

ẢNH HƯỞNG CỦA TỶ LỆ BỔ SUNG KHOAI LANG TÍM ĐẾN ĐẶC TÍNH LÝ HÓA, HOẠT TÍNH CHỐNG OXY HÓA VÀ CHẤT LƯỢNG CẢM QUAN CỦA SỮA ĐẬU NÀNH

La Thị Liễu¹, Châu Chí Bảo¹, Nguyễn Duy Khánh^{1,*}

¹*Khoa Công nghệ Sinh học, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh*

** Email: khanh.nd@ou.edu.vn*

TÓM TẮT

Sữa đậu nành là loại thức uống bổ dưỡng và phổ biến, việc phát triển công thức sữa đậu nành mới, được bổ sung khoai lang tím giàu anthocyanin có tiềm năng tạo ra thức uống với màu sắc hấp dẫn và giàu chất chống oxy hóa. Mục đích của nghiên cứu này là đánh giá tác động của tỷ lệ bổ sung khoai lang tím hấp chín (10 - 50% theo khối lượng đậu nành) đến các đặc tính lý hóa, hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học, hoạt tính chống oxy hóa và chất lượng cảm quan của sữa đậu nành. Kết quả cho thấy, việc bổ sung khoai lang tím hấp giúp tạo màu tím hấp dẫn, tăng cường hàm lượng các hợp chất phenolic, flavonoid và anthocyanin, giúp tăng hoạt tính chống oxy hóa và độ yêu thích của sản phẩm sữa đậu nành. Các mẫu sữa đậu nành được bổ sung khoai lang tím dạng hấp với tỷ lệ từ 10 - 50% (w/w) có các đặc điểm như: Chất khô hòa tan (2,33 - 3,0%), hàm lượng protein (4,56 - 4,99 g/L), hàm lượng phenolic (354,99 - 427,47 mg GAE/L), flavonoid (64,98 - 369,31 mg QE/L) và anthocyanin tổng (6,70 - 22,93 mg CGE/L) cũng như hoạt tính quét gốc tự do DPPH (32,40 - 76,68%) so với sữa đậu nành truyền thống ($p < 0,05$). Qua đó, việc bổ sung khoai lang tím dạng hấp ở nồng độ thích hợp (40% w/w) cho thấy tiềm năng trong phát triển sữa đậu nành giàu chất chống oxy hóa.

Từ khóa: Anthocyanin, chống oxy hóa, khoai lang tím, sữa đậu nành giàu chất chống oxy hóa.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đậu nành (*Glycine max*) là loại ngũ cốc có giá trị dinh dưỡng cao, chứa khoảng 34% protein, 18,4% chất béo chủ yếu là axit béo không bão hòa, bao gồm: Axit oleic ở mức 30 - 35% và axit linoleic ở mức 45 - 55%; 24,6% carbohydrate và 15% chất xơ [1]. Hơn nữa, đậu nành là nguồn cung cấp dồi dào các vitamin (B1, B2, C, D và E), khoáng chất (K và Fe) và các hợp chất hóa học thực vật có hoạt tính sinh học (isoflavone, phytosterol, axit phytic, peptide có hoạt tính sinh học và saponin) [2]. Đồng thời, đậu nành không chứa cholesterol và đường lactose, nên đây là một thực phẩm phù hợp cho những người mắc bệnh tim mạch và hội chứng không dung nạp lactose. Các nghiên cứu lâm sàng chỉ ra rằng, sử dụng đậu nành trong chế độ ăn uống hằng ngày có hiệu quả trong việc giảm các triệu chứng mãn kinh ở phụ nữ và có tiềm năng điều trị, giảm nhẹ và ngăn ngừa các bệnh lý nguy hiểm như bệnh tim mạch, loãng xương, bệnh thận và ung thư [3]. Đậu nành được chế biến thành nhiều loại thực phẩm như đậu phụ, nước tương và sữa đậu nành [4]. Trong đó, sữa đậu nành là một loại đồ uống phổ biến và

bổ dưỡng, được làm từ đậu nành nguyên hạt. Theo Jeske và cs (2017) [5], sữa đậu nành có hàm lượng protein tương đương các sản phẩm sữa có nguồn gốc động vật nhưng chứa ít chất béo bão hòa và không có cholesterol, do đó được xem là một trong những loại đồ uống có nguồn gốc thực vật có giá trị dinh dưỡng cao. Tuy nhiên, để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của người tiêu dùng đối với các thực phẩm chức năng giàu hợp chất hoạt tính sinh học, việc cải thiện giá trị dinh dưỡng và khả năng chống oxy hóa của sữa đậu nành vẫn là một hướng nghiên cứu được quan tâm. Việc bổ sung các nguyên liệu thực vật giàu các hợp chất sinh học không chỉ góp phần nâng cao hàm lượng các hợp chất có lợi cho sức khỏe mà còn cải thiện giá trị chức năng và khả năng cạnh tranh của sản phẩm trên thị trường. Vì vậy, nghiên cứu phát triển các công thức chế biến mới nhằm nâng cao giá trị dinh dưỡng và hoạt tính sinh học của sữa đậu nành có ý nghĩa cả về mặt khoa học và thực tiễn.

Hiện nay, xu hướng sử dụng các chất chống oxy hóa có nguồn gốc tự nhiên để thay thế phụ gia tổng hợp trong chế biến thực phẩm đang ngày càng được quan tâm nhằm đáp ứng nhu cầu của

người tiêu dùng đối với các sản phẩm an toàn, có nguồn gốc thực vật và mang lại lợi ích sức khỏe. Trong số các hợp chất này, anthocyanin được xem là một trong những sắc tố tự nhiên có tiềm năng ứng dụng cao nhờ vừa tạo màu đỏ, tím và xanh đặc trưng cho thực phẩm, vừa có khả năng chống oxy hóa mạnh, góp phần nâng cao giá trị dinh dưỡng và giá trị chức năng của sản phẩm [6, 7]. Sắc tố này hòa tan rất tốt trong nước và chiết xuất có phổ màu rộng từ đỏ đến xanh lam, tùy thuộc vào độ pH của môi trường [7]. Theo nghiên cứu của Garg và cs (2022) [8] và Shu và cs (2023) [9], ngoài các đặc tính cảm quan trong chế biến thực phẩm, anthocyanin còn có nhiều tác dụng có lợi cho sức khỏe con người, bao gồm chống oxy hóa, kháng khuẩn và ức chế tế bào ung thư. Do đó, anthocyanin ngày càng được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp thực phẩm và dược phẩm.

