

CHẾ TẠO VÀNG NANO ĐIỀU CHỈNH TĂNG KÍCH THƯỚC HẠT BẰNG PHƯƠNG PHÁP CHIẾU XẠ GAMMA Co-60 VÀ KHẢO SÁT HIỆU ỨNG CHỐNG OXI HÓA

Nguyễn Ngọc Duy, Đặng Văn Phú, Lê Anh Quốc, Nguyễn Quốc Hiến

*Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ bức xạ, Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam
202A, Đường 11, P. Linh Xuân, Q. Thủ Đức, Tp. Hồ Chí Minh*

Email: ngocduy158@yahoo.com

Đến Tòa soạn: 25/5/2013; Chấp nhận đăng: 8/2/2014

TÓM TẮT

Dung dịch keo Au nano kích thước hạt trong khoảng 10 - 53 nm được chế tạo bằng phương pháp chiếu xạ γ Co-60 sử dụng chitosan tan trong nước (CTTN) làm chất ổn định và sử dụng hạt mầm Au nano nồng độ 1 mM. Bước sóng hấp thụ cực đại (λ_{max}) đo bằng phổ UV-Vis và kích thước hạt xác định từ ảnh TEM. Kết quả cho thấy λ_{max} tăng từ 523 nm (hạt mầm) lên 525; 537 và 549 nm và kích thước hạt Au nano tăng từ 10 nm (hạt mầm) lên 20; 38 và 53 nm tương ứng đối với tỉ lệ nồng độ Au^{3+}/Au^0 (hạt mầm) từ 2,5; 5 và 10. Hiệu ứng chống oxy hóa của Au nano kích thước 10; 20; 38 và 53 nm được khảo sát sử dụng gốc tự do 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS^{•+}). Kết quả cho thấy hạt Au nano ~10 nm có hiệu ứng chống oxy hóa tốt hơn đối với hạt có kích thước lớn hơn. Au nano/CTTN chế tạo bằng phương pháp chiếu xạ γ Co-60 rất có triển vọng ứng dụng làm chất chống oxy hóa trong mỹ phẩm và các lĩnh vực khác.

Từ khóa: Au nano, chitosan, γ Co-60, chống oxy hóa.

1. MỞ ĐẦU

Trong số các keo kim loại như keo Au, Ag, Pt, Cu,... keo vàng nano được quan tâm nghiên cứu nhiều bởi những tính chất đặc biệt như tính xúc tác [1], tính quang nhiệt [2], tính tương thích sinh học [3],... Nhiều phương pháp khác nhau được nghiên cứu để chế tạo keo vàng nano: chia nhỏ vàng thành vàng nano (top-down) bởi sự bào mòn bằng tia laser [4], bắn tia lửa điện [5], khử dung dịch vàng ion (Au^{3+}) thành Au nano (bottom-up) bằng chất khử hóa học [6], bằng bức xạ tia UV [7], tia X [8], tia γ Co-60 [9],... So với các phương pháp chế tạo keo vàng nano từ dung dịch Au^{3+} thì phương pháp khử bằng bức xạ γ Co-60 có nhiều thuận lợi do phản ứng thực hiện trong điều kiện thường, hiệu suất khử cao, không sử dụng chất khử hóa học và dễ dàng kiểm soát kích thước hạt vàng thông qua điều chỉnh suất liều và nồng độ các chất phản ứng,

