

## Extraction of Cellulose Fibers from Corn Cobs Agricultural Waste by a Simple and Sustainable Method

Ngoc Quang Nguyen<sup>1</sup>, Bui Anh Duy Nguyen<sup>1</sup>, Thanh Huy Nguyen<sup>1</sup>, Phuong Dong Bui<sup>1</sup>, Duc Thinh Pham<sup>1</sup>, Ngoc Lam Truong Huynh<sup>1</sup>, Chi Thanh Nguyen<sup>1\*</sup>  
Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam

\*Corresponding author. Email: [thanhc@hcmute.edu.vn](mailto:thanhc@hcmute.edu.vn)

### ARTICLE INFO

Received: 28/09/2024  
Revised: 09/10/2024  
Accepted: 10/10/2024  
Published: 28/05/2025

### KEYWORDS

Agricultural wastes;  
Corn cobs;  
Cellulose fibers;  
Biomass;  
Nitro oxidation.

### ABSTRACT

Corn cobs were common agricultural waste available in large quantities in many countries. Corn cobs contained a relatively high cellulose content of about 11,9-41,3%. Therefore, extracting cellulose fibers from corn cobs had significant economic and environmental implications. This study aimed to extract cellulose fibers from corn cobs using a simple method of nitro oxidation, which saved energy and cost. The extracted cellulose fibers had potential applications in various fields. Scanning electron microscopy (SEM) results showed that the dried extracted cellulose fibers had a tendency to form agglomerations, the individual separate fiber could not be observed. Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) analysis indicated absorbed peaks at wavenumbers corresponding to the vibrations of OH, CH, and COC groups, which were characteristic peaks for the chemical structure of cellulose. The crystallinity index of the extracted cellulose fibers was 69,68%, higher than that of the corn cobs. Thermogravimetric analysis (TGA) results showed that the cellulose fibers had higher thermal stability compared to the corn cobs. The thermal decomposition process of corn cobs and cellulose fibers occurred in three stages: below 200°C, 200-400°C, and above 400°C.

## Trích Ly Sợi Cellulose từ Phế Phẩm Nông Nghiệp Lõi Ngô bằng Phương Pháp Bền Vững và Đơn Giản

Nguyễn Ngọc Quang<sup>1</sup>, Nguyễn Bùi Anh Duy<sup>1</sup>, Nguyễn Thanh Huy<sup>1</sup>, Bùi Phương Đông<sup>1</sup>, Phạm Đức Thịnh<sup>1</sup>, Huỳnh Ngọc Lam Trường<sup>1</sup>, Nguyễn Chí Thanh<sup>1\*</sup>  
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

\*Tác giả liên hệ. Email: [thanhc@hcmute.edu.vn](mailto:thanhc@hcmute.edu.vn)

### THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 28/09/2024  
Ngày hoàn thiện: 09/10/2024  
Ngày chấp nhận đăng: 10/10/2024  
Ngày đăng: 28/05/2025

### TỪ KHÓA

Phế phẩm nông nghiệp;  
Lõi ngô;  
Sợi cellulose;  
Vật liệu sinh khối;  
Oxy hóa nitro.

### TÓM TẮT

Lõi ngô là phế phẩm nông nghiệp phổ biến và có sẵn ở nhiều quốc gia với số lượng lớn. Lõi ngô chứa hàm lượng cellulose tương đối cao khoảng 11,9-41,3%. Vì vậy, trích ly sợi cellulose từ lõi ngô có ý nghĩa quan trọng về kinh tế và môi trường. Nghiên cứu này nhằm mục đích trích ly sợi cellulose từ lõi ngô bằng phương pháp oxy hóa nitro đơn giản, tiết kiệm năng lượng và chi phí. Sợi cellulose trích ly được có tiềm năng ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Kết quả kính hiển vi điện tử quét (SEM) cho thấy sợi cellulose sau khi sấy khô có xu hướng tích tụ thành các bó sợi, không quan sát thấy các sợi cellulose riêng lẻ. Phân tích quang phổ hồng ngoại (FTIR) chỉ ra các đỉnh hấp thụ tại các số sóng tương ứng với dao động của các nhóm OH, CH và COC, là các đỉnh đặc trưng cho cấu trúc hóa học của cellulose. Độ kết tinh của sợi cellulose trích ly được là 69,68%, cao hơn so với lõi ngô. Kết quả phân tích TGA cho thấy sợi cellulose có độ bền nhiệt cao hơn so với lõi ngô. Quá trình phân hủy nhiệt của lõi ngô và sợi cellulose diễn ra trong ba giai đoạn: dưới 200°C, 200-400°C, và trên 400°C.

Doi: <https://doi.org/10.54644/jte.2025.1663>

Copyright © JTE. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial purpose, provided the original work is properly cited.

