



DOI:10.22144/ctujos.2025.016

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ VÀ THỜI GIAN GIỮ NHIỆT TẠO ĐÔNG ĐẾN SỰ THAY ĐỔI TÍNH CHẤT CƠ LÝ VÀ THÀNH PHẦN DINH DƯỠNG CỦA ĐẬU HŨ BỔ SUNG KHOAI LANG TÍM

Trần Minh Phúc^{1,2}, Nguyễn Trí Yên Chi², Nguyễn Thị Thu Hương², Dương Thị Phương Liên¹ và Hà Thanh Toàn^{1*}

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

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

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): httoan@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 17/07/2024

Sửa bài (Revised): 12/08/2024

Duyệt đăng (Accepted): 10/11/2024

Title: Effects of temperature and holding time on physicochemical properties and nutritional composition of purple tofu

Author(s): Tran Minh Phuc^{1,2}, Nguyen Tri Yen Chi², Nguyen Thi Thu Huong², Duong Thi Phuong Lien¹ and Ha Thanh Toan^{1*}

Affiliation(s): ¹Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University, Viet Nam; ²Faculty of Applied Biological Sciences, Vinh Long University of Technology Education, Viet Nam

TÓM TẮT

Nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt tạo đông là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm đậu hũ bổ sung khoai lang tím (đậu hũ tím). Mục tiêu của nghiên cứu là khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ tạo đông (80, 90 và 100°C) với các khoảng thời gian giữ nhiệt (5, 10, 15, và 20 phút) thông qua sự thay đổi các chỉ tiêu cơ lý (khả năng giữ nước, độ cứng và hiệu suất thu hồi), thành phần các chất dinh dưỡng cơ bản (độ ẩm, hàm lượng protein tổng và lipid tổng) và sự thay đổi màu sắc của sản phẩm thông qua các giá trị màu sắc (L^* , a^* , và b^*). Kết quả nghiên cứu cho thấy đậu hũ được tạo đông ở nhiệt độ 90°C trong thời gian 15 phút là phù hợp cho quá trình kết tủa tạo đông đối với đậu hũ tím với các kết quả bao gồm tính chất cơ lý (khả năng giữ nước (5,51 g nước/g protein), độ cứng (14,38 N), hiệu suất thu hồi (283,19%), các chất dinh dưỡng (độ ẩm (76,28%), hàm lượng protein tổng (13,76%), lipid tổng (8,99%) và các giá trị màu sắc gồm L^* (66,70), a^* (7,01) và b^* (3,46).

Từ khóa: Đậu hũ, khả năng giữ nước, khoai lang tím, tạo đông

ABSTRACT

Temperature and holding time during coagulation are essential factors affecting the quality of tofu supplemented with purple sweet potato (purple tofu). The study was conducted to determine the effects of coagulation temperatures (80, 90, and 100°C) and holding times (5, 10, 15, and 20 minutes) on the changes in physicochemical properties (water-holding capacity, hardness, and yield), basic nutrient composition (moisture, total protein and total lipid content), and color changes of the product as indicated by color values (L^* , a^* , and b^*). The study results showed that tofu coagulated at 90°C for 15 minutes was suitable for the coagulation process of purple tofu, yielding the following properties: physicochemical characteristics (water-holding capacity (5.51 g water/g protein), hardness (14.38 N), recovery yield (283.19%), nutrient content (moisture (76.28%), total protein content (13.76%), total lipid content (8.99%), and color values (L^* (66.70), a^* (7.01), and b^* (3.46).

Keywords: Coagulants, purple sweet potato, tofu, water holding capacity

1. GIỚI THIỆU

Đậu hũ là sản phẩm được tạo ra từ quá trình kết tủa, tạo gel của protein dịch sữa đậu nành. Đây là sản phẩm lâu đời và được sử dụng phổ biến trên thế giới (Guo et al., 2018; Wang et al., 2020; Yang et al., 2020; Ali et al., 2021). Cơ chế kết tủa tạo đậu hũ thường được chia thành 2 loại chính, dựa trên tính chất của chất tạo đông bao gồm tạo liên kết ion và kết tủa tại điểm đẳng điện (Lu et al., 1980).

Sự đông tụ xảy ra là do liên kết chéo giữa protein và các cation hóa trị II. Quá trình kết tủa protein từ sữa đậu nành phụ thuộc vào nhiều yếu tố bao gồm nhiệt độ, thời gian tạo đông, pH và loại chất tạo đông (Hou & Chang, 2004; Jayasena et al., 2014). Thêm vào đó, điều kiện tạo đông cũng làm ảnh hưởng lớn đến hiệu suất thu hồi, chất lượng của đậu hũ cũng như các tính chất cơ lý của đậu hũ. Hiện nay, quá trình kết tủa đậu hũ có nhiều chất tạo đông khác nhau như nước chua, canxi clorua (CaCl_2), magiê clorua (MgCl_2), canxi sulphat (CaSO_4), đường nho (GDL - Glucono Delta Lactone). Mỗi chất tạo đông sẽ có điều kiện tạo đông khác nhau (Jayasena et al., 2014; Darmajana et al., 2020). Trong đó, MgCl_2 được sử dụng phổ biến trong sản xuất công nghiệp cả đậu hũ cứng và đậu hũ mềm (Arii & Takenaka, 2013). Theo Tran et al. (2024) cho rằng MgCl_2 ở nồng độ 0,2% (w/v) sẽ phù hợp với quá trình tạo đông của đậu hũ bổ sung khoai lang tím.

