

Đánh giá các kỹ thuật phân tích acid ascorbic và ứng dụng trong kiểm tra chất lượng thực phẩm

Nguyễn Thị Hồng Thoa^{1*}, Trần Huỳnh Lộc¹, Nguyễn Lê Hoài Linh¹

¹Khoa Kỹ thuật xét nghiệm y học, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, TP Hồ Chí Minh

*nththoa@ntt.edu.vn

Tóm tắt

Bài viết đánh giá tổng quan các kỹ thuật phân tích acid ascorbic trong kiểm tra chất lượng do vai trò thiết yếu của acid ascorbic đối với sức khỏe con người và khả năng ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp thực phẩm. Các phương pháp định lượng acid ascorbic, bao gồm phương pháp chuẩn độ, đo quang phổ UV-Vis, voltammetry, sắc ký lỏng hiệu năng cao, đo huỳnh quang, đo điện thế và điện di mao quản. Mỗi phương pháp được đánh giá về nguyên lý, ưu điểm, hạn chế và phạm vi ứng dụng trong phân tích acid ascorbic. Dù acid ascorbic giúp kéo dài thời hạn thực phẩm nhờ chống oxy hóa, việc định lượng chính xác trong các mẫu thực phẩm phức tạp còn nhiều thách thức. Các kỹ thuật phân tích hiện đại giúp định lượng acid ascorbic nhanh, chính xác và đáp ứng tiêu chuẩn quốc tế về an toàn thực phẩm. Đề xuất phát triển các phương pháp chọn lọc, hiệu quả bằng cách tích hợp đo điện thế, đo huỳnh quang, sắc ký lỏng hiệu năng cao và điện di mao quản, nhằm nâng cao độ nhạy và xử lý mẫu. Điều này mở ra hướng tiếp cận thực tế hơn trong kiểm tra chất lượng và đảm bảo an toàn thực phẩm, đồng thời tạo cơ sở dữ liệu quan trọng cho nhà nghiên cứu, nhà sản xuất và cơ quan quản lý trong việc lựa chọn phương pháp phù hợp để đảm bảo chất lượng.

© 2025 Journal of Science and Technology - NTTU

Nhận 20/07/2025

Được duyệt 29/08/2025

Công bố 28/09/2025

Từ khóa

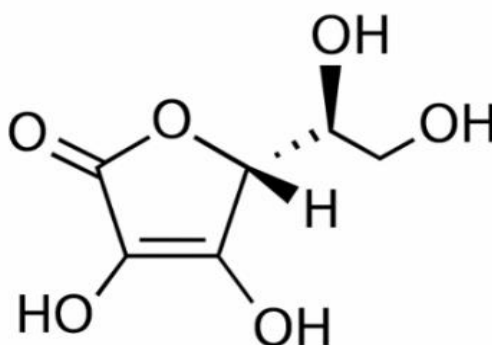
Acid ascorbic; Vitamin C; HPLC; UV-Vis; điện di mao quản

1. Đặt vấn đề

1.1. Định nghĩa

Acid ascorbic (AA) còn có một số tên gọi khác như vitamin C, Acid ascorbique, L-Ascorbat,... là một hợp chất hữu cơ thuộc họ monosaccharide, có công thức

phân tử $C_6H_8O_6$, đây là một loại vitamin tan trong nước, dạng tinh thể màu trắng đến vàng nhạt, không mùi có vị chua. Cấu trúc phân tử giúp acid ascorbic được biết đến là một chất chống oxy hóa tự nhiên [1]



Hình 1. Công thức cấu tạo acid ascorbic [1]

Bảng 1. Thông số kỹ thuật cho acid ascorbic theo Quy định của Ủy ban EU, Tiêu chuẩn JECFA và TCVN.

	Quy định của Ủy ban EU [2]	JECFA [3]	TCVN (11168:2015) [4]
Mô tả	Bột tinh thể màu trắng đến vàng nhạt, không mùi.	Bột tinh thể màu trắng đến hơi vàng, không mùi.	Bột tinh thể trắng đến vàng nhạt, không mùi.
Khoảng nhiệt độ nóng chảy	Từ 189 °C đến 193 °C, có phân hủy.	-	Khoảng 190 °C, có phân hủy.

Độ hòa tan	-	-	Dễ tan trong nước, ít tan trong etanol, không tan trong ete.
Độ pH	2,4-2,8 (dung dịch 2 %)	2,4-2,8	2,4-2,8

AA là chất chống oxy hóa thiết yếu cho tổng hợp collagen, chuyển hóa carnitine, catecholamine và hấp thụ sắt, nhưng không tự tổng hợp nên phải qua chế độ ăn từ trái cây, rau quả như cam, ổi, quả mọng, cà chua và khoai tây. Hầu hết AA được hấp thụ hoàn toàn ở ruột non, nhưng tỷ lệ hấp thụ giảm khi nồng độ trong lòng ruột tăng. AA là dưỡng chất dễ phân hủy trong chế biến và bảo quản, nên thường được dùng làm chỉ số đánh giá chất lượng dinh dưỡng thực phẩm. Việc nghiên cứu hàm lượng AA giúp xác định giá trị dinh dưỡng, xây dựng dữ liệu bảo quản và tham khảo khẩu phần ăn [1]. Hàm lượng AA trong các loại trái cây và rau quả khác nhau được so sánh và đánh giá để xác định nguồn cung cấp AA hiệu quả từ thực phẩm tự nhiên.



