TẠP CHÍ KHOA HỌC VÀ GIÁO DỤC
ISSN: 1859-1612
Journal homepage: https://tckhgd.dhsphue.edu.vn

Nghiên cứu sử dụng điện cực in SPE xác định chất kháng sinh Nitrofurantoin

Nguyễn Đăng Giáng Châu[1], Hoàng Thái Long[1], Nguyễn Hải Phong[1], Hà Thuỳ Trang[2], Lê Thành Tâm[3], Hồ Xuân Anh Vũ[1]

[1]Khoa Hóa, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

[2]Khoa Hóa, Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế

[3]Phòng KHTC-CSVC, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình xử lý:
Ngày nhận bài: 17/2/2026
Ngày nhận bản chỉnh sửa: 06/4/2026
Ngày nhận đăng: 09/4/2026
Ngày xuất bản: 20/4/2026

Từ khóa:
SPE;
Phân tích điện hóa;
Nitrofurantoin.

TÓM TẮT

Nitrofurantoin (NFR) là kháng sinh thuộc nhóm nitrofuran cần được kiểm soát chặt chẽ do nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Trong nghiên cứu này, điện cực in (SPE) kết hợp thiết bị điện hóa cầm tay Metrohm Dropsens µStat400 được sử dụng để khảo sát đặc tính điện hóa và xây dựng phương pháp xác định NFR. Điện cực SPE được đặc trưng bằng kỹ thuật von-ampe vòng và phổ trở kháng điện hóa, cho thấy diện tích hoạt động điện hóa (ESCA) đạt 0,1005 ± 0,0003 cm² và điện trở truyền điện tích thấp R_{ct} = 15,02 Ω, chứng tỏ khả năng truyền electron thuận lợi. Tín hiệu dòng đỉnh của NFR trên SPE trong đệm Britton–Robinson *pH* = 2 đạt 36,55 ± 0,79 µA, cao gấp 3,6 lần so với điện cực GCE. Phương pháp von-ampe sóng vuông được thiết lập cho quá trình phân tích NFR với hai khoảng tuyến tính 0 – 4 µM và 4 – 40 µM; giới hạn phát hiện và giới hạn định lượng của NFR lần lượt là 0,23 µM và 0,79 µM. Phương pháp đã được áp dụng để phân tích NFR trong 04 mẫu thuốc thương mại, kết quả phân tích hàm lượng NFR nằm trong khoảng 96,0 – 104,9 % so với giá trị công bố trên nhãn.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nitrofurantoin (NFR) là một chất kháng sinh thường được ưu tiên điều trị cho các loại nhiễm trùng thông qua đường uống, đặc biệt điều trị cho tiết niệu. NFR còn được dùng làm phụ gia thức ăn chăn nuôi để thúc đẩy quá trình tăng trưởng của động vật (Jia et al., 2022). Tuy nhiên, việc sử dụng kháng sinh quá mức có thể dẫn đến dư thừa lượng kháng sinh trong cơ thể con người và thực phẩm, qua đó gây ra nhiều mối đe dọa về sức khỏe con người bao gồm việc kháng thuốc, tác dụng phụ v.v... Liên minh Châu Âu đã cấm hoàn toàn nhóm nitrofuran (bao gồm Nitrofurantoin, nitrofurazone, furazolidone, furaltadone) trên động vật dùng làm thực phẩm từ giữa những năm 1990 do nguy cơ gây ung thư và đột biến gen đối với con người. Từ 28/11/2022, Liên minh Châu Âu đã áp dụng ngưỡng kiểm soát (Reference Point for Action-RPA) 0,5 µg/kg đối với tổng các chất chuyển hóa nitrofuran, theo Nguyên tắc "zero tolerance" mẫu vượt ngưỡng bị coi là không đạt và bị cấm lưu hành (O'Keeffe et al., 2021).

Hiện nay có nhiều phương pháp phân tích xác định NFR trong các mẫu dược phẩm và mẫu dịch sinh học từ cơ thể con người, như phương pháp quang phổ UV- Vis dựa trên carbon chấm lượng tử pha tạp nitrogen (Zhao et al., 2023), phương pháp sắc ký lỏng pha đảo hiệu năng cao (RP-HPLC) (Katakam et al., 2025), sắc ký lỏng ghép nối khối phổ (LC-MSMS) (Saluti et al., 2024). Mặc dù các phương pháp này có thể phát hiện kháng sinh với độ nhạy cao nhưng điểm hạn chế là cần thiết bị đắt tiền và kỹ thuật phức tạp. Do đó, việc phát triển một phương pháp phân tích nhanh, đơn giản có thể phát hiện và định lượng NFR trong các mẫu thuốc dược phẩm và môi trường là cần thiết.

