

ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN NẤY MẦM ĐẾN THÀNH PHẦN DINH DƯỠNG, HOẠT TÍNH CHỐNG OXY HÓA VÀ CHẤT LƯỢNG CẢM QUAN CỦA BỘT ĐẬU NÀNH (*Glycine max* (L.) Merrill)

Dương Thị Phụng Liên^{1, *}, Trần Minh Phúc², Hà Thanh Toàn¹

¹ Viện Công nghệ sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ

² Khoa Sinh hóa Thực phẩm, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

*Email: dtplien@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá tác động của quá trình nảy mầm đến thành phần dinh dưỡng, các hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa và chất lượng cảm quan của bột đậu nành. Quá trình nảy mầm được thực hiện ở nhiệt độ 25°C, trong điều kiện tối, với các khoảng thời gian 0, 12, 24, 36, 48, 60 giờ. Kết quả cho thấy, quá trình nảy mầm làm gia tăng đáng kể hàm lượng protein và giảm hàm lượng lipid. Các hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa như: Vitamin C, α -tocopherol, phenolic tăng đáng kể theo thời gian nảy mầm dẫn đến cùng với hoạt tính chống oxy hóa cũng tăng thể hiện qua giá trị IC₅₀ của bột đậu nành giảm rõ rệt trong quá trình nảy mầm. Chất lượng cảm quan của bột đậu nành cũng bị ảnh hưởng bởi thời gian nảy mầm hạt. Đậu nành được nảy mầm trong tối đa 36 giờ, chất lượng cảm quan của bột đậu nành vẫn duy trì tốt, nên được xem như thời gian nảy mầm thích hợp chế biến bột đậu nành nảy mầm. Bột đậu nành nảy mầm trong 36 giờ có hàm lượng protein, lipid và đường khử lần lượt là 41,52; 18,87; 5,95%, đạt hiệu suất thu hồi chất khô 92,8%. Bột thành phẩm có hàm lượng vitamin C, α -tocopherol, hợp chất phenolic và giá trị IC₅₀ lần lượt là 5,97 mg/g; 0,19 mg/g; 5,28 mg GAE/g và 10,1 mg/mL. Quá trình nảy mầm đã cải thiện giá trị dinh dưỡng và hoạt tính chống oxy hóa của bột đậu nành, đồng thời thấy được tiềm năng ứng dụng của bột đậu nành nảy mầm vào các sản phẩm thực phẩm giàu protein và hoạt tính sinh học.

Từ khóa: Đậu nành, nảy mầm, hoạt tính chống oxy hóa, hợp chất phenolic, vitamin C.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đậu nành (*Glycine max* L.) là một loại thực phẩm thuộc họ đậu được sử dụng phổ biến ở các nước Đông Nam Á. Đậu nành và đậu xanh nảy mầm thường được tiêu thụ bởi người dân sống ở các quốc gia châu Á do nguồn dinh dưỡng phong phú như: Protein, chất béo, vitamin, chất xơ và các chất có hoạt tính sinh học trong hạt [1]. Tuy nhiên, hàm lượng ban đầu của một số hợp chất chức năng trong đậu không nảy mầm rất thấp và chúng không đủ để đáp ứng nhu cầu dinh dưỡng cho người tiêu dùng và cho việc sản xuất các sản phẩm chức năng [2]. Đồng thời, đậu nành cũng như các sản phẩm thực phẩm chế biến từ đậu nành vẫn tồn tại mặt hạn chế đối với người tiêu dùng do vị đắng của peptide cùng với sự hiện diện của các yếu tố kháng dinh dưỡng như chất ức chế trypsin, đặt vị trí cùng với các protein dự

trữ chính trong lá mầm, lectin, axit phytic và các oligosaccharide (raffinose và stachyose) khó tiêu hoá, đã hạn chế khả năng tiêu hóa và hấp thụ các chất đối với các sản phẩm từ đậu nành [3].

Ở một số quốc gia, nhiều hạt họ đậu được người dân tiêu thụ dưới dạng sau nảy mầm trong thời gian khác nhau. Quá trình nảy mầm đã được phát triển để khắc phục một số nhược điểm liên quan đến đậu nành không nảy mầm, bao gồm sự thủy phân của raffinose và stachyose có liên quan đến vấn đề đầy hơi, giảm hàm lượng phytate và chất ức chế trypsin, làm tăng tính sử dụng của nhiều chất thiết yếu [4].

Nhiều nghiên cứu cho thấy, họ đậu nảy mầm có chứa chất có hoạt tính sinh học mang lại nhiều lợi ích cho người sử dụng so với đậu không nảy mầm, như tăng hàm lượng L-ascorbic [5], hàm lượng phenolic, isoflavone cùng với hoạt tính

chống oxy hóa [6]. Việc sử dụng đậu nành nảy mầm thay thế nguyên liệu đậu nành trong chế biến các sản phẩm thực phẩm là một hướng nghiên cứu mới giúp gia tăng hoạt tính sinh học cho sản phẩm và mang lại nhiều lợi ích về sức khỏe cho người tiêu dùng. Đậu nành nảy mầm có thể được chế biến thành dạng bột đậu nành nảy mầm tiện lợi cho việc sử dụng, chế biến, vận chuyển và bảo quản. Ngoài việc làm nguồn thực phẩm sử dụng trực tiếp dưới dạng thức uống dinh dưỡng, bột đậu nành còn dùng làm nguyên liệu chế biến các sản phẩm từ đậu nành cũng như có thể được bổ sung vào các thực phẩm chế biến khác (bánh mì, bánh, các sản phẩm thịt...) làm tăng giá trị dinh dưỡng và chức năng cho sản phẩm. Khảo sát ứng dụng đậu nành nảy mầm vào quy trình chế biến bột đậu nành nảy mầm cho bột đậu nành đạt được hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học cao là nhu cầu cần thiết góp phần nâng cao giá trị sử dụng của hạt đậu nành, đồng thời tạo nguồn nguyên liệu để chế biến ra các sản phẩm thực phẩm có hoạt tính sinh học cao mang lại nhiều lợi ích về sức khỏe cho người tiêu dùng.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm và nguyên liệu nghiên cứu

Đậu nành giống MTĐ 760 được cung cấp từ Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ. Nguyên liệu sau thu hoạch trong vòng tối đa 1 tuần được vận chuyển về Phòng thí nghiệm, Viện Công nghệ sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ.