## 1. Giới thiệu

Nền nông nghiệp ngô đang ngày một phát triển và phổ biến trên toàn thế giới, đặc biệt là các quốc gia ở Châu Mỹ và Châu Á [1]. Ngô cũng là loại cây lương thực thực phẩm có sản lượng thứ hai thế giới chỉ sau lúa gạo [1]. Song song với sự phát triển đó là một lượng khổng lồ rác thải sinh khối từ ngô như thân, vỏ và lõi. Hiện tại, chúng được chế biến thành thức ăn gia súc và nhiên liệu sưởi ấm [2]. Tuy nhiên, một lượng lớn chúng đã bị loại bỏ như chất thải nông nghiệp sau thu hoạch, tạo ra nhiều thách thức cho các quốc gia đang phát triển về việc xử lý rác thải nông nghiệp. Điều này đã gây ra nhiều vấn đề tiêu cực cho môi trường do việc xử lý còn nhiều hạn chế. Trong năm 2021, Việt Nam đạt sản lượng ngô khoảng 4,4 triệu tấn chiếm 3,6% tổng sản lượng ngô trên toàn thế giới [1]. Các số liệu trên đã chỉ ra rằng, đã có một khối lượng lớn rác thải từ ngô được thải ra môi trường gây ra các tác động xấu đến hệ sinh thái và sức khỏe con người. Vì vậy, việc tìm kiếm các giải pháp xử lý hiệu quả và bền vững cho lượng rác thải này là vô cùng cần thiết để giảm thiểu những ảnh hưởng tiêu cực của chúng đến môi trường.

Lõi ngô là một phế phẩm nông nghiệp giàu cellulose, nó mang nhiều tiềm năng lớn để chế tạo các sản phẩm có giá trị cao [2]. Khối lượng của lõi ngô chiếm từ 20-30% khối lượng ngô [3]. Điều này có nghĩa rằng trong năm 2021 đã có ít nhất khoảng 240 triệu tấn rác thải lõi ngô được thải ra môi trường. K. Harini và cộng sự đã báo cáo rằng, lõi ngô có nguồn gốc từ Ấn Độ chứa hàm lượng cellulose 34,1%, hemicellulose 20,2%, và lignin 15,1% [4]. Trong một nghiên cứu khác của Sirikarn Satimanont và cộng sự chỉ ra rằng lõi ngô tại Thái Lan có chứa cellulose 41,3%, hemicellulose 46,0% và lignin 7,4% [5]. Tuy nhiên, Wiwin Rewini Kunusa và cộng sự lại báo cáo rằng, lõi ngô được thu thập tại Indonesia chứa hàm lượng cellulose 11,9%, hemicellulose 38,8%, và lignin là 44,4%, còn lại là các thành phần khác [6]. Điều này chứng tỏ rằng, thành phần cellulose trong lõi ngô phụ thuộc vào nguồn gốc thực vật và điều kiện sinh dưỡng. Các nghiên cứu trên đã cho thấy rằng, lõi ngô là một phế phẩm nông nghiệp đầy tiềm năng để trích ly sợi cellulose có tiềm năng ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Việc nghiên cứu trích ly sợi cellulose từ phế phẩm nông nghiệp lõi ngô bằng phương pháp đơn giản, bền vững mang lại nhiều ý nghĩa về mặt kinh tế và môi trường.

Cellulose là một loại polysaccharide, là polymer có nguồn gốc thiên nhiên, thân thiện với môi trường, có sẵn và có thể tái tạo [7]. Vật liệu này có cấu trúc bán kết tinh bao gồm các vùng vô định hình và vùng kết tinh [2]. Cellulose có nhiều đặc tính độc đáo bao gồm khả năng tương thích sinh học, không độc hại, khả năng phân hủy sinh học và đặc biệt là tính chất cơ học cao [2]. Vì vậy, cellulose đã thu hút sự quan tâm to lớn trong các ứng dụng khác nhau như y tế, mỹ phẩm, chất độn cho vật liệu bao bì thực phẩm, chất gia cường cho vật liệu nanocomposit sinh học [3], chất hấp phụ xử lý nước thải. Sợi cellulose là vật liệu tiềm năng có thể được trích ly hiệu quả từ nhiều nguồn khác nhau như gỗ, cỏ, bông, phế phẩm nông nghiệp, táo, bã sắn [8]-[9].

