

Nghiên cứu phát triển công thức tẩm ướp gia vị và ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến chất lượng khô chay nấm rơm (*Volvariella volvacea*)

Châu Văn Đan¹, Lê Hoàng Thanh¹, Lương Uyên Uyên¹, Trần Bạch Long², Nguyễn Thị Kiều Diễm^{1*}

¹Khoa Công nghệ – Thủy sản, Trường Cao đẳng Kinh tế – Kỹ thuật Cần Thơ

²Viện Công nghệ Sinh học và Thực Phẩm, Đại học Cần Thơ

*ntkdiem@ctec.edu.vn

Tóm tắt

Nghiên cứu này đã phát triển quy trình chế biến sản phẩm nấm rơm khô tẩm gia vị với chất lượng tốt. Công thức tẩm ướp C₄ (4 % nước mắm chay và 8 % đường) cho kết quả tốt với điểm cảm quan cao nhất đạt 18,8 và đồng thời cải thiện tốt màu sắc và các hợp chất sinh học. Về quá trình sấy, nhiệt độ 65 °C được chứng minh là điều kiện sấy phù hợp cho sản phẩm khô chay nấm rơm, với mô hình sấy có hệ số hồi quy $R^2 = 0,9653$ và hằng số tốc độ sấy $k = 0,0093$. Sản phẩm nấm rơm khô thu được tại điều kiện này có hàm lượng NaCl cân bằng ($1,57 \pm 0,02$ %), protein thô đạt (11,9 %) và béo thô (1,05 %). Đặc biệt, các hợp chất sinh học có hoạt tính chống oxy hóa được bảo toàn tốt, thể hiện qua TPC ($29,29 \pm 0,15$) mg GAE/g và TFC ($12,46 \pm 0,05$) mg QE/g. Về màu sắc, sản phẩm đạt các chỉ số phù hợp L^* ($54,14 \pm 0,55$), a^* ($2,63 \pm 0,04$), b^* ($19,21 \pm 0,42$), sai biệt màu sắc tổng ΔE ($9,13 \pm 0,45$) và tổng thể được đánh giá cảm quan rất tốt với tất cả các chỉ tiêu điều $\geq 4,6$ điểm, khẳng định tiềm năng ứng dụng và phát triển sản phẩm trong ngành công nghiệp thực phẩm

Nhận 29/06/2025

Được duyệt 02/09/2025

Công bố 28/09/2025

Từ khóa

Cảm quan, hợp chất sinh học, khô chay, màu sắc (L^* , a^* , b^*), sấy, nấm rơm.

© 2025 Journal of Science and Technology - NTTU

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh xu hướng ăn chay và thực phẩm chay ngày càng phổ biến, nấm rơm nổi lên như lựa chọn đầy tiềm năng. Đặc biệt, tại đồng bằng sông Cửu Long, điều kiện khí hậu lý tưởng giúp nguồn nguyên liệu này trở nên dồi dào và ổn định. Nấm rơm (*Volvariella volvacea*) không chỉ là thực phẩm sạch, mà còn có giá trị dinh dưỡng vượt trội, cung cấp protein, axit amin thiết yếu, vitamin, khoáng chất. Hơn nữa, các hợp chất sinh học như polyphenol còn mang lại khả năng chống oxy hóa, hỗ trợ sức khỏe.

Nấm rơm có thời gian sinh trưởng ngắn, nếu không thu hoạch kịp thời sẽ nhanh chóng giảm giá trị, dẫn đến lãng phí lớn. Việc quản lý sau thu hoạch gặp thách thức do chi phí bảo quản cao và cơ sở trang thiết bị hạn chế. Trên thị trường hiện tại còn khá ít các sản phẩm chế biến từ nấm rơm đa dạng về hương vị và chất lượng. Vì vậy, phát triển các công thức khô chay mới với chất lượng ổn định là giải pháp tiềm năng, không chỉ giải quyết vấn đề đầu ra cho nông dân mà còn đáp ứng nhu cầu thực phẩm chay tiện lợi, bổ dưỡng [1].

Nhằm giải quyết vấn đề này, “Nghiên cứu phát triển công thức tẩm ướp gia vị và ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến chất lượng khô nấm rơm” được thực hiện. Nghiên cứu tập trung vào việc đánh giá các công thức tẩm ướp, phân tích hàm lượng các hợp chất sinh học (TPC - Total Phenolic Content, TFC - Total Flavonoid Content), hàm lượng protein, lipid, đồng thời khảo sát hương vị của từng công thức thông qua đánh giá cảm quan. Đặc biệt, nghiên cứu sẽ đi sâu vào ảnh hưởng của các mức nhiệt độ sấy khác nhau đến màu sắc và chất lượng tổng thể của sản phẩm khô nấm rơm. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng phương pháp sấy và điều kiện nhiệt độ có tác động đáng kể đến việc bảo toàn các hợp chất sinh học, giá trị dinh dưỡng và đặc tính cảm quan của sản phẩm [2]. Mục tiêu của nghiên cứu là nhằm nâng cao giá trị thương mại cho nấm rơm, tận dụng hiệu quả nguồn nguyên liệu sẵn có tại khu vực Cần Thơ và các vùng lân cận, đa dạng hóa sản phẩm protein từ thực vật, góp phần làm phong phú các sản phẩm từ nấm, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho nghề trồng nấm phát triển bền vững và tăng thu nhập cho người lao động.



2. Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1 Nguyên vật liệu

Nấm rơm được thu mua từ xã Thới Lai, Cần Thơ, sau đó được vận chuyển về phòng thực hành trong một giờ và phải được xử lý ngay để đảm bảo giữ nguyên chất lượng, không bị dập nát hay hư hỏng. Quá trình xử lý sơ bộ bao gồm việc loại bỏ triệt để tạp chất. Tiếp theo, nấm được rửa sạch dưới vòi nước để loại bỏ một phần đáng kể tạp chất bám trên bề mặt, chuẩn bị cho các bước chế biến tiếp theo.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thiết lập công thức tẩm ướp gia vị ảnh hưởng đến chất lượng khô chay nấm rơm

Thí nghiệm được thực hiện bằng cách lựa chọn công thức tẩm ướp gia vị khô chay từ nấm rơm về độ ẩm nguyên liệu, cải thiện màu sắc, giữ lại tối đa hàm lượng các hợp chất sinh học, đem lại đặc tính cảm quan tốt cho sản phẩm.

Các nguyên liệu được chuẩn bị và cân định lượng theo các công thức C₁, C₂, C₃, C₄, C₅ được thể hiện ở (Bảng 1). Cố định lượng nấm rơm tươi ở giai đoạn trưởng thành lựa chọn kích thước đồng đều với đường kính khoảng (3-6) cm với 1 kg nguyên liệu, được chuẩn bị bằng cách ngâm trong acid citric 0,5% (1:2) rồi chần ở 95 °C trong thời gian 5 phút, sau đó làm lạnh nhanh về (0-4) °C trong 60 giây để ổn định cấu trúc. Nấm được cắt/xé thành sợi (2-4) x (0,3-0,5) cm, tẩm ướp gia vị theo công thức và tiến hành sấy ở 65 °C đến khi độ ẩm sản phẩm đạt khoảng (12-14) % áp dụng theo TCVN 10918:2015 (CODEX STAN 39-1981). Sản phẩm cuối cùng được đánh giá chất lượng (gồm màu sắc, TPC, TFC, NaCl, protein thô, béo thô và cảm quan)

Thí nghiệm được thực hiện theo các công thức chế biến sản phẩm khô chay từ nấm rơm ở Bảng 1.

Bảng 1 Các công thức tẩm ướp gia vị sản phẩm khô chay từ nấm rơm

Nguyên liệu	C ₁ (%)	C ₂ (%)	C ₃ (%)	C ₄ (%)	C ₅ (%)
Nước mắm chay	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Đường	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
Bột ngọt	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Bột ớt	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Bột tỏi	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Dầu hào chay	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
--------------	-----	-----	-----	-----	-----

2.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy ảnh hưởng đến chất lượng khô nấm rơm

Nấm rơm sau khi được xử lý ở mục 2.2.1 tiến hành cân 1 kg nguyên liệu và cho vào khay sấy với độ dày khoảng 5 mm, sấy ở các mức nhiệt độ từ (60, 65 và 70) °C là nhân tố khảo sát. Quá trình sấy được thực hiện cho đến khi độ ẩm (12-14) % thì kết thúc quá trình sấy. Quá trình sấy được thực hiện trong tủ sấy đối lưu (Model UF55, Germany). Tiến hành kiểm tra các chỉ tiêu khảo sát.

2.3. Phương pháp phân tích

- Giá trị (L*, a*, b*) được áp dụng theo phương pháp đo màu CIELAB và được xác định bằng máy đo màu (WR10QC, FRU®, China) sử dụng hệ đo màu L* (đen-trắng), a* (xanh lục-đỏ), b* (xanh dương-vàng).

- Sai biệt màu sắc tổng thể ΔE được tính theo công thức

$$(1): \Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

- Hàm lượng ẩm xác định theo AOAC 950.46

- TPC được định lượng dựa trên phản ứng khử hóa học của thuốc thử Folin-Ciocalteu, một quá trình tạo ra sản phẩm có màu xanh đặc trưng với độ hấp thụ cực đại tại 760 nm [3].

- TFC được xác định dựa trên phản ứng tạo phức có màu với AlCl₃, với độ hấp thụ quang phổ được đo ở 415 nm [4].

- Từ kết quả độ hấp thụ đo được, dựa vào phương trình đường chuẩn tính được TPC, TFC theo công thức (2):

$$P = \frac{C \times V \times 10^{-3}}{m \times (100 - W)} \quad (2)$$

Trong đó: P là TPC (mg GAE/g) hoặc TFC (mg QE/g), C là nồng độ acid gallic hoặc quercetin suy ra từ phương trình đường chuẩn (μg/mL), V là thể tích dịch trích (mL), m là khối lượng mẫu (g), W là độ ẩm của mẫu (%)

- Phương pháp xác định NaCl (TCVN 3701-1990) là phương pháp chuẩn độ: 5 g mẫu được hòa tan, định mức thành 250 mL, lọc lấy dịch trong. 25 mL dịch lọc được trung hòa, sau đó thêm 5 giọt K₂CrO₄ 5 % làm chỉ thị. Tiến hành chuẩn độ bằng AgNO₃ 0,1 N cho đến khi xuất hiện kết tủa Ag₂CrO₄ màu đỏ gạch bền vững thì dừng lại.

Tính kết quả:

Hàm lượng NaCl (%) tính bằng phần trăm theo công thức (3): $X = \frac{V \times 250 \times 0,00585 \times 100}{25 \times m}$ (3)

Trong đó: V là thể tích bạc nitrat 0,1 N tiêu tốn khi chuẩn độ mẫu thử, tính bằng mL, m là khối lượng mẫu thử, tính bằng g, 250 là thể tích toàn bộ dịch ngâm mẫu thử, tính bằng mL, 25 là thể tích dịch lọc để xác định, tính bằng mL, 0,00585 là lượng NaCl tương ứng với 1 mL dung dịch AgNO₃ 0,1 N, 100 là hệ số tính ra phần trăm.

