



NGHIÊN CỨU BIẾN TÍNH ĐIỆN CỰC BẰNG GRAPHEN OXIT DẠNG KHỬ ĐỂ XÁC ĐỊNH AXIT ASCORBIC, PARACETAMOL VÀ CAFFEIN

Trần Thanh Tâm Toàn^{1*}, Trần Minh Trí², Nguyễn Hải Phong¹

¹Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

²Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế

Tóm tắt: Graphen oxit (GO) được khử bằng điện hóa (ERGO/GCE) trên bề mặt điện cực glassy carbon (GCE). Với điều kiện đã tối ưu, phương pháp DP-ASV được sử dụng để phân tích đồng thời ascorbic axit, paracetamol và caffein với khoảng tuyến tính là 20-459 μM , 4-91 μM , 20-441 μM , giới hạn phát hiện ($3S_{y/x}/b$) (LOD) là 3,71; 1,68; 2,45 μM và giới hạn định lượng (LOQ) là 11,1; 5,03; 7,34 μM tương ứng của ascorbic axit (AA), paracetamol (PAR) and caffein (CAF).

Từ khóa: axit ascorbic, paracetamol, caffein, Graphen oxit dạng khử, điện hóa

1 Đặt vấn đề

Axit ascorbic (vitamin C, AA), paracetamol (acetaminophene hay N-acetyl-p-aminophenol, PAR) và caffein (CAF) là ba thành phần chủ yếu trong các loại thuốc giảm đau, hạ sốt như Paradol, 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 [4]. Vì vậy, con người hấp thụ vitamin C qua con đường thực phẩm và dược phẩm.

PAR 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 PAR gây tích tụ chất độc trong gan, có thể gây ra hư gan, đôi khi gây tử vong và gây độc cho thận [1].

CAF là một thành phần hoạt tính alkaloid có trong hạt coca, coca cola, cà phê và lá chè. CAF có nhiều tác dụng dược lý như: kích thích việc tiết axit 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, PAR và CAF có tác dụng giảm đau, kích thích hệ thống thần kinh

* Liên hệ: tranthanhtamtoan@gmail.com

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 ung thư [3].

Graphen oxit 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 [1][2][3]. Tiền chất Graphen oxit được khử bằng nhiều cách để tạo RGO như: khử hóa học, khử bằng nhiệt, khử điện hóa... Trong đó, quá trình khử hóa học sử dụng các chất gây độc và ảnh hưởng đến môi trường, phương pháp khử bằng nhiệt lại bộc lộ nhược điểm về vấn đề kiểm soát quá trình khử, phương pháp điện hóa đã khắc phục những nhược điểm nêu trên như: thực hiện đơn giản, không sử dụng hóa chất độc hại, thân thiện môi trường và dễ kiểm soát quá trình khử [4].

Vì vậy, sử dụng điện cực ERGO/GCE để phân tích đồng thời AA, PAR và CAF là hướng nghiên cứu mới và đáng được nhiều sự quan tâm.

2 Thực nghiệm

2.1 Hóa chất và thiết bị

Các hóa chất sử dụng trong nghiên cứu là các hóa chất tinh khiết (PA): graphit, axit boric, axit acetic, axit photphoric, dinatri hydrophosphate, mononatri orthophosphate, paracetamol, caffein, axit ascorbic.

Các thiết bị được sử dụng như sau:

- Máy phân tích điện hóa CPA – HH5;
- Điện cực glassy cacbon và bình điện phân;
- Cân phân tích Precisa XB 220A, Thụy Sĩ;
- Máy cất nước hai lần Aquatron (Bibby Sterilin, Anh);
- Micropipet Labpette các loại: của hãng Labnet, Mỹ;
- Máy khuấy từ Velp Scientifica;
- Máy ly tâm Universal 320R;
- Máy siêu âm Cole – Parmer 8890;

- Các dụng cụ thủy tinh như buret, pipet, bình định mức... và các chai thủy tinh, chai nhựa PET đựng hóa chất đều được rửa sạch trước khi dùng bằng cách ngâm qua đêm trong

dung dịch HNO_3 2 M, sau đó siêu âm và rửa lại bằng nước cất 2 lần.