Khoai lang tím là một thực phẩm giàu dinh dưỡng với giá thành thấp và có nhiều lợi ích cho sức khỏe. Khoai lang tím được yêu thích nhờ màu tím hấp dẫn tự nhiên do chứa sắc tố anthocyanin và là nguồn cung cấp dồi dào các hợp chất phenolic [10, 11]. Theo Tang và cs (2023) [12], các chất chống oxy hóa tự nhiên của khoai lang tím có tác dụng chống ung thư và chống lão hóa mạnh. Do đó, khoai lang tím có tiềm năng được bổ sung vào các công thức sữa thực vật để cải thiện các hoạt tính sinh học của sản phẩm. Khoai lang tím đã được bổ sung thành công vào các công thức sản phẩm bánh tráng, bánh mochi và sữa chua, giúp tăng hàm lượng hợp chất anthocyanin, tạo màu tím hấp dẫn, tăng giá trị cảm quan và hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm [13 - 15]. Tuy nhiên, nghiên cứu bổ sung khoai lang tím vào sữa thực vật, đặc biệt là sữa đậu nành còn hạn chế. Đồng thời, chất lượng sữa đậu nành bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố trong quá trình chế biến và tỷ lệ bổ sung nguyên liệu khoai lang tím có thể là một yếu tố quan trọng. Vì vậy, nghiên cứu tỷ lệ bổ sung khoai lang tím vào sữa đậu nành để xác định tỷ lệ bổ sung phù hợp tạo sản phẩm có khả năng chống oxy hóa và chất lượng cảm quan tốt là rất cần thiết.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu và hóa chất

Nguyên liệu: Đậu nành (*G. max*) nguyên hạt (Việt San, Việt Nam), khoai lang tím Nhật

(PTFarm, Việt Nam) và đường sucrose (Coop Select, Việt Nam) được mua từ siêu thị Co.opmart.

Hóa chất: Thuốc thử Folin-Ciocalteu (Merck, Đức), chất chuẩn axit gallic và quercetin (Oxford, Ấn Độ), albumin (heat shock isolation pH 7.0, Biotech, Canada), 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (TCI, Nhật Bản), methanol (Fisher, Mỹ) và các hóa chất phân tích khác (Xilong, Trung Quốc).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Chuẩn bị nguyên liệu, xay trích ly và nấu sữa đậu nành

Xử lý nguyên liệu: Quá trình chuẩn bị nguyên liệu hạt đậu nành được thực hiện dựa trên mô tả của De và cs (2022) [16] với một số chỉnh sửa. Đậu nành khô nguyên hạt được ngâm trong nước với tỷ lệ 1: 10 (w/v) trong 8 giờ. Dung dịch ngâm được bổ sung 0,3% NaHCO₃ (w/v) để giảm vị đắng và ức chế trypsin trong đậu. Tiếp theo, đậu nành được bóc vỏ thủ công, rửa sạch và luộc trong 10 phút giúp giảm mùi ngái trong đậu nành do hoạt động của lipooxygenase. Khoai lang tím tươi, không bị sâu, bệnh, có khối lượng từ 100 - 120 g/củ được gọt vỏ, cắt thành các lát dày khoảng 2 - 3 cm, sau đó hấp cách thủy ở 90 - 100°C trong 10 phút đến khi mềm và để nguội tự nhiên ở nhiệt độ phòng trước khi sử dụng. Hấp cách thủy được lựa chọn nhằm làm mềm nguyên liệu và hạn chế thất thoát anthocyanin cũng như các hợp chất phenolic do tiếp xúc trực tiếp với nước, góp phần duy trì màu sắc và hoạt tính chống oxy hóa của khoai lang tím.

Xay trích ly và nấu sữa: Khoai lang tím hấp chín được trộn với đậu nành đã bóc vỏ ở các tỷ lệ 10, 20, 30, 40 và 50% (w/w) so với khối lượng đậu nành, xay với nước cất theo tỷ lệ 1 : 6 (w/v) trong 60 giây bằng máy xay sinh tố, cùng với mẫu 0% (đối chứng) không bổ sung khoai lang tím. Nước cất được sử dụng để xay thu nhận dịch sữa nhằm chuẩn hóa điều kiện thí nghiệm và loại trừ ảnh hưởng của các ion khoáng hoặc tạp chất trong nguồn nước đến các chỉ tiêu chất lượng của sản phẩm. Quá trình xay được thực hiện một lần với toàn bộ nguyên liệu, sau đó hỗn hợp được lọc bằng túi vải cotton để thu dịch sữa. Dịch sữa được kiểm tra °Brix và bổ sung đường sucrose đạt °Brix 10% theo công thức (1). Dịch sữa được gia nhiệt sơ bộ đạt 60 - 65°C và đồng hóa ở 7.000×g

trong 10 phút bằng máy đồng hóa cơ (Silverson L5M-A, Anh), sau đó nấu sữa cách thủy ở 90 - 95°C trong 10 phút, đảm bảo sữa chín và không bị khét. Sau khi nấu, sữa đậu nành nóng được rót vào các chai thủy tinh 200 mL (rót chưa khoảng trống cách miệng chai khoảng 2,5 cm) rồi để nguội đến nhiệt độ phòng. Sau cùng, các mẫu sữa được bảo quản ở nhiệt độ 4 - 6°C trong 8 giờ trước khi phân tích.

$$m = \frac{m_0 \times (B_t - B_0)}{100 - B_t} \quad (1)$$

Trong đó: m là khối lượng đường sucrose cần bổ sung (g); B_0 là °Brix ban đầu của dịch sữa (%); B_t là °Brix mong muốn của dịch sữa sau điều chỉnh (%). Sau khi bổ sung sucrose, hỗn hợp được khuấy đều và kiểm tra lại °Brix bằng khúc xạ kế.

2.2.2. Phân tích pH, °Brix, hàm lượng axit tổng và màu sắc

pH và °Brix của sữa đậu nành được xác định lần lượt bằng máy đo pH (SI Analytics LAB 855, Đức) và khúc xạ kế (0 - 32%) (Total Meter RHB-92T, Trung Quốc).

Hàm lượng axit tổng của sữa đậu nành được xác định bằng phương pháp chuẩn độ Therner sử dụng dung dịch NaOH 0,1 N với chỉ thị phenolphthalein 2% pha trong ethanol 96% [17]. Hàm lượng axit tổng (%) được biểu thị theo axit lactic và được tính theo công thức (2) và (3):

$$^{\circ}\text{T} = V_{\text{NaOH tiêu tốn}} \times 10 \quad (2)$$

$$\% \text{ axit lactic} = ^{\circ}\text{T} \times 0,009 \quad (3)$$

Trong đó: °T là độ Therner; 1 °T tương ứng với 9 mg axit lactic.

