

TỔNG HỢP VẬT LIỆU VÀNG NANO/GRAPHENE OXIDE DẠNG KHỬ VÀ KHẢO SÁT ĐẶC TÍNH ĐIỆN HÓA XÁC ĐỊNH ĐỒNG THỜI PARACETAMOL VÀ CHLORPHENIRAMINE MALEATE

Huỳnh Văn Chung^{1,3*}, Đào Thị Cẩm Minh²,
Nguyễn Hải Phong³, Vũ Thị Hồng Nhung¹

¹ Khoa Dược, Trường Đại học Y Dược Buôn Ma Thuột

² Khoa Dược, Trường Đại học Y Dược, Đại học Huế

³Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

*Email: hvchung@bmtuvietnam.com

Ngày nhận bài: 13/5/2025; ngày hoàn thành phản biện: 15/5/2025; ngày duyệt đăng: 10/6/2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu này trình bày quy trình tổng hợp vật liệu nano composite gồm vàng nano (AuNPs) và graphene oxide dạng khử điện hóa (ErGO) bằng phương pháp điện hóa. Đặc điểm cấu trúc và thành phần của vật liệu được xác định thông qua phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR), hiển vi điện tử quét (SEM) và phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX). Vật liệu AuNPs/ErGO được phủ lên điện cực than thủy tinh (GCE) để tạo thành điện cực biến tính AuNPs/ErGO-GCE. Điện cực này được ứng dụng để khảo sát đặc tính điện hóa trong việc xác định đồng thời paracetamol (PAR) và chlorpheniramine maleate (CPM) bằng phương pháp von-ampe hòa tan. Kết quả cho thấy diện tích bề mặt hiệu dụng tăng lên đến 0,058 cm² và tín hiệu dòng đỉnh của PAR và CPM tăng rõ rệt, khẳng định tính khả thi trong phân tích điện hóa thực nghiệm.

Từ khóa: AuNPs, von-ampe, graphene oxide dạng khử, paracetamol, chlorpheniramine maleate.

1. MỞ ĐẦU

Thuốc dùng để điều trị cảm lạnh chứa một số thành phần ở các nồng độ khác nhau với nhiều đặc tính khác nhau như paracetamol và chlorpheniramine maleate. Các thành phần phổ biến trong thuốc trị cảm lạnh bao gồm acetaminophen hay paracetamol (PAR) là thuốc giảm đau, hạ sốt và chlorpheniramine maleate (CPM) là thuốc đối kháng thụ thể H1 (thuốc kháng histamin) [1]. CPM [(RS)-3-(4-chlorophenyl)-3-(2-pyridyl)]

propyl methylamine hydrogen maleate] là thuốc được sử dụng trong việc điều trị dị ứng, viêm mũi, nổi mề đay và hen suyễn. Ngoài ra, PAR [(N-(4-hydroxyphenyl) acetamide)] là một phức hợp có đặc tính giảm đau và hạ sốt [2], tốt hơn đáng kể so với aspirin về mặt kích ứng dạ dày, loét và chảy máu dạ dày.

Hầu hết các loại thuốc chữa cảm lạnh đều chứa một hoặc nhiều thành phần hoạt tính. Đã có một số phương pháp đã được nghiên cứu để xác định PAR và CPM như phương pháp quang phổ [3] HPLC [4] và điện di mao quản (CE) [5]. Các phương pháp quang phổ thường yêu cầu xử lý mẫu trước (ví dụ: chiết xuất, tạo phức, v.v.) có thể tốn nhiều công sức và thời gian. Ngoài ra, các chế phẩm thuốc chống cảm lạnh thông thường được bào chế dưới nhiều dạng khác nhau như viên nén, siro, v.v., và thường chứa hỗn hợp phức tạp các hợp chất chứa nito đóng vai trò là thành phần hoạt tính. Các hợp chất này có mặt với hàm lượng và tỷ lệ rất khác nhau, đồng thời thể hiện sự đa dạng về đặc tính hóa lý cũng như cơ chế tác dụng dược lý. Bên cạnh đó, nhiều hợp chất trong số này có các đặc tính hóa học và vật lý tương đồng, dẫn đến khó khăn trong quá trình tách chiết và phân tích. Đặc biệt, trong phân tích bằng phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC), các hợp chất có tính bazơ này thường tương tác mạnh với các nhóm silanol tự do trên bề mặt pha tĩnh, gây hiện tượng bất đối xứng đỉnh và làm giảm hiệu quả phân tách [5]. Ngoài ra, phần lớn các phương pháp này đòi hỏi chi phí phân tích cao và yêu cầu kỹ thuật phức tạp đối với người thực hiện, so với phương pháp von-ampe hòa tan. Bên cạnh đó, phương pháp von-ampe hòa tan có quy trình chuẩn bị mẫu tương đối đơn giản, thuận tiện và dễ triển khai trong thực tiễn, đặc biệt phù hợp với các phòng thí nghiệm có điều kiện trang thiết bị hạn chế hoặc trong các ứng dụng phân tích nhanh hiện trường. Tuy nhiên để xác định đồng thời PAR và CPM các công trình nghiên cứu là rất ít. Tác giả Yazan Z., và cộng sự đã sử dụng điện cực biến tính AuNP-p(L-met)/PGE để xác định đồng thời ascorbic acid (AA), paracetamol (PAR), chlorpheniramine maleate (CPM) và caffeine (CF) [6] với giới hạn phát hiện lần lượt là 3.03 μM ; 0.95 μM ; 2.92 μM và 2.50 μM . Samadi M. A. và cộng sự đã tiến hành xác định đồng thời paracetamol (PAR), Phenylephrine Hydrochloride (PHE) và Chlorpheniramine maleate (CPM) với giới hạn phát hiện là 240 μM , 6.4 μM và 16 μM dùng Nickel Phosphate Nanoparticles để biến tính điện cực Carbon Past [7].

