

ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC YẾU TỐ TRÍCH LY ĐẾN HIỆU SUẤT THU HỒI PROTEIN VÀ CHỈ SỐ ĐỘ ỔN ĐỊNH NHŨ TƯƠNG CỦA PROTEIN TỪ CẨM GẠO

• NGUYỄN VĂN GÍ¹ - VƯƠNG BẢO THY¹ - NGUYỄN NGỌC QUÍ¹ - TRẦN NGỌC ĐIẾP¹ -
ĐẶNG XUÂN ĐÀO¹ - TRẦN HỮU THANH HUỖY¹ - BÙI THẾ VINH^{1*}

¹Khoa Sau Đại học - Trường Đại học Cửu Long

*Người chịu trách nhiệm bài viết: Bùi Thế Vinh

Email: btvinhvn@yahoo.com.vn.

TÓM TẮT:

Nghiên cứu nhằm khảo sát ảnh hưởng của đơn yếu tố công nghệ đến quá trình trích ly protein từ cám gạo đã tách dầu (DRB) gồm: loại dung môi (nước cất, ethanol 30%, ethanol 50% và ethanol 70%), tỷ lệ cám gạo đã tách dầu (DRB): dung môi (1:1, 1:4, 1:7, 1:10 và 1:13, w/v) và pH (5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0 và 10,0) đến hiệu suất thu hồi protein và chỉ số ổn định nhũ tương (ESI) của protein thu nhận được. Kết quả cho thấy, nước cất là dung môi cho khả năng trích ly tốt nhất, cho hiệu suất thu hồi protein và chỉ số ESI lần lượt là 71,38% và 73,70; Tỷ lệ cám gạo đã tách dầu (DRB): nước cất là 1:10, cho hiệu suất thu hồi protein và chỉ số ESI lần lượt là 75,74% và 75,39; và pH 9,0 cho hiệu suất thu hồi cao nhất (82,46%) và chỉ số ESI đạt 75,20. Các kết quả này cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho việc tối ưu hóa đa biến quy trình trích ly protein từ cám gạo đã tách dầu, đồng thời mở ra hướng phát triển nguyên liệu protein thực vật chất lượng cao từ nguồn phụ phẩm nông nghiệp dồi dào tại Việt Nam.

Từ khóa: cám gạo đã tách dầu (DRB), độ ổn định nhũ tương, hiệu suất thu hồi, protein, trích ly.

1. Đặt vấn đề

Lúa gạo (*Oryza sativa* L.) là một trong những cây lương thực quan trọng nhất trên thế giới, cung cấp nguồn carbohydrate chính cho hơn một nửa dân số toàn cầu (FAO, 2023). Việt Nam là một trong những quốc gia sản xuất và xuất khẩu gạo hàng đầu với tổng sản lượng lúa năm 2025 đạt

khoảng 43,5 triệu tấn, trong đó sản lượng gạo thương phẩm chiếm phần lớn (Tổng cục thống kê, 2026). Từ nguồn nguyên liệu lúa gạo dồi dào đó, quá trình xay sát tạo ra một lượng lớn phụ phẩm, trong đó cám gạo chiếm tỷ trọng đáng kể khoảng 12% tính theo khối lượng hạt, tương đương 68 triệu tấn cám gạo thô mỗi năm trên toàn cầu

(Spaggiari et al., 2021).

Cám gạo không chỉ đơn thuần là phụ phẩm mà còn là một nguồn nguyên liệu giàu dinh dưỡng, cung cấp đáng kể protein (14-16 %), lipid (12-23%), chất xơ khoảng 11,5%, rất giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học và chất chống oxy hóa như γ -oryzanol, vitamin E (tocopherols và tocotrienols), phytosterols, cùng các khoáng chất thiết yếu như sắt, photpho và magiê... Tuy nhiên, phần lớn lượng cám này vẫn chỉ được sử dụng làm thức ăn chăn nuôi (Gul et al., 2015; Chaisuwan & Supawong, 2022).

Trong số các thành phần dinh dưỡng kể trên, protein cám gạo có giá trị dinh dưỡng cao, cung cấp nhiều acid amin thiết yếu, đặc biệt là lysine và threonine, đồng thời có khả năng gây dị ứng thấp hơn so với protein từ đậu nành hay gluten lúa mì (Prakash & Ramaswamy, 1996; Fabian & Ju, 2011). Bên cạnh đó, protein cám gạo thể hiện đặc tính nhũ hóa, tạo bọt và tạo gel tốt, mở ra tiềm năng ứng dụng rộng rãi trong việc phát triển các hệ thực phẩm nhũ tương, đồ uống protein và nguyên liệu thay thế thịt có nguồn gốc thực vật (Li et al., 2025). Ngoài ra, cám gạo còn là nguồn phong phú γ -oryzanol và tocopherol, các hợp chất đã được chứng minh có hoạt tính chống oxy hóa đáng kể, góp phần làm tăng giá trị sử dụng của cám gạo trong thực phẩm chức năng và các sản phẩm chăm sóc sức khỏe (Xu et al., 2001).