Giá trị màu sắc Lab* của sữa đậu nành được đo bằng máy đo màu ColorFlex EZ. Mỗi mẫu sữa được đo 3 lần và tính giá trị trung bình. Độ lệch màu tổng cộng (ΔE) được tính bằng công thức:

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2}$$

Trong đó: L_0^* , a_0^* , và b_0^* là các giá trị của mẫu sữa đối chứng và L^* , a^* và b^* là các giá trị của mẫu sữa thử nghiệm.

2.2.3. Xác định hàm lượng protein

Hàm lượng protein được xác định bằng phương pháp biuret. Độ hấp thụ của hỗn hợp phản ứng được đo ở bước sóng 540 nm bằng máy

quang phổ UV-Vis (Cary 60, Agilent). Hàm lượng protein trong mẫu sữa đậu nành (g/L) được tính toán dựa trên đường chuẩn albumin (mg/mL) ($y = 0,3947x + 0,5421$, $R^2 = 0,9869$).

2.2.4. Xác định hàm lượng anthocyanin tổng (TAC)

Anthocyanin trong sữa đậu nành được chiết xuất theo quy trình của Tian và cs (2020) [18]. 5 mL sữa đậu nành được trộn với 15 mL methanol đã được axit hóa (95% methanol: 1,5 N HCl với tỷ lệ 85: 15 v/v) trong ống Falcon 50 mL, giữ ở 4°C trong 24 giờ trong bóng tối, lọc bằng giấy lọc Whatman no 4 để thu dịch chiết. Hàm lượng anthocyanin tổng (TAC) được xác định bằng phương pháp pH đơn và hệ số hấp thụ mol là 34.300 L/mol·cm của cyanidin-3-glucoside chloride ($\text{C}_{21}\text{H}_{21}\text{ClO}_{11}$, 484,84 Da) như mô tả bởi Burgos và cs (2013) [19]. Độ hấp thụ được đo ở bước sóng 535 nm bằng máy quang phổ UV-Vis (Agilent Cary 60, Mỹ) để thu được giá trị hấp thụ từ 0,200 - 0,800 và kết quả được biểu thị bằng mg tương đương cyanidin-3-glucoside chloride trên lít mẫu (mg CGE/L).

2.2.5. Xác định hàm lượng phenolic, flavonoid tổng và hoạt tính chống oxy hóa

Chiết xuất phenolic, flavonoid sữa đậu nành: 2 mL sữa đậu nành được trộn với 10 mL dung dịch methanol 70% và giữ yên ở 4 - 6°C trong 24 giờ. Sau thời gian chiết xuất, hỗn hợp được lọc bằng giấy lọc Whatman no 4, dịch lọc được bảo quản ở nhiệt độ 4 - 6°C cho đến khi phân tích [20].

Xác định hàm lượng phenolic tổng (TPC): Giá trị TPC của sữa đậu nành được xác định bằng phương pháp Folin-Ciocalteu [21], dịch chiết (0,5 mL) được trộn với 2,5 mL thuốc thử Folin-Ciocalteu 5%. Sau 2 phút ổn định, thêm 2 mL dung dịch Na_2CO_3 7,5% lắc đều và ủ ở nhiệt độ phòng trong bóng tối trong 2 giờ và đo độ hấp thụ ở bước sóng 760 nm (Agilent Cary 60, Mỹ). Đường chuẩn axit gallic ($y = 0,0066x + 0,1168$, $R^2 = 0,9984$) được sử dụng để tính giá trị TPC và giá trị được biểu thị bằng mg tương đương axit gallic (mg GAE) trên mỗi lít sữa đậu nành.

Định lượng hàm lượng flavonoid tổng (TFC): Giá trị TFC của sữa đậu nành được xác định bằng phương pháp phản ứng với AlCl_3 [22]. Hỗn hợp phản ứng gồm: 1 mL chiết xuất, 1,7 mL dung dịch methanol 30%, 0,3 mL NaNO_2 0,5 M và 0,3

mL AlCl_3 10%. Sau 5 phút, thêm 2 mL NaOH 4% vào hỗn hợp và đo độ hấp thụ ở bước sóng 500 nm bằng máy quang phổ UV-Vis (Agilent Cary 60, Mỹ). Đường chuẩn quercetin ($y = 0,4795x + 0,112$, $R^2 = 0,9975$) được sử dụng để tính giá trị TFC và giá trị được biểu thị bằng mg tương đương quercetin (mg QE) trên mỗi lít sữa đậu nành.

Xác định khả năng chống oxy hóa: Khả năng chống oxy hóa của sữa đậu nành được xác định bằng phương pháp quét gốc tự do DPPH [23], 1 mL dịch chiết được trộn với 3 mL DPPH 0,1 mM và ủ trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 30 phút. Sau khi ủ, hỗn hợp phản ứng được đo độ hấp thụ ở bước sóng 515 nm (Agilent Cary 60, Mỹ). Ở mẫu đối chứng, 1 mL dịch chiết được thay thế bằng 1 mL methanol. Phần trăm hoạt tính loại bỏ gốc tự do DPPH được tính theo phương trình: $H (\%) = [1 - A_s/A_0] \times 100$. Trong đó: A_s là độ hấp thụ của mẫu chiết xuất và DPPH (mẫu thử), và A_0 là độ hấp thụ của DPPH không có mẫu chiết xuất (mẫu đối chứng).

2.2.6. Đánh giá chất lượng cảm quan

Chất lượng cảm quan của các mẫu sữa đậu nành khảo sát được đánh giá bằng phương pháp QDA với 10 cảm quan viên đã được huấn luyện tại Khoa Công nghệ sinh học, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh. Mức độ của từng thuộc tính được chấm điểm theo thang 0 - 5 (từ không có đến cực độ), đồng thời đánh giá chất

lượng tổng thể sản phẩm theo thang hedonic tương ứng 0 (rất không thích) đến 7 (rất thích) [24]. Dữ liệu điểm đánh giá theo cường độ thuộc tính (QDA) được thu thập từ các cảm quan viên được xử lý phân tích thành phần chính (PCA) bằng phần mềm thống kê Minitab 19.

