

HOẠT TÍNH XÚC TÁC CỦA NANO VÀNG PHÂN NHÁNH

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

¹ Khoa Sư phạm Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Đồng Nai

² Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

*Email: phannudiem@gmail.com

Ngày nhận bài: 13/12/2017; ngày hoàn thành phản biện: 6/02/2018; ngày duyệt đăng: 8/6/2018

TÓM TẮT

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày một phương pháp để tổng hợp hạt nano vàng (AuNPs) phân nhánh từ mầm bạc, cetyl-trimethylamoni bromide (CTAB), HAuCl₄ và Pluronic F-127. Hình thái và kích thước của hạt nano vàng phụ thuộc rất nhiều vào các thông số thực nghiệm như nồng độ của Au³⁺, nồng độ của Pluronic F-127. Sản phẩm được đặc trưng bởi phổ hấp thụ phân tử UV-Vis, kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM). Ngoài ra, AuNPs phân nhánh là chất xúc tác hiệu quả đối với phản ứng khử 4-nitrophenol (4-NP) thành 4-aminophenol (4-AP) bởi NaBH₄. Các số liệu động học thu được bằng cách theo dõi nồng độ của 4-NP và BH₄⁻ bởi quang phổ hấp thụ phân tử UV – Vis.

Từ khóa: hoạt tính xúc tác, nano vàng phân nhánh, Pluronic F-127.

1. MỞ ĐẦU

Vàng là một kim loại quý, được ứng dụng trong suốt lịch sử nhân loại do tính chất của nó. Trên thực tế, vàng ở kích thước nano là lĩnh vực nghiên cứu quan trọng do đặc tính quang của nó. AuNPs kích thích sự quan tâm lớn trong nhiều lĩnh vực như: xúc tác [1-3], cảm biến sinh học và hóa học [4-6], kháng khuẩn [7-8], điện hóa [9-10], tăng cường bề mặt phổ Raman [11-13], điều trị ung thư và truyền thuốc [4,14].

Trong những năm gần đây, việc nghiên cứu hạt nano vàng hình cầu, cũng như sự phát triển của các hạt nano vàng tạo ra nhiều hình dạng khác nhau là một lĩnh vực thu hút sự quan tâm của các nhà nghiên cứu. AuNPs đã được công bố với nhiều hình thái khác nhau, gồm hình nhánh cây [12], thanh [6, 13], cầu [10, 15]. Sự hình thành các tinh thể nano vàng này có thể kiểm tra các đặc tính quang học mới liên quan đến các hình thái khác nhau. Chen và cộng sự đã tổng hợp tinh thể vàng có một, hai, ba và bốn nhánh, sử dụng một lượng lớn chất hoạt động bề mặt CTAB, HAuCl₄, axit ascorbic, và NaOH [16]. Hao và cộng sự đã tổng hợp tinh thể nano vàng ba nhánh từ bis- (p-

sulfonatophenyl) phenylphosphine dihydrate dipotassium, H_2O_2 , natri citrate, và HAuCl_4 [17]. Sau và cộng sự đã tổng hợp AuNPs dạng nhánh từ mầm vàng trong dung dịch nước, CTAB, HAuCl_4 , và axit ascorbic [18]. AuNPs phân nhánh có thể mở ra cái nhìn mới về những mối quan hệ giữa các hình thái khác nhau và đặc tính cộng hưởng plasmon bề mặt tương ứng, và chúng có nhiều lợi thế về xúc tác.

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày một phương pháp tổng hợp tinh thể nano vàng phân nhánh bằng cách kết hợp hai chất hoạt động bề mặt CTAB và Pluronic F-127 để sản phẩm cuối cùng là AuNPs phân nhánh với hiệu suất cao. Quan sát độ phân giải nguyên tử ở các vị trí khuyết của bề mặt tại đầu các nhánh của AuNPs qua ảnh được đặc trưng bằng kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) được trình bày, cho thấy ở đó có sự tái tạo bề mặt và chứng minh độ bền của các mặt xác định trong tinh thể. Ngoài ra, phản ứng xúc tác khử 4-nitrophenol (4-NP) thành 4-aminophenol (4-AP) bởi natri bohđrua (NaBH_4) là một phản ứng xúc tác điển hình phù hợp để nghiên cứu vì chỉ xảy ra khi có kim loại cấu trúc nano làm xúc tác. Do đó, hoạt tính xúc tác của AuNPs phân nhánh được đánh giá bằng cách nghiên cứu tính xúc tác trong phản ứng khử 4-NP.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất và thiết bị