Quá trình trích ly protein từ cám gạo tách dầu (defatted rice bran - DRB) chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố đóng vai trò then chốt đến cả hiệu suất thu hồi lẫn chất lượng chức năng của protein thu được (Phongthai et al., 2016). Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện có chủ yếu tập trung vào một hoặc hai yếu tố riêng lẻ hoặc chưa đánh giá đồng thời tác động của các yếu tố của quá trình trích ly đến hiệu suất thu hồi và độ ổn định nhũ tương của protein từ cám gạo. Mục tiêu của nghiên cứu này là khảo sát đơn yếu tố ảnh hưởng của (1) loại dung môi, (2) tỷ lệ DRB: dung môi và (3) pH đến hiệu suất thu hồi protein và chỉ số độ ổn định nhũ tương (ESI) của protein từ cám gạo, từ đó xác lập điều kiện trích ly phù hợp làm cơ sở cho các nghiên cứu tối ưu hóa đa biến tiếp theo.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu và hóa chất

Cám gạo từ giống lúa IR50404 được thu nhận từ nhà máy xay xát Hai Ngon tại Đồng bằng sông Cửu Long trong vòng 24 giờ sau xay xát. Nguyên liệu được sấy ở 60°C đến độ ẩm 8-10% nhằm ức chế hoạt tính lipase, sau đó tách dầu bằng ethanol 96% (1:5, w/v) ở nhiệt độ 45-50°C trong thời gian 60 phút để thu cám gạo đã tách dầu (defatted rice bran - DRB).

2.2. Bố trí thí nghiệm

Quy trình trích ly protein: phân tán DRB vào dung môi, khuấy từ với tốc độ 200 rpm trong 30 phút ở nhiệt độ phòng (30 ± 1 °C); sau đó ly tâm ở 4.500 rpm trong 15 phút ở 4°C, để thu dịch nổi chứa protein hòa tan. Giá trị pH được điều chỉnh trước khi phân tán bằng dung dịch NaOH 1 M hoặc HCl 1 M và kiểm tra bằng máy đo pH cầm tay (HANNA HI98100).

Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình trích ly được khảo sát như sau:

- Ảnh hưởng của loại dung môi: 4 loại dung môi được khảo sát gồm nước cất, ethanol 30%, ethanol 50% và ethanol 70% (v/v). Điều kiện cố định: tỷ lệ DRB: dung môi = 1:7 (w/v) tại pH 6,5.

- Ảnh hưởng của tỷ lệ DRB:dung môi: Năm mức tỷ lệ (w/v) được khảo sát: 1:1; 1:4; 1:7; 1:10 và 1:13. Điều kiện cố định: dung môi (từ kết quả thí nghiệm trên) tại pH 6,5.

- Ảnh hưởng của pH: Sáu mức pH được khảo sát: 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0 và 10,0. Điều kiện cố định: dung môi và tỷ lệ DRB: dung môi (từ kết quả thí nghiệm trên).

Toàn bộ thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên, lặp lại ba lần độc lập.

2.3. Phương pháp phân tích

2.3.1. Xác định hàm lượng protein hòa tan

Hàm lượng protein hòa tan (PDRB) trong dịch trích ly được xác định theo phương pháp Bradford sử dụng thuốc thử Coomassie Brilliant Blue G-250 (Kielkopf et al., 2020). Dung dịch protein được pha loãng thích hợp, trộn với thuốc thử Bradford theo tỷ lệ 1:5 (v/v), ủ ở nhiệt độ phòng 20 phút và đo mật độ quang (OD) ở bước sóng 595 nm trên

máy quang phổ UV-Vis (Shimadzu UV-1900). Đường chuẩn Bovine serum albumin (BSA) được xây dựng trong khoảng nồng độ 20-300 µg/mL. Hàm lượng protein hòa tan (%) được tính theo công thức:

$$P_{ht} = \frac{C \times V \times F}{m \times 10^3}$$

Trong đó: C: Nồng độ protein tính được từ đường chuẩn (µg/mL); V: Tổng thể tích dịch chiết (mL); F: Hệ số pha loãng (nếu có); m: Khối lượng mẫu cám gạo ban đầu (g).

2.3.2. Hiệu suất thu hồi protein

Hiệu suất thu hồi protein (protein recovery - PR, %) được xác định theo phương pháp của Leal et al. (2021) theo công thức:

$$H(\%) = \frac{C \times V}{m \times \%X \times 10} \times 100$$

Trong đó: H: Hiệu suất thu hồi protein (%); C: Hàm lượng protein hòa tan trong dịch trích ly (mg/mL); V: Tổng thể tích dịch thu được sau khi lọc/ly tâm (mL); m: Khối lượng DRB đem đi trích ly (g); X: Hàm lượng protein tổng của DRB (%).

2.3.3. Độ ổn định nhũ tương (ESI)

Chỉ số ổn định nhũ tương (ESI) được xác định theo phương pháp Pearce & Kinsella (1978) có cải tiến. Dịch protein được chuẩn hóa về nồng độ 1% (w/v) trong nước, pH được điều chỉnh đến các giá trị từ 5,0-8,0. Sau đó trộn với dầu đậu nành tinh luyện và được đồng nhất bằng đầu siêu âm trong

1 phút. Mẫu nhũ tương được lấy ngay sau khi tạo nhũ (t = 0 phút) và sau khi để yên ở nhiệt độ phòng (t = 30 phút). Tại mỗi thời điểm, lấy 50 µL lớp nhũ tương ở đáy bình, hòa tan vào 5 mL SDS 0,1% và đo OD ở 500 nm. Độ ổn định của nhũ tương (ESI) được tính như sau:

$$ESI = \frac{A_0 \times T}{\Delta A}$$

Trong đó: A₀ là độ hấp thụ tại 0 phút; ΔA là sự thay đổi hấp thụ tại 0 phút và 30 phút; T là thời gian siêu âm.

2.4. Xử lý số liệu

Các dữ liệu thu được trong quá trình nghiên cứu được tính toán bằng phần mềm Microsoft Excel 2016. Phân tích phương sai (ANOVA) ở mức ý nghĩa α = 0,05 và kiểm định LSD được thực hiện bằng phần mềm Statgraphics Centurion XV.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của loại dung môi đến một số chỉ tiêu từ quá trình trích ly protein

Kết quả trình bày trong Bảng 1 cho thấy, loại dung môi có ảnh hưởng rõ rệt và khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05) đến cả ba hàm mục tiêu được khảo sát. Nước cất cho hàm lượng protein hòa tan cao nhất (14,98 ± 0,41 mg/mL), hiệu suất thu hồi đạt 71,38 ± 2,42% và chỉ số ESI đạt 73,70 ± 1,36. Khi nồng độ ethanol trong dung môi tăng dần từ 30% đến 70%, cả 3 chỉ tiêu hàm lượng protein hòa tan, hiệu suất thu hồi và chỉ số ESI đều giảm và khác biệt có ý nghĩa thống kê (p <

Bảng 1. Ảnh hưởng của loại dung môi đến một số chỉ tiêu từ quá trình trích ly protein

Dung môi	Hàm lượng protein (mg/mL)	Hiệu suất thu hồi (%)	Chỉ số ESI
Nước cất	14,98 ± 0,41a	71,38 ± 2,42a	73,70 ± 1,36a
Ethanol 30%	11,52 ± 0,61b	54,89 ± 3,14b	68,69 ± 1,12b
Ethanol 50%	9,97 ± 0,49c	47,54 ± 2,16c	66,35 ± 1,48c
Ethanol 70%	8,27 ± 0,40d	39,43 ± 2,03d	63,98 ± 1,19d

Ghi chú: Trong cùng một cột, các giá trị mang chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo kiểm định LSD (p < 0,05).

0,05), trong đó (ethanol 70%) cho giá trị thấp nhất với protein hòa tan chỉ đạt $8,27 \pm 0,40$ mg/mL, hiệu suất thu hồi đạt $39,43 \pm 2,03\%$ và chỉ số ESI đạt $63,98 \pm 1,19$.

Kết quả hàm lượng protein được trích ly bằng nước cất cho kết quả tốt nhất do phần protein chủ đạo của DRB. Phân đoạn protein cám gạo chủ yếu bao gồm albumin (tan trong nước), globulin (tan trong dung dịch muối loãng), glutelin (tan trong kiềm/acid) và prolamin (tan trong ethanol), trong đó albumin và glutelin chiếm tỷ trọng lớn trên tổng lượng protein trong khi prolamin chỉ chiếm dưới 5% (Amagliani et al., 2017). Việc sử dụng dung môi nước cất tạo ra môi trường có hằng số điện môi cao, tối ưu hóa các tương tác tĩnh điện và liên kết hydro giữa phân tử nước với các gốc amino acid ưa nước trên bề mặt protein, giúp phân đoạn albumin dễ dàng hòa tan (Zhou & Pang, 2018). Bên cạnh đó, quá trình tách dầu làm giảm tương tác giữa protein và lipid, đồng thời làm tăng khả năng tiếp xúc giữa dung môi và các nhóm amino acid phân cực trên bề mặt protein. Nước với độ phân cực cao có khả năng hình thành liên kết hydro và tương tác tĩnh điện với các nhóm chức ưa nước, qua đó thúc đẩy sự hòa tan của các protein hòa tan trong nước và một phần protein liên kết lỏng lẻo với ma trận cám gạo (Cho et al., 2022).

Khi nồng độ ethanol tăng từ 30% lên 70%, hàm lượng protein hòa tan giảm đáng kể. Hiện tượng này chủ yếu xuất phát từ sự suy giảm độ phân cực của môi trường dung môi, làm giảm khả năng hydrat hóa các nhóm phân cực trên bề mặt protein. Ethanol cạnh tranh với nước trong việc tương tác với protein, dẫn đến sự suy giảm lớp hydrat hóa bao quanh phân tử, từ đó thúc đẩy tương tác protein - protein, đặc biệt là các tương tác kỵ nước, và làm tăng xu hướng kết tụ protein. Ở nồng độ ethanol cao, sự thay đổi môi trường dung môi còn có thể gây biến đổi cấu trúc bậc 3 và bậc 4 của protein, làm giảm độ tan và khả năng khuếch tán của protein vào pha lỏng (Feng et al., 2021). Kết quả này phù hợp với đặc tính hòa tan của protein cám gạo, trong đó các phân đoạn albumin và globulin có xu hướng hòa tan tốt

hơn trong môi trường giàu nước, trong khi sự gia tăng hàm lượng ethanol làm giảm khả năng hòa tan của các phân đoạn này (Adebiyi et al., 2009; Amagliani et al., 2017).

