

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ CHẤT TẠO ĐÔNG ĐẾN SỰ THAY ĐỔI HÀM LƯỢNG CÁC CHẤT CHỐNG OXY HÓA TRONG ĐẬU HŨ BỔ SUNG KHOAI LANG TÍM

Trần Minh Phúc^{1,2}, Đỗ Thị Tuyết Nhung³,
Dương Thị Phượng Liên¹, Hà Thanh Toàn^{1,*}

¹*Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ*

²*Khoa Khoa học Sinh học Ứng dụng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long*

³*Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ Cần Thơ*

*Email: httoan@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Trong quá trình sản xuất đậu hũ, đông tụ là một trong những công đoạn quan trọng quyết định đến chất lượng của đậu hũ. Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của loại chất tạo đông bao gồm: Nigari, axit citric, canxi sulphat với nồng độ chất tạo đông (0,1; 0,2; 0,3; 0,4% w/v) thông qua đánh giá sự thay đổi hàm lượng của các chất có khả năng chống oxy hóa như: Polyphenol tổng (TPC), flavonoid tổng (TFC), hàm lượng anthocyanin được thể hiện thông qua khả năng trung hòa gốc tự do DPPH và ABTS với khả năng ức chế một nửa (IC₅₀). Kết quả cho thấy, quá trình tạo đông với nigari ở nồng độ 0,2% (w/v) sẽ giữ cho khối đậu hũ bổ sung khoai lang tím có khả năng chống oxy hóa cao nhất, bao gồm: TPC (47,13 mg GAE/g dw), TFC (13,73 mg QE/g dw), hàm lượng anthocyanin (311,25 µg/g dw) và khả năng bắt gốc tự do DPPH (74,85 µmol TE/g dw), ABTS (102,96 µmol TEAC/g dw) với giá trị IC₅₀ (7,48 mg/ml).

Từ khóa: Chất tạo đông, chống oxy hóa, đậu hũ, khoai lang tím.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đậu hũ là sản phẩm được sản xuất từ quá trình đông tụ protein của đậu nành. Nguyên tắc của quá trình chế biến đậu hũ là trích ly protein đậu nành bằng nước, sau đó sử dụng chất tạo đông để kết tủa. Quá trình sản xuất đậu hũ có thể chia thành 2 giai đoạn chính là trích ly protein từ hạt đậu nành và đông tụ tạo thành miếng đậu hũ [1]. Chính vì vậy, chất tạo đông sử dụng trong quá trình đông tụ protein có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng sản phẩm đậu hũ [2].

Khoai lang tím (KLT) là một trong những loại cây trồng chủ lực của tỉnh Vĩnh Long. KLT Vĩnh Long có chất lượng ổn định và giá thành cao, chủ yếu sản xuất để xuất khẩu [3]. KLT ngoài cung cấp giá trị dinh dưỡng như: Tinh bột, khoáng, vitamin, chất xơ... còn có ưu điểm vượt trội là hàm lượng các chất chống oxy hóa rất cao, đặc biệt là hàm lượng anthocyanin. Anthocyanin được xem là chất có hoạt tính sinh học tự nhiên không những

tạo màu bắt mắt cho thực phẩm mà còn có nhiều tác dụng như: Chống lão hóa, hạn chế sự giảm sức đề kháng do sự suy giảm của hệ thống miễn dịch [4]. Tuy nhiên, những năm gần đây, giá KLT giảm mạnh do biến động thị trường, thương lái ép giá và bị gãy vỡ do thu hoạch, vận chuyển [5].

Để góp phần nâng cao giá trị sử dụng của KLT, đa dạng sản phẩm đậu hũ và giảm giá thành sản xuất, sự kết hợp giữa KLT và đậu hũ là hướng đi mới. Tuy nhiên, chất lượng đậu hũ ảnh hưởng phần lớn bởi công đoạn kết tủa tạo đông, đặc biệt là thành phần các chất chống oxy hóa. Chính vì vậy, cần nghiên cứu giai đoạn này để đánh giá sự thay đổi các chất có khả năng chống oxy hóa trong đậu hũ bổ sung KLT.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Đậu nành giống HLĐN 910 được thu mua tại Trung tâm Nghiên cứu Thực nghiệm Nông nghiệp

Hung Lộc (km 60, Quốc lộ 1A, ấp Hưng Long, xã Hưng Thịnh, huyện Trảng Bom, tỉnh Đồng Nai).

KLT được thu mua tại Công ty TNHH MTV Thanh Bình Tân (đường tỉnh 908, tổ 7, ấp Thành Thuận, xã Thành Trung, huyện Bình Tân, tỉnh Vĩnh Long).

Phụ gia, hóa chất phân tích mua tại Công ty TNHH Cemaco Việt Nam chi nhánh Cần Thơ. Nigari (tinh khiết 98%) được sử dụng là sản phẩm của Tập đoàn Hóa chất VMC Group Việt Nam.

