

NGHIÊN CỨU CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN QUÁ TRÌNH TỔNG HỢP VẬT LIỆU NANO VÀNG TỪ DỊCH CHIẾT NẤM LINH CHI (*GANODERMA LUCIDUM*)

Nguyễn Vĩnh Phú^{1,2*}, Lê Thị Kim Dung¹, Nguyễn Quang Mẫn¹,
Đỗ Quang Tâm¹, Trần Thái Hòa²

¹ Khoa Cơ bản, Trường Đại học Y – Dược, Đại học Huế

² Khoa Hoá học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

*Email: nvphu@huemed-univ.edu.vn

Ngày nhận bài: 20/10/2021; ngày hoàn thành phản biện: 28/10/2021; ngày duyệt đăng: 4/4/2022

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, hạt nano vàng (AuNPs) được điều chế bằng phương pháp tổng hợp xanh sử dụng dịch chiết nấm Linh chi (*Ganoderma lucidum*) đóng vai trò vừa làm chất khử vừa làm chất bảo vệ. Các thông số như pH, thời gian khử, nồng độ acid chloroauric và nhiệt độ khử được khảo sát và đưa ra điều kiện tối ưu cho quá trình tổng hợp. Hạt nano vàng sau khi tổng hợp được phân tích các đặc trưng về hình thái, cấu trúc và thành phần của vật liệu bằng các phương pháp phổ tử ngoại khả kiến (UV-Vis), hiển vi điện tử quét (SEM), hiển vi điện tử truyền qua (TEM), giản đồ nhiễu xạ tia X (XRD), phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX) và phổ hồng ngoại (IR).

Từ khóa: nấm Linh chi, nano vàng, phương pháp tổng hợp xanh.

1. MỞ ĐẦU

Vật liệu nano vàng với kích thước hạt từ 1-100 nm đã và đang nhận được sự quan tâm của các nhà khoa học bởi những tính chất quang học độc đáo, đặc biệt là hiện tượng cộng hưởng plasmon bề mặt (Surface plasmon resonance, SPR) [1] và có nhiều ứng dụng trong các lĩnh vực như xúc tác [2], cảm biến sinh học [3], điện hóa [4]. Ngoài ra, vật liệu nano vàng còn có đặc tính ổn định về mặt cấu trúc [5], không độc [6], có khả năng tương thích sinh học cao [7] và nhất là dễ dàng hoạt hóa để gắn kết các phân tử thuốc [8], phân tử sinh học như DNA, các loại protein như enzyme, kháng thể [7]. Với những tính chất riêng biệt này, vật liệu nano vàng có tiềm năng ứng dụng trong việc điều trị và chăm sóc sức khỏe con người.

Cho đến nay, vật liệu nano vàng đã được tổng hợp thành công bằng nhiều phương pháp khác nhau như phương pháp chiếu xạ [9], phương pháp khử hóa học

[10], phương pháp khử sinh học [11], phương pháp điện hóa [12], phương pháp quang hóa [13], phương pháp phát triển mầm [14], ...Tuy nhiên, các phương pháp này yêu cầu sử dụng các thiết bị phức tạp cũng như các hóa chất độc hại: NaBH_4 , hydroquinone, ... gây ảnh hưởng đến môi trường và khó có khả năng ứng dụng vào lĩnh vực chăm sóc sức khỏe con người. Để khắc phục vấn đề này, các nhà khoa học đã nghiên cứu sử dụng “phương pháp tổng hợp xanh” để tổng hợp vật liệu nano vàng bằng cách sử dụng dung môi, chất khử, chất bảo vệ là các hóa chất không độc hại, thân thiện với môi trường và cơ thể con người, thường là polymer có tính tương thích sinh học [15]. Bên cạnh đó, các kỹ thuật hỗ trợ thêm như siêu âm, vi sóng được sử dụng để tăng tốc độ của quá trình tổng hợp vật liệu nano vàng.

Raveendran và cộng sự [16] lần đầu tiên sử dụng phương pháp xanh để tổng hợp nano vàng với dung môi là nước và chất khử là β -D-glucose và chất ổn định là tinh bột. Bên cạnh đó, một số nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng, có thể sử dụng dịch chiết của các loài thực vật khác nhau như dịch chiết quả nho, hoa hướng dương, trà,... để làm tác nhân khử và chất bảo vệ trong quá trình tổng hợp nano vàng [17].

Trong số đó, dịch chiết nấm Linh chi (*Ganoderma lucidum*) cũng được sử dụng để tổng hợp nano vàng theo phương pháp “tổng hợp xanh” [18]. Đây là một loại thảo dược quý hiếm, được sử dụng trong ngành Y học Cổ truyền. Trong dịch chiết nấm Linh chi chứa thành phần chính là polysaccharide, triterpenoids, các polypeptide và protein [19]. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, dịch chiết nấm Linh chi có khả năng điều hòa miễn dịch, loại bỏ gốc tự do, chống dị ứng [20], kháng viêm [21], kháng virus [22], chống các tế bào ung thư [23], chống các bức xạ tổn thương lên các DNA [24,25] và thành phần chính tạo nên các hoạt tính đó của Linh chi là polysaccharide, triterpenoids [26]. Ngoài ra, polysaccharide có trong nấm Linh chi là các polymer thiên nhiên, tan trong nước, không độc hại, có khả năng phân hủy sinh học và tính tương thích sinh học cao [27]. Các polysaccharide trong Linh chi có cấu trúc phức tạp và được cấu tạo từ các monosaccharide như glucose, fructose, maltose và galactose liên kết với nhau thông qua liên kết glucoside [28].