Hình 2. Hàm lượng acid ascorbic trong một số loại thực phẩm [1]

1.2. Chuyển hóa của acid ascorbic trong cơ thể người

Chuyển hóa của AA diễn ra liên tục để duy trì nồng độ ổn định trong máu và mô, đồng thời tiêu thụ nhanh do tham gia phản ứng chống oxy hóa, tổng hợp sinh học và đặc tính dễ oxy hóa, kém bền.

Bảng 2. Mức sử dụng tối đa cho phép của acid ascorbic và các muối của nó (E300 - 302) trong thực phẩm.
(Trích theo Phụ lục II, Quy định (EC) số 1333/2008)

Mã nhóm FCS	Loại thực phẩm theo FCS	Mã số phụ gia	Tên phụ gia	Giới hạn tối đa cho phép
-------------	-------------------------	---------------	-------------	--------------------------

AA được hấp thu ở ruột qua cơ chế vận chuyển tích cực phụ thuộc natri, với hiệu suất tới 98 % ở liều thấp. Tuy nhiên, do giới hạn bão hòa, khả năng hấp thu giảm khi liều tăng: khoảng 80-90 % ở 180 mg, 75 % ở 1 gam và chỉ 16 % ở 12 gam [2].

AA dễ bị oxy hóa thành dehydroascorbic acid, có thể được khử trở lại hoặc thủy phân thành acid diketogulonic, chủ yếu bài tiết qua nước tiểu hoặc chuyển thành acid oxalic, acid threonic. Dù không phải con đường chính, liều cao chưa hấp thu của AA có thể bị oxy hóa thành CO₂ bởi vi sinh vật đường ruột. AA và các chất chuyển hóa chủ yếu bài tiết qua nước tiểu, tốc độ phụ thuộc vào liều, tăng liều sẽ thúc đẩy bài tiết và giảm thời gian bán thải của AA [2].

Việc duy trì nồng độ AA cần thiết để thực hiện các chức năng chống oxy hóa. Tuy nhiên, quá trình chuyển hóa nhanh chóng và khả năng oxy hóa của AA có thể dẫn đến mất cân bằng và ảnh hưởng đến sức khỏe nếu không được bổ sung đủ lượng AA cần thiết.

1.3. Ứng dụng trong bảo quản thực phẩm

Trong ngành công nghiệp thực phẩm AA đóng vai trò quan trọng nhờ khả năng chống oxy hóa, giúp loại bỏ các nguồn oxy dư thừa và giảm khả năng oxy hóa các thành phần khác. Bên cạnh đó, AA còn góp phần duy trì sự ổn định của các yếu tố vi lượng như vitamin A, E, acid folic, thiamine,... trong các thực phẩm [1].

Các chất phụ gia dựa trên AA phổ biến: E300 (acid ascorbic) hoặc dạng muối E301 (natri ascorbat), E302 (canxi ascorbat), E303 (kali ascorbat) và E304 (este ưa béo). E304 giúp chống oxy hóa trong môi trường lipid và ngăn ngừa ôi thiu trong thực phẩm chứa chất béo. Các chất phụ gia dựa trên AA được cơ quan quản lý thực phẩm của EU, Hoa Kỳ, Úc, New Zealand cho phép dùng trong thực phẩm và được ứng dụng trong nhiều giai đoạn chế biến [4].

Hiện nay, việc sử dụng các phụ gia dựa trên AA tại Việt Nam được quy định theo TCVN 11168:2015.

1	Bánh mì chỉ gồm bột mì, nước, men hoặc chất lên men và muối.	E300/E301 /E302	Acid ascorbic/ Natri ascorbat/ Canxi ascorbat	Quantum satis
2	Thịt đã xử lý có gia nhiệt.	E300/E301	Acid ascorbic/ Natri ascorbat	Quantum satis
3	Các loại bánh snack từ khoai tây, ngũ cốc, bột mì hoặc tinh bột.	Nhóm I	Phụ gia	Quantum satis
4	Các loại hạt được chế biến.	Nhóm I	Phụ gia	Quantum satis
5	Thực phẩm bổ sung.	Nhóm I	Phụ gia	Quantum satis

* Nguyên tắc quantum satis (QS): không giới hạn liều lượng cụ thể mà chỉ yêu cầu sử dụng ở mức cần thiết để đạt được mục đích công nghệ.