có khả năng áp dụng sản xuất lớn và đáp ứng được yêu cầu sản xuất sạch [9 - 12]. Hơn nữa, phương pháp khử bằng bức xạ gamma Co-60 có thể tạo được dung dịch keo vàng có kích thước hạt (~2 nm) nhỏ hơn so với dùng tia UV (~6 nm) và chất khử hóa học (~10 nm) từ dung dịch cùng nồng độ Au^{3+} [10]. Đặc trưng tính chất và các ứng dụng của Au nano phụ thuộc chủ yếu vào kích thước hạt. Vàng nano có kích thước nhỏ hơn 5 nm được dùng để chế tạo vật liệu xúc tác hiệu năng cao [1]. Tuy nhiên, kích thước hạt vàng nano nhiều khi yêu cầu lớn hơn để ứng dụng trong lĩnh vực sinh y học và các lĩnh vực khác. Nghiên cứu của Chithrani et al. cho thấy kích thước tối ưu để hạt vàng nano hấp thụ vào tế bào là 50 nm [13]. Bhumkar et al. đã sử dụng hạt vàng nano với kích thước 10 - 50 nm để vận chuyển insulin [14]. Elsayed et al. sử dụng hạt vàng nano kích thước 30 - 40 nm để chuẩn đoán và điều trị bệnh ung thư [15]. Do vậy, chế tạo vàng nano điều chỉnh kích thước hạt đang được quan tâm nghiên cứu. Trong bài báo này chúng tôi trình bày kết quả nghiên cứu chế tạo vàng nano với chất ổn định là chitosan tan trong nước và điều chỉnh gia tăng kích thước hạt sử dụng hạt mầm bằng phương pháp chiếu xạ $\gamma\text{Co-60}$ và khảo sát hiệu ứng chống oxy hóa của vàng nano ở các kích thước hạt khác nhau.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu, hóa chất

$\text{HAuCl}_4.3\text{H}_2\text{O}$ và nước là sản phẩm tinh khiết của Merck, Đức. Chitosan tan trong nước có độ deacetyl ~50 % và khối lượng phân tử $M_w \sim 110.000$ Da là sản phẩm của Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

2.2.1) Chế tạo dung dịch Au nano hạt mầm

Hòa tan CTTN vào nước tạo dung dịch CTTN 2 % (2 g/100 ml). Hòa tan $\text{HAuCl}_4.3\text{H}_2\text{O}$ vào nước tạo dung dịch Au^{3+} 10 mM. Từ dung dịch CTTN 2 % và Au^{3+} 10 mM tạo dung dịch nồng độ Au^{3+} 1 mM/CTTN 1 % và đưa vào lọ thủy tinh có nút vặn kín. Mẫu Au^{3+} 1 mM/CTTN 1 % được chiếu xạ trên nguồn gamma SVST/Co-60/B tại Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ với liều xạ 8 kGy để chế tạo dung dịch mầm Au nano.

2.2.2. Điều chỉnh gia tăng kích thước hạt Au nano

Dung dịch keo Au nano chế tạo ở trên được sử dụng làm hạt mầm để điều chỉnh tăng kích thước hạt. Thành phần dung dịch được chuẩn bị như sau: lấy một phần thể tích dung dịch Au nano (Au^0) 1 mM pha trộn với 2,5; 5,0; 10,0; 20,0 và 40,0 phần thể tích dung dịch Au^{3+} 1 mM. Tổng nồng độ vàng ($[\text{Au}^{3+}] + [\text{Au}^0]$) trong dung dịch là 1 mM và tỉ lệ nồng độ $[\text{Au}^{3+}]/[\text{Au}^0]$ là 2,5; 5,0; 10,0; 20,0 và 40,0. Các mẫu $[\text{Au}^{3+}]/[\text{Au}^0]$ với các tỉ lệ khác nhau được chiếu xạ ở liều xạ 8 kGy để tạo hạt Au nano có kích thước gia tăng.

2.2.3. Khảo sát hiệu ứng chống oxy hóa của Au nano

Để đánh giá hiệu ứng chống oxi hóa của Au nano/CTTN, muối 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) 7,4 mM được phản ứng với $K_2S_2O_8$ 2,6 mM để tạo gốc tự do cation $ABTS^{\bullet+}$ và được giữ trong bóng tối 16 h ở 23 °C. Dung dịch ABTS và $ABTS^{\bullet+}$ được pha loãng với nước theo tỉ lệ 1 : 18 (v/v) để đạt được mật độ quang là $1 \pm 0,1$ ở bước sóng 734 nm. Lấy 0,6 ml Au nano có kích thước hạt là 10; 20; 38 và 53 nm cho vào các cuvet chứa 1ml dung dịch đã pha loãng ABTS (mẫu đối chứng) và $ABTS^{\bullet+}$. Mật độ quang của các mẫu được đo theo thời gian trên máy UV-vis ở bước sóng 734 nm. Hiệu suất bắt gốc tự do được tính theo công thức: Hiệu suất, % = $(AC - AS) \times 100 / AC$, trong đó AC là mật độ quang của dung dịch ABTS đối chứng và AS là mật độ quang của dung dịch gốc tự do $ABTS^{\bullet+}$ có chứa Au nano với các kích thước khác nhau [16].

