

NGHIÊN CỨU TỔNG HỢP VÀ ĐẶC TRƯNG TÍNH CHẤT CỦA NANOCELLULOSE TỪ BỘT GỖ SỬ DỤNG HỆ OXI HÓA TEMPO/NaClO/NaClO₂

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF NANOCELLULOSE FROM BLEACH WOOD PULPS BY TEMPO/NaClO/NaClO₂ OXIDATIONS SYSTEM

Trần Thị Ý Nhi^{1,*}, Nguyễn Đức Hải², Trịnh Đức Công¹,
Nguyễn Thị Thức¹, Đặng Thị Mai¹, Trần Thị Thanh Hợp¹,
Nguyễn Thị Uyên Thương², Phạm Trần Ngọc Ánh², Vũ Trần Ánh Dương²,
Phùng Gia Khánh², Hoàng Thu Khuyên², Ngô Trịnh Tùng¹

DOI: <http://doi.org/10.57001/huih5804.2025.027>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu tổng hợp và khảo sát tính chất của nanocellulose chế tạo bằng phương pháp sử dụng hệ oxy hóa TEMPO/NaClO/NaClO₂ (TEMPO-ONC). Ở điều kiện phản ứng pH = 6,8, nhiệt độ phản ứng 40°C, hàm lượng NaClO là 0,5mmol/g bột giấy, TEMPO-ONC có hàm lượng carboxylated đạt 0,6mmol/g sau 6 giờ phản ứng. TEMPO-ONC tổng hợp được có hàm lượng carboxyl là 0,6mmol/g, có độ kết tinh giảm nhẹ (độ kết tinh 67,4%) so với cellulose ban đầu (độ kết tinh 70%). Nanocellulose TEMPO-ONC sau khi rung siêu âm 60 phút có đường kính 30 ÷ 40nm, chiều dài khoảng 50 ÷ 70nm.

Từ khóa: TEMPO/NaClO/NaClO₂, TEMPO-ONC, nanocellulose.

ABSTRACT

In this article, we presented the results of the preparation and characterization of nanocellulose using the TEMPO/NaClO/NaClO₂ oxidation system (TEMPO-ONC). The results indicated that at optimal reaction conditions of pH = 6.8, reaction temperature 40°C, NaClO 0.5mmol/g, nanocellulose TEMPO-ONC reached a carboxyl content of 0.6 mmol/g in 6h, crystallinity slightly reduced compared to the original cellulose (crystallinity decreased from 70% to 67.4%). Nanocellulose TEMPO-ONC with 30 ÷ 40nm in widths and 50 ÷ 70nm in lengths were obtained after 60 minutes ultrasonic treatment.

Keywords: TEMPO/NaClO/NaClO₂, TEMPO-ONC, nanocellulose.

¹Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: ynhivh@gmail.com

Ngày nhận bài: 05/5/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/7/2024

Ngày chấp nhận đăng: 26/01/2025

1. MỞ ĐẦU

Cellulose là polymer phong phú nhất trên trái đất, có thể được tìm thấy trong các nguồn khác nhau như thực vật, động vật biển (vỏ), tảo và nấm... Về cấu trúc hóa học, cellulose là một homo-polysaccharide mạch thẳng bao gồm D-anhydroglucopyranose (AGU) liên kết với nhau bằng các liên kết β-1,4-glycosidic. Mỗi AGU quay 180° với AGU bên cạnh và hai AGU cạnh nhau tạo thành một đơn vị cellobios là đơn vị nhỏ nhất của polyme [1, 2].

Cellulose tồn tại dưới dạng sợi nhỏ trong thành tế bào thực vật, đường kính của các sợi thay đổi từ 3 ÷ 35nm tùy thuộc vào nguồn gốc. Mức độ trùng hợp của cellulose lên đến 20000 đơn vị. Các liên kết β-1,4-glycoside xây dựng một cấu trúc tinh thể có trật tự bởi lực Vander Waals và liên kết hydrogen giữa các phân tử. Các chuỗi cellulose được sắp xếp chặt chẽ thành các tinh thể ở những vùng này. Liên kết hydrogen tồn tại giữa các chuỗi cellulose làm cho nó có độ bền cao nhưng hòa tan kém trong nước và các dung môi khác [1, 3].