Phương pháp phân tích điện hóa dùng điện cực in (Screen-Printed Electrodes - SPE) là kỹ thuật phân tích

Tác giả liên hệ: Hồ Xuân Anh Vũ
Địa chỉ e-mail: hxanhvu@hueuni.edu.vn
DOI: https://doi.org/10.26459/jse.055.2026

nhanh, chi phí thấp, cho phép đo tại chỗ (point-of-care) nhờ hệ thống 3 điện cực tích hợp sẵn trên nền gốm trơ. SPE ứng dụng phổ biến trong đo von-ampe (voltammetry) để phát hiện kim loại nặng, virus, và các hợp chất sinh học với độ nhạy cao. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng máy đo điện hóa cầm tay Dropsens µStat400 và điện cực SPE Metrohm Dropsens 11L với tính di động cao để xác định NFR (hình 1).

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Chuẩn bị hóa chất

Các hóa chất cần dùng gồm KCl 3 M (Metrohm 6.2308.020), Hệ chuẩn Fe^{II}/ Fe^{III} 0,01 M được pha từ muối Potassium ferricyanide ($K_3[Fe(CN)_6]$, Xilong China), Potassium ferrocyanide ($K_4[Fe(CN)_6]$, Xilong China). Dung dịch đệm Britton - Robinson (BR) 0,25 M được chuẩn bị từ H_3PO_4 0,25 M, CH_3COOH 0,25 M, H_3BO_3 0,25 M, sau đó được điều chỉnh đến pH tương ứng bằng dung dịch NaOH 0,1 M.

Chất chuẩn NFR (>98,0 %, 1-[(5-Nitrofurfurylidene) amino] hydantoin, CAS: 67-20-9, Sigma-Aldrich), các thuốc viên nén chứa thành phần NFR được mua tại các nhà thuốc bệnh viện Trung ương Huế và được mã hóa bằng cách đánh ký tự M1 đến M4.

Dung dịch chuẩn NFR 0,01 M: cân một lượng chất chuẩn NFR đã được tính toán trước và pha trong dung môi DMSO (Xiong, China). Dung dịch chuẩn được bảo quản trong tủ lạnh 0 - 5 °C, và được pha mỗi 3 ngày sử dụng.

Điện cực SPE Metrohm Dropsens 11L bao gồm 3 điện cực được in trên một mặt phẳng. Điện cực so sánh Ag/AgCl, điện cực đối và điện cực làm việc là Carbon, trong đó diện tích hình học của điện cực làm việc theo nhà sản xuất là 0,126 cm² (dựa trên đường kính điện cực carbon phẳng là d = 4 mm, hình 1). Điện cực SPE được bảo quản trong môi trường khô và tránh ánh sáng chiếu trực tiếp trước khi sử dụng do bề mặt điện cực mỏng dễ bong tróc.



Hình 1. Máy đo điện hóa Metrohm Dropsens uStat400 kèm điện cực in SPE 11L.

2.2. Phương pháp đặc trưng điện hóa

Phương pháp von-ampe vòng (Cyclic Voltammetry - CV) là một kỹ thuật điện hóa mạnh mẽ được sử dụng rộng rãi để xác định bản chất điện hóa của một chất (chất phân tích) thông qua việc quét điện thế của điện cực làm việc theo dạng tam giác (lên và xuống) và đo dòng điện tương ứng. Đồ thị CV thu được cung cấp các thông tin chi tiết về đặc tính oxy hóa-khử, độ thuận nghịch, tốc độ phản ứng và cơ chế phản ứng.

Để xác định diện tích bề mặt hoạt động điện hóa (ECSA – electroactive surface area), người ta dùng các hệ chuẩn $K_3Fe(CN)_6/K_4Fe(CN)_6$, $Ru(NH_3)_6^{3+}/Ru(NH_3)_6^{2+}$, Hydroquinone/Benzoquinone, Dopamine/Ascorbic acid… có động học xác định rõ và tuân theo phương trình Randles–Ševčík:

$$Ip = 2{,}69 \times 10^5 \times n^{3/2} \times A \times D^{1/2} \times C \times v^{1/2} \quad (1)$$

Trong đó: *Ip*: là tín hiệu điện hóa trong hệ chuẩn (µA),

n: số electron trao đổi, đối với hệ chuẩn (Fe^{II}/ Fe^{III}, n = 1),

A: diện tích bề mặt hoạt động điện hóa (cm²),

D: hệ số khuếch tán của dung dịch chuẩn (đối với hệ Fe^{II}/ Fe^{III}, D = $7{,}6\times10^{-6}$ cm²/s),

C: hàm lượng mol/L của hệ khảo sát,

v: tốc độ quét thế (mV/s).

