

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA TỶ LỆ PHỐI TRỘN BỘT NỀN VÀ HYDROCOLLOID ĐẾN ĐẶC TÍNH CỦA BỘT ÁO CHO VIÊN NUGGET THỰC VẬT

Nguyễn Thị Hiền^{1,2,*}, Phạm Hữu Thịnh^{1,2}, Phan Quân Bảo^{1,2}, Ngô Gia Bảo^{1,2}

¹ Khoa Kỹ thuật Hoá học, Trường Đại học Bách khoa,

Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

² Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: nthien@hcmut.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tập trung giải quyết các hạn chế về đặc tính kết cấu và khả năng hấp thụ dầu cao của lớp vỏ bột áo cho sản phẩm nugget thực vật bằng cách tối ưu hóa công thức bột nền và hệ phụ gia hydrocolloid. Quá trình nghiên cứu được thực hiện theo 02 giai đoạn: Xác định tỷ lệ phối trộn bột mì - bột gạo - bột bắp và đánh giá hiệu quả của các tổ hợp hydrocolloid (methylcellulose, xanthan gum, guar gum). Kết quả cho thấy, công thức bột nền gồm 50% bột mì, 40% bột gạo và 10% bột bắp đạt sự cân bằng tốt nhất về độ nhớt và tính chất cơ lý, với độ giòn đạt $18,00 \pm 1,97$ N. Việc bổ sung các hydrocolloid giúp làm tăng đáng kể hiệu suất chế biến, khả năng giữ ẩm và giảm đáng kể lượng dầu giữ lại trong dịch bột áo. Dịch bột áo bổ sung 0,25% methylcellulose và 0,75% guar gum là công thức tốt nhất, đạt hiệu suất chế biến cao nhất ($90,88 \pm 1,87\%$), khả năng giữ ẩm cao ($1,08 \pm 0,02$ g/g ck) và hàm lượng chất béo tổng thấp ($0,107 \pm 0,007$ g/g ck), trong khi có sự ổn định màu sắc ($\Delta E = 2,36 \pm 0,34$). Kết quả của nghiên cứu này đã cung cấp cơ sở khoa học và thông số công nghệ để thiết kế công thức lớp bột áo bổ sung hydrocolloid giúp giảm hấp thụ dầu, tăng giữ ẩm và duy trì đặc tính kết cấu và màu sắc của sản phẩm nugget thực vật, từ đó nâng cao tiềm năng thị trường của sản phẩm này.

Từ khóa: Viên nugget thực vật, hydrocolloid, giảm dầu, đặc tính kết cấu.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thị trường các sản phẩm thay thế protein thịt bằng protein thực vật đang có sự tăng trưởng đáng kể, dự kiến đạt 30,9 tỷ USD vào năm 2030 [1]. Trong các sản phẩm thay thế này, sản phẩm nugget thực vật là một phân khúc đầy hứa hẹn. Tuy nhiên, hiện có 3 thách thức lớn liên quan đến lớp bột áo phủ cho sản phẩm nugget thực vật: (1) hàm lượng ẩm của protein thực vật cao hơn (45 - 60%) so với protein thịt, do đó tạo hơi nước nhiều hơn trong quá trình chiên, làm phá vỡ độ bám dính [2]; (2) protein thực vật không có các sợi cơ như protein thịt để liên kết tự nhiên với lớp bột áo [3]; (3) đòi hỏi các công thức chuyên biệt để kiểm soát sự hấp thụ dầu và duy trì độ giòn [4].

Trong những năm gần đây, việc ứng dụng hydrocolloid để cải thiện chất lượng lớp bột áo cho viên nugget từ protein động vật đã đạt được nhiều tiến bộ đáng kể. Nghiên cứu của

Pongsawatmanit và cs (2018) [5] đã chứng minh rằng, việc bổ sung các dẫn xuất cellulose giúp tăng cường độ bám dính và hạn chế thất thoát ẩm hiệu quả cho sản phẩm gà tẩm bột chiên. Gần đây hơn, kết quả nghiên cứu của Bhuiyan và Ngadi (2024) [4] cho thấy, các hệ hydrocolloid là rào cản vật lý vững chắc, giúp kiểm soát động học của quá trình giữ dầu và bay hơi nước trong quá trình chiên. Ngược lại, hiện các nghiên cứu về viên nugget thực vật lại đang tập trung vào ứng dụng hydrocolloid để cải thiện phần lõi (nhân) viên nugget mà thiếu hụt các giải pháp bột phủ chuyên biệt dành riêng cho bề mặt của nugget thực vật. Theo Shoaib và cs (2018) [6], nugget từ protein thực vật thiếu mạng lưới gel protein dày đặc. Sự thiếu hụt mạng lưới gel protein này làm cho khả năng giữ nước vật lý kém hơn, đồng thời thúc đẩy độ ẩm di chuyển ra bề mặt viên nugget nhiều hơn đáng kể so với nugget sử dụng protein động vật. Sự thiếu hụt mạng lưới gel protein còn

dẫn đến hàm lượng nước tự do cao hơn, khiến nước dễ dàng bay hơi trong quá trình chiên, tạo ra các khoảng trống lớn hơn trong ma trận lớp bột áo. Các khoảng trống này hoạt động như các ống dẫn hấp thụ dầu, khiến nugget thực vật hấp thụ dầu quá mức và mất độ giòn nhanh chóng [6]. Ngoài ra, viên nugget thực vật còn có bề mặt trơn và kỵ nước. Do đó, khi áp dụng các công thức bột áo truyền thống, tỷ lệ bám bột thường rất thấp, đồng thời mạng lưới không đủ liên kết khiến nước bốc hơi nhanh.