Trong nghiên cứu này chúng tôi tiến hành tổng hợp vật liệu AuNPs/ErGO để biến tính lên bề mặt điện cực than thủy tinh (GCE) nhằm khảo sát đặc tính điện hóa với mục đích đa dạng hóa vật liệu biến tính để xác định đồng thời PAR và CPM bằng phương pháp von-ampe hòa tan.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hóa chất

Graphite bột ($\Phi < 20 \mu\text{m}$, Sigma-Aldrich, Hoa Kỳ), acid sulfuric (H_2SO_4 98%, Merck, Đức), acid phosphoric (H_3PO_4 85%, Merck, Đức), potassium permanganate (KMnO_4 99%, Scharlau, Tây Ban Nha), acid hydro chloric (HCl 37%, Merck, Đức) và hydro peroxide (H_2O_2 30%, Merck, Đức) được sử dụng để tổng hợp vật liệu graphite oxide. $\text{AuCl}_3 \cdot \text{HCl}$ (Sigma-Aldrich, Đức), paracetamol (PAR), (100,0 %) và chlorpheniramine maleate (CPM), (97,65 %) được mua từ Viện Kiểm nghiệm Thuốc Trung ương (NIDQC).

Dung dịch đệm Britton-Robinson 0,25 M được chuẩn bị bằng cách cho lần lượt 14,3 mL axit axetic tinh khiết (CH_3COOH băng, Merck, Đức), 15,46 g axit boric (H_3BO_3 , Merck, Đức) và 17,2 mL axit phosphoric 85% (H_3PO_4 85%, Merck, Đức) vào cốc có mỏ dung tích 1000 mL. Thêm khoảng 800 mL nước cất, khuấy đều đến khi các chất tan hoàn toàn, sau đó điều chỉnh pH dung dịch đến 7,00 bằng cách nhỏ từ từ dung dịch NaOH 0,1 M, đồng thời khuấy đều và theo dõi pH bằng thiết bị đo pH. Khi đạt pH yêu cầu, chuyển toàn bộ dung dịch vào bình định mức 1000 mL và thêm nước cất vừa đủ đến vạch định mức.

Dung dịch đệm phosphat 0,25 M được chuẩn bị bằng cách cân chính xác 34,02 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (Merck, Đức) và 24,18 g $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Merck, Đức), sau đó cho vào cốc có mỏ dung tích 1000 mL. Thêm khoảng 800 mL nước cất vào cốc và khuấy đều đến khi các muối tan hoàn toàn. Đo pH dung dịch và điều chỉnh đến pH = 7,00 bằng cách nhỏ từ từ dung dịch NaOH 0,1 M hoặc dung dịch H_3PO_4 0,1 M, đồng thời khuấy đều và theo dõi pH bằng thiết bị đo pH. Khi đạt pH yêu cầu, chuyển toàn bộ dung dịch vào bình định mức 1000 mL và thêm nước cất vừa đủ đến vạch định mức.

Dung dịch hỗn hợp $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 5 mM được chuẩn bị với tỷ lệ mol 1:1 bằng cách cân chính xác 0,824 g $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (Merck, Đức) và 1,056 g $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Merck, Đức), sau đó cho vào cốc có mỏ dung tích 500 mL. Thêm khoảng 400 mL dung dịch KCl 0,1 M vào và khuấy đều cho đến khi các hóa chất tan hoàn toàn. Chuyển toàn bộ dung dịch vào bình định mức 500 mL và thêm tiếp dung dịch KCl 0,1 M vừa đủ đến vạch định mức. Dung dịch sau khi chuẩn bị được bảo quản trong bình tối màu để hạn chế sự phân hủy dưới tác động của ánh sáng.

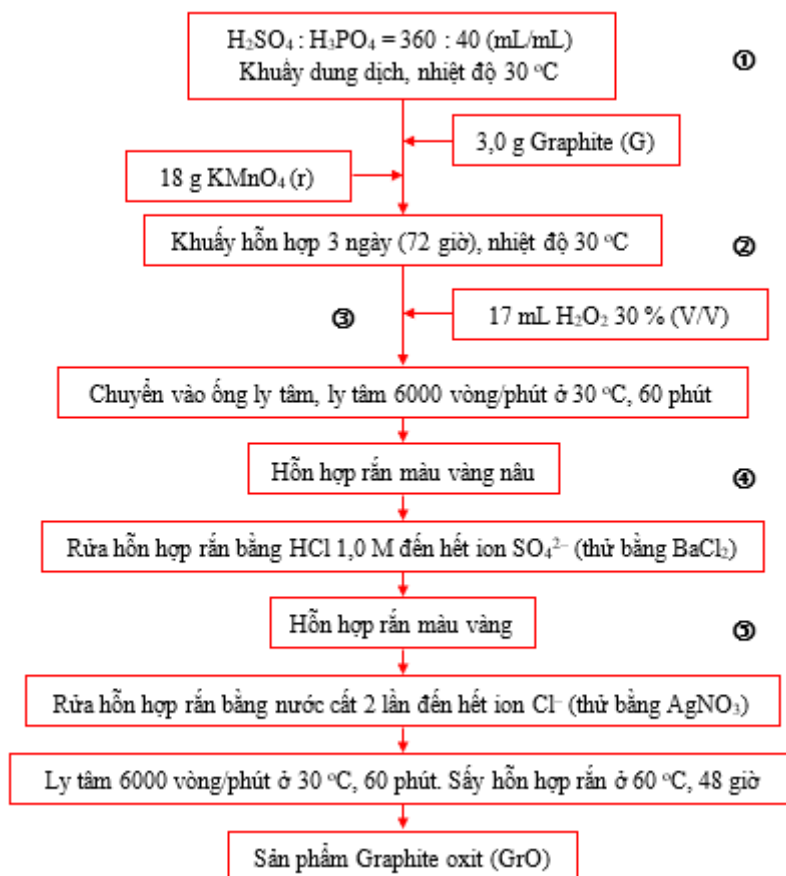
2.2. Thiết bị

Phổ hồng ngoại (hồng ngoại biến đổi Fourier, FT-IR) được ghi trên thiết bị IR Prestige-21, Shimadzu. Kính hiển vi điện tử quét (SEM) được thực hiện bằng Hitachi S-4800, Nhật Bản và phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX) được thực hiện trên máy phân tích Horiba 7593-H, Anh.

Các phương pháp phân tích điện hóa như von-ampe vòng (CV) được thực hiện trên thiết bị Metrohm 797 (Thụy Sĩ) với hệ thống ba điện cực. Điện cực làm việc là điện cực carbon thủy tinh (GCE) và là điện cực cơ sở để biến tính vật liệu. Điện cực đối là điện cực bạch kim và điện cực so sánh $\text{Ag}|\text{AgCl}|\text{KCl } 3 \text{ M}$.