2.3. Xử lý số liệu

Các thí nghiệm được thực hiện lặp lại ba lần. Kết quả thí nghiệm được trình bày dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn (SD). Phân tích phương sai một chiều (ANOVA) được sử dụng để kiểm tra sự khác biệt có ý nghĩa. So sánh giá trị trung bình được thực hiện bằng phép thử LSD (least significant difference) ở mức ý nghĩa 95% ($\alpha < 0,05$) bằng phần mềm Minitab 19.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung khoai lang tím đến giá trị độ Brix (dịch sữa sau lọc), pH, độ axit và hàm lượng protein của sữa đậu nành

Giá trị độ Brix (dịch sữa sau lọc), pH, độ axit và hàm lượng protein của sữa đậu nành ở các tỷ lệ bổ sung khoai lang tím khác nhau đã được đánh giá với kết quả được thể hiện ở bảng 1. Kết quả cho thấy, tỷ lệ bổ sung khoai lang tím có ảnh hưởng đáng kể đến độ Brix của dịch sữa sau lọc và hàm lượng protein của sữa đậu nành thành phẩm.

Bảng 1. Giá trị độ Brix (dịch sữa sau lọc), pH, độ axit và hàm lượng protein của sữa đậu nành ở các tỷ lệ bổ sung khoai lang tím khác nhau

Tỷ lệ bổ sung (% w/w)	°Brix (%) của dịch sữa sau lọc	pH	Hàm lượng axit tổng (% axit lactic)	Hàm lượng protein (g/L)
0	$1,83 \pm 0,29^b$	$6,71 \pm 0,08^a$	$0,04 \pm 0,014^a$	$4,53 \pm 0,19^b$
10	$2,33 \pm 0,29^{ab}$	$6,70 \pm 0,07^a$	$0,013 \pm 0,005^b$	$4,56 \pm 0,01^b$
20	$2,50 \pm 0,50^{ab}$	$6,64 \pm 0,06^a$	$0,013 \pm 0,005^b$	$4,90 \pm 0,21^b$
30	$2,83 \pm 0,29^a$	$6,65 \pm 0,03^a$	$0,01 \pm 0^b$	$4,74 \pm 0,22^{ab}$
40	$3,0 \pm 0^a$	$6,62 \pm 0,04^a$	$0,023 \pm 0,02^{ab}$	$4,9 \pm 0,17^a$
50	$3,0 \pm 0^a$	$6,62 \pm 0,02^a$	$0,027 \pm 0,02^{ab}$	$4,99 \pm 0,15^a$
p-value	0,002	0,228	0,087	0,030

Ghi chú: Dữ liệu trong bảng là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại thí nghiệm ($n = 3$). Các giá trị trung bình theo sau với cùng chữ cái viết thường trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê bằng kiểm định LSD ở mức 5%.

Độ Brix của các mẫu dịch sữa sau lọc được bổ sung khoai lang tím cao hơn đáng kể với tỷ lệ gia tăng đạt 27,3 - 63,93% so với mẫu sữa truyền thống ($p < 0,05$). Tăng mức độ bổ sung khoai

lang tím dẫn đến sự gia tăng đáng kể độ Brix của dịch sữa đậu nành sau khi lọc với giá trị cao nhất được ghi nhận ở mức bổ sung 50% (độ Brix 3,0%), cao gấp 1,64 lần so với mẫu đối chứng không bổ sung khoai lang tím. Quá trình hấp chín đã làm mềm nguyên liệu khoai lang tím và phá vỡ một phần cấu trúc thành tế bào, tạo điều kiện cho các chất hòa tan (chủ yếu là carbohydrate, một phần protein và các hợp chất hòa tan khác) khuếch tán vào dịch sữa đậu nành, làm tăng độ Brix của sản phẩm [25]. Tuy nhiên, giá trị độ Brix trong mẫu dịch sữa đậu nành sau khi lọc thấp hơn so với giá trị thường được báo cáo cho sữa đậu nành thương mại nên cần bổ sung sucrose đạt độ Brix 10% để tạo vị ngọt [26].

Ngược lại, giá trị pH của sữa đậu nành giảm nhẹ khi tăng mức bổ sung khoai lang tím với pH cao nhất được quan sát thấy ở mẫu đối chứng (pH 6,71). Tuy nhiên, không có sự khác biệt đáng kể về giá trị pH giữa các mẫu sữa ($p > 0,05$). Sự giảm nhẹ độ pH của sữa khi tăng mức độ bổ sung khoai lang tím có thể liên quan đến các axit hữu cơ trong nguyên liệu khoai lang tím [27]. Sự ổn định của giá trị pH giữa các nghiệm thức cho thấy việc bổ sung khoai lang tím ở các tỷ lệ khảo sát không ảnh hưởng đáng kể đến môi trường pH của sản phẩm. Tất cả các mẫu sữa đậu nành đều có giá trị pH (6,6 - 6,7), cao hơn đáng kể so với điểm đẳng điện ($pI \approx 4,5 - 4,6$) của protein đậu nành. Điều này giúp các protein duy trì điện tích bề mặt, hạn chế hiện tượng kết tụ và kết tủa, từ đó góp phần duy trì độ hòa tan của protein và tính ổn định của sản phẩm trong quá trình chế biến [2].

Độ axit của các mẫu sữa đậu nành bổ sung khoai lang tím rất thấp (0,01 - 0,027% tính theo axit lactic) và không có khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) với giá trị thấp nhất được quan sát thấy ở mức bổ sung 30% khoai lang tím (0,01%) và giá trị cao nhất ở mẫu đối chứng (0,04%). Kết quả xác định hàm lượng axit tổng cũng phù hợp với xu hướng biến động của pH. Mặc dù đây không phải là chỉ tiêu theo dõi chính của nghiên cứu, hàm lượng axit tổng được xác định nhằm hỗ trợ đánh giá sự thay đổi đặc tính axit của sản phẩm. Việc không ghi nhận sự khác biệt đáng kể về hàm lượng axit tổng giữa các nghiệm thức cho thấy bổ sung khoai lang tím trong khoảng tỷ lệ khảo sát không làm thay đổi đáng kể đặc tính axit của sữa đậu nành. Các giá

trị độ axit trong nghiên cứu này thấp hơn so với các giá trị được báo cáo bởi Basharat và cs (2020) [2] ở mức 0,67%. Theo các nghiên cứu trước đây, các giống đậu nành nguyên liệu và quy trình ngâm làm thay đổi các tính chất lý hóa của sản phẩm sữa đậu nành. Trong quá trình ngâm, độ pH, hàm lượng chất rắn và hàm lượng isoflavone trong đậu nành giảm, trong khi độ axit và hàm lượng aglycone trong nguyên liệu tăng lên [28, 29].