Sợi cellulose có thể được trích ly từ phế phẩm nông nghiệp bằng nhiều phương pháp khác nhau như phương pháp cơ học, hóa học và sinh học (sử dụng enzym), và phương pháp kết hợp xử lý cơ học và hóa học [10], [11], [12]. Trong đó, phương pháp hóa học được sử dụng phổ biến nhất là thủy phân axit. Phương pháp này khá phức tạp bao gồm nhiều quy trình, đầu tiên là xử lý kiềm bằng dung dịch NaOH để loại bỏ hemicellulose, tiếp theo là tẩy trắng bằng NaClO hoặc H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nhằm loại bỏ lignin, cuối cùng là thủy phân axit để thu được sợi cellulose. Vì vậy, phương pháp này có nhiều hạn chế như trải qua nhiều quá trình xử lý hóa học gây ra ảnh hưởng xấu đến chất lượng sợi cellulose (mạch cellulose có thể bị giảm cấp) cũng như làm giảm hiệu suất trích ly, tiêu tốn nhiều năng lượng, thời gian và lượng nước dùng xử lý làm sạch mẫu. Đáng ngại hơn là vấn đề nhiều hóa chất độc hại sau phản ứng được thải ra môi trường. Do đó để giải quyết những vấn đề trên, trong nghiên cứu này phương pháp oxy hóa nitro được sử dụng để trích ly sợi cellulose từ phế phẩm nông nghiệp lõi ngô. So với phương pháp thủy phân axit, phương pháp này đơn giản, chỉ sử dụng một phản ứng duy nhất. Điều này giúp tiết kiệm năng lượng, chi phí và nâng cao hiệu suất trích ly. Đặc biệt, hóa chất sau phản ứng có thể thu hồi để sản xuất phân bón [13].

## 2. Nguyên liệu và phương pháp

### 2.1. Nguyên liệu

Lõi ngô được thu thập tại khu vực Thành phố Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Axit nitric ( $\text{HNO}_3$ ), Natri nitrit ( $\text{NaNO}_2$ ) và Natri hydroxit ( $\text{NaOH}$ ) được mua từ Sigma Aldrich. Nước cất được cung cấp từ phòng thí nghiệm Công nghệ vật liệu, khoa Khoa học ứng dụng, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

*Trích ly sợi cellulose từ lõi ngô bằng phương pháp oxy hóa nitro:* Lõi ngô sau khi được phơi khô trong ba ngày đã được sấy khô ở nhiệt độ  $70^\circ\text{C}$  trong 24 giờ và được nghiền mịn. Sau đó, cho 5 gam nguyên liệu thô vào bình cầu ba cổ cùng với 70 ml dung dịch axit  $\text{HNO}_3$  7,5 M, hỗn hợp được đun nóng ở  $70^\circ\text{C}$  và khuấy đều liên tục bằng máy khuấy cơ. Sau 10 phút, thêm 9,8 gam  $\text{NaNO}_2$  vào hỗn hợp và tiếp tục khuấy liên tục trong 6 giờ. Phản ứng được hoàn thành bằng cách thêm lượng nước cất dư. Vật liệu thu được được rửa bằng nước cất nhiều lần và ly tâm ở tốc độ 5000 vòng/phút trong 10 phút. Lượng axit dư được trung hòa bằng dung dịch  $\text{NaOH}$  1%. Cuối cùng, mẫu được sấy đông khô cho đến khi khô hoàn toàn để thu được sợi cellulose.

*Phân tích hình thái bề mặt:* Hình thái bề mặt của lõi ngô và sợi cellulose được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét model FESEM S-4800 HITACHI (Nhật Bản) tại Trung tâm R&D SHTP – Khu công nghệ cao TP.HCM, với thế xúc tiến 10 kV. Trong quá trình chuẩn bị mẫu, các mẫu được cố định vào khung kim loại bằng băng Cacbon. Trước khi quan sát, tất cả các mẫu đều được phủ một lớp Pt để đảm bảo tính dẫn điện.

*Phân tích cấu trúc hóa học:* Cấu trúc hóa học của lõi ngô và sợi cellulose được phân tích bằng máy quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier, NICOLET 6700-Therm (Mỹ) tại Đại học Tài chính-Marketing Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Các mẫu được đo với số sóng trong khoảng  $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ , với độ phân giải  $4\text{ cm}^{-1}$  và 64 lần quét.

*Phân tích cấu trúc tinh thể:* Kỹ thuật nhiễu xạ tia X được sử dụng để xác định cấu trúc tinh thể của lõi ngô và sợi cellulose. Dựa trên vị trí các đỉnh nhiễu xạ và cường độ của các đỉnh nhiễu xạ, cấu trúc tinh thể cũng như chỉ số độ kết tinh của các mẫu được xác định. Trong nghiên cứu này, lõi ngô và sợi cellulose được phân tích bằng thiết bị nhiễu xạ tia X EMPYREAN của PANalytical (Hà Lan) tại Đại học Tài chính - Marketing tại Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Tất cả các phép đo được thực hiện với phạm vi góc từ  $5 - 80^\circ$  ( $2\theta$ ) và sử dụng nguồn tia X là  $\text{CuK}\alpha$  ( $\alpha = 1.54056\text{ \AA}$ ) ở 40 kV và 45 mA. Chỉ số độ kết tinh được tính toán bằng phương trình 1 [3].

$$CI\% = \frac{(I_{002} - I_{am})}{I_{002}} \times 100 \quad (1)$$

Trong đó,  $I_{002}$  là cường độ nhiễu xạ cực đại của đỉnh mạng (002) tại góc  $2\theta$  từ  $21^\circ$  đến  $23^\circ$ , đại diện cho cả phần tinh thể và vô định hình của cellulose.  $I_{am}$  là cường độ nhiễu xạ cực tiểu được xác định tại góc  $2\theta$  từ  $18^\circ$  đến  $20^\circ$ , đại diện cho phần vô định hình của cellulose.