2.2.4 Đo phổ UV-Vis của các dung dịch keo Au nano

Pha loãng dung dịch keo Au nano bằng nước đến nồng độ 0,1 mM. Đo phổ UV-vis trên máy UV-2401PC, Shimadzu, Nhật Bản, dùng cuvet thạch anh 1 cm.

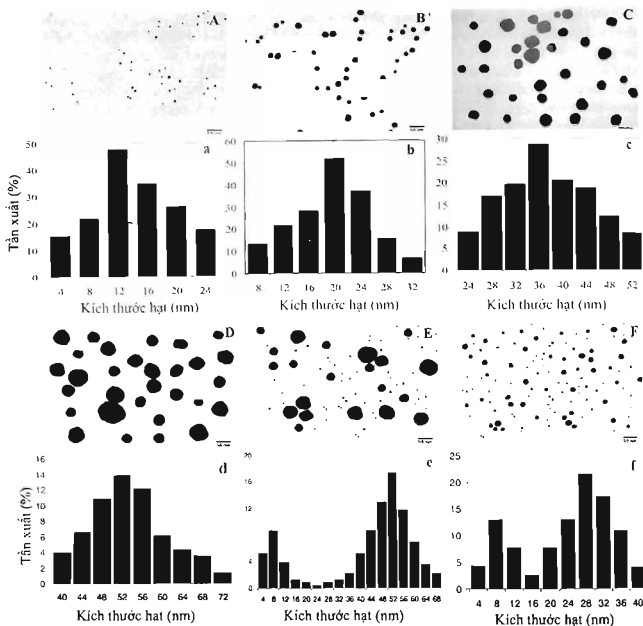
2.2.5 Chụp ảnh TEM

Ảnh TEM các mẫu Au nano được thực hiện trên máy JEM 1010, JEOL, Nhật Bản. Kích thước hạt trung bình và phân bố kích thước hạt được xác định từ ảnh TEM (~500 hạt/mẫu) với sự hỗ trợ của phần mềm photoshop CS3 và thuật toán xử lý thống kê.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

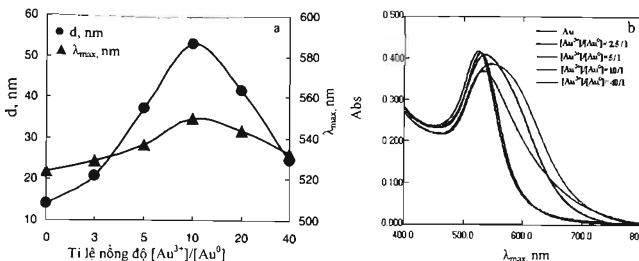
3.1. Ảnh hưởng của tỉ lệ nồng độ $[Au^{3+}]/[Au^0]$ đến kích thước hạt Au nano

