

Ứng dụng phương pháp điện di mao quản trong phân tích hàm lượng taurin, cholin, axit pantothenic, axit ascorbic và niacin nhằm kiểm soát chất lượng thực phẩm bổ sung

Application of capillary electrophoresis for determination of taurine, choline, pantothenic acid, ascorbic acid and niacin to control the quality of dietary supplements

Nguyễn Thanh Đàm, Nguyễn Mạnh Huy, Vũ Minh Tuấn,
Dương Hồng Anh, Phạm Hùng Việt*

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

Đến Tòa soạn: 27-12-2017; chấp nhận đăng: 28-03-2018

Tóm tắt

Nghiên cứu này trình bày việc ứng dụng phương pháp điện di mao quản (CE) trong việc định lượng taurin, choline, axit pantothenic (vitamin B₅), axit ascorbic (vitamin C) và niacin (vitamin B₃) trong nước tăng lực, men tiêu hóa và cốm vi sinh. Đường chuẩn của các chất phân tích được xây dựng trong khoảng 2,0 ÷ 50 mg/L và có hệ số tương quan tốt ($R^2 > 0,997$). Phương pháp có độ đúng tốt với hiệu suất thu hồi cao (89,3 ÷ 98,0% với nền nước deion và 94,7% ÷ 108,7% với nền mẫu thật) và sai khác < 10% trong phép phân tích kiểm chứng đối với taurin theo phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC). Các kết quả phân tích cho thấy đa số các mẫu có nồng độ taurin phù hợp với giá trị ghi trên nhãn (< 8%, trừ mẫu TP5), trong khi cholin và các vitamin có sự biến động là lớn khi các kết quả thu được và thông tin sản phẩm có sự sai khác tương đối lớn (tới 129,4%).

Từ khoá: Taurin, cholin, vitamin, điện di mao quản, thực phẩm bổ sung.

Abstract

This study presented the application of capillary electrophoresis (CE) for determination of taurine, choline, pantothenic acid (vitamin B₅), ascorbic acid (vitamin C) and niacin (vitamin B₃) in dietary supplements. The range of the calibration curves were 2.0 ÷ 50 mg/L, and the linearities were good ($R^2 \geq 0.997$). The methods had good accuracy with high recoveries (89.3 ÷ 98.0% with deionized water and 94.7% ÷ 108.7% with real samples) and the differences of less than 10% in reference analysis for taurine by high performance liquid chromatography (HPLC). Analytical results showed that the concentrations of taurine in most samples were consistent with the label (<8%, except for TP5 sample), while the concentrations of choline and vitamins were variable when the obtained results were quite different from the product information (up to 129.4%).

Keywords: Taurine, choline, vitamin, electrophoresis, dietary supplements.

1. Tổng quan

Taurin mặc dù không cấu trúc nên protein nhưng được coi là một amino axit rất thiết yếu, đảm nhiệm nhiều chức năng trong hệ thống thần kinh trung ương, thị giác [1]. Cholin là một chất dinh dưỡng quan trọng, có mặt trong thành phần cấu trúc của lipoprotein, màng lipid và là tiền chất của axetylcholin, một chất dẫn truyền thần kinh [2]. Axit pantothenic (vitamin B₅), axit ascorbic (vitamin C) và niacin (vitamin B₃) là những vitamin quan trọng thuộc nhóm các vitamin tan trong nước [3]. Đóng các vai trò quan trọng trong cơ thể, các hợp chất này thường được bổ sung trong thực phẩm, không chỉ trong các sản phẩm cho người lớn như nước tăng lực mà còn trong cả những sản phẩm dành cho trẻ em như men tiêu hóa, cốm vi sinh hay

sữa. Sự phổ biến của các thực phẩm bổ sung chứa taurin, cholin và các vitamin đặt ra nhu cầu phân tích, kiểm định chất lượng của các loại thực phẩm này.