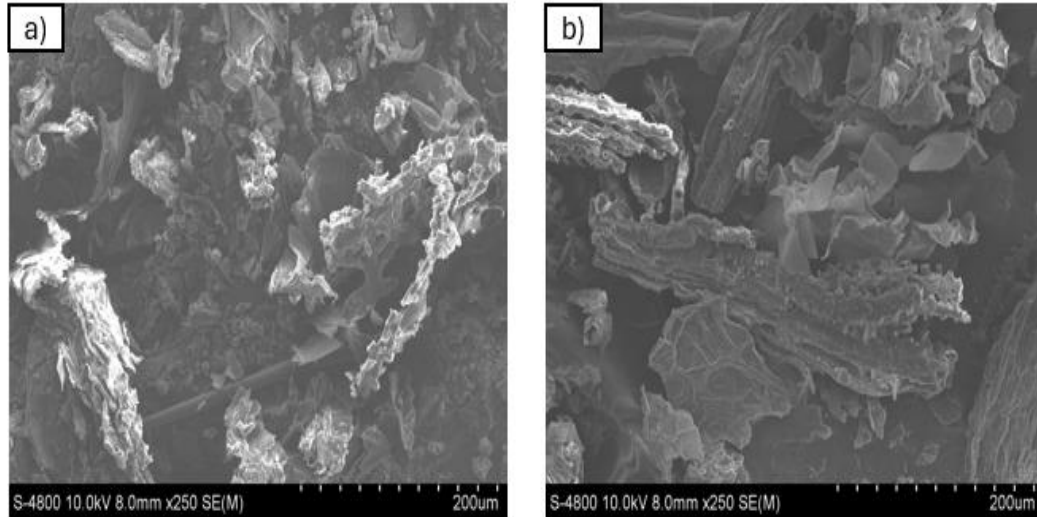
*Phân tích độ bền nhiệt:* Giảm đồ TGA của lõi ngô và sợi cellulose trích ly được xác định bằng máy phân tích nhiệt trọng lượng TGA/DSC 3+ hãng Mettler Toledo của Thụy Sĩ tại Viện Khoa học Vật liệu Ứng dụng, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Các mẫu được gia nhiệt từ  $30^\circ\text{C}$ - $800^\circ\text{C}$  với tốc độ  $10^\circ\text{C}$ /phút và sử dụng lưu lượng khí nitơ 20 ml/phút.

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Hình thái bề mặt của lõi ngô và sợi cellulose

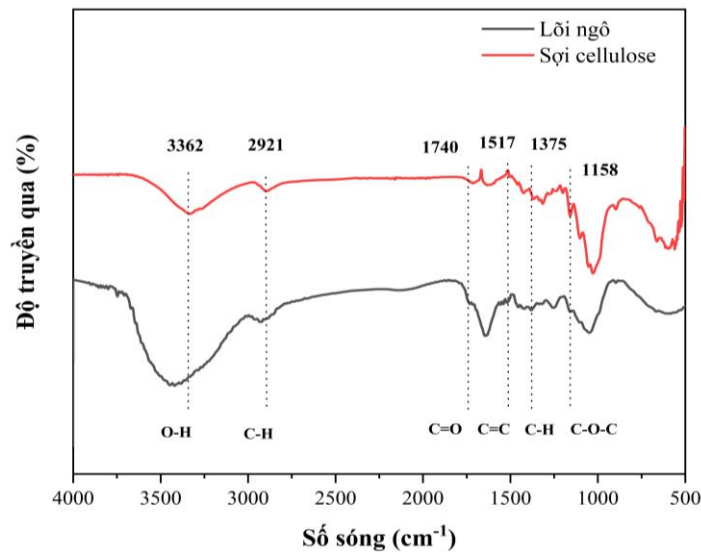
Quan sát từ hình 1a cho thấy, lõi ngô có hình thái bề mặt gồ ghề với kích thước tương đối lớn. Bề mặt của lõi ngô chưa qua xử lý có cấu trúc xốp, không đồng đều, có cấu trúc lớp được bao phủ bởi một lớp các hợp chất hữu cơ (lignin, hemicellulose và các tạp chất khác). Sau phản ứng, sự xuất hiện rõ rệt của các bó sợi và các tấm mỏng đan xen nhau có thể quan sát thấy (hình 1b). Sợi cellulose sau sấy khô có khuynh hướng kết tụ thành các bó sợi, điều này là do có sự hình thành các liên kết hydro thông qua

các nhóm chức hydroxyl trên bề mặt của sợi cellulose. Quá trình xử lý hóa học oxy hóa nitro đã giúp loại bỏ một phần hemicellulose, lignin và các hợp chất không chứa cellulose, từ đó bề mặt mẫu trở nên nhẵn bóng và đồng nhất hơn (hình 1b).