- Phương pháp đánh giá chất lượng cảm quan của sản phẩm khô chay từ nấm rơm bung dù được thực hiện dựa trên phương pháp cho điểm chất lượng TCVN 3215:79.

- Đồ thị được tính toán bằng mô hình Lewis-Newton trong quá trình sấy. Phương trình Newton và Lewis (4).

$$MR = \frac{M - M_e}{M_i - M_e} = e^{-kt} \quad (4)$$

Trong đó: M, M_i, M_e là độ ẩm tại thời điểm t, độ ẩm ban đầu và độ ẩm cân bằng tỷ lệ ẩm (%) ẩm cân bản khô. t là thời gian (phút). k là hằng số tốc độ sấy (phút⁻¹).

2.4 Phương pháp thu thập và xử lý số liệu

Kết quả được thu thập và xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA). Dữ liệu được phân tích thống kê bằng phần mềm Statgraphics Centurion 19.1.

3 Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1 Thiết lập công thức tẩm ướp gia vị ảnh hưởng đến chất lượng khô chay nấm rơm

3.1.1 Ảnh hưởng của các công thức tẩm ướp gia vị ảnh hưởng đến các giá trị màu sắc của khô nấm rơm

Kết quả Bảng 2 cho thấy khi tăng tỉ lệ gia vị các giá trị màu sắc có ảnh hưởng đến sản phẩm khô chay từ nấm rơm (p < 0,05).

Bảng 2 Ảnh hưởng của công thức tẩm ướp nguyên liệu đến màu sắc của khô chay nấm rơm

Công thức	Các giá trị màu sắc			
	L*	a*	b*	ΔE
C ₁	58,75 ± 0,66 ^d	2,25 ± 0,08 ^a	17,71 ± 0,05 ^a	4,48 ± 0,18 ^a
C ₂	56,88 ± 0,77 ^c	2,42 ± 0,03 ^b	18,73 ± 0,27 ^b	6,42 ± 0,08 ^b
C ₃	55,95 ± 0,47 ^b	2,50 ± 0,03 ^c	19,00 ± 0,74 ^{bc}	7,38 ± 0,08 ^c

C ₄	54,41 ± 0,03 ^b	2,63 ± 0,02 ^d	19,28 ± 0,04 ^{bc}	9,18 ± 0,05 ^d
C ₅	52,14 ± 0,55 ^a	2,73 ± 0,05 ^e	19,55 ± 0,36 ^c	10,87 ± 0,60 ^e

Ghi chú: trung bình ± STDEV (n = 3). Trong cùng một cột, các số trung bình theo sau bởi một hoặc những chữ cái giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5 %

Cụ thể, giá trị độ sáng L* có xu hướng giảm dần có ý nghĩa thống kê khi tỉ lệ gia vị tăng (p < 0,05). Mẫu C₁ có độ sáng cao nhất (58,75 ± 0,66), giảm dần qua các mẫu và thấp nhất là C₅ (52,14 ± 0,55). Hiện tượng giảm độ sáng này có thể là kết quả của các phản ứng hóa nâu không do enzyme, quá trình oxy hóa và đồng phân hóa β-caroten diễn ra đồng thời trong quá trình tẩm ướp.

Ngược lại, giá trị a* (độ đỏ) lại có xu hướng tăng dần theo tỉ lệ gia vị, từ C₁ (2,25 ± 0,08) đến C₅ (2,73 ± 0,05). Sự tăng của giá trị a* được giải thích bởi khả năng các phản ứng hóa nâu không do enzyme tạo ra các sắc tố đỏ trong quá trình xử lý [5]. Đối với giá trị b* (độ vàng), có thể thấy xu hướng tăng dần khi tỉ lệ phối trộn gia vị tăng và khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05). Mẫu C₅ đạt giá trị b* cao nhất (19,55 ± 0,36), tuy nhiên giá trị này không khác biệt có ý nghĩa thống kê so với mẫu C₄ (19,28 ± 0,04). Mẫu C₁ có độ vàng thấp nhất (17,71 ± 0,05) và giá trị này tăng dần có ý nghĩa thống kê qua các mẫu xử lý. Điều này cho thấy việc tăng tỉ lệ gia vị đến một mức nhất định sẽ làm tăng sắc vàng của sản phẩm. Sai biệt màu tổng thể ΔE, cũng cho thấy xu hướng tăng dần khi tỉ lệ gia vị tăng, từ 4,48 ± 0,18 (C₁) lên đến 10,87 ± 0,60 (C₅). Điều này khẳng định rằng việc tăng tỉ lệ gia vị đã tạo ra sự khác biệt màu sắc tổng thể đáng kể trên sản phẩm.

3.1.2 Ảnh hưởng của các công thức tẩm ướp gia vị ảnh hưởng đến các các hợp chất sinh học và hàm lượng NaCl của khô chay nấm rơm

Kết quả TPC và TFC của các công thức tẩm ướp gia vị được thể hiện ở (Bảng 3) và khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mẫu (p < 0,05).