Việc phân tích các thực phẩm bổ sung thường gặp khá nhiều khó khăn do sự phức tạp của nền mẫu. Sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC) có thể được xem như phương pháp tiêu chuẩn trong phân tích thực phẩm. Bên cạnh đó, trong những năm gần đây, sắc ký lỏng ghép nối khối phổ hai lần (LC-MS/MS) được phát triển như một công cụ mạnh mẽ dùng để định lượng đồng thời các chất dinh dưỡng như amino axit hay vitamin trong thực phẩm nói chung và thực phẩm bổ sung nói riêng [4]. Tuy nhiên, các phương pháp này đòi hỏi sự yêu cầu cao về thiết bị, chi phí cũng như tay nghề của phân tích viên. Hiện nay, trong lĩnh vực thực phẩm,

* Địa chỉ liên hệ: Tel: (+84) 917976589
Email: phamhungviet@hus.edu.vn

việc ứng dụng phương pháp điện di mao quản (CE), đặc biệt là điện di mao quản vùng (CZE), đang trở nên phổ biến bởi tính đơn giản, nhanh chóng, hiệu quả tách cao và tiêu tốn ít hóa chất, dung môi [5]. Việc ứng dụng thiết kế thí nghiệm trong hóa học phân tích nói riêng và trong CE cũng giúp cho xây dựng các quy trình phân tích trở nên hợp lý và khoa học hơn [6].

Trong những nghiên cứu trước, các tác giả đã áp dụng mô hình phức hợp trung tâm (CCD) trong thiết kế thí nghiệm để tối ưu hóa quy trình phân tích taurin, cholin và các vitamin B₃, B₅, C trong thực phẩm bổ sung. Bài báo này trình bày các kết quả thu được khi sử dụng các quy trình đó trong việc định lượng các hợp chất trên nhằm kiểm soát chất lượng nước tăng lực và men tiêu hóa, cốm vi sinh dành cho trẻ em.

2. Thực nghiệm

2.1. Hóa chất và thiết bị

Tất cả hóa chất đều có độ tinh khiết phân tích và được đặt mua từ Tokyo Chemical Industry (Japan) hoặc Sigma-Aldrich (Germany), ngoại trừ axit lactic từ Guangdong (China). Dung dịch chuẩn gốc (1000 mg/L) của taurin, cholin, axit pantothenic, axit ascorbic và niacin được sử dụng để pha các dung dịch chuẩn. Các hóa chất dùng để pha dung dịch điện ly nền (BGE) bao gồm: axit axetic (Ace), axit lactic (Lac) và tris(hydroxymethyl)aminomethane (Tris). Nước deion được dùng để pha các dung dịch chuẩn và xử lý mẫu, lấy từ máy lọc nước Simplicity UV, Millipore (USA).

Tất cả các thí nghiệm được thực hiện trên hệ thiết bị điện di mao quản thao tác bằng tay sử dụng detector đo độ dẫn không tiếp xúc (C⁴D) tại Phòng thí nghiệm trọng điểm Công nghệ phân tích phục vụ Kiểm định môi trường và An toàn thực phẩm (KLATEFOS), trường Đại học Khoa học Tự Nhiên Hà Nội. Hệ thiết bị sử dụng nguồn cao thế ± 30 kV (Spellman, Anh), ghi dữ liệu nhờ bộ ghi e-corder (eDAQ, Úc). Cột mao quản silica nóng chảy đường kính trong 50 μ m, đường kính ngoài là 365 μ m với độ dài tổng 60 cm và độ dài hiệu dụng 49 cm (Agilent, Mỹ) được sử dụng để tách chất. Trước khi sử dụng, mao quản được xử lý bằng cách đẩy dung dịch NaOH 0,1 M trong 10 phút và bằng nước deion trong 10 phút, sau đó bằng dung dịch BGE.

2.2. Lấy mẫu và chuẩn bị mẫu

Mẫu thực phẩm bổ sung, bao gồm 03 mẫu men tiêu hóa, cốm vi sinh và 06 mẫu nước tăng lực, được thu thập tại các siêu thị trên địa bàn thành phố Hà Nội.

Đối với quá trình phân tích taurin, các mẫu dạng bột (men tiêu hóa, cốm vi sinh) được xử lý như sau: hòa tan chính xác 1,000 g mẫu bột và định mức tới 10 mL bằng nước deion, sau đó lọc dung dịch thu được qua màng lọc 0,2 μ m. Các mẫu nước tăng lực được lọc trực tiếp qua màng lọc 0,2 μ m, pha loãng với hệ số thích hợp bằng nước deion.

Đối với quy trình phân tích cholin, axit pantothenic, axit ascorbic và niacin, quá trình xử lý mẫu được tiến hành tương tự như phân tích taurin, ngoại trừ khối lượng mẫu bột đem hòa tan (0,250 – 1,000 g/10 mL) và hệ số pha loãng khác nhau. Các mẫu sau khi lọc (và pha loãng nếu cần) được phân tích trên hệ thiết bị CE-C⁴D.

2.3. Phương pháp phân tích

Quy trình phân tích taurin cũng như cholin và các vitamin được tối ưu hóa theo mô hình CCD. Kết quả thiết kế thí nghiệm cho các điều kiện phân tích như sau: i) Định lượng taurin với BGE là dung dịch Tris 150 mM được điều chỉnh tới pH 8,96 bằng axit lactic (Tris/Lac), sử dụng điện thế tách -10 kV và thời gian bơm mẫu 60 giây; ii) Định lượng đồng thời cholin, axit pantothenic, axit ascorbic và niacin bằng BGE là dung dịch đệm Tris 150 mM được điều chỉnh tới pH 9,50 bằng axit axetic (Tris/Ace), điện thế tách -10 kV và thời gian bơm mẫu 60 giây. Lưu ý rằng, quá trình tách chất sử dụng kỹ thuật phân cực ngược, trong đó điện cực ở đầu bơm mẫu được áp thế dương còn điện cực phía detector được nối đất. Mục đích của kỹ thuật này là lợi dụng dòng điện di thẩm thấu (EOF) ở pH cao (8,96 và 9,50) để lôi cuốn các chất phân tích dưới dạng anion (taurin, axit pantothenic, axit ascorbic và niacin), các chất này sẽ xuất hiện sau vị trí của EOF. Riêng cholin được phát hiện dưới dạng cation do là muối amoni hữu cơ bậc IV và xuất hiện trước dòng EOF.

Trước khi phân tích mẫu thực, phương pháp được thẩm định lại thông qua các thông số về đường chuẩn và độ đúng. Đường chuẩn định lượng taurin được xây dựng bằng cách phân tích lặp 3 lần dung dịch chuẩn taurin ở 6 mức nồng độ: 1,0; 2,0; 5,0; 10; 20 và 50 mg/L. Đường chuẩn phân tích đồng thời cholin và các vitamin được thiết lập bằng cách đo lặp 3 lần dung dịch chuẩn hỗn hợp các chất phân tích ở 6 mức nồng độ: 2,0; 5,0; 7,5; 10; 20 và 50 mg/L. Độ đúng được đánh giá qua hiệu suất thu hồi bằng phương pháp thêm chuẩn trên nền nước deion và nền mẫu thật; đồng thời với việc phân tích đối chứng nồng độ taurin trong mẫu thật bằng phương pháp tiêu chuẩn HPLC theo [7]. Tất cả các mẫu thật đều được đo lặp 3 lần.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá phương pháp

Trong quá trình phát triển phương pháp, quy trình phân tích đã được đánh giá chi tiết qua các thông số: giới hạn phát hiện (LOD), giới hạn định lượng (LOQ), khoảng tuyến tính, độ lặp lại và hiệu suất thu hồi. Các kết quả thu được cho thấy các quy trình đã phát triển có LOD khá thấp (0,27 mg/L với taurin và 0,22 – 0,45 mg/L với cholin và các vitamin), khoảng tuyến tính rộng (thấp nhất từ 1 – 200 mg/L) và độ lặp lại cao (RSD của thời gian di chuyển và diện tích pic < 4%), đáp ứng được mục tiêu kiểm soát chất lượng thực

phẩm bổ sung chứa taurin, cholin và các vitamin B₃, B₅ và vitamin C. Trong nghiên cứu này, phương pháp phân tích được thẩm định lại thông qua các thông số của đường chuẩn (khoảng đường chuẩn, hệ số tương

quan R², kiểm tra sự sai khác của hệ số chặn so với với 0) và độ đúng (thông qua hiệu suất thu hồi và so sánh với phương pháp HPLC).

Bảng 1. Thông số đường chuẩn phân tích taurin, cholin, axit pantothenic, axit ascorbic và niacin

Chất phân tích	Khoảng đường chuẩn (mg/L)	Hệ số tương quan R ²	Phương trình đường chuẩn	F _{tính}	F _{bảng}
Taurin	1,0 - 50	0,999	$y = (0,000922 \pm 0,000011)x + (0,000046 \pm 0,000271)$	1,792	4,378
Cholin	2,0 - 20	0,998	$y = (0,001031 \pm 0,000020)x - (0,000200 \pm 0,000216)$	2,221	4,378
Axit pantothenic	2,0 - 20	0,998	$y = (0,004538 \pm 0,000089)x - (0,001045 \pm 0,000900)$	3,536	3,866
Axit ascorbic	2,0 - 20	0,999	$y = (0,002144 \pm 0,000034)x - (0,000726 \pm 0,000372)$	3,557	4,378
Niacin	2,0 - 20	0,997	$y = (0,003960 \pm 0,000104)x - (0,000670 \pm 0,001135)$	1,842	4,378

Bảng 2. Hiệu suất thu hồi (%) trên các nền mẫu khác nhau

Nền mẫu	Taurin	Cholin	Axit pantothenic	Axit ascorbic	Niacin
Deion	98,0	89,2	93,9	97,5	93,3
Nước tăng lực	101,3	98,0	98,7	94,7	100,6
Cốm vi sinh	105,4	108,7	103,3	108,7	106,5

Taurin: nồng độ thêm chuẩn trên nền nước deion, nước tăng lực (mẫu TL2), cốm vi sinh (TP5) trong dung dịch nước lần lượt là 7,5 mg/L, 10 mg/L và 2,0 mg/L.

Cholin và các vitamin: nồng độ thêm chuẩn trên nền nước deion, nước tăng lực (mẫu TL7), cốm vi sinh (TP5) trong dung dịch nước lần lượt là 2,5 mg/L, 2,0 mg/L và 2,0 mg/L.

Các thông số đường chuẩn được trình bày trên Bảng 1. Có thể nhận thấy rằng tất cả các đường chuẩn đều có hệ số tương quan tốt ($R^2 \geq 0,997$), thể hiện tín hiệu đo được (diện tích pic) tuyến tính tốt với nồng độ chất phân tích. Các hệ số chặn (a) trong phương trình đường chuẩn ($y = a + bx$) đều rất nhỏ. Phép đánh giá sự sai khác của hệ số a với giá trị 0 theo chuẩn thống kê Fisher ($f_1 = 5$, $f_2 = 6$, $P = 0,95$) cho thấy các giá trị $F_{tính}$ thu được (1,792 ÷ 3,557) đều nhỏ hơn so với $F_{bảng}$ (3,866 với axit pantothenic và 4,378 với các chất còn lại). Điều này chứng tỏ hệ số a trong phương trình đường chuẩn của tất cả các chất phân tích và giá trị 0 khác nhau không có nghĩa, hay có thể xem như $a = 0$. Như vậy, có thể kết luận rằng đường chuẩn của phương pháp không mắc sai số hệ thống và hoàn toàn có thể được sử dụng để định lượng các chất phân tích.

Hiệu suất thu hồi của phương pháp được đánh giá theo phương pháp thêm chuẩn, kết quả thu được đối với cả nền nước deion và nền mẫu thật được thể hiện trong Bảng 2. Trên nền nước deion, hiệu suất thu hồi đối với tất cả các chất phân tích đều tốt (H% nằm trong khoảng 89,3 – 98,0%). Đối với mẫu nước tăng lực (pha loãng) và mẫu cốm vi sinh trong dung dịch nước, hiệu suất thu hồi nhận được cũng tốt, từ 94,7% tới 108,7%. Các giá trị hiệu suất thu hồi này là chấp nhận được theo

