

TỐI ƯU HÓA ĐIỀU KIỆN XỬ LÝ VI SÓNG NGUYÊN LIỆU TRỨNG CÁ TRONG SẢN XUẤT GIA VỊ RẮC CƠM

Dương Thị Ngọc Hân¹, Nguyễn Thị Minh Thôi², Hoàng Thị Trúc Quỳnh³

^{1,2,3}Trường Đại học Công nghiệp thực phẩm Thành phố Hồ Chí Minh

³quynhhtt@cntp.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/8/2017; Ngày duyệt đăng: 10/9/2017

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích tối ưu hóa điều kiện xử lý vi sóng lên nguyên liệu trứng cá trong công nghệ sản xuất gia vị rắc cơm. Mô hình ma trận trực giao cấp hai được thiết lập để đánh giá hai thông số công nghệ có ảnh hưởng lớn đến độ sáng màu của nguyên liệu trong quá trình xử lý là công suất vi sóng (120 - 200W) và thời gian xử lý (6 - 10 phút). Kết quả cho thấy, tại công suất vi sóng 171W và thời gian xử lý 9 phút, nguyên liệu trứng cá sau xử lý có độ sáng màu cao hơn so với mẫu chuẩn (chênh lệch 1,90%). Hàm lượng protein và chất béo trong nguyên liệu thay đổi không đáng kể sau quá trình xử lý (giảm lần lượt 2,80% và 4,08% so với nguyên liệu ban đầu). Nghiên cứu này cho thấy, phương pháp xử lý trứng cá bằng vi sóng đơn giản, cho hiệu quả cao, hoàn toàn có khả năng ứng dụng thực tiễn sản xuất.

Từ khóa: xử lý vi sóng, trứng cá, gia vị rắc cơm

ABSTRACT

Optimized conditions for microwave treatment of fish roes for rice seasoning processing

This research was conducted to optimize the conditions of microwave treatment of raw fish roe for rice seasoning processing. A second level orthogonal meshing model was set up to evaluate two technological parameters that greatly influenced the color brightness of the material during process: microwave power (120-200W) and processing time (6-10 minutes). Results showed that, at a microwave power of 171W and a processing time of 9 minutes, the treated fish roes had color brighter than the standard sample (1,90% difference). Protein content and lipid content of raw materials were not significantly changed by treatment (decreased by 2,80% and 4,08%, respectively). This research shows that this method is simple but highly effective and completely feasible.

Keywords: microwave treatment, fish roe, rice seasoning

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, thị trường thực phẩm chế biến sẵn ở Việt Nam xuất hiện nhiều loại gia vị rắc cơm tiện dụng, giá trị dinh dưỡng cao và hương vị hấp dẫn nhập khẩu từ Nhật Bản được nhiều người tiêu dùng tin dùng, nhưng giá bán cao vì đó là các sản phẩm nhập khẩu. “Gia vị rắc cơm” - một món ăn truyền thống của Nhật Bản (tiếng Nhật gọi là Furikake) là một loại gia vị khô được chế biến từ các nguyên liệu như thịt cá, trứng cá, rong biển, mè, rau củ, muối và một số loại gia vị khác... dùng để rắc lên cơm hoặc cháo. Đây là một loại sản phẩm thực phẩm chế biến sẵn tiện lợi và cung cấp đầy đủ chất dinh dưỡng cần thiết cho một bữa ăn.

Cá thu là một trong các loại cá phổ biến được khai thác trên vùng biển Việt Nam. Theo Nguyễn

Công Khanh và cộng sự (2007), cơ thịt cá thu thơm ngon, dồi dào nguồn đạm (18,2%) và chất béo (10,3%). Trên thị trường nội địa, phần lớn chỉ có các sản phẩm thương mại như cá thu cắt khúc đông lạnh, khô cá thu, chả cá thu... Các phụ phẩm của cá thu như trứng, đầu, bao tử... có nhiều giá trị dinh dưỡng, nhưng hầu như chưa được sử dụng để chế biến thành những sản phẩm có giá trị cao như sản phẩm Furikake (Nhật Bản).