2.2 Các thông số làm việc trên máy phân tích điện hóa

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, điện cực đối platin và điện cực so sánh $\text{Ag}|\text{AgCl}$, KCl (1M). Đối với phép đo xung vi phân, biên độ xung là 50 mV, tốc độ quét: 17 mV, tốc độ quay điện cực là 2000 vòng/phút, thời gian làm giàu là 30 s, thời gian nghỉ là 10 s, mỗi phép đo được thực hiện bốn lần.

2.3 Tổng hợp graphen oxit

Phương pháp tổng hợp graphen oxit (GO) từ graphit được thực hiện bằng phương pháp Hummer biến tính [2]: cho 0,50 g graphit vào hỗn hợp chứa 60 mL H_2SO_4 và 6,7 mL H_3PO_4 rồi khuấy từ; sau đó cho từng lượng nhỏ đến hết 3,0 g KMnO_4 và tiếp tục khuấy từ trong 72 giờ (hỗn hợp 2). Pha loãng dung dịch H_2O_2 bằng nước cất theo tỷ lệ 1:5 (v/v) rồi để đông lạnh trước khi cho vào hỗn hợp 2, hỗn hợp phản ứng tiếp tục được khuấy từ trong 10 phút. Sản phẩm được rửa gạn bằng bằng máy ly tâm (6500 rpm, 25 °C, 15 phút) với HCl 1 M đến khi dung dịch trong suốt và tiếp tục rửa với nước cất về pH = 4. Sản phẩm thu được sấy ở 65 °C trong 12 giờ, nghiền mịn bằng cối mã nỏ thu được GO. Sấy và bảo quản tinh thể phức chất ở nhiệt độ 50-80 °C trong vài giờ.

2.4 Chuẩn bị và biến tính điện cực than thủy tinh

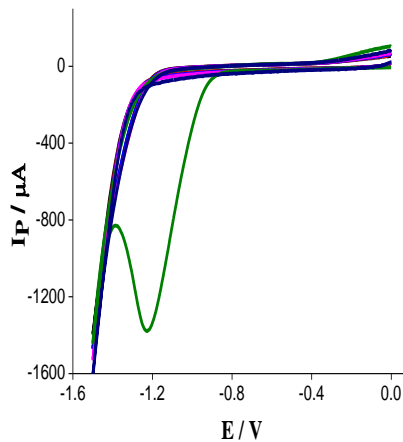
Điện cực than thủy tinh được mài bóng với bột Al_2O_3 chuyên dụng có kích thước hạt (0,05 μm). Ngâm trong dung dịch HNO_3 2 M, sau đó rửa bằng etanol, nước cất 2 lần, để khô tự nhiên ở nhiệt độ phòng. Lấy 5 μL dung dịch chứa GO (nồng độ 1 mg/mL trong dung môi etanol) nhỏ lên bề mặt điện cực GCE, để khô ở nhiệt độ phòng. ERGO được tổng hợp bằng cách khử điện hóa GO dùng phương pháp Von-Ampe vòng trong đệm photphat (PBS, pH=7), khoảng quét từ 0 đến -1,5 V, tốc độ quét 50 $\text{mV}\cdot\text{s}^{-1}$ với 5 vòng khử. Sau đó rửa điện cực bằng nước cất 2 lần [5].

3 Kết quả và thảo luận

3.1 Khử GO bằng điện hóa

Quá trình khử GO bằng điện hóa xảy ra khi quét 5 vòng CV từ 0 đến -1,5 V (Hình 1). Ở vòng quét đầu tiên, peak catot tại vị trí -1,24 V cho thấy sự khử các nhóm chức chứa oxy trên bề

mặt GO và peak này biến mất trong các vòng khử tiếp theo thể hiện rằng sự khử các nhóm chức này xảy ra nhanh chóng và không thuận nghịch. Khi kết thúc quá trình khử, màu sắc của vật liệu trên điện cực thay đổi từ vàng nâu sang màu đen. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với các công bố trước đây [5][6][7].



