

NGHIÊN CỨU TỔNG HỢP VẬT LIỆU HYDROGEL DẠNG SỢI TỪ XƠ DỪA NƯỚC

SYNTHESIS OF THREAD-LIKE HYDROGEL FROM COCONUT COIR

Trương Thị Thủy

Phòng Khoa học - Công nghệ, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 05/01/2023, chấp nhận đăng ngày 03/02/2023

Tóm tắt: Trong nghiên cứu này đã chiết tách thành công cellulose từ xơ dừa nước với hiệu suất 26,12%, tổng hợp thành công vật liệu hấp phụ hydrogel dạng sợi từ cellulose với DMAC/LiCl đạt hiệu suất 359%. Vật liệu hydrogel trước và sau khi sấy đều có màu vàng, mềm, tương đối dai và không tan trong nước. Một số tính chất của vật liệu hydrogel dạng sợi được xác định bằng một số phương pháp như SEM, FTIR... Do kích thước là sợi dài, mỏng đã làm tăng diện tích tiếp xúc và dễ dàng thu hồi trong quá trình tham gia xử lý nước thải.

Từ khóa: Xơ dừa nước, cellulose, hydrogel, quá trình đảo pha, hấp phụ.

Abstract: In this study, thread-like hydrogel was successfully synthesized from coconut coir with the efficiency of 26.12%. The method DMAC/LiCl was utilized in the process of synthesizing the adsorptive hydrogel, with the efficiency of 359%. The resulting hydrogel, both before and after drying, is yellow in color, soft, relatively tough, and insoluble in water. The characteristics of the resulting hydrogel are studied with available methods including SEM and FTIR... Thanks to being long while thin, which significantly increases its surface area and convenience in the recollection process, the synthesized hydrogel has great applications in the water treatment processes.

Keywords: Coconut coir, cellulose, hydrogel, phase-inversion process, adsorption.

1. MỞ ĐẦU

Hydrogel là nền polyme trương nước với xu hướng hấp thụ nước khi đặt trong môi trường nước. Hydrogel, đặc biệt là hydrogel thông minh nhạy với môi trường có rất nhiều ứng dụng quan trọng trong nông nghiệp, công nghiệp, công nghệ sinh học và y tế [2]. Hydrogel sử dụng trong ngành công nghiệp dệt may bằng cách ghép hoặc hấp phụ trên bề mặt của sợi polymer. Hydrogel đã được sử dụng trong ngành công nghiệp dầu để ứng dụng nâng cao khả năng thu hồi dầu như một bộ điều khiển tự động của nhiên liệu trong thu gom. Vật liệu hydrogel sẽ hoạt động như tác nhân kiểm chế các vùng độ thấm cao tránh loang dầu ra những nơi có độ thấm thấp, để thu gom dầu nhiều nhất có thể [3].

Thành phần cellulose có trong xơ quả dừa nước khá cao (30-45%) và là nguồn chiết tách cellulose quan trọng. Với khối lượng phụ phẩm nông nghiệp (xơ quả dừa nước) lớn ở Việt Nam, nghiên cứu này nhằm mục đích chiết xuất cellulose từ xơ quả dừa nước và sử dụng cellulose này để tổng hợp nên nhiều dẫn xuất cũng như vật liệu mới phục vụ cho các ngành công nghiệp, nông nghiệp, thực phẩm, môi trường [1]. Cellulose chiết tách từ vỏ quả dừa nước là vật liệu thân thiện với môi trường, có khả năng phân hủy sinh học cao và có chi phí sản xuất thấp.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

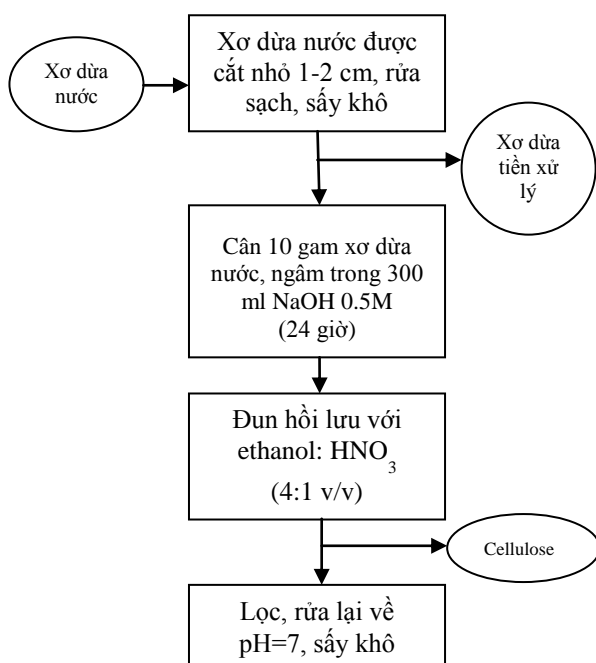
2.1. Nguyên liệu

Xơ dừa nước, cellulose có trong xơ quả dừa

nước, sodium hydroxide (NaOH), acid nitric (HNO_3), KOH (potassium hydroxide), methylen xanh được mua từ Xilong Scientific Co., Ltd, China. Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), lithium chloride (LiCl) được mua từ Guangdong Guanghua Sci Tech., Co, LTd, Trung Quốc, và N,N-Dimethylacetamide-DMAc ($\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}$) được mua từ Merk, Đức.

