

## ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ YẾU TỐ ĐẾN QUÁ TRÌNH CHẾ TẠO NANO BẠC SỬ DỤNG DỊCH CHIẾT LÁ VỐI LÀM TÁC NHÂN KHỬ

Lê Thị Kim Anh<sup>1\*</sup>, Lê Đại Vương<sup>2</sup>, Võ Văn Quốc Bảo<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Phương Nga<sup>2</sup>, Nguyễn Hữu Thịnh<sup>1</sup>,  
Nguyễn Thị Quỳnh Anh<sup>1</sup>, Phạm Thị Thảo Hiền<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế, 102 Phùng Hưng, Huế, Việt Nam

<sup>2</sup> Trường Cao đẳng Công nghiệp Huế, 70 Nguyễn Huệ, Huế, Việt Nam

\* Tác giả liên hệ Lê Thị Kim Anh <lenthikimanh@huaf.edu.vn>

(Ngày nhận bài: 18-05-2021; Ngày chấp nhận đăng: 27-12-2021)

**Tóm tắt.** Trong nghiên cứu này, chúng tôi trình bày phương pháp điều chế dung dịch nano bạc (Ag) từ bạc nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ) sử dụng dịch chiết lá vối làm tác nhân khử và alginate là chất hoạt động bề mặt. Chúng tôi khảo sát ảnh hưởng của nồng độ  $\text{AgNO}_3$ , tỷ lệ thể tích giữa  $\text{AgNO}_3$  và dịch chiết lá vối và thời gian phản ứng đến quá trình tạo nano Ag. Điều kiện tối ưu để tổng hợp nano Ag sử dụng dịch chiết lá vối gồm nồng độ  $\text{AgNO}_3$  4 mM, tỷ lệ thể tích  $V_{\text{dịch chiết}}/V_{\text{AgNO}_3} = 4:100$ , nồng độ alginate 1%, thời gian phản ứng 45 phút tại nhiệt độ phòng. Dung dịch nano Ag thu được có màu vàng nâu đồng nhất. Kết quả đo TEM, SEM, XRD và FT-IR của các mẫu cho thấy nano Ag đã được tổng hợp thành công; hạt nano có dạng hình cầu, cấu trúc đồng đều với kích thước hạt khoảng 19,0–26,6 nm.

**Từ khóa:** nano bạc, alginate, lá vối, tác nhân khử

## Synthesis of silver-nanoparticles with aqueous extract of robusta plant leaves as reducing agent

Le Thi Kim Anh<sup>1\*</sup>, Le Dai Vuong<sup>2</sup>, Vo Van Quoc Bao<sup>1</sup>, Nguyen Thi Phuong Nga<sup>2</sup>, Nguyen Huu Thinh<sup>1</sup>,  
Nguyen Thi Quynh Anh<sup>1</sup>, Pham Thi Thao Hien<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Agriculture and Forestry, Hue University, 102 Phung Hung St., Hue, Viet Nam

<sup>2</sup> Hue Industrial College, 70 Nguyen Hue St., Hue, Viet Nam

\* Correspondence to Le Thi Kim Anh <lenthikimanh@huaf.edu.vn>

(Received: 18 May 2021; Accepted: 27 December 2021)

**Abstract.** In this study, we use the aqueous extract of Robusta plant leaves as a reducing agent and alginate as a surfactant to synthesize silver nanoparticles from silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ). The influence of extraction time and the solid-liquid ratio, the concentration of  $\text{AgNO}_3$ , the volume ratio between silver nitrate solution and the extract of Robusta leaves, and the reaction time on the synthesis were investigated. The optimal conditions are as follows: 15 g of leaves/200 mL, silver nitrate concentration 4 mM,  $V_{\text{extract}}/V_{\text{AgNO}_3}$  4:100, 1% sodium alginate solution, and reaction time 45 minutes. The obtained solution of silver nanoparticles has a yellow-brown color. The TEM, XRD, and FT-IR measurements of the samples show that the silver nanoparticles have been successfully synthesized. The particles are spherical with an even size and 19.0-26.6 nm in diameter.