2.2. Bố trí thí nghiệm

Đậu nành được làm sạch, ngâm trong nước sạch trong 12 giờ (6 giờ thay nước một lần) với tỷ lệ đậu : nước = 1: 5 để hạt hút ẩm đạt đến cân bằng. Quá trình nảy mầm đậu nành sau khi ngâm được thực hiện trong tủ nảy mầm ở nhiệt độ 25°C trong điều kiện tối (đóng kín cửa). Cài đặt chế độ phun nước mỗi lần trong 2 phút với chu kỳ 4 giờ. Sau các khoảng thời gian nảy mầm: 0 (sau ngâm không nảy mầm), 12, 24, 36, 48, 60 giờ đậu nành được rửa và làm chín bằng cách hấp trong 20 phút, đậu nành được làm nguội và sấy bằng không khí nóng đối lưu ở 60°C đến khi độ ẩm đạt $\leq 10\%$ thì kết thúc quá trình sấy. Đậu nành được nghiền và sàng (kích thước lỗ sàng 0,25 mm) để thu bột mịn. Sản phẩm được giữ trong túi zip phức hợp tráng nhôm ổn định 1 ngày ở nhiệt độ phòng để xác định các thành

phần dinh dưỡng, các hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa, hoạt tính chống oxy hóa và chất lượng cảm quan sản phẩm.

2.3. Phương pháp xác định các chỉ tiêu

2.3.1. Xác định hiệu suất thu hồi chất khô (%)

Hiệu suất thu hồi chất khô được tính bằng tỷ lệ phần trăm chất khô trong bột thành phẩm trên chất khô trong nguyên liệu hạt đậu nành ban đầu.

2.3.2. Xác định thành phần hóa học

- Xác định độ ẩm (%): Phương pháp sấy đến khối lượng không đổi [7].

- Xác định hàm lượng protein: Phương pháp Kjeldahl [8]. Kết quả được thể hiện theo % chất khô.

- Xác định hàm lượng lipid: Phương pháp Soxhlet [9]. Kết quả được thể hiện theo % chất khô.

- Xác định hàm lượng đường khử: Dựa trên cơ sở phản ứng tạo màu giữa đường khử với thuốc thử 3,5-dinitrosalicylic axit (DNS) [10]. Cường độ màu của hỗn hợp phản ứng tỉ lệ thuận với nồng độ đường khử trong một phạm vi nhất định. Đo độ hấp thụ ở bước sóng 540 nm. Dựa trên đồ thị đường chuẩn của glucose tinh khiết với thuốc thử DNS sẽ tính được hàm lượng đường khử của mẫu, kết quả được thể hiện qua % chất khô.

2.3.3. Xác định các hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa và hoạt tính chống oxy hóa

- Xác định TPC: Theo phương pháp Folin-Ciocalteu [11], với chất chuẩn là axit gallic. TPC được thể hiện qua mg đương lượng axit gallic trên g chất khô mẫu phân tích (mg GAE/g).

- Xác định vitamin C: Dựa vào phản ứng oxy hóa khử và tiêu biểu xảy ra với iod, vitamin C bị oxy hóa bởi iod tạo thành dehydroascorbic. Lượng iod dư sẽ tác dụng với hồ tinh bột tạo thành phức hợp có màu xanh đen và là điểm kết thúc quá trình chuẩn độ [12].

- Xác định α -tocopherol: Dựa vào phản ứng Emmerie - Engel, trong đó α -tocopherol khử ion Fe^{3+} thành ion Fe^{2+} để phản ứng với 2,2'-bipyridyl tạo thành phức chất có màu đỏ có bước sóng hấp thụ cực đại ở 520 nm [13].

- Xác định hoạt tính chống oxy hóa (IC_{50}): Đo hoạt tính loại gốc tự do thông qua sự mất màu của dung dịch màu tím của 2,2-diphenyl-1-

picrylhydrazyl (DPPH) trong methanol khi đo tại bước sóng 517 nm [14]. Tỷ lệ phần trăm của hoạt tính quét gốc tự do được xây dựng đồ thị tương quan với nồng độ của chiết xuất (mg/mL) để có được giá trị IC_{50} (mg/mL). IC_{50} được định nghĩa là lượng chất chống oxy hóa cần thiết để quét 50% gốc tự do trong hệ thống khảo nghiệm. Giá trị IC_{50} tỉ lệ nghịch với các hoạt tính chống oxy hóa.

2.3.4. Xác định màu sắc

Màu sắc của bột đậu nành nảy mầm được đo bằng máy đo màu Konika Minolta CR-20. Kết quả thể hiện qua hệ màu L, a, b. Độ khác biệt màu sắc ΔE so với mẫu đối chứng không nảy mầm được tính theo công thức:

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

Trong đó: L_0 , a_0 , b_0 và giá trị màu của mẫu đối chứng không nảy mầm và L, a, b là giá trị màu của mẫu cần so sánh.