2.3. Tổng hợp vật liệu.

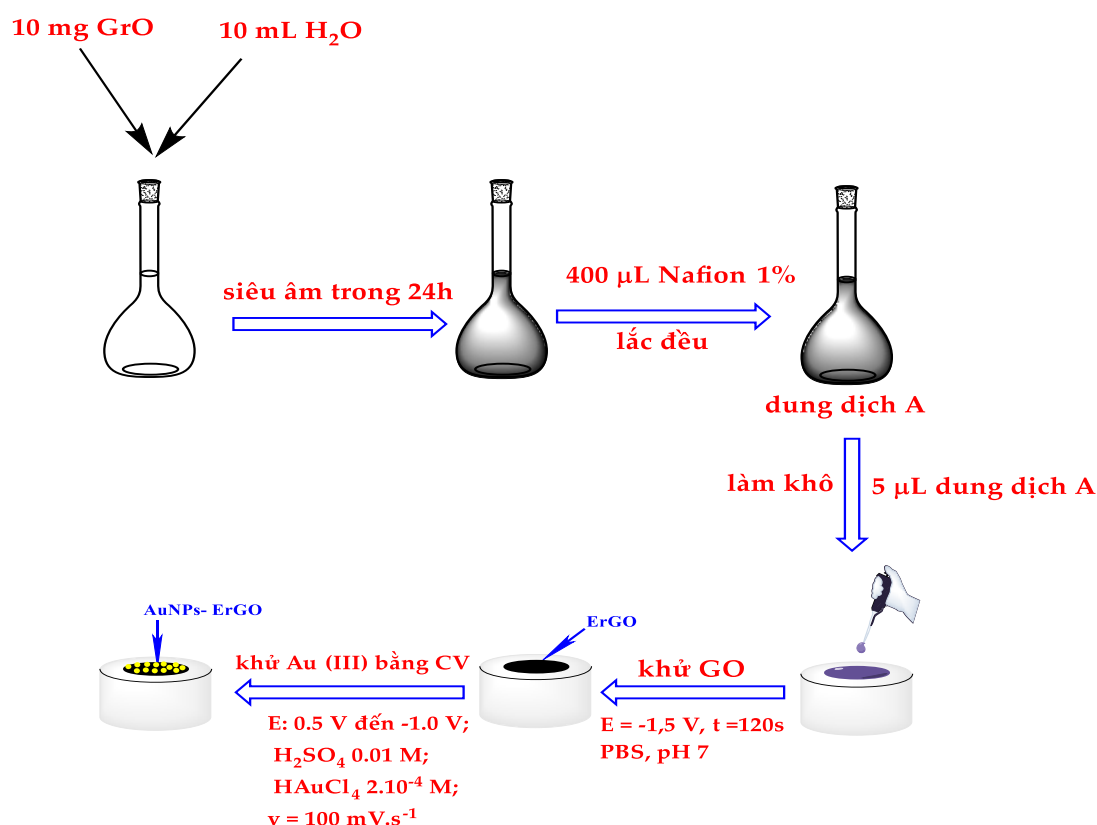
Graphite oxit được tổng hợp từ bột graphite theo phương pháp Hummers cải tiến theo sơ đồ 1 [8]. GCE được làm sạch cẩn thận bằng bột Al_2O_3 $0,05 \mu\text{m}$ và $0,03 \mu\text{m}$. Sau đó, GCE được ngâm trong dung dịch HNO_3 2 M, ethanol và nước cất hai lần. Cân chính xác 10 mg graphite oxide chuyển vào 10 mL nước cất và siêu âm trong 24 giờ để tạo thành hỗn dịch gọi là graphene oxide (GO) với nồng độ $1,0 \text{ mg.mL}^{-1}$. Tiếp theo, thêm 400 μL Nafion 1%, chất kết dính và chất ổn định [9], được thêm vào 10 mL hỗn dịch GO (hỗn dịch A). Sau đó, hút chính xác 5 μL hỗn dịch A phủ lên bề mặt GCE đã làm sạch và sấy khô dưới đèn hồng ngoại cho đến khi toàn bộ dung môi bay hơi.



Sơ đồ 1. Quy trình tổng hợp graphite oxide theo phương pháp hummers cải tiến

Điện cực biến tính GO-GCE được khử điện hóa bằng phương pháp đo điện thế theo thời gian trong dung dịch đệm phosphate (PBS) 0,1 M pH 7 với điện thế -1,5 V và thời gian 120 giây để thu được ErGO-GCE [10]. Sau đó, thay dung dịch điện ly này bằng

dung dịch chứa 0,01 M H_2SO_4 và 2×10^{-4} M HAuCl_4 . Quá trình khử AuNPs lên bề mặt điện cực được thực hiện bằng phương pháp đo CV với 10 vòng từ -1,0 V đến +0,5 V so với điện cực so sánh $\text{Ag}/\text{AgCl}|\text{KCl}$ 3 M với tốc độ 100 mV.s^{-1} (quá trình tổng hợp vật liệu AuNPs/ErGO được mô tả theo sơ đồ 2) [11]. Cuối cùng điện cực được rửa sạch bằng nước cất, sẵn sàng sử dụng và được ký hiệu là AuNPs/ErGO-GCE. Các mẫu vật liệu ErGO và AuNPs với số lượng lớn để phân tích đặc tính lý hóa đã được chuẩn bị bằng phương pháp điện hóa với các điều kiện thực nghiệm tương tự. Riêng đối với vật liệu AuNPs/GO, AuNPs được tổng hợp bằng phương pháp điện hóa và trộn với GO (AuNPs:GO = 1:10).