**Hình 1.** Ảnh SEM của lõi ngô (a) và sợi cellulose sau khi sấy khô (b).

### 3.2. Cấu trúc hóa học của lõi ngô và sợi cellulose



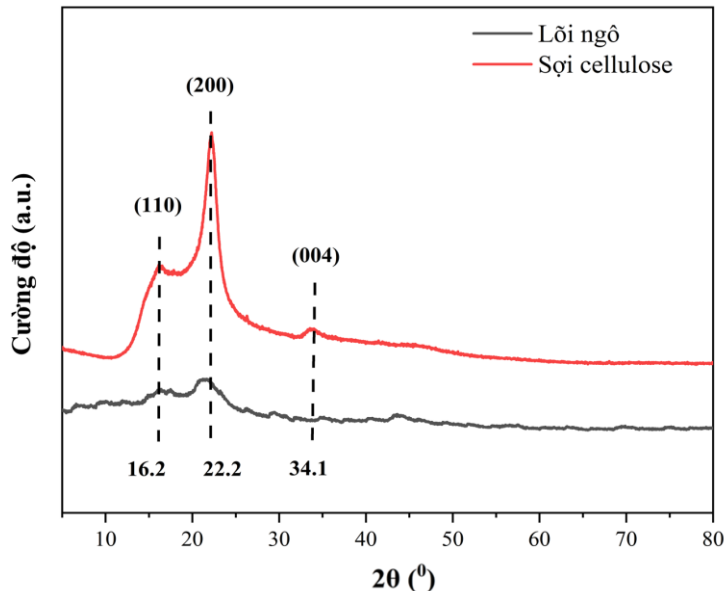
**Hình 2.** Phổ FTIR của lõi ngô và sợi cellulose.

Phân tích phổ FTIR cho thấy những thay đổi về cấu trúc hóa học của vật liệu xảy ra sau khi xử lý hóa học oxy hóa nitro. Phổ FTIR của lõi ngô và sợi cellulose trích ly được thể hiện trong hình 2. Như quan sát thấy từ hình 2, cả hai mẫu đều thể hiện đỉnh hấp thụ tương ứng với dao động kéo căng của nhóm -OH trong cấu trúc hóa học của cellulose ở vị trí số sóng khoảng từ 3100-3600  $\text{cm}^{-1}$ , với số sóng có độ hấp thụ cực đại khoảng 3362  $\text{cm}^{-1}$ . Bên cạnh đó, cũng quan sát được các đỉnh hấp thụ tương ứng với dao động kéo căng và uốn cong của nhóm CH tại số sóng 2921  $\text{cm}^{-1}$  và 1375  $\text{cm}^{-1}$  trong cấu trúc hóa học của cellulose. Ngoài ra, đỉnh tại số sóng 1044  $\text{cm}^{-1}$  ứng với dao động kéo căng của nhóm COC trong cấu trúc hóa học của cellulose cũng được tìm thấy. Các kết quả này chứng tỏ rằng cấu trúc hóa học của cellulose không bị biến đổi sau quá trình xử lý hóa học. Điều thú vị là so với phổ FTIR của lõi ngô, phổ FTIR của sợi cellulose cho thấy có sự xuất hiện một đỉnh nhỏ ở vị trí 1730  $\text{cm}^{-1}$  đặc trưng cho dao động kéo căng của nhóm

carbonyl (C=O) của nhóm COO<sup>-</sup>. Ngoài ra, các đỉnh tại số sóng 1740 cm<sup>-1</sup> và 1517 cm<sup>-1</sup> tương ứng thuộc về dao động kéo căng của nhóm -C=O trong cấu trúc hóa học hemicellulose và dao động kéo căng của vòng benzen trong cấu trúc hóa học của lignin đã biến mất trong phổ FTIR của sợi cellulose. Kết quả này chỉ ra rằng, quá trình xử lý oxy hóa nitro sử dụng tác nhân có tính oxy hóa mạnh đã giúp chuyển hóa một phần các nhóm hydroxyl trên bề mặt của cellulose thành các nhóm COO<sup>-</sup>. Ngoài ra, quá trình xử lý oxy hóa nitro cũng giúp loại bỏ các thành phần như hemicellulose và lignin có trong phế phẩm lõi ngô. Các kết quả trên tương tự với kết quả từ công trình nghiên cứu của Xinyi Shao và cộng sự [2].