Theo phương pháp chế biến truyền thống, các loại nguyên liệu sau khi xử lý sơ chế sẽ được sấy khô đến độ ẩm phù hợp rồi phối trộn với nhau theo những công thức xác định. Tuy nhiên, kỹ thuật sấy bằng nhiệt độ cao trong thời gian dài thường có nhược điểm làm giảm các đặc tính cảm quan, giá trị dinh dưỡng của sản phẩm. Hiện nay, nhiều công nghệ sấy hiện đại

được phát triển và ứng dụng trong công nghệ sản xuất gia vị rắc com nhằm cải thiện các tính chất cảm quan cũng như giá trị dinh dưỡng của sản phẩm như sấy thăng hoa, sấy chân không (Ratti, 2001). Mặt khác, nhược điểm của giải pháp này là chi phí công nghệ cao làm tăng giá thành sản phẩm.

Nấu vi sóng là phương pháp xử lý nguyên liệu hải sản được kỳ vọng làm cho giá trị dinh dưỡng của nguyên liệu tăng lên hoặc tương đương so với ban đầu, đặc biệt là acid béo omega-3, đồng thời giúp thời gian xử lý ngắn hơn so với các phương pháp nấu khác như chiên, nướng hay luộc (Buefler, 1993). Bên cạnh đó chi phí cho việc xử lý vi sóng thấp hơn so với chi phí thực hiện các kỹ thuật sấy hiện đại khác.

Với mục đích tạo ra dòng sản phẩm gia vị rắc com từ nguyên liệu là các phụ phẩm của quá trình chế biến cá thu đánh bắt trong nước với chi phí sản xuất thấp nhưng vẫn đảm bảo các giá trị dinh dưỡng và cảm quan của sản phẩm tương đương với sản phẩm nổi tiếng của Nhật Bản, trong giới hạn của nghiên cứu này nhóm tác giả tiến hành thực hiện việc khảo sát quá trình xử lý trứng cá thu bằng công nghệ vi sóng nhằm tạo sản phẩm gia vị rắc com trứng cá thu hướng tới sản phẩm mục tiêu là một sản phẩm gia vị rắc com trứng cá cao cấp nhập khẩu từ Nhật Bản.

Nghiên cứu nhằm đánh giá mức độ ảnh hưởng của hai thông số công nghệ trong quá trình xử lý vi sóng (công suất vi sóng và thời gian xử lý) đến phẩm chất sản phẩm. Sau đó tiến hành tối ưu hóa điều kiện xử lý vi sóng lên nguyên liệu trứng cá thu để tạo sản phẩm gia vị rắc com chất lượng tương đương sản phẩm nhập khẩu Nhật Bản từ nguồn nguyên liệu nội địa.

2. Vật liệu và phương pháp

Nghiên cứu này được thực hiện tại Trung tâm Thí nghiệm thực hành – Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP. Hồ Chí Minh trong thời gian từ tháng 11/2016 đến tháng 7/2017.

2.1. Vật liệu

Trứng cá thu dạng đông lạnh là sản phẩm

của Công ty TNHH Tân Hải Hòa, 77 Trần Quang Diệu (nối dài), Phường 13, quận 3, TP. Hồ Chí Minh.

Gia vị rắc com trứng cá cao cấp Marumiya (Nhật Bản) được mua tại siêu thị Tokyo Mart, 18 Bis Cộng Hòa, Phường 4, quận Tân Bình, TP. HCM.

Gia vị sử dụng gồm đường tinh luyện Biên Hòa và muối tinh Iod Visalco được mua tại siêu thị Aeon Tân Phú, 30 Bờ Bao Tân Thắng, phường Sơn Kỳ, quận Tân Phú, TP. HCM.