1.4. Tác động bất lợi của acid ascorbic đến sức khỏe con người

Theo FAO/WHO, sử dụng AA liều cao có thể hình thành sỏi oxalat và tan máu, với mức hấp thu tối đa khuyến nghị là 1 g/ngày [3]. Nhóm EVM của Vương quốc Anh cũng ghi nhận dùng liều cao AA ảnh hưởng đến hệ tiêu hóa, đặc biệt ở những người có tiền sử rối loạn tiêu hóa.

Trong ngành thực phẩm, xác định chính xác hàm lượng AA quan trọng để đảm bảo chất lượng và an toàn. Các kỹ thuật phân tích hiện đại giúp đo lường AA nhanh chóng, chính xác, đáp ứng tiêu chuẩn quốc tế và trong nước. Bài viết tổng quan các phương pháp phân tích AA, đánh giá ưu điểm, hạn chế và ứng dụng trong kiểm tra chất lượng thực phẩm.

2. Vật liệu, phương pháp nghiên cứu

Việc xác định AA trong các lĩnh vực đặc biệt là thực phẩm có vai trò quan trọng trong kiểm soát chất lượng. Do đặc tính không ổn định trong nước, ảnh hưởng bởi nhiệt độ, ánh sáng, ion kim loại nên dẫn đến nhiều thách thức trong quá trình phân tích. Vì vậy, cần lựa chọn phương pháp chính xác, đáng tin cậy, dễ thực hiện và phù hợp với mẫu.

Hiện nay, có nhiều phương pháp phân tích khác nhau được sử dụng để xác định hàm lượng AA trong các mẫu, bao gồm:

- + Phương pháp chuẩn độ.
- + Phương pháp đo quang phổ UV-Vis.
- + Phương pháp đo Voltam.
- + Phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC).
- + Phương pháp đo huỳnh quang.
- + Phương pháp đo điện thế.
- + Phương pháp điện di mao quản.

Để làm sáng tỏ ưu điểm, hạn chế và phạm vi ứng dụng của từng phương pháp phân tích, tiến hành đánh giá chi

tiết các kỹ thuật định lượng AA hiện có. Mục tiêu là cung cấp một cái nhìn toàn diện và sâu sắc về quy trình phân tích AA trong thực phẩm. Từ đó hỗ trợ việc lựa chọn phương pháp phù hợp cho từng loại mẫu và mục đích nghiên cứu khác nhau.

2.1. Phương pháp chuẩn độ

Phương pháp chuẩn độ phân tích AA đơn giản, nhanh, tiết kiệm chi phí và phù hợp cho phân tích quy mô lớn. Dựa trên tính khử của AA, sử dụng dung dịch oxy hóa như dichlorophenol indophenol, kali iodat, kali bromat hoặc xanh methylen. Lựa chọn phương pháp phụ thuộc vào phản ứng hóa học và độ nhạy mong muốn, phù hợp để phân tích thực phẩm và chất bổ sung chứa lượng AA rõ ràng, ít bị ảnh hưởng bởi các chất khử khác.

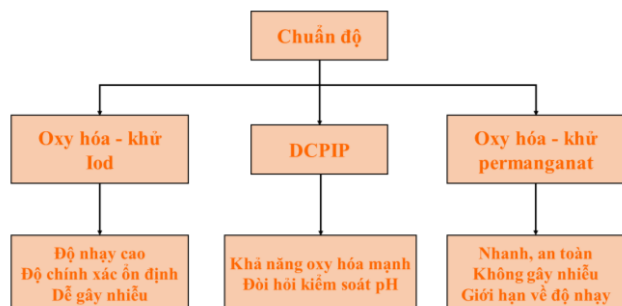
Năm 2021, Laxminandan Satpathy và cộng sự đã tìm kiếm các nồng độ AA khác nhau trong các loại thực phẩm thông thường. Phương pháp chuẩn độ oxy hóa khử Iod được sử dụng. Nghiên cứu này dựa trên lượng AA của 27 nguồn thực phẩm ăn được phổ biến. Hàm lượng AA dao động từ 4,00 mg/100 g đến 89,55 mg/100 g, cao nhất có trong trái me Ấn Độ là 89,44 mg/100 g [5].

Năm 2017, Nielsen S. S. và cộng sự đã xác định hàm lượng AA trong các loại nước ép bằng phương pháp thuốc thử 2,6-dichloroindophenol (DCPIP). Sử dụng dung dịch AA chuẩn để xác định nồng độ thuốc nhuộm, quá trình phân tích theo trình tự các bước cho phép định lượng chính xác hàm lượng AA trong mẫu [6].

Năm 2002, Narong Lenghor và cộng sự phát triển hai hệ thống chuẩn độ tiêu chuẩn tự kết hợp phát hiện quang phổ để định lượng AA, trong đó một hệ thống dựa trên phản ứng oxy hóa khử giữa AA và permanganat trong môi trường acid. Cùng năm, Suntornsuk L. và cộng sự xác định hàm lượng AA trong nước ép thảo mộc bằng chuẩn độ trực tiếp với Iod, với tính tuyến tính cao trong

phạm vi 100-500 %, đảm bảo độ chính xác và khả năng phục hồi tốt.