2.2. Bố trí thí nghiệm

Đậu nành sau khi xử lý loại bỏ các hạt bị hỏng, bụi, sạn..., được rửa sạch và ngâm dưới vòi nước chảy tràn trong 6 giờ. Đậu sau ngâm được xay với nước (1: 8) thu được dịch sữa, gia nhiệt ở nhiệt độ 100°C/15 phút.

Dịch khoai: Củ KLT sau khi được xử lý và loại bỏ các củ khoai không đạt tiêu chuẩn chế biến (sùng, thối...), thái lát mỏng 1 - 2 mm, hấp chín 100°C/5 phút, xay nhuyễn bằng máy xay và bổ sung nước với tỉ lệ khoai: nước (1: 2), lọc và thu được dịch KLT.

Sau đó, tiến hành phối trộn dịch sữa đậu nành và dịch KLT (1: 0,75). Gia nhiệt hỗn hợp đến 100°C, tiến hành khảo sát ảnh hưởng của loại chất tạo đông gồm: Nigari, axit citric và canxi sulphat với các nồng độ: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4% w/v. Sau đó, tách nước theo phương pháp ép khuôn, thời gian ép 15 phút (khuôn có kích thước 12 x 10 x 7 cm), lực ép (khoảng cách) được cố định bằng trục xoắn ốc (có đai ốc cố định bằng nhau giữa các mẫu) thu được sản phẩm đậu hũ bổ sung KLT (đậu hũ tím). Sản phẩm đậu hũ tím được phân tích hàm lượng các chất chống oxy hóa (TPC, TFC và anthocyanin), khả năng bắt gốc tự do (DPPH và ABTS) và khả năng ức chế một nửa (IC50).

2.3. Phương pháp phân tích

Tổng polyphenol (TPC) được đo bằng phương pháp Folin-Ciocalteu và định lượng bằng axit gallic tương đương/g khối lượng khô (mg GAE/g dw) [6]. 5 g đậu hũ tím đã sấy đông khô và tách chất béo, được chiết bằng 12 ml aceton 70%. 0,1 ml dịch chiết đậu hũ tím được pha loãng với 3,5 ml nước. Trộn đều 0,4 ml dung dịch Folin-Ciocalteu vào hỗn

hợp. Sau đó, thêm 1 ml Na_2CO_3 7,5% vào hỗn hợp và giữ ở nhiệt độ phòng trong 2 giờ. Dung dịch phản ứng được đo ở bước sóng 765 nm bằng máy quang phổ U-2800 (Shimadzu, Nhật Bản).

Tổng flavonoid (TFC) được xác định bằng phương pháp so màu nhôm clorua và định lượng bằng mg quercetin tương đương/g khối lượng khô (mg QE/g dw) [7]. 0,5 ml dịch chiết đậu hũ tím được pha loãng với 3 ml nước, 0,15 ml NaNO_2 5% và 0,3 ml AlCl_3 10%. Hỗn hợp này được ủ ở nhiệt độ phòng trong 30 phút và được đo ở bước sóng 415 nm bằng máy đo quang phổ.

Hàm lượng anthocyanin được xác định bằng phương pháp vi sai [8]. Độ hấp thụ của anthocyanin trong các dung dịch đệm khác nhau (pH 1 và 4,5) được đo tương ứng ở bước sóng 520 và 700 nm bằng máy quang phổ U-2800. Tổng hàm lượng anthocyanin được tính bằng cyanidin-3-glucoside.

Trộn 800 μL mẫu với 800 μL DPPH 0,008%, lắc đều và ủ ở nhiệt độ phòng trong 30 phút. Sau đó, dung dịch được đo ở bước sóng 517 nm. Hoạt tính DPPH được tính bằng μmol Trolox tương đương (TE/g dw) [9].

ABTS được đo bằng thuốc thử kali persulfate để phản ứng với gốc ABTS^+ [2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate)]. Thêm mẫu có chứa chất chống oxy hóa vào hỗn hợp; các chất chống oxy hóa sẽ khử ion này và tạo thành ABTS. ABTS^+ sẽ được đo bằng máy quang phổ ở bước sóng 734 nm [10].

Giá trị IC50 được phân tích bằng cách hút 600 μL dịch chiết đậu hũ tím thêm 600 μL dung dịch DPPH 0,008% (w/v), lắc đều trong ống nghiệm, giữ ổn định trong tối ở nhiệt độ phòng trong thời gian 30 phút và tiến hành đo độ hấp thụ ở bước sóng 517 nm. Khả năng ức chế một nửa (IC50), A được xác định theo $A = (50 - b)/a$. Trong đó: A là giá trị IC50 (mg/ml); a, b là hệ số của phương trình hồi quy [11].