Cho đến nay, chưa có nghiên cứu nào đánh giá toàn diện về tác động hiệp đồng giữa tỷ lệ phối trộn các loại bột nền (bột mì, bột gạo, bột bắp) kết hợp cùng tổ hợp hydrocolloid (methylcellulose, xanthan gum, guar gum) nhằm khắc phục triệt để những nhược điểm đặc thù về cấu trúc và kiểm soát hấp thụ chất béo cho lớp vỏ của nugget thực vật. Đây là khoảng trống mà nghiên cứu này nhắm đến. Nghiên cứu này được thực hiện theo hướng tiếp cận 02 bước: (1) xác định tỷ lệ phối trộn tốt nhất giữa các loại bột nền, làm tiền đề cho (2) xác định loại và tỷ lệ bổ sung hydrocolloid tốt nhất trên công thức phối trộn bột nền đã chọn. Tại mỗi bước, hiệu quả của việc cải thiện lớp bột áo được đánh giá thông qua đặc tính lưu biến của dịch bột áo và đặc tính hóa lý, đặc tính kết cấu và màu sắc của viên nugget thực vật.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Nguyên liệu và quy trình chuẩn bị mẫu nhân nugget thực vật

Bột mì, bột gạo và tinh bột bắp được cung cấp bởi Công ty Meizan CLV (Việt Nam). Methylcellulose, xanthan gum và guar gum được cung cấp bởi Công ty S.I.M VN (Việt Nam). Protein thực vật tái cấu trúc từ đậu nành (Texturized Vegetative Protein (TVP), Soya Flakes 25) được mua từ Công ty Sakthi Sugars (Ấn Độ) với thông số: Protein $\geq 52\%$, độ ẩm $\leq 7\%$ và chất xơ thô $\leq 3\%$. Gluten bột mì được mua từ Công ty Thực phẩm Anhui Ante (Trung Quốc) với hàm lượng protein $\geq 82\%$. Gia vị (nước tương và bột tỏi) được mua từ Công ty Masan (Việt Nam). Các hóa chất (natri bicarbonate, natri clorua và natri pyrophosphate) được mua từ Công ty Rosignano Solvay Li (Italia), đều đạt tiêu chuẩn sử dụng cho thực phẩm.

Mẫu nhân nugget thực vật (chưa áo bột và chiên) được chuẩn bị với quy trình như sau: Đầu tiên, TVP được hydrat hóa trong nước lạnh (4°C) theo tỷ lệ 1: 2 trong 1 giờ. TVP đã hydrat hóa (33,43%), wheat gluten (16,77%), nước tương (5,09%), bột tỏi (3,55%) và tinh bột bắp (3,4%) được phối trộn trong 2 phút bằng máy trộn model HD805, UKOEO (Trung Quốc). Tiếp theo, dầu hạt cải (3,39%) và nước (33,43%) được thêm vào hỗn hợp và trộn thêm 2 phút để tạo khối đồng nhất. Hỗn hợp sau trộn được đổ vào các khuôn silicon hình chữ nhật hiệu CB-115RD 24-Cavity Silicone Mini Mold, Freshware (Hoa Kỳ) để tạo thành các khối nugget có kích thước 60 x 30 x 20 mm. Khuôn chứa các khối nugget được hấp ở 80°C trong 10 phút, sau đó làm nguội đến nhiệt độ phòng. Sau khi làm nguội, mẫu nhân nugget thực vật được tách khuôn và bảo quản đông lạnh ở -25°C . Trước khi tiến hành các thí nghiệm áo bột và chiên, mẫu nhân nugget sẽ được rã đông ở nhiệt độ phòng trong 2 tiếng.

Mẫu được chuẩn bị và các thí nghiệm phân tích được thực hiện tại Phòng thí nghiệm thuộc Bộ môn Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.

2.2. Bố trí thí nghiệm

2.2.1. Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ bột mì và bột gạo đến đặc tính của lớp bột áo và nugget

Thí nghiệm nhằm xác định tỷ lệ phối trộn tốt nhất giữa bột mì và bột gạo để làm cơ sở cho thí nghiệm khảo sát tỷ lệ và hàm lượng hydrocolloid tiếp theo. Mẫu đối chứng (ký hiệu F0) bao gồm 90% bột mì và 10% bột bắp, không chứa bột gạo hoặc hydrocolloid. Các thông số đo đạc và phương pháp phân tích được trình bày ở mục 2.3.

Dịch bột áo được chuẩn bị như sau: Hỗn hợp bột khô gồm bột mì, bột gạo và tinh bột bắp (tỷ lệ trình bày tại bảng 1) được phối trộn bằng máy trộn model HD805, UKOEO (Trung Quốc) trong 2 phút, sau đó bổ sung 2% NaCl và 0,5% NaHCO_3 so với khối lượng của hỗn hợp bột và tiếp tục phối trộn thêm 2 phút. Tiếp theo, nước cất lạnh ($10 \pm 2^{\circ}\text{C}$) được bổ sung vào hỗn hợp với tỷ lệ bột - nước là 1: 1,3 (theo khối lượng). Quá trình khuấy trộn được thực hiện cho đến khi thu được hệ huyền phù đồng nhất. Dịch bột áo

sau đó được giữ ổn định ở nhiệt độ phòng trong 5 phút trước khi sử dụng.

Mẫu nhân nugget sau khi đã đông được nhúng ngập hoàn toàn vào dịch bột áo trong 1 phút. Sau đó, mẫu được đặt lên vỉ kim loại trong 30 giây để loại bỏ phần bột thừa. Quá trình chiên được thực hiện bằng thiết bị chiên FF122851, T-fal Compact (Trung Quốc) với các bước như sau: Đầu tiên, dầu cò được gia nhiệt đến 180°C và duy trì ổn định trong 15 phút để đảm bảo sự đồng đều nhiệt trong toàn bộ khối dầu. Các mẫu nhân nugget sau đó được chiên ngập dầu ở 180°C trong 4 phút. Kết thúc quá trình chiên, mẫu được vớt ra và để ráo dầu trên khay trong 5 phút trước khi phân tích. Dầu chiên được thay mới sau mỗi mẻ (mỗi mẻ tương ứng với số lượng mẫu của 3 lần lặp lại cho một nghiệm thức) nhằm loại bỏ sai số do sự biến đổi chất lượng dầu (như quá trình oxy hóa) gây ra.

Bảng 1. Công thức phối trộn bột cho thí nghiệm khảo sát tỷ lệ bột

Mẫu	Bột mì (%)	Bột gạo (%)	Bột bắp (%)
F1	45	45	10
F2	50	40	10
F3	55	35	10
F4	60	30	10
F5	65	25	10
F6	70	20	10
F0	90	0	10

2.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ và loại hydrocolloids đến đặc tính của lớp bột áo và nugget

Dựa trên kết quả tối ưu từ thí nghiệm 1, công thức nền F2 được lựa chọn để tiếp tục khảo sát ảnh hưởng của việc bổ sung hydrocolloid. Tổng hàm lượng hydrocolloid được cố định ở mức 1% (tính trên tổng khối lượng hỗn hợp bột khô của nền F2). Tỷ lệ phối trộn khác nhau giữa methylcellulose, xanthan gum và guar gum được trình bày trong bảng 2. Quy trình chuẩn bị dịch bột áo và mẫu thực nghiệm được thực hiện đồng nhất theo các bước đã mô tả tại mục 2.2.1. Các thông số đo đặc và phương pháp phân tích được trình bày ở mục 2.3.