2.3.5. Đánh giá cảm quan sản phẩm

Mười cảm quan viên được đào tạo và thảo luận nhóm để phát triển hồ sơ cảm quan của sản phẩm dựa theo bảng thuộc tính của sản phẩm bột đậu nành bổ sung yến [15] và cuối cùng đạt được sự đồng thuận về thuật ngữ thích hợp cho các

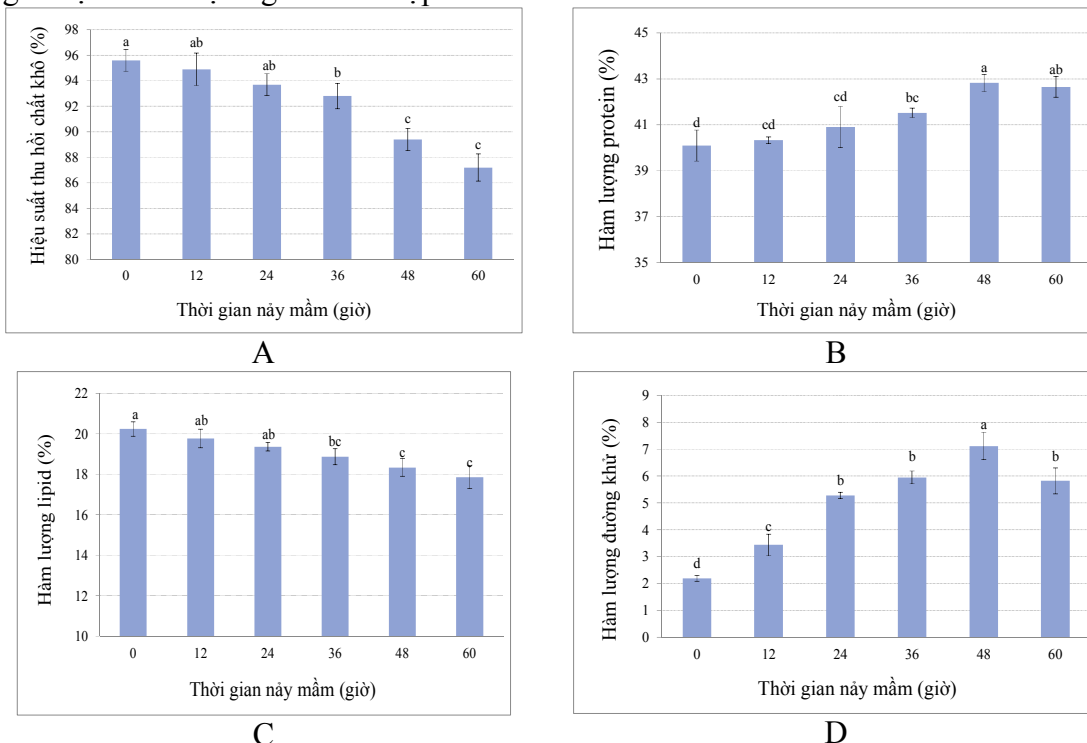
thuộc tính cảm quan sẽ được sử dụng trong QDA. Các cảm quan viên sử dụng thang đo cường độ từ 0 điểm (không xuất hiện thuộc tính) đến 5 điểm (thuộc tính xuất hiện cực độ) để chấm điểm mức độ xuất hiện các thuộc tính cảm quan. Sản phẩm được đánh giá 12 thuộc tính cảm quan về màu sắc, trạng thái (màu vàng nâu, màu sắc lạ, trạng thái vón cục, độ tách dầu), mùi thơm (đậu nành, mùi nấu, mùi bột cũ, mùi ôi), vị (vị đậu, vị chát và vị khét đắng). Chất lượng tổng thể của sản phẩm cũng được ghi nhận theo thang điểm từ 0 - 5 từ kém đến tốt. Điểm số của mỗi thuộc tính cảm quan và chất lượng tổng thể được phân tích thành phần chính (PCA).

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Xử lý thống kê số liệu theo phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) và phân tích thành phần chính (PCA). Chương trình phần mềm hỗ trợ xử lý số liệu và vẽ đồ thị: Statgraphics Centurion XVI.I và Microsoft Excel 2007.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của thời gian nảy mầm đến hiệu suất thu hồi chất khô và thành phần dinh dưỡng của bột đậu nành



Hình 1. Ảnh hưởng của thời gian nảy mầm đến hiệu suất thu hồi chất khô (A) và thành phần dinh dưỡng của bột đậu nành nảy mầm: Protein (B), lipid (C), đường khử (D)

Ghi chú: Kết quả thể hiện qua giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn, các giá trị có chữ cái viết phía trên các cột khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Hiệu suất thu hồi chất khô sau quá trình nảy mầm và hàm lượng protein, lipid và đường khử trong bột đậu nành được trình bày trong hình 1.

Hình 1.A cho thấy sự giảm chất khô bắt đầu từ quá trình ngâm do các chất tan hòa tan vào nước ngâm (khoảng trên 4%). Quá trình nảy mầm tiếp tục làm giảm đáng kể chất khô trong đậu nành, đến 60 giờ hiệu suất thu hồi chất khô còn khoảng 87,2%. Quá trình nảy mầm làm tăng hàm lượng protein, sau 36 giờ sự gia tăng hàm lượng protein có ý nghĩa thống kê (Hình 1.B). Sự gia tăng hàm lượng protein trong quá trình nảy mầm cũng được xác nhận theo kết quả nghiên cứu của Uppal và Bains (2012) [16] trên đậu xanh, đậu gà và đậu đũa. Sự gia tăng hàm lượng protein trong quá trình nảy mầm được cho là do sự mất chất khô, chủ yếu là carbohydrate tham gia vào quá trình hô hấp của hạt [16]. Một ý kiến khác cho rằng, gia tăng protein là do sự sản sinh các axit amin cụ thể trong quá trình tổng hợp protein [17]. Hàm lượng lipid giảm có ý nghĩa thống kê sau 36 giờ nảy mầm (Hình 1.C). Nghiên cứu của Inyang và Zakari (2008) [18] cho rằng, quá trình nảy mầm dẫn đến sự gia tăng hoạt động của các enzyme phân giải lipid, thủy phân lipid thành axit béo và glycerol, dẫn đến giảm lượng lipid. Sự nảy mầm cũng tăng cường quá trình thủy phân các hợp chất hữu cơ phức tạp không tan trong hạt và tạo thành các hợp chất hữu cơ đơn giản hơn, tan trong nước. Ngoài ra, năng lượng sử dụng cho quá trình hô hấp trong khi nảy mầm một phần đến từ sự phân hủy lipid [19]. Nghiên cứu của Ahmadzadeh và Prakash (2007) [20] đã công bố hàm lượng lipid trong một số loại hạt họ đậu giảm rõ rệt sau khi nảy mầm và giải thích rằng, lipid được sử dụng làm nguồn năng lượng trong quá trình nảy mầm hạt. Hàm lượng đường khử trong hạt tăng rõ rệt trong quá trình nảy mầm, sự tăng đường khử bắt đầu có ý nghĩa sau 12 giờ và

