

## EVALUATION OF THE POTENTIAL OF WATER CALTROP (*TRAPA NATANS*) FLESH IN SANDWICH BREAD PRODUCTION

Phan Tan Khai<sup>1</sup>, Vo Nguyen Ngoc Han<sup>1</sup>, Nguyen Tuan Anh<sup>1</sup>, Nguyen Le Xuan Duy<sup>2</sup>, Tran Chi Nhan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Food and Biotechnology - Can Tho University

<sup>2</sup>Sai Gon – Bac Lieu Beer Joint Stock Company

| ARTICLE INFO               |           | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Received:                  | 21/3/2026 | This study aimed to evaluate the feasibility of incorporating water caltrop flesh as a partial substitute for wheat flour in sandwich bread. Water caltrop flesh was used to replace wheat flour at various ratios (0:100, 30:70, 40:60, 50:50, and 60:40, w/w). The resulting products were analyzed for their physicochemical properties, including hardness, elasticity, color, water activity, moisture content, and sensory attributes such as color, aroma, taste, and texture. The results indicated that a substitution ratio of 50:50 yielded the optimal product quality. At this level, the bread exhibited enhanced hardness ( $168.29 \pm 12.62$ and $1066.92 \pm 38.92$ gf for the crumb and crust, respectively) and elasticity ( $0.95 \pm 0.0056$ and $0.9138 \pm 0.0020$ for crumb and crust, respectively). Both the crust ( $L^* = 60.16 \pm 0.56$ , $a^* = 7.67 \pm 0.46$ , $b^* = 30.69 \pm 1.56$ ) and crumb ( $L^* = 68.38 \pm 0.31$ , $a^* = 2.08 \pm 0.06$ , $b^* = 16.26 \pm 1.23$ ) exhibited the characteristic color of water caltrop flesh. In addition, appropriate water activity ( $0.96 \pm 0.0005$ ) and moisture content ( $32.78 \pm 1.33\%$ ) were observed. Furthermore, the product at this substitution level achieved high sensory scores for color, texture, aroma, and taste ( $4.60 \pm 0.70$ , $4.80 \pm 0.42$ , $4.60 \pm 0.70$ , and $4.60 \pm 0.70$ , respectively), indicating good overall acceptability. |
| Revised:                   | 28/5/2026 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Published:                 | 29/5/2026 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| KEYWORDS                   |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Physicochemical properties |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Sensory evaluation         |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Substitution ratio         |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Water caltrop flesh        |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Sandwich bread             |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

## ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG THỊT CÚ ẤU (*TRAPA NATANS*) TRONG CHẾ BIẾN BÁNH MÌ SANDWICH

Phan Tấn Khải<sup>1</sup>, Võ Nguyễn Ngọc Hân<sup>1</sup>, Nguyễn Tuấn Anh<sup>1</sup>, Nguyễn Lê Xuân Duy<sup>2</sup>, Trần Chí Nhân<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm - ĐH Cần Thơ

<sup>2</sup>Công ty Cổ phần Bia Sài Gòn - Bạc Liêu

| THÔNG TIN BÀI BÁO          | TÓM TẮT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ngày nhận bài: 21/3/2026   | Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá khả năng ứng dụng thịt củ ấu trong quy trình chế biến bánh mì sandwich. Thịt củ ấu được sử dụng để thay thế bột mì trong công thức phối trộn với các tỷ lệ thịt củ ấu:bột mì khác nhau, bao gồm 0:100; 30:70; 40:60; 50:50 và 60:40. Các đặc tính vật lý như cấu trúc (độ cứng, độ đàn hồi), màu sắc ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ); hóa lý (độ ẩm, $a_w$ ) và giá trị cảm quan (màu sắc, mùi, vị và cấu trúc) của sản phẩm được đánh giá. Kết quả cho thấy ở tỷ lệ thịt củ ấu:bột mì 50:50, sản phẩm được cải thiện độ cứng ( $168,29 \pm 12,62$ và $1066,92 \pm 38,92$ g lực đối với ruột và vỏ sản phẩm, tương ứng) và độ đàn hồi ( $0,95 \pm 0,0056$ và $0,9138 \pm 0,0020$ đối với ruột và vỏ sản phẩm, tương ứng), vỏ ( $L^* = 60,16 \pm 0,56$ , $a^* = 7,67 \pm 0,46$ và $b^* = 30,69 \pm 1,56$ ) và ruột bánh mì ( $L^* = 68,38 \pm 0,31$ , $a^* = 2,08 \pm 0,06$ và $b^* = 16,26 \pm 1,23$ ) có màu sắc đặc trưng của thịt củ ấu với hoạt độ nước ( $0,96 \pm 0,0005$ ) và độ ẩm ( $32,78 \pm 1,33\%$ ) thích hợp. Bên cạnh đó, sản phẩm ở tỷ lệ này cũng được đánh giá cảm quan cao về màu sắc, trạng thái, mùi và vị ( $4,60 \pm 0,70$ ; $4,80 \pm 0,42$ ; $4,60 \pm 0,70$ và $4,60 \pm 0,70$ điểm, tương ứng). |
| Ngày hoàn thiện: 28/5/2026 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Ngày đăng: 29/5/2026       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| TỪ KHÓA                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Tính chất hóa lý           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Đánh giá cảm quan          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Tỷ lệ thay thế             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Thịt củ ấu                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Bánh mì sandwich           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.15152>

\* Corresponding author. Email: tcnhan@ctu.edu.vn

## 1. Giới thiệu

Bánh mì là một trong những loại thực phẩm được tiêu thụ phổ biến nhất trên thế giới. Trong đó, bánh mì sandwich có đặc trưng là ruột bánh mềm, vỏ bánh mỏng hơi giòn nhẹ và dạng hình khối vuông. Thành phần chính của bánh mì sandwich chủ yếu gồm protein gluten và tinh bột từ bột mì, trong khi hàm lượng chất xơ tương đối thấp [1]. Trong những năm gần đây, xu hướng nghiên cứu và phát triển các sản phẩm bánh mì có giá trị dinh dưỡng cao hơn thông qua việc bổ sung hoặc thay thế một phần bột mì bằng các nguyên liệu có nguồn gốc thực vật đã nhận được nhiều sự quan tâm. Amoah và cộng sự [2] cho rằng việc bổ sung hay sử dụng kết hợp các nguyên liệu thực vật vào công thức bánh mì có thể góp phần nâng cao giá trị dinh dưỡng cũng như các thành phần hoạt tính sinh học của sản phẩm. Đối với nguyên liệu giàu chất xơ, sản phẩm thường được cải thiện về đặc tính cấu trúc nhờ khả năng liên kết nước, tạo cấu trúc gel, tác dụng làm đặc và ổn định cấu trúc của chất xơ, từ đó nâng cao giá trị cảm quan và kéo dài thời gian bảo quản sản phẩm [3].