Dịch chiết nấm Linh chi sẽ đóng vai trò là chất khử sinh học cũng như là một tác nhân bảo vệ trong quá trình tổng hợp vật liệu nano vàng. Thông qua cách làm này, vật liệu nano vàng thu được không chỉ có được những đặc điểm nổi bật của vật liệu kích thước nano mà còn được gắn lên bề mặt những hoạt chất có trong dịch chiết nấm Linh chi và có tiềm năng ứng dụng trong lĩnh vực y học.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành tổng hợp vật liệu nano vàng trong dịch chiết nấm Linh chi bằng phương pháp tổng hợp xanh. Đồng thời, các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tổng hợp như pH, thời gian khử, nồng độ acid chloroauric, nhiệt độ khử được khảo sát.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu - Hóa chất

Quả thể nấm Linh chi được thu hoạch tại vùng đệm của vườn Quốc gia Bạch Mã, huyện Nam Đông, tỉnh Thừa Thiên Huế. Sau đó, quả thể nấm xử lý sơ bộ nguyên liệu thô bằng cách sấy khô và nghiền nhỏ.

Acid chloroauric ($\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, Trung Quốc), ammoni hydrate (NH_4OH , 25-28%, Merck), acid hydrochloric (HCl 36%, Merck), Ethanol (99%, Merck).

2.2. Tổng hợp vật liệu

2.2.1. Chuẩn bị dịch chiết nấm Linh Chi (*Ganoderma lucidum*)

Cân 2 gam bột nấm Linh Chi (*G. Lucidum*) cho vào trong 200 mL nước cất đun hồi lưu trong vòng 4 giờ tại nhiệt độ 85°C . Dịch lọc được ly tâm với tốc độ 4500 vòng/phút trong 10 phút để loại bỏ phần cặn bên dưới và thu phần dịch chiết. Dịch chiết được bảo quản lạnh ở nhiệt độ 4°C .

2.2.2. Tổng hợp vật liệu nano vàng trong dịch chiết nấm Linh chi

Quy trình tổng hợp nano vàng từ dịch chiết nấm Linh chi (*G. lucidum*) (AuNPs/GL) được cải tiến dựa theo quy trình của Kumar và cộng sự [18]. Đầu tiên, thêm 5 mL dịch chiết nấm Linh chi vào 45 mL dung dịch HAuCl_4 và pH của hỗn hợp được điều chỉnh bằng dung dịch NH_3 (25%) hoặc dung dịch HCl 0,01 M. Điều kiện tối ưu của quá trình tổng hợp nano vàng được nghiên cứu bằng cách thay đổi một số yếu tố như pH (3; 5; 7; 9 và 11), thời gian khử (0,5 đến 7 giờ), nồng độ acid chloroauric (0,5; 1,0 và 1,5 mM), nhiệt độ phản ứng (65°C ; 75°C ; 85°C và 95°C). Dung dịch được kết tủa bằng ethanol, ly tâm và thu lấy phần chất rắn. Chất rắn được sấy khô ở nhiệt độ 90°C trong vòng 24 giờ thu được vật liệu AuNPs/GL và được đặc trưng bằng các phương pháp như XRD, SEM, TEM, IR và phổ EDX.

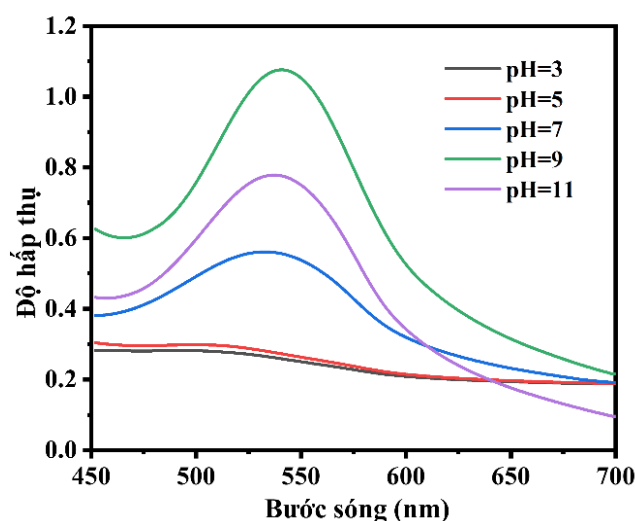
2.3. Phương pháp đặc trưng vật liệu

Phổ UV-Vis được sử dụng để xác định đỉnh hấp thụ cực đại, độ dịch chuyển các đỉnh hấp thụ cực đại của các dung dịch keo AuNPs/GL. Cấu trúc tinh thể, hình thái và kích thước của vật liệu được đặc trưng bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD), kính hiển vi điện tử quét (SEM), kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM). Phương pháp phổ hồng ngoại (IR) được dùng để xác định các nhóm chức đặc trưng có trong mẫu. Phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX) dùng để phân tích thành phần nguyên tố của vật liệu.

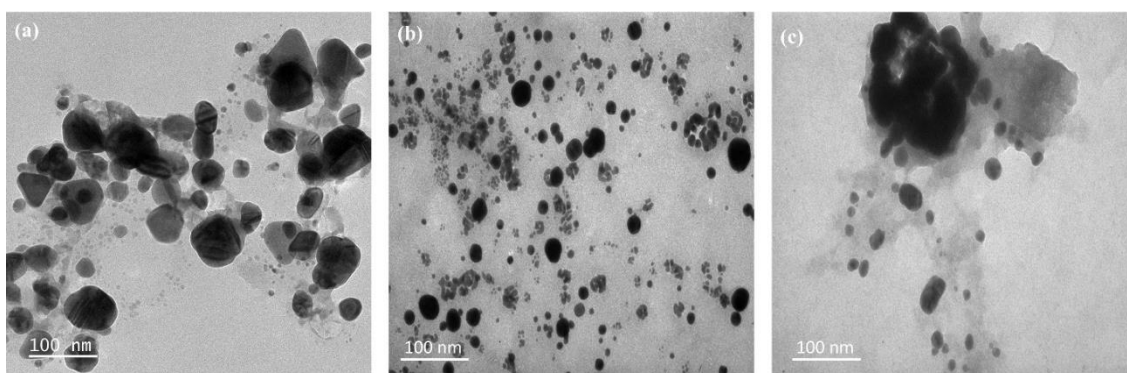
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của pH