**Keywords:** silver nanoparticles, alginate, Robusta, reducing agent

## 1 Mở đầu

Bạc có nhiều tính chất đặc trưng và hữu ích mà con người đã biết đến từ lâu [1] như tính kháng khuẩn [2, 3], khả năng xúc tác [4], tính dẫn điện và nhiệt tốt [5, 6]. Về ứng dụng, nếu dùng bạc ở dạng khối sẽ rất tốn kém và hiệu quả chưa cao. Trong những năm gần đây, các kỹ thuật và công nghệ hiện đại cho phép tạo ra vật liệu bạc ở kích thước nanomet (gọi tắt là nano bạc). Do hiệu ứng kích thước, kim loại bạc dạng nano có rất nhiều tính chất đặc biệt nên được ứng dụng nhiều trong lĩnh vực y sinh học, dẫn truyền thuốc, kháng khuẩn, xử lý nước và nông nghiệp. Tính kháng khuẩn của bạc còn có tác dụng quan trọng trong chữa bệnh vì hiện nay hiện tượng kháng thuốc kháng sinh của vi khuẩn ngày càng trầm trọng [7, 8]. Các nghiên cứu cho thấy nano Ag có khả năng tiêu diệt đến 650 chủng loại vi khuẩn khác nhau và hầu hết là các chủng vi khuẩn gây bệnh cho người [9]. Với những ưu điểm vượt trội trên, nano Ag đang thu hút được sự quan tâm của giới nghiên cứu [10]. Các phương pháp hóa học được quan tâm hơn vì quy trình đơn giản, dễ mở rộng quy mô, không đòi hỏi áp suất, năng lượng và nhiệt độ cao. Tuy nhiên, phần lớn các phương pháp còn sử dụng một số chất khử độc hại như hydrazin, sodium borohydride và aniline, gây ảnh hưởng không tốt đến môi trường sinh thái, con người và động vật. Nhằm khắc phục những hạn chế trên, kỹ thuật và công nghệ hiện đại đòi hỏi các nhà khoa học cần tìm ra các phương pháp tổng hợp nano Ag đơn giản bằng con đường hóa học “xanh”. Trong những năm gần đây, các chất khử này được thay thế bằng các hóa chất thân thiện môi trường hơn như acid ascorbic, glucose, amino acids, dung dịch chiết từ cây [11], tinh bột [12], enzyme [13], tảo [14] hay dung dịch chiết từ côn trùng. Các nghiên cứu này hướng tới giảm thiểu sử dụng hóa chất độc hại trong quy trình chế tạo nano Ag. Một trong các hướng tiềm năng là sử dụng dịch chiết lá vối để khử muối bạc giúp tiết kiệm chi

phí, không độc hại mà vẫn tạo ra được sản phẩm nano bạc chất lượng, có khả năng ứng dụng trong đời sống, bảo vệ sức khỏe con người và môi trường tự nhiên.

Bài báo này trình bày nghiên cứu về điều chế dung dịch nano Ag từ  $\text{AgNO}_3$ , sử dụng dịch chiết lá vối làm tác nhân khử và alginate là chất hoạt động bề mặt.

## 2 Vật liệu và phương pháp

### 2.1 Vật liệu

Lá vối được thu mua tại các khu vực thành phố Huế, sau đó được rửa sạch, bỏ cuống, để ráo nước và bảo quản ở 20 °C.

Nano bạc được tổng hợp từ bạc nitrat ( $\text{AgNO}_3$ , Trung Quốc), alginate (Trung Quốc).

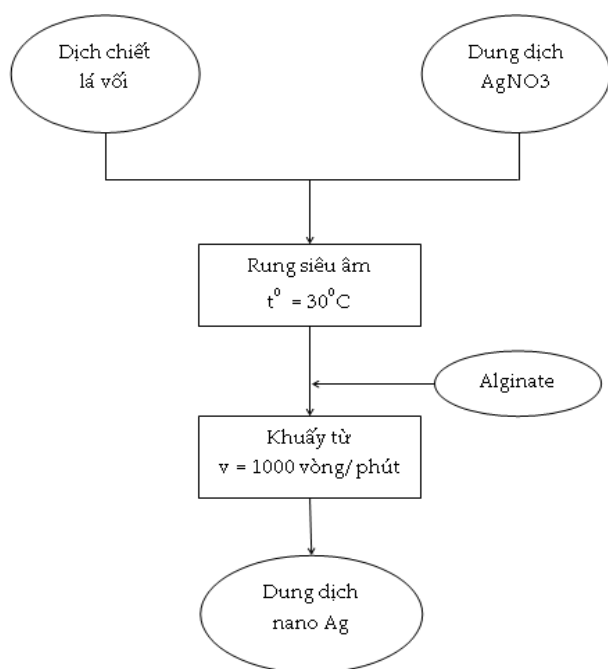
### 2.2 Phương pháp

#### Chuẩn bị dịch chiết từ lá vối

Chọn những lá vối tươi, không bị sâu, còn nguyên, sau đó rửa sạch, bỏ cuống rồi thái nhỏ. Cho lá vối đã chuẩn bị vào cốc chứa 200 mL nước cất rồi đun sôi. Dịch chiết lá vối được lọc qua giấy lọc và bảo quản ở 12 °C để tổng hợp vật liệu nano bạc.