Cetyltrimethylammonium bromua (CTAB, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{N}(\text{Br})(\text{CH}_3)_3$, 99%), Natri bohđrua (NaBH_4 , 99%), axit tetrachloroauric ($\text{HAuCl}_4.3\text{H}_2\text{O}$, 99,9%), axit L-ascorbic ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, 99%), trinatri citrate dihydrate ($\text{Na}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7).2\text{H}_2\text{O}$, 99%) được mua từ Sigma-Aldrich, 4-nitrophenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_3$) và bạc nitrat (AgNO_3 , 99%) từ Merck. Tất cả các thủy tinh được làm sạch bằng xà phòng và nước cường toan (tỉ lệ thể tích $\text{HCl}:\text{HNO}_3 = 3:1$), và rửa sạch bằng nước cất trước khi tiến hành thí nghiệm. Tất cả các hóa chất được hòa tan riêng biệt trong nước cất hai lần.

Chúng tôi theo dõi tiến trình của phản ứng dựa vào đường phổ UV-Vis. Phổ hấp thụ UV-Visible được thực hiện bởi máy quang phổ UV-Vis, V-630 (Jasco, Nhật Bản) và các vi cấu trúc của AuNPs được quan sát bởi kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) (JEOL-3432, Nhật Bản).

2.2. Quy trình thí nghiệm

AuNPs đa nhánh được tổng hợp bằng cách thay đổi nhẹ phương pháp phát triển mầm trung gian trên ý tưởng của tài liệu khoa học [19].

2.2.1. Tổng hợp mầm bạc

Hạt mầm bạc (≈ 4 nm) được tổng hợp như sau: cho 4,5 mL dung dịch bạc nitrat 0,5 mM vào 5 mL dung dịch tris(2-carboxyethyl)amin (TCEA) 0,5 mM. Đồng thời, cho nhanh 0,3 mL dung dịch natri borohydrua 10 mM được giữ lạnh bằng nước đá vào. Hỗn hợp dung dịch phản ứng được khuấy mạnh ở nhiệt độ phòng sau 2 phút. Sau đó thêm nước để thu được 10 mL dung dịch.

Dung dịch mầm bạc được giữ yên ở nhiệt độ phòng, ít nhất là 2h để lượng natri borohydrua dư phân hủy hết trước khi được sử dụng, và bảo quản trong bóng tối để tránh sự phá hủy mầm bạc bởi ánh sáng. Dung dịch mầm này được sử dụng trong vòng từ 2 – 5 giờ sau khi tổng hợp.

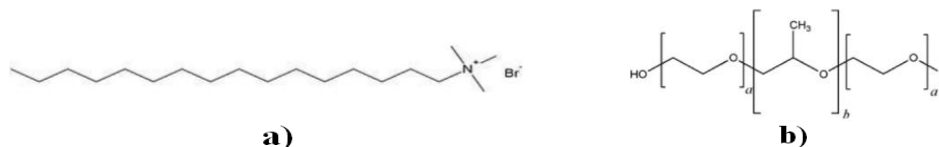
2.2.2. Tổng hợp các hạt nano vàng phân nhánh

Dung dịch phát triển gồm 10 mL dung dịch CTAB 1,25 mM và 5 mL dung dịch HAuCl₄ 0,25 mM, khuấy nhẹ ở nhiệt độ phòng, thu được một hỗn hợp có màu cam. AuNPs đa nhánh được tổng hợp bằng cách thêm 10 mL Pluronic F-127 0,125 mM vào dung dịch phát triển và khuấy mạnh trong 5 phút. Sau đó, thêm 0,7 mL dung dịch axit ascorbic 1 M vào, hỗn hợp dung dịch trở thành không màu vì Au³⁺ bị khử thành Au⁰. Cuối cùng thêm, thêm 12,5 μ L dung dịch mầm bạc vào, dung dịch hỗn hợp từ không màu dần dần chuyển sang màu xanh lam, tiếp tục khuấy trong 30 phút ở nhiệt độ phòng. Sau đó, ly tâm dung dịch trong 20 phút ở 2000 rpm. lấy cặn, phân tán lại trong nước cất hai lần trước khi kiểm tra các đặc trưng.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nồng độ Pluronic F-127

