

**XÁC ĐỊNH ACID ASCORBIC, PARACETAMOL VÀ CAFFEIN
BẰNG KỸ THUẬT VON-AMPE HÒA TAN ANOT XUNG VI PHÂN
SỬ DỤNG ĐIỆN CỰC BIẾN TÍNH BẰNG GRAPHEN OXIT DẠNG KHỬ**

**Trần Thanh Tâm Toàn^{1*}, Hoàng Trọng Nhân², Bùi Đức Điệp¹,
Mai Xuân Tịnh¹, Nguyễn Hải Phong¹**

¹Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

²Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế

*Email: tranthanhtamtoan@gmail.com

Ngày nhận bài: 4/9/2018; ngày hoàn thành phản biện: 01/10/2018; ngày duyệt đăng: 10/12/2018

TÓM TẮT

Graphen oxit (GO) được khử bằng tác nhân hydrazine thành GO dạng khử (chemically reduced graphene oxide – CRGO) để biến tính điện cực nền than thủy tinh (glassy carbon electrode – GCE) . Kỹ thuật von-ampe hòa tan anot xung vi phân (Differential Pulse Anodic Stripping Voltammetry DPV-ASV) được sử dụng để xác định đồng thời acid ascorbic (AA), paracetamol (PA) and caffein (CA) với giới hạn phát hiện (limit of detection-LOD) của AA, PA và CA lần lượt là 50, 69, 323 μM và giới hạn định lượng (limit of quantitation-LOQ) là 151, 208, 970 μM .

Từ khóa: acid ascorbic, caffein, graphen oxit dạng khử, paracetamol.

1. MỞ ĐẦU

Acid ascorbic (vitamin C, AA), paracetamol (acetaminophene hay N-acetyl-p-aminophenol, PA) và caffein (CA) là ba thành phần chủ yếu trong các loại thuốc giảm đau, hạ sốt như Panadol, Hapacol,...AA là một loại vitamin đóng vai quan trọng trong tế bào động vật có vú, nếu thiếu vitamin C cơ thể sẽ mất dần sức đề kháng và có nguy cơ dẫn tới tử vong. Hầu hết các loài động vật đều có thể tự tổng hợp vitamin C từ glucose; tuy nhiên, con người và các loài động vật linh trưởng lại không có khả năng này do thiếu enzym gulonolactone oxidase trong quá trình tự tổng hợp [1]. Con người chỉ hấp thụ vitamin C qua con đường thực phẩm và dược phẩm. PA chủ yếu được sử dụng để hạ sốt và giảm đau liên quan đến chứng đau lưng, nhức đầu, viêm khớp và đau sau phẫu thuật. Tuy nhiên, việc sử dụng quá liều PA gây tích tụ chất độc trong gan, có thể gây ra hư gan, đôi khi gây tử vong và gây độc cho thận [2]. CA là một alkaloid thường có trong hạt coca, coca cola, cà phê và lá chè. CA có nhiều tác dụng

được lý như: kích thích việc tiết acid trong dạ dày, lợi tiểu, kích thích tim và hệ thống thần kinh trung ương. Tác dụng kích thích của CA thường làm tăng khả năng hoạt động trí óc và cơ bắp. CA cũng là một loại thuốc được chấp nhận để điều trị giảm huyết áp động mạch. Các thuốc chứa AA, PA và CA có tác dụng giảm đau, kích thích hệ thống thần kinh trung ương và tăng khả năng đề kháng, nhưng khi dùng quá liều các loại thuốc này sẽ dẫn đến nôn mửa, nhịp tim không đều, buồn nôn, các bệnh tim mạch và có nguy cơ gây ung thư [3].

Graphen oxid dạng khử đang được nhiều sự chú ý về khả năng ứng dụng phân tích riêng lẻ và đồng thời một số hợp chất hữu cơ cũng như vô cơ bằng phương pháp phân tích điện hóa [2-4]. Vì vậy, việc sử dụng vật liệu GO dạng khử bằng tác nhân hóa học CRGO để biến tính điện cực (CRGO/GCE) với mục đích xác định AA, PA và CA là hướng nghiên cứu mới và đáng quan tâm [5, 6].