Củ ấu (*Trapa natans*) là một loại cây thủy sinh truyền thống được trồng và sử dụng phổ biến ở một số tỉnh thành ở Việt Nam. Trong đó, thịt củ ấu giàu giá trị dinh dưỡng với tiềm năng ứng dụng cao, hàm lượng carbohydrate đạt 71,55%, trong khi hàm lượng protein, chất xơ, tro và lipid lần lượt là 10,80%, 6,35%, 8,50% và 1,85%. Về thành phần khoáng chất, trong 100 g thịt, hàm lượng canxi, sắt và photpho lần lượt đạt 102,85 mg, 3,8 mg và 325 mg. Ngoài ra, thịt củ ấu cũng là nguồn cung cấp năng lượng đáng kể, với 115,52 kcal và 354,85 kcal khi tiêu thụ 100 g nguyên liệu tính trên căn bản ướt và khô, tương ứng [4]. Với hàm lipid thấp và chất xơ tương đối cao, thịt củ ấu được xem là nguồn nguyên liệu tiềm năng để sử dụng như một thành phần thay thế một phần bột mì trong các sản phẩm bánh nướng. Tuy nhiên, các nghiên cứu về ứng dụng thịt củ ấu trong chế biến bánh mì, đặc biệt là bánh mì sandwich, hiện còn rất hạn chế. Các công trình trước đây chủ yếu tập trung vào việc sử dụng các nguồn nguyên liệu giàu tinh bột hoặc chất xơ khác, trong khi dữ liệu về tỷ lệ thay thế tối ưu của thịt củ ấu, cũng như ảnh hưởng của nguyên liệu này đến đặc tính cấu trúc (độ nở, độ xốp), tính chất hóa lý và cảm quan của bánh mì sandwich vẫn chưa được làm rõ. Bên cạnh đó, chưa có nhiều nghiên cứu đánh giá một cách hệ thống mối quan hệ giữa mức độ thay thế bột mì bằng thịt củ ấu và khả năng hình thành mạng gluten trong quá trình lên men. Việc bổ sung hoặc thay thế bột mì bằng thịt củ ấu ở tỷ lệ cao có thể gây ra những ảnh hưởng bất lợi đến chất lượng bánh mì. Do thịt củ ấu giàu tinh bột và chất xơ nhưng không chứa gluten, sự thay thế quá mức có thể làm suy giảm cấu trúc mạng gluten, dẫn đến khả năng giữ khí kém trong quá trình lên men [5], [6]. Kết quả là bánh mì có thể giảm thể tích, cấu trúc ruột bánh trở nên đặc và độ xốp giảm [7]-[9]. Ngoài ra, màu sắc và mùi vị đặc trưng của thịt củ ấu cũng có thể ảnh hưởng đến chất lượng cảm quan và mức độ chấp nhận của người tiêu dùng khi sử dụng ở tỷ lệ cao [8]. Vì vậy, việc xác định tỷ lệ thịt củ ấu:bột mì thích hợp đóng vai trò quan trọng nhằm đạt được sự cân bằng giữa đặc tính cấu trúc và chất lượng cảm quan của sản phẩm. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này được tiến hành nhằm đánh giá ảnh hưởng của việc thay thế một phần bột mì bằng thịt củ ấu đến các đặc tính hóa lý, cấu trúc và cảm quan của bánh mì sandwich. Kết quả nghiên cứu còn góp phần nâng cao các đặc tính công nghệ và chất lượng cảm quan của sản phẩm. Đồng thời, nghiên cứu cũng cung cấp cơ sở khoa học cho việc khai thác và ứng dụng hiệu quả nguồn nguyên liệu thịt củ ấu trong phát triển các sản phẩm bánh mì có giá trị gia tăng.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Nguyên liệu và phụ gia

Củ ấu được thu mua tại cơ sở Sen Ấu Minh Thu, xã Lập Vò, tỉnh Đồng Tháp. Sau đó, nguyên liệu được vận chuyển đến phòng thí nghiệm, rửa sạch bằng nước để loại bỏ đất cát, tạp chất và bụi bẩn. Tiếp theo, củ ấu được tách vỏ thủ công, phần thịt củ ấu được rửa lại với nước thủy cục và hấp trực tiếp với hơi nước trong 25 phút. Sau quá trình hấp, nguyên liệu được làm ráo tự nhiên (độ ẩm đạt khoảng  $53,98 \pm 0,08\%$ ), nghiền và xay nhuyễn bằng máy xay (SHD 5112, Sunhouse, Trung Quốc) ở mức độ trung bình (mức 2) trong 10 phút nhằm thu được khối nguyên liệu đồng nhất sử dụng ngay cho các thí nghiệm tiếp theo.

Các nguyên liệu khác và phụ gia sử dụng gồm bột mì (Baker's Choice), sữa bột (Classy Foods), men bánh mì (saf-instant), đường tinh luyện (Biên Hòa Pure), muối iốt (Coop Select), sữa tươi không đường (Vinamilk), trứng gà, bơ lạt (TH True Butter).

## 2.2. Quy trình chế biến bánh mì sandwich

Thịt củ ấu được sử dụng để thay thế bột mì với các tỷ lệ lần lượt 30:70, 40:60, 50:50 và 60:40, đồng thời công thức truyền thống (100% bột mì) cũng được thực hiện như mẫu đối chứng. Cụ thể, sau khi xay nhuyễn, thịt củ ấu được phối trộn với bột mì với các tỷ lệ như bố trí thí nghiệm với tổng khối lượng là 200 g, sau đó lần lượt bổ sung men bánh mì (3 g), đường (20 g), sữa bột (10 g) và muối (0,5 g), nhào thủ công hỗn hợp trên đến khi thu được khối bột đồng nhất, tiếp tục, bổ sung sữa tươi (50 g) và trứng gà (23 g), và trộn đều hỗn hợp. Cuối cùng, bơ (20 g) được thêm vào hỗn hợp và tiếp tục trộn đều đến khi khối bột đạt trạng thái mịn và có độ đàn hồi ổn định. Khối bột được ủ lên men lần thứ nhất ở 30°C trong 45 phút, chia khối bột thành 3-4 phần nhỏ, ổn định khối bột trong 15 phút và tạo hình, sau đó ủ lên men lần hai ở 30°C trong 30 phút. Bánh được nướng ở 180°C trong 30 phút bằng lò nướng (ATO-CRL8076, Aqua, Trung Quốc) và làm nguội tự nhiên ở nhiệt độ phòng. Các mẫu bánh mì sandwich được đánh giá về các chỉ tiêu cảm quan và một số đặc tính lý hóa nhằm xác định tỷ lệ thay thế phù hợp.

## 2.3. Phương pháp phân tích

Độ cứng và độ đàn hồi của sản phẩm được xác định bằng máy phân tích cấu trúc (TA-XT plus, Stable Micro Systems, Anh), sử dụng đầu đo SMS/25, với tốc độ đầu đo 3 mm/s, độ biến dạng 40% và thời gian nghỉ giữa hai chu kỳ đo là 5 giây. Trước khi tiến hành đo, mẫu bánh được làm nguội hoàn toàn đến nhiệt độ phòng, thường ít nhất từ 1-2 giờ sau khi nướng, nhằm đảm bảo độ ổn định của cấu trúc sản phẩm [5].

Các giá trị màu sắc ( $L^*$ ,  $a^*$  và  $b^*$ ) của sản phẩm được xác định bằng máy đo màu (WR10QC, Trung Quốc) theo hệ màu CIELAB. Quá trình xác định màu sắc được thực hiện trên cả vỏ bánh và ruột bánh, trong đó:  $L^*$  biểu thị mức độ sáng, dao động từ đen đến trắng;  $a^*$  biểu thị sắc thái màu từ xanh lục đến đỏ; và  $b^*$  biểu thị sắc thái màu từ xanh dương đến vàng.

Hoạt độ nước ( $a_w$ ) được xác định bằng thiết bị đo hoạt độ nước Aqualab TDL (Meter Group, Hoa Kỳ). Độ ẩm được xác định theo phương pháp của AOAC 950.46.

**Bảng 1. Bảng mô tả các thuộc tính cảm quan**

| Chỉ tiêu          | Điểm | Yêu cầu                                                                                                                                  |
|-------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Màu sắc</b>    | 5    | Vỏ vàng nâu đồng đều, bề mặt đẹp, ruột vàng nhạt đồng đều, đặc trưng sản phẩm                                                            |
|                   | 4    | Vỏ vàng nâu hơi đậm hoặc hơi nhạt, ruột vàng nhạt hơi đậm hoặc hơi nhạt, tương đối đồng đều                                              |
|                   | 3    | Vỏ nâu đậm hoặc nâu nhạt chưa đồng đều, ruột nâu nhạt chưa đồng đều                                                                      |
|                   | 2    | Vỏ nâu rất đậm hoặc rất nhạt, ruột nâu rất đậm hoặc rất nhạt                                                                             |
|                   | 1    | Vỏ trắng, cháy sém hoặc có dấu hiệu khét, ruột trắng, nhạt, không đặc trưng                                                              |
| <b>Trạng thái</b> | 5    | Vỏ mềm, xốp vừa, đàn hồi tốt, cấu trúc ổn định, đặc trưng sản phẩm, ruột xốp vừa, mềm, đàn hồi tốt, cấu trúc ổn định, đặc trưng sản phẩm |
|                   | 4    | Vỏ mềm, hơi xốp, đàn hồi tương đối, ruột mềm, hơi xốp, đàn hồi tương đối                                                                 |
|                   | 3    | Vỏ hơi cứng hoặc hơi bở, ruột hơi cứng hoặc hơi bở                                                                                       |
|                   | 2    | Vỏ quá cứng hoặc quá bở, ruột quá cứng hoặc quá bở, cấu trúc kém ổn định                                                                 |
|                   | 1    | Vỏ rất cứng, bở hoặc nhão, ruột quá cứng, quá bở hoặc nhão, không chấp nhận được                                                         |
| <b>Mùi</b>        | 5    | Mùi thơm hài hòa, đặc trưng của củ ấu                                                                                                    |
|                   | 4    | Mùi thơm rõ rệt, đậm mùi củ ấu nhưng chưa hài hòa hoàn toàn                                                                              |
|                   | 3    | Mùi thơm nhẹ, vẫn nhận thấy mùi củ ấu nhưng chưa rõ rệt                                                                                  |
|                   | 2    | Mùi nhạt, khó nhận biết mùi củ ấu, có thể lẫn mùi nguyên liệu chưa xử lý tốt                                                             |
|                   | 1    | Mùi lạ rõ rệt, mùi tanh, khét hoặc mùi khó chịu                                                                                          |
| <b>Vị</b>         | 5    | Vị ngọt nhẹ tự nhiên của củ ấu, hài hòa, hậu vị dễ chịu, đặc trưng cho sản phẩm                                                          |
|                   | 4    | Vị ngọt tự nhiên, rõ đặc trưng củ ấu, hậu vị tương đối                                                                                   |
|                   | 3    | Vị nhạt, cảm nhận mùi vị củ ấu nhẹ, chưa cân đối                                                                                         |
|                   | 2    | Vị rất nhạt, hậu vị kém, ít đặc trưng, có thể hơi lạ                                                                                     |
|                   | 1    | Vị lạ, không chấp nhận được                                                                                                              |

Các thuộc tính cảm quan (màu sắc, trạng thái, mùi, vị) được đánh giá theo phương pháp cho điểm theo TCVN 3215-79 với sự tham gia của 10 cảm quan viên đã được huấn luyện. Mỗi chỉ tiêu được đánh giá theo thang điểm 5 (từ 1 đến 5) và được mô tả như Bảng 1. Quá trình đánh giá được thực hiện trong phòng cảm quan riêng biệt, đảm bảo điều kiện ánh sáng trắng đồng đều, không có mùi lạ và hạn chế tối đa các yếu tố gây nhiễu. Các mẫu được mã hóa ngẫu nhiên và trình bày theo thứ tự ngẫu nhiên nhằm đảm bảo thử mù. Mẫu được phục vụ ở cùng điều kiện nhiệt độ phòng và cảm quan viên được cung cấp nước lọc nhằm thanh vị giữa các lần đánh giá.

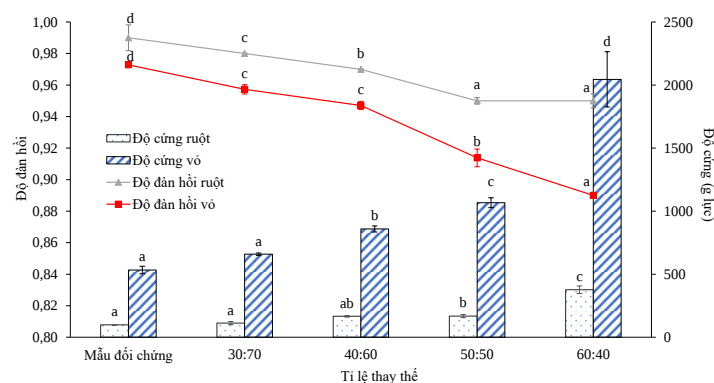
#### 2.4. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

Kết quả được phân tích về mối tương quan Pearson, phương sai (ANOVA) và kiểm định sự khác biệt ít có ý nghĩa nhất (LSD) ở độ tin cậy 95% bằng phần mềm Statgraphics Centurion (phiên bản 19.1, Statgraphics Technologies, Inc., Virginia). Số liệu được trình bày dưới dạng trung bình  $\pm$  độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ thịt củ ấu:bột mì đến đặc tính cấu trúc của sản phẩm

Độ cứng của ruột bánh mì sandwich tăng đáng kể khi tỷ lệ thay thế bột mì bằng thịt củ ấu tăng (Hình 1). Cụ thể, độ cứng tăng từ  $98,11 \pm 2,70$  g lực ở mẫu đối chứng lên  $112,25 \pm 12,28$  g lực (30:70),  $166,18 \pm 6,84$  g lực (40:60),  $168,29 \pm 12,62$  g lực (50:50) và đạt giá trị cao nhất  $377,04 \pm 30,19$  g lực ở tỷ lệ 60:40, khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ). Nguyên nhân chủ yếu có thể do sự suy giảm hàm lượng gluten khi bột mì được thay thế bởi thịt củ ấu không chứa gluten, làm hạn chế khả năng hình thành mạng lưới gluten ba chiều và giảm khả năng giữ khí của khối bột [6]. Hệ quả là cấu trúc ruột bánh trở nên đặc hơn và độ cứng tăng. Xu hướng tương tự cũng được ghi nhận khi bổ sung các loại bột giàu tinh bột khác như bột khoai tây hoặc bột khoai lang [7]. Trái với sự gia tăng độ cứng, độ đàn hồi của ruột bánh lại có xu hướng giảm khi tỷ lệ thay thế tăng. Giá trị độ đàn hồi giảm từ  $0,99 \pm 0,0009$  ở mẫu đối chứng xuống lần lượt  $0,98 \pm 0,0030$ ;  $0,97 \pm 0,0026$ ;  $0,95 \pm 0,0056$  và  $0,95 \pm 0,0001$  tương ứng với các tỷ lệ thay thế 30:70, 40:60, 50:50 và 60:40 ( $p < 0,05$ ). Sự suy giảm này có thể liên quan đến sự thay đổi thành phần protein và sự gián đoạn của mạng gluten trong khối bột nhào. Nghiên cứu của Atudorei và cộng sự [8] cho thấy xu hướng tương tự, khi tăng tỷ lệ thay thế bột mì bằng bột đậu nành (0-20%) đã làm tăng độ cứng ( $9,01 \pm 3,06 - 20,34 \pm 1,04$  N), đồng thời làm giảm độ đàn hồi ( $0,82 \pm 0,03 - 0,54 \pm 0,03$ ) của sản phẩm, nguyên nhân được giải thích chủ yếu bởi sự thay thế gluten bằng nguyên liệu giàu protein làm giảm các liên kết đàn hồi trong mạng gluten và dẫn đến giảm độ đàn hồi của sản phẩm.



**Hình 1.** Độ cứng và độ đàn hồi của bánh mì sandwich ở các tỷ lệ khác nhau

Các chữ cái khác nhau trong từng chỉ tiêu thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê,  $p < 0,05$ .

Đối với vỏ sản phẩm, kết quả cũng cho thấy độ cứng tăng theo tỷ lệ thịt củ ấu sử dụng. Giá trị này tăng từ  $533,52 \pm 29,55$  g lực ở mẫu đối chứng lên  $658,53 \pm 10,31$  g lực (30:70),  $859,30 \pm 24,23$  g lực (40:60),  $1066,92 \pm 38,92$  g lực (50:50) và đạt  $2045,27 \pm 219,13$  g lực ở tỷ lệ 60:40 ( $p$

< 0,05). Tương tự, sự gia tăng độ cứng của vỏ cũng được giải thích bởi cơ chế gia tăng độ cứng của ruột sản phẩm [6]. Thịt củ ấu chứa một lượng protein nhất định, với hàm lượng dao động khoảng 1,7 - 4,4% [4]. Mặc dù hàm lượng này không cao, sự hiện diện của protein vẫn có thể ảnh hưởng đến đặc tính cấu trúc của sản phẩm. Bên cạnh đó, độ đàn hồi của vỏ sản phẩm giảm đáng kể khi tỷ lệ thịt củ ấu tăng, từ  $0,9728 \pm 0,0082$  ở mẫu đối chứng xuống  $0,8900 \pm 0,0044$  ở tỷ lệ 60:40. Điều này cho thấy khả năng phục hồi cấu trúc của vỏ bánh giảm khi hàm lượng gluten trong công thức giảm. Xu hướng này tương tự với các nghiên cứu khi thay thế bột mì bằng các loại bột giàu tinh bột khác như bột khoai lang, trong đó sự gia tăng tỷ lệ bột thay thế làm giảm độ đàn hồi của sản phẩm [9]. Ngoài ra, Moore và cộng sự [10] cũng ghi nhận rằng các sản phẩm bánh mì không chứa gluten thường có độ đàn hồi thấp hơn đáng kể so với bánh mì truyền thống.

### 3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ thịt củ ấu:bột mì đến các giá trị màu sắc của sản phẩm

Kết quả ở Bảng 2 cho thấy giá trị  $L^*$  của vỏ bánh giảm dần khi tỷ lệ thịt củ ấu tăng, từ  $65,96 \pm 0,73$  ở mẫu đối chứng xuống  $40,27 \pm 0,45$  ở tỷ lệ 60:40, với sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ). Xu hướng giảm độ sáng này phản ánh ảnh hưởng của việc thay thế bột mì bằng nguyên liệu củ ấu có màu tự nhiên sẫm hơn. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây, trong đó việc bổ sung hay thay thế các nguyên liệu không phải bột mì, đặc biệt là nguyên liệu giàu chất xơ, làm giảm độ sáng và khiến sản phẩm có màu sẫm hơn so với bánh mì từ bột mì tinh chế [11]. Sự hiện diện của chất xơ (3,02%) cùng các hợp chất tự nhiên trong thịt củ ấu cũng góp phần làm thay đổi đặc tính màu của sản phẩm [12]. Bên cạnh đó, các thành phần trong thịt củ ấu cũng tham gia vào các phản ứng maillard và caramel hóa trong điều kiện nhiệt độ nướng cao, làm gia tăng sắc vàng-nâu của sản phẩm [13], [14]. Điều này được thể hiện qua giá trị  $b^*$  của vỏ bánh với giá trị tăng từ  $21,07 \pm 0,73$  ở mẫu đối chứng lên  $36,55 \pm 4,72$  ở tỷ lệ 60:40 ( $p < 0,05$ ), cho thấy xu hướng vàng đậm hơn khi tăng hàm lượng thịt củ ấu. Ngược lại, giá trị  $a^*$  giảm từ  $12,27 \pm 0,23$  xuống  $6,82 \pm 0,33$ , cho thấy cường độ sắc đỏ của vỏ bánh giảm theo tỷ lệ thay thế. Nhìn chung, sự thay đổi màu sắc của bánh mì là kết quả của sự kết hợp giữa màu ban đầu của thịt củ ấu (ảnh hưởng chủ yếu đến giá trị  $L^*$ ) và các phản ứng hóa nâu trong quá trình nướng (ảnh hưởng rõ đến giá trị  $b^*$ ). Ở tỷ lệ 60:40, sự suy giảm mạnh của giá trị  $L^*$  cho thấy màu vỏ bánh trở nên sẫm đáng kể, có thể ảnh hưởng đến mức độ chấp nhận cảm quan. Trong khi đó, ở tỷ lệ 50:50, các chỉ tiêu màu sắc vẫn nằm trong khoảng đặc trưng của sản phẩm bánh mì sandwich, đồng thời cho phép tăng tỷ lệ sử dụng thịt củ ấu trong công thức.

**Bảng 2.** Màu sắc của vỏ và ruột bánh mì sandwich khi thay thế thịt củ ấu ở các tỉ lệ khác nhau

| Tỉ lệ (%) | Màu sắc của vỏ     |                    |                       | Màu sắc của ruột   |                   |                       |
|-----------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
|           | $L^*$              | $a^*$              | $b^*$                 | $L^*$              | $a^*$             | $b^*$                 |
| Đối chứng | $65,96 \pm 0,73^d$ | $12,27 \pm 0,23^d$ | $21,07 \pm 0,73^a$    | $71,87 \pm 0,74^d$ | $2,22 \pm 0,02^a$ | $14,77 \pm 0,37^a$    |
| 30:70     | $64,24 \pm 1,56^c$ | $11,61 \pm 0,59^d$ | $22,78 \pm 0,88^{ab}$ | $70,38 \pm 0,80^c$ | $2,17 \pm 0,14^a$ | $15,00 \pm 0,20^{ab}$ |
| 40:60     | $63,80 \pm 0,42^c$ | $9,83 \pm 0,47^c$  | $25,83 \pm 1,18^b$    | $70,01 \pm 1,25^c$ | $2,11 \pm 0,17^a$ | $15,92 \pm 0,74^{bc}$ |
| 50:50     | $60,16 \pm 0,56^b$ | $7,67 \pm 0,46^b$  | $30,69 \pm 1,56^c$    | $68,38 \pm 0,31^b$ | $2,08 \pm 0,06^a$ | $16,26 \pm 1,23^c$    |
| 60:40     | $40,27 \pm 0,45^a$ | $6,82 \pm 0,33^a$  | $36,55 \pm 4,72^d$    | $60,65 \pm 0,62^a$ | $2,06 \pm 0,13^a$ | $20,63 \pm 1,03^d$    |

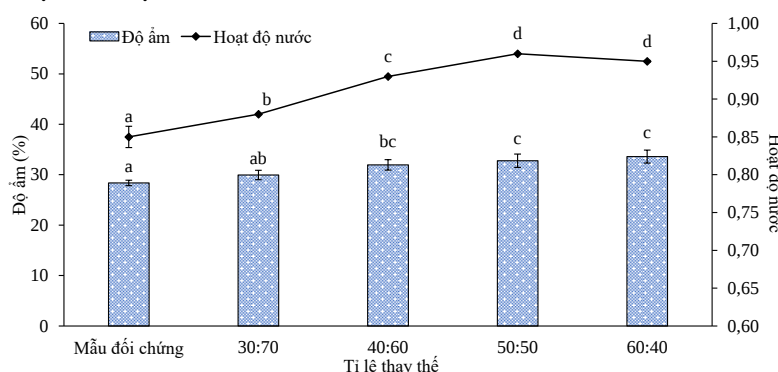
Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê,  $p < 0,05$ .

Kết quả ở Bảng 2 cũng cho thấy việc thay thế một phần bột mì bằng thịt củ ấu cũng làm thay đổi các chỉ tiêu màu sắc của ruột bánh mì sandwich. Giá trị  $L^*$  giảm từ  $71,87 \pm 0,74$  ở mẫu đối chứng xuống  $60,65 \pm 0,62$  ở tỷ lệ 60:40 ( $p < 0,05$ ), cho thấy ruột bánh có xu hướng sẫm màu hơn khi tăng hàm lượng thịt củ ấu. Xu hướng này tương tự với các nghiên cứu trước đây khi bổ sung nguyên liệu thay thế bột mì, chẳng hạn như cám lúa mì làm giảm độ sáng của ruột bánh mì [9], [15]. Giá trị  $a^*$  của ruột bánh giảm nhẹ từ  $2,22 \pm 0,02$  ở mẫu đối chứng xuống  $2,06 \pm 0,13$  ở tỷ lệ 60:40, mặc dù kết quả ghi nhận sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ( $p > 0,05$ ), cường độ màu đỏ của ruột sản phẩm có xu hướng giảm nhẹ khi tăng tỷ lệ thịt củ ấu. Ngược lại, cường độ sắc vàng của ruột bánh tăng theo sự gia tăng của tỷ lệ sử dụng thịt củ ấu trong công thức phối trộn, giá trị  $b^*$  tăng từ  $14,77 \pm 0,37$  ở mẫu đối chứng lên  $20,63 \pm 1,03$  ở tỷ lệ 60:40, khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ).

Nhìn chung, sự thay đổi của các giá trị  $L^*$ ,  $a^*$  và  $b^*$  ở cả vỏ và ruột bánh phản ánh sự biến đổi đặc tính màu của sản phẩm khi thay thế bột mì bằng thịt củ ấu, dưới tác động kết hợp của sắc tố tự nhiên trong nguyên liệu và các phản ứng hóa nâu trong quá trình nướng.

### 3.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ thịt củ ấu:bột mì đến độ ẩm và hoạt độ nước của sản phẩm

Sự thay đổi độ ẩm và hoạt độ nước ( $a_w$ ) của bánh mì sandwich khi tăng tỷ lệ thay thế bột mì bằng thịt củ ấu được thể hiện ở Hình 2.



**Hình 2.** Độ ẩm và hoạt độ nước của bánh mì sandwich ở các tỷ lệ khác nhau

Các chữ cái khác nhau trong từng chỉ tiêu thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê,  $p < 0,05$ .

Kết quả cho thấy độ ẩm của bánh mì tăng từ  $28,38 \pm 0,54$  ở mẫu đối chứng lên  $29,94 \pm 0,92$  và  $31,95 \pm 1,03$  ở các tỷ lệ 30:70 và 40:60, tương ứng. Ở tỷ lệ thay thế 50:50 và 60:40, độ ẩm tiếp tục tăng lên lần lượt  $32,78 \pm 1,33$  và  $33,59 \pm 1,29$ , tuy nhiên, khác biệt không có ý nghĩa thống kê ( $p > 0,05$ ). Xu hướng gia tăng này được giải thích bởi khả năng hấp thụ và giữ nước của thịt củ ấu, liên quan đến hàm lượng polysaccharide và chất xơ với khả năng liên kết nước hiệu quả. Đồng thời, quá trình hồ hóa tinh bột trong giai đoạn hấp nguyên liệu làm phá vỡ cấu trúc tinh thể, chuyển sang dạng vô định hình, tạo điều kiện thuận lợi cho nước xâm nhập và liên kết với các phân tử tinh bột, từ đó nâng cao khả năng giữ nước của hệ bột [16], [17]. Sự hiện diện của chất xơ trong hệ bột nhào cũng được ghi nhận có ảnh hưởng đến tính chất lưu biến và khả năng giữ nước của sản phẩm bánh mì [18]. Bên cạnh đó,  $a_w$  của sản phẩm cũng cho thấy xu hướng tăng theo tỷ lệ thay thế,  $a_w$  tăng từ  $0,8505 \pm 0,0142$  ở mẫu đối chứng lên  $0,8846 \pm 0,0001$  ở tỷ lệ 30:70 và đạt khoảng  $0,9314 \pm 0,0001$  ở tỷ lệ 40:60 ( $p < 0,05$ ). Khi tiếp tục tăng tỷ lệ thay thế thịt củ ấu đến tỷ lệ 50:50 và 60:40,  $a_w$  tăng lần lượt đến  $0,9471 \pm 0,0006$  và  $0,9542 \pm 0,0012$ , tuy nhiên,  $a_w$  ở hai tỷ lệ này khác biệt không có ý nghĩa thống kê ( $p > 0,05$ ). Sự ổn định này có thể liên quan đến sự thay đổi cấu trúc mạng lưới gluten khi hàm lượng thịt củ ấu thay thế quá cao, làm hạn chế khả năng giữ nước tối đa của hệ bột. Giá trị  $a_w$  cao là điều kiện thuận lợi cho vi sinh vật phát triển, tuy nhiên, đây là thông số đặc trưng phổ biến của bánh mì tươi. Trong thực tế, sản phẩm thường được tiêu thụ nhanh hoặc bảo quản bằng bao gói kín hay làm lạnh, khi đó, ảnh hưởng của  $a_w$  cao có thể được kiểm soát. Vì vậy, dù việc bổ sung thịt củ ấu làm tăng  $a_w$ , điều này không ảnh hưởng đáng kể đến khả năng ứng dụng, đồng thời còn góp phần cải thiện độ ẩm, cấu trúc và hương vị đặc trưng của sản phẩm.

### 3.4. Ảnh hưởng của tỷ lệ thịt củ ấu:bột mì đến giá trị cảm quan của sản phẩm

**Bảng 3.** Giá trị cảm quan của bánh mì sandwich ở các tỷ lệ khác nhau

| Tỷ lệ (%)     | Màu sắc               | Trạng thái           | Mùi                  | Vị                   |
|---------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Mẫu đối chứng | $3,70 \pm 0,48^a$     | $3,80 \pm 0,63^a$    | $3,80 \pm 0,63^a$    | $3,90 \pm 0,74^a$    |
| 30:70         | $3,90 \pm 0,88^{ab}$  | $4,30 \pm 1,25^{ab}$ | $3,90 \pm 0,57^{ab}$ | $4,20 \pm 0,79^{ab}$ |
| 40:60         | $4,40 \pm 0,52^{bc}$  | $4,60 \pm 0,69^b$    | $4,30 \pm 0,95^{ab}$ | $4,50 \pm 0,71^{ab}$ |
| 50:50         | $4,60 \pm 0,70^c$     | $4,80 \pm 0,42^b$    | $4,60 \pm 0,70^b$    | $4,60 \pm 0,70^b$    |
| 60:40         | $4,30 \pm 0,82^{abc}$ | $4,20 \pm 0,91^{ab}$ | $3,90 \pm 1,10^{ab}$ | $4,10 \pm 0,31^{ab}$ |

Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê,  $p < 0,05$ .

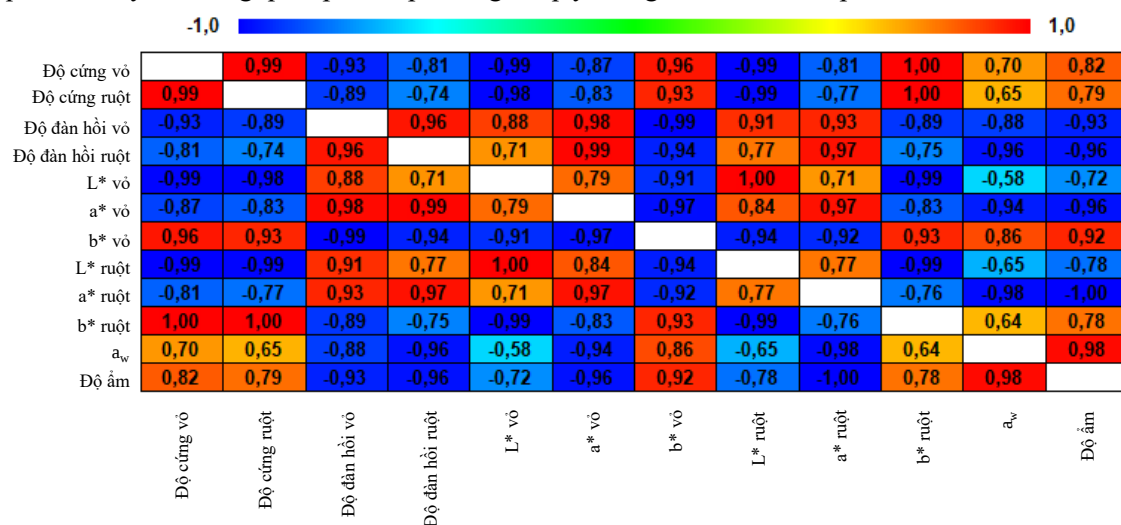
Kết quả ở Bảng 3 cho thấy việc thay thế bột mì bằng thịt củ ấu có ảnh hưởng tích cực đến giá trị cảm quan của bánh mì sandwich. Nhìn chung, điểm cảm quan của các thuộc tính (màu sắc, trạng thái, mùi và vị) có xu hướng tăng khi tỷ lệ thay thế tăng từ 30:70 đến 50:50, sau đó giảm nhẹ không có ý nghĩa thống kê ở tỷ lệ thay thế 60:40.

Đối với chỉ tiêu màu sắc, điểm cảm quan tăng từ  $3,70 \pm 0,48$  điểm ở mẫu đối chứng lên  $4,60 \pm 0,70$  điểm tại tỷ lệ thay thế 50:50. Mặc dù bánh mì từ 100% bột mì (mẫu đối chứng) thường có màu sáng đặc trưng, việc bổ sung thịt củ ấu đã làm thay đổi thuộc tính màu sắc của sản phẩm do ảnh hưởng kết hợp của màu tự nhiên từ nguyên liệu và các phản ứng hóa nâu trong quá trình nướng, sản phẩm có màu sắc đặc trưng của thành phần củ ấu bổ sung. Ở tỷ lệ thay thế trung bình (50:50), màu sắc của bánh vẫn duy trì sự hài hòa và đồng đều, góp phần nâng cao mức độ chấp nhận cảm quan. Xu hướng này phù hợp với kết quả phân tích màu sắc đã trình bày ở Bảng 2, trong đó sự gia tăng giá trị  $b^*$  có liên quan đến phản ứng maillard và caramel hóa ở nhiệt độ cao [13], [14]. Tuy nhiên, khi tỷ lệ này tăng lên 60:40, màu sắc sản phẩm trở nên sẫm hơn (giảm giá trị  $L^*$ ), dẫn đến điểm cảm quan màu sắc cũng giảm tương ứng. Bên cạnh đó, điểm cảm quan về trạng thái tăng dần và đạt giá trị cao nhất ở tỷ lệ 50:50 ( $4,80 \pm 0,42$  điểm), cho thấy cấu trúc sản phẩm thích hợp và độ xốp được cải thiện so với các nghiệm thức khác. Kết quả này có thể được giải thích bởi khả năng giữ nước của nguyên liệu củ ấu, liên quan đến hàm lượng polysaccharide, chất xơ và mức độ hồ hóa tinh bột, giúp tăng khả năng liên kết nước và duy trì độ ẩm của sản phẩm [16], [18]. Tuy nhiên, khi tiếp tục tăng tỷ lệ thay thế lên 60:40, điểm trạng thái có xu hướng giảm nhẹ ( $4,20 \pm 0,91$  điểm) do sự suy giảm của mạng lưới gluten khi bột mì bị thay thế ở mức cao, làm ảnh hưởng đến khả năng giữ khí và cấu trúc xốp của bánh. Đối với mùi và vị, điểm cảm quan cũng tăng dần theo tỷ lệ thay thế và đạt giá trị cao nhất ở tỷ lệ 50:50, đạt  $4,60 \pm 0,70$  điểm ở cả hai thuộc tính cảm quan. Điều này cho thấy việc thay thế bột mì bằng thịt củ ấu ở mức độ phù hợp có thể cải thiện hương vị đặc trưng của sản phẩm đồng thời hình thành các hợp chất tạo hương trong quá trình gia nhiệt. Tuy nhiên, khi tỷ lệ thay thế tăng lên cao hơn (60:40), điểm mùi ( $3,90 \pm 1,10$  điểm) và vị ( $4,10 \pm 0,31$  điểm) có xu hướng giảm nhẹ, có thể do sự mất cân bằng hương vị khi hàm lượng nguyên liệu thay thế quá cao. Nhìn chung, kết quả đánh giá cảm quan cho thấy tỷ lệ 50:50 là phù hợp hơn giữa các nghiệm thức, khi các chỉ tiêu màu sắc, trạng thái, mùi và vị đều đạt giá trị cao, phản ánh mức độ chấp nhận cảm quan tốt của sản phẩm.

### 3.5. *Mối tương quan giữa đặc tính cấu trúc, màu sắc, độ ẩm và hoạt độ nước của sản phẩm*

Hình 3 cho thấy mối tương quan giữa các chỉ tiêu cấu trúc, màu sắc và hàm lượng nước của bánh mì sandwich. Độ cứng vỏ có tương quan thuận rất mạnh với độ cứng ruột ( $r = 0,99$ ), cho thấy sự thay đổi về cấu trúc xảy ra đồng thời ở cả hai phần của sản phẩm. Điều này phản ánh vai trò chi phối của mạng lưới gluten và sự phân bố ẩm trong hệ bột nhào, khi các yếu tố này ảnh hưởng đồng nhất đến cả vỏ và ruột trong quá trình nướng. Ngược lại, độ cứng cho thấy mối tương quan nghịch với độ đàn hồi ( $r = -0,74$  đối với ruột và  $r = -0,93$  đối với vỏ). Khi cấu trúc bánh trở nên cứng hơn thì khả năng biến dạng đàn hồi giảm. Mối quan hệ này phù hợp với đặc điểm cơ học của hệ gel tinh bột-protein, trong đó sự gia tăng liên kết nội tại hoặc sự giảm độ ẩm sẽ làm giảm tính linh hoạt của mạng cấu trúc [18]. Các chỉ tiêu màu sắc cũng thể hiện mối tương quan với đặc tính cấu trúc của sản phẩm. Độ cứng vỏ và ruột có tương quan nghịch với giá trị  $L^*$  và  $a^*$  ( $r$  dao động từ -0,99 đến -0,83) và thuận với giá trị  $b^*$  của vỏ ( $r = 0,93-0,96$ ), cho thấy khi cấu trúc bánh trở nên rắn chắc hơn do chứa nhiều thịt củ ấu, màu sắc của sản phẩm có xu hướng sậm màu và hình thành màu đặc trưng của nguyên liệu ấu. Điều này có thể bắt nguồn từ sự thay đổi độ ẩm và mức độ hồ hóa tinh bột trong quá trình gia nhiệt, ảnh hưởng đến khả năng phản xạ ánh sáng của cấu trúc ruột bánh mì [16]. Bên cạnh đó, độ đàn hồi của vỏ và ruột có tương quan thuận chặt chẽ với nhau ( $r = 0,96$ ), phản ánh tính đồng nhất của cấu trúc bên trong sản phẩm. Đồng thời, các chỉ tiêu này cũng có xu hướng tương quan thuận với các giá trị  $L^*$  và  $a^*$  ( $r = 0,71-0,99$ ) và nghịch với giá trị  $b^*$  ( $r$  dao động từ -0,99 đến -0,75) của ruột và vỏ sản phẩm. Điều này cho thấy khi cấu trúc bánh mềm và đàn hồi hơn, màu sắc ruột bánh có xu hướng sáng hơn do vẫn

duy trì được hàm lượng bột mì trong khối bột nhào. Thay thế bột mì bằng thịt củ ấu dẫn đến khả năng giữ nước cao hơn nhờ sự hiện diện của polysaccharide, chất xơ và tinh bột đã hồ hóa từ nguyên liệu, góp phần ảnh hưởng đến cả cấu trúc và biểu hiện màu sắc của sản phẩm [17], [18]. Ngoài ra,  $a_w$  và độ ẩm thể hiện tương quan thuận rất mạnh ( $r = 0,98$ ), cho thấy sự gia tăng hàm lượng nước trong bánh dẫn đến sự gia tăng tương ứng của  $a_w$ . Phân tích tương quan còn cho thấy độ ẩm và  $a_w$  đều có tương quan thuận với độ cứng ( $r = 0,65-0,82$ ) và tương quan nghịch với độ đàn hồi ( $r$  dao động từ  $-0,96$  đến  $-0,88$ ) của bánh mì. Khi hàm lượng nước và mức độ linh động của nước tăng, cấu trúc sản phẩm có xu hướng rắn chắc hơn nhưng kém đàn hồi hơn. Xu hướng này có thể liên quan đến khả năng giữ nước của polysaccharide, chất xơ và tinh bột hồ hóa từ nguyên liệu củ ấu hấp, làm hình thành mạng gel đặc hơn và giảm tính linh hoạt của hệ [16]-[18]. Nhìn chung, kết quả cho thấy sự tương quan phức tạp nhưng có quy luật giữa các chỉ tiêu phân tích.