Dung dịch Au nano có kích thước 10 nm (hình 1: A, a) chế tạo từ dung dịch Au^{3+} 1 mM/CTTN 1 % được sử dụng làm hạt mầm để điều chỉnh tăng kích thước hạt. Trong phương pháp này các hạt mầm đóng vai trò là tâm phát triển kích thước hạt và kích thước sẽ tăng dần do sự khử các ion Au^{3+} hấp phụ lên bề mặt hạt mầm. Kết quả ảnh TEM và phân bố kích thước hạt (hình 1) cho thấy khi tỉ lệ $[Au^{3+}]/[Au^0]$ tăng lên 2,5; 5 và 10 lần thì kích thước của hạt Au nano tăng từ 10 nm (hạt mầm) đến 20; 38 và 53 nm. Tuy nhiên, khi tăng tỉ lệ $[Au^{3+}]/[Au^0]$ lên 20 và 40 thì kích thước hạt không tiếp tục tăng mà còn xuất hiện thêm những hạt mới với đường kính <10 nm. Nguyên nhân là do khi chiếu xạ dung dịch Au^{3+} , e^-_{aq} và $^{\bullet}H$ sinh ra do quá trình xạ ly nước dễ dàng khử Au^{3+} thành vàng nguyên tử (Au^0) [5, 9] do thế oxi hóa-khử (E_0) của $Au^{3+}/Au^0 \sim 1,5$ V [17] cao hơn $E_0(H_2O/e^-_{aq}) = -2,8$ V và $E_0(^{\bullet}H/^{\bullet}H) = -2,3$ V. Khi trong dung dịch ion Au^{3+} có chứa các hạt mầm, các ion Au^{3+} sẽ hấp phụ lên bề mặt hạt mầm và quá trình khử ion Au^{3+} trên bề mặt hạt mầm dễ tăng kích thước hạt ưu tiên hơn quá trình khử ion Au^{3+} trong dung dịch để tạo ra hạt mới vì thế oxi hóa khử $E^0(Au^{3+}/Au^0) = -1,5$ V [18]. Nguyên nhân tạo ra hai vùng kích thước hạt Au nano khi tỉ lệ $[Au^{3+}]/[Au^0]$ cao là do các hạt mầm Au nano đã hấp phụ bão hòa Au^{3+} nên phần Au^{3+} còn dư trong dung dịch sẽ tạo các hạt Au nano mới có kích thước nhỏ hơn. Kết quả này khá phù hợp với kết quả trong công trình trước đây của chúng tôi về chế tạo Au nano bằng bức xạ sử dụng alginat làm chất ổn định [11]. Kích thước hạt Au nano cũng chỉ tăng từ 20 nm (hạt mầm) đến 40 nm đối với $[Au^{3+}]/[Au^0] = 6$ và khi $[Au^{3+}]/[Au^0] = 8$ thì kích thước hạt không tăng nữa đồng thời xuất hiện hai vùng kích thước hạt.

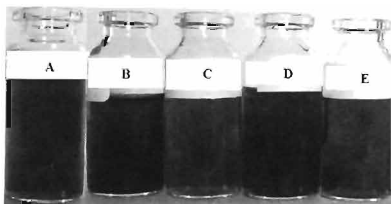


Hình 2. Ảnh TEM và phân bố kích thước hạt vàng nano theo theo tỉ lệ nồng độ $[Au^{3+}]/[Au^0]$ lần lượt là hạt mầm (A, a); 2,5 (B, b), 5 (C, c); 10 (D,d); 20 (E, e) và 40 (F, f).

Kết quả về mối tương quan giữa kích thước hạt, λ_{max} và phổ UV-vis của mẫu Au nano theo tỉ lệ nồng độ $[Au^{3+}]/[Au^0]$ (hình 2) cho thấy λ_{max} của dung dịch Au nano dịch chuyển về phía có bước sóng lớn hơn, cụ thể là từ 523 nm (hạt mầm) đến 525, 537 và 549 nm tương ứng với sự tăng kích thước hạt từ 10 nm (hạt mầm) lên 20, 38 và 53 nm. Màu của dung dịch Au nano chuyển từ màu đỏ (hạt mầm) sang màu tím khi tỉ lệ $[Au^{3+}]/[Au^0] = 10$ (hình 3). Tuy nhiên, khi tỉ lệ $[Au^{3+}]/[Au^0]$ tăng lên 20 và 40 thì λ_{max} của dung dịch vàng nano dịch chuyển về phía có bước sóng ngắn hơn cụ thể là bước sóng giảm từ 549 nm ($[Au^{3+}]/[Au^0] = 10$) xuống 531 nm ($[Au^{3+}]/[Au^0] = 40$) (hình 2) và màu của dung dịch chuyển trở về màu đỏ biểu hiện sự giảm kích thước của hạt Au nano (hình 3).