2.2. Quy trình tổng hợp vật liệu hydrogel dạng sợi

2.2.1. Quy trình chiết cellulose (M.F.Ferreira Junior et.al, 2011)



Hình 1. Quy trình chiết cellulose

Giai đoạn tiền xử lý: Vỏ dừa nước được thu gom thủ công để làm vật liệu sinh khối cơ sở. Sau khi thu gom, vỏ dừa nước được xử lý về dạng xơ dừa nước (bao gồm xơ dừa nước và mụn xơ dừa nước). Tiếp theo, xơ dừa nước được cắt nhỏ về kích thước khoảng 1-2 cm, rửa sạch bằng nước cất nóng (80°C) 5 lần nhằm loại bỏ lượng đường dư và những thành phần cặn còn bám lại trên xơ dừa nước. Sau đó, xơ dừa nước được đem sấy trong lò sấy ở nhiệt độ 50°C .

Xử lý với NaOH: Cân 10 gam xơ dừa nước đã được xử lý thô ở giai đoạn trên, ngâm trong nước cất 12 giờ. Sau đó lọc xơ dừa nước và ngâm trong 300 ml dung dịch NaOH 0,5M ở nhiệt độ phòng trong 24 giờ. Xơ dừa nước sau khi ngâm NaOH được lọc và rửa lại bằng nước cất nhiều lần để loại bỏ NaOH (thử bằng giấy quỳ).

Đun hồi lưu: Xơ dừa nước sau khi được xử lý ở giai đoạn trên được chuyển toàn bộ vào bình cầu hai cổ và đun hồi lưu với hỗn hợp dung dịch ethanol và HNO_3 (v/v) với tỉ lệ 4:1 trong 3 giờ, cứ mỗi giờ thay hóa chất một lần. Sau khi đun hồi lưu, hỗn hợp xơ dừa nước được đem đi lọc bằng thiết bị lọc chân không và rửa sạch bằng nước cất cho đến khi pH=7 (thử bằng giấy quỳ) để loại bỏ hoàn toàn lượng acid còn lại và thu được cellulose. Cellulose thu được tiếp tục cho vào tủ sấy ở nhiệt độ 105°C trong 3 giờ và được sấy khô tới khối lượng không đổi để chuẩn bị cho bước tổng hợp vật liệu hydrogel tiếp theo [6].

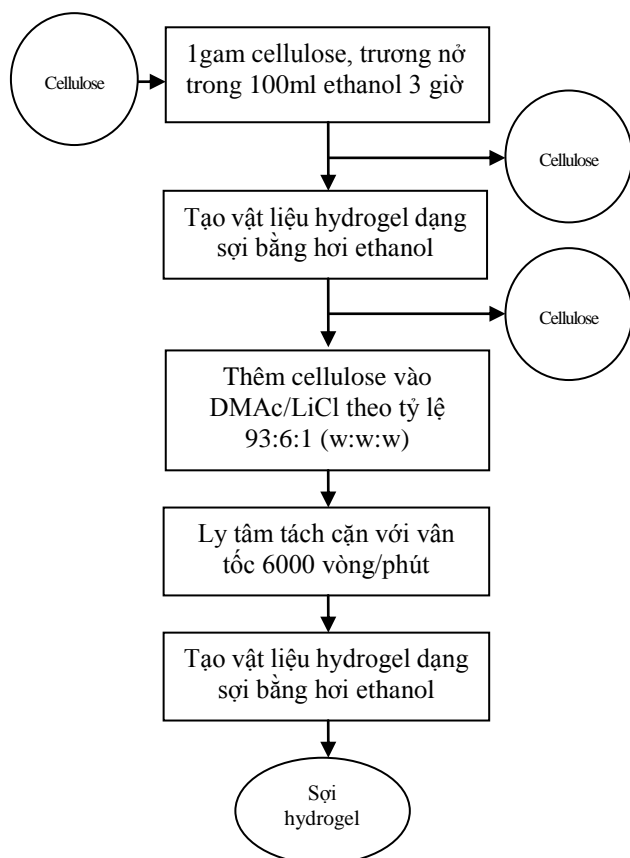
2.2.2. Tổng hợp vật liệu hydrogel dạng sợi (DMAc/LiCl)

Vật liệu hydrogel được tổng hợp từ sợi cellulose kết hợp với DMAc/LiCl theo các bước tiến hành như sau:

Chuẩn bị dung môi hòa tan cellulose (DMAc/LiCl): Chuẩn bị dung môi DMAc/LiCl trước khi hòa tan sợi cellulose. Dung dịch DMAc được ngâm cùng KOH dạng rắn trong 5 ngày nhằm loại bỏ hòa toàn lượng nước trong dung dịch DMAc và sấy khô LiCl ở 80°C trong 24 giờ.

