{-1} đã biến mất trong phổ FTIR của mẫu sợi [13, 17, 18]. Điều này chứng tỏ hemicellulose được loại bỏ trong quá trình xử lý hóa học. Hình 3C cũng thể hiện các đỉnh đặc trưng cho thành phần lignin trong sợi sau xử lý giảm so với trong lá chuối thô, điển hình như tại vị trí 1641 cm^{-1} đặc trưng cho liên kết C=C trong vòng thơm và vị trí 1167 cm^{-1} đặc trưng cho liên kết C-O-C của lignin [17, 18]. Như vậy, sau khi xử lý với dung dịch NaOH và H_2O_2 , thành phần chính trong sợi lá chuối còn lại là cellulose và một phần lignin. Lignin sẽ đóng vai trò chất kết dính các sợi cellulose để tạo thành màng cellulose mà không cần bất kỳ một hợp chất hay polymer nào khác.



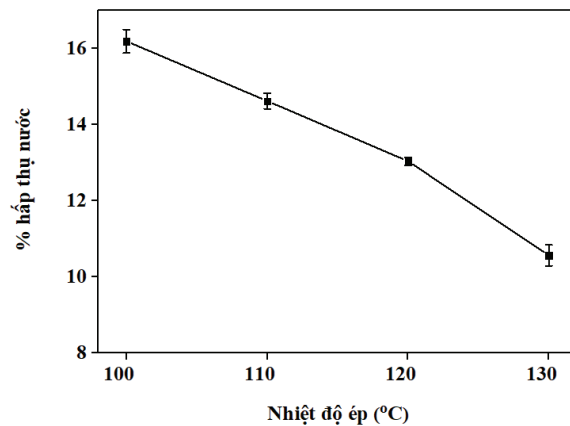
Hình 4. Giản đồ TGA của lá chuối thô và sợi lá chuối đã được xử lý hóa học.

Giản đồ TGA (hình 4) cho thấy, tất cả các mẫu đều giảm trọng lượng vừa phải trong khoảng nhiệt độ 120-220°C, đó là sự giảm khối lượng do bay hơi nhiệt của độ ẩm trong mẫu. Việc giảm khối lượng tiếp theo của mẫu được bắt đầu ở khoảng 280°C do sự phân hủy ban đầu của cellulose và hemicellulose. Mẫu sợi lá chuối đã xử lý giảm khối lượng đáng kể từ 290 đến 400°C, vì thành phần chính của sợi là cellulose, hemicellulose và lignin bị phân hủy. Trong khi đó, mẫu lá chuối thô phân hủy nhiệt chậm hơn và khối lượng mẫu giảm ít hơn so với mẫu sợi đã xử lý là do trong mẫu lá thô còn chứa nhiều hemicellulose và lignin (hình 4). Ở vùng nhiệt độ 490-800°C, có thể được xem là sự phân hủy hoàn

toàn của tất cả các vật liệu dễ cháy và hình thành bụi than [18]. Do đó, có thể nhận định rằng, sợi lá chuối bị phân hủy ở các vùng nhiệt khác nhau tùy thuộc vào sự hiện diện của các thành phần như cellulose, hemicellulose và lignin còn trong sợi.

3.2. Khảo sát ảnh hưởng của quá trình gia công lên độ hấp thụ nước và cơ tính của màng sợi lá chuối

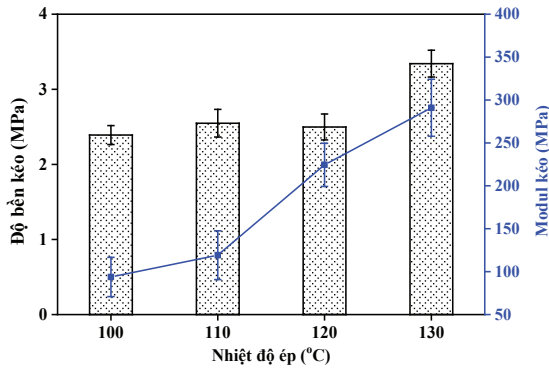
Sợi lá chuối sau quá trình xử lý hóa học với NaOH và H_2O_2 được ép nhiệt để tạo màng sợi với các nhiệt độ gia công khác nhau. Trong đó, độ hấp thụ nước của sản phẩm màng sợi lá chuối phụ thuộc vào thành phần lignin trong màng, vì trong cấu trúc lignin chủ yếu là vòng thơm của các đơn vị phenylpropane, vì vậy mà chúng là thành phần kháng nước trong sợi thiên nhiên. Trong khi đó, cellulose là một polysaccharide bán tinh thể có một lượng lớn nhóm hydroxyl trong cấu trúc nên là thành phần ưa nước [19]. Như vậy, màng sợi lá chuối được kết dính bởi nhiều lignin thì độ kháng nước càng tăng hay độ hấp thụ nước càng giảm.



Hình 5. Độ hấp thụ nước của màng sợi lá chuối ở các nhiệt độ gia công khác nhau.

Nhiệt độ gia công ép nhiệt để định hình màng sợi lá chuối ảnh hưởng đến độ hấp thụ nước và cơ tính của màng. Nhiệt độ ép tăng dần từ 100, 110, 120 đến 130°C thì độ hấp thụ nước của màng giảm dần theo thứ tự 16,19, 14,62, 13,04 và 10,57% (hình 5), trong khi đó, độ bền kéo của màng sợi tăng dần từ 2,39 (mẫu M100) lên 3,34 MPa (mẫu M130) và modul kéo tăng từ 9,38 lên 290,96 MPa (hình 6). Có thể thấy rằng, khi nhiệt độ gia công tăng thì lignin trong sợi chảy ra càng nhiều và màng sẽ được kết dính càng tốt, vì vậy mà màng sợi giảm khả năng hấp thụ nước và tăng độ bền kéo cũng như modul kéo. Tuy nhiên, mẫu M120 và M130 có modul kéo tăng cao (224,5 và 290 MPa), thể hiện màng cứng, khả năng mềm dẻo kém. Ngoài ra, mẫu màng sợi M120 và M130 còn bị hiện tượng cong vênh. Hiện tượng này được giải thích là do khi ép ở nhiệt độ cao, lignin còn trong sợi lá chuối di chuyển ra khỏi màng nhiều hơn, làm tăng tính kết dính và liên kết màng. Mẫu màng sợi cellulose này không phù hợp với ứng dụng làm khẩu trang

do tính mềm dẻo của màng kém, gây hạn chế cho thiết kế ôm sát mặt, mũi và gây khó chịu cho người sử dụng. Đối với mẫu M100 thì nhiệt độ ép 100°C không đủ để làm chảy phần lignin còn trong sợi ra ngoài và làm kết dính các sợi với nhau, vì vậy màng sợi tạo thành hấp thụ nhiều nước và có tính chất kéo thấp nhất.

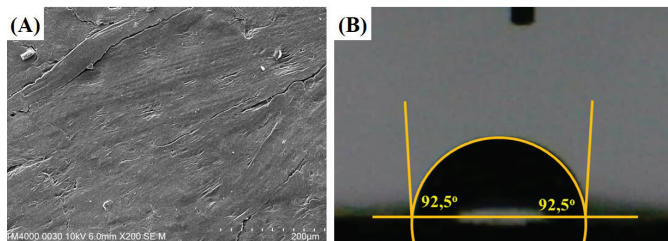


Hình 6. Biểu đồ độ bền kéo và modul kéo của màng sợi lá chuối ở các nhiệt độ gia công khác nhau.

Điều kiện gia công ép nhiệt ở 110°C trong 2 phút được đánh giá là nhiệt độ phù hợp để chế tạo màng sợi ứng dụng làm khẩu trang, vì lượng lignin chảy từ quá trình ép nhiệt vừa đủ để tạo kết dính cho màng (màng không quá cứng và không bị cong vênh). Mẫu màng cellulose ở điều kiện gia công này được phân tích hình thái và tính chất để đánh giá khả năng ứng dụng làm khẩu trang phân hủy sinh học.

3.3. Đánh giá hình thái và tính chất của màng sợi lá chuối chế tạo từ phương pháp ép nhiệt

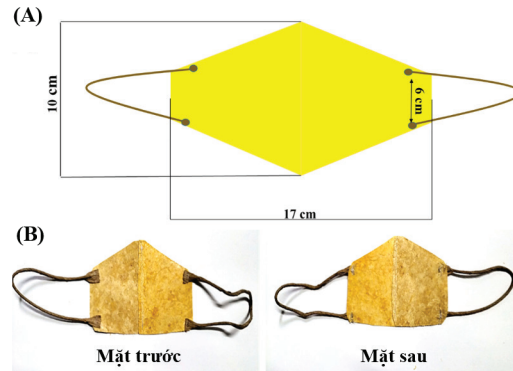
Ảnh SEM cho thấy, màng sợi cellulose từ lá chuối có bề mặt bằng phẳng, không gồ ghề, màng liên tục và không bị xơ do các sợi cellulose được liên kết với nhau bởi lignin (hình 7A). Sau khi xử lý hóa học và được đem gia công ép nhiệt, các sợi lá chuối sắp xếp đan xen nhau một cách ngẫu nhiên và lượng lignin còn lại trong sợi sau khi xử lý hóa học đóng vai trò là chất kết dính, nhờ vậy mà tạo được màng cellulose liên tục, không bị bong tróc.



Hình 7. Ảnh SEM (A) và góc tiếp xúc (B) của màng cellulose từ sợi lá chuối.

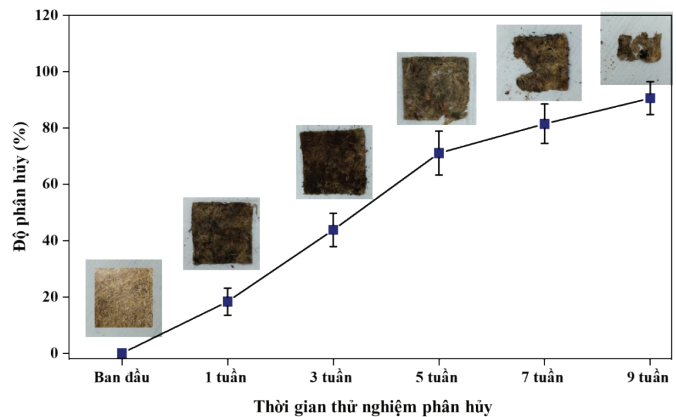
Hình 7B thể hiện góc tiếp xúc của màng đạt 92,5°C và có thể xem là bề mặt màng có tính kỵ nước [20]. Khi ép nhiệt tạo màng cellulose thì lượng lignin có trong sợi chảy ra vừa đủ để liên kết các vi sợi lại với nhau làm màng có tính liên kết cao. Bên cạnh đó, lignin chảy ra trong màng này đóng vai trò là chất kháng nước nên màng sợi lá chuối có bề mặt kỵ nước [19].

Khẩu trang phân hủy sinh học được thiết kế từ 2 màng sợi lá chuối ghép lại có hình dạng như ở hình 8.



Hình 8. Bản vẽ thiết kế khẩu trang (A) và sản phẩm khẩu trang phân hủy sinh học từ sợi lá chuối (B).

Màng cellulose khẩu trang từ sợi lá chuối được tiến hành đánh giá khả năng phân hủy sinh học trong môi trường đất thông qua giá trị độ phân hủy. Khi đạt mức độ phân hủy 100% thì màng sợi phân hủy hoàn toàn và có thể được vi sinh vật sử dụng để sinh ra sinh khối do được làm hoàn toàn từ nguyên liệu thực vật.



Hình 9. Độ phân hủy của màng sợi lá chuối thử nghiệm trong môi trường đất.

Hình 9 cho thấy, mẫu màng sợi lá chuối giảm khối lượng theo thời gian thử nghiệm phân hủy trong đất. Sau một tuần khối lượng mẫu giảm 18,62%, sau 3 tuần giảm 43,68%, 5 tuần giảm 72,67% và sau 7 tuần giảm 81,55%. Sau 9 tuần hình thái ban đầu của màng hoàn toàn biến mất, thay vào đó là các mảnh nhỏ rời rạc, khối lượng đã giảm tới 93,86% so với khối lượng mẫu ban đầu. Màng sợi phân hủy tốt vì

được chế tạo hoàn toàn từ cellulose thiên nhiên, nhờ vậy các vi sinh vật trong đất tấn công dễ dàng và tiêu hóa chúng để tạo ra sinh khối. Vì vậy mà màng sợi lá chuối giảm nhanh khối lượng so với mẫu ban đầu và sau 13 tuần thì bị phân hủy hoàn toàn. Kết quả nghiên cứu thể hiện khẩu trang từ màng sợi lá chuối có khả năng phân hủy sinh học.

Ngoài ra, việc đeo khẩu trang thường xuyên trong nhiều giờ sẽ gây ra những tác động tiêu cực cho làn da của người đeo như dễ bị nổi mụn, khô da, sần, ngứa, dị ứng. Do đó, cần xác định pH của khẩu trang từ lá sợi lá chuối có phù hợp và an toàn đối với người sử dụng. Kết quả đo pH theo tiêu chuẩn ISO 3071:2005 của dịch chiết từ khẩu trang sợi lá chuối đạt giá trị trung bình là 6,96 [16]. Giá trị pH này nằm trong khoảng pH an toàn cho các sản phẩm sử dụng cho con người [21].

4. Kết luận

Sợi cellulose từ lá chuối khô đã được xử lý hóa học và ứng dụng làm màng sợi cellulose với phương pháp chế tạo đơn giản là ép nhiệt. Màng tạo thành có độ bền kéo đạt 2,55 MPa, modul kéo là 119,18 MPa và có độ hấp thụ nước khoảng 14,62%. Bề mặt màng có tính kỵ nước thể hiện qua kết quả góc tiếp xúc đạt 92,5°. Khẩu trang từ màng sợi lá chuối có khả năng phân hủy sinh học thể hiện các mẫu màng sợi giảm 93,86% khối lượng so với mẫu ban đầu sau 9 tuần thử nghiệm và tiêu biến sau hơn 13 tuần. Khẩu trang từ màng cellulose có pH 6,96 an toàn để sử dụng trên người. Nghiên cứu này bước đầu cho thấy tiềm năng ứng dụng của màng sợi lá chuối để chế tạo khẩu trang phân hủy sinh học. Tuy nhiên, để đưa vào thực tiễn cần tiến hành thêm các đánh giá như kích thước lỗ xốp, hiệu suất lọc và trở lực hô hấp của khẩu trang.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP Hồ Chí Minh thông qua đề tài nghiên cứu khoa học mã số SV2022-86. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] B.A. Mekonnen, T.A. Aragaw (2021), "Environmental sustainability and COVID-19 pandemic: An overview review on new opportunities and challenges", *COVID-19: Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes*, Springer, Singapore, pp.117-140, DOI: 10.1007/978-981-16-3860-2_5.

[2] K.R. Vanapalli, H.B. Sharma, V.P. Ranjan, et al. (2021), "Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic", *Science of The Total Environment*, **750**, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141514.

[3] P. Morganti, V.E. Yudin, G. Morganti, et al. (2020), "Trends in surgical and beauty masks for a cleaner environment", *Cosmetics*, **7(3)**, DOI: 10.3390/cosmetics7030068.

[4] E.G. Xu, Z.J. Ren (2021), "Preventing masks from becoming the next plastic problem", *Frontiers of Environmental Science and Engineering*, **15(6)**, pp.6-8, DOI: 10.1007/s11783-021-1413-7.