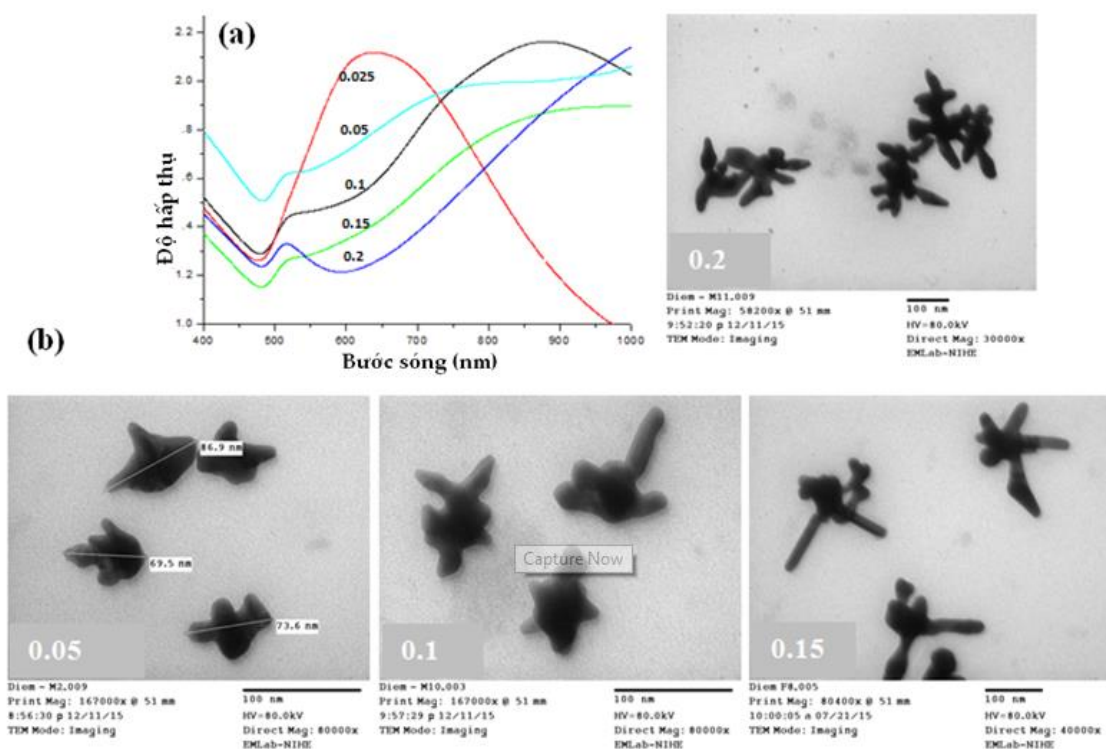
Pluronic F-127 được hình thành bởi 2 chuỗi bên của poly (ethylene oxide) (PEO) và một chuỗi trung tâm của poly (propylene oxide) (PPO) (hình 1b). Sự phát triển bất đẳng hướng là vì tồn tại chuỗi PPO kỵ nước. Bên cạnh đó, chuỗi PEO khử ion Au³⁺ làm tăng hiệu quả của quá trình tổng hợp [20].



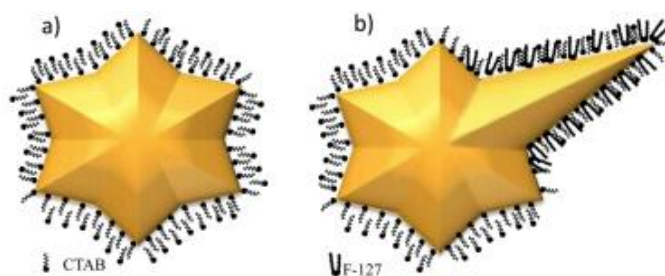
Hình 1. Cấu trúc của CTAB (a) và cấu trúc cơ bản của copolyme Pluronic (b) [20]

Trong thí nghiệm này, chúng tôi dùng 12,5 mL dung dịch mầm bạc và giữ không đổi trong khi nồng độ của Pluronic F-127 tăng dần 0,025; 0,05; 0,1; 0,15 và 0,2 mM. Theo hình 2a, những mẫu được tổng hợp từ nồng độ Pluronic F-127 cao hơn, cho các đỉnh cộng hưởng plasmon bề mặt (SPR) liên tiếp dịch chuyển đỏ, từ 638 nm đến 820 nm, 980 nm và cao hơn 1000 nm (không thể xác định chính xác $\lambda_{\max}$ vì quá giới hạn của

máy đo tại phòng thí nghiệm). Ảnh TEM biểu diễn sản phẩm có $\lambda_{\max}$ tăng, kích thước trung bình của các tinh thể nano Au tăng, các nhánh dài hơn (hình 2b). Điều này đã chứng minh rằng Pluronic F-127 đóng một vai trò quan trọng, vừa là chất bảo vệ, vừa là chất khử để hình thành các nhánh dài trong cấu trúc nano vàng (hình 3) [19]. Các đầu PPO kỵ nước được hấp thụ ưu tiên lên các bề mặt của Au, tạo thành lớp màng kép CTAB Pluronic đặc sít.



