



TỔNG HỢP VÀNG NANO DÙNG dextran LÀM CHẤT KHỬ VÀ CHẤT ỔN ĐỊNH

Phan Hà Nữ Diễm^{1,2,*}, Trần Thái Hòa², Trần Thúc Bình²

¹Trường Đại học Đồng Nai, 4 Lê Quý Đôn, Thành phố Biên Hòa, Đồng Nai.

²Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế, 77 Nguyễn Huệ, Thành phố Huế

Tóm tắt. Hạt nano vàng (AuNP) hình cầu, có kích thước khoảng 6-15 nm được tổng hợp bằng phương pháp khử hóa học, với dextran vừa là chất khử, vừa là chất ổn định. Máy khuấy từ được dùng để trộn hỗn hợp dung dịch axit tetrachloroauric và dextran ở nhiệt độ phòng. Ảnh hưởng của thời gian khử, nồng độ Au³⁺ và nồng độ dextran đến kích thước của AuNP đã được khảo sát. Vi cấu trúc của AuNP được đặc trưng bởi phổ UV-Vis, phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) và kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM). Kết quả cho thấy, AuNP có kích thước nhỏ, độ đồng nhất cao được tổng hợp ở nhiệt độ phòng, nồng độ Au³⁺ là 0,50 mM, dextran là 1,00 % và pH = 12. Khi dung dịch Au³⁺ ở nồng độ thấp, sản phẩm là AuNP có kích thước nhỏ nhưng ngược lại, khi dextran ở nồng độ thấp, sản phẩm thu được là AuNP có kích thước lớn. Bột AuNP thu được bằng phương pháp sấy phun. Độ tinh khiết của bột AuNP được kiểm tra bằng phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX). AuNP dạng dung dịch hoặc dạng bột được ổn định bởi dextran - chất tương thích sinh học, đã có nhiều ứng dụng tiềm năng trong y sinh học và dược phẩm.

Từ khóa: Hạt nano vàng, Dextran, Phương pháp hóa học

1 Đặt vấn đề

Ở dạng khối, vàng là một kim loại quý, tro về mặt hóa học nhưng là một trong những chất dẫn điện tốt, nhờ những đặc tính này mà vàng được sử dụng trong suốt chiều dài lịch sử nhân loại như trang sức, dùng trong nha khoa, điện tử. Tuy nhiên, ở kích thước nano, vàng đã thu hút sự quan tâm của các nhà khoa học bởi chúng được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như: xúc tác [8], cảm biến sinh - hóa [2], kháng khuẩn [4], điện hóa [11], tăng cường bề mặt phổ Raman [15], điều trị ung thư và truyền thuốc [2]. Đặc biệt, sự kết hợp giữa AuNP với aptamer cho những lợi thế trong phát hiện tế bào ung thư bằng phương pháp phân tích màu [14].

Dextran là polysaccharic gồm nhiều monome glucose kết hợp lại với nhau bằng các liên kết ưu tiên ở 1,6- α -D-glucopyranosyl. Hàng năm, trên thế giới đã sản xuất khoảng 500 tấn dextran [3]. Đặc biệt, dextran dễ tan trong nước và là chất có độ ổn định rất tốt đối với các chất điện phân, có phạm vi sử dụng rộng trong thực phẩm, các lĩnh vực liên quan đến y tế, và các chức năng sinh học [1]. Những ứng dụng trong lĩnh vực y-sinh học thì hạt nano kim loại hòa

* Liên hệ: phannudiem@gmail.com

tan trong dung môi nước là rất cần thiết [18]. Vì vậy, dextran ổn định dung dịch AuNP hứa hẹn sẽ sử dụng để tiêm vào tĩnh mạch [10], điều trị ung thư [8,19].

Có nhiều phương pháp khác nhau để tổng hợp vàng nano như phương pháp chiếu xạ [6], phương pháp khử hóa học [10], phương pháp phát triển mầm [5]... Mỗi phương pháp tạo ra hình thái khác nhau như hình cầu [6, 10], thanh [8], hình lá cây [16], hình nhánh [6]. Trong số các tổng hợp này, bên cạnh việc sử dụng thiết bị công nghệ cao, dùng tia γ làm tác nhân khử [5]. Hầu hết các phương pháp đều sử dụng các dung môi hữu cơ và các tác nhân khử độc hại như natri borohydride. Điều này ảnh hưởng không nhỏ đến môi trường. Để khắc phục hạn chế này, chúng tôi tổng hợp AuNP bằng phương pháp khử hóa học, sử dụng dextran vừa là chất khử vừa là chất bảo vệ, không độc hại trong cả ba yếu tố dung môi, chất khử và chất ổn định.