Nhằm làm mới sản phẩm, đa dạng các chất chống oxy hóa trong đậu hũ, dịch khoai lang tím được lựa chọn bổ sung vào quy trình sản xuất đậu hũ truyền thống (Tran et al., 2023). Quá trình kết tủa tạo đông là công đoạn quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng đậu hũ. Đối với nghiên cứu này, chất tạo đông được sử dụng là MgCl_2 dưới dạng thương mại (nigari) và tiến hành đông tụ đối với đậu hũ có bổ sung thêm dịch khoai lang tím. Chính vì vậy, việc nghiên cứu các điều kiện tạo đông phù hợp cho quy trình kết tủa đậu hũ tím đạt chất tốt nhất là cần thiết.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Đậu nành giống HLĐN 910 (hạt màu vàng sáng, rón hạt màu nâu nhạt, trọng lượng 100 hạt: 14,6-16,7 g) được thu mua tại Trung tâm Nghiên cứu thực nghiệm Nông nghiệp Hưng Lộc. Địa chỉ: Km 60, Quốc lộ 1A, ấp Hưng Long, xã Hưng Thịnh, huyện Trảng Bom, tỉnh Đồng Nai.

Khoai lang tím được thu mua tại Công ty TNHH MTV Thanh Bình Tân. Địa chỉ: Đường tỉnh 908, tổ 7, ấp Thành Thuận, xã Thành Trung, huyện Bình

Tân, tỉnh Vĩnh Long. Khoai lang tím được thu mua là loại được thu hoạch cùng với khoai xuất khẩu.

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. Quy trình chế biến

Đậu nành sau khi xử lý (loại bỏ các hạt không đủ điều kiện chế biến, loại bỏ sạn, đất,...) được rửa sạch và ngâm 6 giờ dưới vòi nước chảy tràn. Sau đó, đậu nành được xay với nước có tỉ lệ đậu : nước là 1:8 (w/v), thu được dịch sữa đậu nành và tiến hành gia nhiệt (100°C trong 15 phút) (Tran et al., 2023).

Khoai lang tím sau khi xử lý (loại bỏ các củ khoai bị sùng, thối,...) được hấp chín và xay mịn. Sau đó, khoai được phối trộn với nước theo tỉ lệ khoai : nước (1:2 w/v); lọc và thu được dịch trích khoai lang tím (Tran et al., 2023).

Dịch sữa đậu nành đã gia nhiệt và dịch khoai lang tím được phối trộn theo tỉ lệ (1:0,75), nâng nhiệt hỗn hợp đến nhiệt độ khảo sát (80, 90 và 100°C). Sau đó, nigari 0,2% (w/v) được dùng để đông tụ. Hỗn hợp được giữ trong bể ổn định nhiệt, thực hiện quá trình tạo đông với các mức thời gian theo khảo sát 5, 10, 15 và 20 phút).

Sau đó, nước được tách theo phương pháp ép khuôn (khuôn có kích thước $12 \times 10 \times 7$ 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 khoai lang tím (đậu hũ tím). Sản phẩm đậu hũ tím được phân tích các tính chất cơ lý (khả năng giữ nước, độ cứng và hiệu suất thu hồi), thành phần các chất dinh dưỡng cơ bản (độ ẩm, hàm lượng protein tổng và lipid tổng) và sự thay đổi màu sắc của sản phẩm thông qua các giá trị màu sắc (L^* , a^* và b^*). Khối lượng mỗi mẻ thí nghiệm khoảng 440 – 470 g/mẻ.

2.3. Phương pháp phân tích

Thành phần dinh dưỡng của đậu hũ được xác định bằng cách cân chính xác 5 g mẫu cho mỗi chỉ tiêu theo dõi và thực hiện theo phương pháp phân tích. Độ ẩm của đậu hũ được xác định bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi ở nhiệt độ 105°C (Ministry of Science and Technology, 2013). Hàm lượng protein tổng xác định bằng phương pháp Kjeldahl (Ministry of Science and Technology, 2015). Hàm lượng lipid tổng cũng được xác định theo phương pháp chiết Soxhlet (Ministry of Science and Technology, 2015).