Sơ đồ 2. Quy trình tổng hợp AuNPs/ErGO bằng phương pháp điện hóa

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

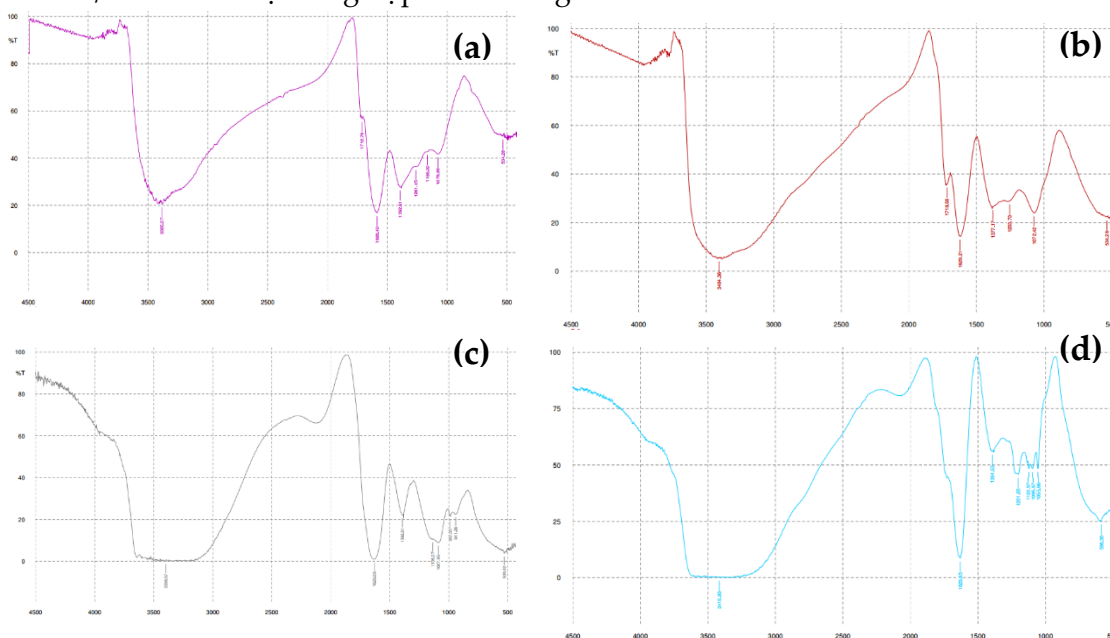
3.1. Đặc trưng vật liệu

Phương pháp phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) được sử dụng để xác định các nhóm chức trong cấu trúc của bốn vật liệu nghiên cứu được trình bày trong Hình 1. Tại dải số sóng từ 3000 cm^{-1} đến 3600 cm^{-1} là dao động đặc trưng của nhóm $-\text{OH}$, cho thấy sự tồn tại của phân tử H_2O còn lưu giữ trong các vật liệu. Tại số sóng $1718,6 \text{ cm}^{-1}$ được đặc trưng cho liên kết ($\text{C}=\text{O}$) trong nhóm chức carbonyl và carboxyl. Tuy nhiên đối

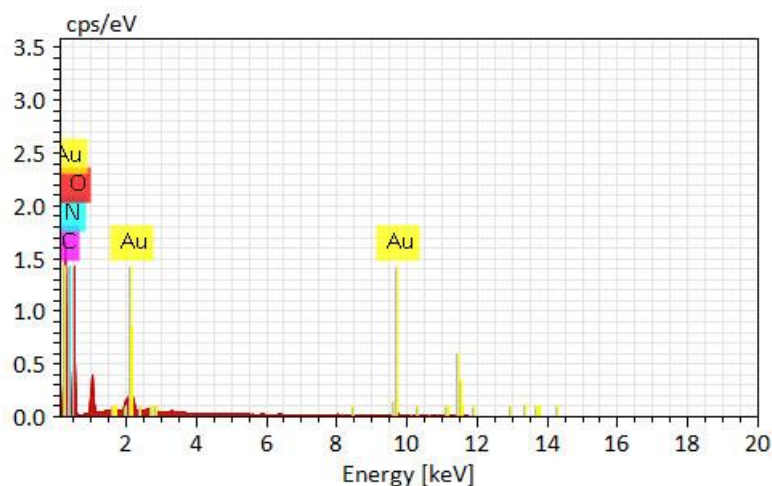
với hai vật liệu AuNPs/GO (hình 1c) và AuNPs/ErGO (hình 1d) không thấy xuất hiện peak tại $1718,6\text{ cm}^{-1}$ có thể là do vật liệu AuNPs đã che lấp. Liên kết C–O trong nhóm COO^- được thể hiện ở số sóng $1392,6\text{ cm}^{-1}$, trong khi liên kết đôi của Csp^2 (alken, $-\text{C}=\text{C}-$) trong vòng thơm của tấm GO (hình 1a) và ErGO (hình 1b) được ghi nhận ở số sóng $1585,5\text{ cm}^{-1}$. Dao động kéo dài của liên kết $-\text{C}-\text{O}$ của nhóm alkoxy có thể được quan sát ở hai số sóng là $1076,3$ và $1055,1\text{ cm}^{-1}$ [12]. Mặc dù peak chưa rõ rệt, nhưng tín hiệu tại số sóng $586,4\text{ cm}^{-1}$ đều xuất hiện ở hai vật liệu AuNPs/GO (hình 1c) và AuNPs/ErGO (hình 1d) có thể cho thấy AuNPs đã có mặt trong vật liệu composite.

Để xác định chính xác thành phần nguyên tố trong vật liệu, phép phân tích phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX) đã được thực hiện, như trình bày trong Hình 2. Kết quả phân tích cho thấy các nguyên tố carbon, oxy, nito và vàng có mặt trong mẫu vật liệu. Điều này xác nhận rằng các hạt nano vàng (AuNPs) đã được gắn thành công lên các tấm ErGO.