Bảng 3 Ảnh hưởng của các công thức đến hàm lượng TPC, TFC và NaCl (%) của khô chay nấm rơm

Công thức	TPC (mg GAE/g)	TFC (mg QE/g)	NaCl (%)
-----------	----------------	---------------	----------

C₁	29,94 ± 0,28 ^c	16,40 ± 0,03 ^c	0,88 ± 0,04 ^a
C₂	29,51 ± 0,24 ^{bc}	16,26 ± 0,44 ^c	1,01 ± 0,03 ^b
C₃	29,37 ± 0,15 ^{bc}	15,65 ± 0,21 ^b	1,28 ± 0,03 ^c
C₄	29,27 ± 0,01 ^b	14,69 ± 0,14 ^a	1,54 ± 0,02 ^d
C₅	28,32 ± 0,64 ^a	14,52 ± 0,16 ^a	1,87 ± 0,03 ^e

Ghi chú: trung bình ± STDEV (n = 3). Trong cùng một cột, các số trung bình theo sau bởi một hoặc những chữ cái giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5 %

Kết quả khảo sát cho thấy TPC của các mẫu dao động từ 28,32 ± 0,64 đến 29,94 ± 0,28 mg GAE/g. Mẫu C₁ có TPC cao nhất (29,94 ± 0,28 mg GAE/g), cho thấy tiềm năng chống oxy hóa tốt. Tương tự, đối với TFC, các giá trị dao động từ 14,52 ± 0,16 đến 16,40 ± 0,03 mg QE/g và cũng có xu hướng giảm dần khi tăng tỉ lệ gia vị từ C₁ đến C₅ (p < 0,05), với mẫu C₁ có TFC cao nhất (16,40 ± 0,03) mg QE/g, cho thấy đặc tính chống oxy hóa cao nhất trong các mẫu. Điều này cho thấy rằng việc tăng hàm lượng nước mắm chay và đường trong công thức tẩm ướp có xu hướng làm giảm hàm lượng TPC và TFC trong sản phẩm nấm rom khô. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu khác đã chứng minh mối tương quan thuận giữa TPC, TFC và hoạt tính chống oxy hóa trong các loại rau và sản phẩm thực phẩm [6]. Hàm lượng NaCl trong các mẫu có sự khác biệt rõ rệt và có ý nghĩa thống kê (p < 0,05). Mẫu C₁ và C₂ có tỉ lệ muối thấp (0,88 ± 0,04 và 1,01 ± 0,03) %, có thể làm giảm hương vị của sản phẩm. Ngược lại, mẫu C₅ có tỉ lệ muối quá cao (1,87 ± 0,03) %, có thể gây ra vị quá mặn, ảnh hưởng xấu đến cảm quan. Dựa trên đánh giá cảm quan, tỉ lệ muối phù hợp được chọn là (1,54 ± 0,02) % (mẫu C₄). Muối được biết đến là một chất tăng cường hương vị hiệu quả, có khả năng làm giảm vị đắng và tăng cường vị ngọt, vị chua và vị umami, từ đó giúp cải thiện đáng kể cảm nhận vị giác tổng thể của sản phẩm. Hàm lượng muối này không chỉ giúp tăng hương vị, kích thích vị giác mà còn hỗ trợ quá trình bảo quản sản phẩm bằng cách giảm hoạt độ nước (a_w), từ đó ức chế sự phát triển của vi sinh vật gây hại và kéo dài thời gian bảo quản [7]

3.1.3 Ảnh hưởng của tỉ lệ phối trộn nguyên liệu đến giá trị cảm quan về màu sắc, mùi vị, trạng thái của sản phẩm

Kết quả đánh giá cảm quan (Bảng 4) cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các công thức tẩm ướp đối với chất lượng sản phẩm (p < 0,05)

Bảng 4 Ảnh hưởng của các công thức tẩm ướp đến giá trị cảm quan về màu sắc, mùi vị, trạng thái của sản phẩm

Công thức	Giá trị cảm quan					
	Màu	Mùi	Vị	Trạng thái	Điểm tổng	Xếp loại
C₁	3,3 ^a	3,5 ^a	3,3 ^a	3,8 ^b	13,9	Trung bình
C₂	3,7 ^b	3,4 ^a	4,2 ^b	4,0 ^b	15,3	Khá
C₃	4,3 ^c	4,3 ^b	4,4 ^b	4,5 ^c	17,5	Khá
C₄	4,6 ^d	4,8 ^c	4,8 ^c	4,6 ^c	18,8	Tốt
C₅	3,8 ^b	4,2 ^b	3,5 ^a	3,3 ^a	14,8	Trung bình

Ghi chú: (n = 10). Các giá trị trung bình có cùng chữ cái đi kèm trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 5 %

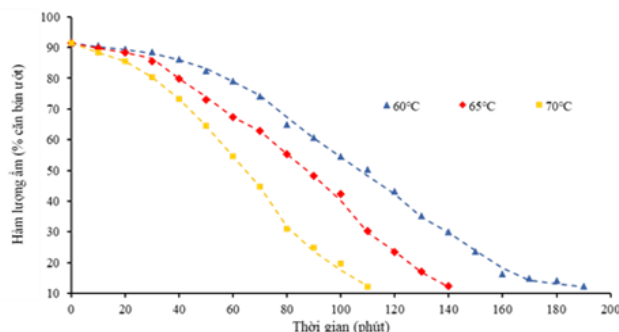
Công thức C₄ đạt điểm tổng cao nhất (18,8) và được xếp loại tốt, cao hơn so với các công thức còn lại. Các chỉ tiêu ≥ 4,6 điểm, cho thấy sự phù hợp của công thức. Ngược lại, C₁ (13,9) và C₅ (14,8) chỉ đạt mức trung bình với điểm cảm quan thấp hơn ở hầu hết các chỉ tiêu. Cụ thể, C₅ có điểm trạng thái thấp nhất (3,3), kém hơn đáng kể so với các công thức khác. Các công thức C₂ (15,3) và C₃ (17,5) tuy được xếp loại khá nhưng vẫn không đạt được chất lượng cảm quan cao như C₄. Dựa trên những phân tích này, có thể kết luận rằng công thức C₄ là công thức tẩm ướp phù hợp nhất, mang lại chất lượng cảm quan vượt trội cho sản phẩm.