Tùy thuộc vào yêu cầu phân tích cụ thể, từng phương pháp có thể được chọn để tối ưu hóa độ chính xác và độ tin cậy.



Hình 3. Ưu điểm và hạn chế của các phương pháp chuẩn độ.

2.2. Phương pháp đo quang phổ UV-Vis

Trước đây, các phương pháp phân tích sử dụng quang phổ UV-Vis đã được phát hiện, tuy nhiên chủ yếu giới hạn trong việc phân tích các mẫu huyết tương và đòi hỏi quy trình phức tạp. Sau đó, đã phát triển một phương pháp UV-Vis đáng tin cậy để xác định AA trong các mẫu có sự hiện diện của các vitamin khác, với khả năng tái tạo kết quả cao. Phương pháp này có đặc điểm đơn giản, nhanh chóng hơn so với các kỹ thuật trước đó và đảm bảo độ chính xác, độ tin cậy cần thiết.

Năm 2020, Panchem Y.P. và cộng sự phát triển phương pháp quang phổ UV-1900 để định lượng AA dạng bột bằng dung môi methanol:nước (50:50 v/v) tại bước sóng 258 nm. Phương pháp được xác nhận theo hướng dẫn ICH, đáp ứng các tiêu chí về tuyến tính, chọn lọc, đặc hiệu, chính xác và độ lặp lại, cho thấy phù hợp trong phân tích AA [7].

Năm 2019, Desai A.P. và cộng sự áp dụng phương pháp tương tự tại Nam Gujarat, ghi nhận phức bền từ có hàm lượng AA cao nhất là 446 mg/100 g. Zeng W. và cộng sự phát triển phương pháp UV mới định lượng AA và nghiên cứu ảnh hưởng của ion đồng (II) lên quá trình oxy hóa AA trong các dung môi. Kết quả cho thấy AA hòa tan tốt trong methanol (81,0 mg/mL) ở nhiệt độ phòng. Phương pháp đơn giản, nhanh, chính xác và tin cậy, phù hợp phân tích định kỳ AA dạng hạt và viên [8].

2.3. Phương pháp đo Voltam

Phương pháp đo voltam là một kỹ thuật phân tích điện hóa dựa trên việc đo dòng điện qua điện cực khi thay đổi điện thế, được sử dụng để khảo sát các phản ứng oxy hóa-khử và đặc tính điện hóa của các chất trong dung dịch hoặc trên bề mặt điện cực.

Năm 2010, Ogunlesi M. và cộng sự đã đo lượng AA trong 38 mẫu rau lá xanh và thực phẩm bằng hai phương pháp: (1) phương pháp voltampon tuần hoàn sử dụng

điện cực carbon thủy tinh, điện cực tham chiếu Ag/AgCl, và điện cực phụ platinum trong đệm phosphat 0,1 M, pH = 2,0, chứa 1 mM disodium EDTA, với dải điện thế từ 200 mV đến 1000 mV và tốc độ quét 50 mV/s; (2) phương pháp chuẩn độ hỗn hợp nước của mẫu bằng N-bromosuccinimide. Các mẫu như ớt đỏ, lá cây cam trắng, hạt tiêu đen, cây cà ri và bí ngô được xác định là những nguồn lượng AA cao [9].

Phương pháp voltammetry có hiệu quả cao trong phân tích AA, cung cấp khả năng phát hiện nồng độ AA ở mức thấp phù hợp cho việc định lượng AA trong các mẫu thực phẩm và sinh học. Đây là công cụ phân tích có ứng dụng y sinh và kiểm tra chất lượng thực phẩm.

2.4. Phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC)

Phương pháp HPLC đã được phát triển để khắc phục các hạn chế của các kỹ thuật phân tích khác nhờ tính nhanh chóng, chọn lọc, đặc hiệu và quy trình chuẩn bị mẫu đơn giản. Trong việc xác định AA ở mẫu sinh học và thực phẩm, HPLC dùng đầu dò UV là phương pháp phổ biến với đỉnh hấp thụ tại khoảng 265-266 nm.

Với mẫu lỏng, AA được hòa tan trong dung môi thích hợp và lọc bỏ hạt rắn trước khi tiêm vào cột; với mẫu rắn, cần đồng nhất với chất chiết và loại bỏ cặn trước khi pha loãng. RP-HPLC là phương pháp ưu tiên nhờ tính không bay hơi và khả năng hòa tan tốt trong nước của AA. Ngoài ra, các kỹ thuật khác như loại trừ ion, trao đổi ion, sắc ký cặp ion và HILIC cũng được sử dụng để phân tích AA.