Song song việc xác định diện tích hoạt động điện hóa của điện cực SPE, phổ trở kháng điện hóa (EIS) là một thông số thể hiện bản chất đặc tính điện hóa của điện cực.

2.3. Phương pháp phân tích định tính và định lượng

Phương pháp von-ampe vòng (CV) còn được sử dụng để cung cấp các thông tin chi tiết về đặc tính oxy hóa-khử của NFR qua đó để xác định chiều quét thế để định lượng NFR.

Phương pháp von-ampe sóng vuông (SWV) được sử dụng để định lượng NFR trong nghiên cứu này.

2.4. Áp dụng lên mẫu thực tế

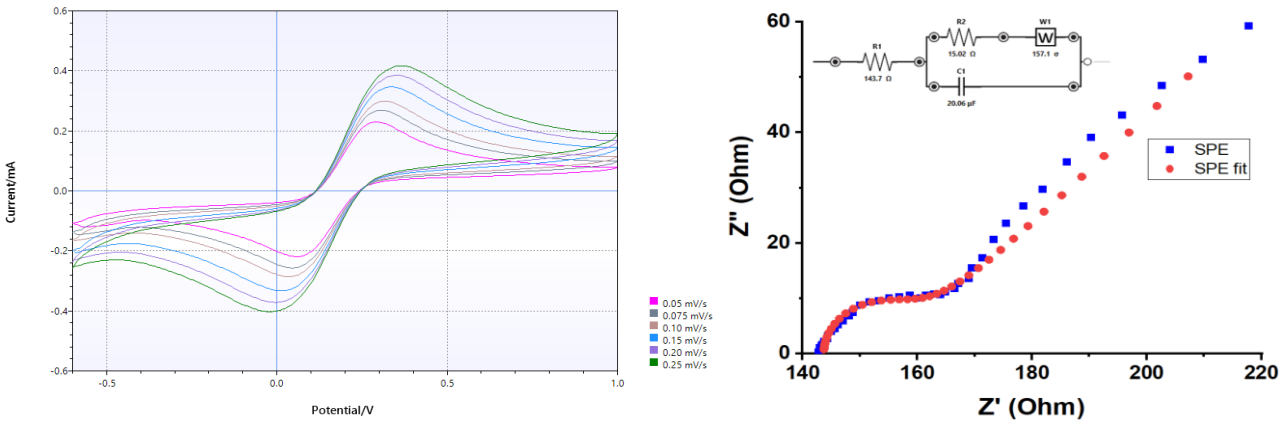
Các mẫu thuốc được mua trên thị trường được đưa về phòng thí nghiệm và cân 10 viên/vĩ để tính khối lượng trung bình 1 viên. Sau đó, thuốc được bỏ màng bao phim và được nghiền trên cối mã não.

Cân một lượng thuốc có khối lượng bằng trung bình 1 viên và pha trong dung môi DMSO để xác định hàm lượng NFR.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc trưng điện hóa của điện cực SPE

Dựa trên các đường von-ampe vòng (hình 2) trên hệ chuẩn Fe^{II}/ Fe^{III} 10 mM tuân theo phương trình Randles–Ševčík (1), cho thấy *Ip* (µA) tỉ lệ thuận với $\sqrt{v}$ (V/s). Kết quả trên hình 2(a) và bảng 1 cho thấy khi tốc độ quét tăng từ 0,05 V/s đến 0,25 V/s, cường độ dòng đỉnh oxy hóa tăng dần và độ lớn dòng đỉnh khử cũng tăng dần và tỉ lệ I_{PA}/ I_{PC} = 1,03 ± 0,01. Sự dịch chuyển thế đỉnh *Ep* cho thấy hệ không hoàn toàn thuận nghịch, mà có ảnh hưởng của quá trình động học chuyển electron và có thể có sự khuếch tán ở tốc độ quét cao. Diện tích hoạt động điện hóa của điện cực SPE là *A* = 0,1005 ± 0,0003 cm^2, kết quả này phù hợp với các công bố trước đây (Shokurov & Menon, 2023), (Long et al., 2024).



Hình 2. (a) Các đường CV thể hiện tốc độ quét khác nhau trong hệ Fe^{II}/ Fe^{III}, (b) Phổ trở kháng điện hóa Nyquist của điện cực SPE.