2.4. Phân tích dữ liệu

Phân tích phương sai (ANOVA) được sử dụng để đánh giá sự khác biệt đáng kể giữa nhiều nhóm theo các phương pháp khảo sát khác nhau, sau đó là thử nghiệm LSD bằng phần mềm thống kê Statgraphics (VA, US) và sử dụng phần mềm

GraphPad Prism (GraphPad Software, LLC, US) để vẽ đồ thị. Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn ($\pm$ SD) của thí nghiệm ba lần với $p < 0,05$ có ý nghĩa thống kê. Kết quả nghiên cứu được tính trên khối lượng khô.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của loại và nồng độ chất tạo đông đến hàm lượng các chất chống oxy hóa trong đậu hũ tím

Hàm lượng các chất chống oxy hóa trong sản phẩm đóng vai trò quan trọng, mang lại nhiều lợi ích liên quan đến chất lượng, tính ổn định và giá trị của thực phẩm [12]. Hàm lượng các chất có hoạt tính chống oxy hóa trong đậu hũ tím được đánh giá bởi sự thay đổi của loại và nồng độ chất tạo đông. Kết quả sự thay đổi này được thể hiện qua hình 1.

Cụ thể, TPC có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các chất tạo đông và nồng độ chất tạo đông ($p < 0,05$). Đậu hũ tím được kết tủa bằng nigari có TPC cao nhất (45,29 mg GAE/g dw) và khác biệt ý nghĩa thống kê so với các chất tạo đông còn lại, lần lượt là CaSO_4 (36,15 mg GAE/g dw), thấp nhất là axit citric (33,29 mg GAE/g dw). Bên cạnh đó, TPC có xu hướng tăng khi tăng nồng độ chất tạo đông từ 0,1 – 0,4%. Ở nồng độ chất tạo đông 0,1%, TPC đạt hàm lượng 34,75 mg GAE/g dw, thấp nhất và khác biệt ý nghĩa thống kê so với các nồng độ còn lại. TPC đạt hàm lượng cao nhất là 40,19 mg GAE/g dw khi được bổ sung 0,4% chất tạo đông.

TFC trong đậu hũ tím có sự khác biệt ý nghĩa thống kê khi sử dụng các chất tạo đông khác nhau với các nồng độ khác nhau. TFC trong đậu hũ tím có xu hướng giảm theo các chất tạo đông khác nhau, lần lượt nigari $>$ CaSO_4 $>$ axit citric, với các giá trị lần lượt là 13,20 $>$ 10,68 $>$ 8,12 mg QE/g dw. Kết quả phân tích còn thể hiện nồng độ chất tạo đông cũng góp phần làm thay đổi TFC trong đậu hũ tím. Khi sử dụng nồng độ 0,1%, TFC đạt thấp nhất 8,62 mg QE/g dw và có sự khác biệt ý nghĩa thống kê so với các nồng độ còn lại. Nếu tăng nồng độ chất tạo đông lên 0,2 và 0,3% thì TFC không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) giữa hai nồng độ này với giá trị lần lượt là 11,07 và

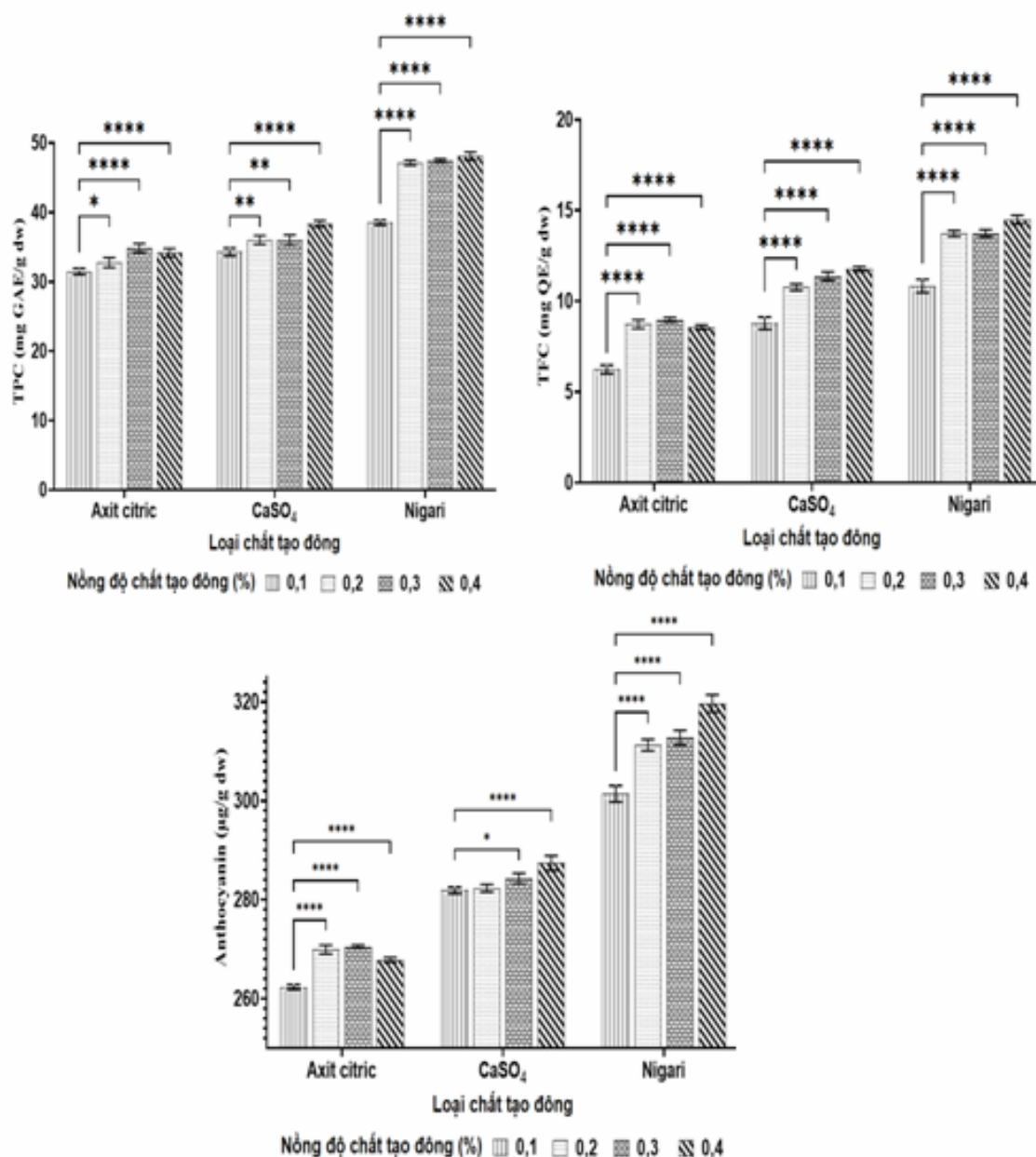
11,36 mg QE/g dw. Nhưng khi tăng nồng độ chất tạo đông lên 0,4% thì TFC tiếp tục tăng và đạt cao nhất 11,61 mg QE/g dw.