Năm 2024, Hà N.M. và cộng sự phát triển phương pháp HPLC xác định tổng AA (L-ascorbic và L-dehydroascorbic) trong súp lơ xanh và nước cam, với mẫu chiết bằng acid metaphosphoric 20 g/L. Kết quả cho thấy độ thu hồi đạt 87,6-105,4 % (súp lơ) và 88,3-97,7 % (nước cam); giới hạn phát hiện lần lượt là 4,31 mg/100g và 3,24 mg/100 g; độ lệch chuẩn tương đối là 7,72 % và 3,98 %. Phương pháp HPLC này phù hợp để phân tích AA trong thực phẩm [10].

Năm 2011, Mitic S.S. và cộng sự phát triển và xác nhận phương pháp HPLC chính xác, lặp lại cao để xác định AA trong dược phẩm. Phân tích dùng cột Superspher RP-18 ở 200 °C, pha động gồm acid acetic (500 mL) và 1,5 g muối natri của acid 1-hexanesulfonic, tốc độ dòng 0,7 mL/phút, detector UV tại 280 nm. Thời gian phân tích khoảng 4 phút, giới hạn phát hiện 1,95 µg/L, tỷ lệ thu hồi 99,58-101,93 % [11].

Năm 2009, Li X. thiết lập phương pháp HPLC-ECD phân tích chính xác AA và acid uric trong huyết tương, sử dụng acid homogentisic làm chất chuẩn nội. Phân tích trên cột pha đảo bằng U-HPLC và HPLC thường, trong đó U-HPLC nhạy hơn với giới hạn phát hiện 0,05 ng. Cả hai phương pháp đều chính xác và tin cậy [12].

Bảng 3. Tổng hợp các điều kiện HPLC trong một số nghiên cứu định lượng acid ascorbic [10-12]

Nghiên cứu	Cột	Pha động	Detector	Bước sóng (nm)	LOD	Mẫu
Hà và cộng sự (2024)	Eclipse XDB-C18	Acid metaphosphoric 20 g/L	UV-DAD	265	4,31-3,24 mg/100g	Súp lơ xanh, nước cam
Mitic và cộng sự (2011)	Superspher RP-18	Acid acetic (500 mL) + Natri 1-hexanesulfonic (1,5 g)	UV	280	1,95 µg/L	Dược phẩm
Li (2009)	Hypersil Gold C18	methanol; acid cloroacetic 150 mM, dinatri EDTA 2 mM	ECD	265	0,05 ng	Huyết tương người

2.5. Phương pháp đo huỳnh quang

Phương pháp đo huỳnh quang là một kỹ thuật phân tích dựa trên khả năng phát ra ánh sáng huỳnh quang của một chất dạng mẫu khi được kích thích bằng ánh sáng có bước sóng phù hợp. Khi một phân tử hoặc hợp chất trong mẫu hấp thụ năng lượng từ tia sáng chiếu vào, sẽ ở trạng thái kích thích rồi sau đó phát ra ánh sáng ở bước sóng dài hơn. Đo cường độ ánh sáng này giúp xác định nồng độ của chất phân tích trong mẫu.

Cheng X. và cộng sự (2019) đã mô tả phương pháp thử huỳnh quang tỷ lệ để xác định hoạt động enzyme trong phản ứng hình thành AA. Khi enzyme hoạt động trong phản ứng, AA khử Fe^{3+} thành Fe^{2+} , làm phục hồi huỳnh quang của bCD. Thông qua sự thay đổi này, hoạt động của các enzyme như α -glucosidase và phosphatase có thể được đo đặc chính xác dựa trên mức tăng huỳnh quang Cùng năm, Ni P. và cộng sự đã phát triển phương pháp huỳnh quang để xác định hoạt động của phosphatase kiềm (ALP) và các chất ức chế, sử dụng các chấm carbon đồng pha tạp nitơ và Bo (chấm C) với các kích thích/phát xạ ở 490/540 nm. Chấm C liên kết với AA qua phản ứng thủy phân do ALP xúc tác, giúp đo hoạt động enzyme trong phạm vi chấp nhận được [13].

Năm 2019, Wang Y. và cộng sự đã phát triển phương pháp kết hợp đo huỳnh quang tỷ lệ và đo màu để xác định hoạt động của AA và enzyme AA oxidase.

Quá trình oxy hóa o-phenylenediamine (OPDA) bằng KMnO_4 tạo thành hợp chất vàng (oxOPDA) hấp thụ tại 425 nm, làm giảm huỳnh quang xanh của chấm carbon (đỉnh ở 450 nm) và phát ra đỉnh mới ở 565 nm. Phương pháp cho phạm vi tuyến tính từ 0,6-40 µM (huỳnh quang) và 0,2-70 µM (đo màu). Với phạm vi trên có thể xác định hàm lượng AA với vai trò là chất bảo quản trong một số loại thực phẩm bổ sung có hàm lượng thấp. Phương pháp đo huỳnh quang ứng dụng trong phân tích AA cho thấy độ nhạy cao và khả năng phát hiện nồng độ thấp, phù hợp cho các nghiên cứu định lượng nhanh

và chính xác. Phương pháp này là công cụ hữu ích trong tương lai giúp kiểm tra chất lượng thực phẩm chứa AA.