2 Thực nghiệm

2.1 Hóa chất và thiết bị

Hydrogen tetrachloroaurate trihydrate ($\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), NaOH được mua từ Merck, Đức. Dextran (MW 60,000–90,000) được mua từ Himedia, Ấn Độ. Các chất được hòa tan riêng biệt bằng nước cất 2 lần ở nhiệt độ phòng. Nước cất 2 lần được dùng trong suốt quá trình thí nghiệm.

Chúng tôi theo dõi tiến trình của phản ứng tạo AuNP dựa vào đường phổ UV-Vis. Phổ hấp thụ UV-Vis được thực hiện bởi máy quang phổ UV-Vis, V-630 (Jasco, Nhật Bản) và các vi cấu trúc của AuNP được kiểm tra bởi kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) (JEOL-3432, Nhật Bản). Phổ EDX được sử dụng để xác định thành phần nguyên tố của AuNP, được đo trên máy JEOL-6490-JED-2000.

2.2 Tổng hợp nano Au hình cầu (AuNPs)

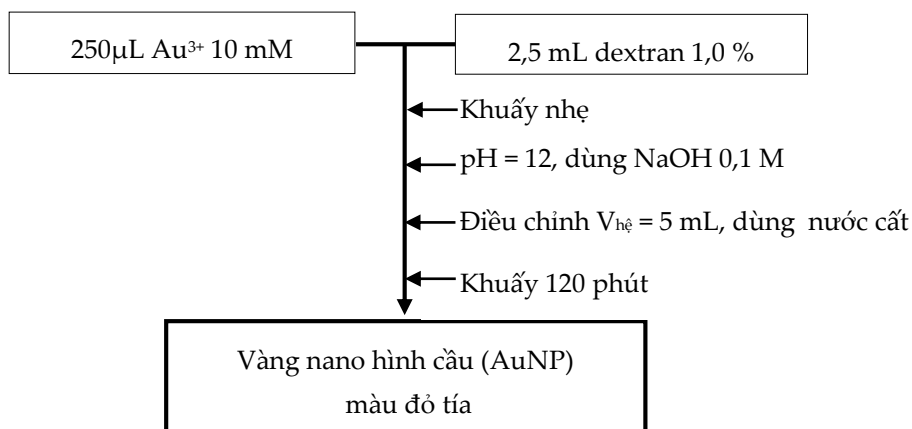
Quá trình tổng hợp AuNP có cải biến nhẹ trên tài liệu khoa học số [2]. Cho $250\mu\text{L}$ dung dịch Au^{3+} 10 mM vào cốc thủy tinh chứa 2,5 mL dung dịch dextran 1,0 %, khuấy nhẹ. Sau đó, dùng NaOH 0,1 M để điều chỉnh dung dịch hỗn hợp có pH = 12. Cuối cùng, điều chỉnh thể tích của hệ lên 5 mL bằng nước cất, tiếp tục khuấy trong 30 phút. Dung dịch từ màu phớt vàng của ion Au^{3+} dần dần chuyển sang màu đỏ tía, màu đặc trưng của hạt nano Au hình cầu. Tiếp tục khuấy trong 2 giờ.

Khảo sát ảnh hưởng của thời gian phản ứng được thực hiện như sau: Quy trình tổng hợp AuNP được thực hiện như trình bày trên hình 1. Các giá trị nồng độ Au^{3+} , dextran và pH lần lượt là 0,50 mM; 1,00% và 12. Ở đây, chúng tôi theo dõi ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến tính chất của bạc nano bằng cách lấy mẫu từ dung dịch sau các thời gian phản ứng là 15

phút, 30 phút, 1h, 2h, 4h, 8h, 24h và 28h. Tiến hành đo UV-Vis. Ký hiệu các mẫu AuNP ứng với các thời gian khử khác nhau được trình bày ở bảng 1.

Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ dextran được thực hiện như sau: Quy trình tổng hợp AuNP được thực hiện như trên hình 1. Ở đây, chúng tôi thay đổi nồng độ dextran trong dung dịch lần lượt là 0,25; 0,5; 1,0 và 2,0%. Nồng độ Au^{3+} và pH được cố định là 1 mM và 12. Ký hiệu các mẫu AuNP ứng với các nồng độ dextran khác nhau được trình bày trên bảng 2.

Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ Au^{3+} được thực hiện như sau: nồng độ Au^{3+} trong dung dịch được thay đổi lần lượt là 0,125; 0,25; 0,50 và 1,00 mM. Nồng độ dextran và pH được cố định là 1 mM và 12. Ký hiệu các mẫu AuNP ứng với các nồng độ Au^{3+} khác nhau được trình bày trên bảng 3.