Các thiết bị sử dụng: Máy đo màu Minolta, bộ phân tích béo Soxhlet, bộ phân tích đạm Kjeldahl, tủ lạnh Panasonic, tủ sấy Ecocell, cân sấy ẩm hồng ngoại...

Thiết bị để xử lý vi sóng là dạng lò vi sóng điện tử của hãng SHARP (Nhật Bản) model R398FS có công suất cực đại 1100W.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trứng cá thu đông lạnh được xử lý theo quy trình: Nguyên liệu trứng cá thu – rửa đông – tách sạch gân máu – rửa sạch – làm ráo – ướp gia vị – xử lý vi sóng – bao gói – sản phẩm.

Nghiên cứu này nhằm thay thế nguyên liệu trứng cá cao cấp trong sản phẩm chuẩn bằng trứng cá thu có sẵn trong nước mà không làm thay đổi giá trị dinh dưỡng, cảm quan của sản phẩm. Do đó, để tiến hành các thí nghiệm đánh giá chất lượng của trứng cá thu; phân tích thành phần hóa học cơ bản, các chỉ tiêu hóa lý của sản phẩm gia vị rắc com trứng cá Marumiya (Nhật Bản) và xây dựng công thức sản phẩm gia vị rắc com trứng cá thu của nghiên cứu, nhóm nghiên cứu cố định các thành phần phụ gia và gia vị khi thiết lập công thức sản phẩm gia vị rắc com trứng cá thu, thay đổi nguyên liệu trứng cá và tối ưu hóa phương pháp xử lý trứng cá thông qua việc đánh giá ảnh hưởng của công suất và thời gian vi sóng đến độ sáng màu của sản phẩm.

Trứng cá thu phục vụ cho nghiên cứu được chuẩn bị từ cùng một lô hàng, bảo quản trong tủ đông ở nhiệt độ -18°C . Khi sử dụng, trứng cá được rửa đông tự nhiên với thời gian khoảng 2 giờ. Lấy mẫu trứng cá tiến hành các phân tích một số thành phần hóa học cơ bản (hàm lượng nước, lipid, protein, tro), so sánh kết quả phân

tích với mẫu sản phẩm chuẩn nhằm đánh giá chất lượng nguyên liệu. Đồng thời sử dụng máy đo màu Konica Minolta, Nhật - Model CR410 để phân tích độ sáng màu – đại lượng đặc trưng cho tính chất cảm quan về màu sắc của sản phẩm gia vị rắc cơm trứng cá Marumiya (Nhật Bản), qua đó xác định được giá trị mục tiêu cần hướng đến cho sản phẩm của nghiên cứu.

Kế tiếp, thực hiện các thí nghiệm thăm dò nhằm xác định phạm vi ảnh hưởng của các yếu tố khảo sát để tiến hành tối ưu hóa. Tiến hành xử lý vi sóng lần lượt từng mẫu trong thời gian 6, 8, 10, 12, 14 phút với các công suất vi sóng 80, 100, 120, 140, 160W. Các mẫu sau khi xử lý được tiến hành xác định tỷ lệ hao hụt khối lượng và phân tích độ sáng màu bằng máy đo màu Minolta (Sahin và Sumnu, 2001).

Để tối ưu hóa điều kiện xử lý vi sóng lên nguyên liệu trứng cá thu, tạo bán thành phẩm có chất lượng tốt, thực hiện tối ưu hóa bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm với hai yếu tố ảnh hưởng là thời gian xử lý (X_1), công suất vi sóng (X_2) theo mô hình tâm phức hợp CCD (Central Composite Design) với 11 thí nghiệm. Khoảng biến thiên của 2 yếu tố ảnh hưởng được lựa chọn từ kết quả của thí nghiệm sơ bộ. Hàm mục tiêu là độ sáng màu (Y) của nguyên liệu sau khi xử lý. Sử dụng phần mềm JMP 10 để thiết kế thí nghiệm và xử lý số liệu thực nghiệm. Giá trị mã hóa của các biến độc lập cho thiết kế Box-Behnken được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1: Giá trị mã hóa của các biến độc lập cho thiết kế Box-Behnken