Hình 2. Phổ UV-Vis (a) và ảnh TEM của cấu trúc nano Au đa nhánh được tổng hợp ở nồng độ Pluronic F-127 khác nhau: 0,05; 0,1; 0,15 và 0,2 mM (b).



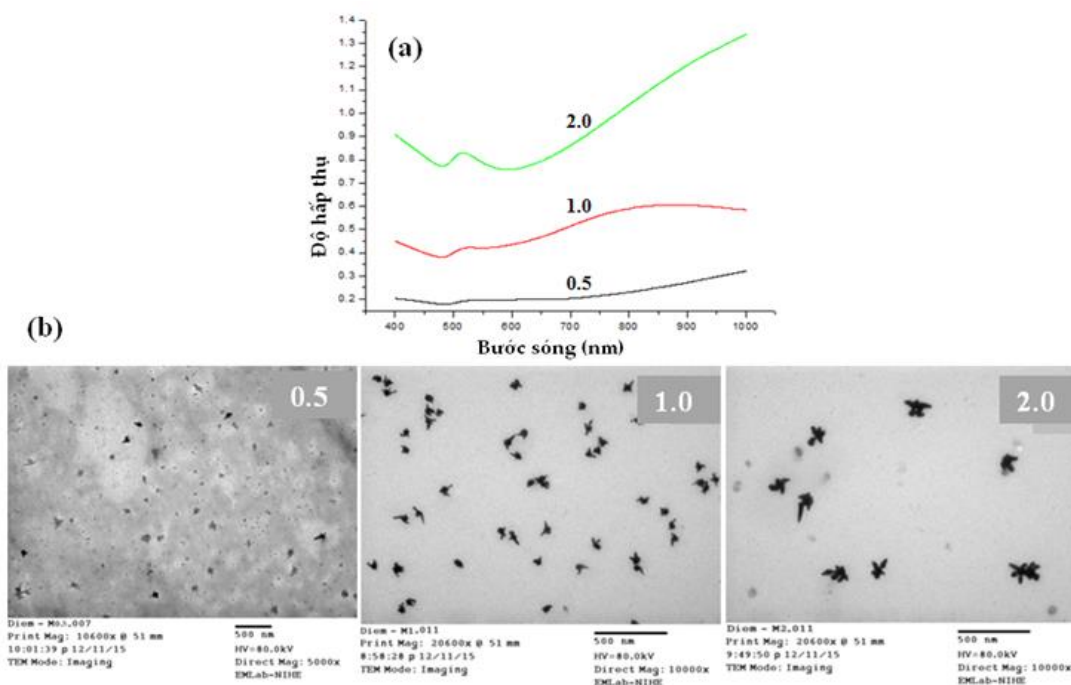
Hình 3. Sơ đồ mô phỏng vật liệu nano. (a) AuNPs được bảo vệ bởi lớp màng kép CTAB; (b) AuNPs phân nhánh được ổn định bởi CTAB và F127 [19].

Theo Iqbal và cộng sự [20], sự kết hợp giữa CTAB và Pluronic F-127 sẽ tạo ra AuNPs đa nhánh với tỉ lệ các nhánh tăng. Mayoral và các đồng tác giả [21] sử dụng sự kết hợp của các chất hoạt động bề mặt để có được các cấu trúc nano vàng có nhánh

dài. Điều này được giải thích là do những đuôi kỵ nước của CTAB liên kết với chuỗi trung tâm PPO tương đối kỵ nước của Pluronic F-127, dẫn đến sự kết hợp của CTAB với Pluronic F-127. Do đó, tạo thành các phức chất hoạt động bề mặt bền vững. Việc sử dụng phức chất hoạt động bề mặt bền vững hơn bằng cách thêm Pluronic F-127 làm tăng hiệu suất, số lượng và kích thước của nhánh vàng. Do đó, chúng tôi chọn nồng độ của Pluronic F-127 là 0,1 mM làm nồng độ tối ưu để tiến hành các thí nghiệm tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của nồng độ Au^{3+}