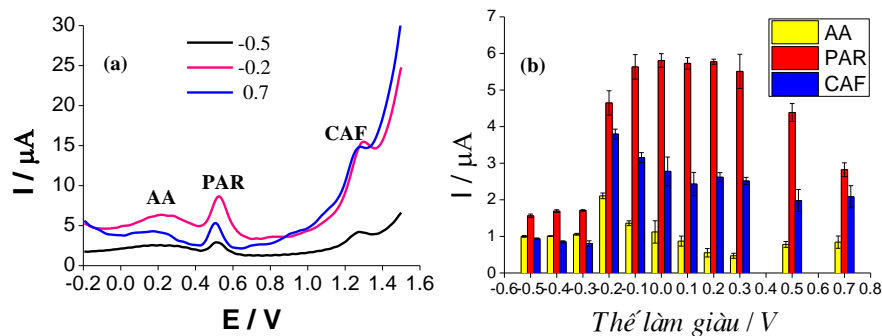
Hình 1. Các đường khử GO bằng phương pháp von-ampe vòng

3.2 Tối ưu điều kiện thí nghiệm

Trong phương pháp ASV, có thể sử dụng nhiều kỹ thuật ghi tín hiệu von-ampe hòa tan khác nhau như kỹ thuật von-ampe quét thế tuyến tính (LS), kỹ thuật von-ampe xung vi phân (DP), kỹ thuật von-ampe sóng vuông (SW),... Trong các kỹ thuật đó, hai kỹ thuật DP và SW được sử dụng phổ biến. Vì vậy, trong nghiên cứu này, kỹ thuật von-ampe sóng vuông hòa tan anot (DP-ASV) được chọn để tiến hành khảo sát hệ chất phân tích gồm AA (5.10^{-5} M), PAR (5.10^{-6} M) và CAF (5.10^{-5} M) trong đệm Britton-Robinson 0,1 M (pH=3).

Ảnh hưởng của thế làm giàu

Khi chọn thế làm giàu (E_{acc}), ta cần chọn thế làm giàu thích hợp để đảm bảo chỉ làm giàu các chất cần phân tích lên bề mặt điện cực, hạn chế tối đa sự làm giàu hoặc những phản ứng điện cực khác gây ảnh hưởng tới độ nhạy và độ chính xác của phép phân tích. Thế làm giàu cần phải âm hơn hoặc bằng thế khử cực của các chất cần xác định để khử được toàn bộ chúng trên bề mặt điện cực. Như vậy để khảo sát ảnh hưởng của thế làm giàu đến quá trình phân tích thí nghiệm được tiến hành ở các thế làm giàu khác nhau (từ -0,5 V đến 0,7 V).



Hình 2. Đường DP-ASV (a) và sự biến động của I_p (b) ở các thế làm giàu khác nhau

Khi xử lý bằng phương pháp phân tích phương sai đơn trên phần mềm Microsoft Excel để tìm sự ảnh hưởng của yếu tố thế làm giàu, kết quả thu được như sau: $F_{\text{tính, AA}} = 50,55$; $F_{\text{tính, PAR}} = 58,40$; $F_{\text{tính, CAF}} = 22,06$; các giá trị $F_{\text{tính}}$ đều lớn hơn $F_{\text{lý thuyết}}$ ($F_{(0,05; 7; 24)} = 2,42$). Do đó, thế làm giàu có ảnh hưởng đến tín hiệu hòa tan của hệ chất phân tích.

Từ kết quả ở hình 2 cho thấy tại thế làm giàu -0,2 V cho cường độ tín hiệu của cả AA và CAF cao nhất nên được chọn cho nghiên cứu tiếp theo.

Ảnh hưởng thời gian làm giàu

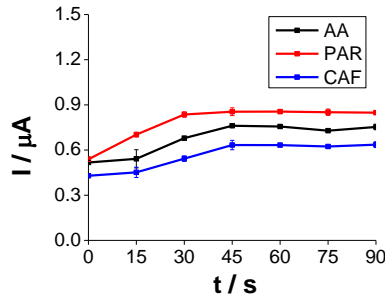
Thời gian làm giàu có ảnh hưởng rất lớn đến tín hiệu hòa tan của chất phân tích. Khi tăng thời gian làm giàu thì tín hiệu hòa tan sẽ tăng tuy nhiên khi tăng thời gian làm giàu, thì lúc này làm tiêu tốn thời gian phân tích. Chính vì thế việc khảo sát thời gian làm giàu nhằm mục đích chọn ra thời gian thích hợp mà tại đó đáp ứng được yêu cầu là tín hiệu hòa tan cao nhưng thời gian phân tích không tốn quá nhiều. Để tiến hành khảo sát thời gian làm giàu chúng tôi tiến hành như sau: ghi đường von ampe hòa tan của Caf tại các thời gian làm giàu khác nhau (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90).