Hình 3. Mối tương quan giữa đặc tính cấu trúc, màu sắc, độ ẩm và hoạt độ nước của sản phẩm

#### 4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, một công thức để sản xuất bánh mì sandwich sử dụng thịt củ ấu hấp thay thế một phần bột mì đã được phát triển, trong đó, tỷ lệ thay thế 50:50 vào công thức đã tạo ra sản phẩm có đặc tính hóa lý đặc trưng cho nguyên liệu củ ấu và nhận được đánh giá cao từ cảm quan viên, đồng thời nghiên cứu cũng đánh giá được mối tương quan chặt chẽ giữa các đặc tính này đến chất lượng sản phẩm. Nghiên cứu này có ý nghĩa quan trọng trong việc tận dụng nguồn nguyên liệu tự nhiên vào ngành công nghiệp thực phẩm, góp phần nâng cao giá trị kinh tế của các nông sản địa phương. Các nghiên cứu tiếp theo có thể khảo sát thời gian bảo quản của bánh mì củ ấu trong các điều kiện khác nhau, đồng thời nghiên cứu ứng dụng bổ sung nguyên liệu thịt củ ấu vào các nền mẫu thực phẩm khác nhau cũng là một hướng nghiên cứu quan trọng trong tương lai.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo với mã số đề tài B2026-TCT-07.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] L. L. W. C. Yalegama, H. P. D. T. H. Pathirana, and J. M. N. Marikkar, "Investigation of physicochemical and textural properties of sandwich bread incorporating defatted dehydrated coconut flour," *Discover Food*, vol. 5, no. 1, pp. 1-13, 2025.
- [2] I. Amoah, C. Cairncross, E. O. Osei, J. A. Yeboah, J. C. Cobbinah, and E. Rush, "Bioactive properties of bread formulated with plant-based functional ingredients before consumption and possible links with health outcomes after consumption: A review," *Plant Foods for Human Nutrition*, vol. 77, no. 3, pp. 329-339, 2022.

- 
- [3] C. Fratelli, F. G. Santos, D. G. Muniz, S. Habu, A. R. C. Braga, and V. D. Capriles, "Psyllium improves the quality and shelf life of gluten-free bread," *Foods*, vol. 10, no. 5, pp. 1-14, 2021.
- [4] P. Adkar, A. Dongare, S. Ambavade, and V. H. Bhaskar, "Trapa bispinosa Roxb.: A review on nutritional and pharmacological aspects," *Advances in Pharmacological Sciences*, vol. 2014, pp. 1-13, 2014.
- [5] L. Marchetti, M. Cardós, L. Campaña, and C. Ferrero, "Effect of glutens of different quality on dough characteristics and breadmaking performance," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 46, no. 1, pp. 224-231, 2012.
- [6] H. Meng, C. Xu, M. Wu, and Y. Feng, "Effects of potato and sweet potato flour addition on properties of wheat flour and dough, and bread quality," *Food Science & Nutrition*, vol. 10, no. 3, pp. 689-697, 2022.
- [7] Y. Cao, F. Zhang, P. Guo, S. Dong, and H. Li, "Effect of wheat flour substitution with potato pulp on dough rheology, the quality of steamed bread and in vitro starch digestibility," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 111, pp. 527-533, 2019.
- [8] D. Atudorei, S. Mironeasa, and G. G. Codină, "Dough rheological behavior and bread quality as affected by addition of soybean flour in a germinated form," *Foods*, vol. 12, no. 6, pp. 1-20, 2023.
- [9] S. K. Chikpah, J. K. Korese, O. Hensel, B. Sturm, and E. Pawelzik, "Rheological properties of dough and bread quality characteristics as influenced by the proportion of wheat flour substitution with orange-fleshed sweet potato flour and baking conditions," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 147, pp. 1-14, 2021.
- [10] M. M. Moore, T. J. Schober, P. Dockery, and E. K. Arendt, "Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads," *Cereal Chemistry*, vol. 81, no. 5, pp. 567-575, 2004.
- [11] H. Rajeswari, S. L. Jagadeesh, and G. J. Suresh, "Physicochemical and sensory qualities of bread fortified with banana, aonla and sapota powders," *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, vol. 8, no. 6, pp. 487-492, 2018.
- [12] S. Sundar, D. H. Dwivedi, S. Verma, H. K. Maurya, and B. Kumar, "A review on importance, nutritional value and uses of water chestnut (*Trapa natans* var. *bispinosa* Roxb.)," *International Journal of Plant & Soil Science*, vol. 36, no. 11, pp. 377-385, 2024.
- [13] M. V. O. Porcel, M. E. Campderrós, and A. N. Rinaldoni, "Effect of okara flour addition on the physical and sensory quality of wheat bread," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 4, no. 6, pp. 1-7, 2017.
- [14] P. Zarzycki, A. Wirkijowska, D. Teterycz, and P. Łysakowska, "Innovations in wheat bread: Using food industry by-products for better quality and nutrition," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 10, pp. 1-36, 2024.
- [15] E. Curti, E. Carini, G. Bonacini, G. Tribuzio, and E. Vittadini, "Effect of the addition of bran fractions on bread properties," *Journal of Cereal Science*, vol. 57, no. 3, pp. 325-332, 2013.
- [16] M. Schirmer, M. Jekle, and T. Becker, "Starch gelatinization and its complexity for analysis," *Starch - Stärke*, vol. 67, no. 1-2, pp. 30-41, 2015.
- [17] Y. Zhao, S. Qiao, X. Zhu, J. Guo, G. Peng, X. Zhu, and Y. Sun, "Effect of different drying methods on the structure and properties of porous starch," *Heliyon*, vol. 10, no. 10, pp. 1-13, 2024.
- [18] J. Wang, C. M. Rosell, and C. B. de Barber, "Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality," *Food Chemistry*, vol. 79, no. 2, pp. 221-226, 2002.