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Thiết bị và hóa chất

Máy phân tích điện hóa CPA – HH5 (Việt Nam).

Bột graphit oxit, kali permanganat (KMnO_4), natri acetat (NaCH_3COO), natri dihydrophosphate (NaH_2PO_4), natri hydrophosphate (Na_2HPO_4), acid acetic (CH_3COOH), paracetamol ($\text{C}_8\text{H}_9\text{NO}_2$, 99%), caffeine ($\text{C}_{18}\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$, 98,5%), và acid ascorbic ($\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_6$, 99,7%) được sản xuất bởi công ty Merck (Germany).

2.2. Tổng hợp graphen oxit dạng khử (CRGO)

Cân 100 mg graphit oxit, thêm 100 mL nước cất và siêu âm trong 2 giờ. Thêm từng giọt dung dịch NaHCO_3 (5%) vào hệ đến pH = 8,5 thu được dung dịch A. Sau đó, hút vào 5 cốc, mỗi cốc 10 mL dung dịch A. Pha dung dịch hỗn hợp gồm: 0,1805 g $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot 2\text{HCl}$; 30 mL H_2O ; 70 mL NH_3 28% được dung dịch B. Trộn dung dịch A và dung dịch B sao cho tỷ lệ khối lượng của graphit oxit và N_2H_4 (Hd) là xác định. Sau khi phản ứng kết thúc, chất rắn được lọc và rửa bằng dung dịch HCl 5%, nước cất và aceton (đến khi pH nước rửa về trung tính), sấy khô ở 110 °C trong 4,0 giờ và được lưu giữ trong bình hút ẩm.

Sản phẩm CRGO được thực hiện với các tỉ lệ GO : Hd khác nhau (từ 1 : 0,2 đến 1 : 1 về khối lượng) để biến tính lên điện cực GCE và khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ đó đến tín hiệu dòng đỉnh.

2.3. Chuẩn bị biến tính điện cực

Trước hết, chuẩn bị điện cực nền là điện cực đĩa than thủy tinh (GCE), có đường kính $2,8 \pm 0,1$ mm, điện cực GCE được mài bóng với bột Al_2O_3 chuyên dụng có kích thước hạt 0,05 μm . Ngâm điện cực GCE trong dung dịch HNO_3 2 M, sau đó rửa

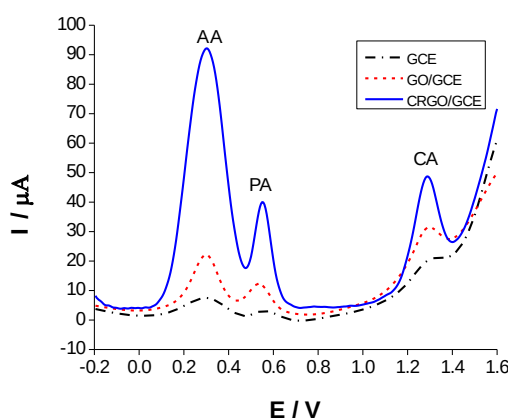
bằng etanol, nước cất, để khô tự nhiên ở nhiệt độ phòng. Phân tán RGO vào dung môi DMF (với nồng độ 1,0 mg/mL), siêu âm trong 2 giờ, thu được hỗn hợp C. Nhỏ 5 μL hỗn hợp C lên bề mặt điện cực GCE sao cho dung dịch phủ đều bề mặt điện cực; để dung môi bay hơi ở nhiệt độ phòng. Cuối cùng, làm khô bề mặt điện cực trong 30 giây bằng máy sấy tóc.