Hình 1. Quy trình tổng hợp AuNP

Bảng 1. Ký hiệu các mẫu AuNP tại các thời gian phản ứng khác nhau

STT	Tên mẫu	$t_{\text{phản ứng}}$ (giờ)	$[\text{Au}^{3+}]$, mM	C%/(dextran)	pH
1	AuNP - 0,25	0,25	1	1	12
2	AuNP - 0,50	0,5	1	1	12
3	AuNP - 1,00	1	1	1	12
4	AuNP - 2,00	2	1	1	12
5	AuNP - 4,00	4	1	1	12
6	AuNP - 8,00	8	1	1	12
7	AuNP - 24,0	28	1	1	12
8	AuNP - 48,0	48	1	1	12

Bảng 2. Ký hiệu các mẫu AuNP tại các nồng độ dextran khác nhau

STT	Tên mẫu	C%/(dextran)	$t_{\text{phản ứng}}$ (giờ)	$[\text{Au}^{3+}]$, mM	pH
1	AuNP - dex 0,25	0,25	2	1	12
2	AuNP - dex 0,50	0,50	2	1	12

STT	Tên mẫu	C%(dextran)	t _{phản ứng} (giờ)	[Au ³⁺], mM	pH
3	AuNP – dex 1,00	1,00	2	1	12
4	AuNP – dex 2,00	2,00	2	1	12

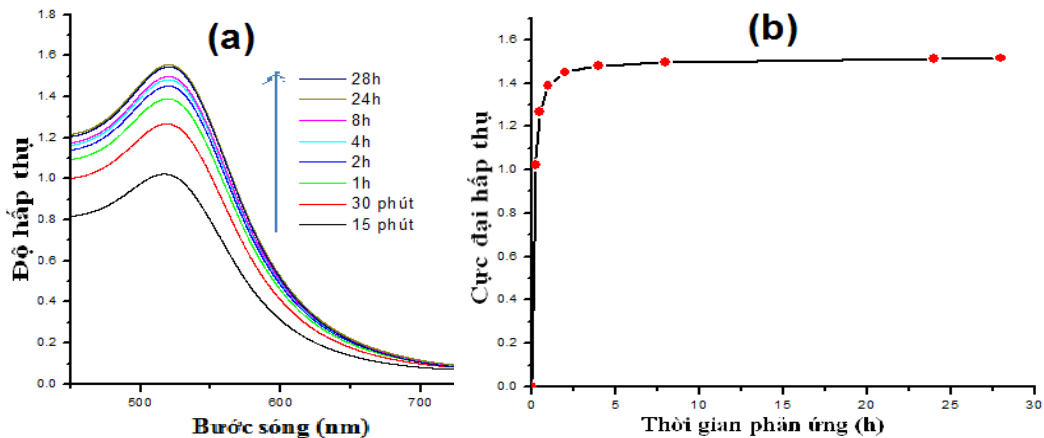
Bảng 3. Ký hiệu các mẫu AuNP tại các nồng độ Au³⁺ khác nhau

STT	Tên mẫu	[Au ³⁺], mM	t _{phản ứng} (giờ)	C%(dextran)	pH
1	AuNP – Au 0,125	0,125	2	1	12
2	AuNP – Au 0,25	0,25	2	1	12
3	AuNP – Au 0,50	0,50	2	1	12
4	AuNP – Au 1,00	1,00	2	1	12

3 Kết quả và thảo luận

3.1 Ảnh hưởng của thời gian phản ứng

Đối với các hợp chất hữu cơ, hầu hết phản ứng diễn ra đều chậm. Lành và các cộng sự [11], tổng hợp AuNP đã sử dụng chitosan vừa là chất khử vừa là chất bảo vệ, quá trình phản ứng đã diễn ra trong suốt 8 giờ. Ở bài báo này, chúng tôi sử dụng dextran để điều chế AuNP ở nhiệt độ phòng trong môi trường pH = 12, nồng độ Au³⁺ và dextran lần lượt là 0,50 mM và 1,0 %. Để theo dõi quá trình phản ứng, chúng tôi tiến hành đo phổ UV-Vis sau những khoảng thời gian khác nhau: 15 phút, 30 phút, 1h, 2h, 4h, 8h, 24h và 28h (hình 2). Kết quả cho thấy, khi thời gian phản ứng tăng, cực đại hấp thụ tăng dần. Tuy nhiên, sau 2h, cực đại hấp thụ của AuNP hầu như không thay đổi. Kết quả này cho biết, nồng độ ion Au³⁺ còn lại trong dung dịch là không đáng kể. Độ hấp thụ tăng nhẹ là do sự bay hơi của nước. Do đó, chúng tôi chọn thời gian phản ứng là 2h để khảo sát các yếu tố còn lại.