Hàm lượng anthocyanin được thể hiện qua hình 1. Kết quả cho thấy, hàm lượng anthocyanin có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các chất tạo đông khác nhau. Khả năng giữ anthocyanin trong đậu hũ khi sử dụng nigari tốt hơn so với các chất tạo đông khác. Nghĩa là hàm lượng anthocyanin trong đậu hũ tím khi tạo đông bằng nigari cao nhất (311,29 $\mu\text{g/g dw}$) so với CaSO_4 (283,97 $\mu\text{g/g dw}$) và thấp nhất là axit citric (267,64 $\mu\text{g/g dw}$). Kết quả phân tích cũng thể hiện hàm lượng anthocyanin chịu ảnh hưởng của nồng độ chất tạo đông. Cụ thể, khi bổ sung 0,1% chất tạo đông vào quy trình sản xuất đậu hũ tím thì hàm lượng anthocyanin đạt thấp nhất (281,89 $\mu\text{g/g dw}$). Hàm lượng anthocyanin có xu hướng tăng và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi tăng nồng độ chất tạo đông từ 0,2 – 0,4% với hàm lượng đạt được từ 287,84 – 291,64 $\mu\text{g/g dw}$.

Kết quả phân tích trên đã thể hiện rõ sự ảnh hưởng của loại và nồng độ chất tạo đông đến hàm lượng các hợp chất sinh học có khả năng chống oxy hóa trong đậu hũ tím. Theo Trần Minh Phúc và cs (2023), kết quả phân tích đậu nành nguyên liệu có TPC 6,69 mg GAE/g dw và TFC 3,98 mg QE/g dw; dịch KLT TPC 78,89 mg GAE/g dw, TFC 33,95 mg QE/g dw [13]. Nghiên cứu của Dương Thị Phượng Liên (2018), khi đánh giá TPC trên đậu hũ trắng đạt $2,44 \pm 0,09$ mg GAE/g [14]. Meng và cs (2016) khi phân tích hàm lượng các chất chống oxy hóa trên đậu hũ trắng từ các giống đậu nành khác nhau cho thấy, TPC dao động từ 1,74 - 2,55 mg GAE/g [15]. Ma và Huang (2014) đánh giá TFC trên đậu hũ trắng là $0,26 \pm 0,02$ mg QE/g. Điều này cho thấy, khi bổ sung thêm KLT, TPC trong mẫu đậu hũ tăng lên đáng kể là do dịch sữa đậu nành được gia nhiệt, cấu trúc protein mở, giải phóng các hợp chất phenol, đồng thời và kết hợp với KLT thì TPC và TFC được tăng cao hàm lượng trong sản phẩm [16]. Bên cạnh đó, trong quá trình tạo đông, chất tạo đông nào có khả năng kết tủa protein tốt hơn, giữ ẩm tốt hơn cũng góp phần nâng cao hàm lượng các hoạt chất sinh học. Anthocyanin là hoạt chất mới có trong sản phẩm,

tuy hàm lượng anthocyanin có giảm hơn so với nguyên liệu ban đầu nhưng cũng thể hiện rất rõ sự khác biệt giữa các chất tạo đông khác nhau. Theo kết quả phân tích hàm lượng protein và độ ẩm của sản phẩm thì nigari là chất tạo đông tốt nhất trong

các chất khảo sát, giúp giữ cho sản phẩm có hàm lượng các chất chống oxy hóa cao. Bên cạnh đó, môi trường axit (axit citric) cũng làm phá hủy anthocyanin.