#### Chế tạo nano bạc

Quy trình chế tạo bạc nano dùng dịch chiết lá vối được mô tả trên Hình 1. Cho dịch chiết lá vối vào dung dịch bạc nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ) đựng trong cốc thủy tinh. Hỗn hợp được xử lý siêu âm ở nhiệt độ phòng đến khi màu của dung dịch đậm dần. Sau đó, dung dịch này được bổ sung chất ổn định alginate nồng độ 1% và được khuấy bằng máy khuấy từ vối tốc độ 1000 vòng/phút trong 30 phút. Bảo quản sản phẩm thu được trong lọ thủy tinh có nắp và để ổn định trong 24 giờ.



**Hình 1.** Sơ đồ quy trình tổng hợp nano Ag từ dịch chiết lá vối

### Một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết lá vối và tổng hợp nano bạc

Các yếu tố được khảo sát bằng phương pháp đơn biến và thí nghiệm được lặp lại ba lần. Các yếu tố khảo sát bao gồm: tỷ lệ lá vối/nước cất, thời gian chiết lá vối, nồng độ  $\text{AgNO}_3$ , tỷ lệ thể tích  $V_{\text{dịch chiết}}/V_{\text{AgNO}_3}$  và thời gian phản ứng tạo nano Ag. Khảo sát bước sóng hấp thụ cực đại, độ hấp thụ cực đại của dung dịch nano Ag thu được bằng phương pháp đo UV-Vis, từ đó chọn ra điều kiện tối ưu cho quá trình tạo thành nano Ag.

### Một số tính chất đặc trưng của nano Ag

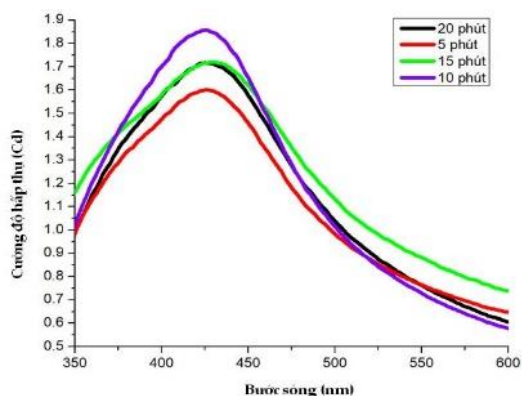
Thành phần pha, hằng số mạng và kích thước hạt được xác định bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (D8-Advanced, BRUKER-AXS) với bức xạ  $\text{Cu-K}\alpha$  ( $\lambda = 1,540563\text{Å}$ ).

Ảnh SEM của mẫu được chụp trên kính hiển vi điện tử truyền qua JEM-1400. Phổ hồng ngoại (FTIR) được sử dụng để nghiên cứu tính ổn định của vật liệu thông qua các liên kết của vật liệu.

## 3 Kết quả và thảo luận

### 3.1 Điều kiện tối ưu tạo dịch chiết lá vối

Chất lượng của dịch chiết lá vối có ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm nano Ag; nó được quyết định bởi tỷ lệ lá vối/nước cất và thời gian chiết. Chúng tôi khảo sát ảnh hưởng của thời gian chiết (5, 10, 15, 20 phút) đối với tỷ lệ lá vối/nước cất là 15:200 (g/mL). Dịch chiết thu được ứng với mỗi khoảng thời gian trên được sử dụng để chế tạo nano Ag với nồng độ  $\text{AgNO}_3$  4 mM, tỷ lệ  $V_{\text{dịch chiết}}/V_{\text{AgNO}_3}$  2:100 (mL/mL), thời gian 30 phút. Phổ hấp thụ của nano Ag sử dụng dịch chiết lá vối ứng với thời gian chiết khác nhau được trình bày trên Hình 2. Đỉnh hấp thụ cực đại nằm trong khoảng 427–435 nm và cho thấy hạt nano Ag hình thành khi sử dụng dịch chiết lá vối, trong khi đỉnh phổ hấp thụ của dịch chiết lá vối là 275 nm (Hình 3). Kết quả này phù hợp với nghiên cứu về phổ cộng hưởng plasmon bề mặt của nano Ag [15]. Mặt khác, ứng với thời gian chiết 10 phút, cường độ hấp thụ đạt cao nhất (1,85 Cd). Nếu tiếp tục tăng thời gian chiết thì mật độ quang giảm. Có thể nói, thời gian chiết 10 phút đã tạo ra lượng chất khử vừa đủ để khử lượng ion bạc trong dung dịch thành nano Ag. Khi tăng thời gian chiết, các chất không có lợi cho quá trình tạo nano Ag có thể hình thành, dẫn đến hiện tượng keo tụ làm giảm mật độ quang. Vì vậy, thời gian chiết 10 phút là phù hợp nhằm thu được dịch chiết lá vối tối ưu cho quá trình tạo nano Ag.