Ảnh hưởng của pH đến quá trình tổng hợp AuNPs/GL được khảo sát bằng cách thay đổi pH từ 3 đến 11 bằng dung dịch NH_3 25% hoặc dung dịch HCl 0,01 M. Những điều kiện tổng hợp khác được giữ cố định: thời gian phản ứng: 4 giờ; nhiệt độ khử: 85°C , $C_{\text{HAuCl}_4} = 1\text{mM}$. Phổ UV-Vis của các dung dịch nano vàng tại các pH khác nhau được trình bày trên Hình 1. Kết quả cho thấy, với giá trị pH là 3 hoặc 5 thì không xuất hiện SPR peak, chứng tỏ môi trường acid không thuận lợi cho quá trình tổng hợp AuNPs/GL. Điều này có thể được giải thích rằng trong môi trường acid, lực khử của các nhóm chức như hydroxyl, carbonyl có trong dịch chiết nấm Linh chi bị giảm và không có khả năng khử các ion vàng [29]. Mặt khác, kết quả phổ UV-Vis của các mẫu được tổng hợp trong khoảng pH từ 7 đến 11 có xuất hiện các SPR peak với cực đại hấp thụ nằm trong khoảng 533 – 540 nm, chứng tỏ dung dịch nano vàng được tạo thành. Ngoài ra, Hình 1 cho thấy, mẫu dung dịch nano vàng được tổng hợp tại pH = 9 có cường độ hấp thụ cao hơn và hình dạng peak sắc nét hơn so với mẫu tại pH = 7 và pH = 11 chứng tỏ rằng với pH = 9 thì dung dịch nano vàng được tổng hợp với hiệu suất cao và các hạt có kích thước đồng đều hơn.



Hình 1. Phổ UV-Vis của dung dịch AuNPs/GL tại các pH khác nhau.

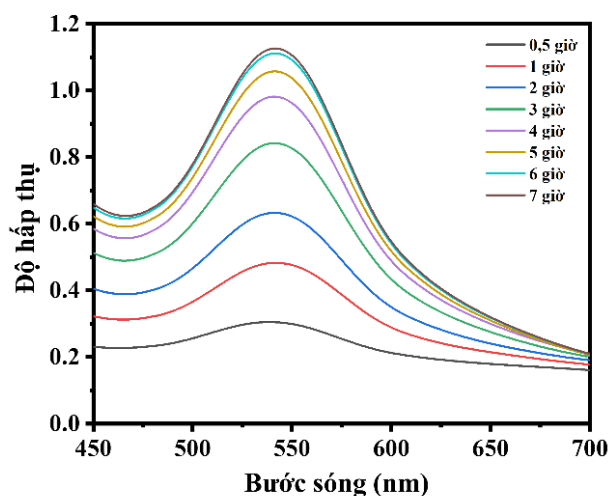


Hình 2. Ảnh TEM các mẫu vật liệu AuNPs/GL tại (a) pH = 7; (b) pH = 9 và (c) pH = 11.

Mặt khác, chúng tôi tiến hành chụp ảnh TEM các mẫu AuNPs/GL được tổng hợp tại các pH = 7; 9 và 11 và kết quả được trình bày ở Hình 2. Kết quả ảnh TEM cho thấy, các hạt nano vàng thu được tại pH = 9 (Hình 2.b) có dạng cầu và có kích thước nhỏ hơn so với các hạt nano vàng được tổng hợp tại pH = 7 (Hình 2.a) và pH = 11 (Hình 2.c). Ngoài ra tại pH = 11 có hiện tượng kết dính giữa các hạt nano vàng lại với nhau làm tăng kích thước của vật liệu. Từ các kết quả phổ UV-Vis và ảnh TEM, chúng tôi nhận thấy pH = 9 là pH tối ưu cho quá trình tổng hợp nano vàng trong dịch chiết nấm Linh chi và được sử dụng để khảo sát các yếu tố tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của thời gian

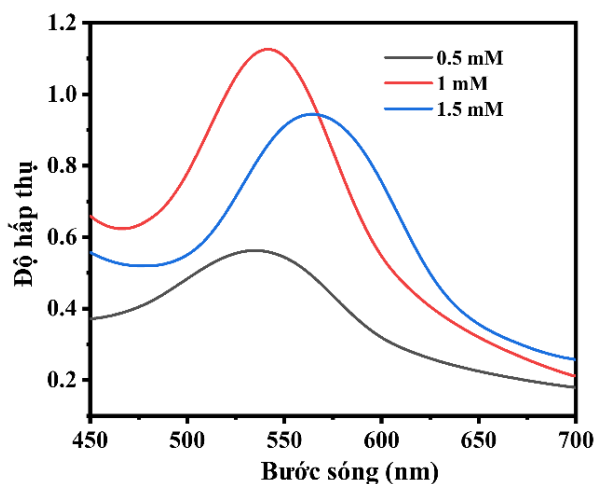
Ảnh hưởng của thời gian khử đến quá trình tổng hợp AuNPs/GL được khảo sát tại các thời gian khử khác nhau và giữ nguyên các điều kiện tổng hợp khác như: pH = 9; $C_{\text{HAuCl}_4} = 1\text{mM}$; nhiệt độ khử: 85°C . Phổ UV-Vis của các dung dịch nano vàng tại các thời gian khử khác nhau được trình bày trên Hình 3. Kết quả cho thấy, khi tăng thời gian khử thì cực đại hấp thụ tăng lên, chứng tỏ càng khử được nhiều ion Au^{3+} về vàng kim loại ở dạng nano. Tuy nhiên, cực đại hấp thụ tăng nhanh trong thời gian đầu của phản ứng nhưng trở nên chậm hơn sau khoảng thời gian 4 giờ và hầu như không thay đổi trong khoảng thời gian từ 6 đến 7 giờ, lúc này các ion Au^{3+} trong dung dịch đã bị khử hết. Điều này hoàn toàn phù hợp với quy luật tốc độ của phản ứng, tức là khi nồng độ ion Au^{3+} lớn thì tốc độ phản ứng khử lớn và làm tăng nhanh cực đại hấp thụ của dung dịch nano vàng và sẽ giảm khi nồng độ Au^{3+} giảm [30-31]. Từ kết quả khảo sát trên chúng tôi chọn thời gian khử là 7 giờ để khảo sát các yếu tố tiếp theo.