2.4. Các thông số làm việc trên máy phân tích điện hóa CPA – HH5

Các phép đo được thực hiện trên máy phân tích điện hóa CPA – HH5 với tế bào điện hóa sau: điện cực làm việc GCE đã biến tính, điện cực đối platin (Pt) và điện cực so sánh Ag/AgCl, KCl (1 M). Kỹ thuật von-ampe hòa tan anot xung vi phân được sử dụng với khoảng quét thế từ -0,2 đến +1600 mV, bước nhảy thế: 4,0 mV; thời gian mỗi bước thế: 0,2 s; tốc độ quét: 20 mVs⁻¹; biên độ xung: 50 mV, thời gian nghỉ: 10 s, mỗi phép đo được thực hiện lặp lại bốn lần.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Graphen oxit dạng khử CRGO

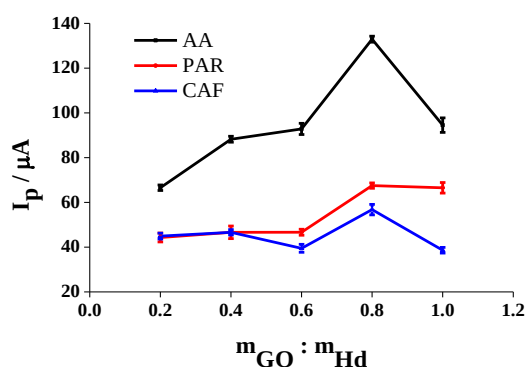


Hình 1. Các đường DPV-ASV của AA, PA và CA khi sử dụng các điện cực khác nhau.

Điều kiện thí nghiệm: bước nhảy thế: 4,0 mV; thời gian mỗi bước thế: 0,2 s; tốc độ quét: 20 mVs⁻¹; biên độ xung: 50 mV, thời gian nghỉ: 10 s; nồng độ AA, PA và CA trong 0,2 M đệm Britton-Robinson (B-RBS) lần lượt là 5.10^{-4} , 10^{-4} và 5.10^{-4} M.

Kết quả ở hình 1 cho thấy tín hiệu hòa tan của AA, PA và CA (giá trị E_p của AA, PA và CA lần lượt tại 0,30; 0,56 và 1,29 V) khi sử dụng điện cực GO/GCE cao hơn so với điện cực nền GCE. Vật liệu CRGO được biến tính lên bề mặt điện cực GCE (CRGO/GCE) cho tín hiệu I_p của AA, PA và CA tăng đáng kể, cụ thể, giá trị tín hiệu I_p gấp 8,4 lần đối với AA, 1,9 lần đối với PA và 3,1 lần đối với CA so với khi sử dụng điện cực GO/GCE, và gấp 13,4 lần đối với AA, 12,0 lần đối với PA và 7,7 lần đối với CA so với khi sử dụng điện cực GCE. Điều này cho thấy có sự khác biệt giữa GO với CRGO và ưu điểm vượt trội của điện cực CRGO/GCE so với GO/GCE và điện cực nền GCE.

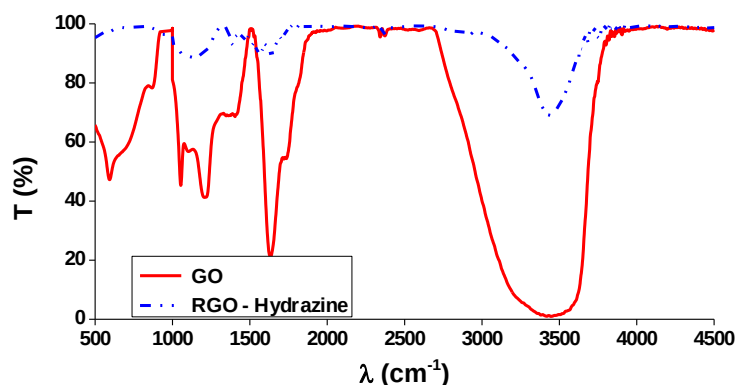
Kết quả ghi dòng đỉnh chất phân tích bằng kỹ thuật DPV-ASV với điện cực được biến tính bằng vật liệu tổng hợp được thể hiện ở hình 2 cho thấy: khi tỷ lệ khối lượng giữa GO và hydrazin tăng dần từ 0,2 đến 0,8 (w/w), tức là khối lượng hydrazin càng nhỏ thì dòng đỉnh càng cao. Điều này có thể là do với lượng hydrazin nhiều, các nhóm chức chứa oxy của GO bị khử càng nhiều, làm giảm số lượng tâm hoạt động (là các nhóm chức chứa oxy có khả năng “lôi kéo” chất phân tích lên bề mặt điện cực). Tỷ lệ GO: Hd từ 0,8 đến 1,0 cho thấy tín hiệu giảm, nguyên nhân là do lượng hydrazin quá nhỏ, lượng GO chuyển thành RGO không đáng kể. Vì vậy, tỷ lệ khối lượng GO: Hd = 1:0,8 được lựa chọn cho các khảo sát tiếp theo.