Dẫn xuất 6-carboxycellulose còn được gọi là cellulose oxy hóa hay oxycellulose (ONC) là dẫn xuất quan trọng của cellulose trong lĩnh vực y sinh, đặc biệt là phẫu thuật. Dẫn xuất này có tác dụng cầm máu cục bộ và khả năng kháng khuẩn độc đáo [4].

Có hai nhóm tác nhân oxy hóa chính để tổng hợp dẫn xuất oxycellulose là tác nhân oxy hóa không chọn lọc, hình thành các ketone, aldehyde và carboxyl (ví dụ, tác nhân hypochlorite, ozone, hydrogen peroxide,

persulfate) và nhóm tác nhân chọn lọc như periodate-chlorite (tạo dẫn xuất 2,3-dialdehyde và 2,3-dicarboxycellulose), nitơ oxit, TEMPO (2,2,6,6-Tetramethylpiperidin-1-oxyl) (hình thành C6 oxycellulose). Các tác nhân oxy hóa này tạo ra oxycellulose với các hàm lượng carboxylate khác nhau. Xúc tác 2,2,6,6-tetramethylpiperidine-1-oxyl (TEMPO) được biết đến là xúc tác cho phép các sợi cellulose gỗ có thể được tách thành các vi sợi hoặc sợi nanocellulose riêng lẻ khi phân tán chúng trong nước [4, 5].

TEMPO là một chất có nhóm nitroxyl hòa tan trong nước và ổn định, được sử dụng cho quá trình oxy hóa xúc tác để chuyển đổi có chọn lọc nhóm hydroxyl của polysaccharide thành carboxylate. Hệ oxy hóa phổ biến nhất để tổng hợp dẫn xuất ONC là TEMPO/NaBr/NaClO trong nước ở pH 10. NaClO đóng vai trò là chất oxy hóa chính, TEMPO và NaBr hoạt động như chất xúc tác [6, 7]. Sử dụng hệ oxy hóa này chúng tôi đã chế tạo thành công nanocellulose có hàm lượng nhóm carboxyl là 1,18mmol/g, độ kết tinh 65,2%. Cellulose sau khi oxy hóa TEMPO được rung siêu âm trong thời gian là 60 phút có đường kính $10 \div 20\text{nm}$ và chiều dài $40 \div 60\text{nm}$ [8].

Các hệ oxy hóa thay thế khác như TEMPO/NaClO/NaClO₂ trong nước ở pH 3,5 ÷ 6,8, nhiệt độ cao trong vòng 1 ÷ 3 ngày cũng được sử dụng để tổng hợp ONC [9], hay quá trình oxy hóa qua trung gian TEMPO trong điều kiện trung tính hoặc kiềm mà không sử dụng chất oxy hóa chính chứa clo cũng đã được nghiên cứu [10, 11].

Tiếp tục hướng nghiên cứu này, bài báo trình bày kết quả nghiên cứu tổng hợp nanocellulose bằng hệ oxy hóa TEMPO/NaClO/NaClO₂. Ảnh hưởng của pH, nhiệt độ, thời gian phản ứng, nồng độ tác nhân oxy hóa đến hàm lượng nhóm carboxyl được khảo sát. Cấu trúc, hình thái và tính chất kết tinh của sản phẩm được nghiên cứu bằng kết hợp các phương pháp hóa lý hiện đại: phổ hồng ngoại (IR), ảnh hiển vi điện tử quét (SEM), giản đồ nhiễu xạ tia X.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hoá chất

Bột giấy kraft sợi ngắn, hàm lượng cellulose > 94%; độ ẩm 8 ÷ 10%, sản xuất tại Việt Nam. Các hóa chất TEMPO (2,2,6,6-tetramethylpiperidine-1-oxyl), NaOH, HCl của Sigma-Aldrich, NaClO₂ của Macklin, NaClO 8%, CH₃COOH của Trung Quốc. Các hóa chất tinh khiết phân tích sử dụng ngay không qua tinh chế.

2.2. Thực nghiệm và phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Chế tạo nanocellulose bằng phương pháp sử dụng hệ oxy hóa TEMPO/NaClO/NaClO₂

Phân tán 10g bột giấy sợi ngắn trong 1000ml dung dịch đậm CH₃COOH (pH 3,5; 4,8) hoặc đậm phosphate (pH 6,8) đã hòa tan 0,1mmol TEMPO và 10 mmol NaClO₂ trong một bình kín. Thêm 5ml NaClO 2M vào bình và đậy nắp ngay lập tức. Khuấy huyền phù ở điều kiện 25°C, 40°C, 60°C trong 2 ÷ 54 giờ. Sau khi kết thúc phản ứng, dung dịch được làm lạnh về nhiệt độ phòng, làm sạch bằng cách rửa nhiều lần với ethanol và nước cất, bảo quản mẫu trong tủ lạnh.