Bảng 2. Công thức phối trộn hydrocolloid cho thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng hydrocolloid

Mẫu	Methylcellulose (%)	Xanthan gum (%)	Guar gum (%)
F2A	1,00	0	0
F2B	0,75	0,25	0
F2C	0,50	0,50	0
F2D	0,25	0,75	0
F2E	0,75	0	0,25
F2F	0,50	0	0,50
F2G	0,25	0	0,75

2.3. Phương pháp phân tích

2.3.1. Phân tích đặc tính của dịch bột áo

Xác định độ nhớt: Độ nhớt của dịch bột áo được đo bằng nhớt kế quay kỹ thuật số WVP-6M (Hàn Quốc) theo quy trình của Steffe (1996) [7]. 250 mL dịch bột được cho vào ống đo mẫu và độ nhớt được ghi nhận với tốc độ quay 100 vòng/phút sử dụng trục khuấy LV3 ở nhiệt độ 25°C. Giá trị đo được tính bằng Pascal giây (Pa.s).

Xác định độ bám bột: Độ bám bột được xác định theo quy trình của Pongsawatmanit và cs (2018) [5]. Đầu tiên, miếng nugget được cân khối lượng ban đầu (m_1). Sau khi cân, miếng nhân nugget thực vật được nhúng ngập vào dịch bột trong 10 giây. Sau khi lấy ra khỏi dịch bột, miếng nugget được giữ yên trong 20 giây để phần dịch bột không bám chảy ra trước khi tiến hành cân để xác định khối lượng sau khi áo bột (m_2). Độ bám bột (%) được tính theo công thức:

$$\text{Độ bám bột (\%)} = (m_2 - m_1) / m_1 \times 100\%$$

2.3.2. Phân tích mẫu nugget thực vật sau khi chiên

Xác định hiệu suất chế biến: Hiệu suất chế biến được cải tiến dựa trên phương pháp của Aaslyng và cs (2003) [8]. Tiến hành cân khối lượng mẫu nugget sau khi áo bột (m_2) và khối lượng mẫu nugget sau khi chiên (m_3). Hiệu suất chế biến được tính theo công thức:

$$\text{Hiệu suất chế biến (\%)} = m_3 / m_2 \times 100\%$$

Xác định hàm lượng ẩm: Hàm lượng ẩm được xác định bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi ở nhiệt độ 105°C (AOAC 950.46), sử dụng máy phân tích ẩm hồng ngoại MB 45, OHAUS (Hoa Kỳ). 2 g mẫu được nghiền

nhỏ và dàn đều trên đĩa nhôm và sấy đến khi mức thay đổi khối lượng < 0,01 g. Kết quả được biểu thị dưới dạng g nước/g chất khô.

Xác định hàm lượng chất béo tổng: Hàm lượng chất béo tổng được phân tích theo phương pháp Weibull-Stoldt (AOAC 963.15). 2 g mẫu nugget được nghiền nhỏ và thủy phân với 100 mL HCl 3N trong 60 phút, sau đó tiến hành lọc và sấy khô phần không thủy phân ở 105°C trong 2 giờ. Sau khi sấy, phần chất béo được trích ly bằng hệ thống Soxhlet sử dụng dung môi petroleum ether ở 50°C trong 5 giờ. Phần chất béo sau khi trích ly được thu hồi bằng cách làm bay hơi dung môi và cân khối lượng. Hàm lượng chất béo tổng được tính toán dưới dạng g chất béo/g chất khô.

Xác định độ giòn: Độ giòn của mẫu được xác định thông qua thiết bị phân tích đặc tính kết cấu TA-XT Plus, Surrey (Anh) trang bị đầu dò lưỡi dao TA-42 (góc 45°), dựa trên quy trình đã được cải tiến từ kết quả nghiên cứu của Mah & Brannan (2009) [9]. Các thông số vận hành của thiết bị bao gồm: Tốc độ trước, trong và sau khi cắt được thiết lập lần lượt là 10 mm/s, 1 mm/s và 1 mm/s. Các miếng nugget được đặt ở chính giữa của đĩa chịu lực và lưỡi dao cắt đến độ sâu 20 mm (bằng với chiều cao của mẫu). Độ giòn của mẫu được tính toán theo công thức:

Độ giòn (N) = Lực cắt (N/mm) × Độ dày mẫu (mm)

Đánh giá màu sắc: Màu sắc lớp áo bột sau khi chiên được xác định theo phương pháp của McGuire (1992) [10], sử dụng máy quang phổ Konica Minolta CM-3500A, Minolta (Nhật Bản) theo hệ màu CIE và xác định 3 chỉ số L* (độ sáng), a* (sắc xanh lá/đỏ) và b* (sắc xanh dương/vàng). Mỗi mẫu được đo tại 3 điểm khác nhau, giá trị trung bình của 3 điểm này được tính là kết quả cho một lần lặp. Sự khác biệt màu sắc ΔE giữa mẫu thí nghiệm và mẫu đối chứng được tính theo công thức sau:

$$\Delta E = \sqrt{(L_t - L_o)^2 + (a_t - a_o)^2 + (b_t - b_o)^2}$$

Trong đó: Các giá trị L_t , a_t , b_t là các chỉ số màu của mẫu thí nghiệm và L_o , a_o , b_o là chỉ số màu của mẫu đối chứng.

2.4. Xử lý số liệu

Tất cả các thí nghiệm được thực hiện với 3 lần lặp lại để tính toán kết quả trung bình. Kết quả được trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Kết quả thí nghiệm được xử lý bằng phân tích phương sai (ANOVA) trên phần mềm Statgraphics Centurion XV. Sự khác biệt có ý nghĩa giữa các kết quả thí nghiệm được so sánh bằng kiểm định multiple range test ($p \leq 0,05$).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của việc tỷ lệ bột mì - bột gạo đến đặc tính của dịch bột áo và nugget

3.1.1. Đặc tính của dịch bột áo

Bảng 3. Độ nhớt và độ bám bột của dịch bột áo với tỷ lệ bột mì - bột gạo khác nhau

Mẫu	Độ nhớt (Pa.s)	Độ bám bột (%)
F1	0,94 ± 0,02 ^a	8,49 ± 0,14 ^a
F2	1,21 ± 0,01 ^{ab}	11,03 ± 0,22 ^b
F3	1,25 ± 0,01 ^{ab}	11,88 ± 0,23 ^{bc}
F4	1,32 ± 0,02 ^{ab}	12,39 ± 0,19 ^{bcd}
F5	1,47 ± 0,01 ^b	12,82 ± 0,20 ^{cd}
F6	1,59 ± 0,01 ^b	13,44 ± 0,14 ^d
F0	2,86 ± 0,41 ^c	20,44 ± 0,85 ^e