Hình 2. Sự thay đổi của I_p của AA, PA và CA ở các tỷ lệ GO:Hd khác nhau.

Điều kiện thí nghiệm: bước nhảy thế: 4,0 mV; thời gian mỗi bước thế: 0,2 s; tốc độ quét: 20 mVs⁻¹; biên độ xung: 50 mV, thời gian nghỉ: 10 s; nồng độ AA, PA và CA trong đệm B-RBS 0,2 M lần lượt là 5.10^{-4} , 10^{-4} và 5.10^{-4} M.

Để chứng tỏ có sự khử GO thành RGO, vật liệu GO và RGO (khử bằng hydrazin trong vòng 40 phút) được đặc trưng bằng phổ hồng ngoại. Kết quả hình 3 cho thấy sự giảm đáng kể của các đỉnh peak, cụ thể ở bước sóng 1209 cm⁻¹ ứng với nhóm chức epoxy và 1732 cm⁻¹ ứng với nhóm carbonyl.



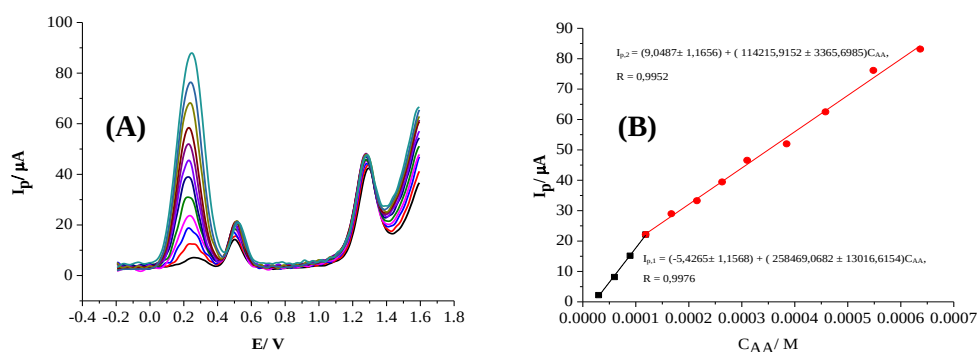
Hình 3. Phổ hồng ngoại của mẫu GO và mẫu GO khử bằng N₂H₄ (tỷ lệ khối lượng GO: Hd = 1:0,8).

3.2. Đánh giá độ tin cậy của phương pháp

3.2.1. Khoảng tuyến tính riêng lẻ của AA, PA và CA

3.2.1.1. Khoảng tuyến tính của AA

Tiến hành thí nghiệm: dung dịch nghiên cứu có thể tích là 10 mL bao gồm: đệm BRBS 0,5 M (pH = 3), chất phân tích AA và nước cất. Khảo sát trong khoảng nồng độ từ 0,00003 đến 0,00065 M, thêm chuẩn 12 lần với các nồng độ tăng dần thu được các kết quả ở hình 4.



Hình 4. Các đường DPV-ASV (A) và sự biến thiên của dòng đỉnh (B) của AA ở các nồng độ khác nhau đối với vật liệu RGO khử bằng N_2H_4 .