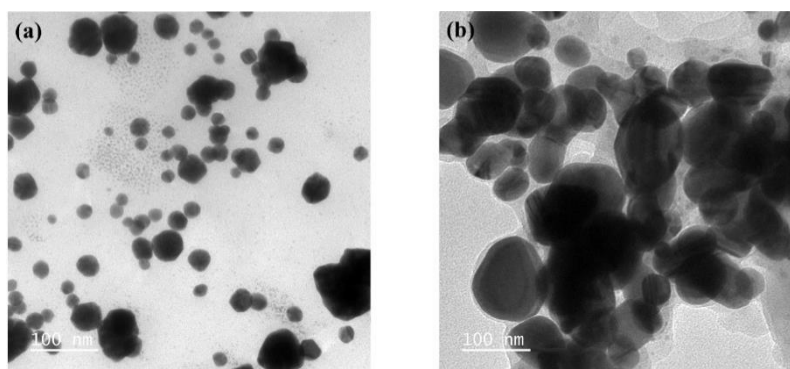
Hình 3. Phổ UV-Vis của dung dịch AuNPs/GL tại các thời gian khử khác nhau.

3.3. Ảnh hưởng của nồng độ acid chloroauric

Vật liệu AuNPs/GL được tổng hợp với nồng độ của acid chloroauric được thay đổi lần lượt là 0,5; 1; 1,5 mM với giá trị pH = 9, nhiệt độ khử được giữ cố định là 85°C và thời gian khử là 7 giờ. Kết quả phổ UV-Vis hình 4 cho thấy khi tăng nồng độ của ion Au^{3+} từ 0,5 mM đến 1 mM thì cường độ của các SPR peak tăng lên và có sự dịch chuyển bước sóng hấp thụ cực đại từ 537 nm đến 542 nm. Kết quả là dẫn đến nhiều nhiều kim loại vàng dạng nano được tạo thành và tăng hiệu suất của quá trình tổng hợp nano vàng. Mặt khác, khi tăng nồng độ ion vàng lên 1,5 mM thì xuất hiện sự dịch chuyển đỏ của bước sóng hấp thụ ($\lambda_{\text{max}} = 566 \text{ nm}$) và đồng thời peak cực đại hấp thụ càng tù hơn nên kích thước của các hạt nano vàng có xu hướng tăng lên. Kết quả này cũng phù hợp khi so sánh ảnh TEM của mẫu vật liệu nano vàng được tổng hợp với nồng độ ion Au^{3+} lần lượt là 1 mM và 1,5 mM (Hình 5). Kết quả ảnh TEM cho thấy mẫu nano vàng tại nồng độ 1 mM (Hình 5.a) có kích thước hạt nhỏ hơn và không bị hiện tượng kết tụ giữa các hạt so với mẫu vật liệu tại nồng độ 1,5 mM (Hình 5.b). Từ những kết quả trên, chúng tôi chọn nồng độ ion vàng tối ưu là 1 mM và sử dụng để khảo sát các yếu tố tiếp theo.



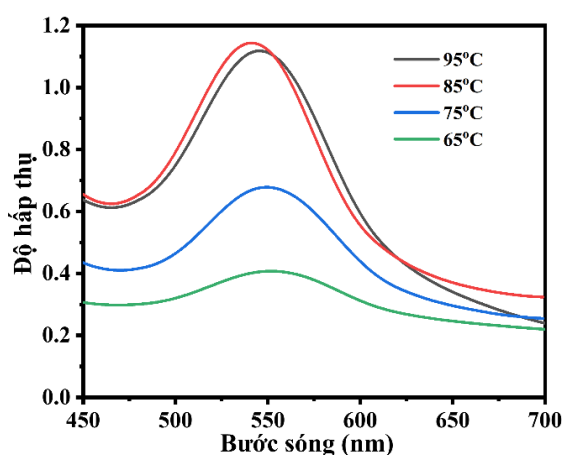
Hình 4. Phổ UV-Vis của dung dịch AuNPs/GL tại các nồng độ acid chloroauric khác nhau.



Hình 5. Ảnh TEM các mẫu vật liệu AuNPs/GL tại nồng độ acid chloroauric (a) 1 mM và (b) 1.5 mM.

3.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ phản ứng

Ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình tổng hợp AuNPs/GL được khảo sát từ 65°C đến 95°C trong điều kiện: pH = 9, $C_{\text{HAuCl}_4} = 1 \text{ mM}$, thời gian khử: 7 giờ. Kết quả phổ UV-Vis của dung dịch nano vàng tại các nhiệt độ khử khác được trình bày trong hình 6. Khi tăng nhiệt độ khử thì cực đại hấp thụ của dung dịch nano vàng cũng tăng theo và các peak hấp thụ cũng trở nên nhọn sắc nét hơn. Mặt khác, khi tăng nhiệt độ khử thì tốc độ khử ion Au^{3+} thành Au^0 tăng lên làm tăng hiệu suất của phản ứng khử và tốc độ quá trình tạo mầm nhanh hơn quá trình phát triển hạt nên các hạt nano vàng sẽ có kích thước nhỏ hơn và đồng đều hơn. Giữa hai nhiệt độ khử 85°C và 95°C không có sự khác nhau lớn về hình dạng peak cũng như cường độ hấp thụ nên nhiệt độ 85°C được chọn làm nhiệt độ tối ưu cho quá trình tổng hợp vật liệu.