Kết quả thể hiện ở hình 3b có thể thấy rằng:

- Khi tăng thời gian làm giàu trong khoảng từ 0 đến 30 s (đối với PAR) và 0 đến 45 s (đối với AA và CAF) thì tín hiệu hòa tan tăng dần.

- Tiếp tục tăng thời gian làm giàu thì tín hiệu thay đổi không đáng kể.

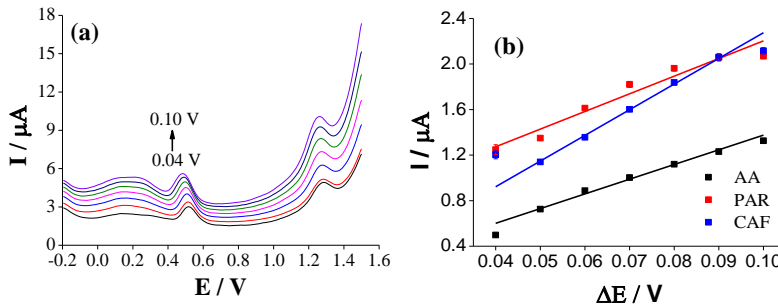
Do đó, để giảm thời gian phân tích, thời gian làm giàu được chọn là 45 s.



Hình 3. Đường biểu diễn sự phụ thuộc của I_p vào thời gian làm giàu

Ảnh hưởng của biên độ xung

Biên độ xung (ΔE) có ảnh hưởng rất lớn đến tín hiệu hòa tan của chất phân tích. Nếu biên độ xung nhỏ thì dòng đỉnh hòa tan sẽ thấp, biên độ xung lớn thì dòng đỉnh hòa tan cao tuy nhiên khi biên độ xung lớn chân đỉnh doãn rộng làm tăng mức độ ảnh hưởng của các yếu tố khác đến chất phân tích. Do đó việc chọn biên độ xung hợp lý sẽ quyết định đến khả năng phân tích của phương pháp. Chính vì điều này chúng tôi tiến hành khảo sát biên độ xung bằng cách ghi dòng đỉnh hòa tan ở các biên độ xung khác nhau.



Hình 4. Các đường DP-ASV (a), liên hệ giữa ΔE và I_p (b) tại các biên độ xung khác nhau

Khi tăng biên độ xung thì dòng đỉnh hòa tan của CAF tăng và chúng có mối quan hệ tương quan tuyến tính nhau (Hình 4b) theo phương trình sau:

$$I_{p,AA} = (0,08 \pm 0,07) + (13 \pm 1)\Delta E, r = 0,985 \quad (1)$$

$$I_{p,PAR} = (0,7 \pm 0,1) + (15 \pm 2)\Delta E, r = 0,957 \quad (2)$$

$$I_{p,CAF} = (0,02 \pm 0,09) + (23 \pm 1)\Delta E, r = 0,991 \quad (3)$$

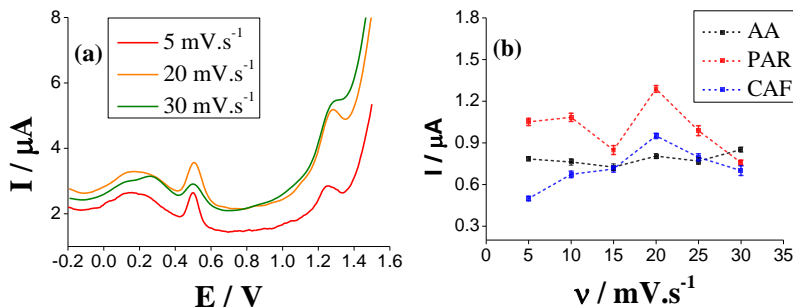
Điều này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết $I_p = K \cdot \Delta E$. Tuy nhiên khi tăng biên độ xung lớn hơn 0,06 V thì chân peak bị doãn ra tăng nguy cơ ảnh hưởng của các chất khác. Do đó biên độ xung 0,06 V được chọn cho các nghiên cứu tiếp theo.