Phân tán cellulose đã được oxy hóa vào nước để thu được hỗn hợp huyền phù có hàm lượng là 1%. Siêu âm hỗn hợp trong 60 phút bằng thiết bị siêu âm kích thước đầu dò 10mm, 1200W (thiết bị đồng hóa siêu âm Model: BJED-201200) thu được dung dịch chứa nanocellulose TEMPO-ONC trong suốt.

2.2.2. Xác định hàm lượng nhóm carboxyl

Nhóm carboxyl của TEMPO-ONC được phản ứng với muối của axit yếu như calcium acetate để hình thành muối của cellulose đã oxy hóa và giải phóng là một lượng tương ứng axit yếu. Hàm lượng nhóm carboxyl được xác định theo phương pháp calcium-acetate [12]. 0,5g TEMPO-ONC được xử lý với HCl 0,01M trong 1 giờ để thay thế các cation bằng H⁺, sau đó làm sạch axit bằng nước. Dùng AgNO₃ để thử lượng dư HCl trong nước lọc. Sau đó, hòa TEMPO-ONC với 50ml nước cất và 30ml dung dịch calcium acetate 0,25M để phản ứng trong 2 giờ. Sau khi phản ứng hoàn toàn, lấy 30ml dung dịch đem chuẩn độ bằng dung dịch NaOH 0,01M sử dụng chất chỉ thị phenolphthalein. Hàm lượng carboxyl được tính theo công thức sau:

$$\text{COOH} = \frac{\frac{80}{30} \times 0,01 \times V(\text{NaOH})}{m(1 - \frac{w}{100})} \text{ (mmol/g)}$$

Trong đó: 0,01M là nồng độ của NaOH, V(NaOH) là thể tích của dung dịch NaOH chuẩn độ, m là khối lượng TEMPO-ONC (g) và w là độ ẩm sợi (%), 80/30 (50ml nước cất và 30ml dung dịch calcium acetate 0,25M/30ml dung dịch đem chuẩn độ bằng dung dịch NaOH 0,01M)

2.2.3. Các phương pháp nghiên cứu

Kính hiển vi điện tử quét (SEM) nhãn hiệu JSM 6610 LA - Jeol, Nhật Bản tại Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Phổ hồng ngoại trên máy phổ hồng ngoại GXPerkinElmer - USA trong vùng từ 450 ÷ 4000cm⁻¹, tại

Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Nghiên cứu cấu trúc tinh thể bằng phổ nhiễu xạ tia X được thực hiện trên máy nhiễu xạ tia X (D8 Advance) tại Phòng Hóa phân tích, Viện Hóa học sử dụng bước sóng tia X: $\lambda = 1,54060\text{\AA}$, hiệu điện thế 40kV, cường độ dòng điện 30mA, tốc độ quét $0,03^\circ/\text{s}$, góc nhiễu xạ từ 10° đến 70° .

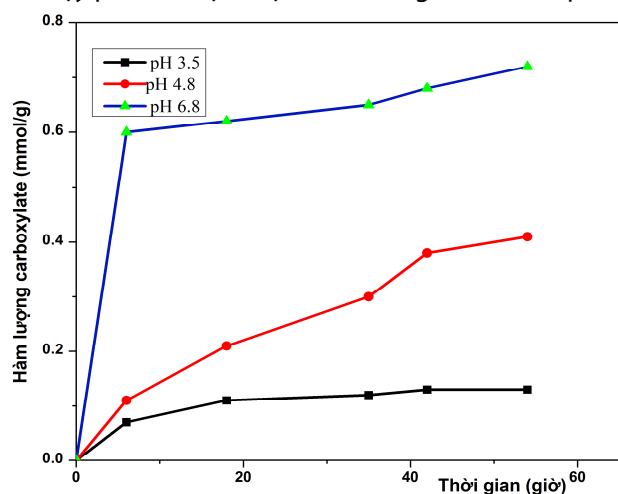
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng điều kiện phản ứng đến hàm lượng nhóm carboxylate

3.1.1. Ảnh hưởng của pH

Chu trình xúc tác của hệ TEMPO/NaClO/NaClO₂ bắt đầu bằng quá trình oxy hóa TEMPO thành ion oxoammonium bằng NaClO hoặc từ từ với NaClO₂. Trong chu trình, ion oxoammonium oxy hóa hydroxyls bậc một ở vị trí C6 của cellulose thành aldehyde và bị khử thành hydroxylamine. Aldehyde ngay lập tức bị oxy hóa thành carboxyl bởi NaClO₂, tiếp theo NaClO tạo ra từ NaClO₂ sẽ oxy hóa hydroxylamine thành ion oxoammonium [13].