2.6. Phương pháp đo điện thế

Phương pháp đo điện thế cung cấp kết quả nhanh hơn nhiều so với các phương pháp thử nhiều thành phần. Được sử dụng để xác định chất béo, dầu, nhựa, sáp, phương pháp này không yêu cầu bộ điều biến dòng hoặc điện thế, với thiết bị đơn giản, dễ thao tác và đảm bảo kết quả có thể tái lập. Ngoài ra, đo điện thế còn thành công trong phân tích các mẫu AA khác nhau. Tổng khả năng chống oxy hóa của AA được đánh giá bằng phương pháp đo điện thế, ghi lại điện thế phát sinh từ phản ứng của $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]/\text{K}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ với chất chống oxy hóa trong mẫu, sử dụng điện cực bạch kim làm đầu dò.

Năm 2022, Benvanda A.M và cộng sự đề xuất một phương pháp đo điện thế động học nhanh và đơn giản để xác định AA trong dược phẩm. Trong quá trình nghiên cứu tối ưu hóa đơn biến, các điều kiện thực nghiệm đã được xác định sao cho có sự tuyến tính giữa nồng độ và sự thay đổi điện thế, ΔE trong khoảng từ $8,0 \times 10^{-4}$ mol/L đến $8,0 \times 10^{-3}$ mol/L. Phương pháp đề xuất chỉ cần chưa đầy hai phút để xác định AA trong dược phẩm với độ thu hồi đạt yêu cầu và các tá dược thông thường không gây nhiễu [14].

Phương pháp đo điện thế ứng dụng trong phân tích AA trong thực phẩm, đặc biệt trong các sản phẩm bổ sung, cho thấy khả năng đo chính xác và độ nhạy cao. Phương pháp này là một công cụ khả thi và hiệu quả trong kiểm tra chất lượng và đảm bảo liều lượng AA trong thực phẩm bổ sung.

2.7. Phương pháp điện di mao quản

Hiện nay, phương pháp điện di mao quản (CE), đặc biệt là điện di mao quản chế trực tiếp (CZE), ngày càng được phổ biến trong phân tích thực phẩm. Nguyên lý hoạt động của CE dựa trên sự tách chất dựa trên sự di chuyển của các ion trong dung môi dưới tác dụng của trường điện áp, phụ thuộc vào điện tích và kích thước

của các phân tử hoặc ion. Thiết kế thí nghiệm trong CE giúp tối ưu hóa quy trình phân tích một cách hợp lý và khoa học hơn, nâng cao độ chính xác và độ lặp lại của kết quả phân tích.

Năm 2017, Đàm N.T và cộng sự đã ứng dụng phương pháp điện di mao quản (CE) để định lượng AA trong nước tăng lực, men tiêu hóa và cốm vi sinh. Đường chuẩn xây dựng từ nồng độ 2,0-50 mg/L, hệ số tương quan $R^2 > 0,997$. Phương pháp đạt độ chính xác cao với

hiệu suất thu hồi từ 89,3-98,0 % (nước nền) và 94,7-108,7 % (mẫu thật). Kết quả cho thấy nhiều mẫu có nồng độ AA có biến động lớn, gây ra sự khác biệt tương đối tới 129,4 % giữa hàm lượng mẫu đo được so với hàm lượng được ghi trên nhãn của sản phẩm [15].

Bảng tổng hợp các phương pháp phân tích AA đã trình bày bao gồm các nguyên lý hoạt động, ưu điểm, hạn chế, và phạm vi ứng dụng của từng phương pháp.

Bảng 4. Tổng hợp các phương pháp phân tích acid ascorbic.

Phương pháp	Nguyên lý		Độ nhạy	Ưu điểm	Hạn chế
Chuẩn độ	Phản ứng hóa học, dựa trên tính khử và oxy hóa để xác định nồng độ		Không cao	Đơn giản, nhanh, tiết kiệm chi phí	Kém chính xác với nồng độ thấp và mẫu nền phức tạp
Quang phổ UV-Vis	Đo độ hấp thụ ánh sáng ở vùng UV hoặc khả kiến		Trung bình	Nhanh, đơn giản, dễ sử dụng	Không chuyên biệt, dễ bị ảnh hưởng do oxy hóa
Voltam	Đo dòng điện qua điện cực khi thay đổi điện thế		Cao	Nhanh, phát hiện nồng độ ở mức thấp	Cần thiết bị chuyên dụng, dễ nhiễu nếu mẫu có nhiều chất oxy hóa
HPLC	Mẫu được tách qua cột chromatographic và được phát hiện bằng đầu dò		Cao	Nhanh chóng, tính chọn lọc, tính đặc hiệu và quy trình chuẩn bị đơn giản	Chi phí đắt, cần xử lý mẫu
Huỳnh quang	Dựa trên khả năng của chất mẫu phát ra ánh sáng huỳnh quang		Cao	Chọn lọc tốt, nhanh chóng, phù hợp cho mẫu phức tạp	Thiết bị đắt tiền, AA không phát huỳnh quang tự nhiên nên cần dẫn xuất
Điện thế	Đo điện thế giữa điện cực chọn lọc ion iodide với phản ứng AA-iodat		Trung bình	Phát hiện nồng độ thấp, thiết bị đơn giản, dễ thao tác,	Độ chọn lọc phụ thuộc vào điện cực, không ổn định với nền mẫu phức tạp
Điện di mao quản	Dựa trên sự di chuyển dưới tác dụng của điện trường trong mao quản		Cao	Đơn giản, nhanh, hiệu quả cao, tiêu thụ ít hóa chất	Mẫu phải sạch, cần thiết bị chuyên biệt