**Hình 2.** Phổ hấp thụ của nano Ag sử dụng dịch chiết lá vối ứng với thời gian chiết khác nhau

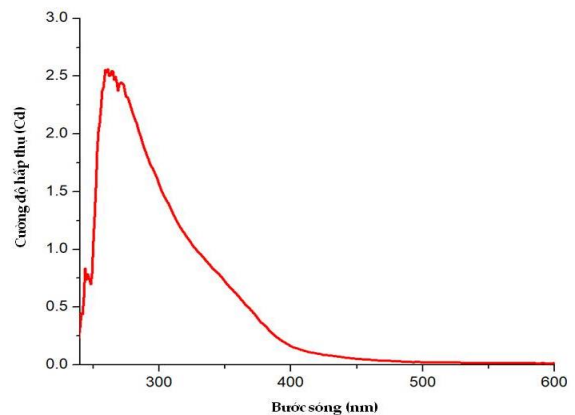
Ảnh hưởng của tỷ lệ lá vối/nước cất để chế tạo nano Ag được nghiên cứu với thời gian chiết 10 phút. Kết quả trình bày trên Hình 4 cho thấy hầu hết các đỉnh hấp thụ đều nằm trong khoảng bước sóng 421–424 nm. Điều này chứng tỏ các hạt nano Ag đã hình thành. Cường độ hấp thụ cao nhất là 2,353 Cd ứng với tỷ lệ lá vối/nước cất 15 g:200 mL, nghĩa là lượng nano bạc tạo thành nhiều nhất. Nếu tiếp tục tăng tỷ lệ lá vối/nước thì giá trị mật độ quang giảm. Có thể giải thích điều này như sau: khi khối lượng mẫu vượt quá 15 g thì lượng chất khử dư thì có thể làm hạt nano Ag tạo ra nhanh, dễ keo tụ thành các hạt có kích thước lớn hơn. Theo Nguyễn Thị Thanh Tâm [16], khi kích thước hạt nano càng lớn thì bước sóng hấp thụ sẽ càng lớn đến lúc nằm ngoài vùng UV-Vis tạo ra, nên làm giảm mật độ quang của dung dịch. Vì vậy, tỷ lệ lá vối/nước cất tối ưu là 15 g:200 mL nhằm thu được dịch chiết lá vối tối ưu cho quá trình chế tạo nano Ag.

### 3.2 Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tạo nano bạc

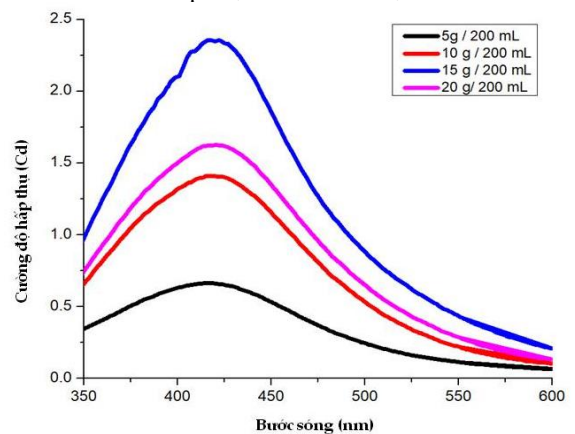
#### Nồng độ $\text{AgNO}_3$

Dịch chiết với tỷ lệ 15 g lá vối trong 200 mL nước cất chiết trong 10 phút được chọn để khảo sát ảnh hưởng của nồng độ  $\text{AgNO}_3$ . Dãy nồng độ được chọn là 1, 2, 3, 4 và 5 mM; tỷ lệ thể tích dịch chiết và  $\text{AgNO}_3$  là 2:100. Thí nghiệm tổng hợp nano Ag được thực hiện ở nhiệt độ phòng, trong 30 phút. Kết quả được trình bày trên Hình 5.

