

ẢNH HƯỞNG CỦA CÔNG ĐOẠN XỬ LÝ NHIỆT VÀ TỐI ƯU HÓA TỈ LỆ PHỐI TRỘN NGUYÊN LIỆU TRONG CHẾ BIẾN THỊT THỰC VẬT TỪ MÍT NON (*Artocarpus heterophyllus* LAM.)

Nguyễn Thy Đan Huyền, Nguyễn Hiền Trang, Đặng Thị Ngọc Vân,

Nguyễn Thị Thủy Tiên*

Trường Đại học Nông Lâm Huế

*Tác giả liên hệ: nguyenthithuytien@huaf.edu.vn

Nhận bài: 18/03/2026 Hoàn thành phản biện: 25/04/2026 Chấp nhận bài: 09/06/2026

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu là phát triển sản phẩm thịt thực vật giàu chất xơ từ mít non (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) kết hợp với protein đậu nành cô lập (SPI) và gluten lúa mì. Ảnh hưởng của thời gian xử lý nhiệt (luộc trong 5, 7, 9 và 11 phút) đã được khảo sát nhằm xác định chế độ xử lý nhiệt thích hợp cho sự hình thành cấu trúc sản phẩm. Phương pháp bề mặt đáp ứng với thiết kế hỗn hợp tối ưu D (D-optimal mixture design) được áp dụng để tối ưu hóa tỉ lệ các thành phần dựa trên độ ẩm, khả năng giữ nước (WHC), độ dai, độ cứng và mức độ chấp nhận tổng thể (OA). Kết quả cho thấy thời gian luộc 9 phút giúp nguyên liệu đạt đặc tính cấu trúc và giá trị cảm quan tốt nhất. Công thức tối ưu được xác lập gồm: 64,74% mít non, 17,44% gluten lúa mì và 7,82% SPI. Ở điều kiện này, sản phẩm đạt độ ẩm 54,30%, WHC 62,73%, độ dai 5,09 N, độ cứng 2,43 N/cm² và điểm OA là 6,65/9. Nghiên cứu đã xây dựng thành công quy trình chế biến thịt thực vật có cấu trúc tương đồng với thịt động vật, góp phần đa dạng hóa thực phẩm thực vật và nâng cao giá trị sử dụng cho nguồn phụ phẩm mít non địa phương.

Từ khóa: Mít non, Protein đậu nành cô lập, Thiết kế D tối ưu, Thịt thực vật, Tối ưu hỗn hợp

EFFECTS OF THERMAL PROCESSING AND INGREDIENT RATIO OPTIMIZATION ON THE QUALITY OF PLANT-BASED MEAT DERIVED FROM YOUNG JACKFRUIT (*Artocarpus heterophyllus* LAM.)

Nguyen Thy Dan Huyen, Nguyen Hien Trang, Dang Thi Ngoc Van,

Nguyen Thi Thuy Tien*

University of Agriculture and Forestry, Hue University

*Corresponding author: nguyenthithuytien@huaf.edu.vn

Received: 18/03/2026

Revised: 25/04/2026

Accepted: 09/06/2026

ABSTRACT

The objective of this study was to develop a high-fiber plant-based meat product derived from young jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) in combination with soy protein isolate (SPI) and wheat gluten. The effect of thermal treatment duration (boiling for 5, 7, 9, and 11 minutes) was investigated to determine the appropriate heating conditions for product structure formation. Response Surface Methodology (RSM) with a D-optimal mixture design was employed to optimize the ingredient proportions based on moisture content, water-holding capacity (WHC), toughness, hardness, and overall acceptability (OA). The results indicated that a 9-minute boiling time yielded the best textural characteristics and sensory values. The optimized formulation was determined with 64.74% young jackfruit, 17.44% wheat gluten, and 7.82% SPI. Under these conditions, the product achieved a moisture content of 54.30%, a WHC of 62.73%, a toughness of 5.09 N, a hardness of 2.43 N/cm², and an OA score of 6.65/9. This research successfully developed a processing procedure for a plant-based meat with a structure similar to animal meat, contributing to the diversification of plant-based foods and the valorization of local young jackfruit as an agricultural by-product.

Keywords: D-optimal design, Mixture optimization, Plant-based meat, Soy protein isolate, Young jackfruit

1. MỞ ĐẦU

Sự gia tăng nhu cầu protein động vật cùng các thách thức về môi trường và an ninh lương thực đã thúc đẩy xu hướng tiêu thụ thực phẩm thay thế thịt từ thực vật (*plant-based meat*). Các sản phẩm này được thiết kế nhằm mô phỏng đặc tính cảm quan và dinh dưỡng của thịt động vật, dựa trên các đặc tính chức năng của protein như khả năng tạo gel và giữ nước (Choudhury và cs., 2020). Hiện nay, protein đậu nành và gluten lúa mì là hai nguồn nguyên liệu chính trong sản xuất thịt thực vật nhờ ưu thế về chi phí và khả năng tạo cấu trúc sợi đặc trưng (Kyriakopoulou và cs., 2018). Tuy nhiên, xu hướng nghiên cứu hiện nay đang tập trung khai thác các nguồn nguyên liệu mới nhằm tối ưu hóa giá trị dinh dưỡng và đặc tính kỹ thuật cho sản phẩm.

Trong các nguồn nguyên liệu mới, mít non (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) là phụ phẩm nông nghiệp tiềm năng với cấu trúc xơ đặc trưng, tạo cảm giác cơ học tương tự mô thịt và giàu giá trị dinh dưỡng (Curtain và Grafenauer, 2019). Khi phối chế mít non với gluten lúa mì (tỉ lệ 20 - 25%) giúp cải thiện đáng kể cấu trúc và giá trị cảm quan (Nova và cs., 2023). Đối với những sản phẩm giả thịt được chế biến dưới dạng viên, hàm lượng gluten trong khoảng 10 - 18% giúp tạo độ dai và giữ được kết cấu khi chiên hoặc nướng (Kumar và cs., 2012; Samutsri và Thimthud, 2025). Đặc biệt, trong canh tác, một lượng lớn mít non bị loại bỏ trong quá trình tía quả được xem là phụ phẩm nông nghiệp. Việc tận dụng nguồn nguyên liệu thô giá rẻ này không chỉ giúp gia tăng chuỗi giá trị kinh tế cho cây mít mà còn là giải pháp hiệu quả trong việc giảm thiểu lãng phí nông sản và bảo vệ môi trường (Jagadeesh và cs., 2006).

Hiện nay, các loại thực phẩm thay thế thịt đã được mở rộng đáng kể với các dòng sản phẩm đa dạng như xúc xích, bánh mì

kep và giả bít tết (Mazumder và cs., 2023). Việc phối chế mít non với nấm sò và bột dừa để sản xuất xúc xích thuần chay đã được nghiên cứu (Paranagama và cs., 2022). Vai trò của các nguồn protein khác nhau trong việc hình thành đặc tính cấu trúc sản phẩm cũng đã được khẳng định (Sakai và cs., 2021). Với khả năng hình thành mạng lưới liên kết sợi dưới tác động của biến dạng cơ học, gluten lúa mì đóng vai trò là tác nhân định hình cấu trúc then chốt trong công nghệ sản xuất thịt thực vật (Thakur và cs., 2024).

Khác với các dòng sản phẩm thịt thực vật truyền thống được chế biến chủ yếu từ đậu nành, nghiên cứu này sử dụng nguyên liệu mít non có cấu trúc sợi đặc trưng trong sản xuất thịt thực vật. Việc kết hợp mít non với gluten lúa mì không chỉ tạo ra một cấu trúc mô phỏng thịt động vật mà còn tận dụng được nguồn phụ phẩm nông nghiệp, góp phần nâng cao giá trị chuỗi giá trị nông sản địa phương. Điểm mới của nghiên cứu này nằm ở việc ứng dụng thiết kế thí nghiệm D - optimal, là phương pháp tối ưu hóa tiên tiến, cho phép xử lý hiệu quả các phối chế đa thành phần với các ràng buộc nghiêm ngặt về nồng độ. Thiết kế này giúp xác định chính xác các tương tác phức tạp giữa hàm lượng mít non, gluten lúa mì và protein đậu nành phân lập (SPI_Soy Protein Isolates), từ đó xây dựng được mô hình dự đoán có độ tin cậy cao.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu chính

Mít non (*A. heterophyllus* Lam.), thuộc giống mít ráo bản địa, được thu mua tại khu vực chợ Nọ (phường Dương Nỗ, thành phố Huế). Mẫu thí nghiệm được tuyển chọn đồng nhất theo các tiêu chí: vỏ xanh đậm, gai nhọn, chưa nở, khi vỗ có âm thanh đục, chắc. Đặc điểm cảm quan ghi nhận thịt quả màu trắng, nhựa trong, hạt non kết cấu mềm với vỏ hạt màu nâu nhạt.

Nguyên liệu sau khi thu hoạch được vận chuyển ngay về phòng thí nghiệm để xử lý và phân tích.

Gluten lúa mì và SPI (100% cô đặc từ đậm đặc nành) được cung cấp bởi Công ty trách nhiệm hữu hạn sản xuất và thương mại Domosan, Việt Nam. Các nguyên liệu khác: dầu thực vật, muối, đường, bột ngọt, tiêu... đạt tiêu chuẩn dùng cho chế biến thực phẩm được mua tại siêu thị Coop.mart, thành phố Huế.

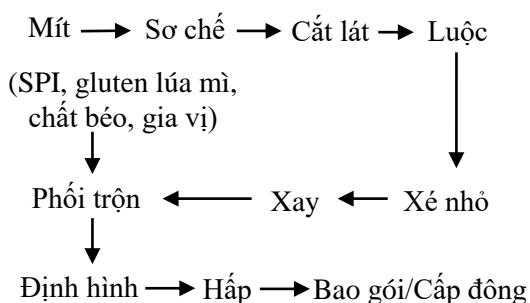
2.2. Nội dung nghiên cứu

Nghiên cứu tập trung xác định thời gian luộc mít non phù hợp và tối ưu hóa tỉ lệ phối trộn giữa mít non với SPI và gluten lúa mì. Qua đó, đánh giá sự ảnh hưởng của các yếu tố này đến đặc tính cấu trúc, khả năng giữ nước và giá trị cảm quan nhằm tìm ra công thức sản phẩm thịt thực vật có chất lượng.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Quy trình chế biến thịt thực vật từ mít non được thực hiện theo trình tự sau:



Mít non sau khi sơ chế (gọt vỏ, cùi, ngâm NaCl 2%) được thái lát dày 1 cm và luộc ở các mốc thời gian 5, 7, 9 và 11 phút tính từ lúc hỗn hợp mít – nước bắt đầu sôi (duy trì tốc độ gia nhiệt thông qua cố định công suất ở bếp điện đơn là 2.000 W trong suốt quá trình luộc) để xác định thời gian xử lý nhiệt phù hợp cho công đoạn xé sợi (đường kính 0,5 cm). Các thành phần cố định bao gồm: mít non (70%), gluten lúa mì

(12%), SPI (8%), chất béo (6%) và gia vị (4%) (Hamid và cs., 2020; Hemamalini và cs., 2023). Các thí nghiệm được thực hiện lặp lại 3 lần.

Sau khi xác định được thời gian luộc, tỉ lệ nguyên liệu chính được tối ưu hóa bằng phần mềm Design Expert 12.0 với mô hình hỗn hợp D-optimal. Các biến thành phần (g/100 g) được thiết lập trong khoảng: $60 \leq \text{mít non (A)} \leq 75$; $7 \leq \text{SPI (B)} \leq 12$; $8 \leq \text{gluten lúa mì (C)} \leq 18$. Tổng hàm lượng các thành phần biến đổi (A + B + C) luôn cố định là 90%, trong khi hàm lượng chất béo và gia vị được giữ nguyên giữa các nghiệm thức. Ma trận thực nghiệm gồm 16 nghiệm thức (Bảng 3). Sản phẩm sau phối trộn được định hình (đường kính 8 cm, dày 1 cm), hấp chín và làm nguội trước khi phân tích các chỉ tiêu: độ ẩm, khả năng giữ nước (WHC: Water-Holding Capacity), độ dai, độ cứng và mức độ chấp nhận tổng thể (OA: Overall Acceptability). Mỗi công thức trong ma trận thí nghiệm D-optimal (bao gồm cả các điểm kiểm chứng) đều được thực hiện lặp lại 03 lần đối với các chỉ tiêu độ ẩm và WHC. Ngoài ra, đặc thù của thịt thực vật từ mít non là cấu trúc không đồng nhất tuyệt đối do các thớ sợi, do đó, các phép đo lý tính (độ dai, độ cứng) được thực hiện 05 lần đo trên các vị trí khác nhau của cùng một mẫu thịt thực vật.

2.3.2. Phương pháp phân tích

Độ ẩm được xác định bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi ở 105°C theo tiêu chuẩn AOAC (2005). WHC được xác định theo phương pháp của Grau và Hamm (1957, được trích dẫn bởi Honikel và Hamm (1994)). 1 g mẫu được nén giữa hai tấm kính (kích thước 10 x 10 cm) dưới tải trọng 1 kg trong 10 phút. Sử dụng phần mềm ImageJ 1.50e để xác định diện tích mẫu (S₁) và diện tích vết nước loang (S₂). Chỉ số WHC được tính theo công thức: $\text{WHC (\%)} = (S_1/S_2) \times 100$. Độ dai (N) được

xác định dựa trên phương pháp cắt xuyên tâm (Schreuders và cs., 2021; Nguyễn Xuân An và cs., 2018). Thiết bị WDS-1 được sử dụng để xác định lực cắt cực đại nhằm phá vỡ cấu trúc của các bó sợi cellulose và mạng lưới liên kết protein (Nguyễn Xuân An và cs., 2018). Việc ổn định mẫu ở 0 – 4°C trong 24 giờ trước khi đo nhằm đảm bảo tính đồng nhất về trạng thái lý hóa của mạng lưới polymer thực phẩm, giúp kết quả có tính lặp lại cao (Ata và cs., 2023; Nguyễn Xuân An và cs., 2018). Độ cứng được định nghĩa là ứng suất nén cực đại (N/cm²) cần thiết để gây ra một khoảng biến dạng nhất định trên bề mặt mẫu. Độ cứng của sản phẩm được xác định bằng phương pháp nén thông qua các thiết bị phân tích cấu trúc (Ata và cs., 2023; Schreuders và cs., 2021). OA được đánh giá cảm quan bằng phương pháp thị hiếu với thang điểm Hedonic 9 bậc (1: cực kỳ ghét; 9: cực kỳ thích). Hội đồng gồm 10 thành viên đã qua huấn luyện thực hiện đánh giá các chỉ tiêu: kết cấu, màu sắc, mùi và vị. Giá trị OA là trung bình cộng của các chỉ tiêu này (Sharma và cs., 2022).

2.3.3. Phương pháp xử lý số liệu

Dữ liệu được xử lý bằng phân tích phương sai (ANOVA) và kiểm định

Duncan ở mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$) trên phần mềm SPSS 20.0. Thí nghiệm tối ưu hóa được thiết kế và phân tích bằng phần mềm Design-Expert 12.1.0. Ảnh hưởng của các thành phần phối trộn đến các chỉ tiêu chất lượng được mô tả bằng mô hình hỗn hợp bậc hai theo phương trình:

$$Y = \beta_{AA} + \beta_{BB} + \beta_{CC} + \beta_{ABAB} + \beta_{ACAC} + \beta_{BCBC}$$

trong đó Y là giá trị đáp ứng; A, B và C tương ứng là tỉ lệ mít non, SPI và gluten lúa mì trong hỗn hợp; β_A , β_B và β_C là các hệ số của các thành phần đơn; β_{AB} , β_{AC} và β_{BC} là các hệ số tương tác giữa các thành phần. Sự phù hợp của mô hình được đánh giá thông qua hệ số xác định hiệu chỉnh (adjusted R²), độ lệch chuẩn (SD) và ý nghĩa thống kê của các hệ số hồi quy ($p < 0,05$).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thành phần hóa lý của nguyên liệu mít non

Chất lượng nguyên liệu đầu vào đóng vai trò quyết định trong việc lựa chọn phương pháp xử lý và xác lập các thông số công nghệ phù hợp. Kết quả phân tích một số thành phần hóa lý cơ bản của mít non được trình bày tại Bảng 1.

Bảng 1. Một số thành phần hóa lý của nguyên liệu mít non

Thành phần	Đơn vị (theo tổng khối lượng mít)	Giá trị ¹
Hàm lượng nước	%	85,72 ± 0,85
Hàm lượng protein	%	2,12 ± 0,05
Hàm lượng đường	%	2,32 ± 0,13
Hàm lượng xơ thô	%	3,20 ± 0,07
Hàm lượng tro	%	0,81 ± 0,08

¹: Trung bình ± độ lệch chuẩn.

Hàm lượng nước trong mẫu mít non đạt 85,72%, phù hợp với dải giá trị từ 76,2 - 85,2% được công bố bởi Ranasinghe và cs. (2019). Mẫu nghiên cứu ghi nhận hàm lượng protein và xơ thô lần lượt là 2,12% và 3,20%; sự tương tác giữa cấu trúc xơ và protein này là cơ sở hình thành kết cấu sợi

thịt cho các sản phẩm thay thế động vật (Sadhana và cs., 2019).

Hàm lượng tro chiếm 0,81%, phản ánh tổng lượng khoáng chất và có sự biến thiên theo độ chín của quả (Ranasinghe và cs., 2019). Sự khác biệt về thành phần hóa

học và hoạt chất sinh học này có thể do đặc điểm di truyền của giống mít ráo bản địa tại Huế, kết hợp với điều kiện thổ nhưỡng và độ tuổi sinh lý của quả khi thu hoạch.

3.2. Ảnh hưởng của thời gian luộc mít đến chất lượng sản phẩm

Bảng 2. Các chỉ tiêu cơ bản của thịt thực vật từ mít non khi luộc ở các thời gian khác nhau

Thời gian luộc (phút)	Độ ẩm (%)	WHC (%)	Độ dai (N)	Độ cứng (N/cm ²)	OA
5	55,77 ^a ± 0,11	57,45 ^a ± 1,27	3,19 ^c ± 0,09	2,57 ^c ± 0,04	6,25 ^a ± 0,49
7	57,86 ^{ab} ± 1,23	62,66 ^b ± 0,92	3,11 ^{bc} ± 0,12	2,41 ^{bc} ± 0,03	6,20 ^a ± 0,44
9	59,74 ^b ± 2,69	66,85 ^c ± 2,38	2,93 ^{ab} ± 0,10	2,22 ^{ab} ± 0,02	6,73 ^a ± 0,38
11	61,17 ^{bc} ± 0,24	69,20 ^d ± 1,20	2,82 ^a ± 0,07	2,14 ^a ± 0,15	6,38 ^a ± 0,46

Trung bình trong cùng một cột có chữ cái in thường khác nhau thì khác nhau có nghĩa (p ≤ 0,05).

Dữ liệu được trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (n=3)

Độ ẩm và WHC của sản phẩm tỉ lệ thuận với thời gian xử lý nhiệt ($p \leq 0,05$). Khi kéo dài thời gian luộc, các polysaccharide (đặc biệt là pectin) hòa tan một phần, tạo mạng lưới giữ nước tự do hiệu quả (Khan và cs., 2021). Tại mốc 11 phút, độ ẩm và WHC đạt cực đại lần lượt là 61,17% và 69,20%, giúp cải thiện độ mọng nước, một đặc tính cảm quan quan trọng của thực phẩm thay thế thịt (Samutsri và Thimthud, 2025). Ngược lại, độ dai và độ cứng tỉ lệ nghịch với thời gian luộc, giảm còn 2,82 N và 2,14 N/cm² tại mốc 11 phút. Hiện tượng này do sự thủy phân protopectin thành pectin hòa tan, làm yếu liên kết giữa các tế bào, làm cấu trúc mô mít trở nên mềm hơn (Khan và cs., 2021).

Về OA, dù không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$), mẫu luộc 9 phút đạt điểm cao nhất (6,73 điểm). Ở mốc này, sản phẩm đạt độ mềm vừa phải nhưng vẫn bảo tồn được cấu trúc đàn hồi dạng sợi

Quá trình luộc mít trước khi chế biến đóng vai trò quan trọng trong việc ức chế enzyme (như polyphenol oxidase) gây sẫm màu, đồng thời làm mềm cấu trúc mô thực vật, tạo điều kiện thuận lợi cho các công đoạn xay và định hình. Kết quả ảnh hưởng của thời gian luộc đến các chỉ tiêu chất lượng sản phẩm được thể hiện tại Bảng 2.

tương đồng thịt động vật. Việc kéo dài thời gian lên 11 phút gây mềm quá mức, làm giảm cảm giác cơ học khi nhai. Do đó, thời gian luộc 9 phút được lựa chọn cho các thí nghiệm tiếp theo.

3.3. Kết quả tối ưu hóa tỉ lệ phối trộn nguyên liệu

Các giá trị thực nghiệm thu được từ ma trận thiết kế hỗn hợp được trình bày chi tiết tại Bảng 3. Dựa trên kết quả này, phân tích phương sai (ANOVA) được sử dụng để đánh giá độ tin cậy của mô hình thông qua các thông số hệ số xác định đã hiệu chỉnh (R^2 adjusted) và độ lệch chuẩn (SD) (Bảng 4). Mô hình và độ phù hợp có ý nghĩa thống kê hay không có ý nghĩa thống kê đối với các yếu tố thí nghiệm phụ thuộc giá trị p ($p < 0,01$: có ý nghĩa thống kê cao, $0,01 \leq p \leq 0,05$: có ý nghĩa thống kê, $p > 0,05$: không có ý nghĩa thống kê). Trong tất cả các chỉ tiêu phân tích, giá trị bậc tự do sai số (df_e) đều bằng 10.

Bảng 3. Đặc tính vật lý và mức độ chấp nhận của sản phẩm khi thay đổi tỉ lệ phối trộn nguyên liệu

Số thí nghiệm	A: Mít non (%)	B: SPI (%)	C: Gluten lúa mì (%)	Độ ẩm (%)	WHC (%)	Độ dai (N)	Độ cứng (N/cm ²)	OA
1	66,56	8,21	15,23	55,42	64,45	5,07	2,33	6,60
2	64,54	7,46	18,00	54,19	60,87	5,38	2,16	6,45
3	60,00	12,00	18,00	58,00	44,10	4,90	2,30	6,63
4	75,00	7,00	8,00	72,69	45,00	3,32	1,26	5,60
5	75,00	7,00	8,00	72,67	44,80	3,33	1,25	5,53
6	64,54	7,46	18,00	54,20	60,88	5,55	2,62	6,28
7	70,00	12,00	8,00	63,67	46,97	3,10	1,87	6,45
8	70,00	12,00	8,00	63,66	46,95	3,20	1,86	6,25
9	60,00	12,00	18,00	58,48	43,96	5,63	2,62	6,28
10	68,23	9,68	12,09	63,79	53,94	3,73	1,34	6,48
11	72,50	9,50	8,00	66,47	47,86	3,60	1,26	6,05
12	63,17	10,79	16,04	54,27	71,52	4,20	3,08	6,28
13	69,46	7,00	13,54	61,58	67,64	3,07	2,14	6,63
14	72,05	7,00	10,95	62,97	69,25	3,07	2,29	6,23
15	65,21	12,00	12,79	62,31	59,44	3,37	2,37	6,45
16	72,50	9,50	8,00	66,44	47,85	3,50	1,27	6,25

3.3.1. Độ ẩm

Kết quả phân tích từ mô hình hồi quy hỗn hợp bậc hai (Bảng 4) cho thấy tỉ lệ các thành phần nguyên liệu có tác động có ý nghĩa thống kê đến độ ẩm của sản phẩm thịt thực vật từ mít non ($p < 0,001$). Với hệ số xác định hiệu chỉnh (R^2 hiệu chỉnh) đạt

0,8983, mô hình thể hiện sự phù hợp cao với dữ liệu thực nghiệm. Phương trình hồi quy mô tả sự phụ thuộc của độ ẩm vào các thành phần nguyên liệu được xác lập như sau: $Y_{Đ\ddot{a}} = 71,94A + 85,44B + 46,88C$.

Bảng 4. Hệ số hồi quy của mô hình hỗn hợp bậc hai và các chỉ số đánh giá mô hình đối với các chỉ tiêu chất lượng

Hệ số hồi quy	Độ ẩm	WHC	Độ dai	Độ cứng	OA
β_A	71,94**	46,16*	3,24**	1,31*	5,69*
β_B	85,44**	35,90*	-9,06**	10,49*	6,75*
β_C	46,88**	28,60*	8,39**	2,30*	5,93*
β_{AB}	-54,63	17,17	17,85	-11,52	1,31
β_{AC}	-7,63	126,24*	-7,19*	2,62	2,64*
β_{BC}	-7,46	69,13	11,88	-10,97	0,56
Chỉ số đánh giá mô hình					
R^2 hiệu chỉnh	0,8983	0,6741	0,8384	0,6198	0,6381
Độ lệch chuẩn	1,90	5,69	0,3671	0,3582	0,1937

Các hệ số có ý nghĩa thống kê được đánh dấu sao trong bảng. (**): có ý nghĩa thống kê cao, $p < 0,001$; (*): có ý nghĩa thống kê, $p < 0,05$.

Từ phương trình và các hệ số hồi quy (Bảng 4), có thể thấy độ ẩm của sản phẩm không chịu ảnh hưởng có ý nghĩa bởi sự tương tác kép giữa các thành phần nguyên liệu ($p > 0,05$). Trong giới hạn khảo sát, độ ẩm sản phẩm dao động từ 54,19% đến 72,69%. Giá trị này đạt cực đại tại công thức

có hàm lượng mít non cao nhất (75%) và đạt cực tiểu khi hàm lượng gluten lúa mì tăng lên mức 18% (Bảng 3). Đồ thị bề mặt đáp ứng (Hình 1a) biểu diễn xu hướng tương quan thuận giữa độ ẩm và tỉ lệ mít non bổ sung. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với đặc tính lý hóa của hệ nguyên liệu, do mít

non có hàm lượng nước tự nhiên cao (85,72%, Bảng 1) so với các thành phần protein bột khô.

3.3.2. Khả năng giữ nước

Trong các sản phẩm thịt thực vật, WHC thể hiện hiệu quả hình thành mạng lưới gel protein, ảnh hưởng trực tiếp đến độ mong nước của sản phẩm (Hemamalini và cs., 2023). Kết quả phân tích phương sai chỉ ra rằng mô hình hồi quy bậc hai đối với chỉ tiêu WHC có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) với hệ số R^2 hiệu chỉnh = 0,6741. Dựa trên các hệ số có ý nghĩa thống kê (Bảng 4), phương trình hồi quy mô tả sự biến thiên của WHC được xác lập như sau: $Y_{WHC} = 46,16A + 35,90B + 28,60C + 126,24AC$.

Giá trị WHC của các mẫu khảo sát dao động từ 43,96% đến 71,52% (trung bình đạt 54,72%). Cấu trúc của phương trình cho thấy bên cạnh tác động đơn lẻ của từng thành phần (β_A, β_B và $\beta_C > 0$), khả năng giữ nước chịu ảnh hưởng mạnh bởi tương tác kép giữa mít non và gluten lúa mì ($\beta_{AC} = +126,24$; $p < 0,05$). Tác động hiệp đồng này được thể hiện rõ trên biểu đồ đường đồng mức (Hình 1b), khu vực đạt WHC cao tương ứng với tỉ lệ mít non ở mức 60 – 65%, kết hợp với hàm lượng gluten lúa mì từ trung bình đến cao. Ngược lại, vùng có hàm lượng mít cao nhưng gluten thấp cho giá trị WHC thấp nhất. Kết quả thống kê và thực nghiệm này khẳng định vai trò then chốt của gluten trong việc tạo lập khung cấu trúc ba chiều, giúp giữ lượng nước tự nhiên có sẵn trong nguyên liệu mít non.

3.3.3. Đặc tính cấu trúc (độ dai và độ cứng)

Trong thiết kế hỗn hợp này, tổng khối lượng nguyên liệu chiếm 90% ($A + B + C = 90\%$), 10% còn lại là các thành phần gia vị cố định. Sự biến thiên của các chỉ tiêu cơ học được phân tích dựa trên tỉ lệ và sự bù trừ lẫn nhau giữa ba thành phần cấu trúc chính này. Độ dai và độ cứng phản ánh lực cắt cần thiết để phá vỡ mạng lưới không

gian, đặc trưng cho kết cấu của sản phẩm thịt thực vật.

Về độ dai: Mô hình hồi quy cho độ dai đạt độ tin cậy cao với hệ số R^2 hiệu chỉnh = 0,8384. Phương trình hồi quy rút gọn được xác lập như sau: $Y_{\text{độ dai}} = 3,24A - 9,06B + 8,39C - 7,19AC$. Các hệ số hồi quy (Bảng 4) chỉ ra rằng gluten lúa mì đóng vai trò chủ đạo trong việc làm tăng độ dai của sản phẩm ($\beta_C = 8,39$; $p < 0,001$). Ngược lại, việc tăng tỉ lệ SPI có tác động làm giảm đáng kể độ dai của sản phẩm ($\beta_B = -9,06$; $p < 0,001$). Đồng thời, mô hình cũng ghi nhận tương tác đối kháng có ý nghĩa giữa mít non và gluten lúa mì ($\beta_{AC} = -7,19$; $p < 0,05$), cho thấy sự phối hợp của hai thành phần này ở tỉ lệ nhất định sẽ làm giảm độ dai tổng thể. Sự biến thiên này phù hợp với xu hướng quan sát được trên đồ thị bề mặt đáp ứng (Hình 1c) và tương đồng với nghiên cứu của Benković và cs. (2023).

Về độ cứng: Độ cứng trung bình của các mẫu khảo sát đạt 2,00 N/cm². Mô hình hồi quy mô tả độ cứng có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) với phương trình thiết lập: $Y_{\text{độ cứng}} = 1,31A + 10,49B + 2,30C$. Có thể thấy từ phương trình, cả ba thành phần nguyên liệu đều có hệ số tác động dương, tức là đều đóng góp vào việc hình thành khung độ cứng. Tuy nhiên, mức độ ảnh hưởng có sự chênh lệch lớn: SPI tạo ra độ cứng mạnh mẽ nhất ($\beta_B = 10,49$; $p < 0,05$), tiếp theo là gluten lúa mì ($\beta_C = 2,30$; $p < 0,05$), trong khi mít non có mức độ đóng góp vào sự gia tăng độ cứng thấp nhất ($\beta_A = 1,31$; $p < 0,05$).

Do tổng tỉ lệ ba thành phần không đổi, việc tăng hàm lượng mít non đồng nghĩa với việc giảm tỉ lệ của các protein tạo kết cấu mạnh (SPI và gluten lúa mì). Hệ quả của sự thay thế này là độ cứng tổng thể của sản phẩm giảm đi, thể hiện rõ ở vùng màu xanh dương trên Hình 1d (tỉ lệ mít non cao, độ cứng < 1,8 N/cm²). Điều này cho thấy vai trò của mít non trong việc duy trì trạng

thái kết cấu mềm cho mạng lưới thịt thực vật (Hamid và cs., 2020).

Bản chất lý hóa và xu hướng biến thiên của cả hai chỉ tiêu cơ học trên liên quan chặt chẽ đến cơ chế tương tác tạo gel của hệ protein, trong đó gluten lúa mì đóng vai trò then chốt để hình thành mạng lưới không gian vững chắc. Gluten chứa hai phân đoạn protein chính là gliadin (tạo độ mềm dẻo, độ nhớt) và glutenin (tạo khả năng đàn hồi, sức bền cơ học). Khi phối trộn trong điều kiện ép nén và gia nhiệt của quá trình chế biến, các cấu tử này tương tác mạnh mẽ tạo thành một mạng lưới protein liên tục với các liên kết chéo bền vững. Chính mạng lưới liên kết này không chỉ giải thích cho sự gia tăng độ dai và độ chắc (độ cứng) khi tăng tỉ lệ thành phần gluten trong mô hình toán học, mà còn giúp hệ sản phẩm định hình được tổ chức cơ học mô phỏng cấu trúc bó sợi liên tục đặc trưng của mô cơ thịt động vật (Chang và cs., 2018).

3.3.4. Mức độ chấp nhận tổng thể (OA)

OA phản ánh trực tiếp mức độ ưa thích và khả năng tiếp nhận của người tiêu dùng đối với cấu trúc, hương vị của sản phẩm (Sharma và cs., 2022). Khảo sát thực nghiệm cho thấy giá trị OA dao động từ 5,53 đến 6,63 trên thang điểm Hedonic 9 bậc, trong đó nghiệm thức đạt điểm cao nhất (nghiệm thức 13) và thấp nhất (nghiệm thức 5) có sự chênh lệch rõ rệt về tỉ lệ nguyên liệu.

Phân tích phương sai chứng minh mô hình hồi quy bậc hai đối với chỉ số OA có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) với độ phù hợp R^2 hiệu chỉnh = 0,6381. Phương trình mô tả chỉ tiêu này được xác định như sau: $Y_{OA} = 5,69A + 6,75B + 5,93C + 2,64AC$. Dựa trên các hệ số hồi quy, cả ba thành phần nguyên liệu đều tác động tích cực đến mức độ chấp nhận của sản phẩm. Trong đó, SPI có mức độ đóng góp nhiều nhất vào việc cải thiện

điểm OA ($\beta_B = 6,75; p < 0,05$). Đồng thời, mô hình cũng ghi nhận tương tác hiệp đồng có ý nghĩa giữa mít non và gluten lúa mì ($\beta_{AC} = 2,64; p < 0,05$), cho thấy việc phối trộn hai thành phần này tạo ra hiệu ứng tích cực đối với cảm nhận tổng thể.

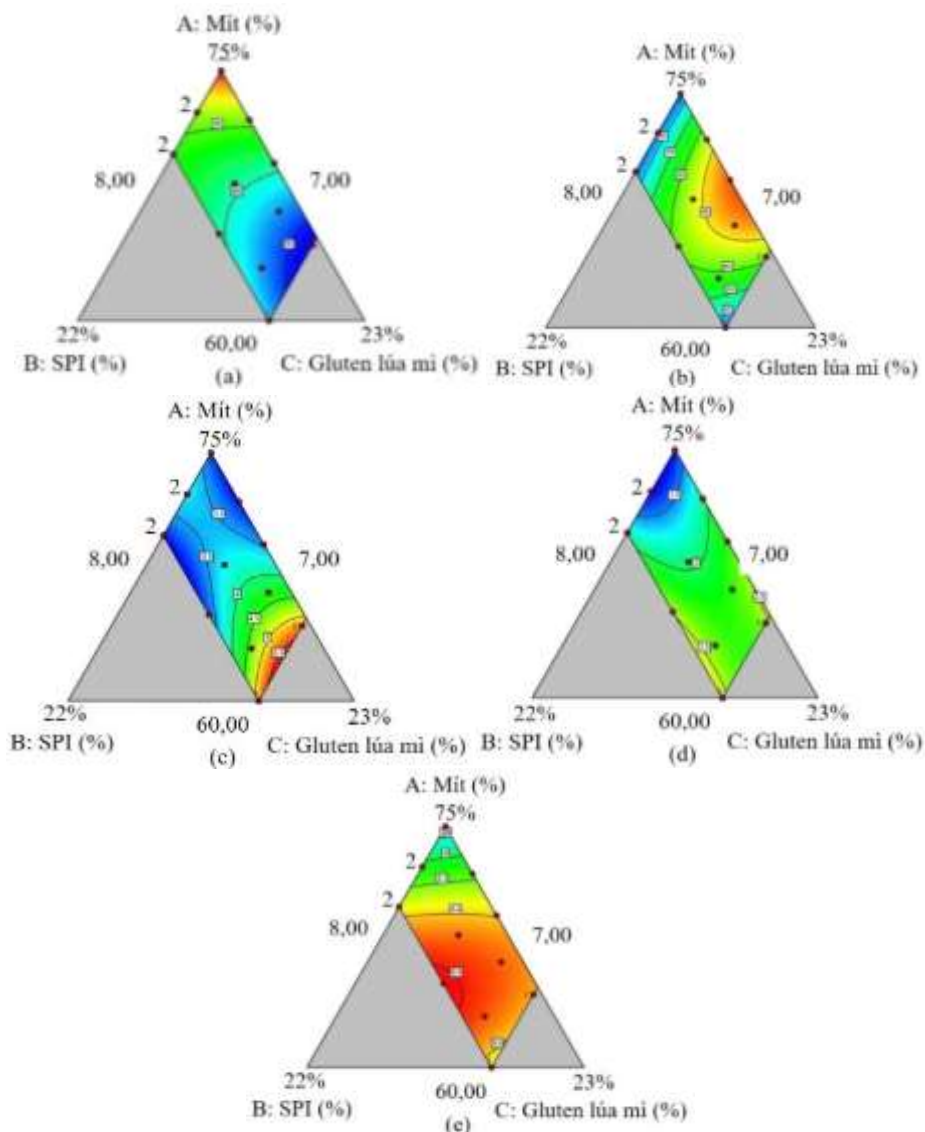
Xu hướng này được phản ánh rõ nét trên biểu đồ đường đồng mức (Hình 1e). Khu vực đạt mức độ chấp nhận cao nhất (vùng màu đỏ cam, $OA > 6,4$) tập trung tại vùng có tỉ lệ mít non giảm dần kết hợp với sự gia tăng của SPI và gluten lúa mì. Sự gia tăng hàm lượng các protein cấu trúc (đặc biệt là gluten) giúp hình thành mạng lưới dai, đàn hồi, mô phỏng thành công đặc tính nhai của thịt động vật (Botella-Martínez và cs., 2022). Ngược lại, khi tỉ lệ mít non quá cao (vùng đỉnh A màu xanh lá), điểm OA sụt giảm. Nguyên nhân là do hàm lượng chất xơ và độ ẩm tự nhiên lớn trong mít non đóng vai trò như chất độn, khi vượt ngưỡng tối ưu sẽ gây phân tán mạng lưới protein, làm suy giảm sự gắn kết của cấu trúc “giống thịt” (Fernández-López và cs., 2023). Kết quả tối ưu hóa cảm quan này hoàn toàn tương đồng với công bố của Hamid và cs. (2020) khi tác giả cũng ghi nhận mức độ chấp nhận cao nhất tại công thức cân bằng được lượng mít non (58%) và gluten (20%).

3.4. Tối ưu hóa đa mục tiêu và xác lập công thức sản phẩm

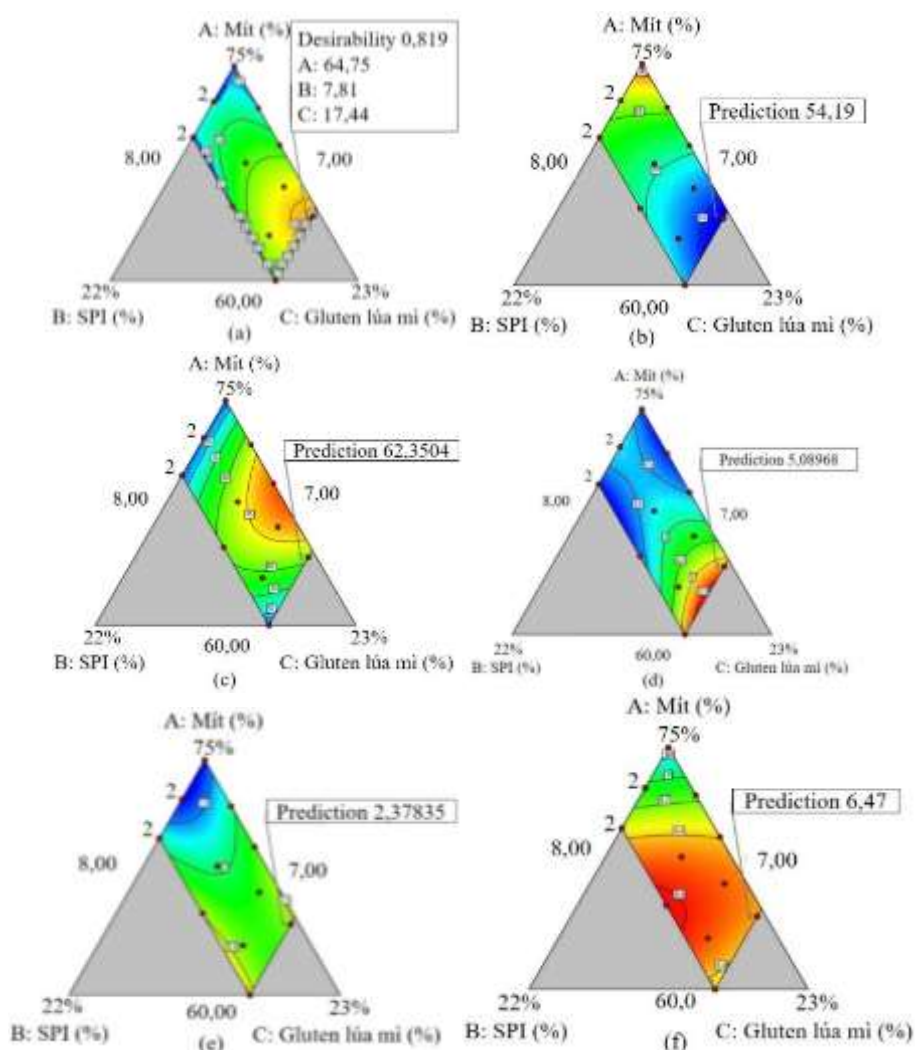
Dựa trên phương pháp bề mặt đáp ứng với thiết kế hỗn hợp D-optimal, các thông số phối trộn đã được tối ưu hóa nhằm đạt chất lượng sản phẩm tốt nhất. Kết quả xác lập được 5 giải pháp tiềm năng, trong đó giải pháp số 1 được lựa chọn với mức độ mong muốn (Desirability) cao nhất là 0,819 (Bảng 5). Công thức tối ưu được xác định bao gồm: 64,74% mít non, 7,82% SPI và 17,44% gluten lúa mì.

Bảng 5. Các giải pháp được tạo ra sau khi tối ưu hóa các ràng buộc của thiết kế thực nghiệm

Giải pháp số	Mít	SPI	Gluten lúa mì	Độ ẩm	WHC	Độ dai	Độ cứng	OA	Đánh giá mức độ mong muốn
1	64,74	7,82	17,44	54,19	62,34	5,09	2,38	6,47	0,819
2	64,58	7,42	18,00	53,45	61,30	5,24	2,46	6,44	0,816
3	63,75	8,25	18,00	53,53	58,84	5,48	2,32	6,44	0,806
4	63,34	8,66	18,00	53,70	57,59	5,56	2,28	6,43	0,794
5	63,04	8,96	18,00	53,87	56,66	5,60	2,26	6,43	0,782



Hình 1. Biểu đồ đường đồng mức giải thích tác động tương tác của các yếu tố gồm mít non, SPI, gluten lúa mì với các phản hồi: (a) Độ ẩm; b) WHC; (c) Độ dai; (d) Độ cứng; e) Mức độ chấp nhận tổng thể (OA)



Hình 2. Biểu đồ đường đồng mức thể hiện ảnh hưởng tương tác của các yếu tố phối trộn (mít non, SPI, gluten lúa mì) lên các biến đáp ứng: (a) Giá trị dự đoán tỉ lệ nguyên liệu (hàm mong đợi); (b) Độ ẩm; (c) Khả năng giữ nước (WHC); (d) Độ dai; (e) Độ cứng; (f) Mức độ chấp nhận tổng thể.

Biểu đồ đường đồng mức (Hình 2) trực quan hóa ảnh hưởng tương tác đồng thời của các yếu tố phối trộn lên các biến đáp ứng (độ ẩm, WHC, độ dai, độ cứng và OA). Các biểu đồ này được xây dựng dựa trên mô hình đã được kiểm chứng qua phân tích ANOVA, với các chỉ số tương thích (R^2 hiệu chỉnh) dao động từ 0,6198 đến 0,8983. Điều này khẳng định mô hình không chỉ phản ánh đúng xu hướng biến đổi của dữ liệu thực nghiệm mà còn có khả năng dự

đoán chính xác đối với các tổ hợp phối trộn trong toàn bộ không gian thiết kế.

Quan sát bề mặt đáp ứng, các đặc tính vật lý và cảm quan biến đổi rõ rệt theo tỷ lệ thành phần. Cụ thể, độ ẩm (Hình 2b) dự đoán đạt 54,19% tại điểm tối ưu, với giá trị thấp nhất tập trung ở vùng có hàm lượng mít non cao. Trong khi đó, khả năng giữ nước (WHC) (Hình 2c) đạt 62,35%, thể hiện xu hướng tăng mạnh khi tỷ lệ gluten lúa mì tăng.

Đối với các chỉ tiêu cấu trúc, độ dai (Hình 2d) dự đoán đạt 5,09 N và có xu hướng tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng gluten lúa mì. Ngược lại, độ cứng (Hình 2e) dự đoán đạt 2,38 N/cm², duy trì ở mức thấp khi kết hợp tỉ lệ mít non và SPI cao. Sự thay đổi các đặc tính cấu trúc và vật lý này có sự tương thích chặt chẽ với kết quả đánh giá cảm quan (Hình 2f). Điểm mức độ chấp nhận tổng thể (OA) dự đoán đạt 6,47, ghi nhận giá trị đánh giá cao nhất tại vùng phối trộn có sự gia tăng của gluten lúa mì và giảm SPI (Hình 2f). Thông qua biểu đồ hàm mong đợi (Hình 2a), tỉ lệ phối trộn tối ưu đã được xác định với hàm lượng mít non 64,75%, SPI 7,81% và gluten lúa mì 17,44%. Tại tọa độ này, giá trị Desirability đạt 0,819, giúp sản phẩm đồng thời thỏa mãn các chỉ tiêu khắt khe về cấu trúc vật lý và đạt mức độ chấp nhận cảm quan cao nhất.

3.5. Thí nghiệm kiểm chứng

Để đánh giá độ tin cậy của mô hình dự đoán, thí nghiệm kiểm chứng đã được tiến hành với công thức phối trộn tối ưu (64,74% mít non, 7,82% SPI và 17,44% gluten lúa mì). Kết quả so sánh giữa giá trị dự đoán từ phần mềm và giá trị thực nghiệm được trình bày tại Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả thí nghiệm kiểm chứng các tỉ lệ phối trộn được chọn từ thiết kế thí nghiệm tối ưu hóa

Chỉ tiêu	Dự đoán	Thí nghiệm kiểm chứng
Độ ẩm (%)	54,19	54,30
WHC (%)	62,34	62,73
Độ dai (N)	5,09	5,09
Độ cứng (N/cm ²)	2,38	2,43
OA	6,49	6,65

Kết quả thực nghiệm cho thấy sự sai lệch giữa giá trị dự báo và giá trị thực tế là không đáng kể. Điều này khẳng định mô hình hồi quy được thiết lập có độ tương

thích cao và hoàn toàn tin cậy để dự đoán các tính chất lý hóa cũng như giá trị cảm quan của sản phẩm thịt thực vật từ mít non.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã cho thấy tiềm năng của mít non ráo bản địa trong việc đa dạng hóa các nguồn nguyên liệu sản xuất thịt thực vật. Kết quả xác định thời gian luộc mít 9 phút đạt giá trị cảm quan và cấu trúc tốt nhất. Thông qua mô hình D-optimal, công thức phối trộn tối ưu được thiết lập gồm: 64,74% mít non, 17,44% gluten lúa mì và 7,82% SPI. Ở điều kiện này, sản phẩm đạt được sự hài hòa giữa khả năng giữ nước và độ dai, tạo kết cấu tốt. Đây là cơ sở khoa học quan trọng để phát triển các dòng thực phẩm protein xanh bền vững, góp phần nâng cao giá trị nông sản và đáp ứng xu hướng tiêu dùng thân thiện với môi trường.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế về điều kiện thực hiện và tài trợ kinh phí nghiên cứu trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu khoa học cấp cơ sở, mã số DHL2025-CKCN-02.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu tiếng Việt

Nguyễn Xuân An, Lê Đình Phùng, Lê Đức Thảo, Đinh Thị Bích Lân và Phùng Thăng Long. (2018). Chất lượng thịt và thành phần axit béo trong cơ thăn (*Musculus longissimus dorsi*) của các tổ hợp lợn lai. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp*, 2(3), 811 - 822.

2. Tài liệu tiếng nước ngoài

Ata, K. S., Shi, J. K., Yao, X., Hua, X. Y., Haldar, S., Chiang, J. H., & Wu, M. (2023). Predicting the textural properties of plant-based meat analogs with machine learning. *Foods*, 12(2), 344.

Benković, M., Tušek, A. J., Sokač Cvetnić, T., Jurina, T., Valinger, D., & Gajdoš Kljusurić, J. (2023). Overview of ingredients used for the production of plantbased meat analogues and their influence on the structural and textural characteristics of the final product.

- Gels, 9(12), 921. DOI: <https://doi.org/10.3390/gels9120921>.
- Botella-Martínez, C., Viuda-Martos, M., Fernández-López, J. A., PérezAlvarez, J. A., & Fernández-López, J. (2022). Development of plant-based burgers using gelled emulsions as fat source and beetroot juice as colorant. *LWT - Food Science and Technology*, 172(5), 114193. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114193>.
- Chiang, J. H., Loveday, S. M., Hardacre, A. K., & Parker, M. E. (2018). Effects of soy protein to wheat gluten ratio on the physicochemical properties of extruded meat analogues. *Food Structure*, 19, 100102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2018.11.002>.
- Choudhury, D., Singh, S., Seah, J. S. H., Yeo, D. C. L., & Tan, L. P. (2020). Commercialization of plant-based meat alternatives. *Trends in Plant Science*, 25(11), 1055 – 1058.
- Curtain, F., & Grafenauer, S. (2019). Plant-based meat substitutes in the flexitarian age: an audit of products on supermarket shelves. *Nutrients*, 11(11), 2 – 14. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11112603>
- Fernández-López, J., Ponce-Martínez, A. J., Rodríguez-Párraga, J., SolivellaPoveda, A. M., Fernández-López, J. A., Viuda-Martos, M., & Pérez-Alvarez, J. A. (2023). Beetroot juices as colorant in plant-based minced meat analogues. *Food Bioscience*, 56, 103156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103156>
- Hamid, M. A., Tsia, F. L. C., Okit, A. A. B., Xin, C. W., Cien, H. H., Harn, L. S., Patrick, P. N., Samirin, S., Azizi, W. A. A. W., Irfanian, A. & Yee, C. F. (2020). The application of jackfruit by-product on the development of healthy meat analogue. *Earth and Environmental Science*, 575, 1 – 7.
- Hemamalini, S., Perasiriyana, V., Mathanghi, S. K., Ramani, R. & Sunil Raj, S. (2023). Optimization of Young Jackfruit-Based Meat Analogue using Sensory Profile by D-Optimal Mixture Design. *Biological Forum – An International Journal*, 15(1), 92 – 100.
- Honikel, K. O. & Hamm, R. (1994). Measurement of water-holding capacity and juiciness. In: A. M. Pearson & T. R. Dutson (eds.), *Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products*. *Advances in Meat Research*, 9, 125 - 161.
- Jagadeesh, S. L., Reddy, B. S., Hegde, L. N., Swamy, G. S. K. & Raghavan, G. S. V. (2006). Value addition in jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Proceedings of the annual meeting of the ASABE*. DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.21509>.
- Khan, M. H. H., Molla, M. M., Sabuz, A. A., Chowdhury, M. G. F., Alam, M. & Biswas, M. (2021). Effect of processing and drying on quality evaluation of ready-to-cook jackfruit. *Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 7(2), 19 – 29.
- Kyriakopoulou, K., Dekkers, B. & van der Goot A. J. (2019). Plant-based meat analogues. In: Sustainable Meat Production and Processing (Charis M. Galanakis Eds). *Elsevier Inc*, 103 - 126.
- Kumar, P., Sharma, B. D., Kumar, R. R. & Kumar, A. (2012). Optimization of the level of wheat gluten in analogue meat nuggets. *The Indian Journal of Veterinary Research*, 21(1), 54 – 59.
- Mazumder, A. R., Panpipat, W., Chaijan, M., Shetty, K., & Rawdkuen, S. (2023). Role of plant protein on the quality and structure of meat analogs: A new perspective for vegetarian foods. *Future Foods*, 8, 1 – 14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100280>
- Nova, H. J. K., Lakshmy, P. S., Panjikkaran, S. T., Sharon, C. L., & Ayyoob, K. C. (2023). Standardization of meat analogues incorporated with tender jackfruit. *The Journal of Research Angraui*, 51(2), 59 – 67.
- Paranagama, I., Wickramasinghe, I., Somendrika, D., & Benaragama, K. (2022). Development of a vegan sausage with young green jackfruit, oyster mushroom, and coconut flour as an environmentally friendly product with cleaner production approach. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 11(4), 1 – 6.
- Ranasinghe, R. A. S. N., Maduwanthi, S. D. T., & Marapana, R. A. U. J. (2019). Nutritional and Health Benefits of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.): A Review. *International Journal of Food Science*, 2019, 1 – 12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/4327183>
- Sadhana, T., Pare, A., Bhuvana, S., & Jagan, M. R. (2019). Effect of soy-jackfruit flour blend

- on the properties of developed meat analogues using response surface methodology. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 7(2), 600 – 610.
- Sakai, K., Sato, Y., Okada, M., & Yamaguchi, S. (2021). Improved functional properties of meat analogs by laccase catalyzed protein and pectin crosslinks. *Scientific Reports*, 11(1), 1 – 10.
- Samutsri, W., & Thimthud, S. (2025). Optimizing Young Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Processing for Plant-Based Meatballs: Impact of Thermal Treatments on Quality Parameters and Organoleptic Properties. *International Journal of Food Science*, 2025, 1 – 11. DOI: <https://doi.org/10.1155/ijfo/2106508>
- Schreuders, F. K. G., Schlangen, M., Kyriakopoulou, K., Boom, R. M., & van der Goot, A. J. (2021). Texture methods for evaluating meat and meat analogue structures: A review. *Food Control*, 127, 108103.
- Sharma, A., Rawat, K., Jattan, P., Kumar, P., Tokusoglu, O., Kumar, P. & Singh, A. (2022). Formula refining through composite blend of soya, alfalfa, and wheat flour; A vegan meat approach. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(5), e15235.
- Thakur, S., Pandey, A. K., Verma, K., Shrivastava, A. & Singh, N. (2024). Plant-based protein as an alternative to animal proteins: a review of sources, extraction methods and applications. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(1), 488 – 497.