Ảnh hưởng tốc độ quét

Trong phương pháp von-ampe hòa tan, tốc độ quét thế có ảnh hưởng rất lớn đến tín hiệu hòa tan. Nếu tốc độ quét thế nhanh thì rút ngắn được thời gian phân tích, tín hiệu hòa tan cao, nhưng đồng thời độ cân đối của tín hiệu hòa tan lại giảm, có thể xảy ra hiện tượng mất tín hiệu hòa tan. Ngược lại, khi tốc độ quét thế chậm, độ lặp lại của phép ghi đo cao, tín hiệu hòa tan thu được có hình dạng cân đối, tuy nhiên tín hiệu hòa tan lại thấp. Do đó, cần phải chọn tốc độ quét thế hợp lý để giảm thời gian đo, đồng thời đảm bảo độ chính xác của phép đo và độ trơn, cân đối của đường cong von-ampe hòa tan. Tốc độ quét thế (v) được xác định qua bước nhảy thế (U_{step} , mV) và thời gian mỗi bước thế (t_{step} , s) theo công thức:

$$v \text{ (mV / s)} = U_{step} / t_{step} \quad (4)$$

Trong các thí nghiệm, chúng tôi cố định $t_{step} = 0,3$ s và thay đổi giá trị U_{step} , với v thay đổi trong khoảng từ $5 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$ đến $30 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$.



Hình 5. Các đường DP-ASV (a) và đường biểu diễn biến động của I_p (b) theo tốc độ quét.

Kết quả Hình 5 cho thấy tại tốc độ quét quá nhỏ ($5 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$) và quá lớn ($30 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$) thì cường độ peak của PAR và CAF thấp, còn tín hiệu của AA thay đổi không đáng kể. Từ đó, với tín hiệu hòa tan tốt, tại tốc độ quét $20 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$ được chọn cho các khảo sát tiếp theo.

3.3 Đánh giá độ tin cậy của phương pháp

Để có thể áp dụng điện cực biến tính ERGO/GCE vào phân tích các mẫu thực tế, trước tiên phải đánh giá độ tin cậy của phương pháp. Các đại lượng thống kê dùng để đánh giá bao

gồm: độ lặp lại, khoảng tuyến tính, độ nhạy, LOD, LOQ.

Đánh giá độ lặp lại của tín hiệu

Khi tiến hành đánh giá độ lặp lại giữa các kết quả phân tích của các phòng thí nghiệm khác nhau trên một mẫu có nồng độ chất phân tích (C) xác định, Horwitz và cộng sự đã thiết lập được mối quan hệ giữa độ lệch chuẩn (RSD_H) của các kết quả phân tích giữa các phòng thí nghiệm và nồng độ chất phân tích được gọi là hàm Horwitz [8]:

$$RSD_H (\%) = 2^{(1-0,5 \lg C)} \quad (5)$$

Trong đó, C là nồng độ chất phân tích được biểu diễn dưới dạng phân số, RSD_H là độ lệch chuẩn tương đối của các kết quả phân tích của các phòng thí nghiệm tính được theo hàm Horwitz.

Như vậy, nếu độ lặp lại của tín hiệu hòa tan $RSD (\%) < \frac{1}{2} RSD_H$, thì có thể cho rằng độ lặp lại của kết quả đo là tốt.

Để đánh giá độ lặp lại của I_p chúng tôi tiến hành ghi đo lặp lại 9 lần với 3 nồng độ khác nhau. Kết quả được trình bày ở bảng 1.