ĐKTN: quét CV (Fe^{II}/ Fe^{III} 10 mM, KCl 0,1 M, khoảng quét thế -0,6 V đến 1,0 V),

EIS: (Fe^{II}/ Fe^{III} 10 mM, KCl 0,1 M, khoảng quét từ 10000 Hz đến 0,5 Hz, n frequency = 44).

Bảng 1. Kết quả giữa tốc độ quét thế so với thế đỉnh và cường độ dòng đỉnh

v (V/s)	$\sqrt{v}$ (V/s $^{1/2}$)	$E_{P,A}$ (V)	$I_{P,A}$ (µA)	$E_{P,C}$ (V)	$I_{P,C}$ (µA)	$I_{P,A}$ / $I_{P,C}$
0,05	0,224	0,290 ± 0,000	254,53 ± 0,06	0,062 ± 0,000	-244,17 ± 0,40	1,04
0,075	0,274	0,304 ± 0,000	296,00 ± 0,79	0,048 ± 0,000	-284,33 ± 0,75	1,04
0,10	0,316	0,314 ± 0,000	327,30 ± 0,36	0,038 ± 0,000	-314,70 ± 0,36	1,04
0,15	0,387	0,328 ± 0,000	374,63 ± 0,85	0,019 ± 0,000	-362,87 ± 0,85	1,03
0,20	0,447	0,343 ± 0,000	412,83 ± 0,57	0,004 ± 0,000	-399,90 ± 0,46	1,03
0,25	0,500	0,357 ± 0,000	441,10 ± 0,30	-0,010 ± 0,000	-429.37 ± 1,27	1,03
		$A_{P,A}$ = 0,1008 cm^2		$A_{P,C}$ = 0,1002 cm^2		

$E_{P,A}$; $E_{P,C}$ thế đỉnh anode và cathode, $I_{P,A}$; $I_{P,C}$ tín hiệu dòng đỉnh anode và cathode, n = 4.

Đồ thị Nyquist của SPE thể hiện một nửa hình tròn nhỏ ở vùng tần số cao đến trung bình kèm một đường thẳng nghiêng ở vùng tần số thấp, cho thấy quá trình điện hóa được chi phối bởi cả sự truyền tải điện tích và

khuếch tán. Mạch tương đương được hiệu chỉnh cho kết quả điện trở dung dịch *Rs* = 143,7 Ω, điện trở truyền tải điện tích tương đối thấp là R_{ct} = 15,02 Ω, điện dung lớp kép là *C* = 20,46 µF xác nhận rằng sự truyền electron tại bề mặt SPE diễn ra dễ dàng.

Bảng 2. Kết quả xác định các thông số phổ trở kháng điện hóa

Thông số	*Giá trị nhỏ nhất*	*Giá trị lớn nhất*	Giá trị xác định	Đơn vị	Sai số (%)
R_s	10^{-7}	10^{11}	143,7	Ω	0,4
R_{ct}	10^{-7}	10^{11}	15,02	Ω	4,8
W	10^{-9}	10^{8}	157,1	σ	1,9
C	10^{-7}	102	20,46	µF	7,8

Tuy nhiên, dữ liệu thực nghiệm có xu hướng cho *Z″* lớn hơn đường Nyquist fit. Phần khuếch tán có hệ số *W* = 157,1 σ khá lớn phản ánh quá trình truyền khối/ chuyển chất lên bề mặt điện cực SPE có thể do ảnh hưởng bởi bề mặt điện cực SPE không được phẳng hoàn toàn.

Thế đỉnh oxy hóa - khử không thay đổi (độ lệch chuẩn Sd_E = 0, bảng 1) và độ lệch chuẩn của tín hiệu cường độ dòng đỉnh nhỏ Sd_I dao động từ 0,06 đến 1,72 µA, chứng tỏ điện cực SPE có độ lặp lại tốt.

3.2. Xác định cơ chế chuyển chất của NFR

Để xác định đặc tính điện hóa của NFR cũng như ưu thế của điện cực SPE, chúng tôi thực hiện quét von-ampe vòng (hình 3).