Khả năng giữ nước của đậu hũ được xác định bằng cách cân 10 g đậu hũ vào ống fancel, ly tâm (Eppendorf centrifuge 5417R) ở tốc độ 9.000 vòng/phút trong thời gian 12 phút. Khả năng giữ nước của đậu hũ = (tổng gam nước của mẫu đậu hũ - số gam nước tách ra trong quá trình ly tâm)/hàm lượng protein của mẫu đậu hũ. Đơn vị tính là g nước/g protein (Khatib et al., 2002). Độ cứng được xác định bằng cách sử dụng thiết bị đo cấu trúc thực phẩm (TMS-PRO-Mỹ). Mẫu đậu hũ được cắt thành khối hình trụ, có đường kính 25 mm, chiều cao 15 mm, tốc độ di chuyển của đầu đo 100 mm/phút được cố định cho tất cả các mẫu. Kết quả được ghi nhận hoàn toàn tự động. Hiệu suất thu hồi được xác định là tỉ số giữa khối lượng đậu nành và khối lượng đậu hũ tươi (Zhang et al., 2016).

Giá trị màu sắc của mẫu được sử dụng máy đo màu cầm tay MiniScan EZ 4500L-USA để phân tích sự thay đổi về độ sáng và màu sắc của sản phẩm thông qua các thông số L^* , a^* và b^* . Tiến hành đo đặc ở 3 vị trí khác nhau tại 3 điểm (theo đường chéo miếng đậu hũ) cho cùng một mẫu trên mỗi lần đo. Kết quả đo là kết quả trung bình của 3 lần đo được hiển thị trên máy (Jayasena et al., 2014).

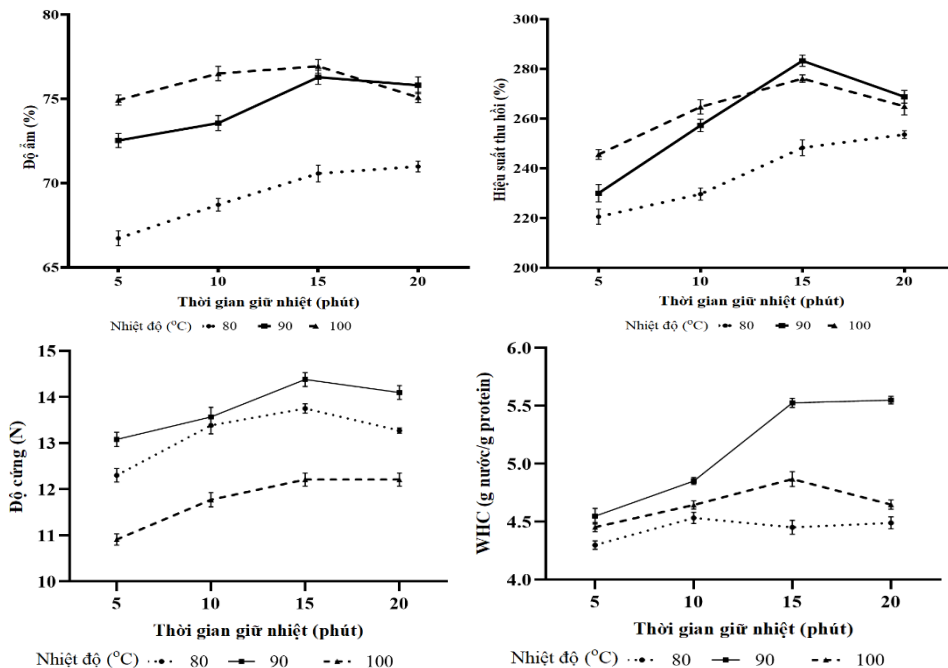
Tất cả các kết quả thực nghiệm được phân tích bằng phần mềm Statgraphics Centurion (phiên bản

15.2.11.0). Mỗi thí nghiệm được thực hiện 3 lần. Phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) với kiểm định LSD (Least Significant Difference) được sử dụng để xác định sự khác biệt ý nghĩa ($p < 0,05$) giữa các trung bình. Đồ thị được vẽ bằng phần mềm GraphPad Prism (GraphPad Software, LLC, US). Kết quả nghiên cứu được tính trên căn bản khô.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt tạo đông đến tính chất cơ lý của đậu hũ tím

Đậu hũ là một thực phẩm dạng gel, có hàm lượng nước cao, do đó sự hình thành đậu hũ là do đặc tính tạo gel của protein đậu nành (Zhang et al., 2018). Nhìn chung, hiệu suất thu hồi và chất lượng đậu hũ có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau, chẳng hạn như thành phần của hạt đậu nành (protein, lipid, đường, axit phytic và các thành phần hóa học khác), loại và nồng độ chất đông tụ, sự tương tác giữa dầu/protein và protein, hay nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt tạo đông (Ali et al., 2021). Tuy nhiên, khi bổ sung dịch khoai lang tím sẽ ảnh hưởng đến khả năng đông tụ protein của đậu nành do dịch khoai lang tím có thành phần hóa học khác xa so với dịch sữa đậu nành để đông tụ thành đậu hũ.