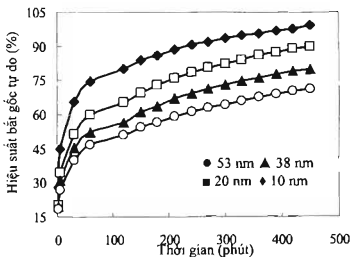
Hình 2. Tương quan giữa kích thước hạt, λ_{max} (a) và phổ UV-vis (b) của mẫu Au nano theo tỉ lệ nồng độ $[Au^{3+}]/[Au^0]$



Hình 3. Màu của dung dịch Au nano sau khi chiếu xạ ở các tỉ lệ $[Au^{3+}]/[Au^0] = 0$ (hạt mầm) (A); 2,5 (B); 5(C); 10(D) và 40 (E).

Kết quả tương tự cũng thu được trong công trình của Jane et al. [19] khi chế tạo Au nano điều chỉnh tăng kích thước hạt dùng axit ascorbic làm chất khử. Kích thước hạt và sự phân bố kích thước hạt phụ thuộc vào tốc độ khử. Khi cho nhanh axit ascorbic vào dung dịch vàng ion Au^{3+} có chứa hạt mầm kích thước hạt tăng nhanh từ 12 nm (hạt mầm) lên 20 và 40 nm tương ứng với $[Au^{3+}]/[Au^0] = 6$ và 40. Tuy nhiên, kích thước hạt lại giảm xuống và xuất hiện hai vùng kích thước hạt khi tăng tỉ lệ $[Au^{3+}]/[Au^0]$ lên trên 126. Khi tốc độ khử giảm bằng cách cho chậm axit ascorbic 10ml/phút, kích thước hạt tăng đều từ 20 nm (hạt mầm) lên 24, 49, 74 và 96 tương ứng với tỉ lệ $[Au^{3+}]/[Au^0] = 6, 40, 126$ và 415. Kết quả này cho thấy tốc độ khử và tác nhân khử đóng vai trò quan trọng quá trình gia tăng kích thước hạt vàng bằng phương pháp triển hạt mầm. Chất khử yếu và tốc độ khử chậm sẽ làm tăng kích thước hạt Au nano mà không tạo ra vùng kích thước hạt nhỏ đối với cả trường hợp tỉ lệ $[Au^{3+}]/[Au^0]$ cao.

3.2. Khảo sát hiệu ứng chống oxy hóa của Au nano ở các kích thước hạt khác nhau



Hình 4. Sự tương quan giữa hiệu suất bắt gốc tự do theo thời gian của các mẫu Au nano với kích thước hạt khác nhau.

Khả năng chống oxy hóa của Au nano tại cùng một nồng độ 20 ppm với các kích thước hạt khác nhau được khảo sát bằng phương pháp bắt gốc tự do cation ABTS^{•+} (hình 4). Kết quả cho thấy khả năng chống oxy hóa cao nhất đối với Au nano có kích thước hạt nhỏ (10 nm) và giảm dần khi kích thước hạt tăng lên 20, 38 và 53 nm. Sau thời gian 450 phút phản ứng, dung dịch Au nano kích thước 10 nm đạt hiệu suất bắt gốc tự do ~100 %, trong khi đó các mẫu còn lại chỉ đạt 89,5 % (20 nm); 79,2 % (38 nm) và 70,5% (53 nm). Kết quả này cũng phù hợp với kết quả của Yakimovich et al. [20] khi đánh giá khả năng chống oxy hóa (bắt gốc tự do OH[•]) của dung dịch Au nano được ổn định bằng chitosan với kích thước hạt khác nhau bằng phổ cộng hưởng spin điện tử (ESR). Các tác giả cũng khẳng định rằng sự tương tác của hạt vàng nano với các gốc tự do phụ thuộc vào kích thước hạt, diện tích bề mặt và nồng độ của dung dịch Au nano. Ngoài ra, Yakimovich et al. cũng nhận thấy rằng dung dịch Au nano có kích thước hạt lớn, diện tích bề mặt riêng nhỏ thì khả năng chống oxy hóa sẽ thấp hơn so với dung dịch Au nano có kích thước hạt nhỏ, diện tích bề mặt riêng lớn [20]. Esumi et al. [21] khảo sát khả năng chống oxy hóa của vàng nano/chitosan theo nồng độ Au nano. Kết quả cho thấy khả năng chống oxy hóa tăng khi nồng độ Au nano tăng và Au nano/chitosan có khả năng chống oxy hóa cao gấp 80 lần so với axit ascorbic [21].