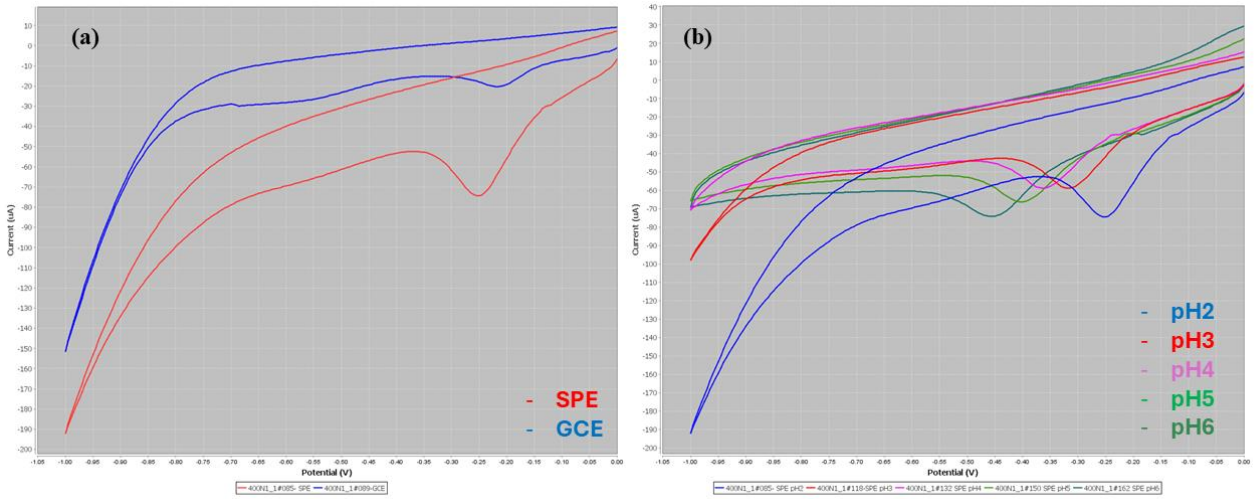
Hình 3(a) cho thấy tín hiệu dòng đỉnh của NFR là *Ip* = 36,55 ± 0,79 µA đối với điện cực SPE, cao gấp 3,6 lần khi khảo sát bằng điện cực GCE là *Ip* = 10,23 ± 0,54 µA. Điều này cũng có thể giải thích do diện tích bề mặt của điện cực SPE (d = 4 mm) là 0,126 cm^2 trong khi diện tích bề mặt của điện cực GCE (d = 3 mm) là 0,071 cm^2.

Hình 3(b) thể hiện các đường CV đối với các *pH* khác nhau, đỉnh peak NFR có xu hướng dịch chuyển từ phải sang trái. Khi xây dựng mối tương quan của *Ep* với *pH* ta được phương trình sau:

$$\mathrm{Ep} = -0{,}1448 - 0{,}0504 \times pH \quad (2)$$

Dựa vào phương trình Nernst: $\mathrm{E} = b - 0{,}059 \times \frac{p}{n} \times pH$ (3)

Với *p* số proton trao đổi và *n* số electron trao đổi, phương trình (2) và (3) suy ra $\frac{p}{n} \approx 1$. Hay nói cách khác số proton bằng số electron trao đổi, nghĩa cơ chế này liên quan đến sự tham gia của 4 electron và 4 proton, trong đó nhóm (–NO_2) trên phân tử NFR bị khử thành nhóm hydroxylamine tương ứng (–NHOH) (hình 4).

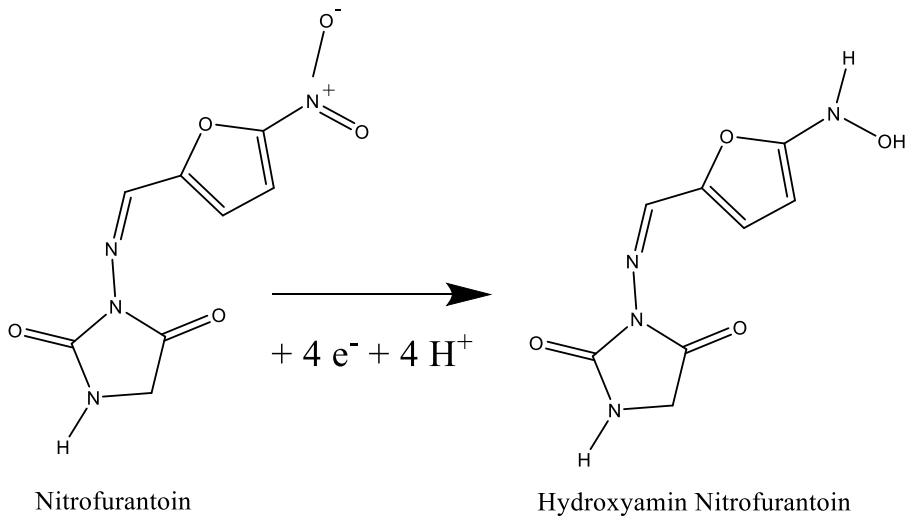


Hình 3. (a) Các đường CV của điện cực SPE và GCE đối với NFR trong đệm BR tại pH = 2,
(b) Các đường CV của NFR tại các pH khác nhau của đệm BR.

ĐKTN: đường CV quét thế từ 0 V đến -1 V, E_{acc} = 0 V, t_{acc} = 60 s, C_{NFR} = 50 µM, C_{BR} = 0,05 M, pH=2 đến pH=6)

Tín hiệu dòng đỉnh NFX tại *pH* = 2 là lớn nhất *Ip* = 36,55 ± 0,79 µA, và có xu hướng giảm dần từ *pH* = 2 đến *pH* = 6. Điều này có thể giải thích trong dung dịch từ trung tính đến acid có nhiều proton tự do di chuyển trong dung dịch điện hóa (Koventhan et al., 2020). Như vậy *pH* = 2 được lựa chọn cho các nghiên cứu tiếp

theo. Theo các tác giả (Koventhan et al., 2020; Vetri Selvi et al., 2019), cơ chế chuyển electron và proton của NFR trên bề mặt điện cực được xác định như sau:



Hình 4. Cơ chế chuyển electron và proton H^+ của NFR.

3.3. Xây dựng đường chuẩn xác định NFR và áp dụng phân tích lên mẫu thật

Đường chuẩn xác định NFR được xây dựng từ 0 µM đến 40 µM trong đệm BR *pH* = 2. Kết quả từ hình 5 được xây dựng mối tương quan tuyến tính giữa nồng độ NFR và tín hiệu dòng đỉnh như sau:

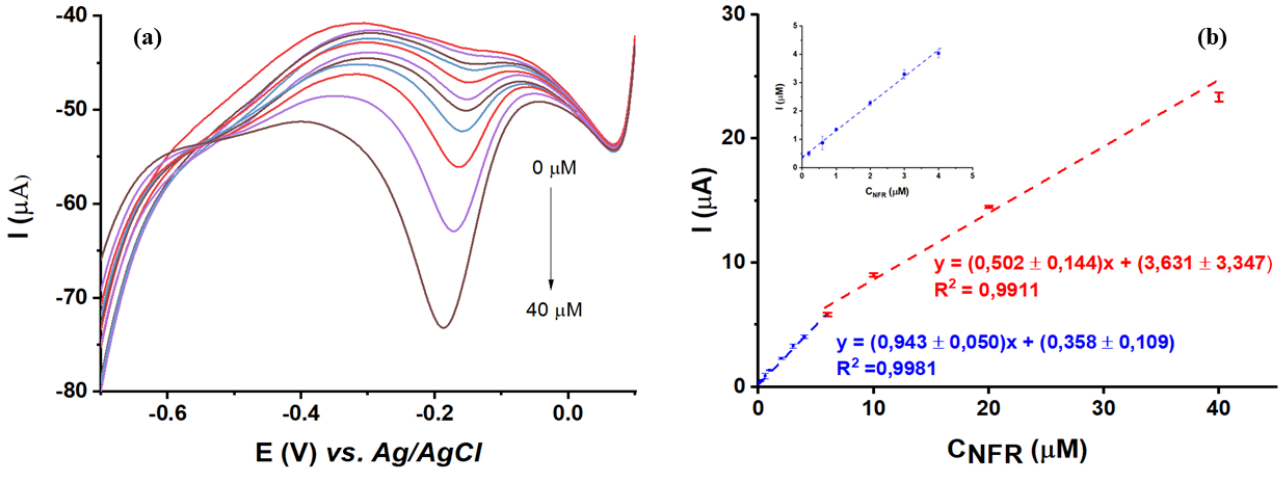
Khoảng 0 µM đến 4 µM: y = (0,943 ± 0,050)x + (0,358 ± 0,109); R^2 = 0,9981 (4)

Khoảng 4 µM đến 40 µM: y = (0,502 ± 0,144)x + (3,631 ± 03,347); R^2 = 0,9911 (5)

Hệ số tương quan tuyến tính mạnh trong khoảng từ 0 µM đến 4 µM với R^2 = 0,9981. Vì vậy, được lựa chọn để xác định giới hạn phát hiện (LOD) và giới hạn định lượng (LOQ) trong khoảng xác định này. LOD được xác định theo quy tắc 3σ, LOD = $3\frac{S_{y/x}}{b}$ và LOQ = 3×LOD đến 4×LOD.

Trong đó $S_{y/x}$: là độ lệch chuẩn của tín hiệu từ phương trình hồi quy, b: hệ số góc (slope) phương trình đường chuẩn.