Kết quả này cũng đồng thời giải thích cho hiện tượng sụt giảm chỉ số ESI khi có sự xuất hiện của alcohol. Việc tiếp xúc với ethanol (đặc biệt ở nồng độ cao từ 50% - 70%) phá vỡ các liên kết hydro nội phân tử và tương tác hydrophobic, làm bộc lộ các gốc amino acid kỵ nước một cách mất kiểm soát, dẫn đến hiện tượng protein bị cuộn gập sai lệch hoặc kết tụ lại với nhau (Feng et al., 2021). Khi protein bị kết tụ, khả năng di chuyển, hấp phụ nhanh lên bề mặt liên pha dầu/nước còn lại sau quá trình tách dầu và khả năng tạo màng cơ học bảo vệ các giọt dầu bị suy giảm nghiêm trọng, khiến hệ nhũ tương dễ xảy ra hiện tượng tách lớp, làm giảm chỉ số ESI (Yoshikawa et al., 2012). Do đó, protein trích ly bằng nước giữ được cấu trúc tự nhiên tốt hơn, đảm bảo sự cân bằng ưa nước - ưa béo tối ưu để duy trì độ bền cho hệ nhũ tương.

Qua kết quả nghiên cứu cho thấy, loại dung môi sử dụng có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả trích ly và tính chất chức năng của protein từ cám gạo. Việc bổ sung ethanol vào dung môi (từ 30% đến 70%) mang lại tác động tiêu cực đồng thời lên tất cả các chỉ tiêu phân tích do các hiệu ứng biến tính hóa lý. Do đó, dung môi nước cất được lựa chọn để thực hiện cho các thí nghiệm tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ DRB: nước cất đến một số chỉ tiêu từ quá trình trích ly protein

Bảng 2 trình bày kết quả ảnh hưởng của tỷ lệ DRB: nước cất (w/v) đến các chỉ tiêu trích ly. Hàm lượng protein hòa tan thể hiện xu hướng nghịch chiều rõ rệt với lượng dung môi: giảm từ $24,40 \pm 0,62$ mg/mL (tỷ lệ 1:1) xuống $9,38 \pm 0,15$ mg/mL (tỷ lệ 1:13). Ngược lại, hiệu suất thu hồi protein tăng từ $16,64 \pm 0,40\%$ (tỷ lệ 1:1) lên $83,29 \pm 1,10\%$ (tỷ lệ 1:13).

Xu hướng này phản ánh rõ nguyên lý khuếch tán chất tan theo định luật Fick (Cacace & Mazza, 2003). Khi tỷ lệ dung môi tăng, gradien nồng độ giữa pha nguyên liệu và pha dung môi lớn hơn, thúc đẩy quá trình khuếch tán protein ra ngoài triệt

Bảng 2. Ảnh hưởng của tỷ lệ DRB: nước cất đến một số chỉ tiêu từ quá trình trích ly protein

Tỷ lệ (w/v)	Hàm lượng protein (mg/mL)	Hiệu suất thu hồi (%)	Chỉ số ESI
1:1	24,40 ± 0,62a	16,64 ± 0,40a	61,34 ± 1,18a
1:4	19,47 ± 0,88b	53,09 ± 2,55b	67,16 ± 1,01b
1:7	14,71 ± 0,27c	70,29 ± 1,20c	73,79 ± 1,02c
1:10	11,12 ± 0,55d	75,74 ± 3,72d	75,39 ± 1,84c
1:13	9,38 ± 0,15e	83,29 ± 1,10e	70,70 ± 0,67d

Ghi chú: Trong cùng một cột, các giá trị mang chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo kiểm định LSD ($p < 0,05$).

để hơn. Tuy nhiên, protein bị pha loãng làm giảm nồng độ trong dịch trích ly (Akter et al., 2020; Lynaa et al., 2023).

Kết quả phân tích thống kê còn cho thấy, tỷ lệ DRB: nước cất ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất thu hồi protein ($p < 0,05$), tỷ lệ thuận với lượng dung môi sử dụng, đạt thấp nhất ở tỷ lệ 1:1 (16,64%) và cao nhất ở tỷ lệ 1:13 (83,29%). Điều này được lý giải bởi động học quá trình trích ly rắn-lỏng, khi lượng dung môi lớn, gradien nồng độ giữa bề mặt hạt cám và pha lỏng được duy trì ở mức cao trong suốt quá trình, tạo lực thúc đẩy khuếch tán mạnh giúp hòa hết để các phân tử protein nằm sâu trong cấu trúc polymer của cám (Chan et al., 2014; Hobbi et al., 2021). Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Cao et al. (2010) về trích ly protein hòa tan từ gạo lứt nảy mầm, trong đó tỷ lệ chất rắn: nước cất là 1:10 ở pH 8,5 cho hiệu suất thu hồi cao nhất. Mặc dù ở tỷ lệ 1:13 cho hiệu suất thu hồi cao nhất, hàm lượng protein hòa tan tương ứng lại thấp nhất, phản ánh rõ hiện tượng pha loãng khi tăng lượng dung môi (Akter et al., 2020).