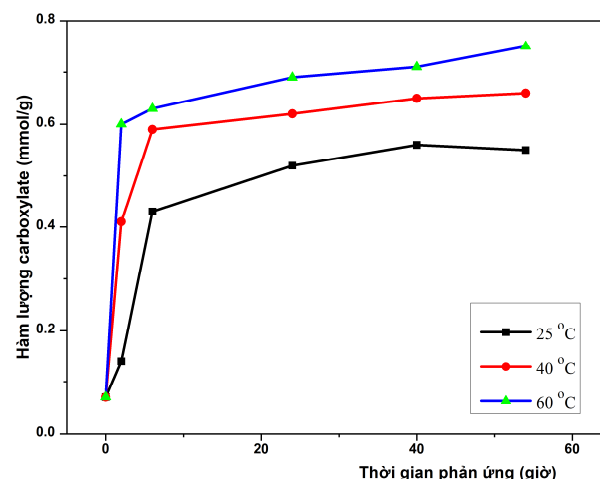
Ảnh hưởng của pH đến hàm lượng carboxylate được trình bày ở hình 1. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi tăng pH của phản ứng làm tăng hàm lượng nhóm carboxylate tạo thành. Hàm lượng carboxylate của TEMPO-ONC ở pH 4,8 và 6,8 tăng khi tăng thời gian phản ứng. Tuy nhiên ở pH 3,5 hàm lượng carboxylate hầu như không tăng ngay cả sau 54 giờ phản ứng [10, 14, 15]. Ở pH 6,8, hàm lượng carboxylate nhanh chóng đạt 0,6mmol/gam sau 6 giờ. Như vậy pH 6,8 được chọn cho các nghiên cứu tiếp theo.



Hình 1. Ảnh hưởng của pH đến hàm lượng nhóm carboxylate

3.1.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ

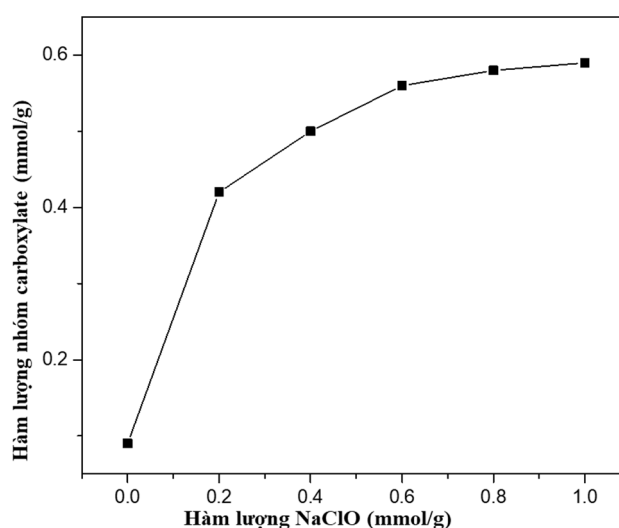
Ảnh hưởng của nhiệt độ đến phản ứng oxy hóa cellulose bằng hệ TEMPO/NaClO/NaClO₂ ở pH 6,8 được trình bày ở hình 2.



Hình 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hàm lượng nhóm carboxylate

Khi nhiệt độ của phản ứng tăng dần từ 25°C lên 60°C, hàm lượng cacboxylate cũng tăng dần. Ở nhiệt độ 60°C, phản ứng oxy hóa xảy ra nhanh, hàm lượng carboxylate tăng lên khoảng 0,6mmol/g trong 2 giờ. Ở 40°C cho hàm lượng carboxylate là 0,4mmol/g trong 2 giờ và 0,6mmol/g sau 6 giờ phản ứng. Hàm lượng carboxylate 0,6mmol/g tương ứng với khoảng 11% hydroxyl chính C6 bị oxy hóa trong bột giấy ban đầu. Sau 6 giờ phản ứng, hàm lượng carboxylate vẫn tiếp tục tăng dần ở cả 40 và 60°C [15]. Ở 25°C, phản ứng oxy hóa xảy ra chậm, hàm lượng cacboxylate thấp hơn 0,6mmol/g ngay cả sau 24 giờ phản ứng. Do đó, nhiệt độ cao hơn 40°C là cần thiết để quá trình oxy hóa bột giấy hiệu quả bằng hệ TEMPO/NaClO/NaClO₂ ở pH = 6,8.