tiếp tục tăng đến 48 giờ (Hình 1.D). Theo Duong và cs (2018) [21], quá trình nảy mầm làm giảm đáng kể lượng oligosaccharide, chủ yếu do hoạt tính của α -galactosidase trong hạt đậu nành được kích hoạt trong quá trình ngâm và nảy mầm. Sự thủy phân các oligosaccharide dẫn đến sự gia tăng đường khử được sử dụng làm nguồn năng lượng cho sự phát triển của cây con. Do đó, nảy mầm đến 60 giờ đường khử trong hạt giảm trở lại do lượng đường khử vừa được hình thành trong hạt được chuyển đến phôi cung cấp năng lượng cho sự sinh trưởng mới.

3.2. Ảnh hưởng của thời gian nảy mầm đến màu sắc của bột đậu nành

Sự thay đổi màu sắc (biểu thị bằng các giá trị L, a và b) của bột đậu nành nảy mầm được trình bày trong bảng 1. Màu sắc là một trong những thuộc tính quan trọng nhất của thực phẩm vì ảnh hưởng đến sự chấp nhận của người tiêu dùng. Kết quả cho thấy, khi thời gian nảy mầm tăng, độ sáng (L) của bột đậu nành nảy mầm giảm từ 68,2 xuống 55,8, tương tự như kết quả nghiên cứu của Sobowale và cs (2025) [22], cho rằng quá trình nảy mầm làm giảm đáng kể giá trị L của bột đậu nành (*Cajanus cajan*). Giá trị âm quan sát được đối với sắc đỏ (a) khi hạt nảy mầm từ 24 giờ trở đi, cho thấy khuynh hướng bột có màu xanh lục, tiêu biểu cho sự xuất hiện của mầm, đồng thời kết quả quan sát thấy rằng, quá trình nảy mầm làm tăng giá trị b (biểu thị mức độ vàng) của bột đậu nành từ 11,8 lên 23,8. Kết quả nghiên cứu của Tian và cs (2010) [23] cho rằng, sự giảm giá trị L và tăng giá trị b trong bột nảy mầm là do sự hình thành tinh bột và protein, cùng với phản ứng Maillard giữa hai thành phần này trong quá trình sấy bột. Sự giảm độ sáng L và tăng màu vàng của giá trị b dẫn đến sự gia tăng độ khác biệt màu (ΔE) của các mẫu bột đậu nành nảy mầm so với mẫu bột đậu nành không nảy mầm (Bảng 1).

Bảng 1. Biến đổi màu sắc của các mẫu bột đậu nành nảy mầm

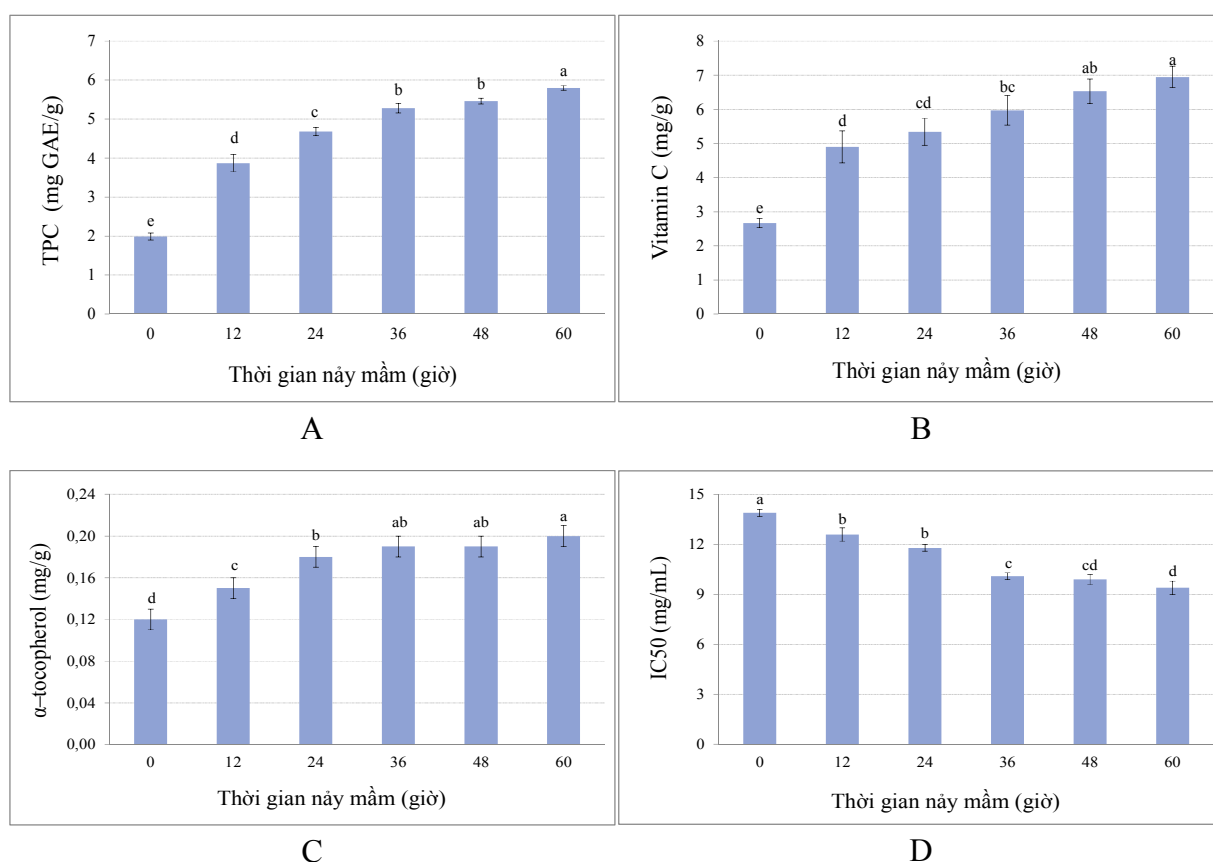
Thời gian nảy mầm (giờ)	L	a	b	ΔE
0	68,2 $\pm$ 3,8 ^a	1,0 $\pm$ 0,7 ^a	11,8 $\pm$ 2,4 ^c	0,0 $\pm$ 0,0 ^d
12	66,4 $\pm$ 4,9 ^a	1,6 $\pm$ 0,9 ^a	10,4 $\pm$ 1,9 ^c	4,8 $\pm$ 2,7 ^c
24	64,2 $\pm$ 6,1 ^a	-0,8 $\pm$ 0,8 ^b	18,8 $\pm$ 3,9 ^b	10,4 $\pm$ 1,6 ^b
36	63,4 $\pm$ 3,9 ^a	-0,6 $\pm$ 0,5 ^b	19,8 $\pm$ 1,5 ^b	9,9 $\pm$ 2,5 ^b
48	56,2 $\pm$ 3,3 ^b	-0,4 $\pm$ 0,5 ^b	20,6 $\pm$ 1,3 ^b	15,0 $\pm$ 3,3 ^a
60	55,8 $\pm$ 4,9 ^b	-1,2 $\pm$ 0,8 ^b	23,8 $\pm$ 1,9 ^a	17,7 $\pm$ 4,0 ^a