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có cùng ký tự thì sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Kết quả ở bảng 3 cho thấy, độ nhớt và độ bám bột của mẫu đối chứng F0 cao hơn hẳn các mẫu có bổ sung bột gạo (F1 - F6). Độ nhớt giảm mạnh từ mẫu F6 (1,59 ± 0,01 Pa.s) xuống mức

thấp nhất tại F1 (0,94 ± 0,02 Pa.s) khi thay thế 45% bột mì bằng bột gạo. Nguyên nhân của sự sụt giảm này là do thiếu hụt gluten, dẫn đến việc hình thành mạng lưới protein kém bền vững hơn

do thiếu các liên kết hydro và liên kết chéo disulfide [11]. Về khả năng bám dính, mẫu F1 có độ bám bột ($8,49 \pm 0,14\%$) thấp hơn hẳn so với các công thức còn lại (dao động từ 11,03 - 13,44%). Sự khác biệt này phản ánh đặc tính hydrat hóa nhanh chóng của gluten trong bột mì, yếu tố giúp gia tăng độ nhớt và tính liên kết nội tại của màng, qua đó cải thiện đáng kể khả năng bám dính trên bề mặt cơ chất [12]. Ngược lại, hàm lượng protein thấp trong bột gạo tạo ra hệ bột có độ nhớt thấp, dễ bị chảy dòng, dẫn đến lớp vỏ bao hình thành mỏng hơn. Mặc dù vậy, tỷ lệ bám bột đã tăng dần từ 11,03% (mẫu F2) lên 13,44% (mẫu F6) tương ứng với sự gia tăng hàm lượng bột mì trong công thức, quá trình này được thúc đẩy bởi sự củng cố lại mạng lưới gluten trong đặc tính kết cấu bột.

3.1.2. Đặc tính của mẫu nugget thực vật

Bảng 4 cho thấy hiệu suất chế biến có mối tương quan thuận rõ rệt với hàm lượng bột mì trong công thức. Cụ thể, giá trị này tăng dần từ mức thấp nhất $75,23 \pm 1,37\%$ ở mẫu F1 lên $87,20 \pm 2,17\%$ ở mẫu F6, phản ánh vai trò của mạng lưới gluten và tương tác protein - tinh bột trong việc tăng cường khả năng giữ nước và hạn chế sự rò rỉ dịch bào trong quá trình xử lý nhiệt [13]. Đáng chú ý, hàm lượng ẩm và hàm lượng chất béo tổng có mối quan hệ nghịch biến. Mẫu F6 với độ ẩm $0,96 \pm 0,02$ g/g ck có hàm lượng chất béo thấp hơn đáng kể ($0,109 \pm 0,009$ g/g ck) so với mẫu F1 (độ ẩm $0,63 \pm 0,02$ g/g ck; chất béo $0,146 \pm 0,013$ g/g ck). Xu hướng này củng cố cơ chế "thay thế nước" (water replacement theory) [9], trong đó độ ẩm cao được duy trì bên trong đặc tính kết cấu sản phẩm đóng vai trò như một rào

cản vật lý, chiếm chỗ các khoảng trống đặc tính kết cấu mao quản và ngăn cản sự xâm nhập của dầu vào sản phẩm trong quá trình chiên.

Kết quả phân tích đặc tính kết cấu ở bảng 4 cho thấy sự thay đổi rõ rệt trong các độ giòn của mẫu nugget thực vật với lớp bột áo có tỷ lệ bột mì - bột gạo khác nhau. Cụ thể hơn, với các mẫu F1 - F6, độ giòn có xu hướng giảm khi tỷ lệ bột mì trong lớp vỏ áo tăng lên, điển hình là mẫu F6 chỉ đạt $9,6 \pm 1,74$ N. Nguyên nhân chính là do bột gạo có khả năng hút dầu tốt hơn bột mì, khiến mẫu sau khi chiên có độ giòn tăng [14].

Kết quả phân tích màu sắc ở bảng 5 cho thấy, việc gia tăng tỷ lệ bột gạo đã tác động đáng kể đến các chỉ số màu sắc của lớp vỏ sản phẩm, thể hiện qua sự biến thiên trái chiều giữa độ sáng (L^*) với độ đỏ (a^*). Cụ thể, giá trị L^* giảm có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) từ mẫu F6 với 20% bột gạo ($64,43 \pm 1,41$) xuống mức thấp nhất ở mẫu F1 với 45% bột gạo ($52,81 \pm 1,24$). Hiện tượng sẫm màu này đi kèm với sự gia tăng của chỉ số a^* , đạt mức cao nhất tại mẫu F1 ($12,26 \pm 2,59$), phản ánh sự chuyển dịch màu sắc sang tông đỏ nâu rõ rệt. Việc chuyển màu này là do mẫu dịch bột áo có hàm lượng bột gạo cao sẽ hút dầu nhiều hơn trong quá trình chiên (thể hiện qua hàm lượng chất béo tổng cao hơn như số liệu trong bảng 4). Do dầu có hệ số dẫn nhiệt cao hơn nước, lớp vỏ hút nhiều dầu hơn sẽ được truyền nhiệt hiệu quả hơn, làm cho nhiệt độ bề mặt tăng nhanh và duy trì ở mức cao trong quá trình chiên. Nhiệt độ cao này thúc đẩy cường độ phản ứng Maillard và quá trình caramel hóa, dẫn đến lớp vỏ sẫm màu hơn [15].

Bảng 4. Hiệu suất chế biến, hàm lượng ẩm, hàm lượng chất béo tổng và độ giòn của các mẫu nugget thực vật với lớp áo bột có tỷ lệ bột mì - bột gạo khác nhau

Mẫu	Hiệu suất chế biến (%)	Hàm lượng ẩm (g/g ck)	Hàm lượng chất béo tổng (g/g ck)	Độ giòn (N)
F1	$75,23 \pm 1,37^a$	$0,63 \pm 0,02^a$	$0,146 \pm 0,013^a$	$17,92 \pm 0,34^b$
F2	$76,46 \pm 0,97^a$	$0,72 \pm 0,01^b$	$0,135 \pm 0,007^{ab}$	$18,00 \pm 1,97^b$
F3	$78,72 \pm 1,84^{ab}$	$0,81 \pm 0,01^c$	$0,130 \pm 0,012^{ab}$	$17,71 \pm 0,36^b$
F4	$81,14 \pm 1,59^{abc}$	$0,83 \pm 0,02^c$	$0,121 \pm 0,009^{bc}$	$17,07 \pm 0,81^b$

F5	84,54 ± 1,23 ^{bcd}	0,93 ± 0,01 ^d	0,118 ± 0,010 ^{bc}	11,33 ± 1,22 ^a
F6	87,20 ± 2,17 ^d	0,96 ± 0,02 ^e	0,109 ± 0,009 ^c	9,60 ± 1,74 ^a
F0	89,04 ± 4.10 ^d	1,0 ± 0,02 ^e	0,098 ± 0,008 ^c	22,79 ± 1,63 ^c

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có cùng ký tự thì sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Bảng 5. Màu sắc của các mẫu nugget thực vật với lớp áo bột có tỷ lệ bột mì - bột gạo khác nhau

Mẫu	L*	a*	b*	ΔE
F1	52,81 ± 1,24 ^a	12,26 ± 2,59 ^a	24,34 ± 1,31 ^a	7,24 ± 0,69 ^d
F2	54,47 ± 3,58 ^a	11,80 ± 1,10 ^a	25,83 ± 1,45 ^a	5,40 ± 3,96 ^c
F3	56,59 ± 3,14 ^a	10,95 ± 1,88 ^a	25,98 ± 1,14 ^{ab}	5,37 ± 3,93 ^c
F4	58,17 ± 3,42 ^{ab}	8,28 ± 1,76 ^b	24,72 ± 1,98 ^{ab}	5,05 ± 3,72 ^c
F5	64,17 ± 3,27 ^b	8,64 ± 2,41 ^b	27,19 ± 1,00 ^b	4,59 ± 3,02 ^b
F6	64,43 ± 1,41 ^b	7,93 ± 1,33 ^b	26,78 ± 1,58 ^b	3,09 ± 3,08 ^a
F0	59,40 ± 4.93 ^a	9,68 ± 2,59 ^a	25,89 ± 1,45 ^a	-

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có cùng ký tự thì sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Kết quả nghiên cứu này phù hợp với các nghiên cứu trước đây về ảnh hưởng của tỷ lệ bột mì và bột gạo lên chất lượng lớp bột áo. Nghiên cứu của Adedeji và Ngadi (2011) [16] đã khảo sát vi cấu trúc của nugget gà chiên với hỗn hợp bột mì và bột gạo ở các tỷ lệ khác nhau (100: 0; 70: 30; 50: 50; 30: 70; 0: 100), kết quả cho thấy tỷ lệ bột gạo giảm dần sẽ làm tăng đáng kể hàm lượng dầu hấp thụ do cấu trúc lớp vỏ nhiều lỗ xốp hơn. Nghiên cứu của Nakamura và Ohtsubo (2010) [14] trên hệ bột gạo cho lớp bột tempura cũng cho thấy, tỷ lệ bột gạo cao giúp giảm hàm lượng dầu và duy trì độ giòn tốt hơn so với bột mì, nhờ khả năng kháng dầu vượt trội của tinh bột gạo giàu amylose.

Tổng hợp lại, khi cân nhắc toàn diện các đặc tính của dịch bột áo và của viên nugget thực vật, công thức F2 là điểm cân bằng tối ưu. Mẫu nugget với lớp bột áo theo công thức F2 có độ giòn cao nhất đạt $18,00 \pm 1,97$ N, tương đương 79% so với mẫu đối chứng ($22,79 \pm 1,63$ N), thông số đặc tính kết cấu then chốt với thị hiếu

người tiêu dùng [17]. Mặc dù F4 có một số chỉ tiêu nhỉnh hơn F2 (độ giòn, hiệu suất chế biến, hàm lượng chất béo tổng), các khác biệt này đều không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Ngoài ra, F2 có độ nhớt dịch bột thấp hơn F4. Đây là lợi thế của mẫu F2 do khi bổ sung hydrocolloid sẽ làm tăng đáng kể độ nhớt, có nguy cơ gây khó khăn cho quá trình băm dịch đồng đều. Mặc dù các đặc tính dịch bột áo và màu sắc của công thức F2 chưa được tốt như công thức khác, các thông số này hoàn toàn có thể được cải thiện thông qua việc tối ưu hóa loại và nồng độ hydrocolloid ở thí nghiệm tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ và loại hydrocolloids đến đặc tính của dịch bột áo và nugget

3.2.1. Đặc tính của dịch bột áo

Kết quả ở bảng 6 cho thấy, việc bổ sung hydrocolloid đã làm tăng đáng kể độ nhớt của dịch bột. Cụ thể, mẫu nền sử dụng methylcellulose (F2A) đạt độ nhớt $1,74 \pm 0,18$ Pa.s, tăng 1,5 lần so với mẫu đối chứng không bổ sung (mẫu F2), chủ yếu nhờ vào khả năng tạo

mạng lưới gel nhiệt và sự xoắn rối giữa các mạch polymer của methylcellulose [18].

Những mẫu dịch bột áo có sự kết hợp giữa methylcellulose và xanthan gum (F2B, F2C, F2D) thì độ nhớt có xu hướng tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng xanthan gum. Trong các mẫu này, mẫu F2D đạt độ nhớt cực đại với giá trị $3,03 \pm 0,10$ Pa.s. Sự gia tăng đáng kể độ nhớt này là do tương tác hiệp trợ giữa các vùng kỵ nước của phân tử methylcellulose và mạch sườn tích điện âm của xanthan gum [19]. Tương tự, những mẫu dịch bột áo có sự kết hợp giữa methylcellulose và guar gum cũng có độ nhớt tăng khi tăng tỷ lệ guar gum do tương tác hiệp trợ, trong đó mẫu F2G với 0,25% methylcellulose và 0,75% guar gum có độ nhớt cao nhất trong 3 mẫu bổ sung guar gum (đạt $2,77 \pm 0,19$ Pa.s). Tuy nhiên, giá trị cực đại của hệ chứa guar gum vẫn thấp hơn so với hệ chứa xanthan gum; nguyên nhân có thể là do đặc tính kết cấu cuộn ngẫu nhiên của guar gum tạo ra thể

tích thủy động nhỏ hơn so với đặc tính kết cấu trật tự cứng nhắc của xanthan gum [20].