Hòa tan cellulose với hỗn hợp dung dịch DMAc/LiCl: Trong quá trình này, sợi cellulose được hòa tan trong dung dịch DMAc/LiCl. Trước quá trình hòa tan, các sợi cellulose được khuấy trong dung dịch ethanol trong 3 giờ ở nhiệt độ 25°C . Quá trình này làm cho

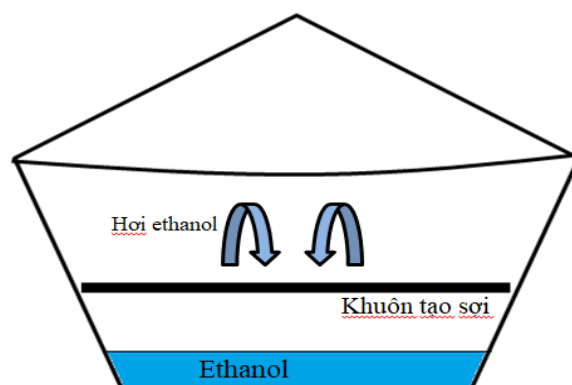
sợi cellulose trương phồng lên. Sau đó đem đi lọc, các sợi đã trương phồng được đặt trong hỗn hợp dung dịch DMAc/LiCl ở nhiệt độ 25°C trong 5 ngày với tỷ lệ 93 gam DMAc và 6 gam LiCl. Kết quả thu được đem ly tâm ở 6000 vòng/phút trong 20 phút để loại bỏ phần không hòa tan và thu được dung dịch cellulose.



Hình 2. Quy trình tổng hợp sợi hydrogel

Tạo vật liệu hydrogel dạng sợi: Chuẩn bị khuôn tạo sợi hydrogel và dung dịch ethanol để thực hiện phương pháp nghịch đảo pha hấp phụ hơi ethanol.

Cân 10 gam dung dịch cellulose sau ly tâm đổ vào khuôn dạng sợi có đường kính 0,5 cm chiều dài 25 cm. Tiếp theo, đặt khuôn dạng sợi vào một hộp có kích thước lớn hơn, đậy nắp kín để hạn chế sự thoát hơi ethanol, để yên trong 24 giờ, ta thu được vật liệu hydrogel dạng sợi.



Hình 3. Mô hình tạo sợi hydrogel bằng phương pháp nghịch đảo pha

Rửa sợi hydrogel: DMAc và ethanol dư được loại bỏ bằng cách ngâm hydrogel trong nước cất, thay nước liên tục đến khi nước trong và không còn mùi.

2.3. Nghiên cứu tính chất của vật liệu hydrogel dạng sợi

Phương pháp quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR Fourier transfer infrared – phổ hồng ngoại biến đổi Fourier):

Quang phổ hồng ngoại (Infrared Spectroscopy-IR) là một kỹ thuật phân tích thường được dùng để xác định nhóm chức chất hữu cơ. Kỹ thuật này do sự hấp thụ bức xạ hồng ngoại của vật liệu trên những bước sóng khác nhau. Những nhóm chức khác nhau sẽ hấp thụ ánh sáng ở bước sóng khác nhau trên dải hồng ngoại. Khi chiếu phát xạ hồng ngoại vào một vật liệu, vật liệu hấp thụ năng lượng, chuyển sang trạng thái kích thích và dao động mạnh hơn. Giá trị của bước sóng mà tại đó các phân tử trong vật liệu hấp thụ là đặc trưng cho cấu trúc của phân tử đó. Dải hấp thụ nằm trong khoảng bước sóng từ 4000 đến 500 (cm^{-1}). Trong đó, dải hấp thụ trong khoảng 4000 đến 1500 cm^{-1} là vùng nhóm chức. Từ 1500 đến 500 cm^{-1} là vùng dấu vân tay. Trục tung biểu diễn độ truyền suốt (transmittance %) hoặc độ hấp thụ (absorbance%). Trục hoành biểu diễn số sóng

(wavenumber cm^{-1}). Xơ dừa nước, cellulose, vật liệu hydrogel dạng sợi sau khi chế tạo được đo bằng FTIR tại Phòng thí nghiệm Kỹ thuật vật liệu bền vững sinh học và môi trường Biosustainable, Khoa Khoa học và Kỹ thuật vật liệu, Trường Đại học Công nghệ Nagaoka, Nhật Bản.