Dựa vào kết quả thu được trong hình 4, có thể thấy khi nồng độ của AA trong khoảng từ 0,00003 đến 0,00065 M thì I_p và C_{AA} có tương quan tuyến tính chưa được chặt chẽ. Nhưng khi phân chia thành các khoảng nồng độ từ 0,00003 M đến 0,00012 M và 0,00012 đến 0,00065 M thì có mối tương quan chặt chẽ ứng với các phương trình hồi quy tuyến tính:

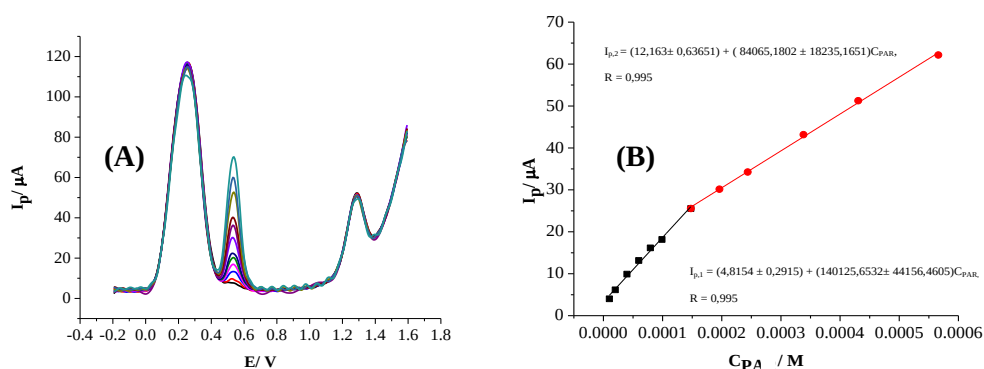
$$I_{p,1} = (-5,4 \pm 12) + (258469 \pm 13016) C_{AA}, \quad r = 0,998 \quad \text{với } C_{AA} = 0,00003 - 0,0001 \text{ M} \quad (1)$$

$$I_{p,2} = (9,0 \pm 1,2) + (114215 \pm 3365) C_{AA}, \quad r = 0,995 \quad \text{với } C_{AA} = 0,0001 - 0,00065 \text{ M} \quad (2)$$

Khi mở rộng khoảng nồng độ của AA lớn hơn thì hệ số tương quan của đường hồi quy giảm, có thể do hiện tượng bão hòa chất phân tích trên bề mặt điện cực RGO/GCE. Vì vậy, để áp dụng phương pháp khi phân tích mẫu thực tế có nồng độ AA vượt quá khoảng tuyến tính, cần pha loãng để đảm bảo nồng độ chất phân tích nằm trong khoảng tuyến tính của phương pháp. Đồng thời có thể sử dụng 2 đường hồi quy tuyến tính để định lượng.

3.2.1.2. Khoảng tuyến tính của PA

Khoảng tuyến tính của PA được khảo sát trong khoảng nồng độ từ 0,00001 đến 0,00057 M với 12 lần thêm chuẩn, kết quả được trình bày ở hình 5.



Hình 5. Các đường DPV-ASV (A) và sự biến thiên của dòng đỉnh (B) của PA ở các nồng độ khác nhau đối với vật liệu RGO khử bằng N_2H_4 .

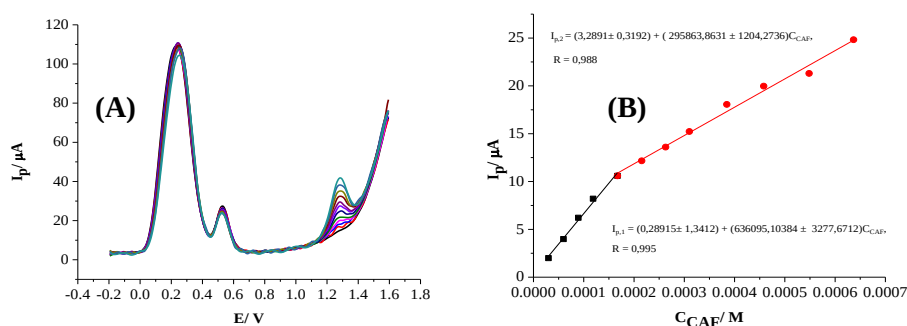
Tương tự như đối với trường hợp xem xét đối với AA, Khi phân chia thành hai khoảng nồng độ của PA thì có mối tương quan chặt chẽ ứng với các phương trình hồi quy tuyến tính từ 0,00001 đến 0,00015 M (phương trình (3)) và 0,00015 M đến đến 0,00057 M (phương trình (4)):

$$I_{p,1} = (4,8 \pm 0,2) + (140125 \pm 44156) C_{PA}, \quad r = 0,995 \quad (3)$$

$$I_{p,2} = (12,1 \pm 0,6) + (84065 \pm 18235) C_{PA}, \quad r = 0,995 \quad (4)$$

Vì vậy, để áp dụng phương pháp khi phân tích mẫu thực tế có nồng độ PA vượt quá khoảng tuyến tính, cần pha loãng để đảm bảo nồng độ chất phân tích nằm trong khoảng tuyến tính của phương pháp và cũng có thể sử dụng hai phương trình hồi quy tuyến tính để định lượng.

