ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CỦA PROTEIN TRÍCH LY TỪ GẠO TẤM VD20 VÀ PROTEIN ĐẬU NÀNH TRONG SẢN XUẤT CHẢ CHAY

Phạm Đỗ Trang Minh[1, 2], Võ Trung Tính[3, 4], Bạch Long Giang[3, 4], Huỳnh Xuân Phong[1, *]

[1] Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ

[2] Khoa Nông nghiệp và Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Tiền Giang

[3] Viện Ứng dụng Công nghệ và Phát triển bền vững, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

[4] Trung tâm Phát triển công nghệ cao, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

[*] Email: hxphong@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ protein đậu nành, tỷ lệ protein gạo tấm VD20 và các tỷ lệ phối hợp giữa hai nguồn protein đến chất lượng sản phẩm chả chay. Kết quả cho thấy, bổ sung protein đậu nành ở mức 6% và protein gạo tấm VD20 ở mức 6% cho các đặc tính chất lượng và cảm quan phù hợp nhất. Tỷ lệ phối hợp protein đậu nành và protein gạo tấm VD20 là 4:6 (trong tổng số 10% protein bổ sung) cho kết quả phù hợp về các đặc tính cấu trúc, khả năng giữ nước và giữ dầu, đồng thời duy trì màu sắc phù hợp với sản phẩm chả chay. Thành phần acid amin của sản phẩm cho thấy sự hiện diện của các acid amin thiết yếu, góp phần đánh giá giá trị dinh dưỡng của sản phẩm khi phối hợp hai nguồn protein. Kết quả nghiên cứu cho thấy, protein gạo tấm VD20 có tiềm năng phối hợp với protein đậu nành trong sản phẩm chả chay, góp phần đa dạng hóa nguồn protein thực vật, nâng cao giá trị sử dụng của nguyên liệu gạo tấm và phát triển sản phẩm chả chay có chất lượng phù hợp.

Từ khóa: *Chả chay, protein đậu nành, protein gạo, khả năng giữ nước, khả năng giữ dầu.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xu hướng tiêu dùng thực phẩm có nguồn gốc thực vật và các sản phẩm thay thế thịt ngày càng phát triển do nhu cầu đa dạng hóa khẩu phần và hướng đến hệ thống thực phẩm bền vững. Trong nhóm sản phẩm này, chả chay là dạng thực phẩm chế biến phổ biến, có tính tiện dụng cao và phù hợp với thói quen tiêu dùng tại Việt Nam. Tuy nhiên, việc phối hợp các nguồn protein thực vật nhằm đảm bảo đồng thời giá trị dinh dưỡng, cấu trúc và cảm quan sản phẩm vẫn là thách thức lớn.

Protein thực vật là thành phần quan trọng trong phát triển thực phẩm chay và sản phẩm mô phỏng thịt, không chỉ cung cấp giá trị dinh dưỡng mà còn quyết định nhiều tính chất công nghệ của sản phẩm. Protein thực vật quyết định nhiều tính chất công nghệ như tạo gel, nhũ hóa, liên kết nước và liên kết dầu. Các tính chất này phụ thuộc vào nguồn protein, thành phần amino acid, cấu trúc phân tử, mức độ biến tính và điều kiện chế biến. Ở sản phẩm dạng gel hoặc bán rắn như chả chay, khả năng giữ nước và giữ dầu ảnh hưởng trực tiếp đến độ ổn định cấu trúc, độ mềm chắc và cảm giác khi ăn.

Protein đậu nành được ứng dụng rộng rãi nhờ hàm lượng protein cao, thành phần amino acid tương đối đầy đủ và tính chất công nghệ tốt. Dưới tác động của nhiệt, protein đậu nành có thể biến tính và tái sắp xếp thông qua các tương tác kỵ nước, liên kết hydro, tương tác tĩnh điện và cầu disulfide, từ đó hình thành mạng lưới protein góp phần tạo cấu trúc sản phẩm. nghiên cứu của Sha và Xiong (2020) [1] cho thấy protein đậu nành là một trong những nguyên liệu quan trọng trong phát triển thực phẩm tái cấu trúc và sản phẩm thay thế thịt.

Protein gạo có tiềm năng lớn nhờ giá trị dinh dưỡng, độ tiêu hóa cao và ít gây dị ứng. Cấu trúc gồm glutelin (chiếm đa số), prolamin, albumin và

globulin tạo nên những đặc tính công nghệ riêng. Thành phần và cấu trúc này tạo nên những đặc điểm công nghệ khác với protein đậu nành, đặc biệt về độ hòa tan, khả năng tạo gel và tương tác với nước, dầu. Theo Amagliani và cs (2017) [2], protein gạo có độ hòa tan tương đối thấp, tuy nhiên các phương pháp xử lý thích hợp có thể cải thiện tính chất chức năng và mở rộng khả năng ứng dụng trong thực phẩm. Kết quả nghiên cứu của Yang và cs (2023) [3] cũng cho thấy protein gạo sau xử lý được cải thiện về độ hòa tan, khả năng nhũ hóa và tạo gel, cho thấy tiềm năng sử dụng trong các hệ thực phẩm có nguồn gốc thực vật.

Bên cạnh đặc tính công nghệ, thành phần amino acid quyết định chất lượng dinh dưỡng của protein. Việc kết hợp protein đậu nành và protein gạo tạo sự bổ trợ dinh dưỡng cũng như làm thay đổi đặc tính chức năng của hệ protein. Do đó, phân tích thành phần amino acid sản phẩm cuối giúp đánh giá chính xác sự đóng góp và chất lượng của các nguồn protein sau chế biến.

Các nghiên cứu trên sản phẩm thịt mô phỏng đã cung cấp cơ sở cho việc ứng dụng protein gạo trong các hệ protein thực vật. Lee và cs (2022a) [4] nghiên cứu sản phẩm protein thực vật gồm protein gạo và protein đậu nành bằng công nghệ đùn ép độ ẩm thấp cho thấy tỷ lệ protein gạo ảnh hưởng đến các đặc tính lý hóa, khả năng hút nước và cấu trúc sản phẩm. Nghiên cứu của Lee và cs (2022b) [5] đã phối hợp protein gạo và protein đậu nành trong sản phẩm thịt mô phỏng và ghi nhận tỷ lệ giữa hai nguồn protein có ảnh hưởng đến các đặc tính lý hóa và cấu trúc sản phẩm. Những kết quả này cho thấy protein gạo không chỉ có vai trò bổ sung nguồn protein mà còn ảnh hưởng đến các tính chất công nghệ của hệ protein thực vật.

Trong chả chay, protein đậu nành đóng vai trò chính trong tạo gel và khung cấu trúc, còn protein gạo góp phần điều chỉnh tương tác với nước, dầu và đặc tính cấu trúc. Sự thay đổi tỷ lệ phối hợp ảnh hưởng đến thành phần amino acid, khả năng giữ nước, giữ dầu và cấu trúc sau gia nhiệt, từ đó quyết định độ ổn định và cảm giác khi ăn của sản phẩm.

Bên cạnh thành phần amino acid và các tính chất giữ nước và giữ dầu, màu sắc và cấu trúc cũng là những chỉ tiêu quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng và khả năng chấp nhận sản phẩm. Hệ màu Lab* thường được sử dụng để đánh giá sự thay đổi màu của thực phẩm. Thành phần nguyên liệu, tỷ lệ phối hợp protein, hàm lượng nước, cấu trúc vi mô và các phản ứng xảy ra trong quá trình gia nhiệt đều có thể ảnh hưởng đến các thông số màu. Starowicz và Zieliński (2019) [6] cho rằng phản ứng Maillard có thể góp phần hình thành màu sắc và làm thay đổi một số đặc tính của thực phẩm trong quá trình gia nhiệt.

Tại Việt Nam, khai thác protein từ gạo tấm-nguyên liệu thứ cấp có giá trị kinh tế thấp nhưng giàu dinh dưỡng-mang lại ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao. Ứng dụng protein gạo tấm VD20 trong sản xuất chả chay giúp nâng cao giá trị nông sản nội địa, phù hợp với định hướng đa dạng hóa nguồn protein và phát triển thực phẩm bền vững. Từ đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm khảo sát ảnh hưởng của các tỷ lệ phối hợp giữa protein đậu nành và protein gạo tấm VD20 đến thành phần amino acid, độ cứng, khả năng giữ dầu, giữ nước và màu sắc của chả chay. Qua đó, nghiên cứu xác định tỷ lệ phối hợp phù hợp, góp phần đánh giá giá trị dinh dưỡng, tính chất công nghệ của protein gạo tấm VD20 và nâng cao giá trị sử dụng của gạo tấm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Nguyên liệu: Bột chả chay gồm các thành phần: Gluten lúa mì, bột khoai tây, chất béo thực vật (hàm lượng protein khoảng 60% và độ ẩm khoảng 7-9%); đạm đậu nành phân lập (soy protein isolate, độ ẩm 8-10%) có hàm lượng protein trên 90% được mua tại Công ty TNHH Sản xuất và Thương mại Đoàn Anh.

Protein gạo (độ ẩm 5,82% và tro 0,19%) được thu nhận từ quá trình thủy phân bột gạo tấm VD20 bằng phương pháp enzyme qua ba giai đoạn bằng α-amylase, γ-amylase và enzyme Viscozyme kết hợp với phương pháp siêu âm.

Hóa chất sử dụng gồm: NaOH (độ tinh khiết ≥98%, Trung Quốc), K_2SO_4 (độ tinh khiết 90-99%, Trung Quốc), $CuSO_4$ (độ tinh khiết ≥98%, Trung Quốc), Se (độ tinh khiết 99-99,9%), ống chuẩn H_2SO_4 0,1 N (Merck, Đức) được mua tại Công ty TNHH Cemaco Việt Nam - Chi nhánh Cần Thơ (phường Cái Khế, thành phố Cần Thơ).

Enzyme α-amylase được sử dụng chế phẩm enzyme Termamyl 120L, dạng lỏng, được sản xuất từ *Bacillus licheniformis* (Novozymes, Đan

Mạch). Trong dịch tinh bột Termamyl 120L có hoạt tính 1.800 U/g, chịu được nhiệt đến 105°C, pH 6,0-6,5; nhiệt độ tối ưu 70-85°C. γ-amylase là chế phẩm chứa glucoamylase từ *Aspergillus niger* (Novozymes, Đan Mạch). Điều kiện hoạt động thích hợp của enzyme ở 60-65°C, pH 4,0-5,0, hoạt độ 1.900 U/g (Amylo Glucosidase unit). Enzyme Viscozyme® L được thu nhận từ *Aspergillus* sp. và là chế phẩm enzyme đa hoạt tính có khả năng thủy phân các polysaccharide thành tế bào thực vật như cellulose, β-glucan, hemicellulose và xylan. Chế phẩm có hoạt độ khoảng 2.000 U/g (Sigma-Aldrich, Hoa Kỳ). Viscozyme® L hoạt động hiệu quả trong khoảng pH 3,3-5,5 (tối ưu khoảng 4,5-5,0) và nhiệt độ tối ưu từ 45-55°C.

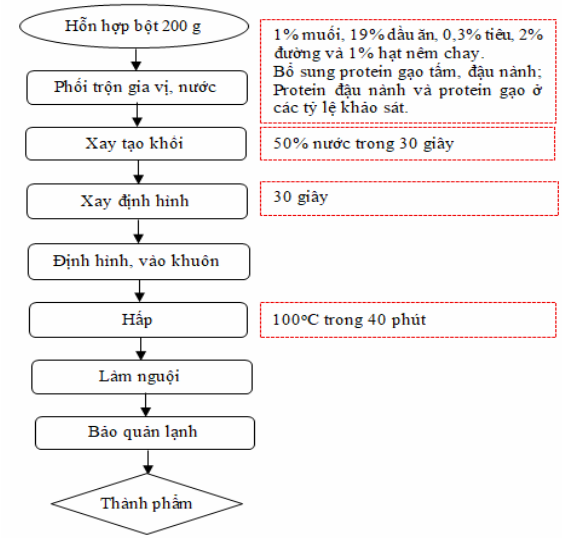
Tỷ lệ các gia vị và phụ gia thực phẩm phối trộn vào khối bột nhào gồm 200 g bột hỗn hợp cho mỗi mẻ và tỷ lệ các gia vị theo tỷ lệ bao gồm: 1% muối, 19% dầu ăn, 0,3% tiêu, 2% đường, 1% hạt nêm chay và 50% nước (tỷ lệ % các gia vị và phụ gia được tính theo 200 g bột ban đầu).

Quy trình chế biến chả chay tổng quát được thực hiện dựa theo quy trình và công thức của cơ sở sản xuất chả lụa Ngọc Thành (phường Đạo Thạnh, tỉnh Đồng Tháp).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Sơ đồ nghiên cứu tổng quát

Quy trình sản xuất chả chay tổng quát được thể hiện ở hình 1.



Hình 1. Sơ đồ nghiên cứu tổng quát

Quy trình được thực hiện sử dụng hỗn hợp nguyên liệu ban đầu với khối lượng 200 g, trong đó tỷ lệ gia vị được phối trộn là 1% muối, 19% dầu ăn, 0,3% tiêu, 2% đường và 1% hạt nêm chay cùng với tỷ lệ protein tà gạo tấm VD20 cũng như protein từ đậu nành theo bố trí thí nghiệm. Sau khi phối trộn, mẫu được xay tạo khối với 50% nước trong 30 giây và tiếp tục xay định hình 30 giây. Mẫu sau khi định hình vào khuôn được hấp ở 100°C trong 4 phút. Thành phẩm được làm nguội đánh giá các chỉ tiêu thí nghiệm.

2.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ protein đậu nành bổ sung vào khối bột nhào đến chất lượng sản phẩm.

Mục đích nhằm xác định được tỷ lệ protein đậu nành bổ sung phù hợp nhằm nâng cao chất lượng của sản phẩm. Hỗn hợp bột (200 g) cho mỗi mẻ được phối trộn với nước và gia vị theo tỷ lệ ở mục 2.2.1, sau đó được bổ sung protein đậu nành theo tỷ lệ khảo sát (2, 4, 6, 8 và 10%), mẫu đối chứng không bổ sung protein đậu nành. Mẫu sau đó được nhào trộn trong thời gian 1 phút và tiến hành các công đoạn còn lại. Mẫu được hấp chín ở nhiệt độ 100 °C trong 40 phút và tiến hành phân tích các chỉ tiêu. Chỉ tiêu đánh giá bao gồm : Độ cứng (g lực), màu sắc (giá trị Lab*), khả năng giữ mước (%) và khả năng giữ dầu (%).

2.2.3. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng proetin gạo tấm VD20 bổ sung vào khối bột nhào đến chất lượng sản phẩm.

Mục đích nhằm xác định được hàm lượng protein trích ly từ gạo VD20 bổ sung phù hợp nhằm nâng cao chất lượng của sản phẩm. Hỗn hợp bột 200 g cho cho mỗi mẻ được phối trộn với nước và gia vị theo tỷ lệ cố định ở mục 2.2.1, sau đó được bổ protein gạo tấm VD20 được bổ sung theo tỷ lệ khảo sát (2, 4, 6, 8 và 10%), mẫu đối chứng không bổ sung protein gạo tấm VD20. Mẫu sau đó được nhào trộn trong thời gian 1 phút và tiến hành các công đoạn còn lại. Mẫu được hấp chín ở nhiệt độ 100 °C trong 40 phút và tiến hành phân tích các chỉ tiêu. Chỉ tiêu đánh giá bao gồm độ cứng (g lực), màu sắc (giá trị Lab*), khả năng giữ mước (%) và khả năng giữ dầu (%).

2.2.4. Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ phối hợp protein đậu nành và protein gạo tấm VD20

Mục đích nhằm xác định tỷ lệ phối hợp phù hợp giữa protein đậu nành và protein gạo tấm

VD20 trong điều kiện tổng lượng protein bổ sung được giữ cố định ở mức 10%, nhằm lựa chọn tỷ lệ phối hợp thích hợp để nâng cao chất lượng sản phẩm. Sử dụng 200 g hỗn hợp bột cho mỗi mẻ được phối trộn với nước và gia vị theo tỷ lệ ở mục 2.2.1. Tổng lượng protein bổ sung được cố định ở mức 10% so với khối lượng hỗn hợp bột, trong đó protein đậu nành và protein gạo tấm VD20 được phối hợp theo các tỷ lệ 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3 và 8:2. Các mẫu sau đó được nhào trộn trong thời gian 1 phút và tiến hành các công đoạn còn lại. Mẫu được hấp chín ở nhiệt độ 100^{o}C trong 40 phút và tiến hành phân tích các chỉ tiêu. Bao gồm độ cứng (g lực), màu sắc (giá trị Lab*), khả năng giữ mước (%) và khả năng giữ dầu (%).

2.3. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

2.3.1. Chỉ tiêu và phương pháp phân tích

Bảng 1. Các phương pháp phân tích và đo đạc các chỉ tiêu

STT	Chỉ tiêu	Phương pháp
1	Màu sắc (Lab*)	Sử dụng máy đo màu (CR400, Konica Minolta, Nhật Bản).
2	Độ cứng	Máy đo cấu trúc CT3, của hãng Brookfield, đầu dò trụ phẳng (Cylinder probe)
3	Khả năng giữ nước (Water-holding capacity - WHC)	Xác định bằng phương pháp của Zhang và cs (2021) [7]
4	Khả năng giữ dầu (Oil-holding capacity - OHC)	Xác định bằng phương pháp của Zhang và cs (2021) [7]
5	Acid amin	Gửi mẫu phân tích tại Trung tâm Phân tích CASE-SMQ

2.3.2. Phương pháp thu nhận và xử lý số liệu

Số liệu được thu thập, tổng hợp bằng phần mềm Excel 2024 (Microsoft Corp., Hoa Kỳ), phân tích thống kê bằng phần mềm Statgraphics Centurion 16 (Statgraphics Technologies, Inc., Hoa Kỳ), phân tích ANOVA với phép thử LSD để so sánh trung bình các nghiệm thức.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng protein đậu nành đến chất lượng sản phẩm chả chay

3.1.1. Ảnh hưởng của protein đậu nành đến cấu trúc và tính chất chức năng của sản phẩm

Thay đổi hàm lượng protein đậu nành trong công thức có thể ảnh hưởng đến cấu trúc và tính chất chức năng của sản phẩm chả chay, thể hiện qua độ cứng, khả năng giữ nước và giữ dầu. Protein đậu nành là nguồn protein thực vật có nhiều đặc tính chức năng, đặc biệt là khả năng tạo gel, nhũ hóa và liên kết nước. Thí nghiệm được thực hiện nhằm xác định ảnh hưởng của hàm lượng protein đậu nành đến tính chất cấu trúc và chức năng của sản phẩm, qua đó lựa chọn hàm lượng phù hợp cho công thức chả chay. Kết quả ở bảng 2 cho thấy độ cứng của sản phẩm thay đổi theo mức bổ sung protein đậu nành. So với mẫu đối chứng (454±11,4 g lực), độ cứng có xu hướng giảm và đạt giá trị thấp nhất ở mức bổ sung 4% (420±16,4 g lực).

Bảng 2. Ảnh hưởng của hàm lượng protein đậu nành đến độ cứng, khả năng giữ dầu và khả năng giữ nước của sản phẩm chả chay

Hàm lượng protein đậu nành (%)	Độ cứng (g lực)	Khả năng giữ dầu (OHC, %)	Khả năng giữ nước (WHC, %)
Đối chứng (0%)	454±11,4^{a}	65,3±0,86^{d}	75,4±0,93^{e}
2	425±8,33^{b}	66,3±0,98^{cd}	81,2±1,6^{d}
4	420±16,4^{b}	65,2±0,96^{d}	82,2±0,99^{d}
6	422±9,07^{b}	70,4±5,30^{c}	87,6±0,89^{c}
8	429±13,6^{b}	84,5±0,76^{b}	92,1±0,37^{b}
10	434±7,0^{ab}	95,3±0,76^{a}	97,2±0,61^{a}

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau ở các giá trị trung bình trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Xu hướng này tương đồng với nghiên cứu của Kang và cs (2022) [8] trên Vienna sausage, trong đó độ cứng giảm từ 4,17±0,40 kgf ở mẫu đối chứng xuống lần lượt 3,45±0,36; 2,75±0,11; 1,97±0,69 và 1,40±0,21 kgf khi tăng mức sử dụng nhũ tương đậu nành. Nghiên cứu trên salami có nguồn gốc thừ thực vật cho thấy khi tăng hàm lượng gel protein đậu nành cô lập làm chất kết dính, độ cứng giảm từ khoảng 110 xuống 80 N, cho thấy ảnh hưởng của protein đậu nành đến độ cứng phụ thuộc vào tỷ lệ sử dụng và cấu trúc nền của sản phẩm [9]. Nghiên cứu trên cho rằng protein đậu nành có thể làm tăng

khả năng giữ nước, qua đó góp phần tạo cấu trúc mềm hơn cho sản phẩm. Tuy nhiên, ở các mức bổ sung cao hơn trong nghiên cứu hiện tại, độ cứng có xu hướng tăng trở lại, có thể liên quan đến sự gia tăng tương tác protein-protein và hình thành mạng lưới cấu trúc chặt hơn. Ảnh hưởng của protein đậu nành đến độ cứng thực tế không hoàn toàn thống nhất giữa các hệ sản phẩm. Kết quả nghiên cứu của Lee và cs (2017) [10] ghi nhận, độ cứng của breakfast sausage tăng từ 2,90±0,29 N ở mẫu đối chứng lên 3,11-3,22 N ở các mẫu bổ sung protein đậu nành cô lập và/hoặc protein mầm lúa mì. Do đó, sự giảm độ cứng ở mức bổ sung 2-4% và tăng ở mức cao hơn trong nghiên cứu này có thể phản ánh sự thay đổi cân bằng giữa khả năng giữ nước và quá trình hình thành mạng lưới protein, phụ thuộc vào tỷ lệ protein và thành phần nền của sản phẩm.

Khả năng giữ nước (WHC) và giữ dầu (OHC) của sản phẩm tăng theo mức bổ sung protein đậu nành. WHC tăng từ 75,4% ở mẫu đối chứng lên 97,2% ở mức bổ sung 10%, trong khi OHC tăng mạnh ở mức 8-10%, đạt trên 94%. Kết quả này cho thấy, protein đậu nành có khả năng cải thiện khả năng giữ nước và giữ dầu của hệ. Xu hướng này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Lee và cs (2017) [10] khi lượng nước giải phóng trong breakfast sausage giảm từ 7,19±1,47% ở mẫu đối chứng xuống 4,72±0,89% khi bổ sung 2% protein đậu nành cô lập (ISP), đồng thời lượng chất béo giải phóng giảm từ 0,93±0,10% xuống 0,55±0,22%. Sự giảm lượng nước và chất béo giải phóng cho thấy khả năng ổn định và giữ các pha nước, dầu của hệ được cải thiện khi có protein đậu nành. Khả năng giữ nước và dầu của protein đậu nành có thể liên quan đến sự hiện diện của các vùng ưa nước và kỵ nước trên phân tử protein, cho phép protein tương tác với cả nước và lipid, góp phần duy trì các pha này trong cấu trúc sản phẩm. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc bổ sung protein đậu nành, ở mức 8-10%, có tiềm năng cải thiện đáng kể các tính chất giữ nước và giữ dầu của chả chay.

Tổng hợp các kết quả nghiên cứu cho thấy, việc bổ sung protein đậu nành không chỉ làm tăng hàm lượng protein tổng mà còn cải thiện đáng kể các tính chất chức năng quan trọng của sản phẩm chả chay như khả năng giữ nước, giữ dầu và độ cứng. Tuy nhiên, ảnh hưởng của protein đậu nành đến cấu trúc sản phẩm mang tính phi tuyến, phụ thuộc vào nồng độ bổ sung và sự cân bằng giữa các tương tác protein-protein và protein-nước. Kết quả này khẳng định vai trò quan trọng của protein đậu nành trong việc cải thiện chất lượng cấu trúc và giá trị dinh dưỡng của sản phẩm thực phẩm mô phỏng thịt.

3.1.2. Ảnh hưởng của hàm lượng protein đậu nành đến màu sắc của sản phẩm chả chay

Bảng 3. Ảnh hưởng của hàm lượng protein đậu nành đến màu sắc (Lab*) của sản phẩm chả chay

Hàm lượng protein đậu nành (%)	L*	a*	b*
Đối chứng (0%)	33,5±0,26^{e}	-0,93±0,10^{f}	17,7±1,11^{c}
2	38,2±0,55^{d}	2,52±0,54^{e}	15,8±1,16^{d}
4	46,2±0,95^{b}	3,60±0,34^{d}	17,8±1,15^{c}
6	53,5±0,26^{a}	4,02±0,68^{c}	18,5±0,54^{bc}
8	44,0±0,25^{c}	4,92±0,22^{b}	19,7±0,73^{b}
10	38,5±0,85^{d}	5,59±0,51^{a}	21,8±1,04^{a}

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau ở các giá trị trung bình trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Protein đậu nành có khả năng tham gia hình thành mạng lưới gel và ảnh hưởng đến khả năng giữ nước, cấu trúc cũng như đặc tính quang học của sản phẩm, từ đó có thể làm thay đổi các giá trị màu L*, a* và b*. Đồng thời, trong quá trình gia nhiệt, sự tương tác giữa nhóm amino của protein và đường khử có thể thúc đẩy phản ứng Maillard, góp phần hình thành các hợp chất màu và ảnh hưởng đến độ sáng của sản phẩm.

Kết quả ở bảng 3 cho thấy, mức bổ sung protein đậu nành ảnh hưởng đáng kể đến màu sắc của sản phẩm. Giá trị L* tăng từ 33,5±0,26 ở mẫu đối chứng lên 53,5±0,26 ở mức bổ sung 6%, sau đó giảm xuống 38,5±0,85 ở mức 10%. Trong khi đó, a* tăng liên tục từ -0,93±0,10 lên 5,59±0,51, cho thấy màu sản phẩm chuyển dần theo hướng đỏ hơn; b* giảm nhẹ ở mức 2% rồi tăng lên 21,8±1,04 ở mức 10%, biểu thị sự gia tăng sắc vàng. Xu hướng L* tăng ở mức bổ sung thấp-trung bình tương đồng với kết quả nghiên cứu của Farrokhi và Azizi (2025) [11], trong đó L* của sản phẩm thịt mô phỏng tăng từ 56,14±1,32 lên 62,86±1,06 khi thay đổi tỷ lệ protein đậu nành và gluten lúa mì. Ngược lại, nghiên cứu của Lee và cs (2017) [10] ghi nhận L* giảm từ 76,76±0,55 xuống 64,15±0,30 khi thay đổi tỷ lệ protein thực vật trong xúc xích. Trong một hệ thịt mô phỏng từ protein đậu nành và nấm, L* cũng giảm từ

62,06±1,24 xuống 55,22±1,05, trong khi a* tăng từ 3,66 ± 0,26 lên 5,27±0,15. Những kết quả này cho thấy, sự thay đổi thành phần protein có thể làm biến đổi đáng kể màu sắc, nhưng hướng và mức độ thay đổi phụ thuộc vào loại protein, tỷ lệ phối trộn và nền sản phẩm.

Đối với nghiên cứu hiện tại, việc L* tăng mạnh và đạt giá trị cao nhất ở mức bổ sung 6%, sau đó giảm ở 8-10%, trong khi a* và b* tiếp tục tăng, cho thấy mức bổ sung protein đậu nành cao không đơn thuần làm sản phẩm sáng hơn mà còn làm thay đổi sắc độ của sản phẩm theo hướng đỏ và vàng hơn. Sự giảm L* ở mức 8-10% có thể liên quan đến sự thay đổi cấu trúc và đặc tính quang học của hệ sản phẩm trong quá trình gia nhiệt; ngoài ra, các phản ứng giữa nhóm amino của protein với các hợp chất carbonyl cũng có thể góp phần hình thành các hợp chất màu trong sản phẩm. Nhìn chung, kết quả cho thấy mức bổ sung protein đậu nành ảnh hưởng rõ rệt đến màu sắc của chả chay, trong đó mức 6% tạo giá trị L* cao nhất, còn mức bổ sung cao hơn làm tăng rõ rệt giá trị a* và b* đồng thời làm giảm L*.

Tổng hợp các kết quả cho thấy, mặc dù việc tăng hàm lượng protein đậu nành góp phần làm gia tăng sắc đỏ (a*) và có thể cải thiện sắc vàng (b*) ở một số mức bổ sung, tuy nhiên đồng thời cũng làm giảm độ sáng (L*) và khiến màu sắc sản phẩm có xu hướng sẫm hơn, đặc biệt ở hàm lượng cao. Ở mức bổ sung 6%, các chỉ số màu Lab* đạt được sự cân đối tương đối giữa độ sáng và sắc thái màu, giúp sản phẩm duy trì màu sắc hài hòa, không quá sẫm nhưng vẫn có sự hấp dẫn về cảm quan. Do đó, hàm lượng protein đậu nành 6% được xem là phù hợp nhằm đảm bảo sự hài hòa màu sắc và đáp ứng yêu cầu chất lượng của sản phẩm chả chay.

Sau khi xác định vai trò của protein đậu nành như nguồn protein nền trong công thức chả chay, nghiên cứu tiếp tục đánh giá protein gạo tấm VD20 như một nguồn protein thay thế tiềm năng.

3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng protein gạo tấm VD20 đến chất lượng sản phẩm

3.2.1. Ảnh hưởng của protein gạo tấm VD20 đến cấu trúc và tính chất chức năng sản phẩm

Việc bổ sung protein từ nguồn gạo tấm VD20 trong công thức chả chay nhằm cải thiện hàm lượng protein tổng, đồng thời nâng cao các đặc tính chức năng của sản phẩm như cấu trúc, khả năng giữ nước và giữ dầu. Protein gạo là nguồn protein thực vật có giá trị dinh dưỡng khá tốt, tuy nhiên thường bị hạn chế về tính chất chức năng khi sử dụng đơn lẻ do đặc điểm cấu trúc giàu glutelin và hạn chế một số acid amin thiết yếu. Do đó, việc bổ sung protein gạo ở các tỷ lệ khác nhau được kỳ vọng sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến mạng lưới gel protein và các tính chất cơ lý của sản phẩm chả chay. Kết quả ở bảng 4 cho thấy, việc bổ sung protein gạo tấm VD20 làm thay đổi rõ rệt độ cứng của sản phẩm. Độ cứng giảm từ 454±11,4 g lực ở mẫu đối chứng xuống 373±39,3 g lực ở mức 2% và thấp nhất là 116±12,7 g lực ở mức 4%. Khi tiếp tục tăng hàm lượng protein gạo lên 6, 8 và 10%, độ cứng tăng trở lại, lần lượt đạt 185±36,0; 238±5,0 và 253±26,4 g lực. Như vậy, độ cứng có xu hướng giảm ở mức bổ sung thấp và tăng trở lại khi hàm lượng protein tiếp tục tăng.

Bảng 4. Ảnh hưởng của hàm lượng protein gạo tấm VD20 đến độ cứng, khả năng giữ dầu và khả năng giữ nước của sản phẩm chả chay

Hàm lượng protein gạo tấm VD20 (%)	Độ cứng (g lực)	Khả năng giữ dầu (OHC, %)	Khả năng giữ nước (WHC, %)
Đối chứng (0%)	454±11,4^{a}	65,3±0,86^{d}	75,4±0,79^{d}
2	373±39,3^{b}	75,4±0,93^{c}	74,3±0,89^{d}
4	116±12,7^{e}	75,9±0,5^{c}	77,3±0,96^{c}
6	185±36,0^{d}	75,0±1,14^{c}	87,9±4,17^{b}
8	238±5,0^{c}	78,2±0,99^{b}	93,4±0,75^{a}
10	253±26,4^{c}	86,6±1,41^{a}	94,2±0,39^{a}

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau ở các giá trị trung bình trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Sự giảm độ cứng ở mức 2-4% có thể liên quan đến ảnh hưởng của protein gạo đến quá trình hồ hóa và hình thành mạng gel của hệ tinh bột-protein. Wu và cs (2023) [12] khi nghiên cứu hệ tinh bột gạo bổ sung protein gạo ở mức 0-16% cũng ghi nhận protein gạo làm giảm độ cứng của gel, do protein có thể cản trở quá trình hồ hóa tinh bột và làm thay đổi sự phân bố nước trong hệ. Kết quả này tương đồng với xu hướng giảm độ cứng trong nghiên cứu hiện tại. Tuy nhiên, do chả chay là hệ đa thành phần, sự giảm độ cứng có thể là kết quả tổng hợp của tương tác giữa protein gạo với tinh bột, protein nội tại của bột nền và các thành phần khác.

Khi tăng hàm lượng protein gạo từ 4 lên 10%, độ cứng tăng trở lại, có thể liên quan đến sự gia tăng tương tác protein-protein và sự đóng góp của mạng protein vào cấu trúc gel. Đồng thời, protein gạo VD20 trong nghiên cứu được thu hồi với sự hỗ trợ của siêu âm. Nghiên cứu của Ji và cs (2024) [13] cho thấy, protein gạo xử lý siêu âm khi phối hợp với tinh bột có thể làm giảm đáng kể độ cứng của gel nhưng vẫn duy trì khả năng giữ nước; 4% protein gạo xử lý siêu âm kết hợp với 6% tinh bột làm giảm độ cứng khoảng 62-78,3% so với mẫu đối chứng. Điều này cho thấy, trạng thái cấu trúc và khả năng phân tán của protein sau xử lý siêu âm có thể góp phần làm thay đổi tính chất gel của hệ.

Đáng chú ý, sự giảm độ cứng không đi kèm với sự giảm khả năng giữ nước. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khả năng giữ nước tăng từ 74,4±0,73% ở mẫu đối chứng lên 94,2±0,39% ở mức bổ sung 10%. Kết quả này phù hợp với nhận định của Ji và cs (2024) [13] rằng, protein gạo xử lý siêu âm có thể tạo hệ gel mềm hơn nhưng vẫn duy trì khả năng giữ nước. Nhìn chung, kết quả cho thấy, protein gạo VD20 có khả năng làm thay đổi cân bằng giữa tương tác protein-tinh bột và protein-protein, dẫn đến sự thay đổi không tuyến tính của độ cứng; đồng thời làm tăng khả năng giữ nước của sản phẩm.

Khả năng giữ dầu và nước của sản phẩm chả chay chịu ảnh hưởng bởi hàm lượng protein gạo tấm VD20 bổ sung. Khả năng giữ dầu tăng từ 65,3±0,86% ở mẫu đối chứng lên 75,4±0,93% ở mức 2%, không khác biệt có ý nghĩa ở mức 2-6%, sau đó tăng lên 78,2±0,99% ở mức 8% và đạt cao nhất 86,6±1,41% ở mức 10%. Sự gia tăng OHC có thể liên quan đến sự tăng lượng protein có khả năng tương tác với pha lipid thông qua các vùng kỵ nước. Nghiên cứu của Kumar và cs (2024) [14] ghi nhận, protein isolate từ cám gạo có khả năng hấp thụ dầu cao, trong đó tương tác protein-chất béo và các mạch bên amino acid không phân cực có thể góp phần tạo nên khả năng hấp thụ dầu của protein. Nghiên cứu của Chandi và Sogi (2007) [15] cũng ghi nhận khả năng hấp thụ dầu của protein cô đặc từ cám gạo đạt 3,74-9,18 g/g, cho thấy protein gạo có tính chất chức năng phù hợp để tương tác với pha lipid.

Đối với khả năng giữ nước, các mức bổ sung 2-4% không tạo sự khác biệt có ý nghĩa so với đối chứng, nhưng WHC tăng rõ rệt từ 6%, đạt 87,9±4,17% ở 6% và trên 93% ở 8-10%. Sự gia tăng này có thể liên quan đến việc tăng lượng protein có khả năng tương tác với nước thông qua các nhóm phân cực, đồng thời góp phần hình thành và ổn định mạng lưới cấu trúc của sản phẩm trong quá trình gia nhiệt. Nghiên cứu của Kumar và cs (2024) [14] cho thấy, khả năng hấp thụ nước của protein isolate từ cám gạo có liên quan đến thành phần amino acid và lượng nhóm phân cực có khả năng tương tác với nước. Tương tự, Chandi và Sogi (2007) [15] ghi nhận khả năng liên kết nước của protein cô đặc từ cám gạo đạt 3,87-5,60 g/g. Nhìn chung, protein gạo tấm VD20 góp phần cải thiện cả OHC và WHC của chả chay, trong đó ảnh hưởng đến khả năng giữ nước thể hiện rõ hơn khi hàm lượng bổ sung đạt từ 6% trở lên.

Nhìn chung, sự gia tăng đồng thời khả năng giữ dầu từ 65,3 lên 86,6% và khả năng giữ nước từ 74,4 lên 94,2% khi tăng protein gạo cho thấy protein VD20 có khả năng góp phần cải thiện khả năng liên kết và ổn định cả pha nước và pha dầu trong hệ chả chay. Tuy nhiên, do các giá trị WHC và OHC trong nghiên cứu này được xác định trên sản phẩm chả chay sau phối trộn và ly tâm, sự thay đổi của chúng không chỉ phản ánh đặc tính riêng của protein gạo mà còn chịu ảnh hưởng bởi tương tác giữa protein với tinh bột, nước, dầu và các thành phần khác của sản phẩm.

Như vậy có thể nhận thấy rằng, việc bổ sung protein gạo tấm VD20 không chỉ làm tăng hàm lượng protein tổng của sản phẩm mà còn ảnh hưởng đáng kể đến các tính chất chức năng quan trọng như độ cứng, khả năng giữ nước và giữ dầu. Sự cải thiện này cho thấy tiềm năng ứng dụng của protein gạo trong phát triển các sản phẩm chả chay có cấu trúc tương tự thịt, đồng thời góp phần nâng cao giá trị sử dụng của nguyên liệu gạo trong thực phẩm.

3.1.2. Ảnh hưởng của hàm lượng protein gạo tấm VD20 đến màu sắc của sản phẩm

Đối với sản phẩm chả chay, màu sắc không chỉ phụ thuộc vào nguyên liệu mà còn chịu tác động đáng kể bởi thành phần protein và các biến đổi xảy ra trong quá trình gia nhiệt. Việc bổ sung protein gạo tấm VD20 (%) có thể ảnh hưởng đến màu sắc Lab* thông qua nhiều cơ chế khác nhau. Sự gia tăng hàm lượng protein có thể làm thay đổi khả năng giữ nước và cấu trúc vi mô của hệ gel, từ đó ảnh hưởng đến mức độ tán xạ và phản xạ ánh sáng trên bề mặt sản phẩm. Đồng thời, trong điều kiện gia nhiệt, tương tác giữa protein

và đường khử có thể thúc đẩy phản ứng Maillard, hình thành các sắc tố nâu làm giảm giá trị độ sáng. Mức bổ sung protein khác nhau do đó có thể dẫn đến sự thay đổi đáng kể về đặc tính màu sắc của sản phẩm. Kết quả ở bảng 5 cho thấy, hàm lượng protein gạo tấm VD20 có ảnh hưởng rõ rệt đến các chỉ tiêu màu sắc (Lab*) của sản phẩm chả chay. Nhìn chung, khi tăng hàm lượng protein, màu sắc sản phẩm có xu hướng sáng hơn và chuyển dịch theo hướng tăng sắc đỏ và vàng.

Bảng 5. Ảnh hưởng của hàm lượng protein tấm VD20 đến màu sắc của sản phẩm

Hàm lượng protein gạo tấm VD20 (%)	L*	a*	b*
Đối chứng (0%)	$33,5\pm0,26^{f}$	$-0,93\pm0,10^{c}$	$17,7\pm1,11^{bc}$
2	$55,6\pm1,04^{e}$	$-0,6\pm0,74^{d}$	$16,5\pm0,45^{c}$
4	$57,5\pm0,46^{d}$	$0,74\pm0,08^{c}$	$14,1\pm1,0^{d}$
6	$63,8\pm0,57^{a}$	$0,76\pm0,27^{c}$	$17,0\pm0,4^{c}$
8	$62,0\pm0,4^{b}$	$1,11\pm0,28^{b}$	$18,5\pm0,4^{b}$
10	$59,6\pm0,52^{c}$	$2,43\pm0,41^{a}$	$20,7\pm1,02^{a}$

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau ở các giá trị trung bình trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Giá trị L* tăng từ 33,5 ở mẫu đối chứng lên 63,8 ở mẫu bổ sung 6% cho thấy, sản phẩm trở nên sáng màu hơn khi tăng hàm lượng protein gạo tấm và có xu hướng giảm nếu tiếp tục tăng tỷ lệ protein lên 10%. Giá trị a* của các mẫu có xu hướng tăng khi tăng hàm lượng protein gạo, chuyển từ giá trị âm ở mẫu đối chứng (-0,93) sang giá trị dương ở các mẫu bổ sung protein. Điều này cho thấy, màu sắc sản phẩm giảm sắc xanh và xuất hiện sắc đỏ nhẹ hơn khi tăng tỷ lệ protein gạo. Tuy nhiên, ở các mức bổ sung từ 4-8%, giá trị a* vẫn thấp (0,74-1,11), cho thấy sắc đỏ biểu hiện không đáng kể và sản phẩm vẫn duy trì được màu sắc tự nhiên. Riêng mẫu 10% có giá trị a* tăng mạnh lên 2,43, cho thấy màu sắc bắt đầu chuyển sang tông vàng-đỏ rõ hơn, có thể ảnh hưởng đến cảm quan đặc trưng của chả chay.

Đối với giá trị b*, các mẫu có xu hướng tăng sắc vàng khi tăng tỷ lệ bổ sung, tăng mạnh ở mức 8-10% (18,5-20,7). Điều này cho thấy, việc bổ sung protein gạo tạo ra sự hình thành màu trong quá trình gia nhiệt. Theo Starowicz và Zieliński (2019) [6], sự gia tăng giá trị b* thường phản ánh xu hướng tăng sắc vàng của sản phẩm thực phẩm sau khi gia nhiệt. Tuy nhiên, mẫu 6% có giá trị b ở mức trung bình (17,0), cho thấy sản phẩm duy trì được màu vàng đặc trưng mà chưa xuất hiện xu hướng vàng đậm rõ rệt như ở mức bổ sung cao hơn.

Tổng hợp các chỉ tiêu màu sắc, cấu trúc và khả năng giữ nước-giữ dầu, mức bổ sung 6% protein gạo được xem là phù hợp nhất. Ở mức này, sản phẩm đạt hàm lượng protein cao hơn đáng kể so với mẫu đối chứng, trong khi vẫn duy trì được màu sắc hài hòa, độ cứng ở mức trung bình và khả năng giữ nước, giữ dầu ổn định. Khi tăng tỷ lệ bổ sung 8-10%, mặc dù một số chỉ tiêu chức năng tiếp tục cải thiện, màu sắc và cấu trúc sản phẩm có xu hướng thay đổi rõ rệt hơn, có thể ảnh hưởng đến chất lượng tổng thể của sản phẩm.

Ở mức bổ sung 6%, các chỉ số màu Lab* đạt được sự cân đối giữa độ sáng và sắc thái màu, tạo nên màu sắc hài hòa, gần với đặc trưng mong muốn của sản phẩm chả chay. Do đó, hàm lượng protein gạo tấm VD20 6% được xem là phù hợp nhằm đảm bảo sự hài hòa màu sắc, đồng thời vẫn đáp ứng yêu cầu về chất lượng của sản phẩm.

Kết quả khảo sát riêng lẻ cho thấy cả protein đậu nành và protein gạo tấm VD20 đều ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng sản phẩm, nhưng theo các xu hướng khác nhau. Vì vậy, việc phối trộn hai nguồn protein ở các tỷ lệ khác nhau là cần thiết nhằm tìm điểm cân bằng giữa giá trị dinh dưỡng, cấu trúc, khả năng giữ nước, giữ dầu và màu sắc của sản phẩm.

3.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối hợp protein đậu nành và protein gạo tấm VD20 đến chất lượng sản phẩm

3.3.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối hợp protein đậu nành và protein gạo tấm VD20 đến cấu trúc và tính chất chức năng của sản phẩm

Protein đậu nành và protein gạo tấm VD20 có những đặc tính chức năng khác nhau, do đó có thể phối hợp hai nguồn protein để tạo ra sự bổ trợ nhất định giữa khả năng hình thành cấu trúc của sản phẩm. Kết quả khảo sát riêng lẻ cho thấy, cả hai nguồn protein đều có khả năng làm thay đổi đáng kể các tính chất cấu trúc và chức năng của chả chay. Do đó, việc phối hợp hai nguồn protein theo các tỷ lệ khác nhau có thể ảnh hưởng đến cấu trúc và chất lượng sản phẩm, đặc biệt là độ cứng, khả năng giữ nước, giữ dầu và màu sắc sản phẩm. Vì vậy, tỷ lệ phối hợp protein đậu nành và protein gạo tấm VD20 đến các đặc tính chất lượng sản phẩm, qua đó xác định tỷ lệ phối hợp phù hợp

được khảo sát. Kết quả từ bảng 6 cho thấy độ cứng của sản phẩm có sự biến động giữa các công thức phối trộn. Các mẫu có tỷ lệ protein đậu nành cao (7:3 và 8:2) cho độ cứng lớn nhất, lần lượt 493 và 542 g lực, cấu trúc sản phẩm trở nên đặc và cứng hơn khi tăng hàm lượng protein đậu nành. Điều này có thể liên quan đến khả năng tạo mạng gel mạnh của protein đậu nành thông qua tương tác protein-protein trong quá trình gia nhiệt. Ngược lại, các mẫu phối trộn ở mức trung bình như 4:6 và 5:5 có độ cứng thấp hơn đáng kể (420-424 g lực), phản ánh cấu trúc mềm và cân bằng hơn. Theo Lima và cs (2023) [16] sự phối hợp giữa các nguồn protein thực vật có thể làm thay đổi mức độ tạo gel và ảnh hưởng trực tiếp đến cấu trúc cơ học của sản phẩm.

Bảng 6. Ảnh hưởng của của tỷ lệ phối hợp protein đậu nành và protein gạo tấm VD20 đến độ cứng, khả năng giữ dầ và khả năng giữ nước của sản phẩm chả chay

Tỷ lệ protein đậu nành:protein gạo tấm VD20 (%)	Độ cứng (g lực)	Khả năng giữ dầu (OHC, %)	Khả năng giữ nước (WHC, %)
Đối chứng (0%)	$454\pm11,4^{c}$	$65,3\pm0,86^{f}$	$75,4\pm0,93^{f}$
2:8	$450\pm26,5^{cd}$	$86,2\pm1,06^{c}$	$86,4\pm1,25^{a}$
3:7	$435\pm21,1^{cde}$	$90,3\pm0,96^{ab}$	$82,8\pm1,46^{d}$
4:6	$424\pm26,7^{de}$	$91,2\pm0,82^{a}$	$92,6\pm1,17^{a}$
5:5	$420\pm9,54^{e}$	$75,2\pm0,94^{d}$	$77,0\pm0,92^{ef}$
6:4	$435\pm7,0^{cde}$	$89,5\pm0,88^{b}$	$85,3\pm1,06^{c}$
7:3	$493\pm7,02^{b}$	$76,5\pm1,10^{c}$	$76,2\pm0,22^{ef}$
8:2	$542\pm9,6^{a}$	$70,4\pm1,15^{e}$	$77,4\pm0,78^{e}$

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau ở các giá trị trung bình trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Khả năng giữ dầu đạt cao nhất ở mẫu phối trộn 4:6 với 91,2%, trong khi các mẫu có tỷ lệ protein gạo hoặc protein đậu nành quá cao lại cho khả năng giữ dầu thấp hơn. Điều này cho thấy sự phối hợp hai nguồn protein ở tỷ lệ phù hợp có thể tạo mạng lưới cấu trúc ổn định hơn và giúp giữ dầu hiệu quả hơn. Theo Stone và cs (2015) [17], khả năng giữ dầu của protein phụ thuộc vào sự cân bằng giữa các vùng kỵ nước và khả năng hình thành cấu trúc giữ chất béo của hệ protein.

Đối với khả năng giữ nước, mẫu phối trộn 4:6 cũng cho giá trị cao nhất (92,6%), cao hơn đáng kể so với các mẫu còn lại và mẫu đối chứng. Điều này cho thấy, tỷ lệ phối hợp giữa protein đậu nành và protein gạo ở mức trung bình có thể tạo điều kiện thuận lợi cho việc giữ nước trong mạng gel thực phẩm. Trong khi đó, các mẫu có tỷ lệ protein đậu nành quá cao hoặc quá thấp đều có xu hướng giảm khả năng giữ nước, cho thấy sự mất cân bằng trong cấu trúc hệ protein có thể ảnh hưởng đến khả năng liên kết nước của sản phẩm.

Protein đậu nành có khả năng giữ nước cao nhờ cấu trúc globulin, trong khi protein gạo đóng vai trò ổn định cấu trúc nền. Khi được phối trộn ở tỷ lệ phù hợp, mạng lưới gel ba chiều hình thành hiệu quả hơn, giúp giữ nước tốt hơn trong sản phẩm. Tương tự, khả năng giữ dầu có giá trị cao nhất ở tỷ lệ 4:6 (92,6%) và 6:4 (91,4%), trong khi giảm ở các tỷ lệ 5:5 và 8:2. Điều này cho thấy sự tương tác giữa protein đậu nành và protein gạo giúp cải thiện khả năng liên kết với pha lipid. Theo Zhang và cs (2023) [18], khả năng giữ dầu của protein thực vật liên quan trực tiếp đến các nhóm kỵ nước và cấu trúc bề mặt protein, từ đó ảnh hưởng đến tính ổn định của hệ nhũ tương.

Do đó, tỷ lệ phối trộn 4:6 có sự cân bằng tốt giữa khả năng tạo cấu trúc và tính ổn định hệ, thể hiện qua khả năng giữ nước và giữ dầu. Kết quả này khẳng định rằng việc phối trộn protein thực vật không chỉ giúp nâng cao giá trị dinh dưỡng mà còn là giải pháp hiệu quả để tối ưu hóa cấu trúc và tính chất công nghệ của sản phẩm mô phỏng thịt. Như vậy, việc thay thế một phần protein đậu nành bằng protein gạo tấm VD20 không làm suy giảm mà còn có thể làm tăng hàm lượng protein tổng của sản phẩm. Điều này khẳng định tiềm năng của protein gạo tấm VD20 như một nguồn protein thay thế hiệu quả, góp phần nâng cao giá trị dinh dưỡng nguồn nguyên liệu protein trong sản phẩm.

3.3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối hợp protein đậu nành và protein gạo tấm VD20 đến màu sắc của sản phẩm chả chay

Protein đậu nành và protein gạo có màu sắc và đặc tính quang học khác nhau, do đó tỷ lệ phối hợp giữa hai nguồn protein có thể ảnh hưởng đến màu sắc của sản phẩm. Bên cạnh màu sắc nguyên liệu, sự hình thành cấu trúc gel và khả năng phân bố nước trong quá trình gia nhiệt cũng có thể ảnh hưởng đến độ sáng và màu sắc sản phẩm. Kết quả ở bảng 7 cho thấy giá trị L* biến thiên không tuyến tính với tỷ lệ phối trộn giữa hai loại protein.

Bảng 7. Ảnh hưởng của tỷ lệ protein đậu nành và protein gạo tấm VD20 đến màu sắc sản phẩm chả chay

Tỷ lệ protein đậu nành: protein gạo (%)	L*	a*	b*
Đối chứng (0%)	33,5±0,26^{f}	-0,93±0,10^{g}	17,7±1,11^{b}
2:8	66,4±2,39^{a}	3,54±0,68^{c}	16,2±1,02^{b}
3:7	64,3±1,34^{a}	2,20±0,18^{d}	17,4±1,36^{b}
4:6	60,4±1,27^{b}	0,40±0,19^{f}	18,0±1,83^{b}
5:5	59,9±1,66^{b}	2,02±0,67^{e}	21,6±1,35^{a}
6:4	54,6±1,02^{c}	2,30±0,42^{d}	21,3±1,46^{a}
7:3	51,6±2,36^{d}	4,60±1,29^{b}	22,3±1,03^{a}
8:2	44,3±1,99^{e}	5,65±0,28^{a}	22,8±1,78^{a}

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau ở các giá trị trung bình trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Về màu sắc, giá trị L* giảm dần khi tăng tỷ lệ protein đậu nành trong công thức. Mẫu gạo bổ sung tỷ lệ 2:8 và 3:7 có giá trị L* cao nhất (64,3-66,4), cho thấy sản phẩm sáng màu hơn khi tỷ lệ protein gạo cao. Ngược lại, các mẫu giàu protein đậu nành có xu hướng tối màu hơn, ở tỷ lệ 8:2 với L* chỉ còn 44,3. Điều này có thể liên quan đến màu tự nhiên của protein đậu nành cũng như mức độ phản ứng Maillard cao hơn khi tăng hàm lượng protein trong quá trình gia nhiệt.

Giá trị a* và b* tăng theo tỷ lệ protein đậu nành, phản ánh xu hướng sản phẩm chuyển sang sắc vàng-đỏ rõ hơn. Mẫu 8:2 có giá trị a* và b* cao nhất (5,65 và 22,8), cho thấy màu sắc sản phẩm đã chuyển sang vàng-đỏ khá rõ, có thể ảnh hưởng đến cảm quan tự nhiên của chả chay. Trong khi đó, mẫu 4:6 có giá trị a* thấp (0,40) và b* ở mức trung bình (18,0), cho thấy màu sắc vẫn duy trì được sự hài hòa và tự nhiên hơn. Theo Al-Abbasy và cs (2024) [19], sự gia tăng đồng thời các giá trị a* và b* thường phản ánh sự hình thành các hợp chất màu vàng-nâu trong quá trình gia nhiệt thực phẩm giàu protein.

Xét tổng thể các chỉ tiêu công nghệ và màu sắc, tỷ lệ phối trộn protein đậu nành - protein gạo tấm VD20 ở mức 4:6 được xem là phù hợp nhất. Ở tỷ lệ này, sản phẩm đạt khả năng giữ dầu và giữ nước cao nhất, độ cứng ở mức tương đối thấp, đồng thời vẫn duy trì được màu sắc hài hòa. Điều này cho thấy sự phối hợp cân bằng giữa hai nguồn protein có khả năng cải thiện đồng thời cấu trúc, khả năng giữ nước - giữ dầu và liên quan màu sắc của sản phẩm chả chay.

Từ các kết quả trên, có thể thấy tỷ lệ phối hợp hai loại protein phụ thuộc vào sự cân bằng đồng thời giữa cấu trúc, khả năng giữ nước, giữ dầu và màu sắc của sản phẩm.

3.3.3. Thành phần acid amin của sản phẩm chả chay có bổ sung protein từ gạo tấm VD20

Xu hướng phát triển thực phẩm giàu protein có nguồn gốc thực vật ngày càng gia tăng gần đây, với trọng tâm là phối hợp nhiều nguồn protein nhằm tối ưu thành phần acid amin và nâng cao chất lượng dinh dưỡng sản phẩm [20]. Việc phân tích thành phần acid amin là cần thiết nhằm đánh giá giá trị dinh dưỡng và chất lượng protein của sản phẩm chả chay có bổ sung protein gạo tấm VD20. Việc bổ sung protein từ gạo tấm VD20 cũng như phối hợp protein gạo với protein đậu nành đã làm gia tăng đáng kể hàm lượng hầu hết các acid amin so với mẫu đối chứng (bảng 8). Cụ thể, ở mẫu bổ sung 6% protein gạo, hàm lượng các acid amin thiết yếu như leucine (18,4 mg/g), isoleucine (9,41 mg/g), lysine (4,94 mg/g), methionine (2,2 mg/g) và threonine (6,76 mg/g) đều cao hơn so với mẫu đối chứng. Điều này cho thấy, protein gạo tấm VD20 không chỉ giúp tăng tổng lượng protein mà còn góp phần cải thiện thành phần acid amin thiết yếu của sản phẩm.

Đáng chú ý, ở mẫu phối hợp protein đậu nành (4%) và protein gạo (6%), hàm lượng của hầu hết các acid amin tiếp tục tăng so với cả mẫu đối chứng và mẫu bổ sung riêng lẻ protein gạo. Ví dụ, hàm lượng lysine đạt 5,35 mg/g, cao nhất trong ba mẫu; leucine đạt 18,61 mg/g; methionine đạt 2,87 mg/g. Điều này minh chứng cho hiệu quả của việc phối hợp hai nguồn protein thực vật

trong việc cải thiện sự cân đối acid amin, đặc biệt là tăng hàm lượng các acid amin hạn chế của từng nguồn đơn lẻ.Phân tích số liệu cũng cho thấy, mặc dù protein gạo giúp cải thiện nhiều acid amin thiết yếu, nhưng lysine vẫn là acid amin hạn chế, thể hiện ở giá trị 4,94 mg/g (mẫu bổ sung protein gạo) thấp hơn so với mẫu phối hợp với đậu nành (5,35 mg/g). Sự gia tăng này là do protein đậu nành có hàm lượng lysine cao, góp phần bổ sung và cân bằng thành phần acid amin tổng thể.

Bảng 8. Thành phần acid amin của sản phẩm chả chay có bổ sung protein trích ly từ gạo tấm VD20 (được tính bằng đơn vị mg/g)

STT	Acid amin	Mẫu đối chứng	Mẫu bổ sung 6% protein gạo	Mẫu bổ sung protein đậu nành (4%) và gạo (6%)
1	Alanine	5,47	7,87	7,91
2	Arginine	7,82	9,86	11,07
3	Aspartic acid	7,63	10,1	10,2
4	Glutamic acid	85,86	92,1	100,36
5	Glycine	6,71	8,69	8,83
6	Histidine	4,23	4,99	5,47
7	Isoleucine	7,69	9,41	9,86
8	Leucine	14,45	18,4	18,61
9	Lysine	3,84	4,94	5,35
10	Methionine	0,90	2,20	2,87
11	Phenylalanine	10,77	12,7	13,98
12	Proline	26,33	30,13	33,2
13	Serine	10,05	11,9	12,68
14	Threonin	5,31	6,76	6,85
15	Tyrosine	6,46	8,41	8,68
16	Valine	8,21	10,5	10,84

Ghi chú: Kết quả được phân tích tại Trung tâm phân tích CASE-SMQ.

Kết quả này phù hợp với các công bố trước đây, khi chất lượng dinh dưỡng của protein thực vật phụ thuộc không chỉ vào tổng lượng protein mà còn vào thành phần và sự cân đối giữa các acid amin thiết yếu [21, 22]. Việc phối hợp đa dạng nguồn protein sẽ giúp tăng giá trị dinh dưỡng, đáp ứng tốt hơn nhu cầu acid amin của người tiêu dùng. Do vậy, việc bổ sung và phối hợp protein gạo tấm VD20 với protein đậu nành trong sản phẩm không những nâng cao tổng giá trị protein mà còn cải thiện rõ rệt thành phần acid amin thiết yếu, góp phần đa dạng hóa nguồn nguyên liệu, nâng cao chất lượng dinh dưỡng và giá trị sử dụng của sản phẩm.

4. KẾT LUẬN

Protein đậu nành và protein gạo tấm VD20 có ảnh hưởng rõ rệt đến tính chất cấu trúc, tính chất chức năng và màu sắc của sản phẩm chả chay. Protein đậu nành có xu hướng cải thiện khả năng giữ nước và giữ dầu, đồng thời góp phần duy trì độ cứng của sản phẩm, trong khi protein gạo tấm VD20 góp phần làm giảm độ cứng, cải thiện khả năng giữ nước, giữ dầu và độ sáng của sản phẩm. Khi phối hợp hai nguồn protein ở các tỷ lệ khác nhau, các tính chất của sản phẩm có sự thay đổi và tương tác giữa hai nguồn protein được thể hiện rõ. Tỷ lệ protein đậu nành và protein gạo tấm VD20 là 4:6 (tương ứng với 40% protein đậu nành và 60% protein gạo trong tổng lượng protein bổ sung 10%) cho sự cân bằng tốt về các tính chất của sản phẩm, với độ cứng 424 g lực, khả năng giữ dầu 91,2%, khả năng giữ nước 92,6% và màu sắc tương đối hài hòa. Kết quả phân tích acid amin cho thấy mẫu phối hợp 4:6 có hàm lượng các acid amin cao hơn mẫu đối chứng, góp phần nâng cao giá trị dinh dưỡng của sản phẩm. Như vậy, việc phối hợp protein đậu nành và protein gạo tấm VD20 ở tỷ lệ thích hợp có tiềm năng tạo ra sản phẩm chả chay có đặc tính cấu trúc, chức năng và giá trị dinh dưỡng phù hợp.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Đại học Cần Thơ, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, Trường Đại học Tiền Giang đã hỗ trợ về cơ sở vật chất. Cơ sở sản xuất chả lụa chay Ngọc Thành (phường Đạo Thạnh, tỉnh Đồng Tháp) cung cấp quy trình để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Sha, L., & Xiong, Y. L. (2020). Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. *Trends in Food Science & Technology*, *102*, 51-61. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.022.

[2]. Amagliani, L., O'Regan, J., Kelly, A. L., O'Mahony, J. A. (2017). Composition and protein profile analysis of rice protein ingredients. *Journal of Food Composition and Analysis*, *59*, 18-26. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.12.026.

[3]. Yang, J., Zamani, S., Liang, L. & Chen, L. (2023). Modification and solubility enhancement of rice protein and its application in food processing. *Molecules, 28*(10), 4078. https://doi.org/10.3390/molecules28104078.

[4]. Lee, J. S., Oh, H., Choi, I., Yoon, C. S. & Han, J. (2022a). Physico-chemical characteristics of rice protein-based novel textured vegetable proteins as meat analogues produced by low-moisture extrusion cooking technology. *LWT*, *157*, 113056. https://10.1016/ j.lwt.2021.113056.

[5]. Lee, J. S., Choi, I. & Han, J. (2022b). Construction of rice protein-based meat analogues by extruding process: Effect of substitution of soy protein with rice protein on dynamic energy, appearance, physicochemical, and textural properties of meat analogues. *Food Research International*, *161*, 111840. https://10.1016/j.foodres.2022.111840.

[6]. Starowicz, M. & Zieliński, H. (2019). How Maillard reaction influences sensorial properties (color, flavor and texture) of food products? *Food Reviews International*, *35*(8), 707-725. https:// doi.org/10.1080/87559129.2019.1600538.

[7]. Zhang, Y., Sharan, S., Rinnan, Å. & Orlien, V. (2021). Survey on methods for investigating protein functionality and related molecular characteristics. *Foods, 10*(11), 2848. https://doi.org/10.3390/foods10112848.

[8]. Kang, K. M., Lee, S. H. & Kim, H. Y. (2022). Effects of using soybean protein emulsion as a meat substitute for chicken breast on physicochemical properties of Vienna sausage. *Food Science of Animal Resources, 42*(1), 73-83. https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e63.

[9]. Herz, E., Kinne, T., Terjung, N., Gibis, M. & Weiss, J. (2023). Influence of extrudate to SPI-gel-binder ratios and transglutaminase crosslinking on texture of a plant-based salami analogue. *Future Foods, 7*, 100235. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100235.

[10]. Lee, C. W., Kim, T. K., Hwang, K. E., Kim, H. W., Kim, Y. B., Kim, C. J. & Choi, Y. S. (2017). Combined effects of wheat sprout and isolated soy protein on quality properties of breakfast sausage. *Food Science of Animal Resources, 37*(1), 52-61. https://doi.org/10.5851/ kosfa.2017.37.1.52.

[11]. Farrokhi, F. & Azizi, M. H. (2025). Comparative study of physicochemical and structural characteristics of meat analogues produced from soy and wheat proteins. *Food Science & Nutrition*, *13*(8), e70780. https://doi.org/10.1002/fsn3.70780.

[12]. Wu, C., Gong, X., Zhang, J., Zhang, C., Qian, J. Y. & Zhu, W. (2023). Effect of rice protein on the gelatinization and retrogradation properties of rice starch. *International Journal of Biological Macromolecules, 242*, 125061. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125061.

[13]. Ji, X., Xiong, Y. L. & Jiang, J. (2024). Tunable rice protein-starch composite soft gels: Structural role of ultrasound-modified protein. *Food Hydrocolloids, 148*, 109462. https://doi.org/ 10.1016/j.foodhyd.2023.109462.

[14]. Kumar, A., Joshi, R., Awasthi, T. & Singh, N. (2024). Insights into the non-targeted metabolomic profile, rheological, functional and structural characteristics of rice bran and pulse protein isolates. *International Journal of Food Science & Technology, 59*(1), 560-572. https:// doi.org/10.1111/ijfs.16497.

[15]. Chandi, G. K. & Sogi, D. S. (2007). Functional properties of rice bran protein concentrates. *Journal of Food Engineering, 79*(2), 592-597. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng. 2006.02.018.

[16]. Lima, R. R., Stephani, R., Perrone, I. T. & de Carvalho, A. F. (2023). Plant-based proteins: A review of factors modifying the protein structure and affecting emulsifying properties. *Food Chemistry Advances*, *3*, 100397. https://10.1016/j.focha.2023.100397.

[17]. Stone, A. K., Karalash, A., Tyler, R. T., Warkentin, T. D. & Nickerson, M. T. (2015). Functional attributes of pea protein isolates

prepared using different extraction methods and cultivars. *Food Research International*, *76*: 31-38. https://10.1016/j.foodres.2014.11.017.

[18]. Zhang, X., Wang, Q., Liu, Z., Zhi, L., Jiao, B., Hu, H., Ma, X., Agyei, D. & Shi, A. (2023). Plant protein-based emulsifiers: Mechanisms, techniques for emulsification enhancement and applications. *Food Hydrocolloids*, *144*, 109008. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd. 2023.109008.

[19]. Al-Abbasy, O. Y., Younus, S. A., Rashan, A. I., & Ahmad, O. A. S. (2024). Maillard reaction: Formation, advantage, disadvantage and control. A review. *Food Science and Applied Biotechnology, 7*(1), 145-161. https://doi.org/10.30721/fsab2024.v7.i1.333.

[20]. Dimina, E., Mariotti, F., Vieux, F., Dufour, A., Guelpa, P. & Fouillet, H. (2022). Combining plant protein sources to optimize amino acid profiles and protein quality in vegetarian diets. *Nutrients*, *14*(4), 716. https://doi.org/10.3390/nu14040716.

[21]. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013). *Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO expert consultatio*n. FAO Food and Nutrition Paper 92. Rome: FAO. https://www.fao.org/3/i3124e/i3124e.pdf.

[22]. Gorissen, S. H. M., Crombag, J. J. R., Senden, J. M., Waterval, W. A. H., Bierau, J., Verdijk, L. B. & van Loon, L. J. C. (2020). Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids*, *52*(9), 1329-1342. https://doi.org/10.1007/s00726-020-02841-5.

EVALUATION OF THE APPLICABILITY OF PROTEIN EXTRACTED FROM VD20 BROKEN RICE AND SOY PROTEIN IN VEGETARIAN SAUSAGE PRODUCTION

Pham Do Trang Minh[1, 2], Vo Trung Tinh[3, 4], Bach Long Giang[3, 4], Huynh Xuan Phong[1]

[1] *Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University*

[2] *Faculty of Agriculture and Food Technology, Tien Giang University*

[3] *Institute of Applied Technology and Sustainable Development, Nguyen Tat Thanh University*

[4] *Center for Hi-Tech Development, Nguyen Tat Thanh University*

Abstract

The study was conducted to evaluate the effects of soybean protein ratio, VD20 broken rice protein ratio and various combinations of these two protein sources on the quality of vegetarian sausage products. The research results indicate that supplementing with 6% soybean protein and 6% VD20 broken rice protein yielded the most suitable quality and sensory characteristics. A combination ratio of soybean protein to VD20 broken rice protein at 4:6 (out of a total of 10% added protein) produced optimal results regarding structural characteristics, water and oil retention, while also maintaining an appropriate color for vegetarian sausage products. The amino acid composition of the product showed the presence of essential amino acids, contributing to the nutritional value assessment when combining the two protein sources. The findings demonstrate that VD20 broken rice protein has the potential to be combined with soybean protein in vegetarian sausage products, helping to diversify plant-based protein sources, enhance the utility value of broken rice and develop vegetarian sausage products with suitable quality.

Keywords: *Vegetarian sausage, soy protein, rice protein, water retention capacity, oil retention capacity.*

Ngày nhận bài: 3/6/2026

Ngày chuyển phản biện: 22/6/2026

Ngày thông qua phản biện: 7/8/2026

Ngày duyệt đăng: 18/9/2026