Độ bám bột có xu hướng tương tự như độ nhớt. Việc kết hợp methylcellulose với xanthan gum giúp nâng cao đáng kể độ bám dính của lớp vỏ bột (đạt 34,12 - 38,33%), vượt trội hơn so với nhóm phối trộn guar gum (19,59 - 23,20%) và vượt hơn cả mẫu đối chứng ($20,44 \pm 0,85\%$). Công thức F2D (0,25% methylcellulose và 0,75% xanthan gum) có độ bám bột cao nhất ($38,33 \pm 1,06\%$), phản ánh hiệu quả hiệp trợ trong việc tăng độ nhớt, khi đặc tính kết cấu mạch cứng của xanthan gum liên kết với methylcellulose tạo thành màng bao có tính kết dính cao. Các công thức chứa guar gum chỉ đạt độ bám bột ở mức trung bình dù có độ nhớt tương đương với các mẫu chứa xanthan gum. Điều này cho thấy, độ nhớt không phải là yếu tố duy nhất quyết định khả năng bám dính vật lý của dịch bột áo.

Bảng 6. Độ nhớt và độ bám bột của dịch bột áo với tỷ lệ bổ sung hydrocolloid khác nhau

Mẫu	Độ nhớt (Pa.s)	Độ bám bột (%)
F2A	$1,74 \pm 0,18^a$	$23,49 \pm 1,09^c$
F2B	$2,40 \pm 0,10^{bc}$	$34,12 \pm 2,02^c$
F2C	$2,53 \pm 0,11^{bcd}$	$34,87 \pm 2,66^d$
F2D	$3,03 \pm 0,10^d$	$38,33 \pm 1,06^d$
F2E	$1,97 \pm 0,21^{ab}$	$19,59 \pm 0,86^b$
F2F	$2,36 \pm 0,47^{bc}$	$21,02 \pm 1,39^{bc}$
F2G	$2,77 \pm 0,19^{cd}$	$23,20 \pm 2,76^c$
F2	$1,21 \pm 0,01^a$	$11,03 \pm 0,22^a$
F0	$2,86 \pm 0,41^c$	$20,44 \pm 0,85^b$

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có cùng ký tự thì sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2.2. Đặc tính của mẫu nugget thực vật

Bảng 7 cho thấy, hiệu suất chế biến và khả năng giữ ẩm của các mẫu sử dụng hệ hydrocolloid methylcellulose - guar gum vượt trội hơn hẳn so với các mẫu sử dụng hệ hydrocolloid methylcellulose - xanthan gum. Ngoài ra, hiệu suất chế biến và khả năng giữ ẩm có xu hướng tăng tỷ lệ thuận theo hàm lượng guar gum. Công thức F2G (0,25% methylcellulose và 0,75% guar gum) đạt giá trị cao nhất ở hiệu suất chế biến ($90,88 \pm 1,87\%$), còn công thức F2E giữ được

lượng ẩm nhiều nhất ($1,25 \pm 0,02$ g/g ck). Điều này là do khả năng liên kết nước mạnh mẽ của mạng lưới galactomannan trong guar gum kết hợp hiệp trợ với tính chất tạo gel nhiệt của methylcellulose giúp hạn chế tối đa sự bay hơi [21]. Ngược lại, nhóm methylcellulose - xanthan gum cho hiệu suất thấp hơn đáng kể (77,37 - 82,08%), có thể là do đặc tính kết cấu xoắn cứng nhắc của xanthan gum tạo ra mạng lưới kém linh động, dễ bị nứt vỡ dưới áp lực giãn nở nhiệt, dẫn đến thất thoát ẩm ra bên ngoài [22].

Đối với khả năng hấp thụ chất béo, toàn bộ các mẫu bổ sung hydrocolloid đều giảm được từ 14 - 24% lượng dầu so với mẫu chưa bổ sung (F2), trong đó mẫu F2E (0,75% methylcellulose và 0,25% guar gum) có hàm lượng chất béo tổng thấp nhất ($0,099 \pm 0,006$ g/g ck). Điều này

là kết quả của cơ chế đa chiều: Sự hình thành mạng lưới gel vật lý bền vững giúp giảm kích thước lỗ xốp bề mặt, kết hợp với độ nhớt cao tạo ra rào cản hiệu quả ngăn chặn sự xâm nhập của dầu trong cả quá trình chiên và giai đoạn làm nguội.

Bảng 7. Hiệu suất chế biến, hàm lượng ẩm, hàm lượng chất béo tổng và độ giòn của các mẫu nugget thực vật với lớp áo bột có tỷ lệ bổ sung hydrocolloid khác nhau

Mẫu	Hiệu suất chế biến (%)	Độ ẩm (g/g ck)	Hàm lượng chất béo tổng (g/g ck)	Độ giòn (N)
F2A	$83,38 \pm 2,62^{abc}$	$0,92 \pm 0,02^e$	$0,101 \pm 0,014^a$	$20,87 \pm 0,80^d$
F2B	$77,37 \pm 6,35^a$	$1,06 \pm 0,02^c$	$0,105 \pm 0,009^{ab}$	$17,86 \pm 0,82^c$
F2C	$79,29 \pm 4,51^{ab}$	$1,18 \pm 0,01^b$	$0,115 \pm 0,007^{ab}$	$17,02 \pm 0,32^{bc}$
F2D	$82,08 \pm 0,84^{abc}$	$0,84 \pm 0,01^f$	$0,112 \pm 0,011^{ab}$	$14,38 \pm 0,73^a$
F2E	$89,75 \pm 1,69^{bc}$	$1,25 \pm 0,02^a$	$0,099 \pm 0,006^a$	$18,12 \pm 0,20^c$
F2F	$89,06 \pm 2,55^{bc}$	$1,01 \pm 0,01^d$	$0,111 \pm 0,008^{ab}$	$17,45 \pm 0,31^{bc}$
F2G	$90,88 \pm 1,87^c$	$1,08 \pm 0,02^c$	$0,107 \pm 0,007^{ab}$	$15,54 \pm 0,20^{ab}$
F2	$76,46 \pm 0,97^a$	$0,72 \pm 0,01^b$	$0,135 \pm 0,007^{ab}$	$18,00 \pm 1,97^c$
F0	$89,04 \pm 4,10^d$	$1,0 \pm 0,02^e$	$0,098 \pm 0,008^c$	$22,79 \pm 1,63^d$

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có cùng ký tự thì sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Bảng 8. Màu sắc của các mẫu nugget thực vật với lớp áo bột với tỷ lệ bổ sung hydrocolloid khác nhau