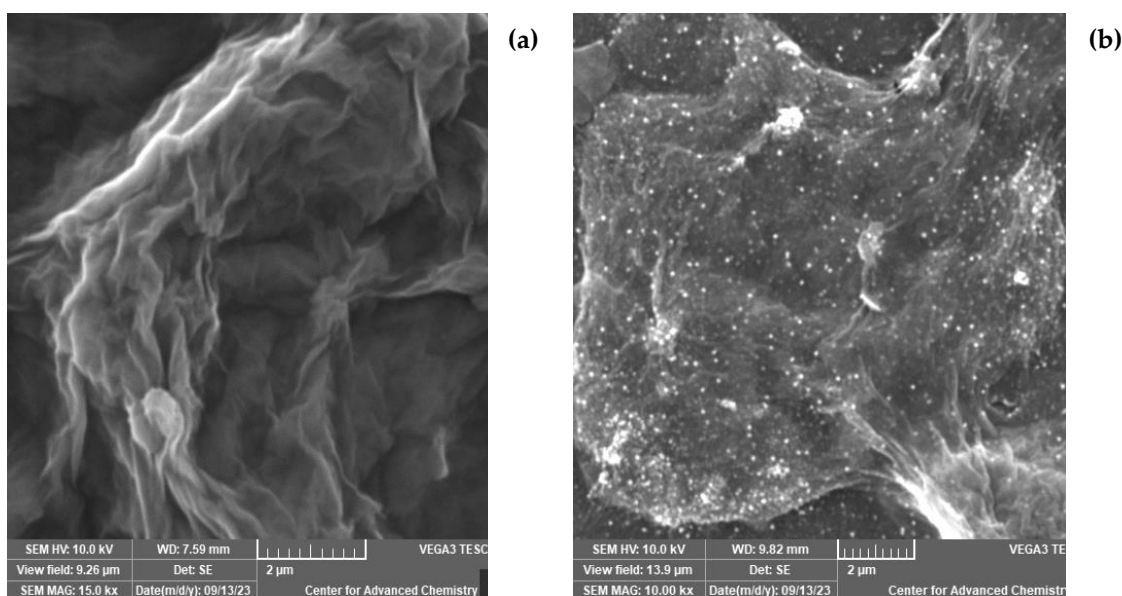
Dựa vào ảnh SEM hình 3a của ErGO, kết quả cho thấy ErGO ở dạng vảy rõ rệt với các nếp nhăn nhẹ được sắp xếp ngẫu nhiên và không xuất hiện các chấm trắng. Trong khi đó, trên Hình 3b thể hiện trên bề mặt các tấm graphene oxide dạng khử xuất hiện các chấm trắng với kích thước tương đối đồng đều và phân bố đều trên bề mặt vật liệu. Kết hợp với phổ EDX (Hình 2), có thể xác định rằng các chấm trắng xuất hiện trên Hình 3b chính là các hạt nano vàng (AuNPs). Vì vậy, có thể kết luận rằng vật liệu AuNPs/ErGO đã được tổng hợp thành công.



Hình 1. Phổ FT-IR của GO (a), ErGO (b), AuNPs/GO (c), AuNPs/ErGO (d)



Hình 2. Phổ EDX của vật liệu AuNPs/ErGO



Hình 3. Ảnh SEM vật liệu ErGO với độ phóng đại 15.000 lần được chụp ở hiệu điện thế gia tốc 10,0 kV, khoảng cách làm việc 7,59 mm (a) và ảnh SEM của vật liệu AuNPs/ErGO độ phóng đại 10.000 lần được chụp ở hiệu điện thế gia tốc 10,0 kV, khoảng cách làm việc 9,82 mm (b)

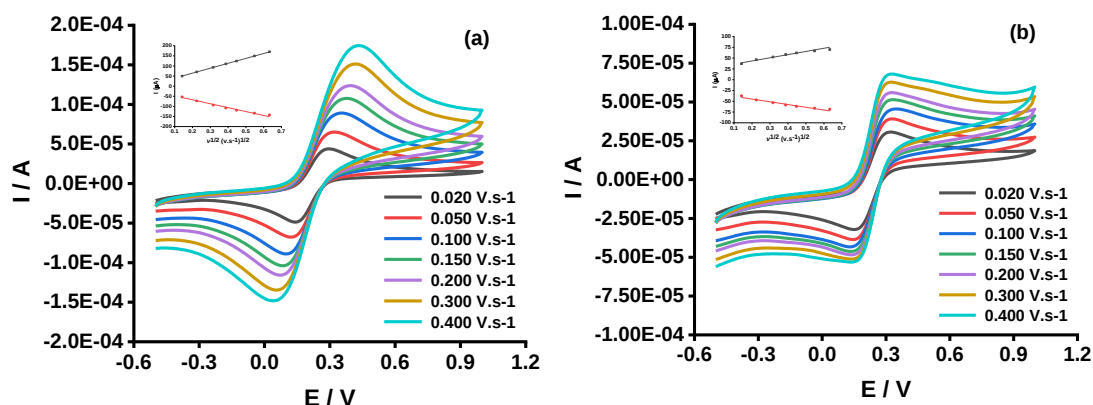
3.2. Khảo sát đặc tính điện hóa.

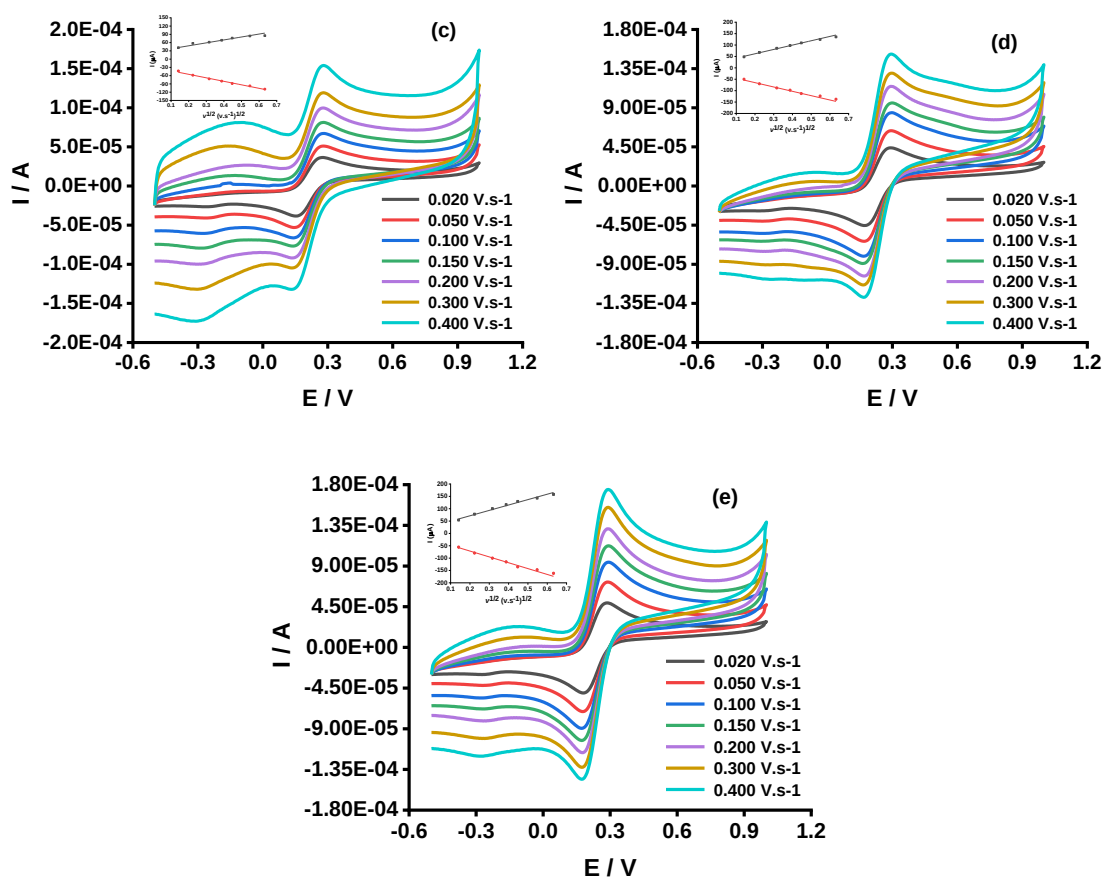
Diện tích bề mặt hiệu dụng của điện cực làm việc được xác định dựa trên phương trình Randles-Sevcik, áp dụng cho hệ thuận nghịch $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4}$ 5 mM trong dung dịch chất điện ly KCl 0,1 M [13]. Phương trình được sử dụng có dạng như sau:

$$I_p = 2,69 \times 10^5 \times n^{3/2} \times A \times D^{1/2} \times C_0 \times v^{1/2}$$

Với v là tốc độ quét (V.s^{-1}), n là số electron chuyển đổi, A là diện tích bề mặt hiệu dụng của điện cực (cm^2), C_0 là nồng độ của dung dịch $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4}$ (mM), D là hệ số khuếch tán ($\text{cm}^2.\text{s}^{-1}$).

Khi xác định diện tích bề mặt hiệu dụng của năm loại điện cực gồm GCE, GO-GCE, ErGO-GCE, AuNPs/GO-GCE và AuNPs/ErGO-GCE, các kết quả thu được từ phép đo von-ampe vòng (CV) đều cho thấy đặc tính của hệ thuận nghịch, với tỷ số dòng đỉnh anode (I_{PA}) và cathode (I_{PC}) xấp xỉ 1 đơn vị ở các tốc độ quét khác nhau (Hình 4). Diện tích bề mặt hiệu dụng được tính toán riêng biệt từ dòng anode (A_{anode}) và cathode ($A_{cathode}$) cho thấy xu hướng biến thiên tương đồng giữa các điện cực, với giá trị tăng dần từ GO-GCE đến AuNPs(CV)/ErGO(it)-GCE (Bảng 1). Trong đó, điện cực AuNPs(CV)/ErGO(it)-GCE cho giá trị cao nhất, đạt 0,0563 cm² (anode) và 0,0584 cm² (cathode), phản ánh khả năng trao đổi electron vượt trội so với các điện cực còn lại. Sự khác biệt về diện tích bề mặt hiệu dụng giữa các điện cực chủ yếu bắt nguồn từ bản chất hóa học và cấu trúc của các vật liệu biến tính. Các vật liệu chứa GO (như GO-GCE và AuNPs/GO-GCE) thường vẫn còn nhiều nhóm chức chứa oxy (–COOH, –OH, epoxy) tồn tại trên bề mặt, gây cản trở quá trình dẫn điện và làm giảm mật độ vùng hoạt hóa điện hóa. Trong khi đó, vật liệu ErGO, thu được thông qua quá trình khử điện hóa, đã loại bỏ phần lớn các nhóm chức này, đồng thời phục hồi mạng sp² liên hợp, giúp nâng cao đáng kể tính dẫn điện và khả năng phản ứng điện hóa bề mặt [14]. Đặc biệt, khi tích hợp các hạt nano vàng (AuNPs) vào nền ErGO để tạo thành vật liệu composite AuNPs/ErGO, hiệu suất hoạt động điện hóa được cải thiện rõ rệt nhờ hiệu ứng cộng hưởng giữa hai thành phần: tính dẫn điện cao của AuNPs và bề mặt hoạt hóa giàu khuyết tật của ErGO. Thêm vào đó, hình ảnh hiển vi điện tử (Hình 3b) cho thấy các hạt AuNPs phân bố đồng đều trên nền ErGO, cho thấy sự đồng nhất cao của vật liệu, là yếu tố quan trọng giúp đảm bảo tín hiệu điện hóa có độ lặp lại tốt [11]. Với diện tích bề mặt hiệu dụng của điện cực AuNPs/ErGO-GCE là một trong những cơ sở để có thể nhận định rằng khả năng tín hiệu hòa tan của PAR và CPM tốt nhất khi sử dụng vật liệu AuNPs/ErGO.



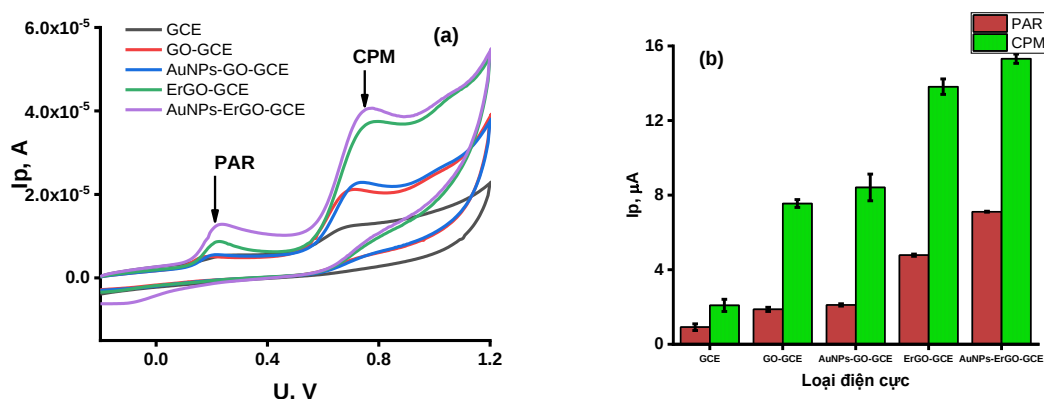


Hình 4. Các đường von-ampe vòng của dung dịch $[\text{Fe}(\text{CN})_6]/\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-/4-}$ 5 mM ở các điện cực GCE (a), GO-GCE (b), ErGO-GCE (c), AuNPs-GO-GCE (d), AuNPs-ErGO-GCE (e); ảnh nhỏ là đường biểu diễn mối tương quan giữa cường độ dòng đỉnh anode và cathode với căn bậc 2 tốc độ quét

ĐKTN: khoảng quét thế từ -0,5 V đến +1,0 V và v : 0,1 V.s⁻¹ trong dung dịch $[\text{Fe}(\text{CN})_6]/\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-/4-}$ 5 mM và KCl 0,1 M.