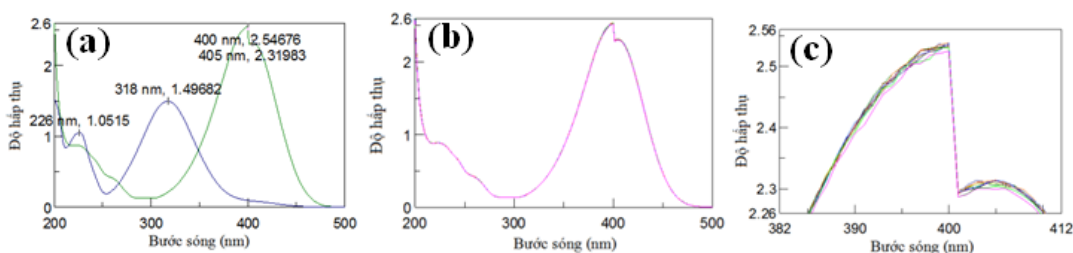
Trong phần này, chúng tôi tổng hợp các mẫu khác nhau về nồng độ Au^{3+} : 0,5; 1,0; 2,0 mM. Các thông số khác được giữ cố định: nồng độ mề, nồng độ CTAB và nồng độ Pluronic F-127. Khi nồng độ Au^{3+} là 1,0 mM, cường độ của pic SPR tại các bước sóng 527 và 879 nm hầu như gấp đôi và trở nên hẹp hơn (hình 4a). Điều này cho thấy có sự tăng về số AuNPs trong dung dịch keo và các tinh thể Au có sự đồng nhất về hình dáng và kích thước so với các mẫu được tiến hành ở nồng độ 0,5 và 2,0 mM. Thật vậy, ảnh TEM (hình 4b) cho thấy, kích thước trung bình của các AuNPs phân nhánh lần lượt là 77, 84 và 120 nm tương ứng nồng độ Au^{3+} đã dùng là 0,5; 1,0 và 2,0 mM. Kết quả cho thấy rằng, khi tăng nồng độ Au^{3+} thì số lượng AuNPs tăng nhưng ở nồng độ 2,0 mM thì hầu như dung dịch thu được không tăng về số lượng mà ưu tiên hình thành các tinh thể nano Au đa nhánh và kích thước trung bình của nhánh lớn hơn. Vì vậy, chúng tôi chọn nồng độ tối ưu của Au^{3+} là 1,0 mM.



Hình 4. Phổ UV-Vis (a) và hình ảnh TEM của các cấu trúc nano Au phân nhánh được tổng hợp ở những nồng độ Au^{3+} khác nhau: 0,5; 1,0 và 2,0 mM (b).

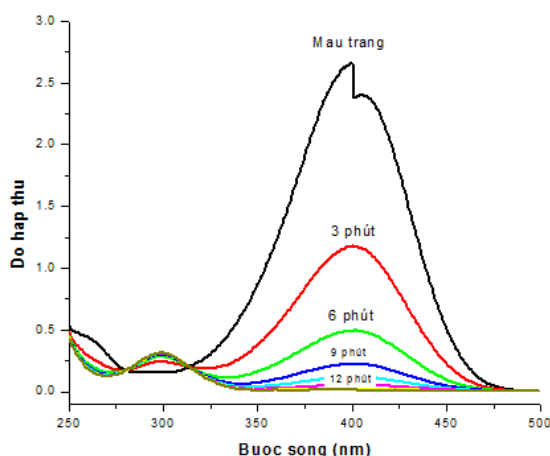
3.3. Ứng dụng AuNPs phân nhánh xúc tác cho phản ứng khử 4-Nitrophenol

Trong bài báo này, chúng tôi đã chọn phản ứng khử 4-NP thành 4-AP là phản ứng điển hình để đánh giá hoạt tính xúc tác của AuNPs đa nhánh. Quá trình khử 4-NP $E_{0(4-NP/4-AP)} = -0,76 V$ bởi $NaBH_4$ $E_{0(H_3BO_3/BH_4^-)} = -1,33 V$ tuy khả thi về mặt nhiệt động học nhưng bị hạn chế về mặt động học nếu không có chất xúc tác [22, 23, 24].



Hình 5. (a) Phổ UV-Vis của dung dịch 4-NP và hỗn hợp dung dịch 4-NP và $NaBH_4$, (b) Khi chưa có AuNPs, độ hấp thụ của ion 4-nitrophenolat hầu như không thay đổi sau 90 phút, (c) ảnh phóng đại của (b).

Khi thêm $NaBH_4$ vào dung dịch 4-NP, màu của dung dịch bị thay đổi từ màu phớt vàng sang màu vàng chanh, đậm. Điều này được giải thích là do pH của dung dịch bị thay đổi từ môi trường axit yếu đến môi trường bazơ mạnh vì tạo ra ion nitrophenolat [22]. Do đó, dung dịch 4-NP tinh khiết có pic hấp thụ cực đại tại 318 nm đã chuyển sang 400 nm khi được thêm $NaBH_4$ vào (Hình 5a). Quá trình xúc tác của phản ứng này được theo dõi bằng phổ UV-Vis. trước khi sử dụng chất xúc tác, chúng tôi theo dõi phản ứng trong dung dịch gồm 4-NP và $NaBH_4$.