Table 1. Bảng 1. Các giá trị $I_{p,TB}$, SD, RSD khi đo lặp lại ở 3 nồng độ khác nhau theo phương pháp DPV

Thí nghiệm	Chất phân tích	Nồng độ (M)	$I_{p,TB}$ (μA)	SD	RSD (%)	$\frac{1}{2}.RSD_H$
1 (a)	AA	10^{-2}	117,16	0,89	0,76	2,00
	PAR	10^{-4}	74,48	0,75	1,00	4,00
	CAF	10^{-3}	48,32	0,88	1,83	2,83
2 (b)	AA	5.10^{-3}	21,92	0,53	2,21	2,22
	PAR	5.10^{-5}	17,03	0,87	2,14	4,44
	CAF	5.10^{-4}	12,00	0,52	2,35	3,14
3 (c)	AA	10^{-3}	76,85	0,98	1,28	2,83
	PAR	10^{-5}	51,92	1,57	3,03	5,66
	CAF	10^{-4}	32,03	0,35	1,08	4,00

Dựa vào kết quả ở bảng 1 cho thấy phương pháp DP-ASV sử dụng điện cực biến tính ERGO/GCE để xác định AA, PAR và CAF có độ lặp lại tốt.

Khoảng tuyến tính

Với điều kiện tối ưu đã khảo sát ở trên, phương trình hồi quy tuyến tính được xác định khi cố định nồng độ của hai chất và thay đổi nồng độ chất còn lại (Hình 6). Phương trình thu được như sau:

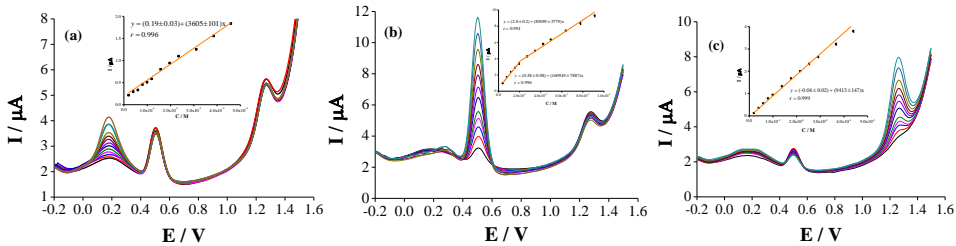
$$+ \text{AA: } I_P = (0,19 \pm 0,03) + (3605 \pm 101)C_M, \quad r = 0,996 \quad (6)$$

$$+ \text{PAR: } I_P = (0,38 \pm 0,08) + (160949 \pm 7887)C_M, \quad r = 0,996 \quad (7)$$

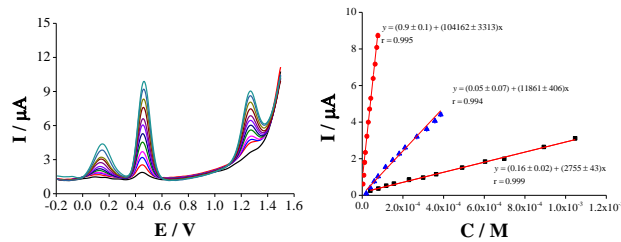
$$\text{Và } I_P = (2,0 \pm 0,2) + (85059 \pm 3779)C_M, \quad r = 0,994 \quad (8)$$

$$+ \text{CAF: } I_P = (-0,04 \pm 0,02) + (9413 \pm 147)C_M, \quad r = 0,999 \quad (9)$$

Từ các phương trình hồi quy tuyến tính cho thấy cường độ tín hiệu tăng tuyến tính với nồng độ chất phân tích (hệ số tương quan cao).



Hình 6. Sự phụ thuộc của cường độ tín hiệu hòa tan vào các nồng độ AA từ 20 đến 459 μM, [PAR] = 5 μM, [CAF] = 50 μM (a); [AA] = [CAF] = 50 μM, nồng độ PAR từ 4 đến 91 μM (b) và [AA] = 50 μM, [PAR] = 5 μM, nồng độ CAF từ 20 đến 441 μM (c).



Hình 7. Đường DP-ASV và phương trình tuyến tính khi thêm chuẩn đồng thời với ba chất phân tích: nồng độ AA thay đổi từ 40 đến 1047 μM, nồng độ PAR từ 4 đến 77 μM và nồng độ CAF từ 20 đến 386 μM.

Khi xác định phương trình hồi quy tuyến tính biểu thị mối tương quan giữa tín hiệu hòa tan và nồng độ chất phân tích với sự thêm chuẩn đồng thời AA, PAR và CAF, kết quả thể hiện ở Hình 7 cho thấy điện cực ERGO/GCE có khả năng ứng dụng phân tích đồng thời hệ chất phân tích.