Bên cạnh đó, hàm lượng protein bị ảnh hưởng đáng kể bởi tỷ lệ bổ sung khoai lang tím ($p < 0,05$) và tăng lên khi tăng tỷ lệ bổ sung khoai lang tím. Mẫu sữa được bổ sung 50% khoai lang tím có hàm lượng protein đạt cao nhất với 4,99 g/L, cao hơn 10% so với mẫu sữa truyền thống. Mặc dù khoai lang tím không phải là nguồn nguyên liệu có hàm lượng protein cao nhưng vẫn chứa một lượng protein thực vật nhất định. Sau khi hấp chín, hàm lượng protein trong khoai lang tím chiếm khoảng 3,26 - 9,75% khối lượng nguyên liệu khô [30]. Do đó, khi bổ sung một lượng lớn khoai lang tím vào hỗn hợp sữa, tổng lượng protein sẽ gia tăng. Hơn nữa, Cakrawati và cs (2021) [31] báo cáo rằng, khoai hấp có khả năng hòa tan protein tốt hơn khoai tươi do thành tế bào nguyên liệu đã bị biến đổi bởi nhiệt trong quá trình hấp. Điều này có thể là nguyên nhân làm tăng hàm lượng protein trong sản phẩm sữa đậu nành thành phẩm. Tuy nhiên, hàm lượng protein của các mẫu sữa trong nghiên cứu này thấp hơn so với một số nghiên cứu trước, có thể do quy trình thu nhận dịch sữa chưa được tối ưu hóa. Trong nghiên cứu này, nguyên liệu đậu nành và khoai lang tím hấp chín chỉ được xay một lần với tỷ lệ nước 1 : 6 (w/v) trong 60 giây nhằm đảm bảo tính thống nhất giữa các nghiệm thức. Đây là một hạn chế của nghiên cứu và cần được cải thiện trong các nghiên cứu tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung khoai lang tím đến màu sắc của sữa đậu nành

Đặc tính màu sắc của sữa đậu nành bị ảnh hưởng đáng kể bởi tỷ lệ bổ sung khoai lang tím ($p < 0,05$) ngoại trừ giá trị b^* (Bảng 2). Độ sáng của sữa đậu nành (L^*) giảm đáng kể khi tăng tỷ lệ bổ sung khoai lang tím, giá trị L^* thấp nhất được quan sát thấy ở mức bổ sung 50% (chỉ đạt 61,22% so với mẫu đối chứng). Ngược lại, giá trị biểu thị sắc đỏ (a^*) lại tăng đáng kể khi tỷ lệ bổ sung khoai lang

tím tăng lên ($p < 0,05$). Tuy nhiên, bổ sung khoai lang tím không làm thay đổi đáng kể thông số b^* của sữa đậu nành ($p > 0,05$). Từ các kết quả này, sự khác biệt về màu sắc so với mẫu đối chứng (ΔE) tăng đáng kể khi bổ sung khoai lang tím với giá trị

ΔE cao nhất được ghi nhận ở mức bổ sung 50%. Anthocyanin từ khoai lang tím tạo ra màu tím hấp dẫn cho sữa đậu nành và sự khác biệt về hàm lượng anthocyanin giữa các mẫu đã làm thay đổi các giá trị Lab^* và ΔE của sữa đậu nành [27].

Bảng 2. Đặc tính màu sắc Lab^* của sữa đậu nành ở các tỷ lệ bổ sung khoai lang tím khác nhau

Tỷ lệ bổ sung (% w/w)	L^*	a^*	b^*	ΔE
0	$93,15 \pm 1,83^a$	$-3,99 \pm 0,34^d$	$-2,8 \pm 0,32^b$	0^d
10	$65,46 \pm 1,2^b$	$-3,42 \pm 0,29^c$	$-0,5 \pm 2,67^{ab}$	$27,85 \pm 3,08^c$
20	$59,01 \pm 0,68^d$	$-2,97 \pm 0,18^c$	$1,33 \pm 0,74^a$	$34,41 \pm 1,18^a$
30	$62,27 \pm 2,26^c$	$-2,12 \pm 0,5^b$	$-1,19 \pm 0,67^{ab}$	$30,99 \pm 1,14^b$
40	$57,41 \pm 0^d$	$-1,80 \pm 1,71^b$	$-0,8 \pm 0,14^{ab}$	$35,86 \pm 0,57^a$
50	$57,03 \pm 0^d$	$-1,20 \pm 0,42^a$	$-2,04 \pm 0,29^b$	$36,26 \pm 2,19^a$
p -value	0,000	0,000	0,056	0,000

Ghi chú: Dữ liệu trong bảng là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại thí nghiệm ($n = 3$). Các giá trị trung bình theo sau với cùng chữ cái viết thường trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê bằng kiểm định LSD ở mức 5%.

3.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung khoai lang tím đến hàm lượng phenolic, flavonoid, anthocyanin tổng và hoạt tính chống oxy hóa của sữa đậu nành

Sau khi xác định ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung khoai lang tím đến các đặc tính màu sắc, ảnh hưởng của nhân tố này đến hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học và hoạt tính chống oxy hóa của sữa đậu nành đã được đánh giá với kết quả được thể hiện ở bảng 3.

Kết quả ở bảng 3 cho thấy, hàm lượng anthocyanin tổng tăng lên theo mức độ bổ sung khoai lang tím. Giá trị TAC cao nhất được quan sát thấy trong mẫu sữa bổ sung 50% khoai lang tím (22,93 mg CGE/L). Hàm lượng này cao hơn đáng kể so với tất cả các mẫu sữa còn lại ($p < 0,05$). Đồng thời, bổ sung khoai lang tím còn có ảnh hưởng tích cực đến hàm lượng phenolic và flavonoid tổng trong sữa đậu nành. Giá trị TPC tăng từ 278,44 mg GAE/L trong sữa không bổ sung khoai lang tím lên 427,47 mg GAE/L trong

sữa đậu nành bổ sung 50% khoai lang tím. Tương tự, giá trị TFC tăng từ 14,77 - 369,31 mg QE/L ở tỷ lệ bổ sung 50% khoai lang tím. Sự gia tăng hàm lượng các hợp chất sinh học đã tăng cường hoạt tính chống oxy hóa của sữa đậu nành. Khả năng ức chế DPPH tăng lên rõ rệt khi tăng tỷ lệ bổ sung khoai lang tím. Khả năng quét gốc tự do DPPH đạt giá trị cao nhất là 76,68% ở mẫu bổ sung 50%, cao gấp 3,52 lần so với mẫu sữa đậu nành truyền thống chỉ quét được 21,76% gốc tự do. Theo Chen và cs (2017) [32], các hạt tinh bột đã trương nở trong khoai lang hấp chín có khả năng hạn chế sự phân hủy các hợp chất sinh học do nhiệt độ cao trong quá trình nấu. Kết quả này cũng đã được báo cáo bởi Okwunodulu và cs (2021) [33], bổ sung tinh bột khoai lang ruột cam ở mức 0,5 - 3% (w/v) giúp tăng giá trị dinh dưỡng, sự ổn định cấu trúc và duy trì hàm lượng các hợp chất sinh học trong sữa đậu nành này mầm ở mức cao mà không cần dùng bất kỳ phụ gia ổn định nào.