3.2.1.3. Khoảng tuyến tính của CA



Hình 6. Các đường DPV-ASV (A) và sự biến thiên của dòng đỉnh (B) của CA ở các nồng độ khác nhau đối với vật liệu RGO khử bằng N_2H_4 .

Dựa vào kết quả thu được hình 6, cho thấy giữa I_p và C_{CA} có tương quan tuyến tính chặt chẽ với hai khoảng tuyến tính có phương trình sau:

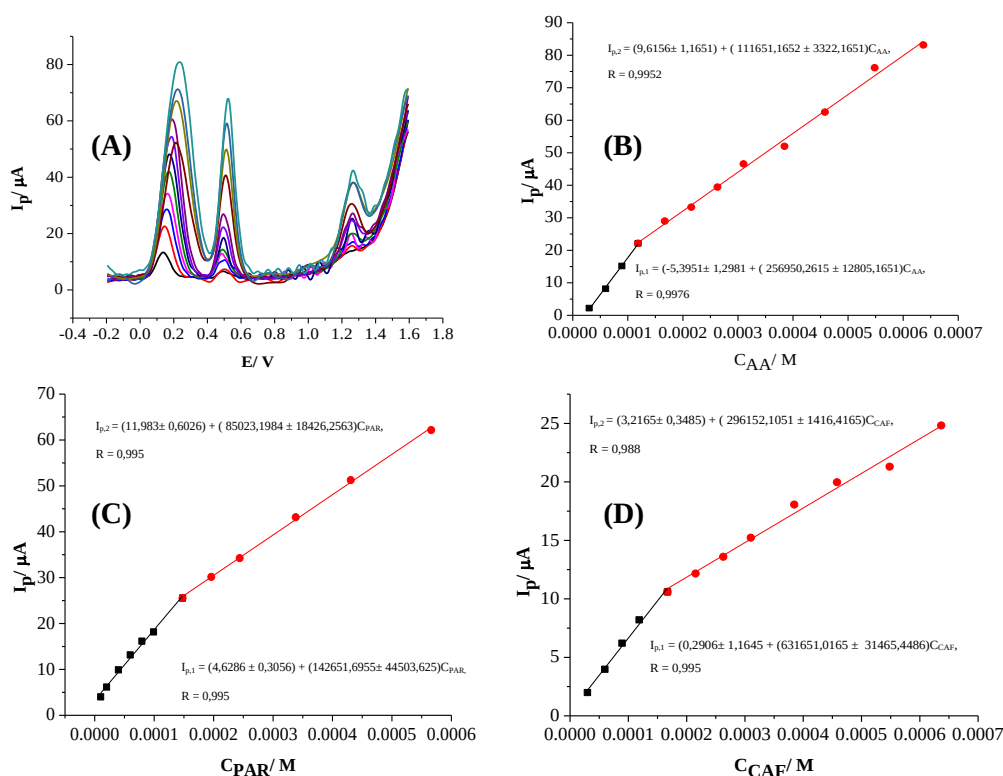
$$I_{p,1} = (0,3 \pm 1,3) + (636095 \pm 3277) C_{CA}, \quad r = 0,995 \quad \text{với } C_{CA} = 0,00003 - 0,00015 \text{ M} \quad (5)$$

$$I_{p,2} = (3,2 \pm 0,3) + (295863 \pm 1204) C_{CA}, r = 0,988 \text{ với } C_{CA} = 0,00015 - 0,00065 \text{ M} \quad (6)$$

3.2.2. Khoảng tuyến tính của AA, PA và CA

Trong thực tế, đối với những mẫu như được phẩm hoặc/và sinh học thường tồn tại đồng thời các hợp chất khác nhau. Chính vì vậy chúng tôi khảo sát thử khoảng tuyến tính đồng cả ba chất là AA, PA và CA với hai vật liệu điều chế được.