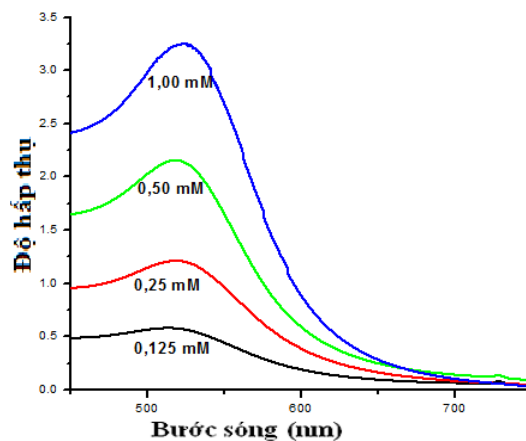


Hình 2. Phổ UV-Vis (a) và giản đồ biểu diễn cực đại hấp thụ (b) của dung dịch AuNP/dextran tại các khoảng thời gian khử khác nhau.

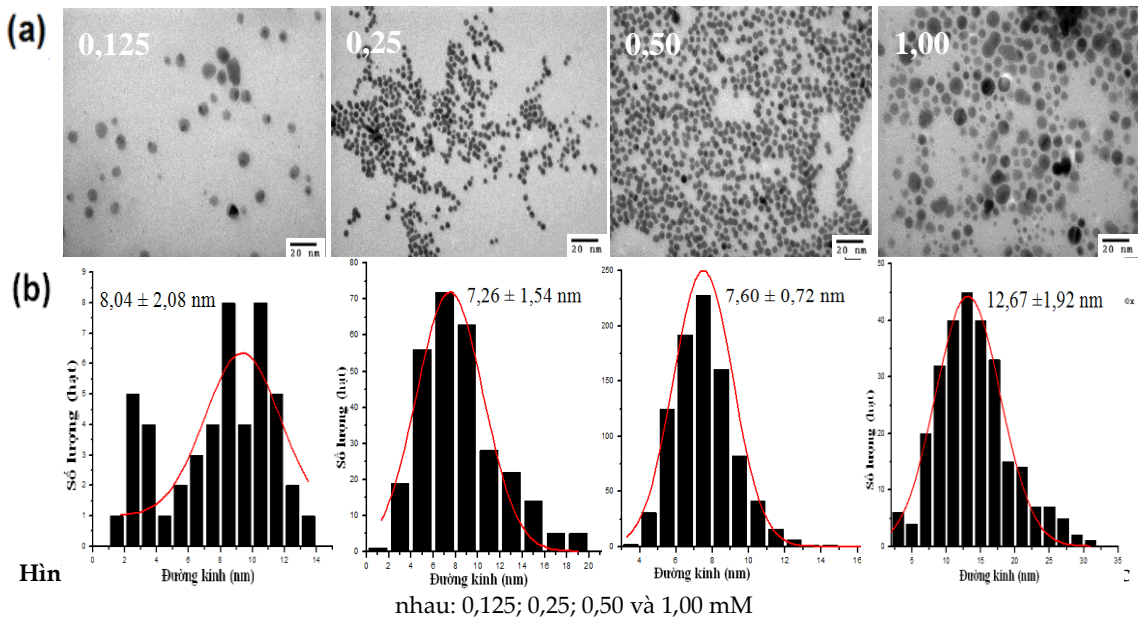
3.2 Ảnh hưởng của nồng độ Au^{3+}

Trong phần này, AuNP được tổng hợp từ những nồng độ ion Au^{3+} khác nhau: 0,125; 0,25; 0,50 và 1,00 mM, trong khi đó, cố định nồng độ dextran là 1,00 %, pH = 12, phản ứng được tiến hành ở nhiệt độ phòng trong thời gian 2 giờ. Phổ UV-Vis (hình 3) cho thấy, mỗi dung dịch chỉ cho một cực đại hấp thụ (A_{\max}) ứng với bước sóng (λ_{\max}), giá trị λ_{\max} dao động từ 514; 516,5; 516 và 516,5 nm tương ứng với nồng độ của ion Au^{3+} là 0,125; 0,25; 0,50 và 1,00 mM. Tuy nhiên, khi nồng độ ion Au^{3+} tăng gấp đôi, cường độ hấp thụ tương ứng tăng đáng kể đồng thời pic trở nên nhọn hơn đối với các mẫu có nồng độ Au^{3+} cao.