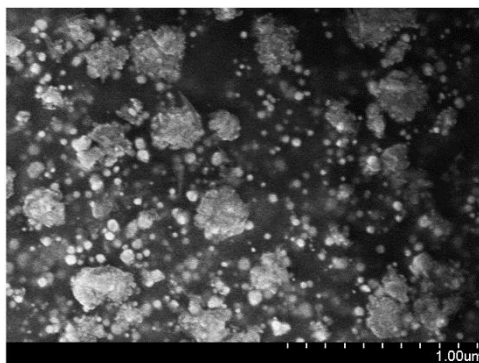


Hình 6. Phổ UV-Vis của dung dịch AuNPs/GL tại các nhiệt độ khử khác nhau.

Từ các kết quả khảo sát trên cho thấy, điều kiện tối ưu để tổng hợp AuNPs/GL: pH = 9; thời gian khử: 7 giờ; nồng độ acid chloroauric: 1 mM, nhiệt độ khử 85°C. Mẫu vật liệu AuNPs/GL tổng hợp trong điều kiện tối ưu sẽ được sử dụng để tiến hành các nghiên cứu về đặc trưng vật liệu.

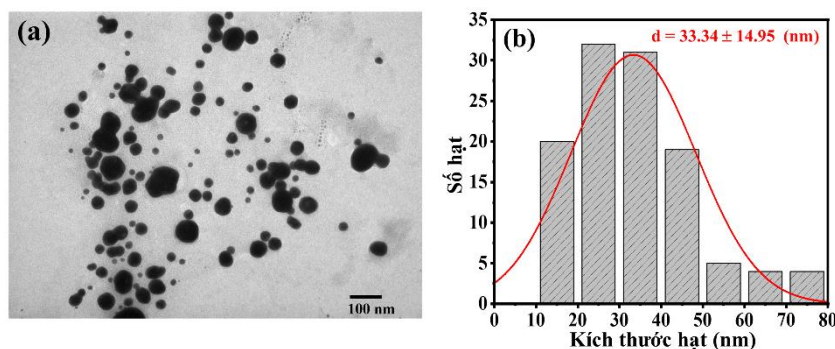
3.5. Đặc trưng của vật liệu nano vàng

Ảnh SEM của vật liệu AuNPs/GL (Hình 7) cho thấy, các hạt nano vàng có kích thước tương đối đồng đều và có dạng cầu.



Hình 7. Ảnh SEM vật liệu AuNPs/GL.

Ngoài ra, mẫu vật liệu AuNPs/GL được tiến hành chụp ảnh TEM để quan sát rõ hơn hình thái bên trong của vật liệu. Ảnh TEM và giản đồ phân bố kích thước hạt của vật liệu AuNPs/GL được trình bày trong Hình 8. Thông qua ảnh TEM (Hình 8.a) cho thấy vật liệu nano vàng có dạng cầu và các hạt không bị hiện tượng kết dính lại với nhau. Ngoài ra, kết hợp với phần mềm ImageJ, Origin 8.5.1, chúng tôi xây dựng được giản đồ phân bố kích thước hạt của mẫu vật liệu AuNPs/GL (Hình 8.b) và xác định được kích thước hạt trung bình là $33,34 \pm 14,95$ nm.

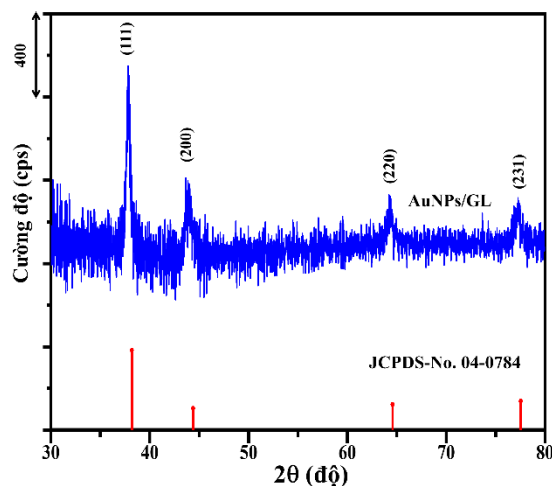


Hình 8. Ảnh TEM và giản đồ phân bố kích thước hạt của vật liệu AuNPs/GL.

Hình 9 trình bày giản đồ XRD của mẫu vật liệu AuNPs/GL. Có thể nhận thấy giản đồ nhiễu xạ tia X của mẫu vật liệu có 4 peak nhiễu xạ cường độ lớn, sắc nét và các peak này hoàn toàn trùng khớp với phổ chuẩn của vàng (JCPDS: 04-0784) tại các vị trí $37,7^\circ$; $43,9^\circ$; $64,2^\circ$ và $77,2^\circ$ tương ứng với các mặt (111); (200); (220) và (311) [32]. Ngoài ra, dựa vào kết quả XRD cũng xác định được kích thước tinh thể trung bình của mẫu vật liệu thông qua phương trình Sherrer [33] (1):