3.1.3. Ảnh hưởng của lượng NaClO thêm vào phản ứng



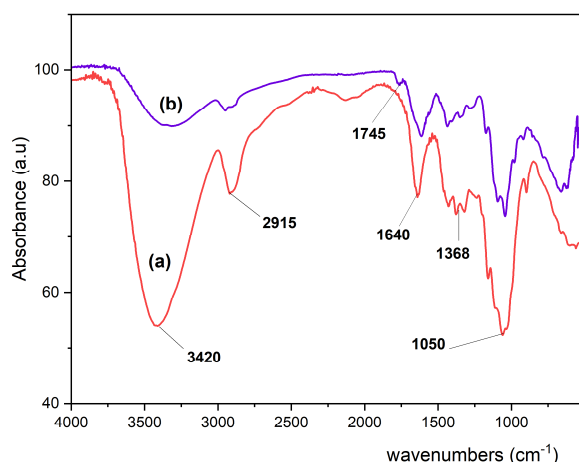
Hình 3. Ảnh hưởng của lượng NaClO thêm vào đến hàm lượng nhóm carboxylate

Kết quả nghiên cứu (hình 3) cho thấy, khi thêm lượng NaClO, tương ứng với $3 \div 10 \text{ mol/mol}$ TEMPO xúc tác được thêm vào, cũng có hiệu quả cao đối với việc tăng tốc quá trình oxy hóa. Hàm lượng carboxylate gần như đạt đến mức ổn định khi thêm 0,5mmol NaClO/gam bột giấy.

3.2. Đặc trưng tính chất từ vi sợi cellulose bằng hệ oxi hóa TEMPO/ NaClO/NaClO₂

3.2.1. Đặc trưng cấu trúc

Phổ FTIR được nghiên cứu để xác định sự thay đổi các nhóm chức của vi sợi cellulose chế tạo được thể hiện trên hình 4.



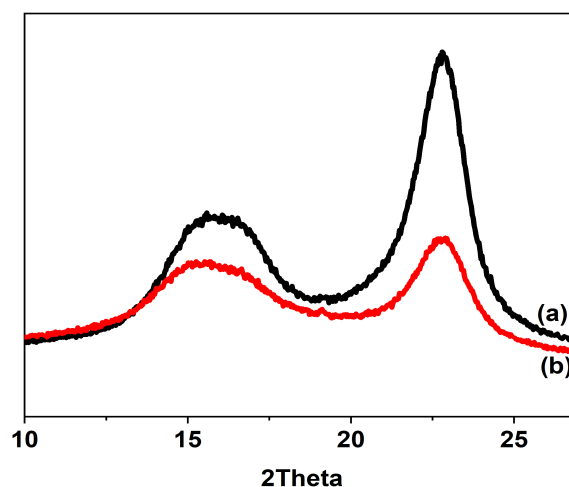
Hình 4. Phổ FTIR của (a) bột giấy ban đầu, (b) nanocellulose TEMPO-ONC

Phổ hồng ngoại của cellulose và TEMPO-ONC được thể hiện ở hình 4. Các dao động đặc trưng phổ của cellulose: $3000 - 3700 \text{ cm}^{-1}$ đặc trưng cho OH của cellulose; $2835 - 2968 \text{ cm}^{-1}$ của νCH_2 , 1640 cm^{-1} đặc trưng cho dao động biến dạng của -OH. Trong phổ FTIR của vi sợi chế tạo bằng hệ oxi hóa TEMPO/ NaClO/NaClO₂ cho thấy có thể nhận thấy các đỉnh pic đặc trưng trên phổ IR của bột giấy ban đầu (a) đều xuất hiện trên phổ IR bột giấy sau khi đã oxi hóa TEMPO (b), tuy nhiên có sự xuất hiện của một đỉnh mới ở bước sóng 1745 cm^{-1} được gán cho dao động hóa trị nhóm C=O của nhóm carboxyl. Sự khác nhau này chứng tỏ phản ứng oxi hóa cellulose thành công đã chuyển nhóm hydroxyl ở vị trí C6 thành nhóm carboxyl C6.