3.2 Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến chất lượng khô chay từ nấm rom

3.2.1 Ảnh hưởng của các mức độ sấy đến hằng số tốc độ sấy

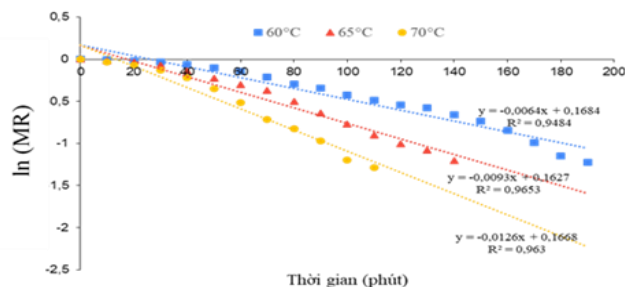
Nhiệt độ sấy sử dụng cho quá trình sấy nấm rom có ảnh hưởng đối với tỷ lệ độ ẩm trong nguyên liệu. Độ ẩm

giảm liên tục khi nhiệt độ và thời gian sấy tăng (Hình 1). Bên cạnh đó, việc dừng quá trình sấy thích hợp để sản phẩm đạt được chất lượng đạt được chất lượng tốt. Vì vậy, nhiệt độ sấy và độ ẩm sấy là một trong những yếu tố quan trọng cần phải khảo sát.



Hình 1 Đường cong sấy khô chay nấm rơm

Trong nghiên cứu này, các đường cong sấy được biểu diễn trong Hình 1 đã minh họa mối tương quan giữa nhiệt độ sấy và thời gian sấy. Cụ thể, theo dữ liệu từ đường cong sấy Hình 1, để đạt được độ ẩm khoảng (12-14) %, khi sấy ở 60 °C yêu cầu khoảng 190 phút, trong khi ở 65 °C chỉ mất khoảng 140 phút và ở 70 °C thời gian sấy được rút ngắn xuống còn khoảng 110 phút. Kết quả cho thấy, nhiệt độ sấy càng cao, động năng của các phân tử không khí càng tăng, làm tăng cường hệ số truyền nhiệt đối lưu từ tác nhân sấy đến bề mặt vật liệu. Quá trình này thúc đẩy tốc độ bay hơi nước trên bề mặt nguyên liệu, từ đó làm tăng chênh lệch áp suất hơi nước giữa bề mặt vật liệu và không khí sấy, đẩy nhanh tốc độ thoát ẩm tổng thể. Mối liên hệ này cũng đã được khẳng định trong nhiều nghiên cứu khác, như nghiên cứu của Nhân và cộng sự (2024) [8] đã chứng minh rằng nhiệt độ sấy cao hơn sẽ dẫn đến thời gian sấy giảm. Tuy nhiên, việc xây dựng quy trình sấy không chỉ đơn thuần là rút ngắn thời gian mà còn phải đảm bảo chất lượng và tính ổn định trong bảo quản sản phẩm.



Hình 2 Đồ thị theo mô hình Lewis-Newton trong quá trình sấy nấm rơm

Bảng 5 cho thấy hằng số tốc độ sấy (k) của nấm rơm được xác định thông qua mô hình Lewis-Newton (Hình 2) và được trình bày chi tiết ở các mức nhiệt độ khác nhau. Hầu hết các mẫu ở các nhiệt độ nghiên cứu (60, 65 và 70) °C đều cho thấy sự phù hợp cao với mô hình, thể hiện qua hệ số hồi quy R^2 rất cao, dao động từ 0,9484 đến 0,9653. Các phương trình này có giá trị R^2 tương đối cao nên thỏa mãn điều kiện để mô hình phù hợp với dữ liệu thực nghiệm, tương tự như các nghiên cứu về sấy các loại nông sản khác như bột lá tía tô [8] hay khoai lang [9] cũng cho thấy sự phù hợp với hệ số R^2 rất cao.

Bảng 5 Ảnh hưởng nhiệt độ sấy đến hằng số tốc độ sấy được tính toán theo mô hình Lewis-Newton

Nhiệt độ (°C)	60	65	70
k	0,0064	0,0093	0,0126
R²	0,9484	0,9653	0,9630

Ghi chú k: hằng số tốc độ sấy. R²: Hệ số hồi quy

Cụ thể, mô hình phù hợp nhất ở nhiệt độ 65 °C với R^2 đạt 0,9653, tuy nhiên, sự phù hợp ở các nhiệt độ còn lại cũng rất cao. Điều này cho thấy mô hình Lewis-Newton có thể được sử dụng để tính hằng số tốc độ sấy với độ chính xác cao cho quá trình sấy nấm rơm. Kết quả trong Bảng 5 cũng cho thấy mối quan hệ giữa nhiệt độ và tốc độ sấy. Khi nhiệt độ tăng, hằng số tốc độ sấy (k) cũng tăng lên đáng kể. Cụ thể, k tăng từ 0,0064 tại 60 °C lên 0,0093 tại 65 °C (tăng 45 %) và đạt giá trị cao nhất là 0,0126 tại 70 °C (tăng 35,5 % so với 65 °C). Kết quả cho thấy nhiệt độ càng cao thì hằng số tốc độ sấy (k) càng lớn, nghĩa là tốc độ giảm ẩm càng nhanh. Việc tăng nhiệt độ sấy từ 60 lên 70 °C đã làm tăng gần gấp đôi hằng số tốc độ sấy, giúp rút ngắn thời gian sấy một cách hiệu quả, đây là một đặc tính quan trọng cần được cân nhắc trong quy trình sấy công nghiệp.