AOAC [8]. Bên cạnh xác định hiệu suất thu hồi, độ đúng của phương pháp còn được đánh giá đối với taurin bằng cách phân tích 02 mẫu thực (nước tăng lực) bằng cả phương pháp CE và phương pháp tiêu chuẩn (HPLC). Kết quả phân tích bằng CE-C⁴D và kết quả thu được từ HPLC-DAD có độ chênh nhỏ hơn 10% (Bảng 3), cho thấy kết quả phân tích của hai phương pháp là tương đồng, hay nói cách khác, phương pháp CE có thể được sử dụng để thay thế phương pháp HPLC tiêu chuẩn trong việc định lượng taurin (và rộng hơn là cả cholin và các vitamin) trong nước tăng lực (cũng như thực phẩm bổ sung).

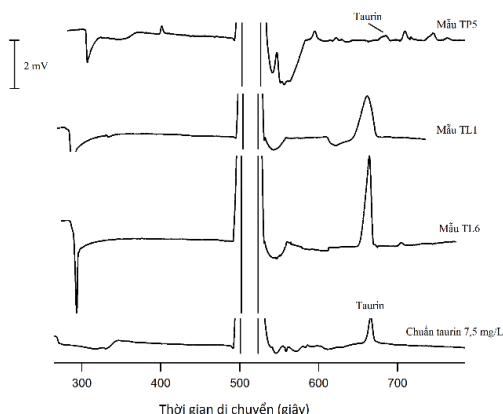
Bảng 3. Kết quả so sánh với phương pháp tiêu chuẩn

Mẫu	CE	HPLC	Đơn vị	Độ chênh
TL2	412	386	mg/100 mL	6,7
TL5	43,4	44,6	mg/100 mL	-2,7

3.2. Phân tích mẫu thực

Sau khi xây dựng đường chuẩn và thẩm định phương pháp, 09 mẫu thật (bao gồm 03 mẫu men tiêu hóa, cốm vi sinh và 06 mẫu nước tăng lực) đã được phân tích nhằm định lượng taurin, cholin, axit pantothenic, axit ascorbic và niacin. Lưu ý rằng, kĩ

thuật phân cực ngược được áp dụng đối với tất cả các chất, tuy nhiên, quy trình phân tích taurin sử dụng BGE (hệ đệm Tris/Lac) khác với cholin và các vitamin (hệ đệm Tris/Ace), do đó mỗi mẫu cần được phân tích 2 lần, lần 1 nhằm xác định riêng taurin và lần 2 để định lượng đồng thời cholin cùng các vitamin. Quá trình xử lý mẫu đối với cả 2 quy trình về cơ bản là giống nhau, tuy nhiên có thể áp dụng các hệ số pha loãng khác nhau. Giản đồ điện di phân tích mẫu được minh họa trên hình 1 và hình 2. Các kết quả phân tích được trình bày trong Bảng 4 và Bảng 5.

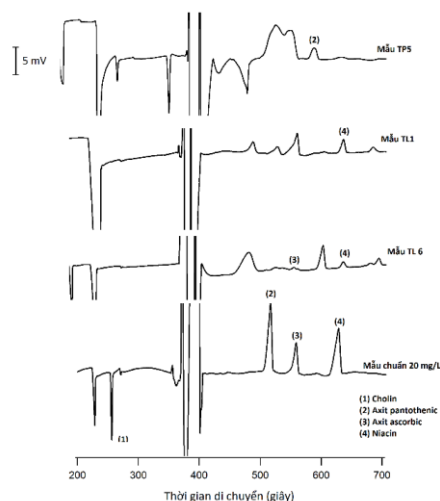


Hình 1. Giản đồ điện di phân tích taurin

Các kết quả thu được cho thấy tất cả các mẫu phân tích đều cho hàm lượng taurin tương đồng với hàm lượng ghi trên nhãn, trừ mẫu TP5 (cốm vi sinh, sai khác -27%). Trong số 08 mẫu còn lại, có 5/8 mẫu cho độ chênh nhỏ hơn 10% (gồm 01 mẫu cốm vi sinh (TP4) và 04 mẫu nước tăng lực); 03 mẫu khác gồm 01 mẫu có hàm lượng taurin dưới MDL (TP13, thành phần ghi trên nhãn không có taurin), 02 mẫu nước tăng lực phát hiện được taurin với nồng độ cao và phù hợp với khoảng hàm lượng ghi trên nhãn. Kết quả này cho thấy thông tin về taurin trong các mẫu là khá tin cậy và phương pháp CE có thể đáp ứng tốt việc kiểm soát hàm lượng taurin trong các mẫu thực phẩm bổ sung. Đối với cholin và các