3.2.2. Phổ nhiễu xạ tia X

Quá trình oxi hóa cellulose bằng TEMPO, sự oxi hóa vùng chọn lọc để tạo thành nhóm carboxyl trên bề mặt của mỗi sợi cellulose xảy ra từ các vùng dễ bị ảnh hưởng bởi các phân tử TEMPO đã bị oxi hóa, vẫn giữ nguyên cấu trúc hình thái học của sợi ban đầu [11] tuy nhiên độ kết tinh giảm nhẹ. Hình 5 thể hiện phổ X-ray của cellulose chưa được oxi hóa (a) và đã được oxi hóa TEMPO-ONC (b).

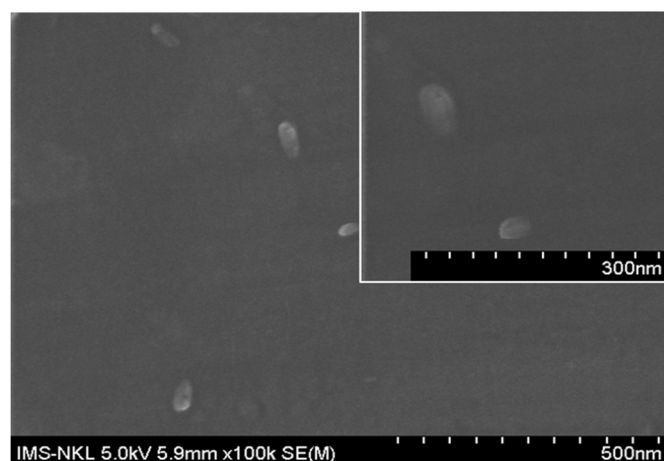
Các đỉnh nhiễu xạ ở giá trị góc 2 theta bằng 16 và $22,8^\circ$ tương ứng với các mặt tinh thể (110) và (200) của tinh thể cellulose. Độ kết tinh của cellulose ban đầu (hình 5a) đạt 70% trong khi cellulose sau khi được oxi hóa TEMPO-ONC (hình 5b) có độ kết tinh đạt 67,4%. Kết quả cho thấy có sự giảm nhẹ cả về độ kết tinh và chiều rộng tinh thể đối với cellulose bị oxy hóa so với cellulose ban đầu. Tuy nhiên, mức độ giảm không đáng kể và do đó có thể kết luận rằng hầu như tất cả các nhóm carboxyl được hình thành bởi quá trình oxy hóa xuất hiện trên bề mặt của các vi sợi cellulose và quá trình oxy hóa này không làm thay đổi cấu trúc của sợi cellulose ban đầu.



Hình 5. Phổ nhiễu xạ tia X của (a) cellulose bột giấy ban đầu, (b) nanocellulose TEMPO-ONC

3.2.3. Kích thước và hình thái học của nanocellulose TEMPO-ONC

Kích thước và hình thái học của hạt TEMPO-ONC sau 60 phút rung siêu âm được thể hiện ở hình 6. Hạt nano TEMPO-ONC có đường kính $30 \div 40 \text{ nm}$, chiều dài sợi khoảng $50 \div 70 \text{ nm}$



Hình 6. Ảnh SEM của nanocellulose TEMPO-ONC

4. KẾT LUẬN

Đã tổng hợp thành công nanocellulose TEMPO-ONC có hàm lượng carboxylate đạt 0,6mmol/g bằng hệ oxi hóa TEMPO/ NaClO/NaClO₂ ở pH 6,8, nhiệt độ phản ứng 40°C, nồng độ NaClO 0,5mmol/g, thời gian 6 giờ. Nanocellulose TEMPO-ONC sau khi rung siêu âm 60 phút có đường kính 30 ÷ 40nm, chiều dài khoảng 50 ÷ 70nm. Độ kết tinh của nanocellulose TEMPO-ONC giảm nhẹ so với cellulose ban đầu đạt 67,4%.