Hình 1. Ảnh hưởng của loại và nồng độ chất tạo đông đến hàm lượng các chất có hoạt tính chống oxy hóa trong đậu hũ tím

Ghi chú: $p^{****} \leq 0,0001$; $p^{***} \leq 0,001$; $p^{**} \leq 0,01$; $p^* \leq 0,05$.

Kết quả trên phù hợp với kết quả nghiên cứu Murad và cs (2013) khi đánh giá tỉ lệ bổ sung

thêm sữa đậu nành vào quy trình sản xuất đậu hũ trứng. Theo đó, hàm lượng protein trong sản phẩm

sẽ tăng lên dẫn đến hàm lượng các chất chống oxy hóa (TPC và TFC) tăng lên [17]. Theo Moizuddin và cs (1999), khi tạo đông đậu hũ bằng axit thì có khả năng làm giảm hàm lượng các chất chống oxy hóa trong đậu hũ. Chính vì vậy, hàm lượng anthocyanin trong nghiên cứu khi đông tụ bằng axit citric thì hàm lượng giảm hơn so với các chất tạo đông còn lại [18].

Kết quả phân tích trên cho thấy, cả loại và nồng độ chất tạo đông đều ảnh hưởng đến hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học (TPC, TFC, anthocyanin) trong sản phẩm đậu hũ tím. Đậu hũ tím được tạo đông với nigari ở nồng độ 0,2% (w/v) sẽ cho hàm lượng các chất chống oxy hóa cao hơn so với các loại và nồng độ tạo đông khác theo khảo sát.

3.2. Ảnh hưởng của loại và nồng độ chất tạo đông đến khả năng trung hòa gốc tự do của đậu hũ tím

Khả năng trung hòa gốc tự do trong thực phẩm phụ thuộc rất nhiều vào thành phần hóa học và hàm lượng các hợp chất có khả năng chống oxy hóa. Các chất chống oxy hóa trong thực phẩm có thể ngăn ngừa, trì hoãn sự hình thành các gốc tự do trong cơ thể con người do stress oxy hóa [19]. Theo đó, khi sản phẩm có hàm lượng các chất chống oxy hóa cao thì khả năng bắt gốc tự do càng hiệu quả. Kết quả đánh giá khả năng bắt gốc tự do của sản phẩm đậu hũ tím theo loại và nồng độ chất tạo đông được thể hiện ở hình 2.

Hình 2 cho thấy, loại và nồng độ chất tạo đông có ảnh hưởng đến khả năng bắt gốc tự do của đậu hũ tím. Theo đó, khả năng bắt gốc tự do DPPH của nigari cao nhất (73,81 $\mu\text{mol TE/g dw}$), tiếp đến là CaSO_4 (49,47 $\mu\text{mol TE/g dw}$) và thấp nhất là axit citric (34,39 $\mu\text{mol TE/g dw}$). Khả năng bắt gốc tự do DPPH của cả ba chất tạo đông đều có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Thêm vào đó, nồng độ chất tạo đông cũng ảnh hưởng đến khả năng bắt gốc tự do DPPH của đậu hũ tím. Ở nồng độ 0,1%, khả năng bắt gốc tự do DPPH thấp nhất (48,76 $\mu\text{mol TE/g dw}$) và cao nhất khi bổ sung 0,4% (54,83 $\mu\text{mol TE/g dw}$). Ở nồng độ 0,2 – 0,3%, khả năng bắt gốc tự do DPPH không có sự

khác biệt ý nghĩa thống kê, với giá trị lần lượt là 52,88 – 53,75 $\mu\text{mol TE/g dw}$.

Tương tự, khả năng bắt gốc tự do ABTS cũng có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các loại và nồng độ chất tạo đông khác nhau. Theo kết quả thống kê, khả năng bắt gốc tự do ABTS của nigari cao nhất (102,04 $\mu\text{mol TEAC/g dw}$) và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với CaSO_4 (98,36 $\mu\text{mol TEAC/g dw}$) và axit citric (87,63 $\mu\text{mol TEAC/g dw}$). Nồng độ chất tạo đông theo thống kê cũng ảnh hưởng đến khả năng bắt gốc ABTS. Đậu hũ được tạo đông với nồng độ 0,4% có khả năng bắt gốc ABTS cao nhất (98,66 $\mu\text{mol TEAC/g dw}$) và giảm dần theo nồng độ chất tạo đông đến 0,1% đạt thấp nhất (92,43 $\mu\text{mol TEAC/g dw}$).