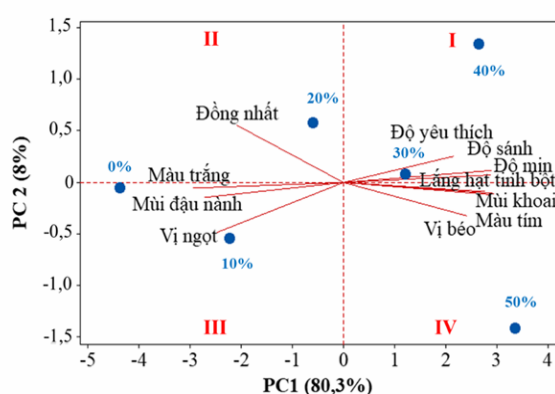
Bảng 3. Giá trị TAC, TPC, TFC và hoạt tính chống oxy hóa của sữa đậu nành ở các tỷ lệ bổ sung khoai lang tím khác nhau

Tỷ lệ bổ sung (% w/w)	TAC (mg CGE/L)	TPC (mg GAE/L)	TFC (mg QE/L)	DPPH (%)
0	$0,63 \pm 0,23^e$	$278,44 \pm 19,32^c$	$14,77 \pm 10,23^b$	$21,76 \pm 10,72^d$
10	$6,70 \pm 1,82^d$	$380,61 \pm 33,52^{ab}$	$64,98 \pm 31,13^b$	$32,40 \pm 3,42^d$

20	13,1 ± 1,14 ^c	354,99 ± 28,31 ^b	272,51 ± 97,40 ^a	46,81 ± 8,86 ^c
30	14,07 ± 1,53 ^c	369,73 ± 43,81 ^{ab}	267,47 ± 103,42 ^a	61,97 ± 5,21 ^b
40	17,66 ± 2,89 ^b	392,65 ± 38,81 ^{ab}	336,29 ± 94,82 ^a	73,47 ± 2,70 ^a
50	22,93 ± 2,56 ^a	427,47 ± 38,04 ^a	369,31 ± 193,44 ^a	76,68 ± 2,79 ^a
p-value	0,000	0,004	0,006	0,000

Ghi chú: Dữ liệu trong bảng là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại thí nghiệm (n = 3). Các giá trị trung bình theo sau với cùng chữ cái viết thường trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê bằng kiểm định LSD ở mức 5%.

3.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung khoai lang tím đến chất lượng cảm quan của sữa đậu nành



Hình 1. Sự tương quan giữa các đặc tính cảm quan của sữa đậu nành ở các tỷ lệ bổ sung khoai lang tím khác nhau. PC1: Thành phần chính thứ nhất; PC2: Thành phần chính thứ 2

Kết quả phân tích PCA được thể hiện ở hình 1 cho thấy có sự phân hóa rõ rệt giữa 6 mẫu sữa đậu nành khảo sát, thành phần chính thứ nhất (PC1) và thứ hai (PC2) giải thích được 88,3% tổng phương sai tích lũy. Kết quả này cho thấy, tỷ lệ bổ sung khoai lang tím có ảnh hưởng đáng kể đến các đặc tính cảm quan của sản phẩm. Ở góc phần tư thứ nhất (I) bao gồm 2 mẫu sữa được bổ sung 30% và 40% khoai lang tím, có các đặc tính tốt như độ sánh, độ mịn và đặc biệt là được yêu thích cao. Ở góc phần tư thứ hai (II), chứa mẫu sữa được bổ sung 20% khoai lang tím, mẫu này có ưu điểm là độ đồng nhất khá cao. Ở góc phần tư thứ ba (III) tập trung các đặc tính của sữa đậu nành nguyên bản bao gồm: Màu trắng, mùi đậu nành và vị ngọt. Ở góc phần tư thứ tư (IV) chứa mẫu sữa được bổ sung khoai lang tím với tỷ lệ cao nhất là 50%, mẫu này có đặc tính là màu tím đậm, mùi khoai mạnh, cảm nhận vị béo cao và đặc biệt là bị lắng hạt tinh bột.

Sự hiện diện của các hạt tinh bột khoai lang tím bị hồ hóa thể hiện các tác động khác nhau đến các đặc tính cảm quan của sản phẩm sữa đậu nành. Về cấu trúc, sự tăng hàm lượng hạt tinh bột làm tăng hiện tượng tạo gel tinh bột trong sản phẩm, làm tăng độ nhớt, độ sánh và độ mịn cho sữa đậu nành [34]. Về vị, hạt tinh bột có tác động phức tạp đến sự cảm nhận các vị của sữa đậu nành, làm giảm cảm nhận vị ngọt, do độ nhớt cao của gel tinh bột cản trở sự khuếch tán của các phân tử đường đến thụ thể vị giác [34]. Trong khi đó, gel tinh bột lại làm tăng cảm nhận vị béo do các hạt tinh bột này mô phỏng cấu trúc của chất béo, tạo cảm giác tương tự như cảm giác do các giọt nhũ tương chất béo gây ra [35]. Về mùi, ở tỷ lệ bổ sung 50% khoai lang tím, sản phẩm có mùi khoai lang mạnh, lấn át mùi thơm đặc trưng của sữa đậu nành, làm giảm mức độ yêu thích chung của sản phẩm. Đồng thời, mẫu này cũng quan sát thấy sự lắng đọng của hạt tinh bột do nồng độ quá cao của các hạt tinh bột thúc đẩy quá trình lắng, vượt quá tác dụng tự ổn định của hệ protein và lipid liên kết bề mặt [33, 36, 37]. Tuy nhiên, khi giảm tỷ lệ bổ sung khoai lang tím xuống 40%, đã loại bỏ hiệu quả sự lắng đọng của hạt tinh bột. Từ các kết quả trên, nhận thấy tỷ lệ bổ sung 40 - 50% khoai lang tím hấp vào sữa đậu nành tạo sản phẩm có hàm lượng các hợp chất sinh học và khả năng chống oxy hóa ở mức cao. Tuy nhiên, mẫu bổ sung 50% khoai lang tím có mùi kém hấp dẫn và bị lắng của hạt tinh bột. Do đó, tỷ lệ bổ sung 40% khoai lang tím hấp chín có tiềm năng ứng dụng trong chế biến sữa đậu nành giàu chất chống oxy hóa nổi bật là hợp chất anthocyanin và có chất lượng cảm quan tốt.