Qua các kết quả ở các hình 7, cho thấy tăng khi thêm chuẩn cả 3 chất cùng lúc thì I_p cũng tăng tuyến tính ở hai khoảng nồng độ khác nhau.



Hình 7. Các đường DPV-ASV (A) và sự biến thiên của dòng đỉnh (B, C, D) của AA, PA và CA ở các nồng độ khác nhau đối với vật liệu RGO khử bằng N_2H_4 .

3.2.3. Giới hạn phát hiện và độ nhạy khi xác định đồng thời AA, PA và CA

Dựa vào khoảng tuyến tính khi khảo sát đồng thời của 3 chất phân tích theo kỹ thuật DPV-ASV, từ đó tính toán xác định giới hạn phát hiện LOD và giới hạn định lượng LOQ của phương pháp cho cả AA, PA và CA ở khoảng nồng độ nhỏ. Kết quả thu được như bảng 1.

Bảng 2. Hệ số tương quan (R), độ nhạy (b, hệ số góc), LOD và LOQ của phương pháp DPV-ASV sử dụng điện cực biến tính CRGO/GCE xác định AA, PA và CA (RGO-Hd)

Thông số	$a \pm S_a$	$b \pm S_b$	r	LOD (10^{-5} M)	LOQ (10^{-5} M)
Acid Ascorbic	$-5,4 \pm 1,2$	256950 ± 12805	0,998	5,0	15,1 - 30,1
Paracetamol	$4,6 \pm 0,3$	142651 ± 44503	0,995	6,9	20,8 - 37,8
Caffein	$0,2 \pm 1,1$	631651 ± 31465	0,995	32,3	97,0 - 139,4

Kết quả ở bảng 1 cho thấy: LOD và LOQ của cả ba chất phân tích là tương đối thấp và thứ tự được sắp xếp từ nhỏ đến lớn là AA, PA và CA.

4. KẾT LUẬN

1. Kỹ thuật DPV-ASV được sử dụng để khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến tín hiệu dòng của acid ascorbic, paracetamol và caffeine với điện cực biến tính CRGO/GCE. Kết quả thể hiện rằng điện cực biến tính cho tín hiệu hòa tan của cả ba chất phân tích với giá trị LOD thấp và có thể xác định đồng thời cả 3 chất.

2. Ưu thế của điện cực biến tính CRGO/GCE là thể hiện tín hiệu dòng cao hơn so với GO/GCE và điện cực nền GCE.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Z.M. Khoshhesab (2015). Simultaneous electrochemical determination of acetaminophen, caffeine and ascorbic acid using a new electrochemical sensor based on CuO-graphene nanocomposite, *RSC Adv.*, Vol. 5, pp.95140–95148.
- [2]. M. Amiri-Aref, J.B. Raoof, R. Ojani(2014). A highly sensitive electrochemical sensor for simultaneous voltammetric determination of noradrenaline, acetaminophen, xanthine and caffeine based on a flavonoid nanostructured modified glassy carbon electrode, *Sensors Actuators, B Chem.*, Vol.192, pp.634–641.
- [3]. A. Hosseini, A. Amjad, R. Hosseinzadeh-Khanmiri, E. Ghorbani-Kalhor, M. Babazadeh, E. Vessally(2017). Nanocomposite of ZIF-67 metal–organic framework with reduced graphene oxide nanosheets for high-performance supercapacitor applications, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.*, Vol.28, pp. 18040–18048.
- [4]. N.M. Huang(2011). Simple room-temperature preparation of high-yield large-area graphene oxide, *Int. J. Nanomedicine*, Vol.6, pp. 3443–3448.
- [5]. D.P. Rocha, R.M. Dornellas, R.M. Cardoso, L.C.D. Narciso, M.N.T. Silva, E. Nossol, E.M. Richter, R.A.A. Munoz(2018). Chemically versus electrochemically reduced graphene oxide: Improved amperometric and voltammetric sensors of phenolic compounds on higher roughness surfaces, *Sensors Actuators, B Chem.*, Vol.254, pp. 701–708.
- [6]. B.J. Sanghavi, A.K. Srivastava(2010). Simultaneous voltammetric determination of acetaminophen, aspirin and caffeine using an in situ surfactant-modified multiwalled

carbon nanotube paste electrode, *Electrochim. Acta*, Vol.55, pp. 8638–8648.