### 3.3. Cấu trúc tinh thể của lõi ngô và sợi cellulose

Trong tự nhiên, cellulose có cấu trúc bán kết tinh bao gồm vùng kết tinh và vô định hình. Tuy nhiên, hemicellulose và lignin có cấu trúc vô định hình [14]. Đặc tính cấu trúc tinh thể của phế phẩm lõi ngô và sợi cellulose trích ly được thể hiện trong hình 3. Biểu đồ XRD của hai mẫu đều cho thấy các đỉnh nhiễu xạ ở vị trí 2theta tương ứng với cấu trúc tinh thể của cellulose loại I với ba đỉnh nằm ở các góc 2θ lần lượt là 16.2°, 22.2° và 34.1° tương ứng với các mặt mạng (110) (200) và (004). Các kết quả này chỉ ra rằng việc sử dụng các tác nhân có tính oxy hóa mạnh trong quá trình trích ly đã không làm biến đổi cấu trúc tinh thể của cellulose. Kết quả này đồng nhất với kết quả FTIR ở hình 2. Ngoài ra, quan sát biểu đồ XRD của lõi ngô thấy rằng, các đỉnh nhiễu xạ có cường độ thấp và một số đỉnh không xác định. Lý do cho hiện tượng này là các phân tử hemicellulose và lignin đã làm giảm khả năng hình thành liên kết hydro liên phân tử dẫn đến sự suy yếu cường độ của các đỉnh nhiễu xạ, cùng với đó là do sự tồn tại của một số tạp chất vô định hình trong phế phẩm lõi ngô [13]. Mặt khác, biểu đồ XRD của sợi cellulose chỉ ra rằng, các đỉnh nhiễu xạ trở nên hẹp và sắc nhọn hơn. Điều này cho thấy rằng hemicellulose và lignin đã được loại bỏ một cách hiệu quả sau quá trình xử lý hóa học. Chỉ số độ kết tinh được tính toán từ phương trình (1) cho thấy sợi cellulose có độ kết tinh 69.68%, lớn hơn nhiều so với phế phẩm lõi ngô (23.22%). Các kết quả tương tự đã được báo cáo trong nghiên cứu của Priyanka R. Sharma và cộng sự [13].

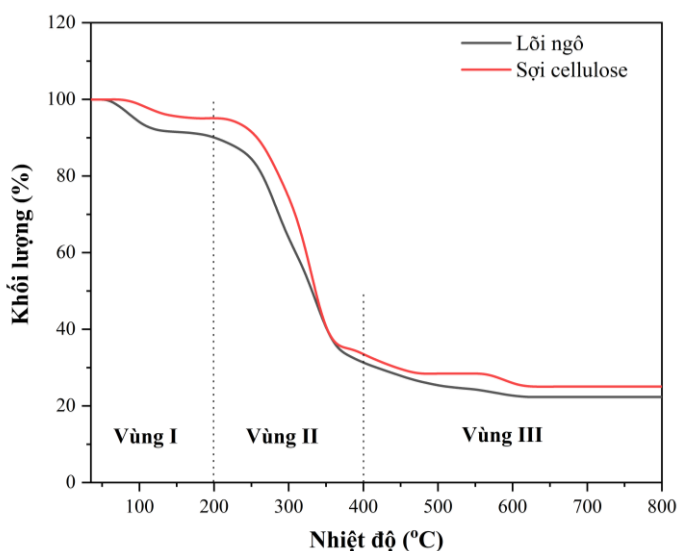


Hình 3. Biểu đồ XRD của lõi ngô và sợi cellulose.

### 3.4. Độ bền nhiệt của lõi ngô và sợi cellulose

Độ bền nhiệt của lõi ngô và sợi cellulose được đánh giá bằng phương pháp nhiệt trọng lượng TGA được thể hiện trong hình 4. Quá trình phân hủy nhiệt của lõi ngô và sợi cellulose diễn ra qua ba giai đoạn chính, mỗi giai đoạn đặc trưng bởi các khoảng nhiệt độ khác nhau và sự thay đổi về khối lượng mẫu. Giai đoạn phân hủy nhiệt đầu tiên xảy ra ở nhiệt độ dưới 200°C. Trong giai đoạn này, sự giảm khối lượng mẫu khoảng 10% đã được quan sát thấy. Nguyên nhân chính của sự giảm khối lượng này là

do sự bay hơi độ ẩm và loại bỏ các thành phần có khối lượng phân tử nhỏ. Giai đoạn thứ hai diễn ra trong khoảng nhiệt độ từ 200-400°C. Đây là giai đoạn giảm khối lượng chính, với sự giảm khối lượng lên tới khoảng 65%. Trong giai đoạn này, các thành phần như hemicellulose và cellulose bắt đầu phân hủy. Hemicellulose và cellulose là các polysaccharide chính trong vật liệu sinh khối, và chúng chịu sự phân hủy mạnh mẽ khi nhiệt độ tăng cao. Hemicellulose thường bị phân hủy ở nhiệt độ thấp hơn so với cellulose, nhưng cả hai đều bị phân hủy trong khoảng nhiệt độ này, dẫn đến sự mất khối lượng mẫu đáng kể xảy ra trong khoảng nhiệt độ này. Giai đoạn phân hủy cuối xảy ra khi nhiệt độ vượt quá 400°C. Tại giai đoạn này, sự giảm khối lượng khoảng 10% tiếp tục diễn ra, chủ yếu do sự phân hủy của lignin. Lignin là một polymer có cấu trúc hóa học phức tạp, chứa nhiều vòng thơm, điều này làm cho nó bền nhiệt hơn so với hemicellulose và cellulose. Do đó, lignin phân hủy ở nhiệt độ cao hơn và quá trình này kéo dài hơn, dẫn đến sự giảm khối lượng ở giai đoạn cuối của quá trình phân hủy nhiệt. Ngoài ra, sau quá trình xử lý hóa học, hemicellulose và lignin đã được loại bỏ hiệu quả nên độ kết tinh của sợi cellulose được cải thiện, dẫn đến độ bền nhiệt của sợi cellulose cao hơn so với phế phẩm lõi ngô (hình 4). Kết quả này đồng nhất với kết quả phân tích XRD thể hiện ở hình 3. Các kết quả này tương tự với báo cáo của V.P. Kalpana và cộng sự [7].