3.2.2 Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến TPC và TFC của sản phẩm khô chay nấm rơm

TPC và TFC của nấm rơm ở phương pháp sấy đối lưu được trình bày ở (Bảng 6). Dựa trên kết quả từ Bảng 6, có thể thấy rằng nhiệt độ sấy ảnh hưởng đáng kể ($p < 0,05$) đến hàm lượng các chất chống oxy hóa trong sản phẩm.

Bảng 6 Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đối lưu đến hàm lượng TPC, TFC và NaCl (%) của khô chay nấm rơm

Nhiệt độ (°C)	TPC (mg GAE/g)	TFC (mg QE/g)	NaCl (%)
60	29,73 ± 0,07 _b	15,41 ± 0,08 _c	1,53 ± 0,02 _a
65	29,29 ± 0,15 _b	14,82 ± 0,22 _b	1,57 ± 0,02 _b
70	27,57 ± 0,09 _a	13,64 ± 0,12 _a	1,59 ± 0,01 _b

Ghi chú: trung bình ± STDEV (n = 3). Trong cùng một cột, các số trung bình theo sau bởi một hoặc những chữ cái giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5 %

Khi nhiệt độ tăng hàm lượng các hoạt chất sinh học cũng có xu hướng giảm. Cụ thể, khi tăng nhiệt độ từ 60 lên 70 °C, TPC giảm từ (29,73 ± 0,07 xuống 27,57 ± 0,09) mg GAE/g và khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05). Khi các mẫu sấy ở 60 °C và 65 °C không khác biệt có ý nghĩa thống kê, nhưng lại khác biệt so với mẫu sấy ở 70 °C. Tương tự, TFC cũng giảm đáng kể, từ 15,41 ± 0,08 mg QE/g xuống còn 13,64 ± 0,12 mg QE/g. Kết quả này cho thấy sự suy giảm đáng kể và có ý nghĩa thống kê của TFC khi nhiệt độ tăng, với sự khác biệt có ý nghĩa giữa cả ba mức nhiệt độ. Điều này phù hợp với các nghiên cứu trước đây, cho thấy các hợp chất chống oxy hóa rất nhạy cảm với nhiệt độ cao và dễ bị phân hủy nhiệt [10] Ngược lại, khả năng chống oxy hóa cũng có thể đạt cực đại ở một nhiệt độ nhất định, như được báo cáo trong các nghiên cứu về bạc hà sấy [11]. Dựa trên kết quả nghiên cứu, nhiệt độ 60 °C cho thấy hiệu quả tốt nhất trong việc bảo toàn TPC và TFC trong sản phẩm. Tuy nhiên, ở nhiệt độ 65 °C TPC lại khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với mẫu sấy ở 60 °C, đặc biệt khi sấy ở 65 °C có thời gian sấy ngắn hơn 50 phút so với mẫu sấy ở 60 °C, cho thấy sự phù hợp và hiệu quả kinh tế cao.

Về hàm lượng NaCl, kết quả cho thấy giá trị này tăng khi nhiệt độ sấy tăng từ 60 °C (1,53 ± 0,02) % lên 70 °C (1,59 ± 0,01) %. Sự khác biệt này có ý nghĩa thống kê (p < 0,05) giữa các mức nhiệt độ, cho thấy tốc độ bốc hơi nước tăng do nhiệt độ cao đã làm nồng độ các chất hòa tan như NaCl tăng lên, dẫn đến nồng độ của chúng trong sản phẩm khô cao hơn. Điều này cho thấy NaCl là một hợp chất ổn định nhiệt và không bị phân hủy trong quá trình sấy, nhưng nồng độ của nó trong sản

phẩm cuối cùng bị ảnh hưởng bởi quá trình sấy làm mất nước trong sản phẩm.

3.2.3 Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến các giá trị màu sắc của khô nấm rơm

Kết quả Bảng 7, thể hiện nhiệt độ sấy có ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến các chỉ tiêu màu sắc của sản phẩm nấm sấy khô. Giá trị độ sáng (L*) có xu hướng giảm khi nhiệt độ tăng, cho thấy sản phẩm trở nên sẫm màu hơn. Cụ thể, nhiệt độ 70°C (L* = 52,07 ± 0,42) đã tạo ra sự khác biệt có ý nghĩa thống kê so với nhiệt độ 60 °C và 65 °C (L* = 54,67 ± 0,53 và 54,14 ± 0,55, tương ứng), chứng tỏ nhiệt độ cao hơn làm giảm độ sáng đáng kể. Đối với thông số a* (độ đỏ) và b* (độ vàng), kết quả cho thấy cả hai chỉ tiêu này đều thay đổi đáng kể khi nhiệt độ tăng. Cụ thể, giá trị a* tăng dần từ 2,43 ở 60 °C lên 2,75 ở 70 °C, cho thấy sản phẩm có xu hướng chuyển sang màu đỏ hơn. Ngược lại, giá trị b* giảm từ 19,79 ở 60 °C xuống còn 17,70 ở 70 °C, cho thấy sản phẩm ít vàng hơn. Quá trình xử lý nhiệt, đặc biệt là sấy khô, có thể gây ra những thay đổi đáng kể về màu sắc do tác động đến các thành phần chức năng của sản phẩm [12]. Sự thay đổi màu sắc này chủ yếu là do các phản ứng hóa nâu không enzym, đặc biệt là phản ứng Maillard và Caramel hóa, vốn rất nhạy cảm với nhiệt độ và thời gian xử lý nhiệt [13].