Hình 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt tạo đông đến tính chất cơ lý của đậu hũ tím

A: Độ ẩm; B: Hiệu suất thu hồi; C: Độ cứng; D: Khả năng giữ nước

Kết quả phân tích Hình 1.A cho thấy nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt tạo đông có ảnh hưởng rất lớn đến độ ẩm của khối đậu hũ tím. Cụ thể khi đậu hũ được tạo đông ở 80°C thì độ ẩm đạt thấp nhất (69,25%) và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với các nhiệt độ còn lại. Độ ẩm của khối đậu hũ tím có xu hướng tăng dần khi tăng nhiệt độ lần lượt là 90°C (74,54%) và cao nhất là 100°C (75,86%). Nguyên nhân là do khi sử dụng nigari ($MgCl_2$), ở nhiệt độ cao đa phần sẽ kết tủa các protein 11S (có trọng lượng phân tử lớn, khả năng giữ nước sẽ tốt) hơn so với ở mức nhiệt độ thấp hơn (Dzikunoo et al., 2015). Bên cạnh đó, năng lượng hoạt hóa của mạng lưới protein tăng cao dẫn đến mạng cấu trúc có xu hướng giãn ra, làm tăng khả năng giữ nước cho khối đông đậu hũ, đây là nguyên nhân chính làm cho độ ẩm của sản phẩm tăng khi gia tăng nhiệt độ (Chang, 2005). Tương tự nhiệt độ thì thời gian giữ nhiệt tạo đông cũng ảnh hưởng khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) đến độ ẩm đậu hũ tím giữa các mốc thời gian khác nhau. Cụ thể khi giữ tạo đông ở 5 phút, độ ẩm khối đậu hũ thấp nhất (71,39%) và khác biệt ý nghĩa thống kê so với các mốc thời gian khác lần lượt là 10 phút (72,92%), 15 phút (74,59%) và 20 phút (73,96%). Kết quả này cho thấy thời gian giữ nhiệt từ 5 đến 15 phút, độ ẩm của khối đậu hũ tím có xu hướng tăng nhưng nếu tiếp tục tăng nhiệt độ lên 20 phút tạo đông thì độ ẩm có xu hướng giảm do phải giữ ở nhiệt độ cao. Giai đoạn đầu của quá trình kết tủa chủ yếu là protein 7S, tính chất của dạng protein này là có trọng lượng phân tử thấp, giữ nước kém. Khi thời gian kéo dài thì lượng protein 11S sẽ nhiều hơn giữ nước tốt hơn. Tuy nhiên, thời gian quá dài sẽ gây nên sự biến tính mạnh mẽ, dẫn đến nước không giữ lại tốt trong lưới gel.

Hình 1.B thể hiện sự ảnh hưởng của điều kiện tạo đông đến hiệu suất thu hồi đậu hũ tím. Kết quả phân tích cho thấy đậu hũ tím tạo đông với nigari 0,2% (w/v) ở 90°C trong thời gian giữ nhiệt 15 phút thì hiệu suất thu hồi đạt cao nhất. Ngược lại, nếu đậu hũ tím được tạo đông ở 80°C trong 5 phút thì hiệu suất thu hồi đạt thấp nhất. Kết quả nghiên cứu này trùng khớp với nghiên cứu của Tripathi & Chandra (2013) khi nghiên cứu khả năng tạo đông của các loại muối khác nhau cho rằng đậu hũ được tạo đông với $MgCl_2$ ở 90°C sẽ cho hiệu suất cao hơn so với các loại muối khác. Bên cạnh đó, khi đậu hũ được tạo đông ở nhiệt độ thấp hơn 80°C và thời gian ngắn, protein đậu nành chưa biến tính hoàn toàn, chưa để lộ vùng kỵ nước và các nhóm sulfhydryl chính vì vậy mà quá trình kết tủa protein chưa tốt và làm giảm hiệu suất thu hồi sản phẩm (Lee & Rha, 1978). Murdia & Wadhwani (2010) cho thấy rằng sản

lượng đậu hũ tăng lên khi nhiệt độ đông tụ tăng từ 80°C đến 90°C. Tuy nhiên, nhiệt độ tăng thêm thì hiệu suất giảm. Điều này là do năng lượng hoạt hóa của protein ở nhiệt độ cao dẫn đến khả năng liên kết với nước thấp.

Độ cứng là đặc tính được đánh giá phổ biến nhất trong việc xác định cấu trúc của đậu hũ. Độ cứng được định nghĩa là lực cần thiết để đạt được một biến dạng nhất định (Mathare et al., 2009). Sự thay đổi độ cứng của đậu hũ theo nhiệt độ và thời gian đông tụ được thể hiện ở Hình 1.C. Kết quả phân tích cho thấy độ cứng của khối đậu hũ tím thấp nhất khi tạo đông ở 80°C (13,18 N). Độ cứng của khối đậu hũ có xu hướng tăng lên khi đông tụ ở 90°C (13,78 N) và giảm khi nhiệt độ lên đến 100°C (11,71 N). Đồng thời, khối đậu hũ tím có độ cứng thấp nhất khi quá trình đông tụ diễn ra trong 5 phút (12,09 N), và độ cứng có xu hướng tăng khi thời gian giữa nhiệt tạo đông tăng dần lên 10 phút (12,91 N), 15 phút (13,45 N). Tuy nhiên khi kéo thời gian giữ nhiệt tạo đông đến 20 phút, độ cứng của khối đậu hũ tím có xu hướng giảm (13,11 N). Kết quả nghiên cứu này phù hợp với nghiên cứu của Mathare et al. (2009), khi nhóm tác giả này nghiên cứu mô hình toán học cho quá trình đông tụ protein trong đậu hũ cho rằng độ cứng của đậu hũ sẽ tăng lên khi được đông tụ ở nhiệt độ từ 80 - 90°C, nhưng có xu hướng giảm xuống khi đông tụ ở 95°C. Nguyên nhân là do có sự thay đổi về trật tự sắp xếp giữa các phân tử protein trong đậu nành (Mathare et al., 2009).

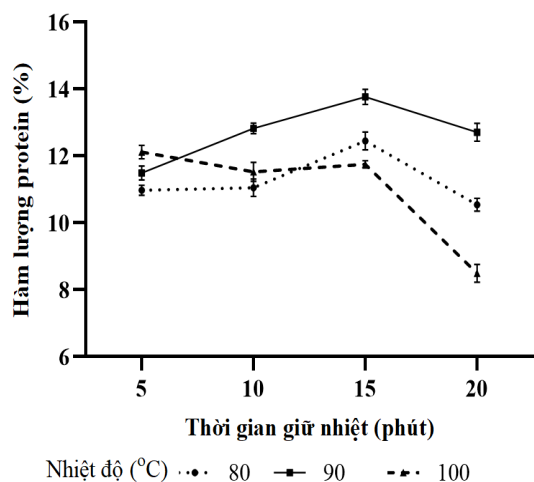
Khả năng giữ nước (WHC) của khối đậu hũ tím được thể hiện ở Hình 1.D cho thấy có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) giữa các khoảng nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt tạo đông khác nhau. Theo đó, khối đậu hũ tím được giữ ở 80°C trong thời gian 5 phút thì khả năng giữ nước kém nhất. Tuy nhiên nếu tăng dần nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt thì khả năng giữ nước sẽ được cải thiện và tăng dần. Ở 90°C và 15 phút thì khả năng đạt cao nhất. Nhưng nếu tiếp tục nâng nhiệt độ lên 100°C và thời gian giữ nhiệt đến 20 phút, khả năng giữ nước của khối đậu hũ tím có xu hướng giảm.

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt tạo đông đến thành phần dinh dưỡng của đậu hũ tím

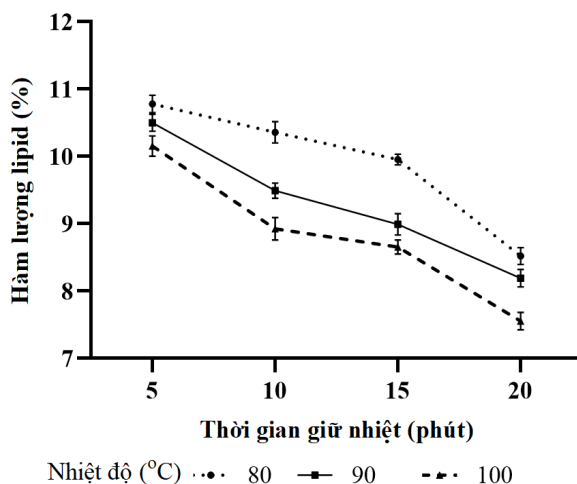
Nhiều nghiên cứu về đặc tính dinh dưỡng của đậu hũ cho thấy hàm lượng protein và lipid trong đậu hũ rất có lợi cho sức khỏe con người. Protein trong đậu hũ là protein thực vật hoàn chỉnh, chứa tất cả các acid amin thiết yếu mà cơ thể cần. Lipid trong đậu hũ chủ yếu là các acid béo không bão hòa, có vai trò quan trọng trong việc giảm nguy cơ mắc các bệnh

tim mạch bằng cách hạ cholesterol xấu và tăng cholesterol tốt (Anjum et al., 2023). Kết quả phân tích ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt tạo đông đến hàm lượng protein và lipid trong đậu hũ tím được thể hiện Hình 2.

Hàm lượng protein (Hình 2.A) giữa các mốc nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt trong quá trình tạo đông có sự khác biệt ý nghĩa thống kê. Kết quả phân tích Hình 2.A cho thấy, hàm lượng protein trong đậu hũ tím cao nhất khi tạo đông ở 90°C và có xu hướng giảm khi nhiệt độ tạo đông ở 100°C và 80°C. Bên cạnh đó, hàm lượng protein có xu hướng tăng theo thời gian giữ nhiệt từ 5 đến 15 phút và đạt cao nhất



ở 15 phút giữ nhiệt tạo đông. Tuy nhiên, nếu thời gian giữ nhiệt kéo dài đến 20 phút, hàm lượng protein có xu hướng giảm. Việc tăng nhiệt độ đông tụ có thể làm tăng năng lượng dao động và chuyển động quay của các protein hòa tan dẫn đến khả năng các protein va chạm và tổng hợp nhanh hơn dẫn đến gia tăng khối lượng phân tử protein. Bên cạnh đó, năng lượng dao động quá cao thu được từ ma trận protein ở nhiệt độ cao dẫn đến khả năng liên kết giữa protein bị tách ra nhau dẫn đến hao hụt khối lượng protein (Murdia & Wadhwani, 2010; Ingrid & Hananjaya, 2020). Điều này khẳng định rằng, nhiệt độ ảnh hưởng rất lớn đến hàm lượng protein trong sản phẩm đậu hũ tím.



Hình 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt tạo đông đến tính chất cơ lý của đậu hũ tím

A: Hàm lượng protein; B: Hàm lượng lipid

Hình 2.B thể hiện kết quả phân tích hàm lượng lipid trong khối đậu hũ tím. Kết quả trên cho thấy hàm lượng chất béo có xu hướng giảm theo thời gian giữ nhiệt tạo đông và nhiệt độ. Cụ thể, hàm lượng lipid cao nhất khi được đông tụ ở nhiệt độ 80°C và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nhiệt độ còn lại. Khi tăng nhiệt độ lên 90 - 100°C thì hàm lượng lipid trong đậu hũ tím có xu hướng giảm xuống lần lượt là 9,29 - 8,82%. Điều này cho thấy nhiệt độ có ảnh hưởng rất lớn đến hàm lượng lipid có trong đậu hũ tím. Tương tự nhiệt độ, thời gian giữ nhiệt tạo đông cũng ảnh hưởng đáng kể đến sự thay đổi hàm lượng chất béo. Kết quả phân tích hình 2.B cho thấy khi kéo dài thời gian giữ nhiệt tạo đông thì hàm lượng lipid có xu hướng giảm từ 5 đến 20 phút giữ nhiệt với hàm lượng chất béo tương đương là 10,47 - 8,08%. Nguyên nhân là do khi kéo dài thời gian tiếp xúc với nhiệt độ cao, một số hợp chất lipid có xu hướng bay hơi (Ikya et al., 2013).

3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt tạo đông đến sự thay đổi màu sắc của đậu hũ tím

Đậu hũ bổ sung khoai lang tím sẽ có màu tím đặc trưng. Chính vì vậy mà sự thay đổi màu sắc là một trong những yếu tố cần được theo dõi. Giá trị màu sắc của khối đậu hũ tím chịu ảnh hưởng bởi nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt tạo đông được trình bày ở Bảng 1.

Khi phân tích giá trị L^* thể hiện độ sáng của sản phẩm (- L : đen; + L : trắng) cho thấy trong cùng một mốc nhiệt độ, nếu thời gian tạo đông càng dài thì giá trị L^* có xu hướng tăng nghĩa là thời gian giữ nhiệt càng dài, màu của sản phẩm càng sáng. Bên cạnh đó khi so sánh cùng một mốc thời gian ở các nhiệt độ tạo đông khác nhau, khi khối đậu hũ được tạo đông ở 100°C có giá trị L^* lớn nhất nghĩa là ở 100°C thì khối đậu hũ tím sáng màu hơn so với các mốc nhiệt độ còn lại. Màu tím của sản phẩm thuộc nhóm màu

anthocyanin. Đặc điểm của nhóm màu này là dễ dàng bị biến đổi khi tiếp xúc với nhiệt độ cao, trong thời gian dài, có khả năng chuyển thành các hợp chất không màu, dẫn đến màu của sản phẩm nhạt hơn (Scibisz et al., 2012).

Giá trị a* thể hiện màu của sản phẩm từ xanh lá (-a) đến màu đỏ (+a). Kết quả phân tích Bảng 1 cho thấy ở 80°C, giá trị a* không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các khoảng thời gian giữ nhiệt tạo đông. Tuy nhiên, khi tăng nhiệt độ lên 90 và 100°C thì có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các khoảng thời gian giữ nhiệt nhưng sự khác biệt này không quá lớn giữa các khoảng thời gian.

Giá trị b* thể hiện màu của sản phẩm từ xanh dương (-b) đến vàng (+b). Giá trị b* không được thể hiện nhiều đối với sản phẩm đậu hũ tím. Tuy nhiên, khi nhiệt độ tạo đông ở 100°C thì giá trị b* thể hiện sự khác biệt rõ giữa các mốc thời gian. Điều này cho thấy nhiệt độ có ảnh hưởng rất lớn đến sự thay đổi màu tím của sản phẩm. Đối với sản phẩm đậu hũ bổ sung khoai lang tím thì độ màu của sản phẩm phụ thuộc chủ yếu vào màu tím. Sự thay đổi cường độ màu tím đối với sản phẩm làm thay đổi độ sáng và sẽ có sự thay đổi nhẹ ở giá trị a* (màu đỏ) và b* (màu vàng) nhưng không đặc trưng đối với 2 giá trị này.

Bảng 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt tạo đông đến sự thay đổi màu sắc đậu hũ tím

Nhiệt độ		Giá trị màu sắc	
80°C	L*	a*	b*
5	58,57 ± 0,90 ^{cC}	7,23 ± 0,54 ^{nsC}	3,60 ± 0,07 ^{aNS}
10	64,10 ± 0,78 ^{bB}	7,36 ± 0,38 ^{nsB}	3,61 ± 0,13 ^{aNS}
15	64,69 ± 1,36 ^{bC}	6,88 ± 0,07 ^{nsB}	3,70 ± 0,07 ^{aA}
20	69,74 ± 0,59 ^{aB}	7,09 ± 0,49 ^{nsB}	2,69 ± 0,14 ^{bB}
90°C			
5	62,27 ± 0,70 ^{rB}	7,44 ± 0,16 ^{oAB}	3,57 ± 0,07 ^{nsNS}
10	63,29 ± 0,33 ^{qB}	7,19 ± 0,27 ^{opB}	3,04 ± 0,61 ^{nsNS}
15	66,70 ± 0,86 ^{pB}	7,01 ± 0,27 ^{pB}	3,46 ± 0,53 ^{nsAB}
20	69,85 ± 0,43 ^{oB}	7,53 ± 0,11 ^{oB}	3,63 ± 0,01 ^{nsA}
100°C			
5	66,73 ± 0,70 ^{yA}	8,11 ± 0,49 ^{xA}	3,61 ± 0,08 ^{wNS}
10	66,74 ± 0,53 ^{yA}	8,86 ± 0,57 ^{wxA}	3,63 ± 0,19 ^{xNS}
15	69,06 ± 0,30 ^{xA}	8,82 ± 0,10 ^{wxA}	2,99 ± 0,14 ^{wB}
20	72,98 ± 1,08 ^{wA}	9,42 ± 0,67 ^{wA}	3,75 ± 0,16 ^{wA}

4. KẾT LUẬN

Nhiệt độ và thời gian giữ nhiệt tạo đông có ảnh hưởng lớn đến sự thay đổi chất lượng của khối đậu hũ tím. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi đậu hũ tím

được tạo đông ở 90°C trong thời gian giữ nhiệt 15 phút sẽ cho khối đậu hũ tím có chất lượng tốt nhất về tính chất cơ lý và giữ được giá trị dinh dưỡng cao đồng thời màu sắc đẹp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

Ali, F., Tian, K., & Wang, Z. X. (2021). Modern techniques efficacy on tofu processing: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 766-785. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.023>

Anjum, S., Agnihotri, V., Rana, S., Pandey, A., & Pande, V. (2023). The impact of processing methods and conditions on nutritional properties of soybean-based tofu: A Review. *Journal of Food Engineering and Technology*, 12(1), 1-13. <https://doi.org/10.32732/jfet.2023.12.1.1>

Arii, Y., & Takenaka, Y. (2013). Magnesium chloride concentration-dependent formation of tofu-like precipitates with different physicochemical properties. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 77(5), 928-933. <https://doi.org/10.1271/bbb.120864>

Chang, K. C. S. (2005). Chemistry and Technology of Tofu Making. *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering*, 4, 237.

Darmajana, D. A., Afifah, N., & Ingriati, A. (2020). The effect of extraction method and types of coagulants on the results and physicochemical properties of tofu. *Food Science and Technology*, 2(40), 677-682. <https://doi.org/10.1590/fst.34719>

Dzikunoo, J., Ayernor, G. S., & Saalia, F. K. (2015). Effect of methods of extraction on physicochemical properties of soy proteins (Tofu). *American Journal of Food Science and Nutrition Research*, 2(5), 138-144.