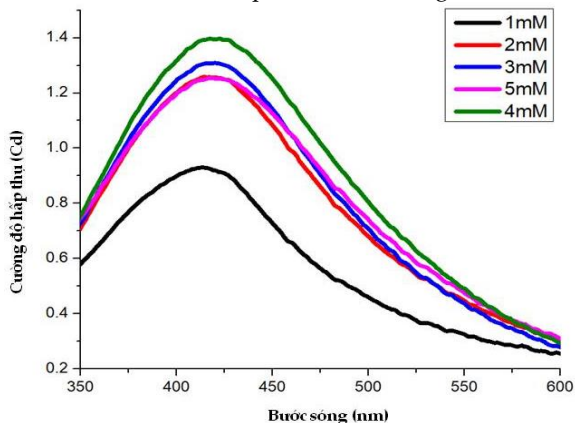
Kết quả trên Hình 5 cũng xác nhận sự hình thành của các hạt nano Ag. Khi nồng độ dung dịch  $\text{AgNO}_3$  tăng từ 1 đến 4 mM thì giá trị mật độ quang cũng tăng dần, đạt cực đại 1,398 Cd, ứng với nồng độ  $\text{AgNO}_3$  4 mM. Khi nồng độ  $\text{AgNO}_3$  vượt quá 4 mM thì mật độ quang giảm mạnh bởi vì ở trên nồng độ này, hạt nano Ag tạo ra nhanh, dễ bị keo tụ nên có kích thước lớn. Vì vậy, nồng độ dung dịch  $\text{AgNO}_3$  tối ưu là 4 mM.



Hình 3. Phổ hấp thụ UV-Vis của dịch chiết lá vối



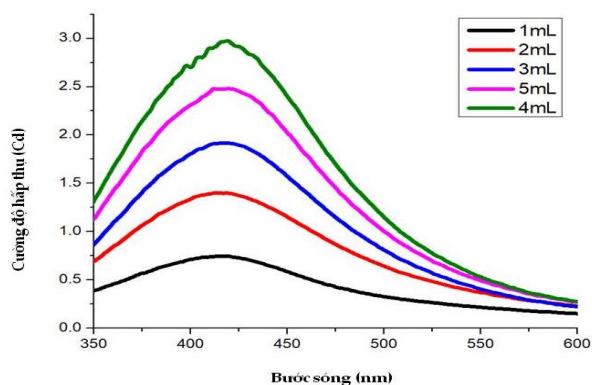
Hình 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ lá vối/nước cất đến tính chất hấp thụ của nano Ag



Hình 5. Đồ thị ảnh hưởng của thể tích dịch chiết đến quá trình tạo nano Ag

#### Thể tích dịch chiết

Hình 6 biểu diễn ảnh hưởng của lượng dịch chiết trong 100 mL dung dịch  $\text{AgNO}_3$  trong phản ứng tạo Ag nano trong 30 phút. Thể tích dịch chiết lá vối là 1, 2, 3, 4 và 5 mL.

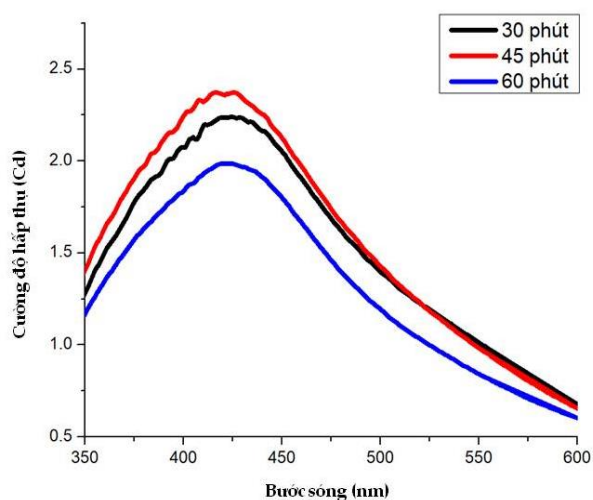


**Hình 6.** Đồ thị ảnh hưởng của thể tích dịch chiết đến quá trình tạo nano Ag

Có thể thấy, các hạt nano Ag đã hình thành trong thí nghiệm này. Lượng nano Ag tổng hợp được tăng dần, nghĩa là giá trị mật độ quang cũng tăng dần. Khi thể tích dịch chiết lá với tăng từ 1 đến 4 mL thì mật độ quang đạt giá trị lớn nhất (2,939 Cd) ứng với thể tích dịch chiết 4 mL. Ở thể tích dịch chiết 5 mL, giá trị mật độ quang giảm. Ở nồng độ này, hạt nano Ag tạo ra có kích thước lớn, dễ bị keo tụ. Vì vậy, thể tích dịch chiết tối đa là 4 mL.