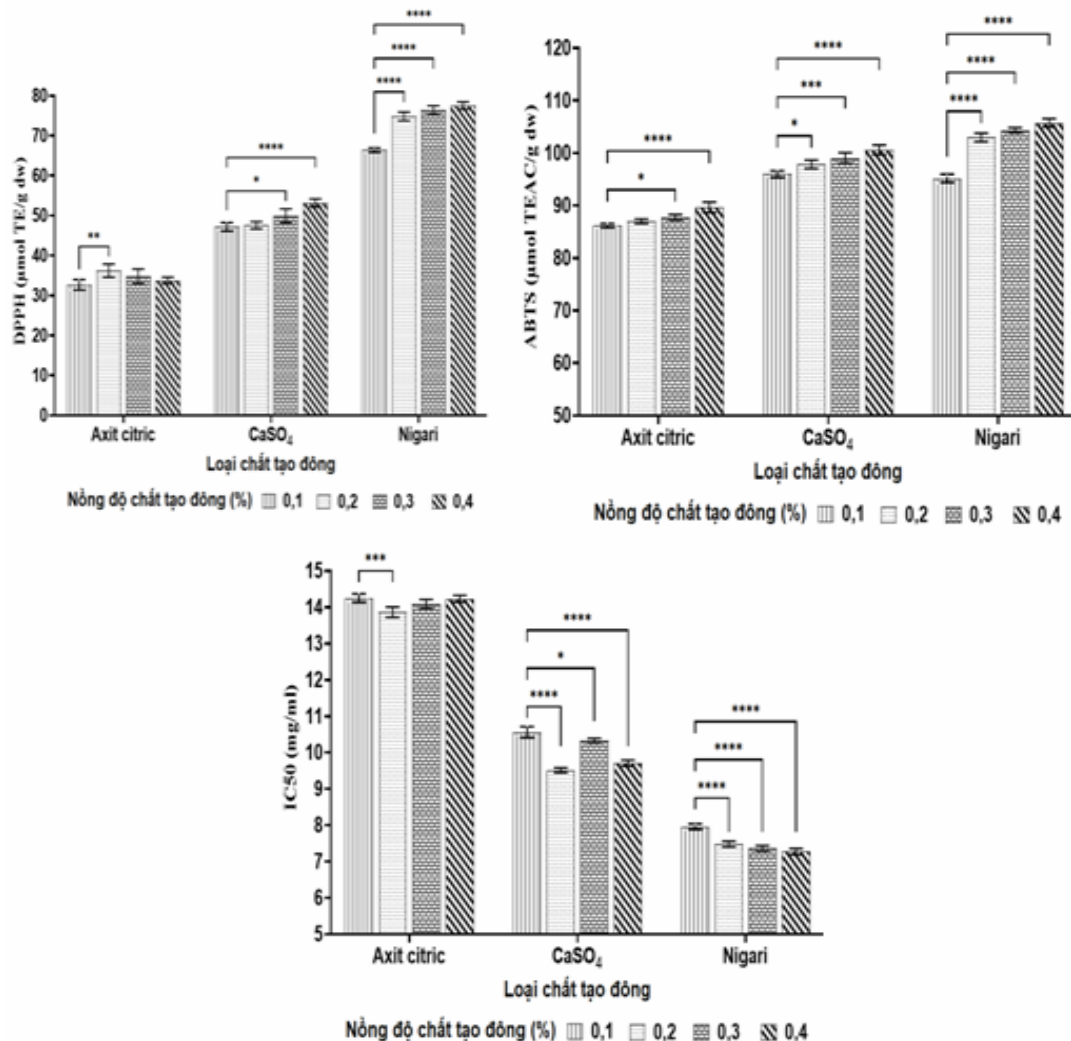
Khả năng ức chế một nửa (IC_{50}) có sự phân hóa rất rõ giữa các loại và nồng độ chất tạo đông khác nhau. Theo đó, chất tạo đông axit citric ở nồng độ 0,1% có giá trị lớn nhất, nghĩa là khả năng ức chế một nửa thấp nhất và cao nhất là nigari ở nồng độ 0,4%.

Khả năng bắt gốc tự do phụ thuộc vào hàm lượng các chất có khả năng chống oxy hóa. Khi hàm lượng các chất chống oxy hóa cao, khả năng bắt gốc tự do sẽ lớn và giá trị IC_{50} sẽ thấp. Kết quả ở hình 2 có thể giải thích là do nigari có khả năng tạo kết tủa tốt, giữ lại phần lớn các protein, nước, chính vì vậy mà hàm lượng các chất chống oxy hóa cao dẫn đến khả năng bắt gốc tự do tốt hơn so với hai chất tạo đông còn lại. Axit citric có khả năng bắt gốc tự do kém và giá trị IC_{50} thấp vì axit là tác nhân gây suy giảm hàm lượng anthocyanin trong sản phẩm. Chính vì vậy, khả năng bắt gốc tự do DPPH và ABTS của đậu hũ tím giảm khi kết tủa bằng axit citric.

Nghiên cứu của Ratulangi và cs (2022) đã khảo sát bổ sung từ 10 - 40 g/100 g bột KLT vào gà viên nhằm nâng cao tính chống oxy hóa cho sản phẩm. Kết quả cho thấy, khả năng chống oxy hóa (IC_{50}) tăng lên từ 10 - 40 g, lần lượt là 3.356,99 – 2.398,30 $\mu\text{g/ml}$; khẳng định khả năng chống oxy hóa tăng là do thành phần anthocyanin có trong bột KLT [20]. Vì vậy, khi sản phẩm giữ được hàm lượng anthocyanin cao, góp phần nâng cao khả năng chống oxy hóa cho sản phẩm.