Ghi chú: Kết quả thể hiện qua giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn, các giá trị có chữ cái viết phía trên khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.3. Ảnh hưởng của thời gian nảy mầm đến các chất chống oxy hóa trong bột đậu nành

Các thành phần tham gia vào khả năng chống oxy hóa của đậu nành gồm hợp chất polyphenol, vitamin C và α -tocopherol (vitamin E). Sự thay đổi các thành phần này cùng với khả năng chống oxy hóa (IC_{50}) trong bột đậu nành trong quá trình nảy mầm được thể hiện ở hình 2. Kết quả cho thấy, nảy mầm làm gia tăng TPC, hàm lượng vitamin C, α -tocopherol và khả năng chống oxy hóa trong bột đậu nành. Theo Cevallos-Casals và Cisneros-Zevallos (2010) [6], quá trình nảy mầm hạt làm gia tăng các hợp chất có hoạt tính

sinh học bao gồm hợp chất polyphenol. Trong nghiên cứu này, TPC bột đậu nành có xu hướng đạt giá trị cực đại khi đậu nành nảy mầm trong 60 giờ (Hình 2.A). Nhiều kết quả nghiên cứu trước đã công bố hàm lượng polyphenol tăng phụ thuộc vào thời gian nảy mầm. Ví dụ, TPC gia tăng từ 1.341,1 mg GAE/100 g chất khô trong hạt đậu lăng đến giá trị cực đại 1.630,2 mg GAE/100 g chất khô sau ngày thứ 5 của quá trình nảy mầm [24]. Sự gia tăng TPC trong quá trình nảy mầm bởi sự sinh tổng hợp và tích tụ sinh học của các hợp chất polyphenol như cơ chế phòng vệ đối với các tác động từ môi trường [25].



Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian nảy mầm đến: TPC (A), vitamin C (B), α -tocopherol (C) và giá trị IC_{50} (D) của các mẫu bột đậu nành nảy mầm

Ghi chú: Kết quả thể hiện qua giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn, các giá trị có chữ cái viết phía trên các cột khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Hàm lượng vitamin C trong bột đậu nành tăng có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) trong quá trình nảy mầm và đạt giá trị tối đa trong khoảng thời gian nảy mầm từ 48 - 60 giờ (Hình 2.B). Nhiều nghiên cứu đã công bố rằng, quá trình nảy mầm làm tăng hàm lượng vitamin C trong hạt họ đậu [26, 27]. Hàm lượng vitamin C của đậu nành tăng 91,3% sau khi nảy mầm 3 ngày [26]. Hàm

lượng vitamin C không được tìm thấy trong hạt đậu xanh và đậu gà, nhưng nó hiện diện với hàm lượng 37,0 và 20,0 mg/100 g, tương ứng trong đậu xanh và đậu gà sau 120 giờ nảy mầm [27]. Theo Davey và cs (2000) [28], sự khác biệt khả năng sinh tổng hợp vitamin C trong quá trình nảy mầm bị ảnh hưởng bởi loại hạt, độ chín, điều kiện khí hậu, điều kiện ánh sáng, phương pháp thu

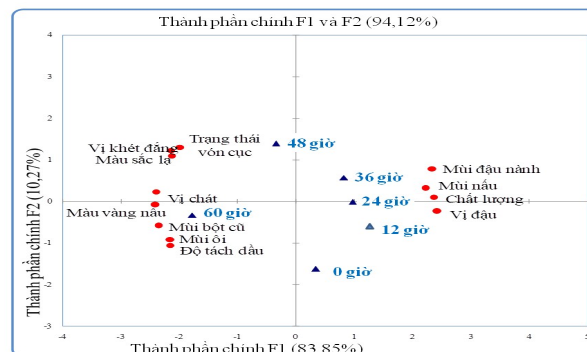
hoạch và bảo quản hạt. Sự tích tụ vitamin C trong quá trình nảy mầm có thể do bởi sự hoạt hóa của enzyme L-Galactono- γ -lactone dehydrogenase liên quan đến sự oxy hóa L-galactono-1, 4-lactone tạo thành axit ascorbic (vitamin C). Enzyme này tăng hoạt tính trong quá trình nảy mầm của hạt [29].