Phương pháp kính hiển vi điện tử quét (SEM): SEM là phương pháp tạo hình ảnh có độ phân giải cao của bề mặt vật liệu. SEM sử dụng các electron quét để tạo hình ảnh, giống như kính hiển vi quang học sử dụng nguồn sáng. SEM có độ phóng đại ($>100000 \times$) và có độ sâu trường ảnh lớn hơn nhiều lần so với kính hiển vi quang học. Vật liệu hydrogel dạng sợi được chụp ảnh SEM để xác định cấu trúc bề mặt của vật liệu tại Phòng thí nghiệm Kỹ thuật vật liệu bền vững sinh học và môi trường Biosustainable, Khoa khoa học và Kỹ thuật vật liệu, Trường Đại học Công nghệ Nagaoka, Nhật Bản.

Độ ngậm nước của vật liệu: Thí nghiệm độ ngậm nước của vật liệu được tiến hành bằng cách cân vật liệu khô với khối lượng xác định (gam), ghi lại khối lượng vật liệu ban đầu m_0 . Sau đó ngâm vật liệu vào V (ml) nước và sau các khoảng thời gian xác định, lấy vật liệu ra và nhanh chóng lau bằng giấy ăn và cuối cùng là cân lại khối lượng vật liệu m_t (vật liệu được lấy ra sau 1 giờ, 2 giờ, 3 giờ, 4 giờ... đến khi khối lượng vật liệu đạt giá trị không đổi). Độ ngậm nước của vật liệu được tính theo công thức:

$$EWC (\%) = \frac{m_t - m_0}{m_0} \times 100\%$$

Trong đó:

EWC: độ ngậm nước của vật liệu (%);

m_0 : khối lượng vật liệu lúc đầu (gam);

m_t : khối lượng của vật liệu sau thời gian (gam).

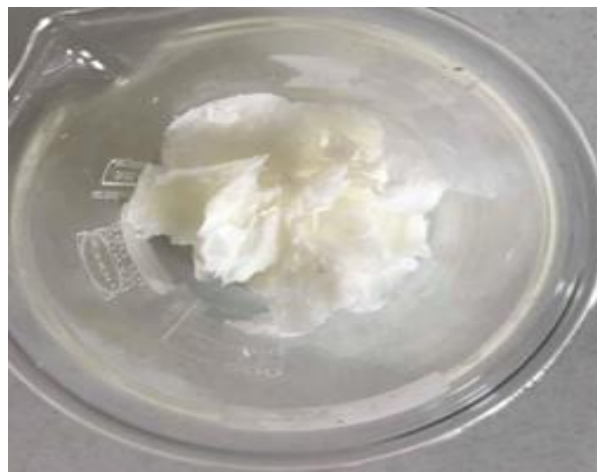
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tổng hợp cellulose từ xơ dừa nước

Quá trình tổng hợp cellulose từ xơ dừa nước xảy ra nhờ hai quá trình chính là xử lý bằng NaOH và đun hồi lưu bằng hỗn hợp acid HNO_3 /ethanol với tỉ lệ 1:4. Hai quá trình này là cơ sở để loại bỏ các tạp chất (tro, đường...) và các thành phần không mong muốn (lignin, hemicellulose) trong xơ dừa nước để dễ dàng thu được cellulose - sản phẩm cho các nghiên cứu tiếp theo [6].



Hình 4. Xơ dừa nước tiền xử lý



Hình 5. Cellulose chiết từ xơ dừa nước

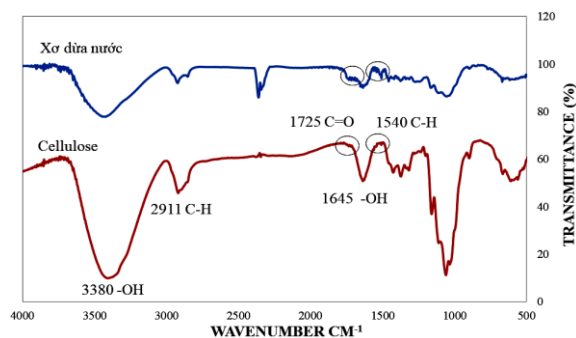
Sự thay đổi màu sắc của xơ dừa nước và cellulose được tạo thành thể hiện trên hình 4 và hình 5. Cellulose tạo thành trước khi sấy có màu trắng, do được chiết gần như là tinh khiết các thành phần mang màu sắc đặc trưng của xơ dừa nước [7]. Bên cạnh đó, cellulose được

chiết mềm, mịn và có độ xốp nhiều hơn xơ dừa nước ban đầu do các thành phần lignin, hemicellulose,... đã bị loại bỏ triệt để. Hiệu suất tổng hợp cellulose từ xơ dừa nước đạt 26,12%.