Khi xét đến sự biến động của chỉ số ESI theo tỷ lệ dung môi có thể được giải thích dựa trên bản chất và trạng thái của các phân đoạn protein được giải phóng ở các điều kiện trích ly khác nhau. Ở các mức tỷ lệ 1:1 và 1:4, mật độ phân tử protein

cao tạo điều kiện thuận lợi cho tương tác protein-protein trong pha liên tục trước khi chúng kịp di chuyển và định vị tại bề mặt liên pha dầu-nước; hiện tượng kết tụ này làm giảm đáng kể khả năng bao bọc giọt dầu và dẫn đến hệ nhũ kém bền (Baune et al., 2021; Ji et al., 2025).

Với tỷ lệ 1:7 và 1:10, hàm lượng và cấu trúc các protein hòa tan đạt được sự cân bằng hợp lý giữa tỷ lệ gốc ưa dầu/ưa nước tiếp xúc bề mặt, tạo điều kiện để protein tích tụ nhanh tại bề mặt liên pha và hình thành màng cơ học bền vững xung quanh các giọt dầu, chống lại sự hợp giọt (Lam & Nickerson, 2013). Tỷ lệ 1:13, việc trích ly kéo theo các phân đoạn protein có khối lượng phân tử thấp và các hợp chất phi-protein, các phân tử này thiếu linh động bề mặt hoặc có cấu trúc không phù hợp để tạo màng nhũ tương liên tục và bền vững, đồng thời làm loãng các phân đoạn protein có hoạt tính nhũ hóa cao khiến chỉ số ESI sụt giảm (Lynaa et al., 2023; Zhu et al., 2023).

Do vậy, nhằm cân bằng giữa hiệu suất thu hồi protein và chất lượng chức năng của protein (chỉ số ESI), tỷ lệ DRB: nước cất là 1:10 (w/v) được chọn là điều kiện tối ưu cho các thí nghiệm tiếp theo. Tại tỷ lệ này, hiệu suất thu hồi protein đạt 75,74% - cao hơn so với tỷ lệ 1:7 (70,29%) - trong khi chỉ số ESI đạt 75,39, không khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) so với tỷ lệ 1:7 (73,79). Việc

tiếp tục tăng tỷ lệ DRB: nước cất lên tỷ lệ 1:13 thì cho hiệu suất thu hồi protein cao hơn (83,29%) nhưng làm giảm đáng kể chỉ số ESI (70,70) dẫn đến làm tăng chi phí dung môi và không kinh tế trong sản xuất.

3.3. Ảnh hưởng của pH đến một số chỉ tiêu từ quá trình trích ly protein

Kết quả trình bày trong Bảng 3 cho thấy, pH của môi trường trích ly là yếu tố có ảnh hưởng mạnh và có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) đến cả ba chỉ tiêu. Khi pH tăng từ 5,0 lên 9,0, hàm lượng protein hòa tan tăng liên tục từ $9,65 \pm 0,30$ mg/mL lên $17,24 \pm 0,38$ mg/mL, hiệu suất thu hồi từ 46,11 $\pm$ 1,40% lên 82,46 $\pm$ 1,64%, và ESI từ $63,12 \pm 0,79$ lên $75,20 \pm 1,19$. Tuy nhiên, khi tăng lên pH 10, cả ba chỉ tiêu hàm lượng protein hòa tan, hiệu suất thu hồi và chỉ số ESI đều giảm, với protein hòa tan giảm xuống $14,62 \pm 0,32$ mg/mL, hiệu suất 69,91 $\pm$ 1,34% và chỉ số ESI $72,78 \pm 0,68$.

Hiện tượng hàm lượng protein hòa tan tăng dần theo pH có thể được giải thích bởi đặc tính điện tích và khả năng hòa tan của protein cám gạo, trong đó glutelin và albumin là hai phân đoạn chủ yếu (Amagliani et al., 2017). Điểm đẳng điện (isoelectric point - pI) của protein cám gạo nằm trong khoảng pH 4,0-5,0 (Wang et al., 2014). Khi pH của dịch trích ly dịch chuyển ra xa pI, các phân

tử protein mang điện tích âm nhiều hơn, làm gia tăng lực đẩy tĩnh điện giữa các phân tử và giảm tương tác protein-protein, từ đó thúc đẩy sự phân tán của protein trong pha dung môi (Grossmann & McClements, 2023). Đồng thời, môi trường kiềm có thể phá vỡ các liên kết hydro và một phần liên kết disulfide, làm giãn cấu trúc không gian của protein và giải phóng hiệu quả hơn các tiểu phần protein từ nền DRB vào dịch trích ly (Long et al., 2025). Tuy nhiên, khi pH tăng quá cao, protein có thể bị biến tính mạnh, làm suy giảm cấu trúc bậc cao, thúc đẩy kết tụ và do đó làm giảm khả năng hòa tan (Cao et al., 2010; Grossmann & McClements, 2023). Bên cạnh đó, điều kiện kiềm quá mạnh còn có thể gây biến đổi một số acid amin nhạy cảm và làm giảm chất lượng protein thu nhận (Zhang et al., 2018).