Các biến độc lập	Các giá trị được mã hóa		
	-1	0	1
X_1	6	8	10
X_2	120	160	200

với:

X_1 : thời gian xử lý vi sóng;

X_2 : công suất vi sóng ;

Y : độ sáng L của sản phẩm

Ma trận của thí nghiệm bề mặt đáp ứng được thiết kế bởi phần mềm JMP được thể hiện trong Bảng 2:

Bảng 2: Ma trận của thí nghiệm bề mặt đáp ứng

TN	Dạng thức	X_1	X_2	Y
1	+0	10	160	.
2	++	10	200	.
3	+ -	10	120	.
4	- +	6	200	.
5	--	6	120	.
6	00	8	160	.
7	0 -	8	120	.
8	00	8	160	.
9	0 +	8	200	.
10	- 0	6	160	.
11	00	8	160	.

Phương trình hồi quy thực nghiệm mô tả sự phụ thuộc của chỉ tiêu theo dõi vào các yếu tố thí nghiệm là một đa thức bậc hai có dạng:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2$$

b_0 : Hệ số hồi quy bậc 0

b_1, b_2 : Hệ số hồi quy bậc 1, mô tả ảnh hưởng của yếu tố X_i đối với hàm mục tiêu Y

b_{11}, b_{22} : Hệ số hồi quy bậc 2, mô tả ảnh hưởng của yếu tố X_i^2 đối với hàm mục tiêu Y

b_{12} : Hệ số hồi quy tương tác, mô tả ảnh hưởng của đồng thời 2 yếu tố X_1 với X_2 đối với hàm mục tiêu Y

2.3. Phương pháp phân tích

Sử dụng các phương pháp phân tích hóa lý để phân tích thành phần hóa học cơ bản của nguyên liệu: Độ ẩm xác định theo AOAC 934.01, 2000. Độ tro được xác định theo AOAC 923.03, 2000. Protein được xác định theo phương pháp Kjeldahl. Lipid tổng được xác định theo phương pháp Soxhlet (AOAC 920.39, 2000).

Tỷ lệ hao hụt khối lượng (năng suất nấu) được xác định bằng công thức:

$$X = \frac{m_D - m_c}{m_D} \times 100$$

Trong đó: m_D , m_c lần lượt là khối lượng nguyên liệu trước và sau khi xử lý (Ersoy và Özeren, 2009).

Phân tích độ sáng màu của mẫu bằng thiết bị đo màu cầm tay (Model CR410, Công ty Konica

Minolta, Nhật). Đại lượng đo được là L (thể hiện độ sáng của mẫu với giá trị 0 = đen, 100 = trắng).

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Trong nghiên cứu này, mỗi thí nghiệm được lặp lại ba lần, kết quả được biểu diễn bằng giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn (mean $\pm$ SD). Tối ưu hóa các thông số xử lý bằng phần mềm JMP10.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Chất lượng nguyên liệu trứng cá thu và sản phẩm gia vị rắc cơm trứng cá Marumiya (Nhật Bản)

Sản phẩm chuẩn được nghiên cứu hướng đến là gia vị rắc cơm trứng cá cao cấp Marumiya (Nhật Bản). Trong phạm vi của nghiên cứu này chúng tôi lựa chọn độ sáng màu của sản phẩm chuẩn là hàm mục tiêu cần hướng đến theo kết quả khảo sát thị hiếu của người tiêu dùng.

Trứng cá thu sau khi rửa đông và sản phẩm gia vị rắc cơm trứng cá Marumiya được kiểm tra thành phần hóa học, kết quả trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3: Một số chỉ tiêu cơ bản của trứng cá thu và gia vị rắc cơm trứng cá Marumiya

Chỉ tiêu	Trứng cá thu	Sản phẩm Marumiya
Ẩm, %	63,8 $\pm$ 0,21	<5%
Tro, %	1,1 $\pm$ 0,18	1.03 $\pm$ 0,68
Protein, %	23,85 $\pm$ 0,04	21 $\pm$ 1,16
Lipid, %	11,5 $\pm$ 0,4	14 $\pm$ 0,93
Độ sáng màu	L = 72,24 $\pm$ 0,75	65,68 $\pm$ 1,67

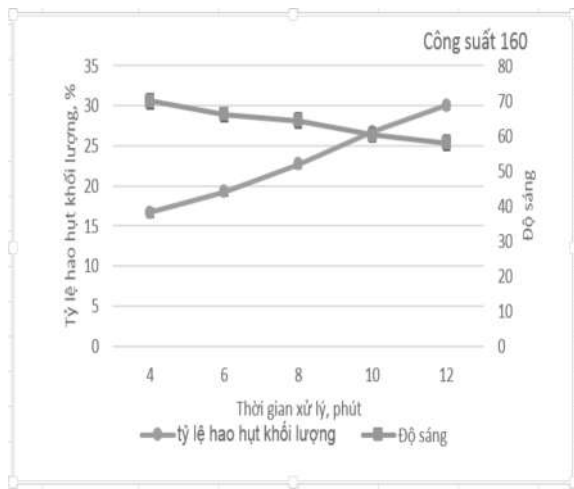
Kết quả phân tích của nghiên cứu cho thấy, trứng cá thu có hàm lượng protein và lipid cao hơn các loại trứng cá khác. Theo số liệu công bố trong Bảng thành phần thực phẩm Việt Nam 2007 của tác giả Nguyễn Công Khẩn và cộng sự, trứng cá thông thường chứa 20,5% protein; 9,9% lipid và 4,7% tro. So sánh với sản phẩm chuẩn từ Nhật Bản, hàm lượng protein của trứng cá thu nguyên liệu cũng cao hơn 1,14 lần, hàm lượng lipid trong sản phẩm chuẩn cao hơn trong

trứng cá nguyên liệu có thể là do sản phẩm hoàn thiện đã bổ sung một lượng chất béo nhằm làm tăng giá trị cảm quan và giá trị dinh dưỡng. Mặt khác, ở Việt Nam trứng cá thu là loại nguyên liệu sẵn có nhưng chưa được khai thác triệt để trong ngành công nghiệp thực phẩm. Như vậy, lựa chọn trứng cá thu làm nguyên liệu nghiên cứu phát triển sản phẩm gia vị rắc cơm trứng cá là hoàn toàn có ý nghĩa trên cả yếu tố dinh dưỡng và kinh tế.

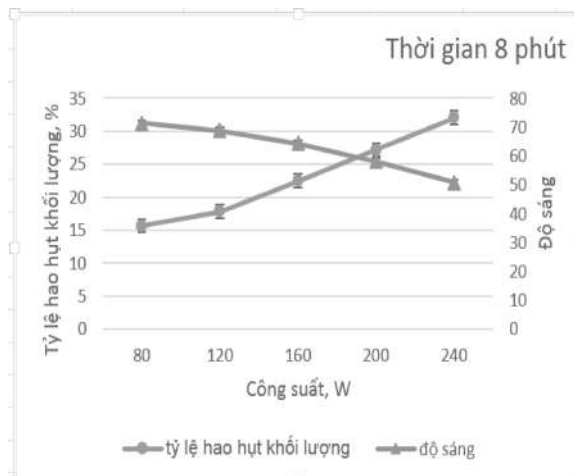
3.2. Ảnh hưởng của các thông số công nghệ trong quá trình xử lý vi sóng

Kết quả từ nghiên cứu cho thấy, thời gian xử lý và công suất vi sóng ảnh hưởng rõ rệt đến độ sáng màu và tỷ lệ hao hụt của nguyên liệu trứng cá.