Guo, Y., Hu, H., Wang, Q., & Liu, H. (2018). A novel process for peanut tofu gel: Its texture, microstructure and protein behavioral changes

- affected by processing conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 96, 140-146.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.020>
- Hou, H. J., & Chang, K. C. (2004). Storage conditions affect soybean color, chemical composition and tofu qualities. *Journal of Food Processing and Preservation*, 28(6), 473-488.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2004.24015.x>
- Ikya, J. K., Gernah, D. I., Ojobo, H. E., & Oni, O. K. (2013). Effect of cooking temperature on some quality characteristics of soy milk. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(5), 543-546. <https://doi.org/10.19026/ajfst.5.3123>
- Inggrid, M., & Hananjaya, N. (2020). The Effect of Salt-GDL Coagulant and Temperature on Tofu Quality. *International Conference on Chemical Engineering UNPAR*, 742, 1-6.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/742/1/012028>
- Jayasena, V., Tah, W. Y., & Nasar-Abbas, S. M. (2014). Effect of coagulant type and concentration on the yield and quality of soy-lupin tofu. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 6(2), 159-166.
<https://doi.org/10.3920/QAS2012.0176>
- Khatib, K. A., Aramouni, F. M., Herald, T. J., & Boyer, J. E. (2002). Physicochemical characteristics of soft tofu formulated from selected soybean varieties. *Journal of Food Quality*, 25, 291-301.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2002.tb01026.x>
- Lee, C. H., & Rha, C. (1978). Microstructure of soybean protein aggregates and its relation to the physical and textural properties of the curd. *Journal of Food Science*, 43(1), 79-84.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1978.tb09740.x>
- Lu, J. Y., Carter, E., & Chung, R. A. (1980). Use of calcium salts for soybean for curd preparation. *Journal of Food Science*, 45(1), 32-34.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1980.tb03864.x>
- Mathare, S. S., Bakal, S. B., Dissanayake, T. M. R., & Jain, S. K. (2009). Effects of coagulation temperature on the texture and yield of soy paneer (tofu). *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 37(4), 263-267.
<https://doi.org/10.4038/jnsfsr.v37i4.1473>
- Ministry of Science and Technology. (2013). TCVN 9706:2013. *Determination of moisture content (Basic reference method) (in Vietnamese)*.
- Ministry of Science and Technology. (2015). TCVN 10730:2015. *Determination of fat content - Soxhlet extraction method (in Vietnamese)*.
- Ministry of Science and Technology. (2015). TCVN 8125:2015. *Determination of the nitrogen content and calculation of the crude protein content - Kjeldahl method (in Vietnamese)*.
- Murdia, L. K., & Wadhvani, R. (2010). Effect of processing parameters on texture and yield of tofu. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 50(1), 176-180.
<https://doi.org/10.1007/s13197-011-0245-z>
- Scibisz, I., Ziarno, M., Mitek, M. & Zare, D. (2012). Effect of probiotic cultures on the stability of anthocyanins in blueberry yoghurts. *LWT - Food Science and Technology*, 49, 208 – 212.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.025>
- Tran, M. P., Do, T. T. N., Duong, T. P. L., & Ha, T. T. (2024). Effects of types and concentration of coagulant on the quality of purple tofu. *Vietnam journal of Agriculture and Rural development*, 11, 43-51, (in Vietnamese).
- Tran, M. P., Nguyen, T. M. X., Nguyen, H. M. Y., Duong, T. P. L., & Ha, T. T. (2023). Effects of types and purple sweet potato ratios on antioxidant activities of purple tofu. *Vietnam journal of Agriculture and Rural development*, 6, 33-39, (in Vietnamese). <https://doi.org/10.46826/hauf-jasat.v6n1y2022.822>
- Tripathi, M. K., & Chandra, P. (2013). Optimization of Coagulating Conditions for Preparation of Good Quality Tofu with Minimum Biochemical Loss through Tofu Whey. *Trends in Biosciences*, 6(5), 549-554.
- Wang, F., Meng, J., Sun, L., Weng, Z., Fang, Y., Tang, X., Zhao, T., & Shen, X. (2020). Study on the tofu quality evaluation method and the establishment of a model for suitable soybean varieties for Chinese traditional tofu processing. *LWT - Food Science and Technology*, 117, 108441.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108441>
- Yang, X., Su, Y., & Li, L. (2020). Study of soybean gel induced by *Lactobacillus plantarum*: Protein structure and intermolecular interaction. *LWT - Food Science and Technology*, 119, 108794.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108794>
- Zhang, P., Hu, T., Feng, S., Xu, Q., Zheng, T., Zhou, M., Chu, X., Huang, X., Lu, X., Pan, S., Li-Chan, E. C. Y., & Hu, H. (2016). Effect of high intensity ultrasound on transglutaminase-catalyzed soy protein isolate cold set gel. *Ultrasonics Sonochemistry*, 29, 380-387.
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.10.014>
- Zhang, Q., Wang, C., Li, B., Li, L., Lin, D., Chen, H., Liu, Y., Li, S., Qin, W., Liu, J., Liu, W., & Yang, W. (2018). Research progress in tofu processing: From raw materials to processing conditions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(9), 1448-1467.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1263823>