Giới hạn phát hiện và độ nhạy

Xuất phát từ kết quả khảo sát khoảng tuyến tính, giới hạn phát hiện được tính toán thông qua công thức $3S_{y/x}/b$ với $S_{y/x}$ là độ lệch chuẩn của phép đo và b là độ dốc của phương trình hồi quy. Kết quả tính toán LOD của AA, PAR và CAF lần lượt là 3,71; 1,68 và 2,45 μM ; LOQ lần lượt là 11,1-14,8; 5,03-6,71; 7,34-9,78.

4 Kết luận

Kỹ thuật von-ampe sóng vuông hòa tan anot (DP-ASV) được sử dụng để khảo sát các yếu tố ảnh hưởng (như thế làm giàu, thời gian làm giàu, biên độ xung và tốc độ quét thế) đến tín hiệu của axit ascorbic, paracetamol và caffein với điện cực biến tính GCE bằng graphen oxit dạng khử (khử bằng điện hóa). Kết quả đã thể hiện rằng điện cực biến tính cho tín hiệu hòa tan của cả ba chất phân tích với giá trị LOD thấp lần lượt của AA, PAR và CAF là 3,71; 1,68 và 2,45 μM .

Tài liệu tham khảo

1. Amiri-Aref M., Raof J.B., Ojani R. (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 and Actuators, B: Chemical*, 192, 634–641.
2. Huang N.M. (2011), Simple room-temperature preparation of high-yield large-area graphene oxide, *International Journal of Nanomedicine*, 6, 3443–3448.
3. Jeevagan A.J., John S.A. (2012), Electrochemical determination of caffeine in the presence of paracetamol using a self-assembled monolayer of non-peripheral amine substituted copper(II) phthalocyanine, *Electrochimica Acta*, 77, 137–142.
4. Khoshhesab Z.M. (2015), Simultaneous electrochemical determination of acetaminophen, caffeine and ascorbic acid using a new electrochemical sensor based on CuO-graphene nanocomposite, *RSC Advances*, 5 (115), 95140–95148.
5. Mutyala S., Mathiyarasu J. (2016), A reagentless non-enzymatic hydrogen peroxide sensor presented using electrochemically reduced graphene oxide modified glassy carbon electrode, *Materials Science and Engineering: C*, 69, 398–406.
6. Raj M.A., John S.A. (2013), Fabrication of Electrochemically Reduced Graphene Oxide Films on Glassy Carbon Electrode by Self-Assembly Method and Their Electrocatalytic Application, *The Journal of Physical Chemistry C*, 117 (8), 4326–4335.
7. Raj M.A., John S.A. (2013), Simultaneous determination of uric acid, xanthine, hypoxanthine and caffeine in human blood serum and urine samples using electrochemically reduced graphene oxide modified electrode, *Analytica Chimica Acta*, 771, 14–20.

8. Taverniers I., De Loose M., Van Bockstaele E. (2004), Trends in quality in the analytical laboratory. II. Analytical method validation and quality assurance, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 23 (8) , 535–552.

ELECTROCHEMICAL DETERMINATION OF ASCORBIC ACID, PARACETAMOL, CAFFEINE AT ELECTROCHEMICALLY REDUCED GRAPHENE OXIDE MODIFIED ELECTRODE

Tran Thanh Tam Toan^{1*}, Tran Minh Tri², Nguyen Hai Phong¹

¹Universiti of Science, Hue University

²Universiti of Education, Hue University

Abstract: Graphene oxide (GO) was electrochemically reduced on a glassy carbon electrode (GCE) surface (ERGO/GCE). Under the optimized conditions, the method allowed simultaneous determination of ascorbic acid, paracetamol and caffeine in the linear working range of 20-459 μM , 4-91 μM , 20-441 μM with limit of detection ($3S_{y/x}/b$) (LOD) of 3.71, 1.68, 2.45 μM and limit of quantitation (LOQ) of 11.1, 5.03, 7.34 μM of for ascorbic acid (AA), paracetamol (PAR) and caffeine (CAF) respectively.

Keywords: