

Production of protein powder from salted duck eggs white

Trinh A. Nguyen^{1*}, Thuy T. P. Nguyen¹, & Thao T. T. Nguyen¹

Faculty of Food Science and Technology, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: November 26, 2018

Revised: December 22, 2018

Accepted: January 14, 2019

Keywords

Protein powder

Producing protein powder

Protein precipitation

Salted duck eggs

Salted egg white

*Corresponding author

Nguyen Anh Trinh

Email: natrinh@hcmuaf.edu.vn

ABSTRACT

The objective of the research was to determine process conditions to produce protein powder from salted duck egg whites based on the two main steps including precipitation of the protein from egg white and drying the protein. Optimization for process parameters of protein's precipitation and drying were carried out by Response Surface Design method with the results obtained from the experiment. Basing on the determination of the limits of studied factors, defining the regression and choosing the optimal parameters for precipitation and drying processes. The result of optimal protein precipitation was the ratio of water/salted duck egg white: 3.5/1, the temperature of 80⁰C and precipitation time of 60 minutes with the process yield was 9.63% and the salt separation was 19.61%. The result of optimal drying process was the drying temperature at 75⁰C, material density: 0.35 g/cm² (wind speed of 0.64 m/s and drying time of 4 h) with the product solubility of 11.05%, the water content of 8.19% and aw of 0,476. Verifying the defined regression equation and experiment showed the different level is less than 5%, the defined regression equation is valid and has the potential to apply in production.

Cited as: Nguyen, T. A., Nguyen, T. T. P., & Nguyen, T. T. T. (2019). Production of protein powder from salted duck eggs white. *The Journal of Agriculture and Development* 18(2), 119-130.

Nghiên cứu sản xuất bột protein từ lòng trắng trứng vịt muối

Nguyễn Anh Trinh^{1*}, Nguyễn Thị Phước Thủy¹ & Nguyễn Thị Thanh Thảo¹

Khoa Công Nghệ Thực Phẩm, Trường Đại Học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 26/11/2018

Ngày chỉnh sửa: 22/12/2018

Ngày chấp nhận: 14/01/2019

Từ khóa

Bột protein

Kết tủa protein

Lòng trắng trứng muối

Sản xuất bột protein

Trứng vịt muối

*Tác giả liên hệ

Nguyễn Anh Trinh

Email: natrinh@hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm xác định thông số kỹ thuật cho qui trình sản xuất bột protein từ lòng trắng trứng vịt muối trên 2 giai đoạn chính là kết tủa protein từ lòng trắng trứng vịt muối và sấy tủa protein thu được. Nghiên cứu tối ưu hóa quá trình kết tủa và sấy được thực hiện theo phương pháp bề mặt đáp ứng với các yếu tố được khảo sát từ thí nghiệm. Trên cơ sở xác định các phạm vi của yếu tố nghiên cứu, tiến hành xây dựng phương trình hồi quy thực nghiệm, từ đó chọn ra các thông số tối ưu cho quá trình tủa protein và sấy. Kết quả nghiên cứu chế độ kết tủa protein tối ưu là tỉ lệ nước: lòng trắng trứng vịt muối (g/g) là 3,5/1, nhiệt độ 80⁰C, thời gian 60 phút cho hiệu suất thu hồi tủa là 9,63% và tỉ lệ muối tách ra là 19,61%. Kết quả nghiên cứu chế độ sấy tủa protein tối ưu có nhiệt độ sấy 75⁰C, mật độ nguyên liệu sấy 0,35 g/cm² (tốc độ gió 0,64 m/s, thời gian sấy 4 giờ), sản phẩm có độ hòa tan là 11,05% độ ẩm: 8,19% và Aw là 0,476. Kết quả kiểm chứng giữa phương trình hồi quy xác định và thực nghiệm, cho thấy sự chênh lệch nhỏ (dưới 5%), vì thế mô hình có giá trị thực tiễn và có thể áp dụng trong thực tế sản xuất.

1. Đặt Vấn Đề

Muối trứng là phương pháp bảo quản trứng được sử dụng và phổ biến ở nhiều nước, đặc biệt là các nước châu Á như Thái Lan, Trung Quốc, Việt Nam. Thông thường, trứng muối được sản xuất bởi hai phương pháp chính là ngâm trứng trong dung dịch muối hoặc bọc trứng bằng hỗn hợp đất với muối trong 15 đến 30 ngày (Chi & Tseng, 1998; Lai & ctv., 1999). Trứng muối làm từ trứng vịt đạt được nhiều đặc tính mong muốn hơn so với trứng gà (Li & Hsieh, 2004). Trong đó, lòng đỏ trứng vịt muối mang giá trị sử dụng cao hơn so với lòng trắng (Kaewmanee & ctv., 2009). Qua quá trình muối trứng, lòng trắng mất đi tính nhớt, trở nên lỏng và thay đổi tỉ lệ so với tổng thể tích của trứng (Chi & Tseng, 1998). Protein lòng trắng trứng có nhiều đặc tính chức năng như khả năng tạo bọt, hoạt tính tạo nhũ, gel hoá, được sử dụng rộng rãi trong chế biến thực phẩm. Để tối ưu khả năng sử dụng của lòng

trắng trứng muối, một số nghiên cứu được thực hiện như nghiên cứu chiết xuất lysozyme để ứng dụng trong bảo quản thực phẩm (Chang & Liu, 1994), nghiên cứu sử dụng lòng trắng trứng muối như một thành phần trong sản xuất xúc xích Đức (Lin & ctv., 1996). Khả năng hình thành gel và độ bền nhũ của bột lòng trắng trứng muối cũng được nghiên cứu bởi Huang & ctv. (1996). Lòng trắng trứng muối (chứa khoảng 10% protein) bị loại bỏ gây ô nhiễm môi trường, vì chỉ phần lòng đỏ được sử dụng trong sản xuất bánh (Huang & ctv., 1999). Qua tìm hiểu thông tin liên quan đến cơ sở làm bánh pía, bánh trung thu, chả lụa có sử dụng lòng đỏ trứng vịt muối cho thấy tất cả lòng trắng trứng được bỏ đi, điều này làm tăng khả năng gây ô nhiễm môi trường và không làm tăng giá trị của quả trứng muối nói riêng và quả trứng tươi nói chung. Vì vậy, tận dụng lòng trắng trứng vịt muối góp phần đáng kể giảm thiểu ô nhiễm môi trường, đồng thời tạo ra sản phẩm bột trắng trứng có giá trị cao, là vấn đề rất được quan tâm

hiện nay.

Có nhiều phương pháp kết tủa protein (điều chỉnh pH, nhiệt, muối) và sấy tủa (sấy bằng không khí nóng, sấy bơm nhiệt,...), chúng tôi chọn phương pháp kết tủa protein bằng nhiệt và sấy tủa thu được bằng phương pháp sấy không khí nóng vì phù hợp với đặc tính của nguyên liệu lòng trắng trứng vịt muối.

2. Vật Liệu và Phương Pháp Nghiên Cứu

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Nguyên liệu lòng trắng trứng vịt muối (Hình 1) được cung cấp bởi cơ sở kinh doanh trứng gia cầm Mười Tốt. Địa chỉ: 140 Tây Thạnh, phường Tây Thạnh, quận Tân Phú, TP.HCM.



Hình 1. Nguyên liệu lòng trắng trứng vịt muối.

Khảo sát nguyên liệu lòng trắng trứng cho thấy thành phần của lòng trắng trứng muối có sự dao động, khối lượng riêng $1,34 \pm 0,10$ (kg/L), nồng độ muối $15,87 \pm 2,44$ (%), có thể do nhiều nguyên nhân như quá trình sản xuất trứng muối, kích thước trứng, tạp chất (lòng đỏ trứng, vỏ trứng),... Đánh giá cảm quan nguyên liệu lòng trắng trứng muối cho thấy độ đặc lỏng không đồng đều, màu vàng của lòng trắng có lẫn màu của lòng đỏ, có mùi tanh đặc trưng của trứng.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Tối ưu hóa quá trình kết tủa protein từ lòng trắng trứng muối bằng phương pháp nhiệt

- Xác định phạm vi giới hạn của tỷ lệ nước/lòng trắng trứng muối: Tiến hành kết tủa

protein của lòng trắng trứng muối được pha loãng (tỷ lệ nước/lòng trắng trứng muối là 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1 và 6:1) và xác định hiệu suất thu hồi, lượng muối tách ra trong dịch lọc thu được. Thí nghiệm được tiến hành 5 lần lặp lại.

- Xác định phạm vi giới hạn của nhiệt độ kết tủa protein: Tiến hành kết tủa protein của lòng trắng trứng muối được pha loãng ở nhiệt độ 70, 75, 80, 85, 90°C và xác định hiệu suất thu hồi, lượng muối tách ra trong dịch lọc thu được. Thí nghiệm được tiến hành 5 lần lặp lại.

- Xác định phạm vi giới hạn của thời gian tủa protein: Tiến hành kết tủa protein của lòng trắng trứng muối được pha loãng trong thời gian 45, 60, 75, 90, 105, 120 phút và xác định hiệu suất thu hồi, lượng muối tách ra trong dịch lọc thu được. Thí nghiệm được tiến hành 5 lần lặp lại.

- Xác định chế độ tủa protein tối ưu: Chúng tôi đã thực hiện bố trí thí nghiệm theo phương pháp bề mặt đáp ứng (Response Surface Design), Box-Behnken (BDD) với 3 yếu tố khảo sát là độ pha loãng X_1 , nhiệt độ tủa X_2 và thời gian tủa X_3 . Trên cơ sở xác định X_1 , X_2 , X_3 xây dựng phương trình hồi quy thực nghiệm để mô tả sự phụ thuộc của 3 yếu tố khảo sát lên các chỉ tiêu theo dõi. Từ đó chọn ra các mức thích hợp của các yếu tố khảo sát cho quá trình tủa protein bằng nhiệt. Phương trình bậc 2 có dạng: $Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + b_1X_1X_2 + b_2X_1X_3 + b_3X_2X_3 + c_1X_1^2 + c_2X_2^2 + c_3X_3^2$.

2.2.2. Tối ưu hóa quá trình sấy tủa protein lòng trắng trứng muối bằng phương pháp sấy không khí nóng

- Xác định phạm vi giới hạn của nhiệt độ sấy: Tiến hành sấy tủa protein của lòng trắng trứng ở các nhiệt độ 50°C, 60°C, 70°C, 80°C đến độ ẩm < 10% để xác định phạm vi giới hạn của nhiệt độ sấy áp dụng cho thí nghiệm tối ưu hóa quá trình sấy, thí nghiệm được tiến hành 3 lần lặp lại.

- Xác định phạm vi giới hạn mật độ sấy: Tiến hành sấy tủa protein của lòng trắng trứng ở các mật độ nguyên liệu 0,35 g/cm², 0,45 g/cm², 0,55 g/cm², sấy đến độ ẩm < 10% để xác định phạm vi giới hạn của mật độ sấy áp dụng cho thí nghiệm tối ưu hóa quá trình sấy, thí nghiệm được tiến hành 3 lần lặp lại.

- Xác định chế độ sấy tủa protein tối ưu: Chúng tôi đã thực hiện bố trí thí nghiệm theo phương pháp quy hoạch thực nghiệm bậc hai, cấu trúc có tâm (Central Composite Design, CCD), với góc

quay 1,414. Hai yếu tố khảo sát là nhiệt độ sấy và mật độ nguyên liệu sấy. Các giá trị mã hóa: X1: nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$), X2: mật độ nguyên liệu (g/cm^2), Y₁: độ hòa tan (%) và Y₂: độ trắng (%). Phương trình hồi quy thực nghiệm mô tả sự phụ thuộc của độ hòa tan và độ trắng của bột lòng trắng trứng vào các yếu tố thí nghiệm là một đa thức bậc 2 có dạng sau: $Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + b_1X_1X_2 + c_1X_1^2 + c_2X_2^2$.

Kiểm chứng phương trình: sau khi xác định được phương trình hồi quy và các giá trị tối ưu tiến hành sấy mẫu thực nghiệm ở các giá trị tối ưu (nhiệt độ và mật độ nguyên liệu sấy) để kiểm chứng mức độ phù hợp của phương trình. Chỉ tiêu đánh giá là độ hòa tan và độ trắng.

2.3. Các phương pháp phân tích

- Phương pháp xác định ẩm độ theo TCVN 8135:2009

- Xác định hiệu suất thu hồi tua H(%):

$$H(\%) = \frac{m_{\text{chất khô}} \times 100}{m_{\text{ltt đem tua}}}$$

với $m_{\text{chất khô}}$ là khối lượng chất khô của lòng trắng trứng vịt muối đem tua (g), $m_{\text{ltt đem tua}}$ là khối lượng của lòng trắng trứng vịt muối đem tua (g).

- Xác định tỉ lệ muối tách ra M(%):

$$M(\%) = \frac{m_{\text{muối trong dịch lọc}} \times 100}{m_{\text{muối trong ltt đem tua}}}$$

với:

$$m_{\text{muối trong dịch lọc}}(\text{g}) = \frac{S\%_0}{1000} \times V_{\text{dịch lọc}}(\text{mL})$$

$$m_{\text{muối trong ltt đem tua}}(\text{g}) = \frac{S\%_0}{1000}$$

- Phương pháp xác định độ hòa tan:

Độ hòa tan của các mẫu bột trứng được xác định dựa theo phương pháp của Anderson & ctv. (1969). Độ hòa tan được tính theo tỉ lệ phần trăm vật chất khô hòa tan trong nước sau ly tâm so với tổng lượng chất khô tính được.

Cách tiến hành: Cho 1 g bột trứng vào ống ly tâm (dung tích 50 mL), sau đó thêm 30 g nước cất, khuấy đều bằng máy rung, sau đó giữ ống ly tâm trong nước 37°C trong 30 phút rồi tiến hành ly tâm với tốc độ 5000 vòng/phút trong thời gian

10 phút. Sau ly tâm, phần bột không tan sẽ lắng xuống đáy ống ly tâm, nhẹ nhàng tách riêng phần lỏng và phần rắn không tan vào 2 cốc nhôm khác nhau đã được cân trước khối lượng. Đặt tất cả cốc nhôm vào tủ sấy 105°C , sấy đến khối lượng không đổi, sau đó đem cân khối lượng cốc nhôm sau sấy.

Tính kết quả: Độ hòa tan = $(m/m_0) \times 100$ (%), trong đó: m là khối lượng vật chất khô hòa tan trong phần dung dịch lỏng sau ly tâm, m_0 là tổng khối lượng của vật chất khô hòa tan trong phần lỏng và vật chất khô không tan trong phần rắn.

- Phương pháp đo màu: Màu sắc mẫu được đo bằng máy đo màu Konica Minolta (Hallier & ctv., 2008; Roth & ctv., 2008). Số liệu ghi nhận từ việc đo màu là các giá trị L^* , a^* , b^* . Trong đó, L^* đặc trưng cho độ sáng, thông số a^* đại diện cho màu đỏ, giá trị tương ứng chạy từ màu xanh lá cây đến màu đỏ, b^* đại diện cho màu vàng, giá trị tương ứng chạy từ màu xanh da trời đến màu vàng. L^* , a^* , b^* càng lớn, mẫu càng sáng, màu càng đỏ và càng vàng. Độ trắng W được xác định theo công thức::

$$W(\%) = \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$$

- Phương pháp đo hoạt độ nước (A_w): Sử dụng máy đo hoạt độ nước Aqualab để xác định hoạt độ nước của các mẫu.

- Hàm lượng ẩm WC (Water Content): Hàm lượng ẩm được xác định theo phương pháp sấy khô ở 105°C đến khi khối lượng không đổi. Hàm lượng ẩm được xác định theo căn bản ướt bằng công thức:

$$WC(\%) = \frac{m_{\text{mẫu trước sấy}} - m_{\text{mẫu sau sấy}}}{m_{\text{mẫu trước sấy}}} \times 100$$

2.4. Phân tích thống kê

Số liệu thí nghiệm được tiến hành phân tích phương sai ANOVA (Analysis of Variance) để xác định sự ảnh hưởng của yếu tố nghiên cứu đến dữ liệu thu thập và trắc nghiệm LSD (Least Significant Difference) để đánh giá sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình của các nghiệm thức, xét ở độ tin cậy 95%. Kết quả xử lý thống kê được thể hiện dưới dạng các biểu đồ. Số liệu được xử lý bằng các phần mềm JMP 10.0.2 (SAS Institute Inc., 2012; USA) và Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corp., 2007; USA).

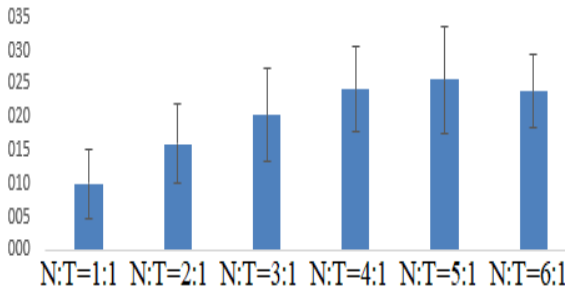
3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Tối ưu hóa quá trình kết tủa protein từ lòng trắng trứng muối bằng phương pháp nhiệt

3.1.1. Xác định phạm vi giới hạn tỷ lệ nước/lòng trắng trứng muối

- Tỷ lệ muối tách (%):

Lượng muối tách ra ứng với các tỉ lệ nước/lòng trắng trứng (1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1 và 6:1) được thể hiện trong Hình 2.

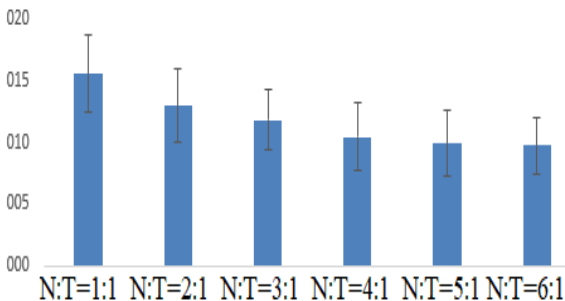


Hình 2. Phần trăm muối tách ở các tỉ lệ pha loãng.

Tỉ lệ nước/lòng trắng trứng càng tăng thì lượng muối tách ra càng nhiều, cao nhất ở tỉ lệ 5:1 là 25,6%, thấp nhất ở tỉ lệ 1:1 là 9,97%, sự khác biệt này có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%. Lượng muối tách ở tỉ lệ 3:1, 4:1, 5:1, 6:1 không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê.

- Hiệu suất thu hồi (%):

Hiệu suất thu hồi ứng với các tỉ lệ nước/lòng trắng trứng (1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1 và 6:1) được thể hiện trong Hình 3.



Hình 3. Hiệu suất thu hồi ở các tỉ lệ pha loãng (%).

Tỉ lệ nước/lòng trắng trứng càng tăng thì hiệu suất thu hồi càng giảm. Hiệu suất thu hồi cao nhất ở tỉ lệ 1:1 là 15,54%, thấp nhất ở tỉ lệ 6:1

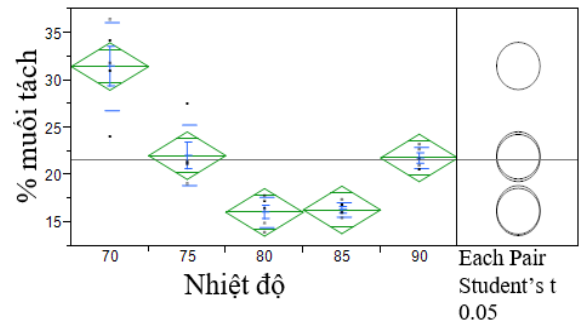
là 9,73%, sự khác biệt này có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%. Hiệu suất thu hồi ở tỉ lệ 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 6:1 khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Theo kết quả trên, chúng tôi chọn phạm vi giới hạn của tỉ lệ nước/lòng trắng trứng từ 2 đến 4 để thực hiện thí nghiệm tối ưu hóa.

3.1.2. Xác định phạm vi giới hạn của nhiệt độ tủa protein

- Tỷ lệ muối tách (%):

Lượng muối tách ra ứng với nhiệt độ tủa protein ở 70, 75, 80, 85 và 90°C được thể hiện trong Hình 4.

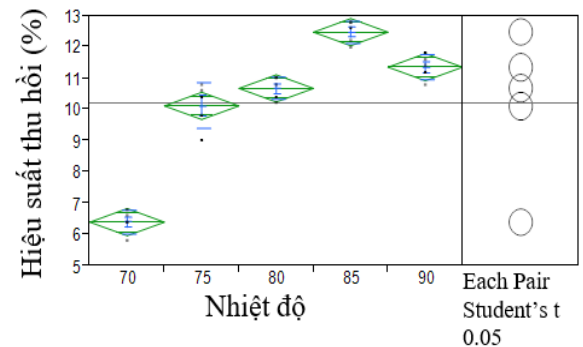


Hình 4. Phần trăm muối tách ở các nhiệt độ kết tủa protein.

Lượng muối tách ra cao nhất ở nhiệt độ tủa 70°C là 31,47%, thấp nhất ở 80°C là 16,06%, sự khác biệt này có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%.

- Hiệu suất thu hồi (%):

Hiệu suất thu hồi ứng với nhiệt độ tủa protein ở 70, 75, 80, 85 và 90°C được thể hiện trong Hình 5.



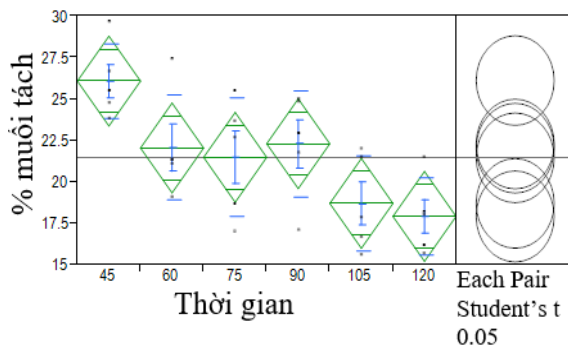
Hình 5. Hiệu suất thu hồi ở các nhiệt độ kết tủa protein.

Nhiệt độ kết tủa protein càng tăng thì hiệu suất thu hồi càng tăng, cao nhất ở 85⁰C là 12,48%, thấp nhất ở 70⁰C là 6,4%, sự khác biệt này có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%. Ở 90⁰C hiệu suất thu hồi giảm xuống rõ rệt so với 85⁰C là do ở nhiệt độ quá cao thì tủa protein bị dính dưới đáy và không thể thu hồi được lớp tủa đó. Theo kết quả trên, chúng tôi chọn phạm vi giới hạn của nhiệt độ kết tủa protein từ 75 đến 95⁰C để thực hiện thí nghiệm tối ưu hóa.

3.1.3. Xác định phạm vi giới hạn của thời gian tủa protein

- Tỷ lệ muối tách (%):

Lượng muối tách ra ứng với thời gian kết tủa protein 45, 60, 75, 90, 105, 120 phút được thể hiện trong Hình 6.

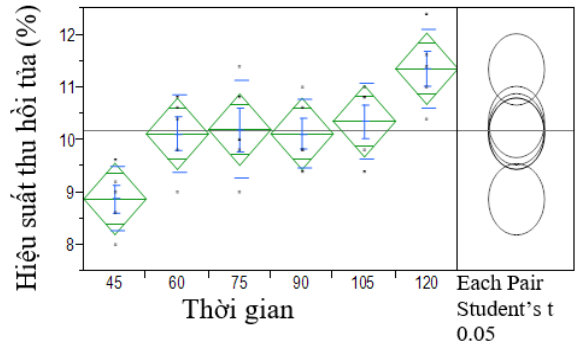


Hình 6. Phần trăm muối tách ở các thời gian kết tủa protein.

Thời gian càng tăng thì lượng muối tách càng giảm, cao nhất ở 45 phút là 26,09%, thấp nhất ở 120 phút là 17,92%, sự khác biệt này có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%. Các thời gian 60, 75, 90 và 105 phút lượng muối tách không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê.

- Hiệu suất thu hồi (%): Hiệu suất thu hồi ứng với thời gian kết tủa protein 45, 60, 75, 90, 105, 120 phút được thể hiện trong Hình 7.

Thời gian kết tủa càng tăng thì hiệu suất thu hồi càng tăng, cao nhất ở thời gian 120 phút là 11,36%, thấp nhất ở 45 phút là 8,88%, sự khác biệt này có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%. Ở các thời gian tủa 60, 75, 90 và 105 phút, hiệu suất thu hồi tủa không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê. Theo kết quả trên, chúng tôi chọn phạm vi giới hạn của thời gian kết tủa protein từ 40 đến 80 phút để thực hiện thí nghiệm tối ưu hóa.



Hình 7. Hiệu suất thu hồi ở các thời gian kết tủa protein.

3.1.4. Xác định chế độ kết tủa protein tối ưu

Từ các thí nghiệm xác định phạm vi ảnh hưởng của các yếu tố thí nghiệm, giá trị mã hóa được thể hiện trong Bảng 1. Ma trận nghiệm thức và đáp ứng Y₁ (hiệu suất thu hồi), Y₂ (% muối tách) được trình bày ở Bảng 2.

Bảng 1. Giá trị mã hóa giá của các yếu tố khảo sát

Các biến độc lập	Các giá trị mã hóa		
	-1	0	+1
X ₁ : Tỷ lệ nước/lòng trắng trứng	2	3	4
X ₂ : Nhiệt độ kết tủa (°C)	75	85	95
X ₃ : Thời gian tủa (phút)	40	60	80

- Xét chỉ tiêu Y₁ (hiệu suất thu hồi):

Kết quả xử lý cho thấy hệ số tương quan giữa hiệu suất thu hồi thực nghiệm và hiệu suất thu hồi lý thuyết là R² = 0,93 ở độ tin cậy là 95%. Phương trình đường cong của mô hình bề mặt đáp ứng ở độ tin cậy 95% là Y₁ = 10,467 + 1,995X₁ + 1,61X₂ - 2,378X₁², trong đó Y₁ là hiệu suất thu hồi tủa (%); X₁ là tỷ lệ nước/lòng trắng trứng; X₂ là nhiệt độ tủa (°C).

Hiệu suất Y₁ phụ thuộc vào X₁ và X₂. Tỷ lệ X₁ càng cao thì hàm lượng lòng trắng trứng trong dung dịch pha loãng càng giảm dẫn đến hiệu suất thu hồi càng giảm, ở nhiệt độ tủa càng cao thì hiệu suất thu hồi càng cao vì ở nhiệt độ cao, tủa tạo ra nhiều hơn và tạo thành cục đông lớn hơn, do đó tủa sẽ ít bị nước lôi qua lỗ lọc, đi vào dịch lọc. Yếu tố thời gian kết tủa không ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi tủa.

- Xét chỉ tiêu Y₂ (% muối tách):

Kết quả xử lý cho thấy hệ số tương quan giữa

Bảng 2. Ma trận nghiệm thức và đáp ứng Y_1 (hiệu suất thu hồi), Y_2 (% muối tách)

TT	Nghiệm thức	Tỉ lệ nước/trứng	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)	Y_1	Y_2
1	- -0	2	75	60	4,95	18,55
2	-0-	2	85	40	4,58	13,05
3	-0+	2	85	80	5,03	13,11
4	- +0	2	95	60	5,48	12,04
5	0- -	3	75	40	3,80	26,00
6	0- +	3	75	80	8,00	20,25
7	000	3	85	60	10,20	15,69
8	000	3	85	60	10,40	15,50
9	000	3	85	60	10,80	14,50
10	0+ -	3	95	40	11,20	15,29
11	0++	3	95	80	10,20	14,37
12	+ -0	4	75	60	7,25	26,07
13	+0-	4	85	40	9,50	18,18
14	+0+	4	85	80	9,25	18,18
15	+++	4	95	60	10,00	16,82

tỉ lệ muối tách thực nghiệm và lý thuyết là $R^2 = 0,97$ ở độ tin cậy là 95%. Phương trình đường cong của mô hình bề mặt đáp ứng ở độ tin cậy 95% là $Y^2 = 15,23 + 2,813X^1 - 4,044X^2 + 3,244X_2^2$, trong đó Y^2 là tỉ lệ muối tách (%); X^1 là tỉ lệ nước/lòng trắng trứng; X^2 là nhiệt độ tủa (°C).

Hiệu suất Y^2 phụ thuộc vào X^1 và X^2 . Tỉ lệ X^1 càng cao thì hàm lượng lòng trắng trứng trong dung dịch pha loãng càng giảm dẫn đến tủa tạo thành phân tán trong nước thành dạng nhỏ, khó đông tụ thành một khối lớn nên muối ít bị ngậm trong tủa, hòa tan trong nước nhiều hơn, vì vậy tỉ lệ muối tách ra sẽ nhiều hơn. Nhiệt độ tủa càng cao thì tỉ lệ muối tách ra càng ít do nhiệt độ cao sẽ làm tủa đông tụ nhanh, khối đông lớn nên tủa ngậm muối nhiều hơn. Thời gian kết tủa không ảnh hưởng đến tỉ lệ muối tách ra.

- Dự đoán giá trị tối ưu của các yếu tố thí nghiệm:

Kết quả xử lý cho thấy X^1 ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi tủa theo dạng parabol (tăng đến một mức độ nhất định rồi giảm), còn tỉ lệ muối tách thì tăng tuyến tính với độ tăng của độ pha loãng vì dung dịch càng loãng thì hạt tủa tạo ra càng nhỏ và phân tán đều trong dung dịch, muối tách ra càng nhiều. Để có hiệu suất thu hồi cao đồng thời tỉ lệ muối tách ra nhiều thì chúng tôi chọn tỉ lệ nước/trứng là 3,5/1.

Nhiệt độ kết tủa X^2 ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi tủa theo dạng parabol, nhiệt độ càng tăng thì hiệu suất thu hồi tủa càng tăng, tủa tạo ra cũng có kích thước lớn hơn. Nhưng đến một nhiệt

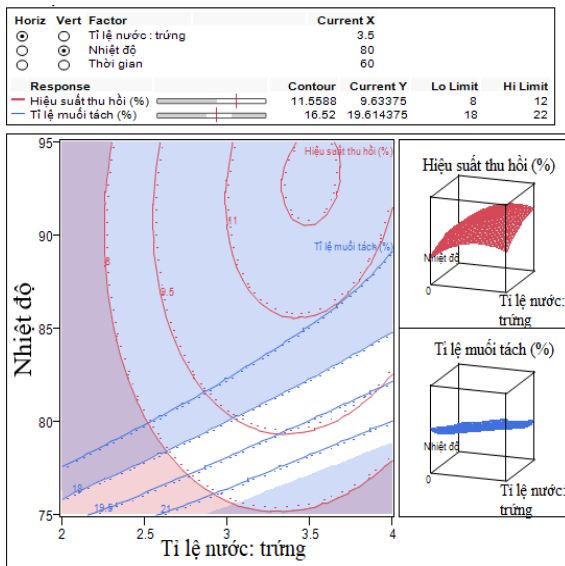
độ tủa nhất định hiệu suất thu hồi tủa giảm đi, nguyên nhân là do ở nhiệt độ quá cao, protein biến tính gần hết, tủa protein lại tiếp xúc trực tiếp với đáy bình nên dính chặt dưới đáy bình, dẫn đến hao hụt tủa. Nhiệt độ kết tủa X^2 ảnh hưởng đến tỉ lệ muối tách cũng theo dạng parabol, nhiệt độ tủa càng thấp thì tỉ lệ muối tách ra càng nhiều vì khi ở nhiệt độ thấp, protein sẽ biến tính từ từ nên hạt tủa tạo ra sẽ nhỏ, phân tán đều trong dung dịch, tủa không ngậm nhiều muối nên tỉ lệ muối tan trong nước sẽ nhiều lên, dẫn đến muối tách ra nhiều hơn. Nhưng đến một nhiệt độ nhất định tỉ lệ muối tách ra lại tăng lên do ở nhiệt độ quá cao, độ hòa tan của muối tăng, muối trong tủa được hòa tan từ từ vào nước, do đó ta thấy có sự tăng nhẹ tỉ lệ muối tách ra ở nhiệt cao.

Thời gian kết tủa ảnh hưởng không nhiều đến hiệu suất thu hồi tủa và tỉ lệ muối tách ra. Thời gian tủa càng tăng thì hiệu suất thu hồi tủa càng tăng do càng đun lâu, lòng trắng trứng biến tính càng nhiều. Thời gian tủa càng tăng thì tỉ lệ muối tách càng giảm do để càng lâu, tủa càng nhiều và tủa có thời gian sắp xếp tại thành các khối tủa to ngậm muối vào trong đó.

Chế độ tối ưu cho hiệu suất thu hồi cao vì tủa ở nhiệt độ cao và thời gian ngắn nhưng cũng đảm bảo được lượng muối tách ra không quá thấp, đó là chế độ tỉ lệ X^1 là 3,5/1, nhiệt độ tủa là 80°C và thời gian tủa là 60 phút, với những yếu tố tối ưu đó thì hiệu suất thu hồi tủa dự kiến của thí nghiệm này là 9,63% và tỉ lệ muối tách ra là 19,61%.

Sự tương tác của các yếu tố khảo sát của chế

độ kết tủa được biểu diễn qua đường đồng mức được thể hiện ở Hình 8.



Hình 8. Đường đồng mức biểu diễn hiệu suất thu hồi tủa và lượng muối tách ra.

Chúng tôi chọn khoảng hiệu suất thu hồi tủa (8 – 12%) và khoảng tỉ lệ muối tách ra (18 – 22%) là đáp ứng của chế độ tủa tối ưu: tỉ lệ $X_1 = 3,5/1$, nhiệt độ $80^{\circ}C$ và thời gian 60 phút. Nhìn trên hình cho thấy khoảng trắng không bị tô màu, đó chính là khoản đáp ứng tốt nhất của chế độ tối ưu.

- Kiểm chứng giá trị tối ưu từ mô hình thực nghiệm:

Từ các thông số tối ưu của quá trình tủa protein lòng trắng trứng được xác định bằng phương trình của mô hình bề mặt đáp ứng, chúng tôi tiến hành thực nghiệm để kiểm chứng lại các thông số tối ưu, chứng minh tính xác thực của mô hình. Chúng tôi thực nghiệm lại các thông số tối ưu 2 lần và lấy giá trị thực nghiệm trung bình trình bày ở Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả kiểm chứng hiệu suất thu hồi và tỉ lệ muối tách ra giữa mô hình và thực nghiệm

	Mô hình	Thực nghiệm
Hiệu suất thu hồi (%)	9,63	9,57
Tỉ lệ muối tách ra (%)	19,61	18,82

Ở chế độ tủa ($X_1 = 3,5/1$, nhiệt độ $80^{\circ}C$ và thời gian 60 phút), hiệu suất thu hồi tủa của mô

hình lệch với thực nghiệm 0,62% và tỉ lệ muối tách ra của mô hình lệch với thực nghiệm 4,03%, độ chênh lệch hiệu suất thu hồi tủa giữa mô hình với thực nghiệm nhỏ, còn độ chênh lệch tỉ lệ muối tách giữa mô hình với thực nghiệm khá lớn nhưng nhỏ hơn 5% nên mô hình có giá trị thực tiễn và có thể áp dụng vào thực tế sản xuất. Tủa protein từ lòng trắng trứng vệt muối được thể hiện trong Hình 9.



Hình 9. Tủa protein từ lòng trắng trứng vệt muối.

3.2. Tối ưu hóa quá trình sấy tủa protein lòng trắng trứng muối bằng phương pháp sấy không khí nóng

3.2.1. Xác định phạm vi giới hạn của nhiệt độ sấy

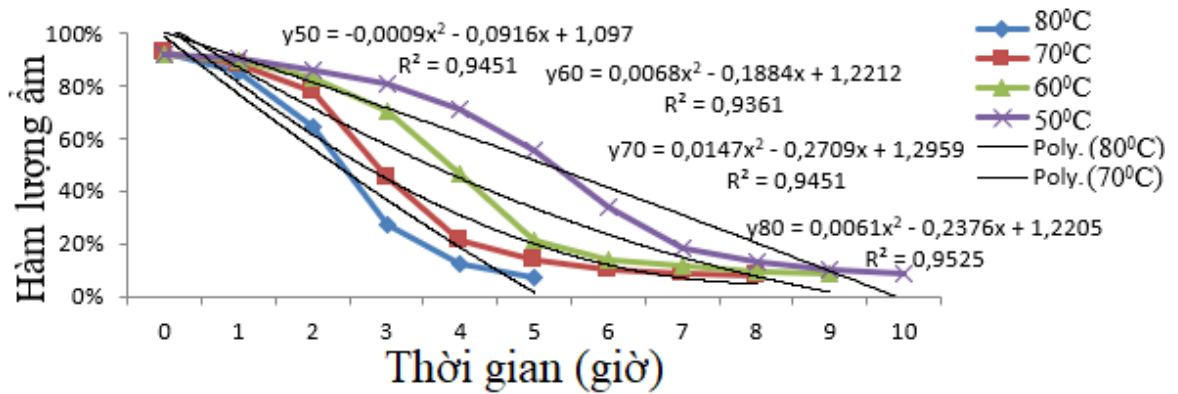
- Ảnh hưởng nhiệt độ sấy đến hàm lượng ẩm của bột protein lòng trắng trứng muối:

Kết quả khảo sát hàm lượng ẩm của bột protein lòng trắng trứng muối trong quá trình sấy được thể hiện ở Hình 10.

Qua Hình 10 cho thấy nhiệt độ sấy càng cao thì thời gian sấy càng nhanh và đường cong sấy càng dốc. Do ở nhiệt độ cao hơi nước thoát ra khỏi nguyên liệu nhanh hơn làm cho hàm ẩm giảm nhanh từ đó rút ngắn được thời gian sấy. Ở $80^{\circ}C$, thời gian sấy là nhanh nhất (khoảng 5 giờ), kế đến là $70^{\circ}C$ (8 giờ), $60^{\circ}C$ (9 giờ) và sấy ở $50^{\circ}C$ là lâu nhất với thời gian sấy khoảng 10 giờ.

- Ảnh hưởng nhiệt độ sấy đến độ hòa tan của bột protein lòng trắng trứng muối:

Kết quả khảo sát độ hòa tan của bột protein lòng trắng trứng muối trong quá trình sấy được thể hiện ở Bảng 4.



Hình 10. Ẩm độ của bột protein lòng trắng trứng muối ứng với nhiệt độ sấy khác nhau.

Bảng 4. Ảnh hưởng của chế độ sấy ở các nhiệt độ khác nhau đến độ hòa tan của bột trứng

Nhiệt độ sấy (°C)	Độ hòa tan của bột trứng ¹ (%)
50 (10 giờ)	9,07 ^{bc} ± 0,21
60 (9 giờ)	8,69 ^c ± 0,18
70 (8 giờ)	9,47 ^b ± 0,46
80 (5 giờ)	10,27 ^a ± 0,22

¹Số liệu trong cột là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại, nghiệm thức có ký tự giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%.

Khi sấy ở 80°C (trong 5 giờ), bột trứng thu được có độ hòa tan cao nhất (10,27 ± 0,22%) và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các mẫu bột trứng còn lại ở độ tin cậy 95%. Nguyên nhân là do, khi sấy ở nhiệt độ 80°C tuy là nhiệt độ cao nhất nhưng bù lại thời gian sấy ở nhiệt độ này là ngắn nhất do đó rút ngắn được thời gian nguyên liệu tiếp xúc với nhiệt độ cao, từ đó hạn chế được ảnh hưởng của nhiệt độ cao lên khả năng hòa tan của bột trứng. Dựa vào kết quả khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy, chúng tôi chọn phạm vi nhiệt độ sấy để tiến hành thí nghiệm tối ưu hóa quá trình sấy của protein lòng trắng trứng muối bằng không khí nóng là từ 75 đến 85°C.

3.2.2. Xác định phạm vi giới hạn mật độ sấy

Trong các quá trình sấy cùng với ảnh hưởng của chế độ sấy (nhiệt độ, thời gian, tốc độ gió) thì mật độ nguyên liệu sấy cũng gây ảnh hưởng không nhỏ đến quá trình sấy cũng như chất lượng sản phẩm sau sấy. Mật độ nguyên liệu càng dày

sẽ làm chậm sự di chuyển ẩm từ trong lòng ra bề mặt nguyên liệu cũng như sự bốc hơi ẩm từ bề mặt nguyên liệu ra ngoài môi trường, gây kéo dài thời gian sấy, làm tăng thời gian nguyên liệu tiếp xúc với nhiệt độ cao, gây ảnh hưởng đến tính chất công nghệ của sản phẩm.

- Ảnh hưởng mật độ sấy đến hàm lượng ẩm của bột protein lòng trắng trứng muối:

Kết quả khảo sát hàm lượng ẩm của bột protein lòng trắng trứng muối ứng với mật độ sấy khác nhau được thể hiện ở và Hình 11.

Mật độ thấp đồng nghĩa với lớp nguyên liệu khá mỏng, làm cho nguyên liệu nhận được nhiệt nhanh và quá trình chuyển ẩm từ trong lòng ra bề mặt nguyên liệu cũng như sự bốc hơi ẩm từ bề mặt nguyên liệu ra ngoài môi trường diễn ra nhanh hơn, ẩm độ nhanh chóng đạt đến giá trị mong muốn, rút ngắn được thời gian sấy.

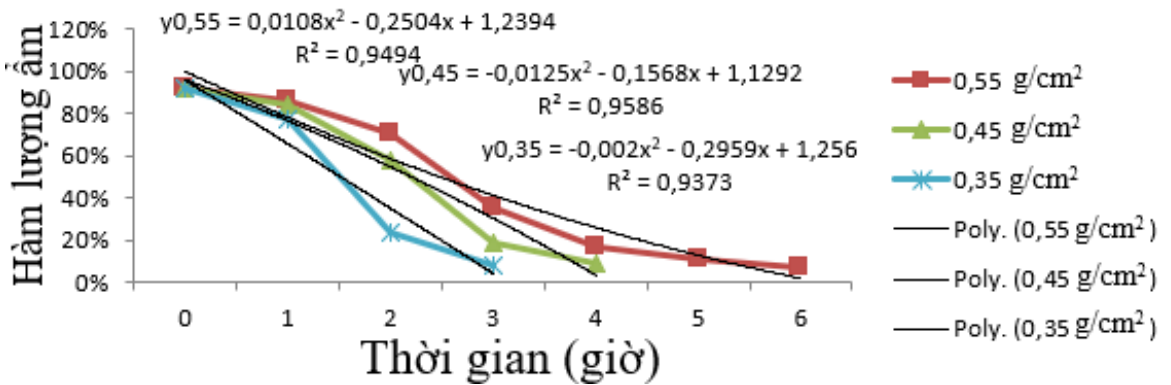
- Ảnh hưởng của mật độ sấy đến độ hòa tan của bột protein lòng trắng trứng muối:

Kết quả khảo sát độ hòa tan của bột protein lòng trắng trứng muối ứng với mật độ sấy được thể hiện ở Bảng 5.

Bảng 5. Ảnh hưởng của mật độ nguyên liệu sấy đến độ hòa tan của bột lòng trắng trứng

Mật độ nguyên liệu sấy (g/cm ²)	Độ hòa tan bột trứng ¹ (%)
0,35	10,53 ^a ± 0,11
0,45	10,29 ^a ± 0,16
0,55	9,69 ^b ± 0,32

¹Số liệu trong cột là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại, nghiệm thức có ký tự giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%.



Hình 11. Ẩm độ của bột protein lòng trắng trứng muối ứng với mật độ sấy khác nhau.

Mật độ nguyên liệu sấy càng thấp thời gian sấy càng nhanh từ đó làm giảm sự biến tính của protein bởi nhiệt nên độ hòa tan cao hơn. Ở mật độ 0,55 g/cm² độ hòa tan đạt giá trị thấp nhất (9,69^b ± 0,32), tăng lên ở mật độ 0,45 g/cm² và cao nhất khi sấy ở mật độ 0,35 g/cm². Tuy nhiên giữa hai mật độ 0,35 và 0,45 g/cm², sự khác biệt độ hòa tan là không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$) ở độ tin cậy 95%. Như vậy, từ các phân tích trên, chúng tôi chọn phạm vi mật độ nguyên liệu sấy để tiến hành thí nghiệm tối ưu hóa quá trình sấy tủa protein lòng trắng trứng muối là 0,35 – 0,45 g/cm².

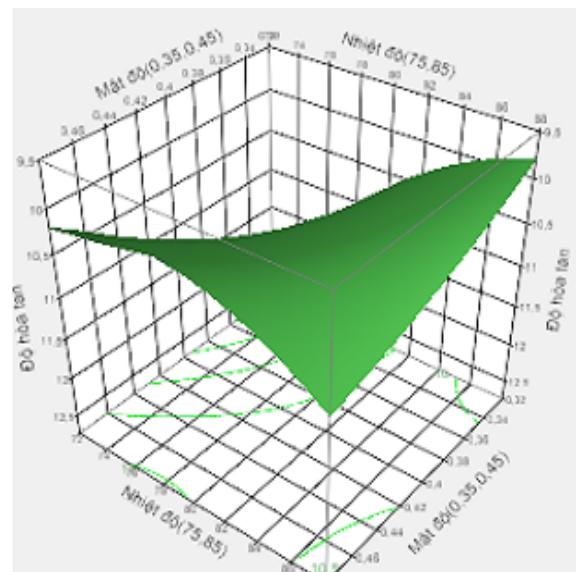
3.2.3. Xác định chế độ sấy tủa protein tối ưu

Từ các thí nghiệm xác định phạm vi ảnh hưởng của các yếu tố thí nghiệm, giá trị mã hóa được thể hiện trong Bảng 6. Ma trận mã hóa thí nghiệm CCD và đáp ứng Y trình bày ở Bảng 7.

- Xét chỉ tiêu Y₁ (độ hòa tan):

Kết quả xử lý cho thấy hệ số tương quan giữa độ hòa tan thực nghiệm và lý thuyết là $R^2 = 0,95$ ở độ tin cậy là 95%. Phương trình đường cong của mô hình bề mặt đáp ứng ở độ tin cậy 95% là: $Y_1 = 10,43 - 0,33X_1 - 0,2X_2 + 0,31X_1X_2 + 0,18X_1^2$ trong đó: Y₁ là độ hòa tan (%), X₁: nhiệt độ sấy (°C), X₂: mật độ nguyên liệu (g/cm²). Đồ thị biểu diễn bề mặt đáp ứng của độ hòa tan dưới sự ảnh hưởng của 2 yếu tố (nhiệt độ sấy và mật độ sấy) được thể hiện trong Hình 12.

Nhiệt độ ảnh hưởng lên độ hòa tan của bột trứng ở cả bậc 1, bậc 2 và tương tác giữa hai yếu tố, còn mật độ nguyên liệu sấy chỉ ảnh hưởng lên độ hòa tan của bột trứng ở bậc 1 và tương tác giữa 2 yếu tố thí nghiệm, trong đó, bậc 1 của



Hình 12. Bề mặt đáp ứng của độ hòa tan.

nhiệt độ sấy là ảnh hưởng mạnh mẽ nhất.

- Xét chỉ tiêu Y₂ (độ trắng):

Kết quả xử lý cho thấy hệ số tương quan giữa độ trắng thực nghiệm và lý thuyết là $R^2 = 0,94$ ở độ tin cậy là 95%. Phương trình đường cong của mô hình bề mặt đáp ứng ở độ tin cậy 95% là: $Y_2 = 77,43 + 0,5X_2 - 0,53X_1X_2 + 1,04X_1^2 + 0,85X_2^2$. Trong đó, Y₂ là độ hòa tan (%), X₁: nhiệt độ sấy (°C), X₂: mật độ nguyên liệu (g/cm²). Đồ thị biểu diễn bề mặt đáp ứng của độ trắng dưới ảnh hưởng của 2 yếu tố (nhiệt độ sấy và mật độ nguyên liệu) được thể hiện trong Hình 13.