Hàm lượng α -tocopherol trong bột đậu nành gia tăng theo thời gian nảy mầm và đạt giá trị tối đa sau khoảng thời gian nảy mầm từ 36 - 60 giờ (Hình 3.C). Gia tăng hàm lượng α -tocopherol trong quá trình nảy mầm cũng được công bố bởi Kou và Zhou (2016) [30] trên đậu xanh, đậu nành và đậu đen; bởi Vasantharuba và cs (2007) [31] trên đậu nành. Theo Vasantharuba và cs (2007) [31], sự gia tăng hàm lượng α -tocopherol trong quá trình nảy mầm có thể do bởi sự gia tăng hoạt tính enzyme lipoxygenase trong hạt.

Hoạt tính chống oxy hóa của bột đậu nành nảy mầm thể hiện qua giá trị IC_{50} và được minh họa ở đồ thị hình 2.D. Bột đậu nành nảy mầm thể hiện khả năng chống oxy hóa khá cao và giá trị IC_{50} của bột đạt giá trị cực tiểu (tức khả năng chống oxy hóa cực đại), tương ứng với sản phẩm bột đậu nành nảy mầm sau 60 giờ (Hình 2.D). Sự gia tăng khả năng chống oxy hóa trong bột đậu nành nảy mầm là kết quả từ sự sinh tổng hợp các hợp chất polyphenol và vitamin C trong quá trình nảy mầm.

Nhiều nghiên cứu đã tìm thấy có mối tương quan giữa khả năng loại gốc tự do và TPC [32 - 34]. Trong nghiên cứu này, TPC tương quan nghịch biến với giá trị IC_{50} với giá trị $R^2 = 0,922$. Nghiên cứu của Giannakoula và cs (2012) [34] đã công bố TPC trong hạt đậu lăng tương quan ý nghĩa thống kê với tổng khả năng chống oxy hóa của hạt ($R^2 = 0,99$). Bên cạnh đó, trong nghiên cứu này cũng cho thấy vitamin C góp phần vào hoạt tính chống oxy hóa của bột đậu nành nảy mầm, thể hiện qua mối tương quan nghịch với IC_{50} ($R^2 = 0,917$). Có mối tương quan thuận giữa hoạt tính chống oxy hóa và hàm lượng polyphenol và vitamin C trong các chiết xuất từ các giống kiwi khác nhau ($R^2 \geq 0,712$, $p < 0,05$) [35]. Giá trị TPC và khả năng chống oxy hóa cao trong bột đậu nành nảy mầm là một kết quả rất khả quan làm tiền đề cho việc sử dụng sản phẩm trong khẩu phần ăn uống hàng ngày cho con người.

3.4. Ảnh hưởng của thời gian nảy mầm đến chất lượng cảm quan sản phẩm bột đậu nành nảy mầm



Hình 3. Biểu đồ thể hiện sự tương quan giữa các thuộc tính cảm quan của sản phẩm bột đậu nành theo thời gian nảy mầm

Kết quả phân tích thành phần chính PCA các thuộc tính cảm quan của sản phẩm được thể hiện ở hình 3. Kết quả phân tích các thuộc tính sản phẩm trên cho thấy, các thuộc tính thể hiện chất lượng sản phẩm như mùi đậu nành, vị đậu nành gần điểm chất lượng chung, các thuộc tính thể hiện chất lượng này chủ yếu nằm về phía chiều dương của trục thành phần thứ nhất. Trong vùng này hiện diện sản phẩm bột đậu nành có thời gian nảy mầm 0 giờ, 12 giờ, 24 giờ và 36 giờ, nên các mẫu sản phẩm này thể hiện chất lượng cảm quan tốt. Ngược lại, các thuộc tính làm giảm chất lượng sản phẩm như: Mùi bột cũ, mùi ôi, màu vàng nâu, vị khét đắng, vị chát, màu sắc lạ, trạng thái vón cục nằm xa điểm chất lượng. Các thuộc tính này có khuynh hướng nằm về phía chiều âm của trục thành phần thứ nhất. Các mẫu sản phẩm còn lại (nảy mầm ở 48 giờ và 60 giờ) nằm trong vùng này nên có chất lượng cảm quan kém. Kết quả đo màu đã thảo luận ở trên cho thấy, sản phẩm với thời gian nảy mầm 48 và 60 giờ thể hiện màu sắc sậm rõ và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các sản phẩm còn lại.

Sản phẩm bột đậu nành không nảy mầm (0 giờ), nảy mầm trong 12 giờ và 24 giờ có hàm lượng protein, polyphenol, khả năng quét gốc tự do DPPH, vitamin C và vitamin E không cao, dinh dưỡng thấp hơn so với ba sản phẩm còn lại. Sản phẩm bột đậu nành nảy mầm 48 và 60 giờ do thời gian nảy mầm quá dài nên hai mẫu sản phẩm ở 48 và 60 giờ có chất lượng kém hơn. Thời gian càng dài tỉ lệ hư hỏng càng cao do các phản ứng phân hủy và thủy phân một số chất dinh dưỡng do