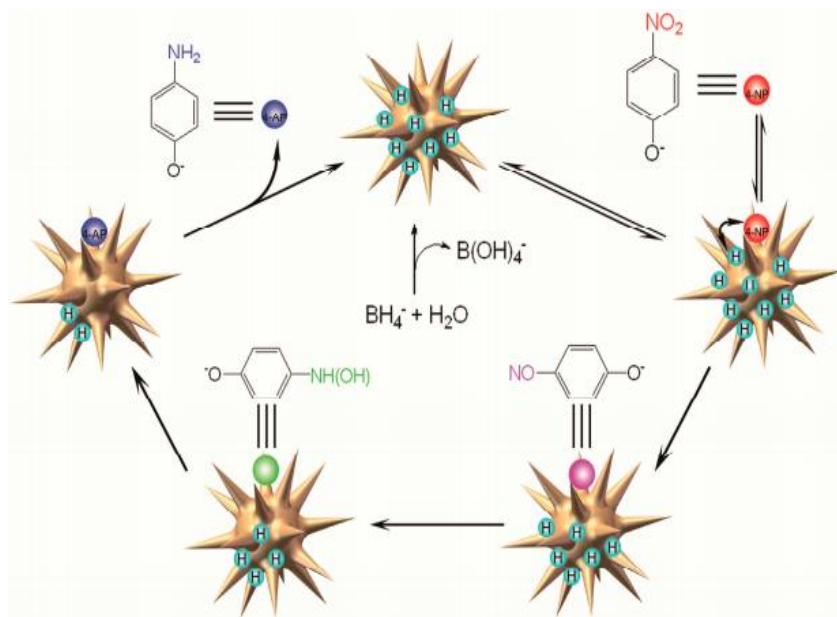
Hình 6. Hoạt tính xúc tác của AuNPs đa nhánh được theo dõi bởi phổ UV-Vis ở các khoảng thời gian khác nhau.

Quá trình khử đã không xảy ra, mặc dù $NaBH_4$ là chất khử mạnh, cường độ. Cường độ hấp thụ ở 400 nm của ion nitrophenolat đã không thay đổi sau 90 phút

(hình 5b và 5c). Khi thêm AuNPs đa nhánh vào hỗn hợp dung dịch, 4-NP nhận electron từ bohiđrua cung cấp và quá trình khử xúc tác của 4-NP đến 4-AP diễn ra nhanh chóng tại các bề mặt AuNPs [25]. Hình 6 minh họa phản ứng khử 4-NP, theo dõi ở những khoảng thời gian khác nhau khi có AuNPs làm chất xúc tác. Trong sự tồn tại của tinh thể nano Au và NaBH_4 thì 4-NP đã bị khử, cường độ của các pic hấp thụ tại 400 nm giảm dần theo thời gian và sau ~ 20 phút, đã hoàn toàn biến mất. Trong khi đó, một đỉnh mới hấp thụ xuất hiện ở 298 nm, có cường độ tăng dần dần (Hình 6). Đỉnh mới này được cho là sự hấp thụ điển hình của 4-AP. Phổ UV-Vis trong Hình 6 cho hai điểm cân đối ở 280 và 314 nm. Kết quả này chứng minh được quá trình khử xúc tác của 4-NP chỉ tạo ra duy nhất 4-AP và không có bất kỳ sản phẩm phụ nào [25].

3.4. Cơ chế của phản ứng khử 4-NP thành 4-AP bởi NaBH_4

Cơ chế của phản ứng khử 4-NP thành 4-AP bởi NaBH_4 có AuNPs làm xúc tác có thể được giải thích như sau: Các ion borohydrua BH_4^- hấp phụ trên bề mặt của AuNPs đa nhánh và chuyển các hydro từ bề mặt của ion BH_4^- sang bề mặt của AuNPs. Đồng thời, các phân tử 4-NP được hấp phụ trên bề mặt của các hạt nano.



Hình 7. Mô hình đề xuất cho cơ chế khử 4-NP thành 4-AP bởi NaBH_4 , có AuNPs đa nhánh là chất xúc tác [26].

Hơn nữa, những cân bằng của quá trình hấp phụ cũng như giải hấp và quá trình khuếch tán của các chất phản ứng lên các hạt nano được cho là nhanh [18] nên được xem là bước quyết định tốc độ của quá trình khử 4-NP, xảy ra do phản ứng hấp phụ 4-NP bởi các nano có bề mặt liên kết với các nguyên tử hydro (Hình 7). Khi sản

phẩm, 4-AP bị giải hấp sẽ rời khỏi bề mặt kim loại tự do, chu kỳ xúc tác có thể bắt đầu lại.