Đậu hũ tím được tạo đông với nigari 0,2% (w/v) có hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học cao dẫn đến hoạt chất chống oxy hóa trong sản phẩm đậu hũ tím có khả năng bắt gốc tự do DPPH,

ABTS cao. Đồng thời, giá trị IC₅₀ cũng đạt tốt nhất.



Hình 2. Ảnh hưởng của loại và nồng độ chất tạo đông đến khả năng trung hòa gốc tự do của đậu hũ tím
(Ghi chú: $p^{****} \leq 0,0001$; $p^{***} \leq 0,001$; $p^{**} \leq 0,01$; $p^* \leq 0,05$.)

3.3. Mối tương quan giữa các thành phần chất chống oxy hóa và khả năng bắt gốc tự do

Kết quả phân tích mối tương quan giữa 3 chất có khả năng chống oxy hóa trong đậu hũ tím bao gồm: TPC, TFC, anthocyanin và khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH, ABTS và giá trị IC₅₀ được thể hiện ở hình 3 cho thấy, các chất chống oxy hóa đều có hoạt tính cao. Theo đó, anthocyanin, DPPH và IC₅₀ có mối tương quan cao nhất, thể hiện qua giá trị tương quan R² đều lớn hơn 0,90. Điều này

cho thấy, khả năng loại gốc tự do trong sản phẩm đậu hũ tím là rất lớn và phần lớn nhờ vào khả năng loại bỏ gốc tự do của anthocyanin.

Kết quả phân tích ma trận tương quan giữa các chất có hoạt tính sinh học và khả năng bắt gốc tự do cũng như khả năng ức chế một nửa của đậu hũ tím cho thấy, tất cả đều có mối quan hệ mật thiết. Đặc biệt, TPC và hàm lượng anthocyanin có mối tương quan rất cao (R² = 0,95). Chính vì vậy, giá trị IC₅₀ có R² = - 0,84 (dấu - thể hiện chiều giảm của IC₅₀).

	TPC	TFC	ANTHC	DPPH	ABTS	IC50
TPC	1,00	0,93	0,95	0,94	0,86	-0,84
TFC	0,93	1,00	0,93	0,91	0,93	-0,88
ANTHO	0,95	0,93	1,00	0,99	0,89	-0,94
DPPH	0,94	0,91	0,99	1,00	0,89	-0,95
ABTS	0,86	0,93	0,89	0,89	1,00	-0,92
IC50	-0,84	-0,88	-0,94	-0,95	-0,92	1,00

Hình 3. Tương quan giữa các chất chống oxy hóa và khả năng bắt gốc tự do

4. KẾT LUẬN

Đã đánh giá được ảnh hưởng của loại và nồng độ các chất tạo đông khác nhau đến hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học trong sản phẩm đậu hũ tím. Hàm lượng các chất chống oxy hóa cao nhất và bắt được gốc tự do nhiều nhất khi đậu hũ tím được tạo đông với nigari ở nồng độ 0,2% (w/v). Ở điều kiện tạo đông này, khả năng ức chế một nửa của sản phẩm đạt tốt nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Yuwono, S. S. & Susanto, D. T. (2006). Effect of water:bean ratio during extraction process on solid, protein and calcium extractability and on ratio of 7s/11s protein fraction. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 7(2), 71 - 77.

2. Yanti, R., Setyaningsih, W., Triwitono, P., Yuniansyah, R. & Admi, E. S. M. (2022). Effect of different coagulants and various concentrations on quality of jack bean tofu. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 6(1), 1 - 10. doi: 10.32530/JAAST.V6I1.23.

3. Nguyen Minh Thuy, Le Huy Hiep, Ngo Van Tai, Huynh Thi Thu Huong, Vo Quang Minh (2022). Impact of drying temperatures on drying behaviours, energy consumption and quality of purple sweet potato flour. *Acta Sci Pol Technol Aliment*, 21(4), 379 - 387. doi: 10.17306/J.AFS.2022.1061.