Ở Hình 1, với công suất vi sóng 160W, khi tăng thời gian xử lý vi sóng từ 4 phút đến 12 độ sáng màu L giảm đáng kể (từ 69,83 xuống còn 57,95), tỷ lệ hao hụt khối lượng tăng 1,68 lần. Với Hình 2, khi tăng dần công suất vi sóng từ 80W đến 240W ở thời gian 8 phút, độ sáng màu và tỷ lệ hao hụt khối lượng cũng có xu thế thay đổi tương tự như trong Hình 1. Sự sậm màu của nguyên liệu theo quá trình xử lý vi sóng là do khi gia tăng công suất vi sóng và thời gian xử lý dẫn đến việc hình thành các sắc tố màu nâu thông qua phản ứng Maillard làm giá trị L giảm. Kết quả này hoàn toàn tương đồng với các nghiên cứu trước đây về quá trình xử lý vi sóng trên các nguyên liệu hải sản của các tác giả Sahin và cộng sự (2001); Ersoy và cộng sự, (2011). Bên cạnh đó, tỷ lệ hao hụt khối lượng nguyên liệu trứng cá qua quá trình xử lý vi sóng gia tăng, nguyên nhân của sự hao hụt này là do khi công suất vi sóng và thời gian xử lý gia tăng, sinh ra nhiệt lượng lớn tác động đáng kể đến khối nguyên liệu làm cho lượng ẩm bên trong khối dịch chuyển đến bề mặt và thoát ra ngoài. Điều này phù hợp với giải thích của tác giả Mutlu Pilavtepe và cộng sự (2014) trong nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của quá trình xử lý vi sóng kết hợp với hồng ngoại đến chất lượng cơ thịt cá hồi.



Hình 1: Ảnh hưởng của thời gian xử lý đến độ sáng màu và tỷ lệ hao hụt khối lượng trứng cá



Hình 2: Ảnh hưởng của công suất đến độ sáng màu và tỷ lệ hao hụt khối lượng trứng cá

Việc khống chế các thông số công nghệ trong quá trình xử lý nhằm mục đích đảm bảo chất lượng và tính chất cảm quan của sản phẩm đồng thời hạn chế tối đa tổn thất về khối lượng, do đó nhóm nghiên cứu lựa chọn khoảng giới hạn giá trị công suất vi sóng từ 120W đến 200W và thời gian xử lý từ 6 phút đến 10 phút để thực hiện quy hoạch thực nghiệm hai yếu tố theo mô hình tâm phức hợp xác định điểm tối ưu.

3.3. Tối ưu hóa các thông số công nghệ trong quá trình xử lý vi sóng

Kết quả quy hoạch thực nghiệm được biểu diễn trong Bảng 4.

Bảng 4: Ma trận quy hoạch thực nghiệm và kết quả

TN	X_1	X_2	Thời gian (phút)	Công suất, W	Độ sáng màu
1	1	0	10	160	61,84
2	1	1	10	200	60,39
3	1	-1	10	120	55,42
4	-1	1	6	200	57,58
5	-1	-1	6	120	47,26
6	0	0	8	160	64,93
7	0	-1	8	120	52,84
8	0	0	8	160	64,36
9	0	1	8	200	59,39
10	-1	0	6	160	51,36
11	0	0	8	160	65,03

Mô hình dạng toàn phương bậc hai được xác định bằng hồi quy đa biến có dạng:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 + b_{11}X_{12} + b_{12}X_{22}$$