4. KẾT LUẬN

Đã nghiên cứu chế tạo Au nano điều chỉnh gia tăng kích thước hạt sử dụng chitosan tan làm chất ổn định bằng phương pháp chiếu xạ γ Co-60. Kích thước hạt Au nano được điều chỉnh gia tăng từ 10 nm (hạt mầm) đến 20, 38 và 53 nm. Kết quả nghiên cứu hiệu ứng chống oxy hóa của Au nano với kích thước hạt khác nhau cho thấy hạt Au nano nhỏ (10 nm) có hiệu ứng chống oxy hóa tốt hơn đối với hạt có kích thước lớn hơn. Au nano/CTTN chế tạo bằng phương pháp chiếu xạ γ Co-60 rất có triển vọng ứng dụng làm chất chống oxy hóa trong mỹ phẩm và các lĩnh vực khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Kim J., Dohnalek Z. and Kay B. D. - Cryogenic CO₂ formation on oxidized gold clusters synthesized via reactive layer assisted deposition, *J. Am. Chem. Soc.* **127** (2005) 14592-14593.
2. Huang X. and El-Sayed M. A. Gold nanoparticles: Optimal properties and implementations in cancer diagnosis and photothermal therapy, *J. Adv. Res.* **1** (2010) 13-28.
3. Boisselier E. and Astruc D. - Gold nanoparticles in nanomedicine: Preparations, imaging, diagnostics, therapies and toxicity, *Chem. Soc. Rev.* **38** (2009) 1759-1782.
4. Amendola V., Polizzi S., and Meneghetti M. - Laser ablation synthesis of gold nanoparticles in organic solvents, *J. Phys. Chem. B.* **110** (2006) 7232-7237.
5. Tseng C.Y., Liao J.C., Huang D.C., Tien T.T., and Tsung. - Characterization of gold nanoparticles in organic or inorganic medium (ethanol/water) fabricated by spark discharge method, *Mater. Lett.* **62** (2008) 3341-3344.
6. Ramanavicienne A., Nastajute G., Snitka V., Kausaite A., German N., Barauskas-Memenas D., and Ramanavicius A. - Spectrophotometric evaluation of gold nanoparticles as red-ox mediator for glucose oxidase, *Sens. Actuat. B.* **137** (2009) 483-489.
7. Huang L., Zhai M., Peng J., Xu L., Li J. and Wei G. - Synthesis, size control and fluorescence studies on gold nanoparticles in carboxymethylated chitosan aqueous solutions, *J. Colloid Interface Sci.* **316** (2007) 398-404.
8. Yang Y.C., Wang C.H., Hwu Y.K. and Je J.H. - Synchrotron X-ray synthesis of colloidal gold particles for drug delivery, *Mater. Chem. Phys.* **100** (2006) 72-76.
9. Hien N. Q. Phu D. V. Duy N. N. and Quoc L. A. - Radiation synthesis and characterization of hyaluronan capped gold nanoparticles, *Carbohydr. Polym.* **89** (2012) 537-541.
10. Meyre M. E., Delapierre M. T., and Faure C. - Radiation-induced synthesis of gold nanoparticles within lamellar phases: Formation of aligned colloidal gold by radiolysis, *Langmuir* **24** (2008) 4421-4425.
11. Anh N. T., Duy N. N., Phu D. V., and Hien N. Q. - Synthesis of alginate stabilized gold nanoparticles by γ -irradiation with controllable size using different Au³⁺ concentration and seed particles enlargement, *Rad. Phys. Chem.* **79** (2010) 405-408.
12. Hiền N. Q., Phu D. V., Lan N. T., K. Anh N. T. và cs. - Chế tạo vàng nano bằng phương pháp chiếu xạ, *Tạp chí Hóa học* **47** (2009) 174-179.
13. Chithrani B. D., Ghazani A. A., and Chan W. C. W. - Determining the size and shapedependence of gold nanoparticle uptake into mammalian cells, *Nano Lett.* **6** (2006) 662-668.
14. Bhumkar D. R., Joshi H. M., Sastry M. and Pokharka V. B. - Chitosan reduced gold nanoparticles as novel carriers for transmucosal delivery of insulin, *Pharm. Res.* **24** (2007) 1415-1426.
15. El-Sayed I. H., Huang X. and El-Sayed M. A. - Selective laser photo-thermal therapy of epithelial carcinoma using anti-egfr antibody conjugated gold nanoparticles, *Cancer Lett.* **239** (2005) 129-135.