Quá trình đun hồi lưu bằng acid hay còn gọi là xử lý acid cho hiệu quả loại bỏ hemicellulose, lignin và một phần cellulose cũng bị loại bỏ bởi hai quá trình này. Theo nghiên cứu của R.G. Candido et al., [8], hiệu suất loại bỏ hemicellulose là 70,78% và lignin là 52,22%. So với các nghiên cứu trước đây của Võ Thị Thanh Nhân và Võ Văn Bậm [2], [3] hiệu suất chiết cellulose lần lượt là 17,33% và 35%, điều này cho thấy cellulose chiết từ xơ dừa nước mang lại hiệu suất tương đối cao.

3.2. FTIR cellulose từ xơ dừa nước

Phổ hồng ngoại giúp xác định các dao động đặc trưng của các liên kết nhóm chức hữu cơ. Việc chụp phổ FTIR cho xơ dừa nước và cellulose chiết được nhằm so sánh được độ chính xác của cellulose tạo thành.

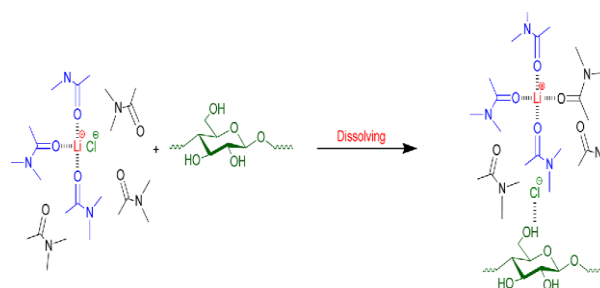


Hình 6. Hình chụp phổ FTIR của xơ dừa nước, cellulose

Hình 6 thể hiện phổ hồng ngoại FTIR của xơ dừa nước và cellulose chiết từ xơ dừa nước. Nhìn vào hình ta nhận thấy sự khác biệt rõ ràng phổ hồng ngoại xơ dừa nước so với phổ hồng ngoại của cellulose. Từ FTIR trên hình 5 dễ dàng nhận thấy được các vân phổ tương đồng của cellulose so với vân phổ của xơ dừa nước, điều này được thể hiện ở các vân phổ

sau: tại vân phổ 3380 cm^{-1} đại diện cho nhóm -OH (liên kết hydro), vân phổ 2911 cm^{-1} đại diện cho nhóm C-H , vân phổ từ $900\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$ đại diện cho các nhóm C-O-C và C-O và vân phổ 1645 cm^{-1} đại diện cho nhóm -OH (liên kết của các phân tử nước tự do), liên kết này giải thích cho khả năng hấp thụ nước của vật liệu cellulose. Đây đều là các nhóm chức đặc trưng của phân tử cellulose. Ngoài ra, khi so sánh với vân phổ của xơ dừa nước thì vân phổ của cellulose cho thấy độ truyền qua tăng lên nhiều ở các vân phổ 1645 cm^{-1} , vân phổ 2911 cm^{-1} và vân phổ 3380 cm^{-1} . Hơn thế nữa, phổ hồng ngoại FTIR cũng cho thấy được sự giảm hàm lượng của hemicellulose và lignin có trong xơ dừa nước thông qua sự giảm cường độ tại các vân phổ 1540 cm^{-1} và 1725 cm^{-1} đại diện cho các nhóm chức C=O và C-H trong cấu trúc của hemicellulose và lignin [4].

3.3. Tổng hợp vật liệu hydrogel dạng sợi từ cellulose



Hình 7. Mô tả quá trình hòa tan cellulose trong DMAc/LiCl

Cơ chế tổng hợp vật liệu hydrogel dạng sợi: Vật liệu hydrogel dạng sợi được tổng hợp từ cellulose và DMAc/LiCl trải qua 2 giai đoạn chính:

Quá trình hòa tan cellulose trong DMAc/LiCl: Các tương tác của của hợp chất cellulose - DMAc-LiCl đã được nghiên cứu và giải thích theo thứ tự sau đây. Đầu tiên, sự hòa tan của các ion Li^+ Cl^- đã tạo nên liên kết mạnh mẽ với các phân tử DMAc và cellulose. Ở đây có

thể thấy rõ, cation Li^+ sẽ kết hợp tạo phức với liên kết nhóm $\text{N}-\text{C}=\text{O}$ (cacbonyl) của DMAc và anion Cl^- sẽ kết hợp với ion H^+ của nhóm $-\text{OH}$ (hydroxyl). Từ đó có thể thu được hỗn hợp hòa tan cellulose trong DMAc/LiCl [5].