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

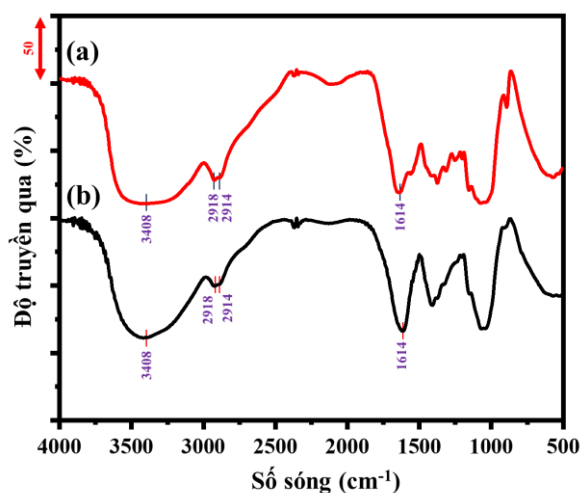
Trong đó, D là kích thước trung bình của các vi tinh thể (nm), $k=0,9$ là hằng số không có thứ nguyên, $\lambda = 0,15406$ nm là bước sóng của bức xạ tia X; β là chiều rộng nửa chiều cao của peak (FWWHM) (radians); θ là góc nhiễu xạ (radians). Kết quả cho thấy mẫu vật liệu AuNPs/GL có kích thước tinh thể trung bình là khoảng 18,656 nm.



Hình 9. Giản đồ XRD của vật liệu AuNPs/GL.

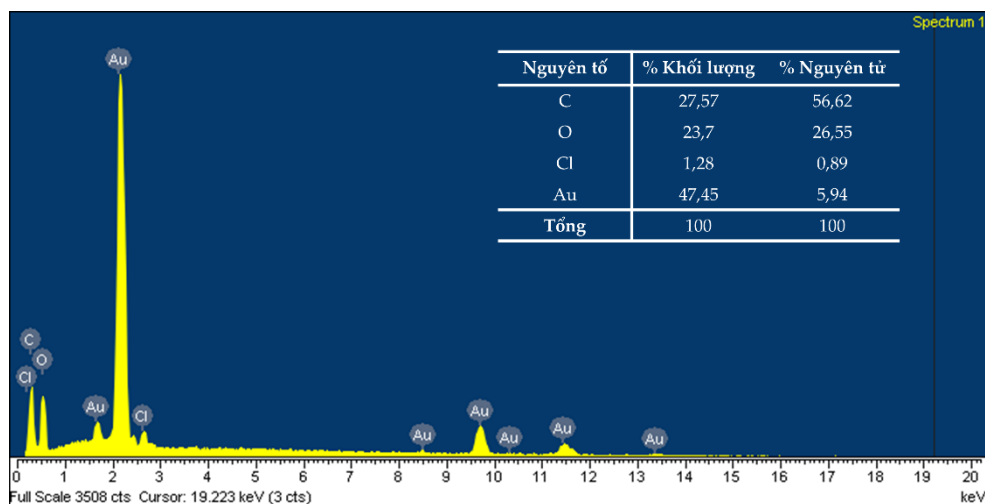
Hình 10 trình bày phổ IR của vật liệu AuNPs/GL và cao chiết nấm Linh chi. Đối với cao chiết nấm Linh chi (Hình 10.b), phổ IR xuất hiện các peak tại số sóng 3408 cm^{-1} tương ứng với dao động hóa trị của nhóm hydroxyl, peak tại số sóng 2914 và 1614 cm^{-1} đặc trưng lần lượt cho dao động hóa trị của các nhóm methyl và carbonyl [34]. Ngoài

ra, còn có peak tại số sóng 2918 cm^{-1} tương ứng với dao động hóa trị của nhóm C-N [34]. Phổ IR của mẫu vật liệu AuNPs/GL (Hình 10.a) cũng xuất hiện các peak tương tự với phổ IR của cao chiết nấm Linh chi. Do đó, có thể nhận thấy rằng trên bề mặt vật liệu AuNPs/GL có gắn các nhóm chức đặc trưng của cao chiết nấm Linh chi.



Hình 10. Phổ IR của (a) vật liệu AuNPs/GL và (b) cao chiết nấm Linh chi.

Thành phần vật liệu AuNPs/GL được xác định bằng phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX) (Hình 11). Các nguyên tố thành phần trong vật liệu AuNPs gồm C, O, Cl và Au lần lượt chiếm tỉ lệ tương ứng là 27,57; 23,7; 1,28 và 47,45% về khối lượng và phần trăm số nguyên tử tương ứng là 56,62; 26,55; 0,89; 5,94%.