enzyme và một số vi sinh vật gây ra trong đậu nành làm phát ra mùi ôi gây khó chịu, không thích hợp để chế biến sản phẩm sữa đậu nành. Mặt khác, hiệu quả về kinh tế không cao do tỉ lệ hư hỏng nhiều. Do đó, sản phẩm bột đậu nành nảy mầm ở 36 giờ được chọn làm sản phẩm bột đậu nành nảy mầm chức năng đáp ứng nhu cầu về thực phẩm dinh dưỡng của người tiêu dùng hiện nay. Kết quả nghiên cứu này cũng tương tự như kết quả nghiên cứu của Cornejo và Rosell (2015) [36], cho thấy gạo lứt nảy mầm sau 48 giờ sẽ làm giảm chất lượng của bột mì và bánh mì không chứa gluten.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã chứng minh tác động của quá trình nảy mầm đối với sự thay đổi thành phần dinh dưỡng, hoạt tính chống oxy hóa và chất lượng cảm quan của sản phẩm bột đậu nành. Kết quả cho thấy, quá trình nảy mầm đã nâng cao giá trị dinh dưỡng cho hạt, thông qua sự gia tăng hàm lượng protein và giảm hàm lượng lipid. Các hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa (hợp chất phenolic, vitamin C, α -tocopherol) và hoạt tính chống oxy hóa của bột đậu nành gia tăng sau quá trình nảy mầm. Ngoài ra, các đặc tính màu sắc của bột đậu nành bị ảnh hưởng tích cực bởi thời gian nảy mầm. Nhìn chung, nghiên cứu này nhấn mạnh tiềm năng đầy hứa hẹn của bột đậu nành nảy mầm như một nguồn thực phẩm giàu dinh dưỡng bền vững trong việc giải quyết tình trạng suy dinh dưỡng protein-năng lượng và tính linh hoạt của nó trong việc phát triển các sản phẩm thực phẩm dinh dưỡng và giàu hoạt tính chống oxy hóa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Huang, X., Cai, W. & Xu, B. (2014). Kinetic changes of nutrients and antioxidant capacities of germinated soybean (*Glycine max* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.) with germination time. *Food Chemistry*, 143, 268 - 276.
- [2]. Cho, S. Y., Lee, Y. N. & Park, H. J. (2009). Optimization of ethanol extraction and further purification of isoflavones from soybean sprout cotyledon. *Food Chemistry*, 117(2): 312 - 317.
- [3]. Kumar, V., Rani, A., Pandey, V. & Chauhan, G. (2006). Changes in lipooxygenase isozymes and trypsin inhibitor activity in soybean during germination at different temperatures. *Food Chemistry*, 99(3): 563 - 568.
- [4]. Reddy, N., Sathe, S. & Salunkhe, D. (1982). Phytates in legumes and cereals. *Advances in Food Research*, 28, 1 - 92.
- [5]. Guo, X., Li, T., Tang, K. & Liu, R. H. (2012). Effect of germination on phytochemical profiles and antioxidant activity of mung bean sprouts (*Vigna radiata*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(44): 11050 - 11055.
- [6]. Cevallos-Casals, B. A. & Cisneros-Zevallos, L. (2010). Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species. *Food Chemistry*, 119(4): 1485 - 1490.
- [7]. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 10788:2015. Malt - Xác định độ ẩm - Phương pháp khối lượng.
- [8]. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8125:2015 (ISO 20483:2013). Ngũ cốc và đậu đỗ - Xác định hàm lượng nitơ và tính hàm lượng protein thô - Phương pháp Kjeldahl.
- [9]. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 10730:2015. Sản phẩm cacao - Xác định hàm lượng chất béo - Phương pháp chiết Soxhlet.
- [10]. Mao, C., He, G., Du, X., Cui, M. & Gao, S. (2013). Biochemical changes in the fermentation of the soy sauce prepared with bitter melon. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(2): 144 - 147.
- [11]. Jiang, S., Cai, W. & Xu, B. (2013). Food quality improvement of soy milk made from short-time germinated soybeans. *Foods*, 2(2): 198 - 212.
- [12]. Mussa, S. B. & Sharaa, I. (2014). Analysis of vitamin C (ascorbic acid) contents packed fruit juice by UV-spectrophotometry and redox titration methods. *IOSR Journal of Applied Physics*, 6(5): 46 - 52.
- [12]. Rutkowski, M. & Grzegorzczak, K. (2007). Modifications of spectrophotometric methods for antioxidative vitamins determination convenient in analytic practice. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6(3): 17 - 28.
- [14]. Liu, J., Wang, C., Wang, Z., Zhang, C., Lu, S. & Liu, J. (2011). The antioxidant and

free-radical scavenging activities of extract and fractions from corn silk (*Zea mays* L.) and related flavone glycosides. *Food Chemistry*, 126(1): 261 -269.

[15]. Mohd-Kasim, Z., Zubairi, S., Aris, H. & Babji, A. (2023). Antioxidant capacity and sensory quality of soy-based powder drink mix enriched with functional hydrolysates of swiftlet (*Aerodramus fuciphagus*). *Arabian Journal of Chemistry*, 16, 104553.

[16]. Uppal, V. & Bains, K. (2012). Effect of germination periods and hydrothermal treatments on in vitro protein and starch digestibility of germinated legumes. *Journal of Food Science and Technology (Mysore)*, 49(2): 184-191.

[17]. Chauhan, A., Kumari, N. & Saxena, D. (2022). Effect of germination on fatty acid profile, amino acid profile and minerals of amaranth (*Amaranthus* spp.) grain. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16, 1 - 10.

[18]. Inyang, C. & Zakari, U. (2008). Effect of germination and fermentation of pearl millet on proximate, chemical and sensory properties of instant "Fura" - A Nigerian cereal food. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7(1): 9 - 12.

[19]. El-Adawy, T. A. (2002). Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination. *Plant Foods Hum Nutr*, 57(1): 83 - 97.

[20]. Ahmadzadeh G. R. & Prakash, J. (2007). The impact of germination and dehulling on nutrients antinutrients *in vitro* iron and calcium bioavailability and *in vitro* starch and protein digestibility of some legume seed. *LWT - Food Science and Technology*, 40, 1292 - 1299.