3. Kết luận

AA là một hợp chất thiết yếu có khả năng hòa tan trong nước, đóng vai trò quan trọng trong các quá trình sinh lý của cơ thể và việc thiếu hụt nó có thể dẫn đến hàng loạt vấn đề sức khỏe nghiêm trọng, bao gồm bệnh scorbut, suy giảm hệ miễn dịch và rối loạn chuyển hóa. Trong thị trường ngày nay, cung cấp đa dạng các thực phẩm có chứa AA. Do đó, việc phân tích chính xác hàm lượng AA trong các sản phẩm là một phần quan trọng của công tác kiểm soát chất lượng, đảm bảo tính an toàn và hiệu quả của sản phẩm. Bài đánh giá đã tổng hợp và phân tích các kỹ thuật phân tích AA. Các phương pháp chuẩn độ, dù đơn giản và hiệu quả về chi phí, nhưng bị

giới hạn bởi tính chọn lọc và ảnh hưởng nhiễu. Quang phổ UV-Vis có tính ứng dụng cao, song độ nhạy có thể chưa đủ cho các mẫu phức tạp. Các phương pháp điện hóa, đặc biệt là voltammetry, thể hiện độ nhạy và độ chọn lọc cao, phù hợp cho phân tích AA trong các nền mẫu phức tạp, như nghiên cứu của Ogunlesi (2010) đã cho thấy. Bên cạnh đó, sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC) được thảo luận về các điều kiện và tiêu chí thẩm định khác nhau, với các nghiên cứu của Hà và cộng sự (2024) cho thấy khả năng ứng dụng hiệu quả trong các mẫu súp lơ xanh và nước cam [10]. Điện di mao quản (CE) nổi bật với hiệu suất phân tách cao và



tiềm năng tự động hóa, mặc dù cần tối ưu hóa quy trình để đảm bảo độ chính xác.

Trong công tác phân tích AA, việc lựa chọn phương pháp phân tích phù hợp phụ thuộc vào đặc điểm của mẫu thực phẩm. Đối với các loại thực phẩm tươi, dễ phân hủy hoặc chứa nhiều hợp chất gây nhiễu, phương pháp HPLC thường được ưu tiên sử dụng do có độ nhạy cao, khả năng phân lập chính xác các thành phần và phù hợp với mẫu phức tạp. Ngoài ra, trong các trường hợp liên quan đến dược phẩm hoặc thực phẩm chức năng, các phương pháp titrimetric sử dụng dung dịch oxy hóa-khử, hoặc phương pháp phân tích quang phổ UV-Vis, thường được lựa chọn do tính đơn giản, tính nhanh chóng. Bên cạnh đó, các phương pháp đo điện cực potentiometry và quang huỳnh quang ngày càng được

phát triển và ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực yêu cầu phân tích nhanh, số lượng mẫu lớn hoặc trong quy trình kiểm soát chất lượng sản xuất hàng loạt.

Trong tương lai, nghiên cứu nên tập trung vào phát triển các phương pháp phân tích AA nhạy, chọn lọc và hiệu quả về chi phí, có khả năng giảm thiểu sự phức tạp trong chuẩn bị mẫu và ảnh hưởng nền mẫu. Đề xuất tích hợp các kỹ thuật mới đo điện thế, đo huỳnh quang, phương pháp HPLC hoặc CE hứa hẹn cải thiện đáng kể độ nhạy và hiệu quả xử lý mẫu trong phân tích AA, mở ra hướng tiếp cận thực tiễn hơn trong kiểm tra chất lượng và đảm bảo an toàn thực phẩm.