Từ phương trình đường chuẩn (4) xác định được LOD = 0,23 µM, LOQ = 0,79 µM.



Hình 5. (a) Các đường SWV xác định NFR, (b) Đường hồi quy tuyến tính của NFR.

ĐKTN: SWV quét thế từ 0,1 V đến -1 V, E_{acc} = 0 V, t_{acc} = 30 s, E_{step} = 0,005 V, E_{amp} = 0,08 V, Freg = 10 Hz , đệm BR (C_{BR} = 0,05 M, pH = 2)

Cân một lượng mẫu thuốc xác định, hoà tan và định mức đến 100 mL bằng dung dịch DMSO. Dung dịch thuốc sau khi hoà tan được lọc qua màng lọc sợi thuỷ tinh (47 mm, cỡ lỗ 0,45 µm) để loại bỏ chất huyền phù. Sau đó lấy 15 µL dịch lọc đưa vào bình điện phân (V = 10 mL) để xác định nồng độ bằng phương pháp SWV. Kết quả phân tích 04 mẫu thuốc chứa thành phần NFR được trình bày tại bảng 3.

Bảng 3. Kết quả phân tích một số mẫu thuốc chứa NFR trên thị trường

Mẫu	C_{Cell}^{*} (µM)	*Quy về hàm lượng viên* (mg)	Giá trị ghi trên nhãn (mg)	$t_{tính}$	$t_{bảng}$
M1	1,52 ± 0,04	96 ± 2,1	100	3,30	4,303
M2	1,63 ± 0,05	103 ± 2,3	100	2,26	
M3	0,83 ± 0,02	52,4 ± 1,6	50	2,60	
M4	0,81 ± 0,01	51,2 ± 1,4	50	1,48	

**Xác định theo phương pháp SWV,* $t_{tính} = \frac{|x_{Tb}-\mu|}{Sd}\sqrt{n}$*;* x_{TB} *giá trị trung bình quy về hàm lượng viên (mg) tính bằng phương pháp SWV, Sd: độ lệch chuẩn tính bằng phương pháp SWV, µ: chấp nhận giá trị ghi trên nhãn là giá trị đúng, n: số thí nghiệm lặp lại (n = 3).*

Dựa vào bảng 3 cho thấy, các mẫu M1 đến M4 có $t_{tính} < t_{bảng}$ nghĩa là các giá trị phân tích bằng phương pháp SWV có ý nghĩa thống kê.

Hàm lượng NFR tìm thấy trong các mẫu thuốc tương ứng với 96,0 % đến 104,9 % so với nhãn, và các kết quả này nằm trong khoảng cho phép theo hướng dẫn Dược điển Việt Nam, tập 1 xuất bản lần thứ 5 của Bộ Y tế (Bộ Y tế, 2017).

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chứng minh điện cực in SPE có khả năng ứng dụng tốt trong xác định NFR. Kết quả đặc trưng điện cực bằng CV và EIS cho thấy SPE có diện tích hoạt động điện hóa A = 0,1005 ± 0,0003 cm² và khả năng truyền electron thuận lợi với R_{ct} thấp (15,02 Ω). So với điện cực GCE, SPE cho tín hiệu dòng đỉnh của NFR cao hơn 3,6 lần, cho thấy ưu thế rõ rệt về độ nhạy. Khảo sát ảnh hưởng pH cho thấy tín hiệu NFR đạt cực đại ở *pH* = 2; đồng thời mối quan hệ giữa thế đỉnh và *pH* giải thích cơ chế điện hóa của NFR. Trên cơ sở đó, phương pháp SWV đã được thiết lập với hai khoảng tuyến tính 0 – 4 µM và 4 – 40 µM, với giá trị LOD 0,23 µM và LOQ 0,79 µM. Khi áp dụng cho các mẫu thuốc thương mại, hàm lượng NFR xác định được nằm trong khoảng 96,0 – 104,9 % so với nhãn và phù hợp với yêu cầu chấp nhận của Dược điển Việt Nam. Như vậy, phương pháp sử dụng SPE là hướng tiếp cận đơn giản, nhanh, có độ nhạy tốt và chi phí thấp, phù hợp cho việc phân tích NFR trong mẫu dược phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bộ Y tế. (2017). *Dược điển Việt Nam V* (Tập 1). Nhà xuất bản Y học.