Quá trình hình thành sợi hydrogel - cellulose:
Quá trình hình thành hydrogel bằng phương pháp đảo pha trong ethanol và trong nước. Đối với ethanol, là một dung môi có khả năng bay hơi rất tốt, hơi ethanol ngưng tụ và rơi xuống khuôn tạo sợi có chứa dung dịch cellulose. Tại đây diễn ra quá trình trao đổi dung môi giữa ethanol và dung dịch cellulose, các phân tử ethanol dần dần thay thế dung môi DMAc bên trong dung dịch cellulose, các monomer cellulose không tan được trong dung môi mới là ethanol có xu hướng liên kết lại với nhau thông qua các liên kết $-\text{OH}$, tạo nên mạng lưới cấu trúc bền vững bên trong mô hình tạo sợi. Kết thúc quá trình, phần lớn DMAc sẽ bị loại bỏ hoàn toàn ra khỏi sợi hydrogel.



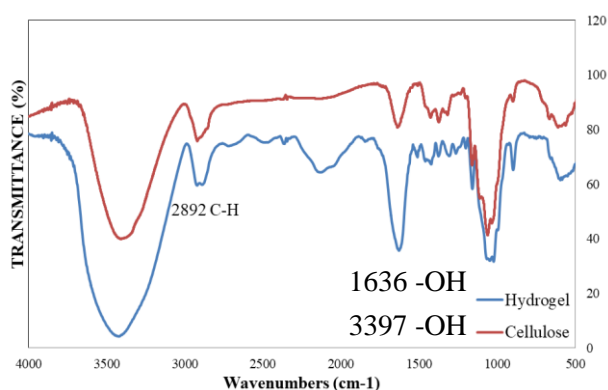
Hình 8. Sợi hydrogel

Hiệu suất tổng hợp vật liệu hydrogel dạng sợi: Từ 1 gam cellulose có thu được 3,59 gam vật liệu hydrogel-cellulose. Hiệu suất quá trình tạo vật liệu đạt 359% hydrogel tạo thành trước và sau khi sấy đều có màu vàng, mềm, tương đối dai và không tan trong nước. Do kích thước là sợi dài, mỏng đã làm tăng diện

tích tiếp xúc và dễ dàng thu hồi trong quá trình tham gia xử lý nước thải.

3.4. Các tính chất của vật liệu hydrogel dạng sợi

3.4.1. Phân tích phổ FTIR của vật liệu hydrogel dạng sợi



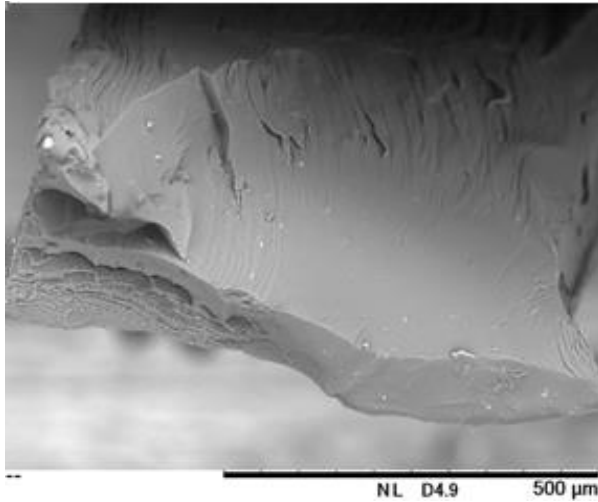
Hình 9. FTIR của vật liệu hydrogel dạng sợi tạo từ DMAc/LiCl và cellulose

Hình 9 thể hiện phổ FT - IR của cellulose và sợi hydrogel được tổng hợp từ hỗn hợp dung dịch cellulose - DMAc/LiCl. Nhìn vào hình ta dễ dàng thấy được sự tương đồng trong cấu trúc của cellulose và hydrogel. Tuy nhiên nhờ quá trình hòa tan bằng DMAc/LiCl mà hydrogel đã giúp thể hiện rõ rệt các vân phổ của các nhóm $-\text{OH}$ tại 3397 cm^{-1} , $-\text{OH}$ tại 1636 cm^{-1} , $\text{C}-\text{H}$ tại 2892 cm^{-1} . Sự tương đồng giữa FTIR của hydrogel và cellulose chứng tỏ đã tổng hợp thành công vật liệu hydrogel từ cellulose.

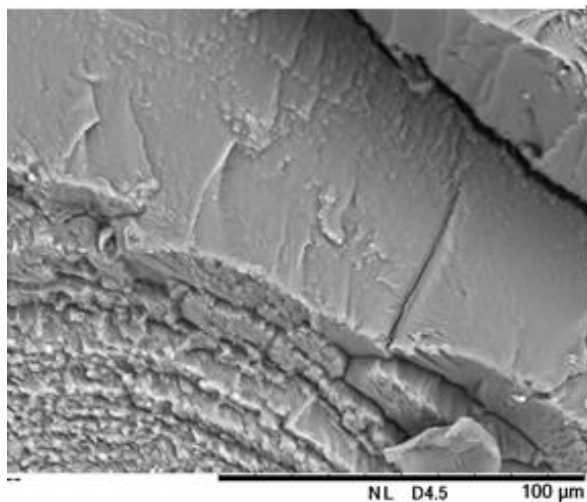
3.4.2. Phân tích cấu trúc hình thái của vật liệu bằng SEM

Vật liệu hydrogel được chụp ảnh SEM để xác định cấu trúc hình thái của vật liệu. Kết quả cho thấy cấu trúc hình thái của vật liệu hydrogel có sự phân tầng, xếp khít vào nhau và đồng nhất. Hình chụp mặt cắt ngang của vật liệu hydrogel ở độ phóng đại x200 cho kích thước độ dày của sợi hydrogel $937,5\text{ }\mu\text{m}$. Ngoài ra, ở độ phóng đại x1000 và x2000 cho

cấu trúc phân tầng, xuất hiện nhiều vết nứt trải dài.

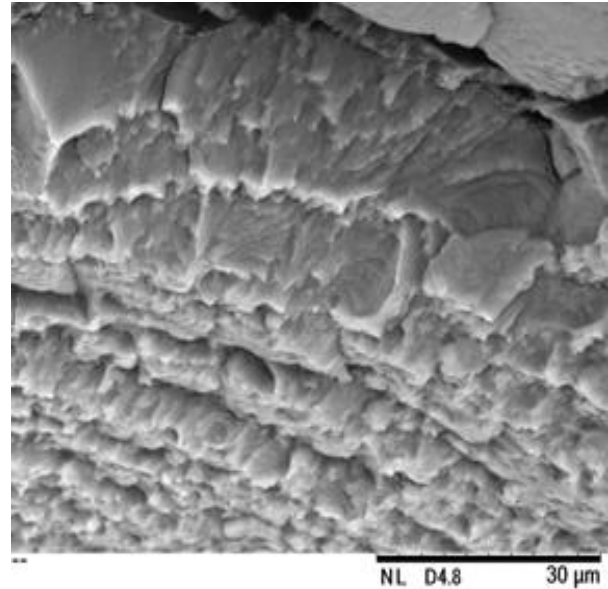


Hình 10. Hình ảnh chụp SEM bề mặt cắt ngang của vật liệu hydrogel độ phóng đại x200

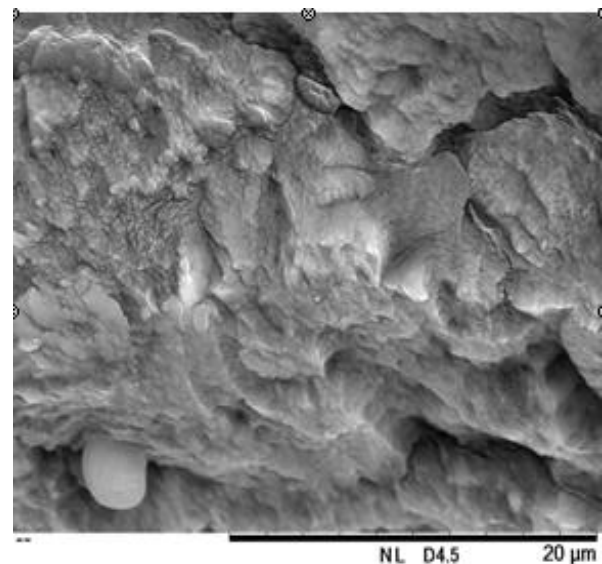


Hình 11. Hình ảnh chụp SEM bề mặt cắt ngang của vật liệu hydrogel độ phóng đại x1000

Điều này chứng tỏ trong quá trình hình thành vật liệu hydrogel bằng phương pháp nghịch đảo pha có xảy ra sự trao đổi giữa dung môi DMAc và ethanol. Mặt khác, ở độ phóng đại x200 và x5000 cho cấu trúc hình thái đồng nhất. Chứng tỏ cellulose đã được hòa tan hoàn toàn trong hợp chức DMAc/LiCl và đã tạo được một cấu trúc mạng lưới dày đặc tương đồng với vật liệu hydrogel mà nghiên cứu hướng tới.



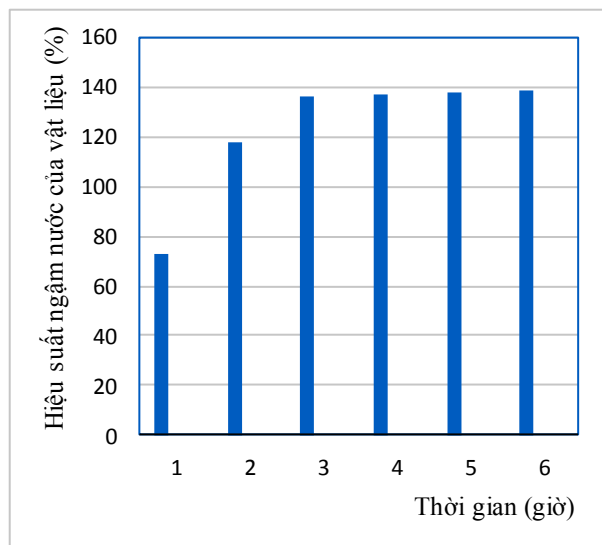
Hình 12. Hình ảnh chụp SEM bề mặt cắt ngang của vật liệu hydrogel độ phóng đại x2000