4. KẾT LUẬN

Nói tóm lại, sự kết hợp giữa CTAB và Pluronic F-127 tạo ra những phức hoạt động bề mặt, cùng định hướng và ưu tiên cho sự phát triển bất đẳng hướng của Au nano phân nhánh có đường kính trong khoảng 80-120 nm. Tầm quan trọng của lớp polyme là bảo vệ bề mặt AuNPs và các bề mặt mà chúng tương tác với nhau nhằm ngăn chặn sự kết tụ. Các chất đồng hoạt động bề mặt được trình bày trong nghiên cứu này ổn định AuNPs trong ba tháng. Kích thước AuNPs phân nhánh có thể điều chỉnh bởi nồng độ Au^{3+} và Pluronic F-127. Những hạt nano Au rất hữu ích trong các ứng dụng xúc tác, và hơn thế nữa, khi AuNPs được bảo vệ bởi chất đồng hoạt động bề mặt có thể được khảo sát vào các ứng dụng cảm biến sinh học khác nhau và nên được nghiên cứu trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Herves P., Perez L. M., Liz-M. L. M., Dzubiella J., Lu Y., Ballauff M (2012). Catalysis by metallic nanoparticles in aqueous solution: model reactions, Chem. Soc. Rev. 41 5577–5587.
- [2]. Shin H. S., Huh S. (2012). Au/Au@Polythiophene Core/Shell Nanospheres for Heterogeneous Catalysis of Nitroarenes, ACS Appl. Mater. Interfaces 4, pp. 6324–6331.
- [3]. 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.
- [4]. Huang X., Jain P. K., El-Sayed I. H., El-Sayed M. A. (2007). Gold nanoparticles: interesting optical properties and recent applications in cancer diagnostics and therapy, Nanomedicine 2 (5), pp. 681-693
- [5]. Vigderman L., Bishnu P. K., Euger R. Z. (2012). Functional Gold Nanorods: Synthesis, Self-assembly and Sensing Applications, Advanced Materials, 24, pp. 4811-4841
- [6]. Lanh L. T., Hoa T. T., Duc N. C., Khieu D. Q., Quang D. T., Duy N. V., Hoa N. D., Hieu N. V. (2015). Shape and size controlled synthesis of Au nanorods: H_2S gas-sensing characterizations and antibacterial application, Journal of Alloys and Compounds 635, pp. 265–271
- [7]. Azam A., Ahmed F., Arshi N., Chaman M. and Naqvi A.H. (2009). One step synthesis and characterization of gold nanoparticles and their antibacterial activities against E. coli (ATCC 25922 strain), International Journal of Theoretical & Applied Sciences 1 (2), pp. 1-4.
- [8]. 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.
- [9]. Majid E., Hrapovic, S., Liu Y. L., Male K. B., Luong J. H. T. (2006). Electrochemical determination of arsenite using a gold nanoparticle modified glassy carbon electrode and flow analysis. Anal. Chem. 78, pp. 762-769

- [10]. 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
- [11]. Park K. (2006). Synthesis, Characterization, and Self –Assembly of Size Tunable Gold Nanorods, A Dissertation Presented to The Academic Faculty, In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy in the School of Polymer, Textile and Fiber Engineering, Georgia Institute of Technology
- [12]. 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.
- [13]. 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.
- [14]. Cai W., Gao T., Hong H., Sun J. (2008). Applications of gold nanoparticles in cancer nanotechnology, *Nanotechnology Science and Applications* 1, pp. 17-32.
- [15]. Nguyen Ngoc Duy, Dang Xuan Du, Dang Van Phu, Le Anh Quoc, Bui Duy Du, Nguyen Quoc Hien (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.
- [16]. Chen S., Wang Z. L., Ballato J., Foulger S. H. and Carroll D. L. (2003). Monopod, bipod, tripod, and tetrapod gold nanocrystals, *Journal of the American Chemical Society* 125(52), pp. 16186-16187.
- [17]. Hao E., Bailey R. C., Schatz G. C., Hupp J. T. and Li, S. (2004). Synthesis and optical properties of “branched” gold nanocrystals, *Nano Letters*, 4(2), pp. 327-330.
- [18]. Sau T. K., Murphy C. J. (2004). Room temperature, high-yield synthesis of multiple shapes of gold nanoparticles in aqueous solution, *Journal of the American Chemical Society* 126(28), 8648-8649.
- [19]. Mayoral A., Magen C., Jose M. Y. (2011). High yield production of long branched Au nanoparticles characterized by atomic resolution transmission electron microscopy, *Cryst Growth Des.* 11(10), 4538–4543.
- [20]. Iqbal M., Chung Y. I., Tae G (2007). An enhanced synthesis of gold nanorods by the addition of Pluronic (F-127) via a seed mediated growth process, *J. Mater. Chem.* 17, pp. 335–342.
- [21]. Mayoral A., Duran V. A., Heinze S. G., & Jose Y. M (2010). Synthesis and characterization of branched gold nanoparticles, In *Advanced Electron Microscopy and Nanomaterials*. 644 , pp. 57-60.
- [22]. Liu J., Qin G., Raveendran P. Ikushima Y (2006). Facile “Green” Synthesis, Characterization, and Catalytic Function of β -D-Glucose Stabilized Au Nanocrystals, *Chem. Eur. J.* 12, pp. 2131–2138.
- [23]. Murugadoss A., Chattopadhyay A (2008). Surface Area Controlled Differential Catalytic Activities of One-Dimensional Chain-like Arrays of Gold Nanoparticles, *J. Phys. Chem. C*. 112, pp. 11265–11271.
- [24]. Goia D. V. (2004). Preparation and Formation Mechanisms of Uniform Metallic Particles in Homogeneous Solutions, *J. Mater. Chem.* 14, pp. 451–458.
- [25]. Baruah B., Gregory J. G., Michelle J. A., and Matthew E. B (2013). Facile Synthesis of Silver Nanoparticles Stabilized by Cationic Polynorbornenes and Their Catalytic Activity in 4-Nitrophenol Reduction, *American Chemical Society* 29, pp. 4225–4234.
- [26]. Ma T., Yang W., Liu S., Zhang H. and Liang F (2017). A Comparison Reduction of 4-Nitrophenol by Gold Nanospheres and Gold Nanostars, *Catalysts* 7 (38), pp. 1-10.