### Thời gian phản ứng

Thời gian phản ứng được khảo sát trong điều kiện: lượng dịch chiết là 4 mL trong 100 mL dung dịch  $\text{AgNO}_3$  4 mM. Kết quả được trình bày trên Hình 7. Theo đó, các hạt nano Ag đã hình thành có các đỉnh hấp thụ trong khoảng bước sóng 421–428 nm. Có thể nhận thấy, cường độ hấp thụ có xu hướng tăng theo thời gian phản ứng, tương ứng với nồng độ nano bạc tăng lên. Tuy nhiên, khi kéo dài thời gian phản ứng thì mật độ quang lại có xu hướng giảm. Điều này chứng tỏ khi thời gian phản ứng càng tăng thì có sự hình thành keo tụ song song với sự hình thành nano Ag làm cho đỉnh hấp thụ cực đại giảm xuống. Vì vậy, thời gian phản ứng 45 phút là tối ưu với độ hấp thụ cực đại 2,335 Cd.



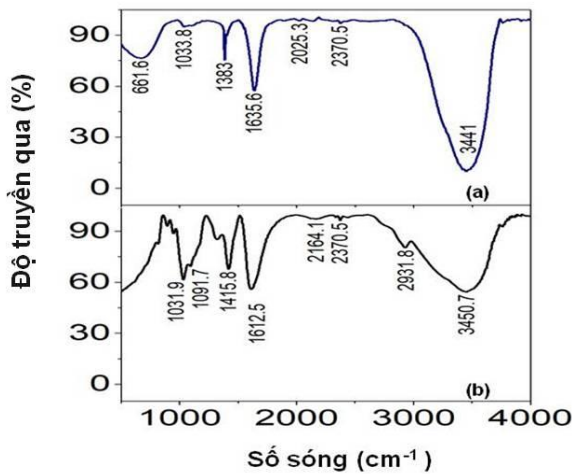
**Hình 7.** Ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến quá trình tạo nano Ag

Như vậy, mẫu nano Ag được tổng hợp với các điều kiện tối ưu như sau: nồng độ  $\text{AgNO}_3$  4 mM, tỷ lệ dịch chiết/ $\text{AgNO}_3$  4:100 mL, nhiệt độ phòng, thời gian phản ứng 45 phút và sodium alginate 1%.

### 3.3 Tính chất đặc trưng của mẫu nano Ag được tối ưu

#### Phổ hồng ngoại

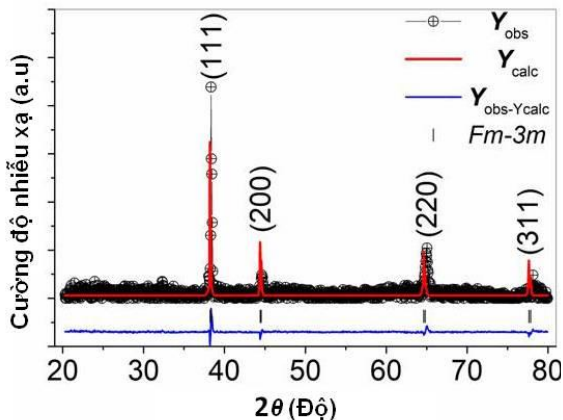
Phổ hồng ngoại (IR) của alginate có dải hấp thụ ở 3444,8, 1612,4 và 1413,8  $\text{cm}^{-1}$  tương ứng với các dao động (O–H), carbonyl (C=O) và carboxylate (COO<sup>-</sup>) [8] (Hình 9b). Phổ IR của các hạt nano bạc (Hình 9a) cho thấy, các peak đặc trưng cho các dao động của liên kết O–H, C–O–C, C=O lần lượt dịch chuyển về vùng số sóng 3441,0, 1635,6 và 1383,0  $\text{cm}^{-1}$  [17]. Các đỉnh hấp thụ đặc trưng của nano Ag đều có sự dịch chuyển nhẹ so với của alginate, chứng tỏ rằng bề mặt hạt nano Ag đã được phủ một lớp màng alginate và có tác dụng bảo vệ hạt nano Ag không bị kết tụ.