4. KẾT LUẬN

Việc bổ sung khoai lang tím hấp đã cải thiện đáng kể chất lượng của sữa đậu nành, đặc biệt về màu sắc, hàm lượng các hợp chất hoạt tính sinh

học, khả năng chống oxy hóa và chất lượng cảm quan. Mặc dù các mẫu bổ sung 40 - 50% (w/w) khoai lang tím đều cho kết quả tốt hơn mẫu đối chứng, tỷ lệ bổ sung 50% làm giảm mức độ chấp nhận cảm quan của sản phẩm. Do đó, tỷ lệ bổ sung 40% (w/w) được xác định là phù hợp nhất, góp phần nâng cao giá trị chức năng và duy trì chất lượng cảm quan của sữa đậu nành. Tuy nhiên, hàm lượng protein của sản phẩm còn thấp do quy trình thu nhận dịch sữa chưa được tối ưu. Vì vậy, các nghiên cứu tiếp theo cần tập trung tối ưu hóa điều kiện nghiền và tỷ lệ nguyên liệu: nước nhằm nâng cao hiệu suất thu hồi protein, đồng thời cải thiện giá trị dinh dưỡng của sản phẩm.

LỜI CẢM ƠN

Các tác giả chân thành cảm ơn Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh đã tạo điều kiện để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Trọng Hưng, Lê Hoàng Duy, Ninh Thị Nhung, Phạm Thị Dung, Phạm Ngọc Khái (2022). Vai trò của dinh dưỡng đậu nành đối với sức khỏe tim mạch. *Tạp chí Dinh dưỡng và Thực phẩm*, 18(3+4), 11 - 17.
- [2]. Basharat, S., Ijaz, A., Tufail, T., Ain, H. B. U., Abid, F., Azhar, S., ... & Sikander, S. (2020). Nutritional and physicochemical characterization of soymilk. *International Journal of Biosciences*, 16(5), 256.
- [3]. Qin, P., Wang, T. & Luo, Y. (2022). A review on plant-based proteins from soybean: Health benefits and soy product development. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7, 100265.
- [4]. Verduci, E., Di Profio, E., Cerrato, L., Nuzzi, G., Riva, L., Vizzari, G., ... & Peroni, D. G. (2020). Use of soy-based formulas and cow's milk allergy: Lights and shadows. *Frontiers in pediatrics*, 8, 591988.
- [5]. Jeske, S., Zannini, E. & Arendt, E. K. (2017). Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(1), 26 - 33.
- [6]. Novais, C., Molina, A. K., Abreu, R. M., Santo-Buelga, C., Ferreira, I. C., Pereira, C. &

Barros, L. (2022). Natural food colorants and preservatives: A review, a demand, and a challenge. *Journal of agricultural and food chemistry*, 70(9), 2789 - 2805.

[7]. Singh, S., Bhatt, P., Kumar, V. & Singh, N. P. (2024). Phytonutrients, anthocyanidins, and anthocyanins: Dietary and medicinal pigments with possible health benefits. In *Advances in Flavonoids for Human Health and Prevention of Diseases* (pp. 23 - 46). Apple Academic Press.

[8]. Garg, M., Kaur, S., Sharma, A., Kumari, A., Tiwari, V., Sharma, S., ... & Krishania, M. (2022). Rising demand for healthy foods-anthocyanin biofortified colored wheat is a new research trend. *Frontiers in Nutrition*, 9, 878221.

[9]. Shu, C., Wu, S., Li, H. & Tian, J. (2023). Health benefits of anthocyanin-containing foods, beverages, and supplements have unpredictable relation to gastrointestinal microbiota: A systematic review and meta-analysis of random clinical trials. *Nutrition Research*, 116, 48 - 59.

[10]. Maqsood, S., Basher, N. S., Arshad, M. T., Ikram, A., Kalman, D. S., Hossain, M. S., ... & Ibrahim, N. A. (2025). Anthocyanins from sweet potatoes (*Ipomoea batatas*): Bioavailability, mechanisms of action, and therapeutic potential in diabetes and metabolic disorders. *Food Science & Nutrition*, 13(9), e70895.

[11]. Nurdjanah, S., Nurdin, S. U., Astuti, S. & Manik, V. E. (2022). Chemical components, antioxidant activity, and glycemic response values of purple sweet potato products. *International Journal of Food Science*, 2022(1), 7708172.

[12]. Tang, C., Han, J., Chen, D., Zong, S., Liu, J., Kan, J., ... & Jin, C. (2023). Recent advances on the biological activities of purple sweet potato anthocyanins. *Food Bioscience*, 53, 102670.

[13]. Nguyễn Trung Trực, Trần Tiểu Yên, Nguyễn Thị Ngọc Tuyết (2025). Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng tinh bột biến tính và độ ẩm phối trộn đến chất lượng của bánh mochi khoai lang tím (*Ipomoea batatas* L.). *Tạp chí Nông nghiệp và Môi trường*, 15: 59 - 71.

[14]. Nguyễn Minh Trí (2015). Ảnh hưởng thành phần nguyên liệu đến quá trình chế biến và chất lượng bánh trắng sữa khoai lang. *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ*, 38, 9 - 18.