Theo ảnh TEM và giản đồ phân bố kích thước hạt của các AuNP ứng với các nồng độ Au^{3+} khác nhau (hình 4), khi nồng độ Au^{3+} tăng lần lượt từ 0,125 đến 1,00 mM, AuNP tạo ra đều có dạng hình cầu. Vì vậy, đường phổ UV-Vis (hình 3) cho một cực đại hấp thụ, phù hợp ghi nhận của Bankura và các cộng sự [2]. Tuy nhiên, kích thước trung bình của các AuNP không bằng nhau. Ở nồng độ 0,5 mM, các AuNP cho độ đồng nhất cao và kích thước và hình thái (bảng 4). Hình 4 thể hiện ảnh TEM và biểu đồ phân bố kích thước của AuNP ở những nồng độ Au^{3+} khác nhau, kích thước AuNP tăng theo nồng độ Au^{3+} , khi nồng độ Au^{3+} quá thấp hay quá cao đều cho sản phẩm không đồng nhất về kích thước. AuNPs có kích thước 8,04; 7,26; 7,60 và 12,67 nm tương ứng với nồng độ Au^{3+} là 0,125; 0,25; 0,50 và 1,00 mM (bảng 4), điều này phù hợp với các nghiên cứu đã được công bố trước đây, Li và các cộng sự [12] tổng hợp nano Ag và Au bằng phương pháp chiếu xạ, sử dụng poly (N-vinyl pyrrolidone) làm tác nhân ổn định. Hien và các cộng sự sử dụng hyaluronan làm chất ổn định cho AuNP [7] và Lanh cùng các đồng tác giả [11], sử dụng chitosan vừa là chất khử vừa là chất ổn định AuNP. Các nhà khoa học trên cho rằng, kích thước của AuNP tăng khi nồng độ Au^{3+} tăng, có thể là do sự phát triển của clusters và sự kết tụ giữa các AuNPs khi tỷ lệ giữa chất bảo vệ và nồng độ Au^{3+} không cao.



Hình 3. Phổ UV-Vis của các dung dịch AuNP/dextran khi nồng độ Au^{3+} khác nhau



Bảng 4. Thông tin của AuNP khi sử dụng nồng độ Au^{3+} khác nhau

Ký hiệu mẫu	$[\text{Au}^{3+}]$ (mM)	λ_{max} (nm)	A_{max}	d (nm)
AuNP – 0,125	0,125	514,0	0,58	$8,04 \pm 2,08$ nm
AuNP – 0,25	0,25	516,5	1,21	$7,26 \pm 1,54$ nm
AuNP – 0,50	0,50	516,0	2,15	$7,60 \pm 0,72$ nm
AuNP – 1,00	1,00	516,5	3,22	$12,67 \pm 1,92$ nm

Phổ UV –Vis (hình 3) cho thấy, nồng độ Au^{3+} tại 0,125 mM có đỉnh hấp thụ là tù nhất nên kích thước của các AuNP không đồng nhất (hình 4). Ở nồng độ 0,50 mM, cường độ hấp thụ của dung dịch AuNP tăng đáng kể đồng thời đỉnh trở nên nhọn hơn. Nghĩa là, AuNP tạo ra nhiều hơn, kích thước và hình thái của hạt có độ đồng nhất cao, độ ổn định tốt, sản phẩm là đơn phân tán. Phù hợp với nghiên cứu của Mao và cộng sự [13], Rogach và cộng sự [16], Wang và các cộng sự [18]. Tại nồng độ $\text{Au}^{3+} = 1$ mM, tuy phổ UV-Vis cho đỉnh hấp thụ cao và nhọn nhưng các AuNP đã bị kết tụ trong thời gian gửi đo TEM nghĩa là dung dịch cho độ ổn định thấp, hệ kém bền. Vì vậy, chúng tôi chọn nồng độ dung dịch Au^{3+} là 0,50 mM để khảo sát các yếu tố còn lại.

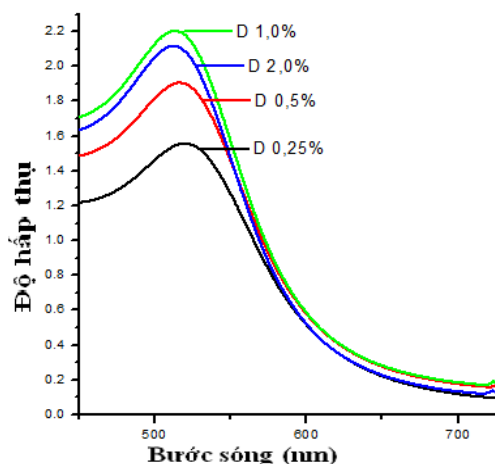
3.3 Ảnh hưởng của nồng độ dextran

Dextran có khả năng ổn định tốt AuNPs vì chuỗi dextran chứa các nhóm –OH và –COR, chúng bảo vệ AuNPs qua hiệu ứng tĩnh điện và phân bố nguyên tử trong cấu trúc [8]. Đồng thời, dextran hoạt động như chất khử gốc tự do thông qua quá trình tách hydro bằng cách giải