Jia, J., Zhang, H., Qu, J., Wang, Y., & Xu, N. (2022). Immunosensor of nitrofuran antibiotics and their metabolites in animal-derived foods: A review. *Frontiers in Chemistry, 10,* Article 813666. https://doi.org/10.3389/fchem.2022.813666

Katakam, P., Wadgeri, M. J., Tripuramallu, B. K., & Chollety, V. K. (2025). Box–Behnken design–based development and validation of RP-HPLC method for determination of related substances in nitrofurantoin formulations. *Biomedical Chromatography, 39*(12), e70247. https://doi.org/10.1002/bmc.70247

Koventhan, C., Vinothkumar, V., Chen, S. M., & Sangili, A. (2020). Highly sensitive electrode materials for the voltammetric determination of nitrofurantoin based on zinc cobaltate nanosheets. *New Journal of Chemistry, 44*(28), 12036–12047. https://doi.org/10.1039/D0NJ01796E

Long, H. T., Ngoc, P. T., Vu, H. X. A., & Chau, N. D. G. (2024). Fabrication and evaluation of some electrochemical properties of screen-printed electrodes for use in electrochemical analysis. *Hue University Journal of Science: Natural Science, 133*(1B), 99–108. https://doi.org/10.26459/hueunijns.v133i1b.7313

O'Keeffe, M., Christodoulidou, A., & Nebbia, C. (2021). Presence of nitrofurans and their metabolites in gelatine. *EFSA Journal, 19*(10), e06881. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6881

Saluti, G., Ricci, M., Castellani, F., Rosato, R., Colagrande, M. N., Manucci, A., & Scortichini, G. (2024). Determination of nitrofuran metabolites in muscle by LC-MS/MS and LC-MS/MS/MS: Alternative validation according to Commission Implementing Regulation (EU) 2021/808. *Microchemical Journal, 199*, 110197. https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.110197

Shokurov, A. V., & Menon, C. (2023). Laser-induced graphene electrodes for electrochemistry education and research. *Journal of Chemical Education, 100*(6), 2411–2417. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01237

Vetri Selvi, S., Rajakumaran, R., Chen, S. M., Rady, A. M., Veerasankar, S., Chen, T. W., Rwei, S. P., & Lou, B. S. (2019). Graphene/tungsten trioxide (Gr/WO_3) composite modified screen-printed carbon electrode for the sensitive electrochemical detection of nitrofurantoin in biological samples. *International Journal of Electrochemical Science, 14*(7), 6454–6467. https://doi.org/10.20964/2019.07.67

Zhao, X., Chen, S., Fan, Y., Lei, X., Li, Y., Ji, T., Xia, H., & Wang, L. (2023). Rapid quantitative detection for nitrofurantoin based on nitrogen-doped highly photoluminescent carbon dots. *ACS Omega*. Advance online publication. https://doi.org/10.1021/acsomega.3c09620

Electrochemical determination of Nitrofurantoin using Screen-Printed Electrodes (SPE)

Nguyen Dang Giang Chau[1], Hoang Thai Long[1], Nguyen Hai Phong[1], Ha Thuy Trang[2], Le Thanh Tam[3], Ho Xuan Anh Vu[1]

[1]*Faculty of Chemistry, University of Sciencies, Hue University*

[2]*Faculty of Chemistry, University of Education, Hue University*

[3]*Office of Planning - Finance and Facilities, University of Sciencies, Hue University*

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 17 February 2026
Received in revised form: 06 April 2026
Accepted: 09 April 2026
Published: 20 April 2026

Keywords:
SPE;
Electrochemical;
Nitrofurantoin.

Corresponding author:
Ho Xuan Anh Vu
E-mail address:
hxanhvu@hueuni.edu.vn

ABSTRACT

Nitrofurantoin (NFR), a nitrofuran antibiotic, requires strict monitoring because of its potential health risks. In this study, a screen-printed electrode (SPE) coupled with a portable Metrohm Dropsens µStat400 device was used to investigate the electrochemical behavior of NFR and to develop a rapid method for its determination. The SPE was characterized by cyclic voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy, showing an electroactive surface area (ESCA) of 0,1005 ± 0,0003 cm² and a low charge-transfer resistance (R_{ct}) of 15,02 Ω, indicating favorable electron transfer at the electrode surface. The peak current of NFR at the SPE in Britton–Robinson buffer (pH = 2) was 36,55 ± 0,79 µA, and 3,6 times higher than that at a glassy carbon electrode. A square-wave voltammetric method was established with two linear ranges of 0 – 4 µM and 4 – 40 µM. The limit of detection (LOD) and limit of quantification (LOQ) were 0,23 µM and 0,79 µM, respectively. The method was successfully applied to commercial pharmaceutical samples, yielding 96,0 – 104,9 % of the labeled content.