**Hình 4.** *Giản đồ TGA của lõi ngô và sợi cellulose.*

### 3. Kết luận

Sợi cellulose đã được trích ly thành công từ phế phẩm nông nghiệp lõi ngô bằng phương pháp hóa học oxy hóa nitro đơn giản, bền vững, sử dụng một phản ứng hóa học duy nhất. Phương pháp này không chỉ giúp tiết kiệm năng lượng và chi phí, mà còn nâng cao hiệu suất trích ly sợi cellulose. Đáng chú ý, sản phẩm phụ, hóa chất sau phản ứng có thể được thu hồi và tái sử dụng cho việc sản xuất phân bón nitơ, đóng góp vào hoạt động kinh tế tuần hoàn, bền vững và giảm thiểu tác động đến môi trường. Kết quả phân tích SEM của mẫu sau sấy khô cho thấy các sợi cellulose thu được có khuynh hướng tích tụ thành các bó sợi. Kết quả XRD chỉ ra rằng, sợi cellulose trích ly được có cấu trúc tinh thể của cellulose loại I với độ kết tinh khoảng 69.68%. Phổ FTIR của sợi cellulose cho thấy quá trình xử lý hóa học bằng các tác nhân có tính oxy hóa mạnh đã không làm thay đổi cấu trúc hóa học của cellulose với sự xuất hiện của các đỉnh hấp thụ tương ứng với dao động của các nhóm chức OH, CH, COC. Ngoài ra, không tìm thấy đỉnh hấp thụ tương ứng với dao động của các liên kết C=O và C=C trong cấu trúc hóa học của hemicellulose và lignin trong phổ FTIR của sợi cellulose thu được. Kết quả đánh giá độ bền nhiệt TGA cho thấy sợi cellulose trích ly được có ba giai đoạn phân hủy nhiệt bao gồm dưới 200°C, từ 200-400°C và trên 400°C. Với các đặc tính hóa lý được phân tích và đánh giá, đặc biệt là sự hiện diện của các nhóm COO<sup>-</sup> mang điện tích âm trên bề mặt, sợi cellulose trích ly được từ phế phẩm nông nghiệp lõi ngô có tiềm năng ứng dụng làm chất hấp phụ hiệu quả để loại bỏ các ion kim loại nặng (mang điện tích dương) có trong nước thải, giúp cải thiện chất lượng nước và bảo vệ môi trường. Hơn nữa, sợi cellulose này còn

có tiềm năng ứng dụng làm pha gia cường trong các vật liệu composite dựa trên các loại polymer thân thiện môi trường như polylactic acid, đặc biệt hữu ích làm vật liệu in 3D, mở ra các hướng ứng dụng mới trong lĩnh vực công nghệ và sản xuất xanh.

### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được hỗ trợ kinh phí từ Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh thông qua đề tài nghiên cứu khoa học mã số SV2024-39. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