Hình 11. Phổ EDX của vật liệu AuNPs/GL.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã khảo sát một số thông số như pH, thời gian khử, nồng độ acid chloroauric và nhiệt độ khử để tối ưu quá trình tổng hợp vật liệu nano vàng bằng phương pháp tổng hợp xanh sử dụng dịch chiết nấm Linh chi. Dịch chiết nấm Linh chi vừa đóng vai trò làm tác nhân khử và tác nhân bảo vệ. Ở điều kiện phản ứng tại pH = 9, thời gian 7 giờ, nồng độ acid chloroauric 1,5 mM và nhiệt độ khử 85 °C thu được vật liệu nano vàng có hình dạng cầu, kích thước đồng đều với kích thước hạt trung bình 33.34 ± 14.95 nm.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Y – Dược, Đại học Huế đã tài trợ cho đề tài Khoa học công nghệ cấp trường của Cán bộ năm 2021 với mã số 09/21.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Huang HJ, Yu CP, Chang HC, Chiu KP, Chen HM, et al. (2007). Plasmonic optical properties of a single gold nano-rod, *Opt. Express*, Vol. 15(12), pp. 7132–7139.
- [2]. Seoudi R, Said DA (2011). Studies on the effect of the capping materials on the spherical gold nanoparticles catalytic activity, *World J. Nano Sci. Eng*, Vol. 1(02), pp. 51-56.
- [3]. Himmelhaus M, Takei H (2000). Cap-shaped gold nanoparticles for an optical biosensor, *Sensors Actuators B Chem*, Vol. 63(1–2), pp. 24–30.
- [4]. Kannan P, John SA (2009). Determination of nanomolar uric and ascorbic acids using enlarged gold nanoparticles modified electrode, *Anal. Biochem*, Vol. 386(1), pp. 65–72.
- [5]. Gupta A, Moyano DF, Parnsubsakul A, Papadopoulos A, Wang L-S, et al. (2016). Ultrastable and biofunctionalizable gold nanoparticles, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, Vol. 8(22), pp. 14096–14101.
- [6]. Hainfeld JF, Slatkin DN, Focella TM, Smilowitz HM (2006). Gold nanoparticles: a new X-ray contrast agent, *Br. J. Radiol*, Vol. 79(939), pp. 248–253.
- [7]. Fan JH, Hung WI, Li WT, Yeh JM (2009). Biocompatibility study of gold nanoparticles to human cells, *13th Int. Conf. Biomed. Eng*, pp. 870–873.
- [8]. Homola J (2008). Surface plasmon resonance sensors for detection of chemical and biological species, *Chem. Rev*, Vol. 108(2), pp. 462–493.
- [9]. Anh NT, Van Phu D, Duy NN, Du BD, Hien NQ (2010). Synthesis of alginate stabilized gold nanoparticles by γ -irradiation with controllable size using different Au³⁺ concentration and seed particles enlargement, *Radiat. Phys. Chem*, Vol. 79(4), pp. 405–408.
- [10]. Turkevich J, Stevenson PC, Hillier J (1951). A study of the nucleation and growth processes in the synthesis of colloidal gold, *Discuss. Faraday Soc*, Vol. 11, pp. 55–75.
- [11]. Shankar SS, Ahmad A, Pasricha R, Sastry M (2003). Bioreduction of chloroaurate ions by

- geranium leaves and its endophytic fungus yields gold nanoparticles of different shapes, *J. Mater. Chem*, Vol. 13(7), pp. 1822–1826.
- [12]. Ma H, Yin B, Wang S, Jiao Y, Pan W, et al. (2004). Synthesis of silver and gold nanoparticles by a novel electrochemical method, *ChemPhysChem*, Vol. 5(1), pp. 68–75.
- [13]. Dong S-A, Zhou S-P (2007). Photochemical synthesis of colloidal gold nanoparticles, *Mater. Sci. Eng. B*, Vol. 140(3), pp. 153–159.
- [14]. Kunoh T, Takeda M, Matsumoto S, Suzuki I, Takano M, et al. (2018). Green synthesis of gold nanoparticles coupled with nucleic acid oxidation, *ACS Sustain. Chem. Eng.*, Vol. 6(1), pp.364-373.
- [15]. Rajeshkumar S, Malarkodi C, Vanaja M, Gnanajobitha G, Paulkumar K, et al. (2013). Antibacterial activity of algae mediated synthesis of gold nanoparticles from *Turbinaria conoides*, *Der Pharma Chem*, Vol. 5(2), pp. 224–229
- [16]. Raveendran P, Fu J, Wallen SL (2006). A simple and “green” method for the synthesis of Au, Ag, and Au–Ag alloy nanoparticles, *Green Chem*, Vol. 8(1), pp. 34–38.
- [17]. Lee KX, Shameli K, Yew YP, Teow S-Y, Jahangirian H, et al. (2020). Recent developments in the facile bio-synthesis of gold nanoparticles (AuNPs) and their biomedical applications *Int. J. Nanomedicine*, Vol. 15, pp. 275-300.
- [18]. Kumar DSRS, Senthilkumar P, Surendran L, Sudhagar B (2017). Ganoderma Lucidum-oriental mushroom mediated synthesis of gold nanoparticles conjugated with doxorubicin and evaluation of its anticancer potential on human breast cancer MCF-7/dox, *Cells Int. J. Pharm. Pharm. Sci*, Vol. 9(9), pp. 267-274.
- [19]. Benkeblia N (2015). Ganoderma lucidum polysaccharides and Terpenoids: profile and health benefits, *J Food Nutr Diet*, Vol. 1, pp. 1–6.
- [20]. Tasaka K, Mio M, Izushi K, Akagi M, Makino T (1988). Anti-allergic constituents in the culture medium of Ganoderma lucidum. (II) The inhibitory effect of cyclooctasulfur on histamine release, *Agents Actions*, Vol. 23(3–4), pp. 157–160
- [21]. Joseph S, Sabulal B, George V, Antony K, Janardhanan K (2011). Antitumor and anti-inflammatory activities of polysaccharides isolated from Ganoderma lucidum, *Acta Pharm*, Vol. 61(3), pp. 335–3142.
- [22]. Eo S-KK, Kim Y-SS, Lee C-KK, Han S-SS (1999). Antiviral activities of various water and methanol soluble substances isolated from Ganoderma lucidum *J. Ethnopharmacol.*, Vol. 68(1–3), pp. 129–136.
- [23]. Kao C, Jesuthasan AC, Bishop KS, Glucina MP, Ferguson LR (2013). Anti-cancer activities of Ganoderma lucidum: active ingredients and pathways, *Funct. Foods Heal. Dis*, Vol. 3(2), pp. 48–65.
- [24]. Ma H-T, Hsieh J-F, Chen S-T (2015). Anti-diabetic effects of Ganoderma lucidum , *Phytochemistry*, Vol. 114, pp. 109–113.
- [25]. Pan K, Jiang Q, Liu G, Miao X, Zhong D (2013). Optimization extraction of Ganoderma lucidum polysaccharides and its immunity and antioxidant activities, *Int. J. Biol. Macromol*, Vol. 55, pp. 301–306.
- [26]. Loganathan J, Jiang J, Smith A, Jedinak A, Thyagarajan-Sahu A, et al. (2014). The