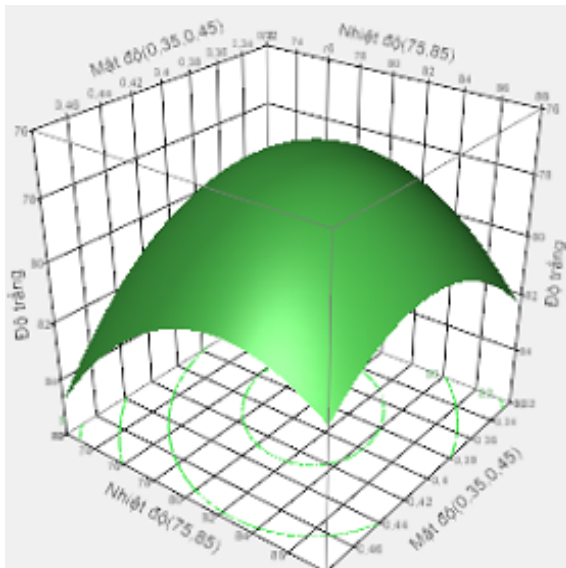
Khi thay đổi giá trị của yếu tố nhiệt độ sấy thì cả độ hòa tan và độ trắng đều đạt cực đại tại 75°C; còn khi thay đổi giá trị của yếu tố mật độ

Bảng 6. Các mức mã hóa giá trị các yếu tố khảo sát cho thí nghiệm tối ưu quá trình sấy tua protein lòng trắng trứng vịt muối

Các biến độc lập	Các giá trị mã hóa				
	$-\alpha$	-1	0	1	$+\alpha$
X ₁ : nhiệt độ (°C)	73	75	80	85	87
X ₂ : mật độ nguyên liệu (g/cm ²)	0,33	0,35	0,4	0,45	0,47

Bảng 7. Ma trận mã hóa thí nghiệm CCD và đáp ứng Y

DVTN	Mã hóa	Nhiệt độ (°C)	Mật độ (g/cm ²)	Độ hòa tan (%)	Độ trắng (%)
1	$-\alpha 0$	73	0,40	11,21	79,43
2	- -	75	0,35	11,52	78,89
3	- +	75	0,45	10,38	80,80
4	0- α	80	0,33	10,54	78,34
5	00	80	0,40	10,22	77,47
6	00	80	0,40	10,56	77,39
7	00	80	0,40	10,51	77,43
8	0 α	80	0,47	10,13	79,95
9	+ -	85	0,35	10,19	78,86
10	+ +	85	0,45	10,30	78,65
11	$\alpha 0$	87	0,40	10,34	79,61



Hình 13. Bề mặt đáp ứng của độ trắng.

nguyên liệu sấy thì độ hòa tan đạt cực đại tại giá trị 0,35 g/cm², độ trắng đạt cực đại tại giá trị 0,45 g/cm².

- Kiểm chứng giá trị tối ưu từ mô hình thực nghiệm:

Từ các thông số tối ưu của quá trình sấy tua protein lòng trắng trứng muối được xác định bằng phương trình của mô hình bề mặt đáp ứng, chúng

tôi tiến hành thực nghiệm để kiểm chứng lại các thông số tối ưu, chứng minh tính xác thực của mô hình. Chúng tôi thực nghiệm lại các thông số tối ưu 2 lần và lấy giá trị thực nghiệm trung bình trình bày ở Bảng 8.

Độ hòa tan và độ trắng của mô hình lệch với thực nghiệm lần lượt là 3,24% và 0,62%. Độ chênh lệch độ trắng giữa mô hình với thực nghiệm nhỏ, còn độ chênh lệch độ hòa tan giữa mô hình với thực nghiệm khá cao nhưng vẫn nhỏ hơn 5% nên mô hình có giá trị thực tiễn và có thể áp dụng vào thực tế sản xuất.

4. Kết Luận và Kiến Nghị

4.1. Kết luận

Sản xuất bột protein từ lòng trắng trứng vịt muối bao gồm 2 giai đoạn cơ bản đó là kết tua protein và sấy tua protein thu được. Quá trình nghiên cứu đã xác định được chế độ tối ưu với chế độ kết tua protein (tỉ lệ nước/lòng trắng trứng 3,5/1, nhiệt độ tua 80°C và thời gian tua 60 phút) cho hiệu suất thu hồi tua là 9,63%, tỉ lệ muối tách ra là 19,61% và chế độ sấy (nhiệt độ sấy 75°C, mật độ nguyên liệu sấy 0,35 g/cm², tốc độ gió 0,64 m/s, thời gian sấy 4 giờ) cho sản phẩm có độ hòa tan là 11,05% và độ trắng 78,53%. Qua kết quả kiểm chứng hiệu suất thu hồi (%) và tỉ lệ muối tách ra (%) giữa mô hình và thực nghiệm,

Bảng 8. Kết quả kiểm chứng độ hòa tan và độ trắng giữa mô hình và thực nghiệm

Độ hòa tan (%)		Độ trắng (%)	
Mô hình	Thực nghiệm	Mô hình	Thực nghiệm
11,42	11,05	78,53	79,02

cho thấy có sự chênh lệch ít giữa các thông số mô hình và thực nghiệm. Vì thế mô hình này có giá trị thực tiễn và có thể áp dụng trong thực tế sản xuất. Chúng tôi tiến hành tủa protein và sấy tủa theo thông số tối ưu xác định được, tủa protein sau khi sấy được nghiền thu được sản phẩm bột protein lòng trắng trứng vịt muối (Hình 14), sản phẩm có độ ẩm 8,19%, hoạt độ nước Aw 0,476 là mức hoạt độ nước an toàn đối với sự phát triển của vi sinh vật trong quá trình bảo quản.



Hình 14. Bột protein lòng trắng trứng vịt muối.

4.2. Kiến nghị

Kết quả nghiên cứu có thể áp dụng trong thực tiễn, tuy nhiên cần tiến hành ở qui mô pilot để xác định thông số kỹ thuật của quá trình sản xuất cho phù hợp với qui mô lớn (công nghiệp) trong việc sản xuất bột protein từ lòng trắng trứng muối. Ứng dụng bột protein từ lòng trắng trứng muối sản xuất được vào các sản phẩm như tương như xúc xích, chả lụa, chả cá,...

Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F., & Griffin, E. L. (1969). Roll and extrusion – cooking of grain sorghum grits. *Cereal Science Today*, 14(11), 373-381.
- Chang, H. S., & Liu, M. H. (1994). Preservative effect of egg white lysozyme on fish ball. *Journal of Chinese Society Animal Science* 23, 441-448.
- Chi, S. P., & Tseng, K. H. (1998). Physicochemical properties of salted pickled yolk from duck and chicken eggs. *Journal of Food Science* 33, 507-513.
- Hallier, A., Chevallier, S., Serot, T., & Prost, C. (2008). Freezing-thawing effects on the colour and texture of European catfish flesh. *International Journal of Food Science & Technology* 43(7), 1253-1262
- Huang, J. J., Tsai, J. S., & Pan, B. S. (1999). Pickling time and electrodialysis affects functional properties of salted duck egg white. *Journal of Food Biochemistry* 23, 607-618.
- Huang, J. S., & Cheng, R. L. (1996). The effect of drying methods on powder characteristics of salted duck egg white powder. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology* 23, 819-829.
- Kaewmanee, T., Benjakul, S., & Visessanguan, W. (2009). Changes in chemical composition, physical properties and microstructure of duck egg as influenced by salting. *Food Chemistry* 112(3), 560-569.
- Lai, K. M., Chi, S. P., & Ko, W. C. (1999). Changes in yolk stages of duck egg during long – term brining. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 4, 733-736.
- Li, J., & Hsieh, Y. P. (2004). Traditional Chinese food technology and cuisine. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 13, 147-155.
- Lin, C. W., Jiang, Y. N., Su, H. P., & Chen, H. L. (1996). Emulsifying characteristics of salted duck egg white and its application in frankfruters. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology* 23, 244-254.
- Roth, B., Oines, S., Rotabakk, B. T., & Birkel, S. (2008). Using electricity as a tool in quality studies of Atlantic salmon. *European Food Research and Technology* 227(2), 571-577.