LỜI CẢM ƠN

Các tác giả trân trọng cảm ơn Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã tài trợ kinh phí cho đề tài VAST03.03/24-25.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. A. Sharma, M. Thakur, M. Bhattacharya, T. Mandal, S. Goswami, "Commercial application of cellulose nano-composites - A review," *Biotechnol. Reports*, 21, no. 2018, e00316, 2019. doi: 10.1016/j.btre.2019.e00316.
- [2]. S. S. Ahankari, A. R. Subhedar, S. S. Bhadauria, A. Dufresne, "Nanocellulose in food packaging: A review," *Carbohydr. Polym.*, 255, no. August 2020, 117479, 2021. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.117479.
- [3]. N. Johar, I. Ahmad, A. Dufresne, "Extraction, preparation and characterization of cellulose fibres and nanocrystals from rice husk," *Ind. Crops Prod.*, 37, 1, 93-99, 2012. doi: 10.1016/j.indcrop.2011.12.016.
- [4]. J. Wang, Q. Mao, "Oxycellulose: Significant Characteristics in Relation to Its Pharmaceutical and Medical Applications," *Adv. Polym. Technol.*, 28, 3, 199-208, 2009. doi: 10.1002/adv.
- [5]. K. Makhliyo, "Preparation of oxidized nanocellulose by using potassium dichromate," *Cellulose*, 30, 5657-5668, 2023. doi: 10.1007/s10570-023-05222-8.
- [6]. A. Isogai, T. Saito, H. Fukuzumi, "TEMPO-oxidized cellulose nanofibers," *Nanoscale*, 3, 1, 71-85, 2011. doi: 10.1039/c0nr00583e.
- [7]. T. Saito, S. Kimura, Y. Nishiyama, A. Isogai, "Cellulose Nanofibers Prepared by TEMPO-Mediated Ox," *Biomacromolecules*, 8, 2485-2491, 2007.
- [8]. T. Thi, et al., "A comprehensive study on preparation of nanocellulose from bleached wood pulps by TEMPO-mediated oxidation," *Results Chem.*, 4, 100540, 2022.
- [9]. J. Leitner, B. Hinterstoisser, M. Wastyn, J. Keckes, W. Gindl, "Sugar beet cellulose nanofibril-reinforced composites," *Cellulose*, 14, 5, 419-425, 2007. doi: 10.1007/s10570-007-9131-2.
- [10]. M. Hirota, N. Tamura, T. Saito, A. Isogai, "Oxidation of regenerated cellulose with NaClO₂ catalyzed by TEMPO and NaClO under acid-neutral conditions," *Carbohydr. Polym.*, 78, 2, 330-335, 2009. doi: 10.1016/j.carbpol.2009.04.012.

[11]. A. Isogai, T. Hänninen, S. Fujisawa, T. Saito, "Review: Catalytic oxidation of cellulose with nitroxyl radicals under aqueous conditions," *Prog. Polym. Sci.*, 86, 122-148, 2018. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2018.07.007.

[12]. J. Praskalo, M. Kostic, A. Potthast, G. Popov, B. Pejic, P. Skundric, "Sorption properties of TEMPO-oxidized natural and man-made cellulose fibers," *Carbohydr. Polym.*, 77, 4, 791-798, 2009. doi: 10.1016/j.carbpol.2009.02.028.

[13]. M. Zhao, et al., "Oxidation of primary alcohols to carboxylic acids with sodium chlorite catalyzed by TEMPO and bleach," *J. Org. Chem.*, 64, 7, 2564-2566, 1999. doi: 10.1021/jo982143y.

[14]. B. R. Deshwal, H. D. Jo, H. K. Lee, "Reaction kinetics of decomposition of acidic sodium chlorite," *Can. J. Chem. Eng.*, 82, 3, 619-623, 2004. doi: 10.1002/cjce.5450820323.

[15]. W. F. Bailey, J. M. Bobbitt, K. B. Wiberg, "Mechanism of the oxidation of alcohols by oxoammonium cations," *J. Org. Chem.*, 72, 12, 4504-4509, 2007. doi: 10.1021/jo0704614.

AUTHORS INFORMATION

**Tran Thi Y Nhi¹, Nguyen Duc Hai², Trinh Duc Cong¹,
Nguyen Thi Thuc¹, Dang Thi Mai¹, Tran Thi Thanh Hop¹,
Nguyen Thi Uy Thuong², Pham Tran Ngoc Anh²,
Vu Tran Anh Duong², Phung Gia Khanh², Hoang Thu Khuyen²,
Ngo Trinh Tung¹**

¹Institute of Chemistry, Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam

²Hanoi University of Industry, Vietnam