Hình 9. Phổ hồng ngoại của alginate (a) và nano Ag (b)

**Cấu trúc và vi cấu trúc của nano bạc**

Mẫu XRD của nano bạc tạo thành ở điều kiện tối ưu được trình bày trên Hình 10. Các giá trị góc nhiễu xạ  $2\theta$  là 38,35, 44,60, 65,05 và 78,15°, tương ứng với các mặt phẳng (111), (200), (220) và (311), cho biết các hạt nano bạc tạo ra có dạng hình cầu và cấu trúc tinh thể [6]. Các thông số cấu trúc tinh thể của nano bạc ứng với nhóm không gian Fm-3m, tính từ dữ liệu XRD bằng công thức Rietveld là  $a = b = c = 4,07553 \text{ \AA}$  [18]. Phân tích về hình dạng đỉnh, vị trí đỉnh, cấu trúc và nền được thực hiện theo hệ số biến dạng R. Mẫu XRD thu được chứng minh rằng các ion  $\text{Ag}^+$  đã được khử



Hình 10. Giải đồ nhiễu xạ tia X của nano Ag

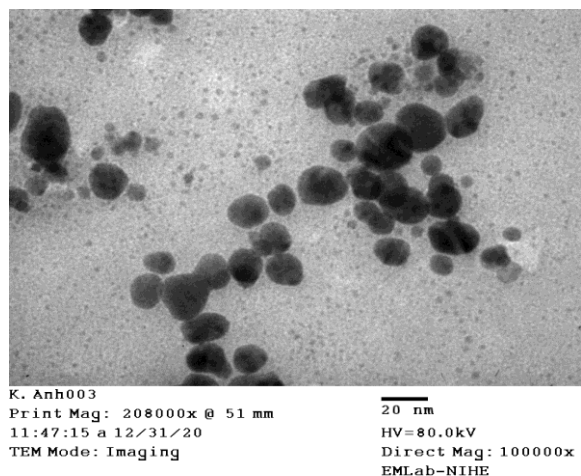
thành  $\text{Ag}^0$  bằng cách sử dụng dịch chiết lá với kết hợp với sóng siêu âm. Shao và cs. [19] đã quan sát thấy kết quả tương tự trong mẫu XRD của các hạt nano sodium alginate – Ag. Shao và cs. đã chỉ ra rằng sự kết tinh của Na-alginate xảy ra do tương tác giữa các phân tử trong các chuỗi Na-Alg nhờ liên kết hydro.

Kích thước các hạt nano bạc được xác định bằng phương trình Debye – Scherrer (1):

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta} \tag{1}$$

trong đó  $D$  là đường kính hạt;  $\lambda$  là bước sóng của bức xạ tia X ( $\text{Cu-K}\alpha = 0,15406 \text{ nm}$ );  $k$  là hằng số (0,94) và  $\theta$  là góc nhiễu xạ;  $\beta$  là độ bán rộng của đỉnh nhiễu xạ tại góc nhiễu xạ  $2\theta$  38,17°. Từ đó, kích thước hạt của nano Ag tính được là 22,53 nm.

Hình dạng, kích thước và sự phân tán các hạt nano bạc được xác định bằng kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) như trên Hình 11. Như vậy, có thể thấy các hạt nano Ag có dạng cầu, kích thước hạt dao động từ 19 đến 26,6 nm. Nghiên cứu của Yaohua Dong và cs. cho thấy kích thước nano Ag quyết định đến hoạt tính kháng khuẩn. Kích thước nano Ag càng nhỏ thì hoạt tính khuẩn càng cao [20]. Như vậy, nano bạc điều chế được hứa hẹn khả năng diệt khuẩn như định hướng nghiên cứu.



Hình 11. Ảnh vi cấu trúc của nano Ag qua kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM)

## 4 Kết luận

Chúng tôi đã tổng hợp thành công các hạt nano Ag từ dung dịch bạc nitrate bằng tác nhân khử dịch chiết nước lá vối, sử dụng chất hoạt động bề mặt là alginate. Ngoài ra, phép đo nhiễu xạ tia X khẳng định nano Ag được hình thành. Phép đo hồng ngoại IR chứng minh các hạt nano Ag đã được alginate bao bọc tốt và kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) đã xác định hạt nano Ag có kích thước từ 19 đến 26,6 nm.

### Thông tin tài trợ

Công trình được thực hiện với sự tài trợ của Đại học Huế (Đề tài mã số DHH 2020-02-136) và nhóm nghiên cứu mạnh Trường Đại học Nông lâm, Đại học Huế (Mã số: HUAF2021-NCM-02).