Mẫu	L*	a*	b*	ΔE
F2A	$63,97 \pm 2,24^b$	$8,46 \pm 1,93^a$	$30,24 \pm 2,32^{bc}$	$3,82 \pm 2,50^a$
F2B	$69,71 \pm 0,67^c$	$7,08 \pm 0,62^a$	$32,65 \pm 1,01^c$	$7,97 \pm 1,00^{bc}$
F2C	$67,26 \pm 1,75^{bc}$	$7,19 \pm 0,83^a$	$32,07 \pm 0,39^c$	$6,07 \pm 1,37^{bc}$
F2D	$66,76 \pm 2,38^{bc}$	$9,69 \pm 1,30^{ab}$	$36,17 \pm 0,99^d$	$9,68 \pm 0,58^c$
F2E	$64,75 \pm 2,05^b$	$8,93 \pm 0,51^a$	$31,85 \pm 1,20^c$	$4,99 \pm 1,38^{ab}$
F2F	$64,07 \pm 2,76^b$	$8,60 \pm 1,45^a$	$29,68 \pm 1,49^{bc}$	$3,40 \pm 2,00^a$
F2G	$62,72 \pm 1,67^b$	$7,89 \pm 1,15^a$	$26,72 \pm 0,16^a$	$2,36 \pm 0,34^a$
F2	$54,47 \pm 3,58^a$	$11,80 \pm 1,10^b$	$25,83 \pm 1,45^a$	$5,40 \pm 3,96^{ab}$
F0	$59,40 \pm 4,93^a$	$9,68 \pm 2,59^{ab}$	$25,89 \pm 1,45^a$	-

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có cùng ký tự thì sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Kết quả phân tích màu sắc (Bảng 8) cho thấy, công thức F2B (0,75% methylcellulose và 0,25% xanthan gum) đạt độ sáng (L^*) cao nhất ($69,71 \pm 0,67$), tăng 8,6% so với mẫu đối chứng F0 ($59,40 \pm 4,93$). Nhóm công thức chứa guar gum có độ sáng L^* thấp hơn nhóm công thức sử dụng xanthan gum, mặc dù hàm lượng chất béo tổng giữa hai nhóm không có khác biệt có ý nghĩa thống kê. Sự khác biệt về màu sắc này có thể được giải thích bởi sự khác nhau về cơ chế tạo màng của hai loại hydrocolloid. Xanthan gum tạo ra màng gel liên tục và bền vững trên bề mặt vỏ bột, giúp kiểm soát tốt hơn sự bay hơi ẩm trong quá trình chiên và duy trì nhiệt độ bề mặt ở mức thấp hơn, từ đó ức chế phản ứng Maillard hiệu quả hơn. Ngược lại, guar gum có cấu trúc cuộn ngẫu nhiên và tạo màng kém liên tục, khiến ẩm bề mặt thoát ra nhanh hơn, nhiệt độ bề mặt tăng cao hơn và phản ứng Maillard xảy ra mạnh hơn, dẫn đến lớp vỏ sẫm màu hơn. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Varela và Fiszman (2011) [23] về cấu tạo màng, khả năng giữ dầu và giữ nước của hai loại hydrocolloids này trong các thực phẩm chiên.

Về các chỉ số màu sắc, chỉ số a^* có sự biến thiên không đáng kể (7,08 - 9,69) và có khác biệt đáng kể với mẫu không bổ sung (F2), cho thấy hydrocolloid làm giảm đáng kể cường độ của phản ứng Maillard. Tuy nhiên, chỉ số b^* tăng rõ rệt ở các mẫu chứa xanthan gum ($32,07 - 36,17$) so với mẫu không bổ sung ($25,83 \pm 1,45$), có thể do sự thay đổi động học truyền nhiệt qua lớp vỏ dày. Khi xét về độ lệch màu ΔE , công thức F2G (0,25% methylcellulose và 0,75% guar gum) có giá trị thấp nhất ($2,36 \pm 0,34$), trong khi vẫn duy trì khả năng giữ ẩm vượt trội ($1,25$ g/g ck). Điều này chứng minh rằng, việc tối ưu hóa tính chất chức năng hoàn toàn có thể đạt được mà không làm thay đổi đáng kể ngoại quan đặc trưng của sản phẩm.

Tóm lại, công thức F2G (0,25% methylcellulose và 0,75% guar gum) đã thể hiện hiệu quả toàn diện trên tất cả các chỉ tiêu quan trọng: Đạt hiệu suất chế biến cao nhất ($90,88 \pm 1,87\%$), khả năng giữ ẩm cao ($1,08 \pm 0,02$ g/g ck) và hàm lượng chất béo tổng thấp ($0,107 \pm 0,007$ g/g ck), trong khi có sự ổn định màu sắc ($\Delta E = 2,36 \pm 0,34$). Tuy nhiên, xét riêng về đặc tính cảm quan độ giòn, mẫu F2G chỉ đạt được

khoảng 70% so với mẫu đối chứng F0. Sự chênh lệch này có thể được giải thích, do guar gum với khả năng liên kết nước mạnh mẽ giúp duy trì hàm lượng ẩm cao trong lớp vỏ ($1,08$ g/g ck), nhưng chính lượng ẩm giữ lại này làm lớp vỏ mềm hơn. Nói cách khác, đây là sự đánh đổi giữa mục tiêu giữ ẩm - giảm dầu và duy trì độ giòn, vốn là thách thức phổ biến trong thiết kế công thức bột áo cho thực phẩm chiên ngập dầu, như đã được ghi nhận trong kết quả nghiên cứu của Bhuiyan và Ngadi (2024) [4]. Hạn chế này mở ra hướng đi tiềm năng cho các nghiên cứu tiếp theo, chẳng hạn như kết hợp thêm các thành phần tạo cấu trúc (texturizing agents) hoặc điều chỉnh điều kiện chiên nhằm cân bằng tốt hơn giữa độ giòn và khả năng kiểm soát hấp thụ dầu, hướng đến trải nghiệm cảm quan tối ưu cho người tiêu dùng.

4. KẾT LUẬN

Kết quả thực nghiệm đã khẳng định tính ưu việt của công thức phối trộn F2G với tỷ lệ bột là 50% bột mì, 40% bột gạo và 10% bột bắp, bổ sung thêm 0,25% methylcellulose và 0,75% guar gum cho viên nugget thực vật. Đáng chú ý, việc bổ sung hydrocolloid vừa làm tăng khả năng giữ nước, giảm khả năng giữ béo, nhưng không ảnh hưởng nhiều đến màu sắc của viên nugget thực vật. Những kết quả nghiên cứu này tạo tiền đề quan trọng cho việc phát triển các dòng sản phẩm chiên sử dụng protein thực vật tốt cả về đặc tính kết cấu và sức khỏe.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. S. Prasad, E. Gupta, S. Yadav, K. S. Babulal and S. Mishra (2025). The future of plant protein: Innovations, challenges and opportunities. *Springer Publisher*.
- [2]. W. R. Aimutis (2022). Plant-based proteins: The good, bad, and ugly. *Annu Rev Food Sci Technol*, 13, 1 - 17.
- [3]. M. Kumar *et al.* (2022). Functional characterization of plant-based protein to determine its quality for food applications. *Food Hydrocolloids*, 123(2022): 106 - 126.