### Xung đột lợi ích

Các tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích trong bài báo này.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), FAOSTAT, [Online]. Available: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Accessed: Jan. 11, 2023.
- [2] X. Zhang, J. Zhu, L. Sun, Q. Yuan, G. Cheng, and D. S. Argyropoulos, "Extraction and characterization of lignin from corncob residue after acid-catalyzed steam explosion pretreatment," *Industrial Crops and Products*, vol. 133, pp. 241–249, 2019, doi: 10.1016/j.indcrop.2019.03.027.
- [3] A. C. F. Louis and S. Venkatachalam, "Energy efficient process for valorization of corn cob as a source for nanocrystalline cellulose and hemicellulose production," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 163, pp. 260–269, 2020, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.06.276.
- [4] K. Harini and C. C. Mohan, "Isolation and characterization of micro and nanocrystalline cellulose fibers from the walnut shell, corncob, and sugarcane bagasse," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 163, pp. 1375–1383, 2020, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.07.239.
- [5] S. Satimanont, A. Luengnaruemitchai, and S. Wongkasemjit, "Effect of temperature and time on dilute acid pretreatment of corn cobs," *International Journal Chemical Biological Engineering*, vol. 6, pp. 333–337, 2012, doi: 10.5281/zenodo.1334542.
- [6] W. R. Kunusa, I. Isa, L. A. Laliyo, and H. Iyabu, "FTIR, XRD and SEM analysis of microcrystalline cellulose (MCC) fibers from corncorbs in alkaline treatment," in *Proc. 2nd International Conference on Statistics, Mathematics, Teaching, and Research 2017*, vol. 1028, pp. 012199, 2018, doi: 10.1088/1742-6596/1028/1/012199.
- [7] V. P. Kalpana and V. T. Perarasu, "Analysis on cellulose extraction from hybrid biomass for improved crystallinity," *Journal of Molecular Structure*, vol. 1217, p. 128350, 2020, doi: 10.1016/j.molstruc.2020.128350.
- [8] V. K. Gupta, P. J. M. Carrott, R. Singh, M. Chaudhary, and S. Kushwaha, "Cellulose: A review as natural, modified and activated carbon adsorbent," *Bioresour. Technol.*, vol. 216, pp. 1066–1076, 2016, doi: 10.1016/j.biortech.2016.05.106.
- [9] D. Pasquini, E. de Moraes Teixeira, A. A. da Silva Curvelo, M. N. Belgacem, and A. Dufresne, "Extraction of cellulose whiskers from cassava bagasse and their applications as reinforcing agent in natural rubber," *Industrial Crops and Products*, vol. 32, no. 3, pp. 486–490, 2010, doi: 10.1016/j.indcrop.2010.06.022.
- [10] M. Jędrzejczyk, E. Soszka, M. Czapnik, A. M. Ruppert, and J. Grams, "Physical and chemical pretreatment of lignocellulosic biomass," *Elsevier*, pp. 143–196, 2019, doi: 10.1016/B978-0-12-815162-4.00006-9.
- [11] M. R. K. Sofla, R. J. Brown, T. Tsuzuki, and T. J. Rainey, "A comparison of cellulose nanocrystals and cellulose nanofibres extracted from bagasse using acid and ball milling methods," *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, vol. 7, no. 3, p. 035004, 2016, doi: 10.1088/2043-6262/7/3/035004.
- [12] M. Moniruzzaman and T. Ono, "Separation and characterization of cellulose fibers from cypress wood treated with ionic liquid prior to laccase treatment," *Bioresour. Technol.*, vol. 127, pp. 132–137, 2013, doi: 10.1016/j.biortech.2012.09.113.
- [13] R. S. Priyanka, J. Ritika, K. S. Sunil, and S. H. Benjamin, "A simple approach to prepare carboxycellulose nanofibers from untreated biomass," *Biomacromolecules*, vol. 18, no. 8, pp. 2333–2342, 2017, doi: 10.1021/acs.biomac.7b00544.
- [14] R. Ramli, N. Junadi, M. D. Beg, and R. M. Yunus, "Microcrystalline cellulose (MCC) from oil palm empty fruit bunch (EFB) fiber via simultaneous ultrasonic and alkali treatment," *Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 8–11, 2015, doi: 10.5281/zenodo.1337783.



**Nguyen Ngoc Quang** studying Materials Technology at Ho Chi Minh City University of Technology and Education.

Email: [21130091@student.hcmute.edu.vn](mailto:21130091@student.hcmute.edu.vn). ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0641-675X>



**Nguyen Bui Anh Duy** received the Bachelor Engineering degree in Materials Technology from Ho Chi Minh City University of Technology and Education in 2024.

Email: [anhduy240901@gmail.com](mailto:anhduy240901@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6535-8027>



**Nguyen Thanh Huy** received his Bachelor Engineering degree in Materials Technology from Ho Chi Minh City University of Technology and Education in 2024.

Email: [huynt171201@gmail.com](mailto:huynt171201@gmail.com). ORCID:  <https://orcid.org/0009-0004-1110-286X>



**Bui Phuong Dong** studying Materials Technology at Ho Chi Minh City University of Technology and Education.

Email: [20130020@student.hcmute.edu.vn](mailto:20130020@student.hcmute.edu.vn). ORCID:  <https://orcid.org/0009-0007-5228-4980>



**Pham Duc Thinh** studying Materials Technology at Ho Chi Minh City University of Technology and Education.

Email: [20130064@student.hcmute.edu.vn](mailto:20130064@student.hcmute.edu.vn). ORCID:  <https://orcid.org/0009-0007-6178-6659>



**Huynh Ngoc Lam Truong** received his Bachelor Engineering degree in Materials Technology from Ho Chi Minh City University of Technology and Education in 2024.

Email: [huyhtruong2505322@gmail.com](mailto:huyhtruong2505322@gmail.com). ORCID:  <https://orcid.org/0009-0003-1342-657X>



**Nguyen Chi Thanh** received his Bachelor degree in Materials Science from Ho Chi Minh City University of Sciences, Viet Nam and the Ph.D. degree in Polymer Engineering from Suranaree University of Technology, Thailand. He is currently a lecturer at Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Viet Nam.

Email: [thanhnc@hcmute.edu.vn](mailto:thanhnc@hcmute.edu.vn). ORCID:  <https://orcid.org/0000-0003-3638-9903>