Hình 13. Hình ảnh chụp SEM bề mặt cắt ngang của vật liệu hydrogel độ phóng đại x5000

3.5. Độ ngậm nước của vật liệu hydrogel

Độ ngậm nước là một trong những tính chất đặc trưng cần được xác định nhằm khẳng định khả năng hấp phụ của vật liệu hydrogel. Hydrogel có cấu trúc càng ưa nước là do tương tác polyme - nước càng mạnh. Do đó, độ ngậm nước càng cao thì khả năng hấp phụ của hydrogel càng cao và ngược lại. Độ ngậm nước của vật liệu được thể hiện ở đồ thị 14.



Hình 14. Độ ngấm nước của vật liệu

Kết quả thí nghiệm cho thấy độ ngấm nước của hydrogel tăng nhanh trong 3 giờ đầu tăng đến 136,1%, sau thời gian 3 giờ thì độ ngấm

nước của vật liệu tăng lên không đáng kể sau 6 giờ đạt 138,6%. Qua kết thu được cho thấy tính chất cơ học của vật liệu hydrogel dạng sợi từ xơ dừa nước là khá tốt.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này đã tách chiết được cellulose từ xơ dừa nước với hiệu suất 26,12%. Vật liệu hydrogel dạng sợi được tổng hợp từ cellulose và DMAc/LiCl trải qua 2 giai đoạn chính là quá trình hòa tan cellulose trong DMAc/LiCl và hình thành sợi hydrogel - cellulose với hiệu suất quá trình tạo vật liệu đạt 359,0%. Hydrogel tạo thành trước và sau khi sấy đều có màu vàng, mềm, tương đối dai và không tan trong nước. Do kích thước là sợi dài, mỏng đã làm tăng diện tích tiếp xúc và dễ dàng thu hồi trong quá trình tham gia xử lý nước thải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đặng Trương Nhân, Nguyễn Vũ Việt Linh, Trần Thanh Tâm, *Đánh giá đặc tính sợi xơ dừa qua quá trình xử lý với các dung môi và nhiệt độ khác nhau*, Tạp chí Khí tượng thủy văn, EME4, 297-306 (2022).
- [2] Võ Thị Thanh Nhân, *Nghiên cứu tổng hợp vật liệu hydrogel từ bã trà và khảo sát khả năng hấp phụ methylene xanh của vật liệu*. Trường Đại học Khoa học tự nhiên – Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh (2018).
- [3] Võ Văn Bậm, *Nghiên cứu tổng hợp vật liệu Hydrogel từ rom rạ và khảo sát khả năng xử lý ion kim loại nặng Crom (VI)*, Trường Đại học Khoa học tự nhiên – Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh (2018).
- [4] Chao Zhang, Ruigang Liu, Junfeng Xiang, Hongliang Kang, Zhijing Liu and Yong Huang, *Dissolution mechanism of cellulose in N,N-dimethylacetamide/lithium chloride: revisiting through molecular interactions*. J.Phys. Chem. Biology.118, 31, 9507-9514 (2014).
- [5] Majid, A.; Liu, A.; Sou, H.; Chouw, N. *Mechanical and dynamic properties of coconut fibre reinforced concrete*. Constr. Build Mater. No.30, pp.814 - 825 (2012).
- [6] M.F Ferreira Junior, E. A. Ribeiro Mundim, G. R. Filho, C.D. Silva Meireles, D. A. Cerqueira, R. M. N de Assuncao, M. Marcolin, M. Zeni. *SEM study of the morphology of asymmetric cellulose acetate membranes produced from recycled agro-industrial residues: sugarcane bagasse and mango seeds*. Polym. Bull, Vol: 66, pp: 377-389 (2011)
- [7] Mohanta, J.; Kumari, R.; Qaiyum, M.A et al. *Alkali assisted hydrophobic reinforcement of coconut fiber for enhanced removal of cationic dyes: equilibrium, kinetics and thermodynamic insight*. Int. J. Phytorem. No.23, pp 1423-1431 (2021).
- [8] R.G. Candido, A.R. Goncalves, *Synthesis of cellulose acetate and carboxymethylcellulose from sugar cane straw*, Volume 152, November, pp. 679-686 (2016).

Thông tin liên hệ: **Trương Thị Thủy**

Điện thoại: 0913301931 - Email: ttthuy@uneti.edu.vn

Phòng Khoa học - Công nghệ, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.