Bảng 7 Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến màu sắc của khô chay nấm rơm

Nhiệt độ (°C)	Giá trị màu sắc			
	L*	a*	b*	ΔE
60	54,67 ± 0,53 _b	2,43 ± 0,04 ^a	19,79 ± 0,11 ^a	8,72 ± 0,46 ^a
65	54,14 ± 0,55 _b	2,63 ± 0,04 ^b	19,21 ± 0,42 ^b	9,13 ± 0,45 ^a
70	52,07 ± 0,42 ^a	2,75 ± 0,03 ^c	17,70 ± 0,22 ^c	10,95 ± 0,42 ^b

Ghi chú: trung bình ± STDEV (n = 3). Trong cùng một cột, các số trung bình theo sau bởi một hoặc những chữ cái giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5 %

Mặt khác, chỉ số khác biệt màu tổng thể (ΔE), biểu thị tổng sự thay đổi màu sắc so với mẫu tươi, có xu hướng

tăng khi nhiệt độ tăng. Kết quả cho thấy ΔE ở 70 °C ($\Delta E = 10,95 \pm 0,42$) có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê so với 60 °C và 65 °C. Điều này khẳng định rằng nhiệt độ sấy càng cao thì sự thay đổi màu sắc của sản phẩm càng lớn, dẫn đến chất lượng cảm quan bị suy giảm rõ rệt.

3.2.4 Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến giá trị cảm quan về, màu sắc, mùi vị, trạng thái của sản phẩm

Kết quả đánh giá, giá trị cảm quan (Bảng 8) cho thấy nhiệt độ sấy có ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng sản phẩm ($p < 0,05$). Cụ thể, nhiệt độ 65 °C mang lại điểm tổng cảm quan cao nhất (18,60), cao hơn so với 60 °C (17,70) và 70 °C (17,30), do đó sản phẩm được xếp loại tốt ở mức nhiệt độ này. Theo kết quả phân tích cho thấy, các chỉ tiêu màu sắc, mùi và vị đều đạt giá trị cao nhất và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở 65 °C. Mặc dù điểm trạng thái đạt giá trị cao tương đương ở 65 °C và 70 °C (4,6 điểm), nhưng sự suy giảm về màu sắc và vị khi tăng nhiệt độ lên 70 °C (4,1 điểm cho màu và 4,2 cho vị) đã khiến điểm tổng thể ở 70 °C thấp hơn. Điều này khẳng định rằng 65 °C là mức nhiệt độ sấy phù hợp nhất, giúp cải thiện các đặc tính cảm quan tốt của sản phẩm. Kết quả các chỉ tiêu đánh giá của sản phẩm được trình bày trong Bảng 9.

Bảng 8 Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến giá trị cảm quan về màu sắc, mùi vị, trạng thái của sản phẩm

Nhiệt độ (°C)	Giá trị cảm quan					
	Màu	Mùi	Vị	Trạng thái	Điểm tổng	Xếp loại
60	4,6 ^b	4,4 ^a	4,3 ^b	4,4 ^a	17,70	Khá
65	4,8 ^c	4,6 ^b	4,8 ^c	4,6 ^b	18,60	Tốt

70	4,1 ^a	4,4 ^a	4,2 ^a	4,6 ^b	17,30	Khá
----	------------------	------------------	------------------	------------------	-------	-----

Ghi chú: ($n = 10$). Các giá trị trung bình có cùng chữ cái đi kèm trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 5 %

4 Kết luận

Nghiên cứu đã hoàn thiện công thức trong quy trình chế biến khô nấm rơm tẩm gia vị, cho thấy việc bổ sung tỉ lệ gia vị hợp lý ở mẫu C₄ đã giúp sản phẩm đạt được màu sắc, mùi vị đặc trưng và đặc biệt là nhận được giá trị cảm quan rất cao (18,8 điểm). Song song đó, quá trình sấy đôi lưu ở nhiệt độ 65 °C được xác định là điều kiện phù hợp nhất, không chỉ đảm bảo chất lượng sấy mà còn duy trì giá trị cảm quan cao (18,6 điểm) cho sản phẩm. Những phát hiện này khẳng định vai trò then chốt của việc kiểm soát chặt chẽ tỉ lệ gia vị và nhiệt độ sấy trong việc nâng cao chất lượng cảm quan tổng thể của khô nấm rơm tẩm gia vị, từ đó mở ra tiềm năng ứng dụng và phát triển trong ngành công nghiệp thực phẩm.

Bảng 9 Kết quả các chỉ tiêu đánh giá sản phẩm

Chỉ tiêu đánh giá	Sản phẩm cuối
L*	54,14 ± 0,55
a*	2,63 ± 0,04
b*	19,21 ± 0,42
ΔE	9,13 ± 0,45
TPC (mg GAE/ g)	29,29 ± 0,15
TFC (mg QE/ g)	12,46 ± 0,05
Hàm lượng NaCl (%)	1,57 ± 0,02
Protein thô (%)	11,9**
Béo thô (%)	1,05**
Điểm cảm quan	18,6

Ghi chú: $\pm STDEV$ ($n = 3$). ** Kết quả được gửi đi kiểm tra tại trung tâm CASE sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh

Tài liệu tham khảo

1. Reis, F. S., Martins, N., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Mushrooms as a source of valuable ingredients: A review on the impact of post-harvest technologies. *Food and Chemical Toxicology*, 108, 303-314. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.07.051>
2. Adetunji, C. O., & Olayinka, A. O. (2019). Effect of different drying methods on the nutritional and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus* mushroom. *Journal of Food Science and Technology*, 56(1), 188-197. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3486-y>
3. Nguyen, N. M. P., Le, T. T., Vissenaekens, H., Gonzales, G. B., Van Camp, J., Smagghe, G. & Raes, K. (2019). In vitro antioxidant activity and phenolic profiles of tropical fruit by-products. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(4), 1169-1178. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14093>

4. Pham, D. C., Nguyen, H. C., Nguyen, T. H. L., Ho, H. L., Trinh, T. K., Riyaphan, J. & Weng, C. F. (2020). Optimization of ultrasound - assisted extraction of flavonoids from *Celastrus hindsii* leaves using response surface methodology and evaluation of their antioxidant and antitumor activities. *BioMed Research International*, 1, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2020/3497107>
5. Hong, J., & Betti, M. (2016). Non-enzymatic browning in food systems: Mechanisms and control. *Food Chemistry*, 202, 345-352. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.083>
6. Hsu, C. L., & Yen, G. C. (2007). Effects of flavonoids and phenolic acids on the inhibition of adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(21), 8404–8410. <https://doi.org/10.1021/jf071695r>
7. Shelef, L. A., & Seiter, J. (2005). Salt as a preservative. In *Handbook of Food Preservation* (pp. 117-147). CRC Press.
8. Trần Chí Nhân, Lê Uyển Nhi, Kiều Minh Vương, Nguyễn Tuấn Anh, Lưu Thái Danh, Nguyễn Nhật Minh Phương (2024). Ảnh hưởng của kỹ thuật sấy đến độ ẩm, màu sắc và các hợp chất sinh học của lá tía tô. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 9, 66-73.
9. Thuy, N. M., Hiep, L. H., Tai, N. V., Huong, H. T. T., & Minh, V. Q. (2022). Impact of drying temperatures on drying behaviours, energy consumption and quality of purple sweet potato flour. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 21(4), 379-387.
10. Di Scala, K., & Crapiste, G. H. (2018). Drying of vegetables and fruits: Effects on nutritional and quality properties. *Food Engineering Reviews*, 10(3), 195-216. <https://doi.org/10.1007/s12393-018-9177-3>
11. Uribe, H. F. J., Cárdenas, P. A., & Arriaga, J. A. (2016). Drying temperature and time effects on the essential oil composition and antioxidant activity of spearmint (*Mentha spicata* L.). *Journal of Essential Oil Research*, 28(4), 312-320. <https://doi.org/10.1080/10412905.2016.1158671>
12. Al-Dairi, A. M. T., Al-Hamdan, A. M. A., & Al-Amri, K. M. A. (2023). A review on mushroom drying methods and their effects on quality attributes. *International Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16430>
13. Al-Dairi, K. F. K., Al-Dairi, A. M. T., & Al-Marzooqi, A. M. (2024). Browning reactions and their control in fresh-cut mushrooms: A review. *Food Reviews International*. <https://doi.org/10.1080/87559129.2024.2323861>

Development of a seasoning marinade formula and evaluation of drying temperature effects on the quality of vegetarian dried straw mushroom (*Volvariella volvacea*) products

Chau Van Dan¹, Le Hoang Thanh¹, Luong Uyen Uyen¹, Tran Bach Long², Nguyen Thi Kieu Diem^{1,*}

¹Faculty of Fisheries-Technology, Can Tho Technical Economic College

²Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University

*ntkdiem@ctec.edu.vn

Abstract This study developed a processing procedure for producing a high-quality seasoned dried straw mushroom product. The C₄ marinating formula (4% vegetarian fish sauce and 8% sugar) yielded excellent results, achieving the highest sensory score of 18.8 while simultaneously improving color quality and preserving bioactive compounds. Regarding the drying process, a temperature of 65°C was proven to be the suitable drying condition for vegetarian dried straw mushroom products, with the drying model showing a regression coefficient of $R^2 = 0.9653$ and a drying rate constant of $k = 0.0093$. The dried straw mushroom product obtained under these conditions had a balanced NaCl content of $1.57 \pm 0.02\%$, a crude protein value of 11.9%, and a crude fat content of 1.05%.



Notably, bioactive compounds with antioxidant activity were well-preserved, as evidenced by the Total Phenolic Content (TPC) of 29.29 ± 0.15 mg GAE/g and the Total Flavonoid Content (TFC) of 12.46 ± 0.05 mg QE/g. In terms of color, the product achieved desirable color indices: L^* (54.14 ± 0.55), a^* (2.63 ± 0.04), and b^* (19.21 ± 0.42). The total color difference (ΔE) was 9.13 ± 0.45 . Overall, the product was evaluated as very good in sensory quality across all criteria, with a mean score of ≥ 4.6 points, confirming its potential for application and development within the food industry.

Keywords Bioactive compounds, color (L^* , a^* , b^*), drying, sensory evaluation, straw mushroom, vegan dried product