[5] J.J. Klemeš, Y.V. Fan, R.R. Tan, et al. (2020), "Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **127**, DOI: 10.1016/j.rser.2020.109883.

[6] A. Khoironi, H. Hadiyanto, S. Anggoro, et al. (2020), "Evaluation of polypropylene plastic degradation and microplastic identification in sediments at Tambak Lorok coastal area, Semarang, Indonesia", *Marine Pollution Bulletin*, **151**, DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.110868.

[7] O.O. Fadare, E.D. Okoffo (2020), "COVID-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment", *Science of The Total Environment*, **737**, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140279.

[8] V. Babaahmadi, H. Amid, M. Naeimirad, et al. (2021), "Biodegradable and multifunctional surgical face masks: A brief review on demands during COVID-19 pandemic, recent developments, and future perspectives", *Science of The Total Environment*, **798**, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.149233.

[9] K.F. Ho, L.Y. Lin, S.P. Weng, et al. (2020), "Medical mask versus cotton mask for preventing respiratory droplet transmission in micro environments", *Science of The Total Environment*, **735**, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139510.

[10] B. Sen, S. Paul, K.K. Bhowmik, et al. (2020), "Development of novel respiratory face masks prepared from banana stem fiber against bio-aerosols: An eco-friendly approach", *Letters in Applied NanoBioScience*, **10(1)**, pp.1993-2002, DOI: 10.33263/LIANBS101.19932002.

[11] Reuters Staff(2020), "From field to compost: French firm develops hemp face masks", <https://www.reuters.com/article/us-health-coronavirusfrance-hemp-mask-idUSKBN2621Z2>, accessed 11 September 2020.

[12] C.L.N. Hanh, N.T.B. Boat, L.H.V. Thanh, et al. (2022), "Research on making masks resistant to ultraviolet radiation from banana fibers", *Journal of Science, Can Tho University*, **58(2A)**, pp.66-76, DOI: 10.22144/ctu.jvn.2022.037.

[13] J.L. Guimarães, E. Frollini, C.G.D. Silva, et al. (2009), "Characterisation of banana, sugarcane bagasse and sponge gourd fibers of Brazil", *Industrial Crops and Products*, **30(3)**, pp.407-415, DOI: 10.1016/j.indcrop.2009.07.013.

[14] ASTM International (2010), *ASTM D882-02: Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting*.

[15] ASTM International (2018), *ASTM D570-98: Standard Test Method for Water Absorption of Plastics*.

[16] ISO Standards (2020), *ISO 3071:2020: Textiles - Determination of pH of Aqueous Extract*.

[17] S.N. Monteiro, F.M. Margem, R.L. Loiola, et al. (2014), "Characterisation of banana fibers functional groups by infrared spectroscopy", *Materials Science Forum*, **775-776**, pp.250-254, DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.775-776.250.

[18] A. Parre, B. Karthikeyan, A. Balaji, et al. (2020), "Investigation of chemical, thermal and morphological properties of untreated and NaOH treated banana fiber", *Materials Today: Proceedings*, **22**, pp.347-352, DOI: 10.1016/j.matpr.2019.06.655.

[19] X. Li, G. Tabil, S. Panigrahi (2007), "Chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber - reinforced composites: A review", *Journal of Polymers and The Environment*, **15(1)**, pp.25-33, DOI: 10.1007/s10924-006-0042-3.

[20] L. Oberli, D. Caruso, C. Hall, et al. (2014), "Condensation and freezing of droplets on superhydrophobic surfaces", *Advances in Colloid and Interface Science*, **210**, pp.47-57, DOI: 10.1016/j.cis.2013.10.018.

[21] H.T. Linh, T.V. Chat, V.D. Tan (2017), "Evaluation of the ecological properties of cotton fabric and silk fabric dyed with colorants extracted from the Terminalia T. catappa leaves", *UTEHY Journal of Science and Technology*, **13(3)**, pp.74-77.