vitamin, kết quả phân tích có sự biến đổi khá lớn. Axit pantothenic được tìm thấy trong cả 03 mẫu men tiêu hóa và cốm vi sinh với độ chênh khá lớn ở mẫu TP4 (-24,3%) và TP13 (-62,9%) trong khi mẫu TP5 cho hàm lượng tương đồng với thông tin sản phẩm (chỉ sai khác -6,6%). Axit ascorbic được tìm thấy trong mẫu TP4 còn niacin có mặt trong mẫu TP13, phù hợp với thông tin mẫu nhưng lại cho độ chênh lớn (-55,9% và -81,3% tương ứng). Các mẫu men tiêu hóa và cốm vi sinh này không chứa cholin và thực tế phương pháp không phát hiện được cholin trong các mẫu đó (dưới MDL).

Đối với các mẫu nước tăng lực, niacin có mặt trong tất cả các mẫu, trong đó mẫu TL3 (độ chênh 3%) và TL7 (nằm trong khoảng nồng độ 60 – 90 mg/kg) cho kết quả tương đồng với hàm lượng ghi trên nhãn, các mẫu còn lại cho thấy hàm lượng niacin cao hơn khá nhiều so với thông tin sản phẩm (80,9 – 100,1%). Mẫu TL1 cho kết quả phân tích axit pantothenic rất trùng khớp với giá trị hàm lượng trên nhãn (sai khác chỉ -2,6%) trong khi TL2 cho giá trị hơn gấp hai lần so với nhãn (độ chênh 129,4%).



Hình 2. Giản đồ điện di phân tích cholin, axit pantothenic, axit ascorbic và niacin

Bảng 4. Kết quả phân tích taurin trong mẫu thực

Loại mẫu	Mẫu	Hàm lượng đo được*	Hàm lượng trên nhãn*	Độ chênh
Men tiêu hóa, cốm vi sinh	TP4	19,4 ± 0,8	20	-3,0
	TP5	1,82 ± 0,07	2,5	-27,0
	TP13	-	-	-
Nước tăng lực	TL1	582 ± 21	600	-3,0
	TL2	4121 ± 143	4000	3,0
	TL3	4110 ± 143	4000	2,7
	TL4	194 ± 7	210	-7,6
	TL6	3268 ± 162	2500 - 4500	-
	TL7	3581 ± 126	≥ 2708,33	-

(*): Hàm lượng chất phân tích trong men tiêu hóa và cốm vi sinh có đơn vị mg/kg; trong nước tăng lực tính theo mg/L.

Bảng 5. Kết quả phân tích cholin, axit pantothenic, axit ascorbic và niacin trong mẫu thực

Loại mẫu	Mẫu	Chất phân tích	Hàm lượng đo được*	Hàm lượng trên nhãn*	Độ lệch (%)
Men tiêu hóa, cốm vi sinh	TP4	Pantothenic	18,9 ± 2,0	25	-24,3
		Ascorbic	55,2 ± 4,8	125	-55,9
	TP5	Pantothenic	46,7 ± 3,2	50	-6,6
	TP13	Pantothenic	6,96 ± 0,70	18,75	-62,9
		Niacin	9,33 ± 1,10	50	-81,3
Nước tăng lực	TL1	Pantothenic	11,0 ± 3,0	11,31	-2,6
		Niacin	44,5 ± 2,4	24,62	80,9
	TL2	Cholin	106 ± 18	200	-46,9
		Pantothenic	45,9 ± 9,6	20	129,4
		Niacin	158 ± 9	80	97,6
	TL3	Niacin	82,7 ± 3,3	80	3,4
	TL4	Niacin	70,4 ± 2,9	35,15	100,1
	TL6	Niacin	103 ± 4	37,5 -70,8	-
	TL7	Niacin	78,6 ± 8,8	60 - 90	-

(*): Hàm lượng chất phân tích trong men tiêu hóa và cốm vi sinh có đơn vị mg/kg; trong nước tăng lực tính theo mg/L.