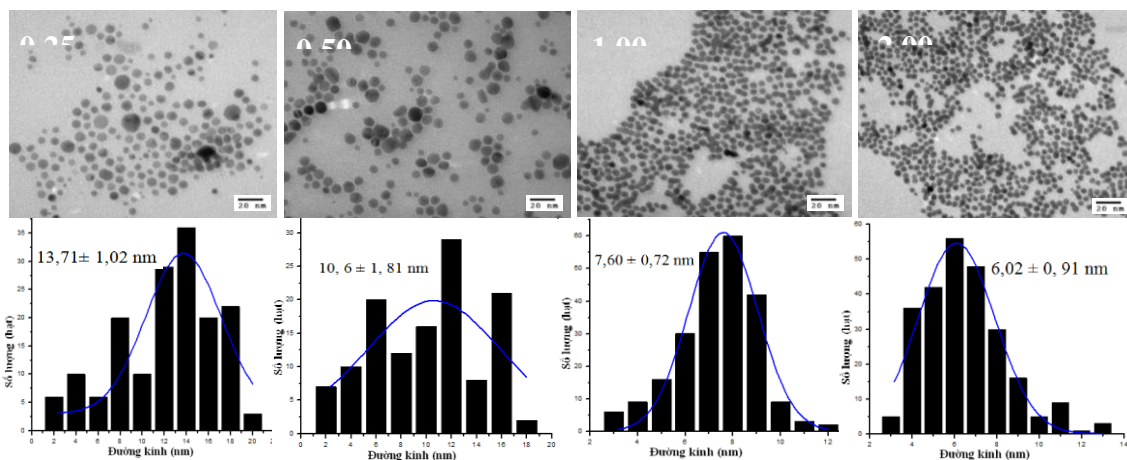
phóng $\cdot\text{H}$ và $\cdot\text{OH}$ [5] nên không cần thiết phải thêm ankanol vào để khử $\cdot\text{OH}$ như trường hợp $\text{Au}^{3+}/\text{PVP}$ [12].

Ở thí nghiệm này, nồng độ Au^{3+} được giữ không đổi ở 0,50 mM, pH của hệ được điều chỉnh đến 12. Trong khi đó, nồng độ dextran được thay đổi: 0,25; 0,5; 1,0 và 2,0 % ở nhiệt độ phòng trong thời gian phản ứng là 2 giờ.

Phổ UV-Vis (hình 5) và các thông tin về mẫu (bảng 5) cho thấy, λ_{max} của AuNP khi sử dụng nồng độ dextran khác nhau 0,25; 0,50; 1,0 và 2,0% lần lượt là 521,5; 519,5; 518,0 và 516,5 nm. Theo kết quả thực nghiệm, khi tăng nồng độ dextran thì λ_{max} chuyển dần về vùng có bước sóng ngắn hơn và cực đại hấp thụ tăng dần. Theo chúng tôi, khi tăng dần nồng độ dextran, AuNP trong hệ keo tạo ra nhiều hơn nên cực đại hấp thụ tăng dần. Tuy nhiên, AuNP có kích thước trung bình giảm dần (hình 6).



Hình 5. Phổ UV-Vis của các dung dịch AuNP/dextran khi nồng độ dextran khác nhau.



Hình 6. Ảnh TEM và giản đồ phân bố kích thước của các AuNP tại các nồng độ dextran (C%) khác nhau

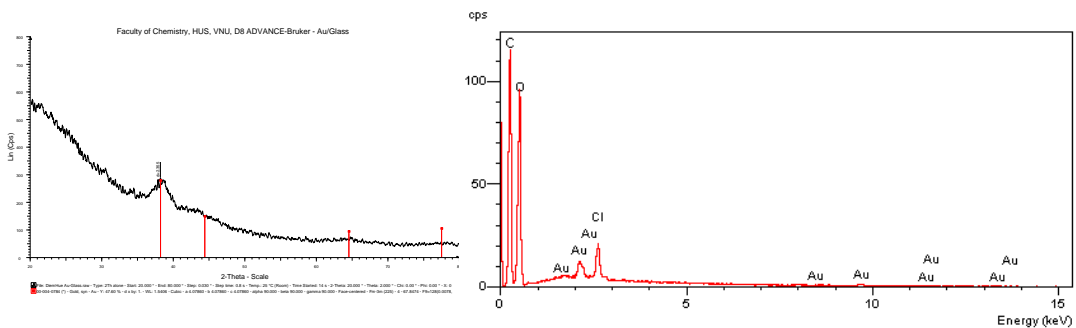
Bảng 5. Thông tin của AuNP khi sử dụng nồng độ dextran khác nhau

Ký hiệu mẫu	C%(Dextran)	λ_{\max} (nm)	A_{\max}	d (nm)
AuNSs – D 0,25	0,25	521,5	1,55	13,71 ± 1,02
AuNSs – D 0,50	0,50	519,5	1,90	10,60 ± 1,81
AuNSs – D 1,00	1,00	518,0	2,19	7,60 ± 0,72
AuNSs – D 2,00	2,00	516,5	2,11	6,02 ± 0,91

Khi tăng nồng độ dextran nghĩa là nồng độ chất khử đồng thời là nồng độ chất ổn định trong dung dịch tăng nên các hạt nano được bảo vệ tốt hơn. Dextran ở nồng độ 1,00% cho hệ keo cho cực đại hấp thụ là cao nhất và là hệ đơn phân tán. Ảnh TEM (hình 6 và bảng 5) thể hiện kích thước trung bình của AuNP giảm dần với sự giảm dần của λ_{\max} khi nồng độ dextran tăng. Các kích thước trung bình của AuNP là 13,71; 10,60; 7,60 và 6,02 nm tương ứng với nồng độ dextran tại 0,25; 0,5; 1,0 và 2,0%. Theo chúng tôi, dextran vừa là chất khử, vừa là chất bảo vệ nên khi nồng độ dextran tăng, AuNP được bảo vệ tốt hơn, giảm được sự kết tụ giữa các hạt nano. Vậy ở một nồng độ dextran tối ưu, dung dịch keo AuNP cho kích thước đồng nhất, hệ là đơn phân tán.