- [4]. M. H. R. Bhuiyan and M. Ngadi (2024). Application of batter coating for modulating oil, texture and structure of fried foods: A review. *Food Chemistry*, 453, 139 - 162.
- [5]. R. Pongsawatmanit, S. Ketjarut, P. Choosuk, and P. Hanucharoenkul (2018). Effect of carboxymethyl cellulose on properties of wheat flour-tapioca starch-based batter and fried, battered chicken product. *Agriculture and Natural Resources*, 52(6): 565 - 572.
- [6]. A. Shoaib, A. Sahar, A. Sameen, A. Saleem, and A. T. Tahir (2018). Use of pea and rice protein isolates as source of meat extenders in the development of chicken nuggets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(9): 137 - 144.
- [7]. J. F. Steffe (1996). Rheological methods in food process engineering. *Freeman Press Publisher*.
- [8]. M. D. Aaslyng, C. Bejerholm, P. Erthjerg, H. C. Bertram, and H. J. Andersen (2003). Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. *Food Quality and Preference*, 14(4): 277 - 288.
- [9]. E. Mah and R. Brannan (2009). Reduction of oil absorption in deep-fried, battered, and breaded chicken patties using whey protein isolate as a postbreading dip: Effect on flavor, color, and texture. *Journal of Food Science*, 74(1): 9 - 16.
- [10]. R. G. McGuire (1992). Reporting of objective color measurements. *Hort. Science*, 27(12): 1254 - 1255.
- [11]. P. Rocchia, P. D. Ribotta, G. T. Pérez and A. E. León (2009). Influence of soy protein on rheological properties and water retention capacity of wheat gluten. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1): 358 - 362.
- [12]. S. H. Cornet, A. J. van der Goot and R. G. van der Sman (2020). Effect of mechanical interaction on the hydration of mixed soy protein and gluten gels. *Current Research in Food Science*, 3(2020): 134 - 145.
- [13]. A. A. Wani, P. Singh, M. A. Shah, U. Schweiggert-Weisz, K. Gul and I. A. Wani (2012). Rice starch diversity: Effects on structural, morphological, thermal, and physicochemical properties - A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(5): 417 - 436.
- [14]. S. Nakamura and K. Ohtsubo (2010). Influence of physicochemical properties of rice flour on oil uptake of tempura frying batter. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 74(12): 2484 - 2489.
- [15]. S. I. Martins, W. M. Jongen and M. A. Van Boekel (2000). A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in Food science & Technology*, 11(9 - 10): 364 - 373.
- [16]. A. A. Adediji and M. O. Ngadi (2011). Microstructural properties of deep-fat fried chicken nuggets coated with different batter formulation. *International Journal of Food Properties*, 14(1): 68 - 83.
- [17]. L. Godschalk-Broers, G. Sala and E. Scholten (2022). Meat analogues: Relating structure to texture and sensory perception. *Foods*, 11(15): 222 - 253.
- [18]. A. Haque and E. R. Morris (1993). Thermogelation of methylcellulose. Part I: Molecular structures and processes. *Carbohydrate Polymers*, 22(3): 161 - 173.
- [19]. F. Garcia-Ochoa, V. Santos, J. Casas and E. Gómez (2000). Xanthan gum: Production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*, 18(7): 549 - 579.
- [20]. M. Majzoobi, S. Talebanfar, M. H. Eskandari and A. Farahnaky (2017). Improving the quality of meat-free sausages using K-carrageenan, konjac mannan and xanthan gum. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(5): 1269 - 1275.
- [21]. D. Mudgil, S. Barak and B. S. Khatkar (2014). Guar gum: Processing, properties and food applications - a review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(3): 409 - 418.
- [22]. D. Tunnarut, A. Nopwinyuwong and T. Tanakamolpradit (2022). Quality improvement of plant-based patty using methylcellulose, κ-carrageenan and xanthan gum. *Journal of Current Science and Technology*, 12(2): 327 - 335.
- [23]. P. Varela and S. Fiszman (2011). Hydrocolloids in fried foods. A review. *Food hydrocolloids*, 25(8): 1801 - 1812.

EFFECT OF FLOUR BLENDING RATIOS AND HYDROCOLLOIDS ON PROPERTIES OF COATING BATTER FOR PLANT-BASED NUGGETS**Nguyen Thi Hien^{1,2}, Pham Huu Thinh^{1,2}, Phan Quan Bao^{1,2}, Ngo Gia Bao^{1,2}**¹ *Faculty of Chemical Engineering, Ho Chi Minh city University of Technology*² *Vietnam National University Ho Chi Minh city***Abstract**

This study aims to address the textural limitations and high oil absorption of batter coatings for plant-based nuggets by optimizing the base flour formulation and hydrocolloid addition. The research was conducted in two steps: Determining the optimal wheat - rice - corn flour blending ratios and evaluating the efficacy of hydrocolloid combinations (methylcellulose, xanthan gum and guar gum). Results indicated that a base flour formulation consisting of 50% wheat flour, 40% rice flour and 10% corn starch achieved the best balance between viscosity and physicochemical properties, yielding a crispness value of 18.00 ± 1.97 N. The incorporation of hydrocolloids significantly increased cooking yield and moisture retention while substantially reducing oil uptake in the batter. The formulation supplemented with 0.25% methylcellulose and 0.75% guar gum proved to be the best, achieving the highest process yield ($90.88 \pm 1.87\%$), high moisture retention (1.08 ± 0.02 g/g dry matter) and low total fat content (0.107 ± 0.007 g/g dry matter), while maintaining color stability ($\Delta E = 2.36 \pm 0.34$). These findings provide a scientific basis and technological parameters for designing hydrocolloid-enriched batter formulations that reduce oil absorption, enhance moisture retention, and preserve the textural and color quality of plant-based nuggets, thereby improving the market potential of this product.

Keywords: *Plant-based chicken nugget, hydrocolloids, oil reduction, texture.***Ngày nhận bài:** 15/01/2026**Ngày chuyển phản biện:** 23/01/2026**Ngày thông qua phản biện:** 25/02/2026**Ngày duyệt đăng:** 18/3/2026