Cholin được tìm thấy trong mẫu TL2, giống như thông tin về sản phẩm, nhưng cho sai khác -46,9%. Axit ascorbic không có mặt trong nước tăng lực, vì hầu hết các hãng sản xuất đều sử dụng axit citric để tạo độ chua thay vì vitamin C. Sự sai khác khá lớn giữa giá trị đo được theo phương pháp CE và giá trị cho trên nhãn cho thấy: i) Sự phức tạp của nền mẫu thực phẩm khiến việc xác định đồng thời nhiều chất gặp khó khăn; ii) Cần có thêm các phân tích đối chứng để xác định phương pháp và kiểm tra giá trị hàm lượng ghi trên nhãn. Mặc dù vậy, việc có thể định lượng được các đối tượng phân tích khác nhau trên những nền mẫu khác nhau, cho thấy phương pháp CE là một hướng triển vọng trong kiểm định chất lượng thực phẩm, thay cho các phương pháp tiêu chuẩn phức tạp và tốn kém như HPLC, đặc biệt là trong trường hợp taurin khi các kết quả đối chứng sai khác < 10%.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, phương pháp CZE kết hợp với detector C⁴D đã được sử dụng để phân tích taurin và định lượng đồng thời cholin, axit pantothenic, axit ascorbic và niacin trong các mẫu thực phẩm bổ sung. Sau quá trình tối ưu hóa quy trình phân tích bằng thiết kế thí nghiệm sử dụng mô hình CCD, phương pháp phân tích đã được thẩm định lại thông qua các thông số về đường chuẩn và độ đúng. Các quy trình này đã được áp dụng để phân tích 03 mẫu men tiêu hóa, cốm vi sinh và 06 mẫu nước tăng lực. Các kết quả thu được cho thấy phương pháp CZE-C⁴D kết hợp với thiết kế thí nghiệm là hướng đi hợp lý, đáp ứng được mục tiêu kiểm soát chất lượng thực phẩm bổ sung thay thế cho các phương pháp tiêu chuẩn như HPLC.

Lời cảm ơn

Các tác giả trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ về tài chính từ Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED, mã số 104.04.2016.50).

Tài liệu tham khảo

- [1] H. Ripps, W. Shen. Review: Taurine: A “very essential” amino acid. *Molecular Vision* 18 (2012) 2673-2686.
- [2] P. M. Ueland. Choline and betaine in health and disease. *Journal of Inherited Metabolic Disease* 34 (2011) 3-15.
- [3] Ronald R. Eitenmiller, Lin Ye, Jr. W. O. Landen. *Vitamin analysis for the health and food sciences* 2nd (2008) CRC Press.
- [4] Leo M. L. Nollet, Fidel Toldra. *Handbook of Analysis of Active Compounds in Functional Foods* (2012) CRC Press.
- [5] M. Y. Piñero, R. Bauza, L. Arce. Thirty years of capillary electrophoresis in food analysis laboratories: Potential applications 32 (2011) 1379-1393.
- [6] M. A. Bezerra, R. E. Santelli, E. P. Oliveira, L. S. Villar, L. A. Escalera. Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry. *Talanta* 76 (2008) 965-977.
- [7] TCVN 8476:2010. Sữa bột và thức ăn dạng bột theo công thức dành cho trẻ sơ sinh - Xác định hàm lượng taurine bằng phương pháp sắc kí lỏng.
- [8] AOAC. Guidelines for Single Laboratory Validation of Chemical Methods for Dietary Supplements and Botanicals (2015) achieved on May 19th. 2015, http://www.aoac.org/aoac_prod_imis/AOAC_Docs/StandardsDevelopment/SLV_Guidelines_Dietary_Supplements.pdf