3.4 Đặc trưng, hình thái, cấu trúc của AuNP

Hình 7 biểu diễn giản đồ XRD của AuNP. Theo giản đồ, AuNP thu được tồn tại dạng tinh thể, pic nhiễu xạ đặc trưng của Au tại 2θ là $38,2^\circ$ ứng với mặt (111) của mạng lập phương tâm diện của cấu trúc nguyên tử Au. Pic nhiễu xạ rộng và thấp, cho biết kích thước tinh thể rất nhỏ, không có phản xạ tạp nhiễu nghĩa là sản phẩm không chứa tạp chất khác.



Hình 7. Giản đồ XRD (a) và giản đồ EDX (b) của AuNP được tổng hợp ở nồng độ Au^{3+} là 0,50 mM, nồng độ dextran là 1,0 %, pH=12 và thời gian tổng hợp 2 giờ, phản ứng diễn ra ở nhiệt độ phòng.

Để biết thành phần các nguyên tố có trong sản phẩm, chúng tôi dựa vào giản đồ EDX (hình 6), kết quả đo phổ bột AuNP, thu được khi sấy phun sương dung dịch AuNP/dextran được tổng hợp từ nồng độ Au^{3+} 0,50 mM, dextran là 1,00%. Hàm lượng C và O là do dextran tạo nên. Ngoài các nguyên tố: C, O, Cl và Au, vật liệu không lẫn tạp chất khác.

4 Kết luận

AuNP được bảo vệ bởi dextran, với đường kính khoảng 6-15 nm có thể thực hiện tốt khi tiến hành bằng phương pháp khử hóa học, dextran vừa là chất khử, vừa là chất bảo vệ. Kích thước của AuNPs có thể được kiểm soát bằng cách thay đổi thời gian khử, nồng độ Au^{3+} và nồng độ dextran. Bột AuNPs với kích thước gần như không thay đổi đã được tạo ra bằng cách phun sấy. Từ những khảo sát trên, chúng tôi chọn điều kiện tối ưu để tổng hợp AuNP là: nồng độ Au^{3+} là 0,50 mM, nồng độ dextran là 1,00%, pH=12 và thời gian tổng hợp 2 giờ, phản ứng diễn ra ở nhiệt độ phòng.

Tài liệu tham khảo

1. Bankura K. P., Maity D., Mollick M. M. R. (2012), "Synthesis, characterization and antimicrobial activity of dextran stabilized silver nanoparticles in aqueous medium", *Carbohydrate polymers*, 89(4), pp. 1159–1165.
2. Bankura K. P., Maitya D., Mollicka M. M. R., Mondala D., Bhowmick B., Roy I., Midyaa, Sarkar J., Rana D., Acharya K., Chattopadhyay D. (2014), "Antibacterial activity of Ag–Au alloy NPs and chemical sensor property of Au NPs synthesized by dextran", *Carbohydrate Polymers*, 107, pp. 151–157.
3. Belder A. N., (1993) "Dextran, Industrial gums: polysaccharides and their derivatives," in A. N. de Belder, Whistler and R. L., BeMiller J. L., Eds., *Academic Press*, pp. 399–425.
4. Burygin G. L., Khlebtsov B. N., Shantrokha A. N., Dykman L. A., Bogatyrev V. A., Khlebtsov N. G. (2009), "On the Enhanced Antibacterial Activity of Antibiotics Mixed with Gold Nanoparticles", *Nanoscale Research Letters*, 4, pp. 794–801.
5. Duy N. N., Du D. X., Phu D. V., Quoc L. A., Du B. D., and Hien N. Q. (2013), "Synthesis of gold nanoparticles with seed enlargement size by γ -irradiation and investigation of antioxidant activity," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 436, pp. 633–638.
6. Diem P. H. N., Hoa T. T., Binh T. T. (2017), "synthesis and catalytic activity of branched gold nanoparticles in aqueous medium", *Vietnam Journal of Science and Technology*, 55, pp. 227–235.
7. Hien N. Q., Phu D. V., Duy N. N., and Quoc L. A. (2012), "Radiation synthesis and characterization of hyaluronan capped gold nanoparticles", *Carbohydrate Polymers*, 89(2), pp. 537–541.
8. Huang L., Zhai M., Peng J., Xu L., Li J., and Wei G. (2007), "Synthesis, size control and fluorescence studies of gold nanoparticles in carboxymethylated chitosan aqueous solutions," *Journal of Colloid and Interface Science*, 316(2), pp. 398–404.
9. Jayabal S., Ramaraj R. (2014), "Bimetallic Au/Ag nanorods embedded in functionalized silicate sol-gel matrix as an efficient catalyst for nitrobenzene reduction", *Applied Catalysis A: General* 470, pp. 369–375.
10. Kattumuri V., Katti K., and Bhaskaran S. (2007), "Gum arabic as a phytochemical construct for the stabilization of gold nanoparticles: in vivo pharmacokinetics and X-ray-contrast-imaging studies", *Small*, 3(2), pp. 333–341.
11. Lanh T. L., Phong H. N., Khieu Q. D., Long T. H., Hien Q. N., Hoa T. T., Dinh T. N. (2015), "Water-soluble acetylated chitosan-stabilized gold nanosphere bioprobes", *Materials Chemistry and Physics*, 14, pp. 324–332.

