

KHẢO SÁT HOẠT TÍNH KHÁNG OXI HÓA CỦA CATECHIN CHIẾT XUẤT TỪ LÁ TRÀ XANH

Hoàng Thành Chí⁽¹⁾, Bùi Minh Hằng⁽²⁾,
Nguyễn Thị Liên Thương⁽¹⁾, Bùi Thị Kim Lý⁽¹⁾

(1) Trường Đại học Thủ Dầu Một, (2) Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên (VNU-HCM)

Ngày nhận bài 20/07/2020; Ngày gửi phản biện 22/07/2020; Chấp nhận đăng 28/09/2020

Liên hệ email: lybtk@tdmu.edu.vn

<https://doi.org/10.37550/tdmu.VJS/2020.06.097>

Tóm tắt

Catechin là hỗn hợp một số polyphenol chiết xuất từ lá trà xanh (*Camellia sinensis* L.) và đóng vai trò quan trọng trong hoạt tính sinh học của trà. Catechin trong trà chứa những hợp chất kháng oxy hóa rất mạnh, có khả năng ức chế phản ứng của gốc tự do. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đánh giá khả năng kháng oxy hóa của catechin chiết xuất từ lá trà (giống TB14) ở vùng trà Bảo Lộc (Lâm Đồng) thông qua các hoạt tính bắt giữ các gốc tự do tổng hợp như DPPH, ABTS, và năng lực khử sắt. Kết quả kháng oxy hóa của catechin cho thấy catechin là chất chống oxy hóa mạnh, khi so sánh với chất chuẩn là vitamin C, khả năng bắt gốc tự do và năng lực khử sắt gần như không có sự khác biệt.

Từ khóa: Catechin, *Camellia sinensis*, kháng oxy hóa, trà xanh

Abstract

ANTIOXIDANT ACTIVITIES OF CATECHIN EXTRACTED FROM GREEN TEA LEAVES

Catechin is a compound of a number of polyphenols extracted from green tea leaves (*Camellia sinensis* L.) and plays an important role in the biological activity of tea. Catechins contain powerful antioxidant compounds that inhibit the reaction of free radicals. In this study, we assessed the antioxidant capacity of catechins extracted from tea leaves (var TB14) in the tea area of Bao Loc (Lam Dong) by using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid and potassium ferricyanide reducing antioxidant power methods. Results shown that catechin has an effectively antioxidant activities when compared to the standard substance vitamin C.

1. Đặt vấn đề

Catechin được chiết xuất từ lá của cây trà *Camellia sinensis*. Trong lá chè tươi, Catechin chiếm khoảng từ 25-35% tổng trọng lượng khô, ngoài ra còn có caffein (~ 3.5%); theobromine (~ 0.15–0.2%), theophylline (~0.02–0.04%) và methylxanthines,

lignin (~6.5%), các acid hữu cơ (~1.5%), chlorophyll (~0.5%) và các chất màu khác, theanine (~4%) và các amino acid tự do (~1–5.5%) và nhiều hợp chất tạo mùi khác (Graham, 1992). Catechin gồm các hợp chất chính như (+)-catechin (C); (-)-epicatechin (EC); (+)-gallocatechin (GC); (-)-epicatechin gallate (ECG); (-)-epigallocatechin (EGC), và (-)-epigallocatechin gallate (EGCG), trong đó EGCG là đối tượng được nghiên cứu nhiều nhất (Wanasundara, Shahidi, 2005). Catechin là hợp chất không màu, tan trong nước, có vị đắng, chát. Chúng có khả năng tác dụng với Sắt (III) clorua cho kết tủa xanh thẫm hoặc xanh nhạt tùy theo số lượng nhóm hydroxyl trong phân tử. Các catechin là những chất có tính khử mạnh nên dễ dàng bị oxy hóa bởi dung dịch Kali pemaganat ($KMnO_4$) trong môi trường axit và dung dịch Iod trong môi trường kiềm, hay tự oxy hóa trong không khí ẩm. Ngoài ra, các catechin đều là chất phân cực dễ tan trong nước nóng, rượu, acetone, ethyl acetate tạo dung dịch không màu và không tan trong các dung môi ít hoặc không phân cực như benzene hoặc chloroform. Ứng dụng những tính chất này, người ta tiến hành chiết ly catechin bằng các dung môi khác nhau dựa trên độ phân cực khác nhau (Ngô Hữu Hợp, 1971).

Sự oxy hóa bên trong cơ thể liên quan đến quá trình sản sinh các gốc tự do, luôn luôn diễn ra và được điều hòa. Gốc tự do là những hợp chất hoạt động mạnh, được tạo ra trong cơ thể trong quá trình trao đổi chất hay được đưa vào từ bên ngoài do vi sinh vật hay vi rút. Gốc tự do trong tế bào sinh ra trong quá trình sinh dưỡng được kiểm soát chặt chẽ thông qua quá trình kháng oxy hóa nội tại bằng các hợp chất như glutathione, vitamin E, vitamin C và enzyme superoxide dismutase, ngoài ra cơ thể còn có các tế bào như neutrophil, monocyte, B-cell... có khả năng chống lại các yếu tố oxy hóa ngoại lai xâm nhập. Tuy nhiên, các gốc tự do không ổn định và dễ hoạt động quá mức: mỗi gốc tự do có một electron tự do, do đó nó luôn có xu hướng thoát khỏi trạng thái này bằng cách gắn vào các phân tử kế cận kể cả những phân tử quan trọng và nhạy cảm như protein, chất béo, hay vật liệu di truyền DNA (Taylor, Hamilton-Miller, Stapleton, 2005; Espinosa Ruiz, Cabrera, Lopez-Jimenez, 2018). Trong tế bào có thể xuất hiện hiện tượng các gốc tự do được tạo ra quá nhiều do mất cân bằng trong hoạt động hoặc do các yếu tố bên ngoài như các chất độc, do nhiễm vi sinh vật, do ozone, bức xạ UV, nhiễm phóng xạ, do thuốc lá... Các gốc tự do dư thừa, khi cơ thể thiếu các yếu tố bảo vệ để ngăn chặn, có khả năng tương tác, phá hủy màng lipid không bão hòa của tế bào, làm giảm khả năng bảo vệ tế bào, dẫn đến sự xâm nhập của các tác nhân gây bệnh từ bên ngoài; oxi hóa các nucleic base làm thay đổi cấu trúc ADN, dẫn đến các quá trình đột biến, phát sinh các khối u, ung thư; làm hỏng cấu trúc các protein gây ra các bệnh nghiêm trọng. Do đó các gốc tự do dư thừa là nguồn gốc phát sinh các bệnh nguy hiểm nên các nghiên cứu đều hướng tới việc khảo sát khả năng kháng oxy hóa, quét gốc tự do trong quá trình tìm kiếm các hợp chất trong thiên nhiên có khả năng ngăn chặn hoặc chữa bệnh.

Catechin trong trà chứa những hợp chất kháng oxy hóa rất mạnh, có khả năng ức chế phản ứng của gốc tự do. Công thức hóa học của các flavonoid với sự có mặt của các hydrogen phenolic thể hiện khả năng kháng oxy hóa mạnh. Công thức cấu tạo catechin với nhiều nhóm hydroxyl (5 nhóm ở các catechin, 6 ở các gallocatechin, 8 ở các catechin

gallate và 9 ở các gallicocatechin gallate) đảm bảo khả năng oxy hóa rất mạnh của nhóm hợp chất catechin. Khi thực hiện khảo sát khả năng bắt gốc tự do tổng hợp như DPPH, ABTS..., các catechin thể hiện hoạt tính vượt trội so với các chất kháng oxy hóa đối chứng như vitamin C, vitamin E, trolox (các catechin thể hiện hoạt tính mạnh hơn từ 3 đến 6 lần). Hoạt tính kháng oxy hóa của nhóm catechin thể hiện một sự khác biệt về mối tương quan cấu trúc so với các hợp chất khác họ flavonoid. Khi so sánh với hợp chất flavonoid có hoạt tính quét gốc tự do mạnh nhất trong môi trường phân cực quercetin (do đặc điểm cấu trúc của quercetin có nhóm 4-oxo và nối đôi tại vị trí carbon số 2 và 3 cho phép hình thành sự liên hợp giữa vòng A và vòng B giúp giải toả điện tử tự do, 3 nhóm hydroxyl 3,5,7 và hai nhóm ortho-hydroxyl trên vòng B (Guo, Zhao, Shen, 1999; Tsimogiannis, Oreopoulou, 2004), các hợp chất C và EC, do trong công thức thiếu sự liên hợp giữa vòng A và vòng B, có hoạt tính quét gốc tự do kém hơn, nhưng các gallate catechin như EGCG và ECG có hoạt tính trội hơn. Sự khác biệt về khả năng của EGCG và ECG được giải thích dựa trên số lượng lớn các nhóm hydroxyl trong công thức, cho phép tiếp nhận electron dễ dàng hơn (Tsimogiannis, Oreopoulou, 2004).

Dù đã được nghiên cứu nhiều trên thế giới thế nhưng hoạt tính kháng oxy hóa của các giống trà hiện trồng tại Việt Nam lại rất ít được quan tâm, hiện có rất ít công bố khoa học về vấn đề này, do đó trong nghiên cứu lần này, chúng tôi đánh giá khả năng kháng oxy hóa của catechin chiết xuất từ lá trà (giống TB14) ở vùng trà Bảo Lộc (Lâm Đồng) bằng nhiều phương pháp khác nhau.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu, chủng vi sinh vật

Lá trà xanh được thu hái tại Bảo Lộc (Lâm Đồng). Giống trà được xác định là *Camellia sinensis* giống TB14. Lá trà thu hái là các lá ở vị trí tâm – lá 1 – lá 2 và lá 3. Sau khi thu hái lá trà sẽ được tiến hành diệt men polyphenol oxidase (PPO) bằng cách sao (nhiệt độ 95-100°C; thời gian diệt men từ 5 đến 7 phút). Tiếp theo trà được sấy ở nhiệt độ 105°C trong thời gian 30 đến 40 phút và được nghiền thành bột mịn tạo thành bột trà. Bột trà được bảo quản trong bao bì kín, sạch khô, tránh ánh sáng và bảo quản ở nhiệt độ 4°C để sử dụng cho các lần thí nghiệm sau.

2.2. Tách chiết Catechin từ lá trà

Catechin được chiết xuất từ bột trà theo quy trình chuẩn hóa của công ty Tea Solutions, Hara Office Inc., Nhật Bản (Matsuzaki, Hara, 1985) có một vài cải tiến cụ thể như sau. Bột trà (10g) được hòa tan vào nước và gia nhiệt ở 80°C để tăng sự thẩm thấu vào tế bào, các thành phần trong trà được hòa tan vào nước và khuếch tán ra khỏi tế bào. Sau đó tiến hành đập mẫu 5 phút (InterScience, Pháp) để tăng hiệu suất tách chiết. Tiếp theo bổ sung chloroform để hòa tan các chất không phân cực có trong trà như caffeine, lipids và chlorophyl. Sau khi loại phân lớp chloroform tiến hành bổ sung ethyl acetate vào phân lớp nước, ethyl acetate có khả năng hòa tan catechin. Thu phân lớp ethyl acetate, tiến hành đuổi dung môi ở 40°C và đông khô thu được bột catechin ($0,61 \pm 0,05$ g).

2.3. Định lượng hàm lượng polyphenol tổng bằng phương pháp Folin- Ciocalteu

Thuốc thử Folin-Ciocalteu chứa chất oxi hóa (hỗn hợp muối phức polyphosphotungstate-molybdate) rất nhạy đối với chất khử, nếu có mặt hợp chất polyphenol trong môi trường kiềm nhẹ thì sẽ bị khử thành sản phẩm phức molybdenium-tungsten có màu xanh có độ hấp thụ cực đại ở bước sóng 765nm (Abramovic, Grobin, Poklar, 2017). Gallic acid và Catechin được pha loãng theo dãy nồng độ từ 31.25-500 µg/ml trong dung dịch Methanol 40%; tiến hành đặt phản ứng gồm có 200µl dung dịch (chuẩn hoặc dung dịch cần đo đã pha loãng- mẫu trắng dùng Methanol 40%), 200µl thuốc thử Folin-Ciocalteu 100% và 1600µl Na₂CO₃ 5%. Vortex hỗn hợp phản ứng, sau đó ủ tối ở 40°C trong 20 phút, đo độ hấp thụ ở bước sóng 765nm. Tiến hành dựng đường chuẩn Gallic acid và hàm lượng polyphenol trong mẫu catechin được tính theo công thức:

$$\text{Polyphenol tổng số} = \frac{[X] \times V \times D}{M} \text{ (mg/g)}$$

Trong đó: X: Nồng độ polyphenol trong mẫu đo (µg/ml); V: thể tích mẫu ban đầu (ml); D: độ pha loãng; M: Khối lượng bột catechin (stock)(g)

2.4. Khảo sát khả năng kháng oxy hóa bằng phương pháp bắt gốc tự do DPPH

DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) là một gốc tự do bền, có màu tím và có độ hấp thụ cực đại ở bước sóng 517nm. Khi có mặt chất chống oxi hóa, nó sẽ bị khử thành 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazine(DPPH-H), có màu vàng. Đo độ giảm độ hấp thụ ở bước sóng 517 nm để xác định khả năng khử gốc DPPH của chất chống oxi hóa (Alam và nnk., 2013). Tiến hành pha dung dịch DPPH 0,3mM và Catechin ở các nồng độ khác nhau từ 0,78 đến 100µg/ml. Hỗn hợp phản ứng gồm có 100µl mẫu (nước Milli-Q đối với mẫu trắng), 100µl dung dịch DPPHnm. Khả năng bắt giữ gốc tự do DPPH được tính toán là: % DPPH⁺ = [(A_{Chứng} - A_{Mẫu}) / A_{Chứng}] x 100 %. Trong đó: A_{Chứng}: độ hấp thụ cực đại của mẫu trắng không chứa dịch chiết; A_{Mẫu}: độ hấp thụ cực đại của mẫu cần đo. Dùng phương pháp nội suy để tính giá trị EC₅₀ tức là nồng độ dịch chiết tại đó khả năng trung hòa %0% gốc tự do DPPH⁺.

2.5. Khảo sát khả năng kháng oxy hóa bằng phương pháp bắt gốc tự do ABTS

ABTS⁺ [2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate)] là một gốc tự do bền. Đây là một chất phát quang màu xanh, được đặc trưng ở độ hấp thụ 734nm. Khi cho chất chống oxi hóa vào dung dịch chứa ABTS⁺, các chất chống oxi hóa sẽ khử ion này thành ABTS. Đo độ giảm độ hấp thụ của dung dịch ở bước sóng 734nm để xác định hoạt tính của chất chống oxi hóa trong sự so sánh với chất chuẩn. Trong môi trường kali persulfate, gốc ABTS⁺ có thể bền 2 ngày ở nhiệt độ phòng trong tối (Alam, Bristi, Rafiquzzaman, 2013). Cách thực hiện như sau: gốc ABTS⁺ được hình thành từ phản ứng của ABTS 7 mM và kali persulfate (K₂S₂O₈) 2,45 mM với tỉ lệ 3:1, ủ trong tối ở nhiệt độ phòng từ 12-16h trước khi sử dụng. Dung dịch ABTS⁺ được pha loãng với nước để đạt độ hấp thụ 1,00 ± 0,02 tại bước sóng 734nm. Bổ sung 750µl ABTS⁺ vào 150µl mẫu với các nồng độ khác nhau. Đo độ hấp thụ tại 734 nm sau 5 phút. Khả năng

bất giữ gốc tự do ABTS được tính toán: % ABTS+ = $[(A_{\text{Chứng}} - A_{\text{Mẫu}}) / A_{\text{Chứng}}] \times 100 \%$. Trong đó: $A_{\text{Chứng}}$: độ hấp thụ cực đại của mẫu trắng không chứa dịch chiết; $A_{\text{Mẫu}}$: độ hấp thụ cực đại của mẫu cần đo. Dùng phương pháp nội suy để tính giá trị EC50 tức là nồng độ dịch chiết tại đó khả năng trung hòa 50% gốc tự do ABTS⁺

2.6. Khảo sát khả năng kháng oxy hóa bằng phương pháp FRAP (Potassium ferricyanide reducing power)

Khả năng khử của catechin được đánh giá bằng khả năng khử potassium ferricyanide ($K_3[Fe(CN)_6]$) thành dạng potassium ferrocyanide ($K_4[Fe(CN)_6]$) (Alam và nnk., 2013). Phản ứng của Fe^{3+} trong $FeCl_3$ với potassium ferroanide tạo thành phức sắt ($K_4[Fe(CN)_6]_3$) màu xanh dương. Độ tăng cường độ màu xanh tỉ lệ với hàm lượng chất chống oxy hóa có trong mẫu. Đo độ tăng cường độ màu này ở bước sóng 700nm. Phương trình phản ứng: $4Fe^{3+} + 3 K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12 K^+$.

Quy trình thực hiện như sau: lần lượt chuẩn bị các dung dịch Potassium ferricyanide 1%, Acid tricloacetic 10%, $FeCl_3$ 0,1%, catechin (62,5 - 1000 μ g/ml). Tiến hành pha hỗn hợp gồm có: 1ml catechin, 2,5ml PBS (pH 6.6), 2,5ml potassium ferricyanide 1%. Ủ hỗn hợp ở 50°C, 20 phút, để nguội, thêm 2,5 Tricloacetic 10%, để yên 10 phút. Hút 2.5ml dung dịch trên sang ống mới có sẵn 2,5ml nước. Cho 0,5ml $FeCl_3$ 0.1% và Đo độ hấp thụ quang ở bước sóng 700 nm. Độ hấp thụ quang học càng cao thì năng lực khử càng mạnh.

2.7. Phương pháp phân tích số liệu

Thí nghiệm được lặp lại ít nhất ba lần. Kết quả thí nghiệm được xử lý bằng phần mềm Graphpad Prism 7.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Kết quả định lượng polyphenol có trong mẫu catechin

Bảng 1. Hàm lượng polyphenol đo được

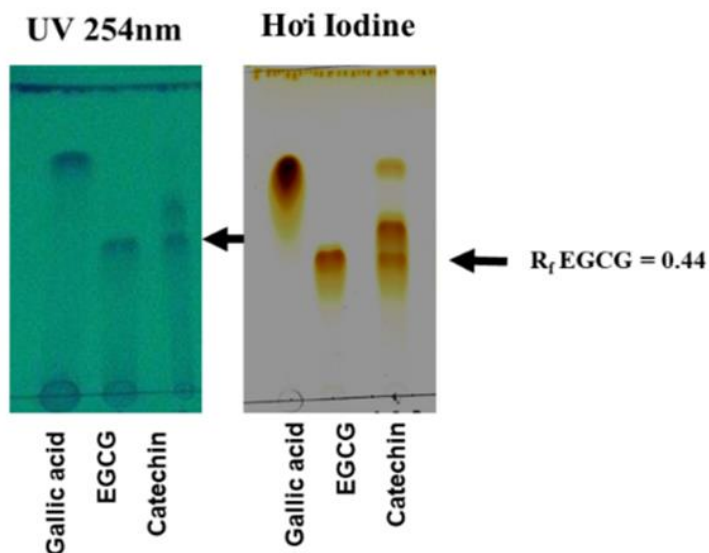
Lần lặp lại	1	2	3	4	5	6	Trung bình
Hàm lượng polyphenol tổng (mg/g GAE)	828.27	946.97	844.35	830.66	907.10	903.14	876.9 ± 20.11

3.2. Kết quả định tính thành phần catechin bằng phương pháp sắc ký lớp mỏng

Sử dụng phương pháp sắc ký lớp mỏng để kiểm tra sự hiện diện các thành phần có trong catechin tách chiết, kết quả thể hiện trong hình 1.

Kết quả sắc ký lớp mỏng cho thấy trong catechin tách chiết có sự hiện diện của thành phần EGCG và acid gallic. Hệ dung môi được sử dụng là Chloroform: Methanol: Acid acetic (V:V:V=9:3:3) là hệ dung môi hỗn hợp giữa một dung môi ít phân cực là chloroform và một dung môi phân cực mạnh là methanol, EGCG là catechin có độ phân cực mạnh hơn acid gallic nên tốc độ di chuyển của EGCG chậm hơn tốc độ di chuyển

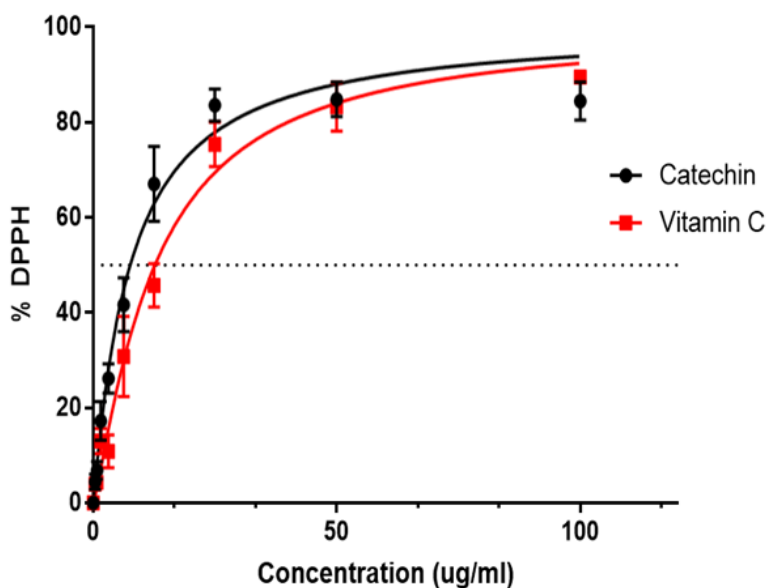
của acid gallic. So sánh với chất chuẩn EGCG, mẫu catechin tách chiết được có cùng hệ số $R_f=0.44$. Do đó trong thành phần catechin tách chiết có sự hiện diện của EGCG.



Hình 1. Sắc ký lớp mỏng mẫu catechin

3.3. Kết quả khảo sát hoạt tính kháng oxy hóa của catechin bằng phương pháp bắt gốc tự do DPPH

Phương pháp xác định hoạt tính kháng oxy hoá sử dụng gốc tự do DPPH được dùng để đánh giá hoạt tính kháng oxy hóa của catechin, kết quả thể hiện trong hình 2.

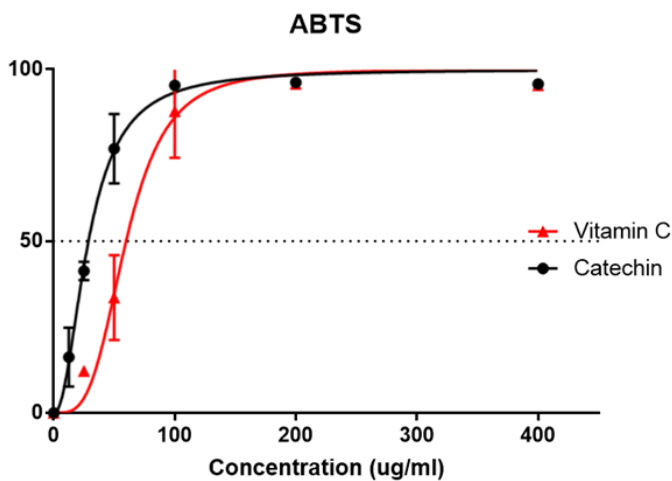


Hình 2. Khả năng bắt giữ DPPH⁺

Kết quả phân tích thống kê cho thấy không có sự khác biệt về hoạt tính quét gốc tự do DPPH của catechin và vitamin C. Giá trị EC50 đo được catechin là $7,60 \pm 0,48$ $\mu\text{g/ml}$ thấp hơn 1,7 lần EC50 của vitamin C $12,66 \pm 0,67$ $\mu\text{g/ml}$. EC50 càng thấp chứng tỏ khả năng bắt gốc tự do càng cao, hoạt tính kháng oxy hóa càng mạnh. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu đã công bố khác, các chất catechin ở dạng đơn cấu tử hoặc dạng hỗn hợp trích ly từ trà đều có hoạt tính quét gốc tự do cao hơn hẳn so với các chất kháng oxy hóa đối chứng khác như vitamin C, vitamin E, trolox (Bartolome và nnk., 2004; Saffari, Sadrzadeh, 2004).

3.4. Hoạt tính kháng oxy hóa của catechin bằng phương pháp bắt gốc tự do ABTS

Kết quả đo khả năng bắt giữ gốc tự do ABTS của catechin được thể hiện trong hình 3.



Hình 3. Khả năng bắt giữ ABTS⁺

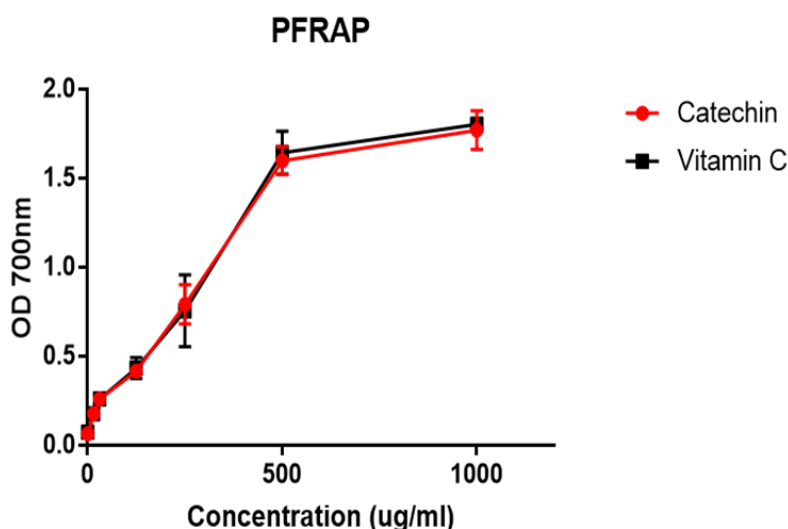
Kết quả phân tích thống kê cho thấy không có sự khác biệt về hoạt tính quét gốc tự do ABTS⁺ của catechin và vitamin C. Tương tự như kết quả thí nghiệm khảo sát khả năng quét gốc tự do DPPH⁺, thí nghiệm khảo sát khả năng quét gốc tự do ABTS⁺ cũng cho kết quả catechin có khả năng quét gốc tự do ABTS⁺ cao hơn so với dung dịch vitamin C. Giá trị EC50 đo được của catechin là $28,67 \pm 1,14$ $\mu\text{g/ml}$ thấp hơn 2 lần EC50 của vitamin C là $59,76 \pm 2,92$ $\mu\text{g/ml}$. Kết quả này phù hợp với kết quả bắt gốc tự do DPPH⁺. Kết quả được giải thích dựa trên cấu tạo của hợp chất catechin, trong công thức cấu tạo của hầu hết các catechin có số lượng lớn các nhóm hydroxyl, trong đó nhóm hydroxyl có nguyên tử hydro linh động cho phép tiếp nhận electron dễ dàng hơn, nên chúng khả năng bắt giữ các gốc tự do.

3.5. Hoạt tính kháng oxy hóa của catechin qua năng lực khử sắt bằng phương pháp FRAP

Năng lực khử cũng là một phép phân tích nhằm đánh giá khả năng chống oxy hóa trong vitro. Độ tăng cường độ màu xanh tỉ lệ với hàm lượng chất chống oxy hóa có trong mẫu, giá trị mật độ quang đo được càng lớn thể hiện khả năng kháng oxy hóa của catechin càng mạnh. Kết quả thể hiện trong hình 4.

Kết quả thống kê cho thấy không có sự khác biệt về năng lực khử của catechin và vitamin C. Năng lực khử sắt cho thấy theo chiều tăng nồng độ, giá trị mật độ quang OD của các mẫu cao chiết tăng dần. Nồng độ càng cao, tổng năng lực khử và hoạt tính kháng oxy hóa càng mạnh.

Kết quả kháng oxy hóa của catechin cho thấy catechin là chất chống oxy hóa mạnh, khi so sánh với chất chuẩn là vitamin C, khả năng bắt gốc tự do và năng lực khử sắt không có sự khác biệt. Khi thực hiện khảo sát khả năng bắt các gốc tự do tổng hợp như DPPH, ABTS, và năng lực khử sắt cho thấy catechin là chất kháng oxy hóa mạnh. Kết quả tương tự với nghiên cứu của Michalina Grzesik và các cộng sự khi so sánh khả năng bắt gốc tự do ABTS+, khả năng khử sắt với Trolox, một dẫn xuất của vitamin E cho thấy hiệu quả kháng oxy hóa mạnh của hợp chất flavan-3-ol như ECG và EGCG với gốc galloy ở vị trí thứ 3 (Grzesik và nnk., 2018). Ngoài ra, nghiên cứu của Fumio Nanjo và cộng sự (Nanjo và nnk., 1996) chỉ ra rằng gốc galloy được gắn với flavan-3-ol ở vị trí 3 có khả năng bắt gốc DPPH mạnh cũng như nhóm ortho-trihydroxyl trong vòng B. Qua đó, thể hiện nhóm ortho-trihydroxyl trong vòng B và phân tử galloyl ở vị trí 3 của công thức cấu tạo của flavan-3-ol là các đặc điểm cấu trúc quan trọng nhất để hiển thị khả năng bắt gốc tự do DPPH.



Hình 4. Năng lực khử sắt

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Abramovic H, Grobin B, Poklar NU, et al (2017). The Methodology Applied in DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu Assays Has a Large Influence on the Determined Antioxidant Potential. *Acta Chim Slov*, 64, 491-9.
- [2] Alam MN, Bristi NJ, Rafiquzzaman M (2013). Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 21, 143-52.
- [3] Bartolome B, Nunez V, Monagas M, et al (2004). In vitro antioxidant activity of red grape skins. *European Food Research and Technology*, 218, 173-7.

- [4] Espinosa Ruiz C, Cabrera L, Lopez-Jimenez JA, et al (2018). Effects of long-term ingestion of white tea on oxidation produced by aging and acute oxidative damage in rats. *J Physiol Biochem*, 74, 171-7.
- [5] Graham HN (1992). Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Prev Med*, 21, 334-50.
- [6] Grzesik M, Naparło K, Bartosz G, et al (2018). Antioxidant properties of catechins: Comparison with other antioxidants. *Food Chemistry*, 241, 480-92.
- [7] Guo Q, Zhao B, Shen S, et al (1999). ESR study on the structure–antioxidant activity relationship of tea catechins and their epimers. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1427, 13-23.
- [8] Matsuzaki T, Hara Y (1985). Antioxidative Activity of Tea Leaf Catechins.
- [9] Nanjo F, Goto K, Seto R, et al (1996). Scavenging effects of tea catechins and their derivatives on 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. *Free Radical Biology and Medicine*, 21, 895-902.
- [10] Ngô Hữu Hợp (1971). Hoá học và hoá sinh chế biến lá chè. Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.
- [11] Saffari Y, Sadrzadeh SH (2004). Green tea metabolite EGCG protects membranes against oxidative damage in vitro. *Life sciences*, 74, 1513-8.
- [12] Taylor PW, Hamilton-Miller JM, Stapleton PD (2005). Antimicrobial properties of green tea catechins. *Food Sci Technol Bull*, 2, 71-81.
- [13] Tsimogiannis D, Oreopoulou V (2004). Free radical scavenging and antioxidant activity of 5, 7, 3', 4'-hydroxy-substituted flavonoids. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5, 523-8.
- [14] Wanasundara PKJPD, Shahidi F (2005). Antioxidants: Science, Technology, and Applications. In 'Bailey's Industrial Oil and Fat Products', Eds John Wiley & Sons, Inc.,