Bảng 5: Ảnh hưởng của các biến độc lập đến độ sáng màu của trứng cá

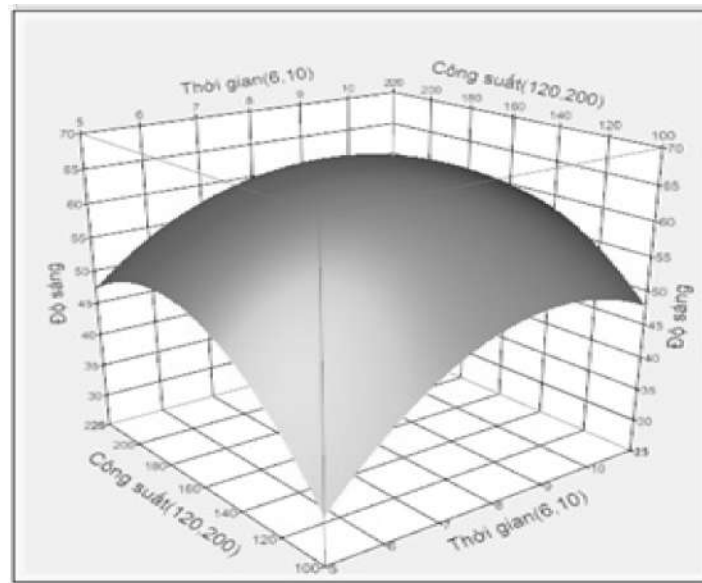
Hệ số	Giá trị ước lượng	Giá trị p
b_0	64,7733	<0,0001*
b_1	3,2238	0,0012*
b_2	3,0691	0,0015*
b_{12}	-1,3375	0,1101
b_{11}	-4,3854	0,0006*
b_{22}	-4,6279	0,0005*

Kết quả Bảng 5 cho thấy các hệ số b_0 , b_1 , b_2 , b_{11} , b_{22} của phương trình hồi quy đều có nghĩa ($p < 0,05$).

Ảnh hưởng của thời gian xử lý và công suất đến độ sáng màu của trứng cá (Y) được thể hiện qua phương trình hồi quy như sau:

$$Y = 64,7733 + 3,2238X_1 + 3,0691X_2 - 4,3854X_1^2 - 4,6279X_2^2$$

Với giá trị R^2 đạt 0,973 và R^2_{adj} đạt 0,946 cho thấy mô hình hồi quy là phù hợp và tương thích với thực nghiệm.



Hình 4: Ảnh hưởng của thời gian xử lý và công suất vi sóng đến độ sáng màu của trứng cá

Kết quả xử lý bằng phần mềm JMP cho thấy độ sáng màu đạt 66,93 khi xử lý với công suất 171W trong thời gian xử lý 9 phút. Tiến hành kiểm tra thực nghiệm, kết quả thu được thể hiện ở Bảng 6:

Bảng 6: Kết quả kiểm tra thực nghiệm các thông số tối ưu từ phương trình hồi quy

	Mẫu đối chứng (sản phẩm Marumiya)	Giá trị tối ưu theo phương trình	Kết quả thực nghiệm
Độ sáng màu của trứng cá	65,68 ^a ± 1,67	65,73 ^a	66,93 ^a ± 0,79

Số liệu ở Bảng 6 cho thấy, sự khác biệt giữa kết quả thực nghiệm và kết quả dự đoán từ phương trình hồi quy là 1,82%. Độ sáng màu của trứng cá thu được từ giá trị tối ưu bằng phương trình hồi quy chênh lệch 1,90% so với độ sáng màu của mẫu đối chứng. Như vậy, kết quả tối ưu hóa phù hợp với thực nghiệm.

Kiểm tra chất lượng trứng cá sau khi xử lý và đối chứng với nguyên liệu ban đầu cho thấy quá trình xử lý vi sóng không làm thay đổi đáng kể hàm lượng protein và lipid của trứng cá (Bảng 7). Kết quả này không khác biệt với kết quả các nghiên cứu trước đã công bố của nhiều tác giả như Sabri Al-Saghir (2004); Larsen (2010) hay Weber (2008).