12. Li T., Park H. G., and Choi S. H. (2007), " γ -Irradiation-induced preparation of Ag and Au nanoparticles and their characterizations", *Materials Chemistry and Physics*, 105(2-3), pp. 325–330.
13. Mao H., Feng J., Ma X., Wu C., Zhao X. (2012), "One-dimensional silver nanowires synthesized by self-seeding polyol process", *J. Nanopart Res*, 14, pp. 887-902.
14. Medley C. D., Smith J. E., Tang Z., Wu Y., Bamrungsap S., and Tan W. (2008), "Gold nanoparticle-based colorimetric assay for the direct detection of cancerous cells", *Analytical Chemistry*, 80(4), pp. 1067–1072.
15. Orendorff C. J., Gearheart L., Jana N. R., Murphy C. J. (2005), "Aspect ratio dependence on surface enhanced Raman scattering using silver and gold nanorod substrates", *Phys Chem Chem Phys.*, 8 (1), pp. 165-170.
16. Rogach A. L., Talapin D. V., Shevchenko E. V., Kornowshi A. , Haase M. , Weller H. (2002), "Organization of matter on different size scales: monodisperse nanocrystals and their superstructures", *Adv Funct Mater*, 12, pp. 653-659.
17. Tang X. L., Jiang P., Ge G. L., Tsuji M., Xie S. S., Guo Y. J. (2008), "Poly(N-vinyl-2-pyrrolidone) (PVP)-capped dendritic gold nanoparticles by a one-step hydrothermal route and their high SERS effect", *Langmuir*, 24 (5), pp. 1763-1768.
18. Wang Y., Zheng Y., Huang C. Z., Xia Y. (2013), "Synthesis of Ag Nanocubes 18 – 32 nm in Edge Length: The Effects of Polyol on Reduction Kinetics, Size Control, and Reproducibility", *Journal of the American Chemical Society*, 135, pp. 1941 –1951.
19. Yao C., Zhang L., Wang J. (2016), "Gold nanoparticle mediated phototherapy for cancer", *Journal of Nanomaterials*, pp. 1-29.

SYNTHESIS OF GOLD NANOPARTICLES USING dextran AS REDUCER AND STABILIZER AGENT

Phan Ha Nu Diem^{1,2,*}, Tran Thai Hoa², Tran Thuc Binh²

¹Truong Dai hoc Dong Nai, 4 Le Quy Don, Thanh pho Bien Hoa, Dong Nai.

²Truong Dai hoc Khoa hoc - Dai hoc Hue, 77 Nguyen Hue, Thanh pho Hue

Abstract. Gold nanoparticles (AuNPs) in spherical shape with diameter about 6–15 nm were synthesized by chemical method, using dextran as reducer and stabilizer agent. The magnetic stirrer treats of the mixture of tetrachloroauric acid and dextran in aqueous solution at ambient temperature. The influence of reaction time, Au³⁺ and dextran concentration on the size of AuNPs was investigated. The microstructure of AuNPs were characterized by UV-Vis spectroscopy, X-ray diffractory and transmission electron microscopy (TEM). Results indicated that aqueous suspensions of the small and well compositional homogeneity AgNPs were obtained at room temperature, Au³⁺ concentration = 0.5 mM, dextran concentration = 1.0% and pH = 12. The smaller Au³⁺ concentration favored smaller size and conversely the smaller dextran concentration favored bigger size of AuNPs. AuNPs powders were prepared by spay drying. The purity of prepared AuNPs powders was also examined by energy dispersive X-ray (EDX) analysis. Thus, the as-prepared AuNPs stabilized by biocompatible dextran in solution and/or in powder form can be potentially applied in biomedicine and pharmaceuticals.

Keywords: Gold nanoparticles, Dextran, Chemical method