Bảng 1. Diện tích bề mặt hiệu dụng các loại điện cực

Các loại điện cực	$A_{\text{anode}} (\text{cm}^2)$	$A_{\text{cathode}} (\text{cm}^2)$
GCE	0,0358	0,0361
GO-GCE	0,0178	0,0167
ErGO(it)-GCE	0,0445	0,0417
AuNPs(CV)/GO-GCE	0,0479	0,0472
AuNPs(CV)/ErGO(it)-GCE	0,0563	0,0584



Hình 5. Các đường CV (a) và sự biến thiên I_p của PAR và CPM với các kiểu điện cực biến tính khác nhau trên điện cực nền glassy carbon (b).

ĐKTN: E_{acc} : -0.5 V, t_{acc} : 60 s, khoảng quét thế từ -0,2 V đến +1,2 V, v : 0,100 V.s⁻¹, đệm BR 0,05 M, pH = 7, C_{PAR} = 70 μM, C_{CPM} = 54 μM.

Nhằm đánh giá tiềm năng ứng dụng của vật liệu AuNPs/ErGO-GCE trong phân tích đồng thời PAR và CPM, phép đo CV đã được thực hiện trên các điện cực biến tính khác nhau, kết quả thể hiện tại Hình 5. Quan sát Hình 5a cho thấy tất cả các điện cực khảo sát đều cho phép phát hiện đồng thời hai chất PAR và CPM, đồng thời các đường cong von-ampe chỉ ra rằng quá trình oxi hóa - khử trên bề mặt điện cực trong phép đo là quá trình bất thuận nghịch. Dữ liệu từ Hình 5b cho thấy cường độ dòng đỉnh (I_p) của PAR và CPM tăng dần theo thứ tự: GCE < GO-GCE < AuNPs/GO-GCE < ErGO-GCE < AuNPs/ErGO-GCE, phù hợp với xu hướng gia tăng diện tích bề mặt hiệu dụng của các điện cực. Riêng với GCE, dù có diện tích bề mặt hiệu dụng lớn hơn GO-GCE, nhưng tín hiệu dòng hòa tan lại thấp hơn, điều này được cho là do cơ chế hấp phụ đóng vai trò chi phối trong quá trình điện hóa. Khi điện cực được biến tính thêm với vật liệu ErGO, khả năng hấp phụ được cải thiện, góp phần làm tăng đáng kể tín hiệu dòng của PAR và CPM. Do đó, việc sử dụng điện cực AuNPs/ErGO-GCE giúp cải thiện hiệu quả quá trình phân tích, cho tín hiệu dòng cao hơn đáng kể so với điện cực GCE.

4. KẾT LUẬN

Đã tổng hợp thành công vật liệu AuNPs/ErGO bằng phương pháp điện hóa. Kết quả đặc trưng vật liệu cho thấy các hạt AuNPs đã được gắn lên vật liệu và được phân bố tương đối đều, khảo sát một số đặc tính điện hóa cho thấy điện cực than thủy tinh được biến tính với vật liệu AuNPs/ErGO có diện tích bề mặt hiệu dụng lớn nhất so với các điện cực khác. Ngoài ra khi tiến hành khảo sát đặc tính điện hóa với PAR và CPM cho thấy tín hiệu cao nhất với độ lệch chuẩn tương đối đối nhỏ. Trong tương lai, nhóm nghiên cứu sẽ tiến hành đánh giá hiệu quả của điện cực AuNPs/ErGO-GCE trên các mẫu

thực tế, đồng thời khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố như pH, nồng độ nền và các chất gây nhiễu đến tín hiệu phân tích. Bên cạnh đó, việc mở rộng ứng dụng của điện cực này trong phát hiện các hợp chất có cấu trúc tương đồng cũng được xem là một hướng nghiên cứu đầy tiềm năng.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện với sự tài trợ của Bộ Giáo dục và Đào tạo từ Đề tài Khoa học và Công nghệ cấp Bộ có mã số B2023-DHH-10

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. García, F. J. Rupérez, A. Marín, A. de la Maza, and C. Barbas (2003). Poly(ethyleneglycol) column for the determination of acetaminophen, phenylephrine and chlorpheniramine in pharmaceutical formulations," *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*, vol. 785, no. 2, pp. 237-43.
- [2] Bộ Y Tế (2007). *Dược thư quốc gia Việt Nam*. Nhà xuất bản Y học Hà Nội.
- [3] M. R. Khoshayand, H. Abdollahi, A. Ghaffari, M. Shariatpanahi, and H. Farzanegan (2010). Simultaneous spectrophotometric determination of paracetamol, phenylephrine and chlorpheniramine in pharmaceuticals using chemometric approaches," *Daru*, vol. 18, no. 4, pp. 292-297.
- [4] A. Acheampong, W. O. Gyasi, G. Darko, J. Apau, and S. Addai-Arhin (2016). Validated RP-HPLC method for simultaneous determination and quantification of chlorpheniramine maleate, paracetamol and caffeine in tablet formulation," *Springerplus*, vol. 5, pp. 625.
- [5] L. Suntornsuk, O. Pipitharome, and P. Wilairat (2003). Simultaneous determination of paracetamol and chlorpheniramine maleate by micellar electrokinetic chromatography," *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, vol. 33, no. 3, pp. 441-449.
- [6] D. Eskiköy Bayraktepe, E. K. İnal, and Z. Yazan (2021). Preparation and characterization of a pencil graphite electrode modified with gold nanoparticles decorated poly (L-methionine) and its use in the simultaneous sensitive electrochemical analysis of ascorbic acid, acetaminophen, chlorpheniramine maleate, and caffeine," *Microchemical Journal*, vol. 171, pp. 106812.
- [7] A. Samadi-Maybodi, S. K. Hassaninejad-Darzi, H. Nejad-Darzi, and H. Ilkhani (2011). A New Sensor for Determination of Paracetamol, Phenylephrine Hydrochloride and Chlorpheniramine Maleate in Pharmaceutical Samples Using Nickel Phosphate Nanoparticles Modified Carbon Past Electrode," *analytical and bioanalytical electrochemistry*, vol. 3, pp. 134-145.
- [8] W. S. Hummers, Jr., and R. E. Offeman (1958). Preparation of Graphitic Oxide," *Journal of the American Chemical Society*, vol. 80, no. 6, pp. 1339-1339.