16. Re R., Pellegrini N., Pannala A., Yang M. and Evans C. R. - Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, *Free Radic. Bio Med.* **26** (1999) 1231-1237.
17. Rakhimov R. D., Butin K. B. and Grandbreg K. I. - Redox properties of gold(I) compounds with organic ligands, *J. Organometal. Chem.* **464** (1994) 253-260.
18. Mallick K., Wang Z. L. and Pal T. - Seed-mediated successive growth of gold particles accomplished by UV irradiation: a photochemical approach for size-controlled synthesis, *J. Photochem Photobiol. A: Chem.* **140** (2001) 75-80.
19. Jana N.R., Gearheart L. and Murphy C.J. - Evidence for seed-mediated nucleation in the chemical reduction of gold salt to gold nanoparticles, *Chem. Mater.* **13** (2001) 2313-2322.
20. Yakimovich N. O., Ezhevskii A. A., Guseinov D. V., Smirnova L. A., Gracheva T. A. and Klychkov K. S. - Antioxidant properties of gold nanoparticles studies by ESR spectroscopy, *Rus. Chem. Bull.* **57** (2008) 520-523.
21. Esumi K., Takei N. and Yoshimura T. Antioxidant-potentiality of gold-chitosan nanocomposites, *Colloid Surf. B: Biointerfaces* **32** (2003) 117-123.

ASBTRACT

SYNTHESIS OF GOLD NANO PARTICLES WITH ENLARGEMENT SIZE BY GAMMA Co-60 IRRADIATION AND INVESTIGATION OF ANTIOXIDATION EFFECT

Nguyen Ngoc Duy*, Dang Van Phu, Le Anh Quoc, Nguyen Quoc Hien

Research and Development Center for Radiation Technology, Vietnam Atomic Energy Institute, 202A, Str. 11, Linh xuan Ward, Thu duc District, Ho Chi Minh City, Vietnam

*Email: ngocduy158@yahoo.com

Gold nanoparticles (AuNPs) with size in the range of 10-53 nm were synthesized by γ Co-60 irradiation using water-soluble chitosan (WSC) as stabilizer and size enlargement by seed approach. Absorption wavelength (λ_{max}) was measured by UV-Vis spectroscopy and particle size was determined from TEM images. Results showed that value of λ_{max} increased from 523 nm (seed particles) to 525, 537 and 549 nm and the size of AuNPs increased from 10 nm (seed particles) to 20, 38 and 53 nm, respectively for concentration ratio of Au^{3+}/Au^0 (seed) of 2.5, 5 and 10. Antioxidant effect of AuNPs with size of 10, 20, 38 and 53 nm was investigated using free radical 2, 2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS^{•+}). Results indicated that the smaller the particles size (10 nm) the stronger the antioxidant effect attained. Thus, AuNPs/WSC synthesis by γ Co-60 irradiation are promising for applications as antioxidants in cosmetics and in other fields as well.

Keywords: gold nanoparticles, chitosan, γ Co-60, antioxidant.