- [7]. M. Arvand, T.M. Gholizadeh(2013). Simultaneous voltammetric determination of tyrosine and paracetamol using a carbon nanotube-graphene nanosheet nanocomposite modified electrode in human blood serum and pharmaceuticals, *Colloids Surfaces B Biointerfaces*, Vol.103, pp. 84–93.
- [8]. L. Švorc, P. Tomčík, J. Svitková, M. Rievaj, D. Bustin(2012). Voltammetric determination of caffeine in beverage samples on bare boron-doped diamond electrode, *Food Chem.*, Vol.135, pp. 1198–1204.

DETERMINATION OF ASCORBIC ACID, PARACETAMOL AND CAFFEINE BY DIFFERENTIAL PULSE ANODIC STRIPPING VOLTAMMETRY USING A REDUCED GRAPHENE OXIDE MODIFIED ELECTRODE

Tran Thanh Tam Toan^{1*}, Hoang Trong Nhan², Bui Duc Diep¹,
Mai Xuan Tinh¹, Nguyen Hai Phong¹

¹ University of Sciences, Hue University

² University of Education, Hue University

*Email: tranthanhtamtoan@gmail.com

ABSTRACT

Graphene oxide (GO) was chemically reduced by hydrazine for the modification of glassy carbon electrode. Differential Pulse Anodic Stripping Voltammetric technique (DPV-ASV) allowed simultaneous determination of ascorbic acid, paracetamol and caffeine with limit of detection (LOD) of 5.0, 6.9, 32.3 μM and limit of quantitation (LOQ) of 15.1, 20.8, 97.0 μM for ascorbic acid (AA), paracetamol (PA) and caffeine (CA), respectively.

Keywords: acid ascorbic, caffeine, reduced graphene oxide, paracetamol.



Trần Thanh Tâm Toàn sinh ngày 25/04/1991 tại Thừa Thiên Huế. Ông tốt nghiệp Cử nhân chuyên ngành Hóa học năm 2013 tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế, tốt nghiệp Thạc sĩ chuyên ngành Hóa học năm 2015 tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện ông là Nghiên cứu sinh, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: tổng hợp vật liệu mới, tổng hợp vật liệu xúc tác và phân tích điện hóa.



Hoàng Trọng Nhân sinh ngày 10/04/1993 tại Đắk Lắk. Ông tốt nghiệp Cử nhân chuyên ngành Sư phạm Hóa học năm 2015 tại Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế. Hiện ông là cao học viên, Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: phân tích điện hóa.



Bùi Đức Diệp sinh ngày 02/04/1984 tại Quảng Ngãi. Ông tốt nghiệp Cử nhân chuyên ngành Hóa học năm 2008 tại Trường Đại học sư phạm Đà Nẵng, Hiện ông đang học Thạc sĩ chuyên ngành Hóa vô cơ, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: nghiên cứu tổng hợp graphen oxit dạng khử bằng phương pháp hóa học và ứng dụng.



Mai Xuân Tịnh sinh ngày 27/07/1963 tại Thành phố Hà Tĩnh. Ông tốt nghiệp Cử nhân – Kỹ Sư – Công nghệ chuyên ngành Hóa học năm 1987 tại Trường Đại học Hóa Công nghệ Tinh vi Lomonosov, Maxcova, Liên Bang Nga; tốt nghiệp Thạc sĩ chuyên ngành Hóa học năm 1997 tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc Gia Hà Nội. Hiện là Giảng viên Khoa Hóa, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: sản phẩm thiên nhiên và vật liệu chức năng.