### Lời cảm ơn

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế và Trường Cao đẳng Công nghiệp Huế đã hỗ trợ kỹ thuật và trang thiết bị để chế tạo hệ vật liệu nano.

### Tài Liệu Tham Khảo

- Alexander JW. History of the medical use of silver. *Surgical infections*. 2009;10:289-292.
- Eckhardt S, Brunetto PS, Gagnon J, Priebe M, Giese B, Fromm KM. Nanobio silver: its interactions with peptides and bacteria, and its uses in medicine. *Chemical reviews*. 2013;113:4708-4754.
- Chernousova S, Epple M. Silver as antibacterial agent: ion, nanoparticle, and metal. *Angewandte Chemie International Edition*. 2013;52:1636-1653.
- Dong XY, Gao ZW, Yang KF, Zhang WQ, Xu LW. Nanosilver as a new generation of silver catalysts in organic transformations for efficient synthesis of fine chemicals. *Catalysis Science & Technology*. 2015;5:2554-2574.
- Matsuhisa N, Kaltenbrunner M, Yokota T, Jinno H, Kuribara K, Sekitani T, Someya T. Printable elastic conductors with a high conductivity for electronic textile applications. *Nature communications*. 2015;6:1-11.
- Chen D, Qiao X, Qiu X, Chen J. Synthesis and electrical properties of uniform silver nanoparticles for electronic applications. *Journal of materials science*. 2009;44:1076-1081.
- Neu HC. The crisis in antibiotic resistance. *Science*. 1992;257:1064-1073.
- Mapara N, Sharma M, Shriram V, Bharadwaj R, Mohite KC, Kumar V. Antimicrobial potentials of Helicteres isora silver nanoparticles against extensively drug-resistant (XDR) clinical isolates of *Pseudomonas aeruginosa*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2015;99(24):10655-67.
- Chen X, Schluesener HJ. Nanosilver: a nanoproduct in medical application. *Toxicology letters*. 2008;176:1-12.
- DOI: 10.1016/j.toxlet.2007.10.004
- Khodashenas B, Ghorbani HR. Synthesis of silver nanoparticles with different shapes. *Arabian Journal of Chemistry*. 2019;12(8):1823-38.
- Loo YY, Chieng BW, Nishibuchi M, Radu S. Synthesis of silver nanoparticles by using tea leaf extract from *Camellia sinensis*. *International journal of nanomedicine*. 2012;7:4263.
- Chung D, Kim H, Ko J, Lee J, Hwang B, Chang S, et al. Microwave Synthesis of Silver Nanoparticles Using Different Pentose Carbohydrates as Reducing Agents. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. 2018;12
- Rafique M, Sadaf I, Rafique MS, Tahir MB. A review on green synthesis of silver nanoparticles and their applications. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*. 2017;45(7):1272-91
- El Sheekh MM, El Kassas HY. Algal production of nano-silver and gold: Their antimicrobial and cytotoxic activities: A review. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2016;14:299-310.
- Tran HV, Dai Tran L, Ba CT, Vu HD, Nguyen TN, Pham DG, Nguyen PX. Synthesis, characterization, antibacterial and antiproliferative activities of monodisperse chitosan-based silver nanoparticles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2010;360:32-40.
- Tâm NTT. Tổng hợp và nghiên cứu tính chất quang của màng nano Ag/TiO<sub>2</sub> ứng dụng trong quang xúc tác và diệt khuẩn [master's thesis]. Hà Nội: Trường Đại học Công nghệ; 2012.

18. Kasthuri J, Veerapandian S, Rajendiran N. Biological synthesis of silver and gold nanoparticles using apiin as reducing agent. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2009;68(1):55-60
19. Ghosh M, Mondal M, Mandal S, Roy A, Chakrabarty S, Chakrabarti G, et al. Enhanced photocatalytic and antibacterial activities of mechanosynthesized TiO<sub>2</sub>-Ag nanocomposite in wastewater treatment. *Journal of Molecular Structure*. 2020;1211:128076
20. Shao Y, Wu C, Wu T, Yuan C, Chen S, Ding T, et al. Green synthesis of sodium alginate-silver nanoparticles and their antibacterial activity. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018;111:1281-92
21. Dong Y, Zhu H, Shen Y, Zhang W, Zhang L. Antibacterial activity of silver nanoparticles of different particle size against *Vibrio Natriegens*. *PLOS ONE*. 2019;14(9):e0222322.