- [15]. Nguyễn Thị Ngọc Dế, Châu Minh Tân, Nguyễn Bảo Lộc (2024). Nghiên cứu ảnh hưởng của tỉ lệ dịch khoai lang tím bổ sung đến chất lượng sữa chua dẻo. *Tạp chí Nông nghiệp và Môi trường*, 16, 43 - 50.
- [16]. De, B., Shrivastav, A., Das, T. & Goswami, T. K. (2022). Physicochemical and nutritional assessment of soymilk and soymilk products and comparative evaluation of their effects on blood glucose-lipid profile. *Applied Food Research*, 2(2), 100146.
- [17]. AOAC International (2000). Official methods of analysis of AOAC International. 17th ed., *Association of Official Analytical Chemists, Washington DC*.
- [18]. Tian, X. Z., Lu, Q., Paengkoum, P. & Paengkoum, S. (2020). Effect of purple corn pigment on change of anthocyanin composition and unsaturated fatty acids during milk storage. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 7808 - 7812.
- [19]. Burgos, G., Amoros, W., Muñoz, L., Sosa, P., Cayhualla, E., Sanchez, C., ... & Bonierbale, M. (2013). Total phenolic, total anthocyanin and phenolic acid concentrations and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes as affected by boiling. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(1), 6 - 12.
- [20]. Leksono, B. Y., Cahyanto, M. N. & Utami, T. (2021). Antioxidant activity of isoflavone aglycone from fermented black soymilk supplemented with sucrose and skim milk using Indonesian indigenous lactic acid bacteria. *Applied Food Biotechnology*, 8(4), 285 - 295.
- [21]. Anjum, N., Islam, M. N., Roy, J. & Mahomud, M. S. (2025). Enhancing soy yogurt: The impact of mango pulp and alkali blanching on physico-chemical, nutritional and sensory qualities. *Applied Food Research*, 5(1), 100983.
- [22]. Kabir, A. S., Moshood, H., Tajudeen, A. Y., & Qozeem, K. S. (2022). Comparative proximate analysis, mineral composition and phytochemical properties of *Vernonia amygdalina* and *Ocimum gratissimum* leaves. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 46(3), 37412.
- [23]. Ulyatu, F., Pudji, H., Tyas, U. & Umar, S. (2015). The changes of sesaminol triglucoside and antioxidant properties during fermentation of sesame milk by *Lactobacillus plantarum* Dad 13. *International Food Research Journal*, 22(5), 1945 - 1952.
- [24]. Robinson, A. L., Chambers, E. & Milliken, G. (2005). Just-About-Right (JAR) scales and hedonic scales provide different results. In *IFT Annual Meeting, Session 99-F*, abstract 6, 2p. Louisiana.
- [25]. Xu, Y., Chen, Y., Cao, Y., Xia, W. & Jiang, Q. (2016). Application of simultaneous combination of microwave and steam cooking to improve nutritional quality of cooked purple sweet potatoes and saving time. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 36, 303 - 310.
- [26]. Popescu, S., Velciov, A., Radu, F., Bordean, D., Cozma, A., Pîrvulescu, L., ... & Ienciu, A. (2024). Plant milk-alternative for dairy products. Rheological characteristics and nutritional composition. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, 68(1), 848 - 856.
- [27]. Nuhta, A. N., Hatta, W. & Yuliati, F. N. (2023). Antioxidant activity and sensory quality of cow milk-purple sweet potato (*Ipomea batatas* L.) juice with carboxy methyl cellulose (CMC) stabilizer. In *Proceedings of the 4th International Conference of Animal Science and Technology (ICAST 2021)*. 2628(1), 050005. AIP Publishing LLC.
- [28]. Kim, D. M., Lee, H. & Yoo, S. H. (2012). Compositional changes and physical properties of soymilk prepared with pre-soaked-fermented soybean. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 55(1), 121 - 126.
- [29]. Munu, N., Kigozi, J., Zziwa, A., Kambugu, R., Wasswa, J. & Tumutegyeize, P. (2016). Effect of ambient-soaking time on soybean characteristics for traditional soymilk extraction. *J. Adv. Food Sci. Technol*, 3(3), 119 - 128.
- [30]. Yun, D., Li, C., Sun, J., Xu, F., Tang, C. & Liu, J. (2024). A comparative study on the structure, physical property and halochromic ability of shrimp freshness indicators produced from nine varieties of steamed purple sweet potato. *Food Chemistry*, 449, 139222.
- [31]. Cakrawati, D., Srivichai, S. & Hongsprabhas, P. (2021). Effect of steam-cooking on (poly) phenolic compounds in purple yam and purple sweet potato tubers. *Food Res*, 5(1), 330 - 336.
- [32]. Chen, Y., Xu, Y., Cao, Y., Fang, K., Xia, W. & Jiang, Q. (2017). Combined effect of microwave and steam cooking on phytochemical compounds and antioxidant activity of purple

sweet potatoes. *Food Science and Technology Research*, 23(2), 193 - 201.

[33]. Okwunodulu, I. N., Onwuzurike, A. U., Ochiogu, A. O. & Uzochukwu, C. U. (2021). Evaluation of stabilized soymilk prepared from sprouted soybean with orange flesh sweet potato starch for ambient storage. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(4), 655 - 664.

[34]. Ferry, A. L., Hort, J., Mitchell, J. R., Cook, D. J., Lagarrigue, S. & Pamies, B. V. (2006). Viscosity and flavour perception: Why is starch different from hydrocolloids?. *Food hydrocolloids*, 20(6), 855 - 862.

[35]. Chen, Y., She, Y., Zhang, R., Wang, J., Zhang, X. & Gou, X. (2020). Use of starch-based fat replacers in foods as a strategy to reduce dietary intake of fat and risk of metabolic diseases. *Food Science & Nutrition*, 8(1), 16 - 22.

[36]. Debet, M. R. & Gidley, M. J. (2007). Why do gelatinized starch granules not dissolve completely? Roles for amylose, protein, and lipid in granule “ghost” integrity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(12), 4752 - 4760.

[37]. Giri, S. K. & Mangaraj, S. (2012). Processing influences on composition and quality attributes of soymilk and its powder. *Food Engineering Reviews*, 4(3), 149 - 164.

EFFECT OF PURPLE SWEET POTATO SUPPLEMENTATION LEVELS ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES, ANTIOXIDANT ACTIVITY, AND SENSORY QUALITY OF SOY MILK

La Thi Lieu¹, Chau Chi Bao¹, Nguyen Duy Khanh¹

¹*Faculty of Biotechnology, Ho Chi Minh City Open University, Vietnam*

Abstract

Soy milk is a popular and nutritious beverage. Developing a new formula that includes anthocyanin-rich purple sweet potato has the potential to create a beverage with an attractive color and high antioxidant content. The purpose of this study was to evaluate the impact of different proportions of steamed purple sweet potato (ranging from 10% to 50% by weight of soybeans) on the physicochemical properties, bioactive compound content, antioxidant activity, and sensory quality of soy milk. The results showed that the addition of steamed purple sweet potato resulted in an attractive purple color, increased levels of phenolic compounds, flavonoids, and anthocyanins, and improved both the antioxidant activity and palatability of the soy milk product. Samples of soy milk supplemented with steamed purple sweet potato at concentrations ranging from 10% to 50% (w/w) exhibited characteristics such as soluble solids (2.33 - 3.0%), protein content (4.56 - 4.99 g/L), phenolic content (354.99 - 427.47 mg GAE/L), flavonoid content (64.98 - 369.31 mg QE/L), total anthocyanin (6.70 - 22.93 mg CGE/L), and DPPH free radical scavenging activity (32.40 - 76.68%) compared to traditional soy milk ($p < 0.05$). Therefore, the addition of steamed purple sweet potato at an appropriate concentration (40% w/w) shows potential for developing antioxidant-rich soy milk.

Keywords: *Anthocyanin, antioxidant, antioxidant-rich soy milk, purple sweet potato.*

Ngày nhận bài: 8/4/2026

Ngày chuyển phản biện: 27/4/2026

Ngày thông qua phản biện: 15/6/2026

Ngày duyệt đăng: 13/7/2026