Lời cảm ơn

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, TP Hồ Chí Minh đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

1. Bhoot, H. R., Zamwar, U. M., Chakole, S., & Anjankar, A. (2023). Dietary Sources, Bioavailability, and Functions of Ascorbic Acid (Vitamin C) and Its Role in the Common Cold, Tissue Healing, and Iron Metabolism. *Cureus*, e49308.
2. EU. (2021). Regulation (EU) 2021/1056 of the European Parliament and of the Council of 24 June 2021 establishing the Just Transition Fund. *Official Journal of the European Union*, 1-20.
3. WHO. (2007). *Evaluation of certain food additives and contaminants: sixty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations.
4. Bộ Khoa học và Công nghệ. (2015). *Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 11168:2015 về Phụ gia thực phẩm - Axit ascorbic*. Hà Nội: Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng.
5. Satpathy, L., Pradhan, N., Dash, D., Baral, P. P., & Parida, S. P. (2021). Quantitative Determination of Vitamin C Concentration of Common Edible Food Sources by Redox Titration Using Iodine Solution. *Letters in Applied NanoBioScience*, 2361-2369.
6. Nielsen, S. S. (2017). Vitamin C Determination by Indophenol Method. *Food Science Text Series*, 143-146.
7. Panchem, Y. P., Girish, B., & Sanjay, S. S. (2020). UV – Spectrophotometric method for quantification of ascorbic acid in bulk powder. *The Pharma Innov. J.*, 05-08.
8. Khan, M. R., Rahman, M. M., Islam, M. S., & Begum, S. A. (2006). A simple UV-spectrophotometric method for the determination of vitamin C content in various fruits and vegetables at Sylhet area in Bangladesh. *Journal of Biological Sciences*, 388-392.
9. Ogunlesi, M., Okiei, W. O., Azeez, L., & Obakachi, V. (2010). Vitamin C Contents of Tropical Vegetables and Foods Determined by Voltammetric and Titrimetric Methods and Their Relevance to the Medicinal Uses of the Plants. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 105-115.
10. Hà, N. M., Hương, P. T., Hải, T. Q., Phương, N. T., Thoa, N. T., Hà, Đ. T., & Trang, V. T. (2024). Xác định vitamin C trong súp lơ xanh và nước cam bằng phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*, 388-392.
11. Mitić, S. S., Kostić, D. A., Naskovi-Đokić, D. C., & Mitic, M. N. (2011). Rapid and reliable HPLC method for the determination of vitamin C in pharmaceutical samples. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 105-111.
12. Li, X., & Franke, A. A. (2009). Fast HPLC-ECD analysis of ascorbic acid, dehydroascorbic acid and uric acid. *Journal of Chromatography B*, 853-856.
13. Ni, P., Xie, J., Chen, C., Jiang, Y., Lu, Y., & Hu, X. (2019). Fluorometric determination of the activity of alkaline phosphatase and its inhibitors based on ascorbic acid-induced aggregation of carbon dots. *Microchimic Acta*, 202.
14. Bevanda, A. M., Mitić, A., Talić, S., Ivanković, A., Prkić, A., Paut, A., & Vukušić, T. (2022). Rapid Potentiometric Determination of Ascorbic Acid Using Iodate as a Reagent. *Int. J. Electrochem. Sci*, 220730.

15.Đàm, N. T., Huy, N. M., Tuấn, V. M., Anh, D. H., & Việt, P. H. (2018). Ứng dụng phương pháp điện di mao quản lý trong phân tích hàm lượng taurin, cholin, axit pantothenic, axit ascorbic và niacin cánh kiểm soát chất lượng thực phẩm bổ sung. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ* 125, 90-94.

Evaluation Of Ascorbic Acid Analytical Techniques And Their Applications In Food Quality Control: A Mini Review

Nguyen Thi Hong Thoa^{1*}, Tran Huynh Loc¹, Nguyen Le Hoai Linh¹

¹ Faculty of Medical Laboratory Technology, Nguyen Tat Thanh University, Ho Chi Minh City

* nththoa@ntt.edu.vn

Abstract This article reviews the analytical techniques for ascorbic acid in quality control due to the essential role of ascorbic acid in human health and its wide application in the food industry. Methods for quantifying ascorbic acid include titration, UV-Vis spectroscopy, voltammetry, high-performance liquid chromatography (HPLC), fluorescence, potentiometry, and capillary electrophoresis (CE). Each method is evaluated in detail regarding its operating principle, advantages, limitations, and scope of application in ascorbic acid analysis. Although ascorbic acid is known to extend the shelf life of foods due to its antioxidant properties, accurate quantification of ascorbic acid in complex food matrices poses many challenges. Modern analytical techniques provide support for rapid, accurate quantification of ascorbic acid, meeting international food safety standards. In addition, the development of selective and efficient analytical methods for ascorbic acid through the integration of potentiometric, fluorometric, HPLC, and CE techniques promises to significantly improve the sensitivity and efficiency of sample processing, opening up more practical approaches to food quality control and safety assurance. Furthermore, it provides an important database for researchers, food manufacturers, and regulatory agencies in choosing appropriate analytical methods for ascorbic acid to ensure food quality and safety.

Keywords Ascorbic acid; Vitamin C; HPLC; UV-Vis; capillary electrophoresis