- mushroom *Ganoderma lucidum* suppresses breast-to-lung cancer metastasis through the inhibition of pro-invasive genes, *Int. J. Oncol*, Vol. 44(6), pp. 2009–2015
- [27]. Bishop KS, Kao CHJ, Xu Y, Glucina MP, Paterson RRM, Ferguson LR (2015). From 2000 years of *Ganoderma lucidum* to recent developments in nutraceuticals, *Phytochemistry*, Vol. 114, pp. 56–65.
- [28]. Gao Y, Tang W, Dai X, Gao H, Chen G, et al. (2005). Effects of water-soluble *Ganoderma lucidum* polysaccharides on the immune functions of patients with advanced lung cancer, *J. Med. Food*, Vol. 8(2), pp. 159–168.
- [29]. Singh AK, Srivastava ON (2015). One-step green synthesis of gold nanoparticles using black cardamom and effect of pH on its synthesis, *Nanoscale Res. Lett*, Vol. 10(1), pp. 1–12.
- [30]. Ahmad T, Irfan M, Bustam MA, Bhattacharjee S (2016). Effect of reaction time on green synthesis of gold nanoparticles by using aqueous extract of *Elaise guineensis* (oil palm leaves), *Procedia Eng*, Vol. 148, pp. 467–472.
- [31]. Ahmed S, Ikram S (2016). Biosynthesis of gold nanoparticles: a green approach *J. Photochem. Photobiol. B Biol*, Vol. 161, pp. 141–53
- [32]. Aromal SA, Babu KVD, Philip D (2012). Characterization and catalytic activity of gold nanoparticles synthesized using ayurvedic arishtams, *Spectrochim. Acta Part A Mol. Biomol. Spectrosc*, Vol. 96, pp. 1025–1030.
- [33]. Kroon RE (2013). Nanoscience and the Scherrer equation versus the 'Scherrer-Gottingen equation', *S. Afr. J. Sci.*, Vol. 109(5), pp. 1–2.
- [34]. Ibrahim M, Alaam M, El-Haes H, Jalbout AF, Leon A de, De Leon A (2006). Analysis of the structure and vibrational spectra of glucose and fructose, *Eclat. Quim*, Vol. 31(3), pp. 15–21.

**FACTORS AFFECTING SYNTHESIS GOLD NANOPARTICLES USING
FACTORS AFFECTING SYNTHESIS OF GOLD NANOPARTICLES USING
GANODERMA LUCIDUM EXTRACT**

**Nguyen Vinh Phu^{1,2*}, Le Thi Kim Dung¹, Nguyen Quang Man¹,
Do Quang Tam¹, Tran Thai Hoa²**

¹Faculty of Basic Sciences, University of Medicine and Pharmacy, Hue University

²Faculty of Chemistry, University of Sciences, University for Sciences, Hue University

*Email: nvphu@huemed-univ.edu.vn

ABSTRACT

In this study, gold nanoparticles (AuNPs) were synthesized by “green method” using the aqueous extraction of *Ganoderma lucidum* as an effect of both protective and reducing agents . The optimum conditions of various experimental parameters such as pH, reaction time, concentration of chloroauric acid, and temperature were investigated. The morphology, structure, and component of the obtained AuNPs were characterized by UV-Vis spectroscopy, energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX), scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM), fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) and X-ray diffraction (XRD).

Keywords: *Ganoderma lucidum*, gold nanoparticles, green method.



Nguyễn Quang Mẫn sinh năm 1987. Ông tốt nghiệp Thạc sỹ Hóa học, chuyên ngành Hóa Hữu Cơ năm 2012 tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Ông hiện là giảng viên của Khoa Cơ bản, trường Đại học Y Dược, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Tổng hợp vật liệu và ứng dụng xúc tác, tách và ứng dụng hợp chất thiên nhiên, phân tích các hợp chất hữu cơ.



Lê Thị Kim Dung sinh ngày 08/11/1984. Bà tốt nghiệp đại học năm 2008 ngành Hóa Phân tích tại Trường Đại học quốc gia V.N. Karazin Kharkiv, Ucraina. Năm 2009, bà tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Hóa Phân tích tại Trường Đại học quốc gia V.N. Karazin Kharkiv, Ucraina. Hiện tại, bà đang công tác tại Khoa Cơ bản, Trường Đại học Y Dược, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Phân tích kim loại độc trong nước



Đỗ Quang Tâm sinh ngày 30/03/1995. Ông nhận bằng Cử nhân Sư phạm Vật lý năm 2017 nhận bằng Thạc sĩ Vật lý lý thuyết và Vật lý Toán năm 2020 tại Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế. Hiện tại, ông đang công tác tại Khoa Cơ bản, Trường Đại học Y-Dược, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Vật lý hạt nhân và vật lý chất rắn.



Trần Thái Hòa sinh ngày 27 tháng 12 năm 1955, tại Hà Tĩnh. Ông tốt nghiệp cử nhân Hóa học tại Trường Đại Tổng hợp Hà Nội năm 1977 và tốt nghiệp Tiến sĩ ngành Hóa học năm 2001 tại Trường ĐHKHTN – ĐHQG Hà Nội. Ông được phong học hàm Phó giáo sư năm 2005 và Giáo sư năm 2013. Ông giảng dạy tại Khoa Hóa học, trường Đại học Tổng hợp Huế (nay là trường Đại học Khoa học, Đại học Huế) từ năm 1978 đến nay.

Lĩnh vực nghiên cứu: Vật liệu nano, Các hợp chất Polysaccharide, Hóa học tính toán.



Nguyễn Vĩnh Phú sinh năm 1996. Ông tốt nghiệp cử nhân Hóa học tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện đang theo học chương trình thạc sĩ chuyên ngành Hóa lý thuyết và Hóa lý tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện nay, ông công tác tại trường Khoa Cơ bản, trường Đại học Y Dược, Đại học Huế

Lĩnh vực nghiên cứu: Vật liệu nano