[21]. Duong, T. P. L., Phan, T. B. T., Trang, S. T. & Ha, T. T. (2018). Changes in α -galactosidase activity and oligosaccharides during germination of soybean seeds. *CTU Journal of Innovation and Sustainable Development*, 54(Special issue on Agriculture): 8 - 15.

[22]. Sobowale, S. S., Olatunji, B. F. & Fayemi, O. E. (2025). Effect of germination and subsequent fermentation period on the functional, color, and antinutrients of pigeon pea (*Cajanus*

cajan) flour and its structural parts. *Food Science & Nutrition*, 13(8): e70750.

[23]. Tian, B., Xie, B., Shi, J., Wu, J., Cai, Y., Xu, T., Xue, S. & Deng, Q. (2010). Physicochemical changes of oat seeds during germination. *Food Chemistry*, 119, 1195 - 1200.

[24]. Fouad, A. A. & Rehab, F. A. (2015). Effect of germination time on proximate analysis, bioactive compounds and antioxidant activity of lentil (*Lens culinaris Medik.*) sprouts. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 14(3): 233 - 246.

[25]. Randhir, R., Lin, Y.-T. & Shetty, K. (2004). Stimulation of phenolics, antioxidant and antimicrobial activities in dark germinated mung bean sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors. *Process Biochemistry*, 39(5): 637 - 646.

[26]. Ahmad, S. & Pathak, D. (2000). Nutritional changes in soybean during germination. *Journal of Food Science and Technology*, 37(6): 665 - 666.

[27]. Masood, T., Shah, H. & Zeb, A. (2014). Effect of sprouting time on proximate composition and ascorbic acid level of Mung bean (*Vigna radiata* L.) and Chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 24, 850 - 859.

[28]. Davey, M. W., Montagu, M. V., Inzé, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., Benzie, I. J. J., Strain, J. J., Favell, D. & Fletcher, J. (2000). Plant L-ascorbic acid: Chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7): 825 - 860.

[29]. Xu, M. J., Dong, J. F. & Zhu, M. Y. (2005). Effects of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybean sprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(6): 943 - 947.

[30]. Kou, X. & Zhou, F. (2016). Bioactive compounds and antioxidant activity of mung bean (*Vigna radiata* L.), soybean (*Glycine max* L.) and black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during the germination process. *Czech Journal Food Science*, 34(1): 68 - 78.

[31]. Vasantharuba, S., Wijesinghe, D. & Sivakanesan, R. (2007). Changes in vitamin E

and essential fatty acid contents and their interrelationship in soybean (*Glycine max* L. Merr.) seeds during germination and storage. *Tropical Agricultural Research*, 19, 119 - 127.

[32]. Gao, H., Cheng, N., Zhou, J., Wang, B., Deng, J. & Cao, W. (2014). Antioxidant activities and phenolic compounds of date plum persimmon (*Diospyros lotus* L.) fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 51(5): 950 - 956.

[33]. Arabshahi-Delouee, S. & Urooj, A. (2007). Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L.) leaves. *Food Chemistry*, 102(4): 1233 - 1240.

[34]. Giannakoula, A. E., Ilias, I. F., Maksimović, J. J. D., Maksimović, V. M. & Živanović, B. D. (2012). The effects of plant

growth regulators on growth, yield, and phenolic profile of lentil plants. *Journal of Food Composition and Analysis*, 28(1): 46 - 53.

[35]. Zuo, L.-L., Wang, Z.-Y., Fan, Z.-L., Tian, S.-Q. & Liu, J.-R. (2012). Evaluation of antioxidant and antiproliferative properties of three actinidia (*Actinidia kolomikta*, *Actinidia arguta*, *Actinidia chinensis*) extracts *in vitro*. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(5): 5506 - 5518.

[36]. Cornejo, F. & Rosell, C. (2015). Influence of germination time of brown rice in relation to flour and gluten free bread quality. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10): 6591 - 6598.

EFFECT OF GERMINATION TIME ON NUTRITIONAL COMPOSITION, ANTIOXIDANT ACTIVITY AND SENSORY QUALITY OF SOYBEAN (*Glycine max* (L.) Merrill) POWDER

Duong Thi Phuong Lien¹, Tran Minh Phuc², Ha Thanh Toan¹

¹Cantho University

²Vinh Long University of Technology Education

Abstract

This study assessed the impact of germination on the nutritional composition, antioxidant compounds and sensory quality of soybean flour. Germination was conducted at 25°C in darkness for 0, 12, 24, 36, 48, 60 hours. The results showed that germination significantly increased protein content while reducing lipid content. Antioxidant compounds, including vitamin C, α -tocopherol and phenolic compounds, increased markedly with germination time, leading to enhanced antioxidant activity, as evidenced by a substantial decrease in the IC₅₀ value of soybean flour during germination. The sensory quality of soybean flour was also influenced by germination duration. Germination for up to 36 hours maintained acceptable sensory quality for the product and was therefore considered the suitable germination time for producing germinated soybean flour. Soybean flour germinated for 36 hours contained 41.52% protein, 18.87% lipid and 5.95% reducing sugars, with a dry matter recovery yield of 92.8%. The finished product exhibited vitamin C, α -tocopherol and phenolic contents of 5.97 mg/g, 0.19 mg/g and 5.28 mg GAE/g, respectively, along with an IC₅₀ value of 10.1 mg/mL. Overall, germination improved the nutritional value and antioxidant activity of soybean flour, supporting its potential incorporation into protein-rich and bioactive food products.

Keywords: Soybean, sprouting, antioxidant activity, phenolic compounds, vitamin C.

Ngày nhận bài: 20/01/2026

Ngày chuyển phản biện: 02/02/2026

Ngày thông qua phản biện: 26/02/2026

Ngày duyệt đăng: 18/3/2026