CATALYTIC ACTIVITY OF MULTI-BRANCHED GOLD NANOPARTICLES

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

¹ Faculty of Natural Science, Dong Nai University

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

*Email: phannudiem@gmail.com

ABSTRACT

In this article, a simple method for the preparation of multi-branched gold nanoparticles from an aqueous solution of silver seeds, cetyl-trimethylammonium bromide (CTAB), HAuCl₄, and Pluronic F-127 was described. It was found that morphologies and sizes of gold nanostructures (AuNPs) to depend strongly on such experimental parameters including the concentrations of Pluronic F-127 and Au³⁺. The products were characterized by transmission electron microscopy (TEM). In addition, the multi – branched AuNPs were found to serve as an effective catalyst for the reduction of 4-nitrophenol (4-NP) to 4-aminophenol (4-AP) in the presence of NaBH₄. Kinetic data have been obtained from monitoring the concentrations of 4-NP and BH₄⁻ by UV-vis spectroscopy.

Keywords: catalytic activity, multi – branched gold nano, Pluronic F-127.



Phan Hà Nữ Diễm sinh ngày 20/10/1977 tại Bình Định. Năm 1999, bà tốt nghiệp cử nhân ngành Hóa tại Trường Đại học Sư phạm Qui Nhơn. Năm 2011, bà tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Hóa phân tích tại Trường Đại học Sư phạm Huế. Từ năm 2015 đến nay, bà giảng dạy tại Trường Đại học Đồng Nai.

Lĩnh vực nghiên cứu: hóa phân tích và vật liệu nano



Trần Thúc Bình sinh ngày 22/04/1962 tại Hà Tĩnh. Năm 1988, ông tốt nghiệp cử nhân chuyên ngành Hóa tại Trường Đại học Tổng hợp Huế. Năm 2003, ông tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành Hóa phân tích tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội. Năm 2010, ông được nhà nước công nhận Phó giáo sư chuyên ngành Hóa phân tích. Từ năm 1989 đến nay, ông giảng dạy tại Trường Đại học Tổng hợp Huế, nay gọi là Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: hóa phân tích, đặc biệt trong lĩnh vực phân tích quang phổ hấp thụ phân tử xác định đồng thời nhiều chất có phổ hấp thụ xen phủ nhau.



Trần Thái Hòa sinh năm 1955 tại Hà Tĩnh. Năm 1977, ông tốt nghiệp cử nhân ngành Hóa tại Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội. Năm 2001, ông tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành Hóa lý thuyết và hóa lý tại Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Hà nội. Năm 2005, ông được nhà nước công nhận Phó giáo sư. Năm 2013, ông được nhà nước công nhận giáo sư, chuyên ngành Hóa lý thuyết và Hóa lý. Từ năm 1978 đến nay, ông giảng dạy tại Trường Đại học Tổng hợp Huế, nay gọi là Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: hóa lý ứng dụng, vật liệu nano, hóa lý thuyết và hóa tin.