4. Hoàng Thị Lệ Hằng (2016). Nghiên cứu ổn định chất lượng khoai lang tím Nhật Bản trong công đoạn sơ chế. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, 1(62), 92 - 98.
5. Nhan Minh Trí (2015). Các biến đổi chất lượng bánh tráng sữa khoai lang tím trong quá trình chế biến. *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ*, 39, 29 - 35.
6. Jiang, S., Cai, W. & Xu, B. (2013). Food quality improvement of soy milk made from short-time germinated soybeans. *Foods*, 2(2), 198 - 212. doi: 10.3390/FOODS2020198.
7. Khan, H., Khan, M. F., Khan, B. A., Wahab, A., Jan, S. U., Mukhtair, M., Ullah, N., Haque, N. & Farid, A. (2012). Oxidation of glutathione (GSH) in blood plasma due to oxidative stressors: A case study of silver. *Afr J Pharm Pharmacol*, 6(21), 1502 - 1507. doi: 10.5897/AJPP11.790.
8. Wrolstad, R. E. & Culver, C. A. (2012). Alternatives to those artificial FD & C food colorants. *Annu Rev Food Sci Technol*, 3(1), 59 - 77. doi: 10.1146/ANNUREV-FOOD-022811-101118/CITE/REFWORKS.
9. Sakshy, S. & Paras, S. (2024). Comparative study of cuscutha reflexa and cassytha filiformis for diuretic activity. *Phcog Res*, 1, 327 - 330.
10. Alam, M. N., Bristi, N. J. & Rafiquzzaman, M. (2013). Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 21(2), 143 - 152. doi: 10.1016/J.JSPS.2012.05.002.
11. Huynh Thanh Duy, Nguyen Van Thanh, Le Nhu Thuy, Nguyen Trieu Nhat Uyen & Nguyen Duc Do (2020). Determination of total polyphenol, saponin contents, antioxidant and antibacterial activities of *Melastoma malabathricum* leaves by liquid-liquid extraction. *Can Tho University Journal of Science*, 12(1), 8 - 15.
12. Poljsak, B., Kovač, V. & Milisav, I. (2021). Antioxidants, food processing and health. *Antioxidants*, 10(3), 1 - 11. doi: 10.3390/ANTIOX10030433.
13. Trần Minh Phúc, Nguyễn Thị Mai Xuân, Nguyễn Hoàng Minh Yến, Dương Thị Phượng Liên, & Hà Thanh Toàn (2023). Nghiên cứu ảnh hưởng của dạng và tỉ lệ khoai lang tím bổ sung đến hàm lượng các chất chống oxy hóa của đậu hũ. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, (6), 33 - 39.
14. Dương Thị Phượng Liên (2018). Nghiên cứu chế biến các sản phẩm thực phẩm có hoạt tính sinh học cao từ hạt đậu nành nảy mầm. Luận án Tiến sĩ ngành Công nghệ thực phẩm. Trường Đại học Cần Thơ.
15. Meng, S., Chang, S., Gillen, A. M. & Zhang, Y. (2016). Protein and quality analyses of accessions from the USDA soybean germplasm collection for tofu production. *Food Chem*, 213, 31 - 39. doi: 10.1016/J.FOODCHEM.2016.06.046.
16. Ma, Y. & Huang, H. (2014). Characterisation and comparison of phenols, flavonoids and isoflavones of soymilk and their correlations with antioxidant activity. *Int J Food Sci Technol*, 49(10), 2290 - 2298. doi: 10.1111/IJFS.12545.
17. Murad, M., Abdullah, A. & Wan, M. W. A. (2013). Antioxidant capacity and amino acid profiles of egg tofu. *Am J Appl Sci*, 10(11), 1315 - 1324. doi: 10.3844/AJASSP.2013.1315.1324.
18. Moizuddin, S., Harvey, G., Fenton, A. M. & Wilson, L. A. (1999). Tofu production from soybeans or full-fat soyflakes using direct and indirect heating processes. *J Food Sci*, 64(1), 145 - 148.
19. Khaliduzzaman, A., Asaduzzaman, Pattadar & Hasan, M. (2023). Dietary food antioxidants and their radical scavenging activity: A review 1,2 Haque. *Int Food Res J*, 30(1), 63 - 78. doi: 10.47836/ifrj.30.1.04.
20. Ratulangi, F., Soputan, F., Rimbing, S. & Rumondor, D. (2022). Study of addition of purple sweet potato flour (*Ipomoea batatas* L.) on antioxidant activity and quality chemistry of chicken nuggets as functional food. *Scientific Papers, series D, Animal Science*, 317 - 321.

**EFFECTS OF TYPES AND CONCENTRATIONS OF COAGULANT
ON THE ANTIOXIDANTS OF PURPLE TOFU**

Tran Minh Phuc^{1,2}, Do Thi Tuyet Nhung³,

Duong Thi Phuong Lien¹, Ha Thanh Toan¹

¹Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University

²Faculty of Applied Biological Sciences, Vinh Long University of Technology Education

³Can Tho University of Technology

Summary

The objective of the study was to evaluate the effects of coagulants, including nigari, citric acid, and calcium sulfate, on coagulant concentrations (0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4% w/v). The evaluation was based on changes in antioxidant content such as total polyphenols (TPC), total flavonoids (TFC), and anthocyanin content. These changes demonstrated the ability to neutralize DPPH and ABTS free radicals with half inhibition capacity (IC₅₀). The results showed that coagulation with nigari at a concentration of 0.2% (w/v) produced tofu supplemented with purple sweet potato with the highest antioxidant capacity, including TPC (47.13 mg GAE/g dw), TFC (13.73 mg QE/g dw), anthocyanin content (311.25 µg/g dw), DPPH free radical scavenging ability (74.85 µmol TE/g dw) and ABTS (102.96 µmol TEAC/g dw), with an IC₅₀ value (7.48 mg/ml).

Keywords: *Antioxydants, coagulants, purple sweet potato, tofu.*

Ngày nhận bài: 24/6/2024

Ngày chuyển phản biện: 28/8/2024

Ngày thông qua phản biện: 18/12/2024

Ngày duyệt đăng: 25/12/2024