Bảng 7: So sánh một số chỉ tiêu hóa lý của trứng cá thu trước và sau khi xử lý vi sóng

Chỉ tiêu	Nguyên liệu ban đầu	Nguyên liệu sau khi xử lý vi sóng
Ẩm, %	63,8 ± 0,21	41,62 ± 0,64
Protein, %	23,85 ± 0,04	23,18 ± 0,36
Lipid, %	11,5 ± 0,4	11,03 ± 0,78

4. Kết luận

Phương pháp nấu vi sóng có thể được sử dụng để xử lý nguyên liệu trứng cá trong sản xuất gia vị rắc cơm nhằm hạn chế sự biến đổi màu sắc và hao hụt khối lượng trong quá trình chế biến.

Với điều kiện xử lý ở công suất vi sóng 171W trong thời gian 9 phút độ sáng màu cực đại đạt được là 66,93, tăng 1,02 lần so với sản phẩm

chuẩn. Thành phần dinh dưỡng của nguyên liệu thay đổi không đáng kể sau quá trình xử lý. Hàm lượng protein giảm 2,80% và hàm lượng lipid giảm 4,08% so với nguyên liệu ban đầu.

Như vậy, việc xử lý trứng cá bằng vi sóng mang lại hiệu quả rõ rệt và hoàn toàn khả thi khi ứng dụng trong sản xuất công nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Buffler, C. R. (1993). *Microwave Cooking and Processing: Engineering Fundamentals for the Food Scientist*, Avi Book, New York, p. 169.
- Ersoy, B. (2011). Effects of cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of European eel (*Anguilla anguilla*). *International Journal of Food Science and Technology*, 46, pp. 522-527. Available from: doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02546.x [Accessed 15th Oct 2016].
- Ersoy, B. and Özeren, A. (2009). The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. *Food Chemistry*, 115, pp. 419-422. Available from: doi: 10.1016/j.foodchem.2008.12.018 x [Accessed 20th Oct 2016].
- Nguyễn Công Khanh, Hà Thị Anh Đào, Nguyễn Thị Lâm, Lê Hồng Dũng, Lê Bạch Mai và Nguyễn Văn Sĩ (2007). *Bảng thành phần thực phẩm Việt Nam*. TP. Hồ Chí Minh, Nhà xuất bản Y học.
- Kris-Etherton, P. M., Harris, W. S. and Appel, L. J. (2002). Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *Circulation*, 106, pp. 2747-2757.
- Larsen, D., Quek, S. Y. and Eyres, L. (2010). Effect of cooking method on the fatty acid profile of New Zealand King Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Food Chemistry*, 119, pp. 785-790.
- Mahmoud, E. A. E., Dostálová, J., Lukešová, D. and Doležal, M. (2009). Oxidative changes of lipids during microwave heating of minced fish flesh in catering. *Czech Journal of Food Sciences*, 27, pp. 17-19.
- Mutlu Pilavtepe-Çelik, Nil Pembe Özer, Semin Özge Özkoç, Nadide Seyhun and Nur Dede (2014). Infrared Assisted Microwave Cooking of Atlantic Salmon (*Salmo salar*), *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 14, pp. 659-665.
- Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review, *Journal of Food Engineering*, 49, pp. 311-319.
- Sabri Al-Saghir, Karin Thurner, Karl-Heinz Wagner, Georg Frisch, Wolfgang Luf, Ebrahim Razzazi-Fazeli and Ibrahim Elmadfa (2008). Effects of Different Cooking Procedures on Lipid Quality and Cholesterol Oxidation of Farmed Salmon Fish (*Salmo salar*). *J. Agric. Food Chem*, 2004, 52 (16), pp. 5290-5296.
- Sahin, S. and Sumnu, G. (2001). Effects of microwave cooking on fish quality. *International Journal of Food Properties*, 4 (3), pp. 501-512. Available from: doi: 10.1081/JFP-100108651 [Accessed 10 Mar 2017].
- Weber, J., Bochi, V. C., Ribeiro, C. P., Victório, A. M. and Emanuelli, T. (2008). Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. *Food Chemistry*, 106 (1), pp. 140-146.