Hiệu suất thu hồi protein biến thiên cùng xu hướng với độ hòa tan, do trong môi trường kiềm thích hợp, không chỉ các protein vốn dễ hòa tan như albumin mà cả glutelin, phân đoạn chiếm tỷ lệ lớn trong protein cám gạo và có khả năng hòa tan trong dung dịch kiềm loãng, cũng được giải phóng và thu nhận hiệu quả hơn (Modupalli et al., 2024). Điều này lý giải sự gia tăng rõ rệt của hiệu suất thu hồi ở các nghiệm thức kiềm trung bình đến kiềm mạnh. Tuy nhiên, ở pH quá cao, mặc dù hiệu suất

Bảng 3. Ảnh hưởng của pH đến một số chỉ tiêu từ quá trình trích ly protein

pH	Hàm lượng protein (mg/mL)	Hiệu suất thu hồi (%)	ESI
5	$9,65 \pm 0,30a$	$46,11 \pm 1,40a$	$63,12 \pm 0,79a$
6	$11,71 \pm 0,34b$	$55,99 \pm 1,59b$	$65,07 \pm 1,17b$
7	$13,58 \pm 0,50c$	$64,85 \pm 2,44c$	$67,15 \pm 0,62c$
8	$15,64 \pm 0,41d$	$74,87 \pm 1,71d$	$70,74 \pm 1,48d$
9	$17,24 \pm 0,38e$	$82,46 \pm 1,64e$	$75,20 \pm 1,20e$
10	$14,62 \pm 0,32f$	$69,91 \pm 1,34f$	$72,78 \pm 0,68f$

Ghi chú: Trong cùng một cột, các giá trị mang chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo kiểm định LSD ($p < 0,05$).

có thể tăng trong một giới hạn nhất định, protein thu được có nguy cơ bị biến tính sâu, xuất hiện phản ứng sẫm màu hoặc hình thành các hợp chất không mong muốn như lysinoalanine, từ đó làm suy giảm chất lượng sản phẩm cuối cùng (Zhang et al., 2018; Jayaprakash et al., 2022).

Độ ổn định nhũ tương của protein từ DRB phụ thuộc chặt chẽ vào cấu trúc bề mặt, độ linh động phân tử và cân bằng ưa nước-ưa dầu của protein. Trong điều kiện kiềm thích hợp, cấu trúc bậc cao của protein bị giãn mở vừa phải, làm lộ ra các vùng kỵ nước vốn bị che khuất trong phân tử, qua đó tăng khả năng hấp phụ lên bề mặt giọt dầu (Zhang et al., 2022). Khi tham gia nhũ hóa, các vùng kỵ nước này hướng về pha dầu, trong khi các nhóm ưa nước và mang điện tích âm quay ra pha nước, góp phần hình thành lớp màng liên diện bền vững bao quanh giọt dầu (He et al., 2011). Sự gia tăng lực đẩy tĩnh điện giữa các giọt dầu giúp hạn chế kết tụ, nổi kem và tách lớp, từ đó nâng cao chỉ số ESI (Zhang et al., 2022). Có thể kết luận, pH là một trong những yếu tố ảnh hưởng quan trọng nhất đến cả hiệu quả trích ly lẫn tính chất chức năng của protein DRB.

Trong nghiên cứu này, vì vậy với pH 9,0 được xem là điều kiện phù hợp nhất vì vừa cho hiệu suất

thu hồi cao vừa duy trì tốt khả năng nhũ hóa của protein (Modupalli et al., 2024).

Dựa trên kết quả phân tích, pH 9,0 được chọn là điều kiện tối ưu về tổng thể: cho hiệu suất thu hồi protein cao nhất (82,46%) và chỉ số ESI đạt cao nhất (75,20), đồng thời tránh được các phản ứng phân hủy và biến tính protein xảy ra ở pH quá cao.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã tiến hành khảo sát ảnh hưởng của loại dung môi, tỷ lệ DRB: dung môi và pH đến hiệu suất thu hồi protein và độ ổn định nhũ tương (chỉ số ESI) của protein trích ly protein từ cám gạo đã tách dầu (DRB). Kết quả đã xác định được các điều kiện trích ly tối ưu như sử dụng dung môi nước cất cho hiệu suất thu hồi 71,38% và chỉ số ESI đạt 73,70; tỷ lệ DRB: nước cất là 1:10 (w/v) cho hiệu suất thu hồi đạt 75,74% và chỉ số ESI đạt 75,39; và tại pH 9,0 cho hiệu suất thu hồi đạt 82,46% và chỉ số ESI đạt 75,20. Quy trình trích ly được xây dựng sử dụng dung môi an toàn (nước), không có hóa chất độc hại, chi phí thấp và có khả năng thu hồi protein với hiệu suất cao cùng chất lượng nhũ hóa tốt, phù hợp cho định hướng sản xuất thành phần protein thực vật từ phụ phẩm ngành lúa gạo■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Adebiyi, A. P., Adebiyi, A. O., Hasegawa, Y., Ogawa, T., & Muramoto, K. (2009). Isolation and characterization of protein fractions from deoiled rice bran. *European Food Research and Technology*, 228(3), 391-401. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0945-4>
- Akter, D., Begum, R., Rahman, M. N., Talukder, N., & Alam, M. J. (2020). Optimization of extraction process parameters for rice bran protein concentrate and its utilization in high-protein biscuit formulation. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 8(2). <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.2.25>
- Amagliani, L., O'Regan, J., Kelly, A. L., & O'Mahony, J. A. (2017). Composition and protein profile analysis of rice protein ingredients. *Journal of Food Composition and Analysis*, 59, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.12.026>
- Baune, M. C., Schroeder, S., Witte, F., Heinz, V., Bindrich, U., Weiss, J., & Terjung, N. (2021). Analysis of protein-network formation of different vegetable proteins during emulsification to produce solid fat substitutes. *Journal of Food Measurement & Characterization*, 15(3). <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00767-9>
- Cacace, J. E., & Mazza, G. (2003). Mass transfer process during extraction of phenolic compounds from milled berries. *Journal of Food Engineering*, 59(4), 379–389. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00497-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00497-1)
- Cao, X., Li, C., Wen, H., & Gu, Z. (2010). Extraction technique and characteristics of soluble protein in germinated

- brown rice. *International Journal of Food Properties*, 13(4), 810-820. <https://doi.org/10.1080/10942910902895200>.
- Chaisuwan, B., & Supawong, S. (2022). Physicochemical and antioxidative characteristics of rice bran protein extracted using subcritical water as a pretreatment and stability in a functional drink model during storage. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 44, 102466. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102466>
- Chan, C. H., Yusoff, R., & Ngoh, G. C. (2014). Modeling and kinetics study of conventional and assisted batch solvent extraction. *Chemical Engineering Research and Design*, 92(6), 1169–1186. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2013.10.001>
- Cho, S.-J., Lee, S.-D., & Han, S.-W. (2022). Functional Properties of Rice Bran Proteins Extracted from Low-Heat-Treated Defatted Rice Bran. *Molecules*, 27(21), 7212. <https://doi.org/10.3390/molecules27217212>
- Fabian, C., & Ju, Y. H. (2011). A review on rice bran protein: Its properties and extraction methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(9), 816–827. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.482678>
- FAO (2023). Rice Market Monitor. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Feng, Y., Ma, X., Kong, B., Chen, Q., & Liu, Q. (2021). Ethanol-induced changes in structural, morphological, and functional properties of whey protein isolates: Influence of ethanol concentration. *Food Hydrocolloids*, 111, 106379. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106379>
- Grossmann, L., & McClements, D. J. (2023). Current insights into protein solubility: A review of its importance for alternative proteins. *Food Hydrocolloids*, 137, 108416. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108416>
- Gul, K., Yousuf, B., Singh, A. K., Singh, P., & Wani, A. A. (2015). Rice bran: Nutritional values and its emerging potential for development of functional food — A review. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 6(1), 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2015.06.002>
- He, W., Tan, Y., Tian, Z., Chen, L., Hu, F., & Wu, W. (2011). Food protein-stabilized nanoemulsions as potential delivery systems for poorly water-soluble drugs: preparation, in vitro characterization, and pharmacokinetics in rats. *International journal of nanomedicine*, 6, 521–533. <https://doi.org/10.2147/IJN.S17282>
- Hobbi, P., Okoro, O. V., Delporte, C., Alimoradi, H., Podstawczyk, D., Nie, L., Bernaerts, V., Katrien, & Shavandi, A. (2021). Kinetic modelling of the solid–liquid extraction process of polyphenolic compounds from apple pomace: Influence of solvent composition and temperature. *Bioresources and Bioprocessing*, 8(1), 114. <https://doi.org/10.1186/s40643-021-00465-4>
- Jayaprakash, G., Bains, A., Chawla, P., Fogarasi, M., & Fogarasi, S. (2022). A Narrative Review on Rice Proteins: Current Scenario and Food Industrial Application. *Polymers*, 14(15), 3003. <https://doi.org/10.3390/polym14153003>
- Ji, L., Sagis, L. M. C., Scholten, E., & Yang, J. (2025). Lubrication by plant-based emulsions: Linking oil-water protein-stabilized interfacial mechanical properties to oil droplet lubrication properties. *Current research in food science*, 12, 101270. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2025.101270>
- Kielkopf, C. L., Bauer, W., & Urbatsch, I. L. (2020). Bradford Assay for Determining Protein Concentration. *Cold Spring Harbor protocols*, 2020(4), 102269. <https://doi.org/10.1101/pdb.prot102269>
- Lam, R. S., & Nickerson, M. T. (2013). Food proteins: a review on their emulsifying properties using a structure-function approach. *Food chemistry*, 141(2), 975–984. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.038>
- Leal, F. H. P. N., Senna, C. D. A., Kupski, L., Mendes, G. D. R. L., & Badiale-Furlong, E. (2021). Enzymatic and extrusion pretreatments of defatted rice bran to improve functional properties of protein concentrates. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(11), 5445-5451. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15017>
- Li, H., Zhang, W., Lin, L., Wu, X., & Wu, W. (2025). Structural characteristics and emulsion stability of rice bran protein-chitosan complex: Effects of protein oxidation and ultrasonic treatment. *Food Chemistry*, 490, 145143. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.145143>

- Long, R., Huang, Y., Dabbour, M., Mintah, B. K., Pan, J., Wu, M., Zhang, S., Qin, Z., He, R., & Ma, H. (2025). Physical Processing-Assisted pH Shifting for Food Protein Modification: A Comprehensive Review. *Foods* (Basel, Switzerland), 14(13), 2360. <https://doi.org/10.3390/foods14132360>
- Lynaa, F. K. S., Md Sarip, M. S., Saidi, S. A., Mohd Nawi, M. A. H., & Sotowa, K. I. (2023). Preparation of rice bran protein solutions using a water-based extraction process. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 56(1), 2205889. <https://doi.org/10.1080/00219592.2023.2205889>
- Modupalli, N., Galib, R. M., Sen, R., Lafontaine, S., & Rahman, M. M. (2024). Improving yield, functional properties, and aroma profile of rice bran protein through innovative extraction and precipitation methods. *Journal of Cereal Science*, 120, 104033. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.104033>
- Pearce, K. N., & Kinsella, J. E. (1978). Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. *Journal of agricultural and food chemistry*, 26(3), 716-723. <https://doi.org/10.1021/jf60217a041>
- Phongthai, S., Lim, S. T., & Rawdkuen, S. (2016). Optimization of microwave-assisted extraction of rice bran protein and its hydrolysate properties. *Journal of Cereal Science*, 70, 146-154. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.06.001>
- Prakash, J., & Ramaswamy, H. S. (1996). Rice bran proteins: Properties and food uses. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36(6), 537-552. <https://doi.org/10.1080/10408399609527738>
- Spaggiari, M., Dall'Asta, C., Galaverna, G., & del Castillo Bilbao, M. D. (2021). Rice bran by-product: From valorization strategies to nutritional perspectives. *Foods*, 10(1), 85. <https://doi.org/10.3390/foods10010085>
- Tổng cục Thống kê. (2026). Báo cáo tình hình kinh tế - xã hội quý IV và năm 2025. Tổng cục Thống kê. <https://www.nso.gov.vn/bai-top/2026/01/bao-cai-tinh-hinh-kinh-te-xa-hoi-quy-iv-va-nam-2025/>
- Wang, C., Li, D., Xu, F., Hao, T., & Zhang, M. (2014). Comparison of two methods for the extraction of fractionated rice bran protein. *Journal of Chemistry*, 2014(1), 546345. <https://doi.org/10.1155/2014/546345>
- Xu, Z., Hua, N., & Godber, J. S. (2001). Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and gamma-oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-azobis(2-methylpropionamidine) dihydrochloride. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(4), 2077-2081. <https://doi.org/10.1021/jf0012852>
- Yoshikawa, H., Hirano, A., Arakawa, T., & Shiraki, K. (2012). Mechanistic insights into protein precipitation by alcohol. *International journal of biological macromolecules*, 50(3), 865-871. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2011.11.005>
- Zhang, M., Fan, L., Liu, Y., Huang, S., & Li, J. (2022). Effects of proteins on emulsion stability: The role of proteins at the oil-water interface. *Food chemistry*, 397, 133726. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133726>
- Zhang, Z., Wang, Y., Dai, C., He, R., & Ma, H. (2018). Alkali extraction of rice residue protein isolates: Effects of alkali treatment conditions on lysinoalanine formation and structural characterization of lysinoalanine-containing protein. *Food chemistry*, 261, 176-183. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.027>
- Zhou, H. X., & Pang, X. (2018). Electrostatic Interactions in Protein Structure, Folding, Binding, and Condensation. *Chemical reviews*, 118(4), 1691-1741. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00305>
- Zhu, Y., Hong, N., Zhao, L., Liu, S., Zhang, J., Li, M., Ma, Y., Liang, D., & Zhao, G. (2023). Effect of Molecular Weight on the Structural and Emulsifying Characteristics of Bovine Bone Protein Hydrolysate. *Foods*, 12(24), 4515. <https://doi.org/10.3390/foods12244515>

Ngày nhận bài: 15/4/2026

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 28/4/2026

Ngày chấp nhận đăng bài: 18/5/2026

EFFECTS OF EXTRACTION FACTORS ON PROTEIN RECOVERY YIELD AND EMULSION STABILITY INDEX OF PROTEIN FROM DEFATTED RICE BRAN

- NGUYEN VAN GI¹
- VUONG BAO THY¹
- NGUYEN NGOC QUI¹
- TRAN NGOC DIEP¹
- DANG XUAN DAO¹
- TRAN HUU THANH HUY¹
- BUI THE VINH¹*

¹Graduate School, Cuu Long University

*Corresponding author: btvinhvn@yahoo.com.vn

ABSTRACT:

Defatted rice bran (DRB) is a nutritionally rich agricultural by-product containing significant protein and bioactive compounds but remains underutilized. This study investigates the effects of single factors on protein extraction from DRB, including solvent type (distilled water, 30%, 50%, and 70% ethanol), solid-to-solvent ratio (1:1 to 1:13, w/v), and pH (5.0 - 10.0), on protein recovery yield and emulsion stability index (ESI). The results show that distilled water provides the best extraction performance, with protein recovery and ESI values of 71.38% and 73.70, respectively. The optimal ratio (1:10) increases recovery to 75.74% and ESI to 75.39, while pH 9.0 yields the highest recovery (82.46%) and ESI of 75.20. These findings provide a scientific basis for optimizing protein extraction from DRB and support the development of high-quality plant-based protein ingredients from agricultural by-products in Vietnam.

Keywords: defatted rice bran, emulsion stability, recovery yield, protein, extraction