- [9] J. Li, H. Shen, S. Yu, G. Zhang, C. Ren, X. Hu, and Z. Yang (2020). Synthesis of a manganese dioxide nanorod-anchored graphene oxide composite for highly sensitive electrochemical sensing of dopamine," *Analyst*, vol. 145, no. 9, pp. 3283-3288.
- [10] S. Cheemalapati, S. Palanisamy, and S.-M. Chen (2013). Electrochemical Determination of Isoniazid at Electrochemically reduced graphene oxide modified Electrode," *International Journal of Electrochemical Science*, vol. 8, no. 3, pp. 3953-3962.
- [11] Y.-H. Chen, R. Kirankumar, C.-L. Kao, and P.-Y. Chen (2016). Electrodeposited Ag, Au, and AuAg nanoparticles on graphene oxide-modified screen-printed carbon electrodes for the voltammetric determination of free sulfide in alkaline solutions," *Electrochimica Acta*, vol. 205, pp. 124-131.
- [12] S. Y. Toh, K. S. Loh, S. K. Kamarudin, and W. R. W. Daud (2014). Graphene production via electrochemical reduction of graphene oxide: Synthesis and characterisation," *Chemical Engineering Journal*, vol. 251, pp. 422-434.
- [13] J. Wang (2006). *Analytical electrochemistry*. Publisher John Wiley & Sons, USA.
- [14] D. Karačić, S. J. Gutić, B. Vasić, V. M. Mirsky, N. V. Skorodumova, S. V. Mentus, and I. A. Pašti (2022). Electrochemical reduction of thin graphene-oxide films in aqueous solutions – Restoration of conductivity," *Electrochimica Acta*, vol. 410, pp. 140046.

SYNTHESIS OF NANO GOLD/ REDUCED GRAPHENE OXIDE AND ELECTROCHEMICAL PROPERTIES FOR SIMULTANEOUS DETERMINATION OF PARACETAMOL AND CHLOPHENIRAMINE MALEATE

Huynh Van Chung^{1,3*}, Dao Thi Cam Minh²,
Nguyen Hai Phong³, Vu Thi Hong Nhung¹

¹ Faculty of Pharmacy, Buon Ma Thuot Medical University

² Faculty of Pharmacy, University of Medicine and Pharmacy, Hue University

³ Faculty of Chemistry, University of Sciences, Hue University

*Email: hvchung@bmtuvietnam.com

ABSTRACT

This study reports the electrochemical synthesis of a nanocomposite composed of gold nanoparticles (AuNPs) and electrochemically reduced graphene oxide (ErGO). The structural characteristics and composition of the material were determined using Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), scanning electron microscopy (SEM), and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX). The resulting AuNPs/ErGO nanocomposite was used to modify a glassy carbon electrode (GCE), forming the AuNPs/ErGO-GCE, which was employed to investigate the electrochemical behavior associated with the simultaneous detection of paracetamol (PAR) and chlorpheniramine maleate (CPM) using voltammetric methods. The modified electrode exhibited an enhanced effective surface area (up to 0.058 cm²) and significantly improved oxidation peak currents for both analytes, demonstrating its potential for sensitive and efficient electrochemical sensing applications.

Key words: AuNPs, voltammetric, reduced graphene oxide, paracetamol, chlorpheniramine maleate.



Huỳnh Văn Chung sinh năm 1990. Ông tốt nghiệp Đại học tại trường Đại học Quy Nhơn (sư phạm hóa) năm 2012; Nhận bằng thạc sĩ Hóa phân tích tại Đại học Khoa học – Đại học Huế năm 2016. Từ năm 2016 tới nay công tác tại Khoa Dược – Đại học Y Dược Buôn Ma Thuột.

Lĩnh vực nghiên cứu: Phân tích điện hóa, Phân tích sắc ký.



Nguyễn Hải Phong sinh ngày 23/05/1962 tại Hà Nội. Ông tốt nghiệp cử nhân Hóa học tại trường Đại học Tổng hợp Huế (nay là trường Đại học Khoa học, Đại học Huế) năm 1984. Năm 2003, ông tốt nghiệp Thạc sĩ chuyên ngành Hóa học Phân tích tại trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế. Ông nhận bằng Tiến sĩ năm 2011 tại trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc Gia Hà Nội. Năm 2018, Ông được Hội đồng chức danh Nhà nước công nhận đạt chuẩn Phó Giáo sư. Từ năm 1984 đến nay công tác tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Phân tích điện hóa, Đánh giá ô nhiễm kim loại độc trong trầm tích và Đánh giá chất lượng nước.



Đào Thị Cẩm Minh sinh năm 1983. Bà tốt nghiệp Dược sĩ Đại học tại trường Đại học Y Dược, Đại học Huế năm 2006. Năm 2010, bà tốt nghiệp Thạc sĩ chuyên ngành kiểm nghiệm thuốc và độc chất tại trường Đại học Dược Hà Nội. Bà nhận bằng Tiến sĩ năm 2019 tại trường Đại học Dược Hà Nội. Từ năm 2006 đến nay công tác tại Trường Đại học Y Dược, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Phân tích điện hóa, Phân tích sắc ký.



Vũ Thị Hồng Nhung sinh năm 1991. Bà tốt nghiệp Đại học tại trường Đại học sư phạm - Đại học Đà Nẵng (Cử nhân Hóa Dược) năm 2013; Nhận bằng thạc sĩ Hóa hữu cơ tại trường Đại học sư phạm - Đại học Đà Nẵng năm 2018. Từ năm 2015 tới nay, bà công tác tại Khoa Dược – Đại học Y Dược Buôn Ma Thuột.

Lĩnh vực nghiên cứu: Chiết tách hợp chất hữu cơ; Tổng hợp hợp chất hữu cơ.