Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ
Số chuyên đề: SDMD 2024
ISSN 1859-2333 | e-ISSN 2815-5599

DOI:10.22144/ctujos.2024.448

ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ ĐẾN QUÁ TRÌNH PHÁ VỠ TẾ BÀO THU NHẬN CHIẾT XUẤT NẤM MEN DÙNG TRONG THỰC PHẨM

Nguyễn Thị Thanh Hải, Phạm Thị Minh Hải* và Lê Nhã Uyên
Viện Công nghệ Sinh học và Môi trường, Trường Đại học Nha Trang
**Tác giả liên hệ (Corresponding author): haiptm@ntu.edu.vn*

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 08/04/2024
Sửa bài (Revised): 29/05/2024
Duyệt đăng (Accepted): 04/07/2024

Title: *Effect of temperature on the cell disruption process of yeast extract obtained for food use*

Author(s): *Nguyen Thi Thanh Hai, Pham Thi Minh Hai* and Le Nha Uyen*

Affiliation(s): *Institute of Biotechnology and Environment, Nha Trang University*

TÓM TẮT

Chiết xuất thu nhận từ tế bào nấm men Saccharomyces cerevisiae là sản phẩm dinh dưỡng được dùng rộng rãi trong công nghiệp thực phẩm. Phương pháp sử dụng quá trình phá vỡ tế bào nấm men bằng nhiệt độ cao tạo ra sản phẩm an toàn và làm tăng hương vị của các sản phẩm thực phẩm. Tế bào nấm men được hoạt hóa ở 50oC trong 120 phút, sau đó hấp ở nhiệt độ và thời gian nghiên cứu khác nhau. Dịch tế bào được làm lạnh nhanh về nhiệt độ phòng và ly tâm thu dịch nổi. Dịch chiết xuất nấm men được sấy phun thu sản phẩm dạng bột có độ ẩm 6,7%. Bột chiết xuất nấm men thu được có hàm lượng protein là 52,1%, hiệu suất thu hồi protein là 71,28% và hàm lượng amino acid là 3,7% khi tế bào nấm men bị phá vỡ ở điều kiện 115oC trong 10 phút. Kết quả đánh giá cảm quan thị hiếu khi bổ sung bột chiết xuất nấm men vào nước luộc rau bắp cải với tỷ lệ 0,3-0,6% cho điểm cảm quan trung bình về mùi vị thuộc nhóm được yêu thích nhất là 8,36-8,55 (theo thang điểm 9) và không có khác biệt thống kê có ý nghĩa so với nước hầm gà (p> 0,05).

Từ khóa: *Bột chiết nấm men, nhiệt độ, Saccharomyces cerevisiae*

ABSTRACT

The extract derived from Saccharomyces cerevisiae yeast cells is a nutritional product extensively utilized in the food industry. This method employs high-temperature autolysis of yeast cells to produce safe and enhanced flavor food products. The yeast cells were activated at 50°C for 120 minutes and subsequently autoclaved at varying temperatures and durations. The cell lysate was rapidly cooled to room temperature and centrifuged to obtain the supernatant. The yeast extract was then spray-dried to produce a powdered product with a moisture content of 6.7%. The resulting yeast extract powder exhibited a protein content of 52.1%, a protein recovery efficiency of 71.28%, and an amino acid content of 3.7% when yeast cells were lysed at 115°C for 10 minutes. Sensory evaluation results indicated that when yeast extract powder was added to cabbage vegetable broth at a concentration of 0.3-0.6%, it achieved an average sensory score of 8.36-8.55 (on a 9-point scale) and was classified in the most favored group, with no statistically significant difference compared to chicken broth (p> 0.05).

Keywords: *Saccharomyces cerevisiae, temperature, yeast extract powder*

1. GIỚI THIỆU

Tế bào nấm men là nguồn cung cấp nhiều chất có hoạt tính sinh học có giá trị trong công nghệ thực phẩm, y học, chăn nuôi. Vì thế, có nhiều phương pháp được nghiên cứu phá vỡ tế bào nấm men, giải phóng các hợp chất nội bào và ứng dụng trong các lĩnh vực công nghiệp (Liu et al., 2016).

Chiết xuất nấm men (yeast extract) thu nhận từ quá trình ly giải tế bào nấm men *Saccharomyces cerevisiae*. Nhiều phương pháp phá vỡ tế bào và thu nhận chiết xuất nấm men đã được nghiên cứu (Tanguler & Erten, 2008; Dimopoulos et al., 2020; Takalloo et al., 2020). Việc thu nhận chiết xuất nấm men bằng phương pháp sấy phun được đánh giá cho chất lượng sản phẩm tốt nhất (Khan et al., 2020).

Alves et al. (2021) đã nghiên cứu cải tiến công nghệ tự phân nấm men. Tác giả đánh giá quá trình tự phân của nấm men thực chất là quá trình phá vỡ tế bào do các enzyme nội sinh được an toàn, ít chi phí, tuy nhiên sản phẩm chiết xuất nấm men có nguy cơ cao bị tạp nhiễm vi sinh vật và giảm hàm lượng acid amin do thời gian phá vỡ tế bào kéo dài. Để nâng cao hiệu quả tự phân, yếu tố pH, nhiệt độ, thời gian tự phân đã được nghiên cứu. Với pH 4,4, nhiệt độ 60ºC, thời gian 12 giờ đã làm tăng tốc độ quá trình lên 43%. Việc xử lý acid sinh khối nấm men ở 60ºC đã làm giảm thời gian tự phân từ 24 giờ đến vài ngày xuống còn 12 giờ, từ đó làm giảm nguy cơ ô nhiễm vi sinh vật mà không ảnh hưởng tới chất lượng chiết xuất nấm men.

Tanguler et al. (2008) cho biết các thông số ảnh hưởng hương vị cuối cùng và năng suất chiết xuất nấm men là pH, nhiệt độ, thời gian tự phân, trong đó nhiệt độ là yếu tố quan trọng nhất đối với quá trình tự phân. Tác giả dùng bã nấm men bia *S. cerevisiae* sản xuất chiết xuất nấm men tự phân ở nhiệt độ từ 45-80ºC trong các khoảng thời gian khác nhau. Kết quả cho thấy ở 50ºC trong 24 giờ cho hàm lượng protein, amino acid tương ứng là 48,7% và 3,9% trong sản phẩm khô. Phân tích cảm quan khi bổ sung chiết xuất nấm men vào nước luộc rau với tỷ lệ 0,5% cho hương vị tốt nhất.

Chiết xuất nấm men chứa các thành phần nitơ là yếu tố quan trọng tạo nên hương vị thịt hầm dùng trong thực phẩm. Alim et al. (2019) đã xác định có 15 peptide được thủy phân từ chiết xuất nấm men xử lý nhiệt ở 110ºC có thể thay thế hương vị thực phẩm glutamate. Quá trình xử lý tế bào ở nhiệt độ cao (110ºC) không chỉ đẩy nhanh quá trình thủy phân protein mà còn tạo ra hương vị thịt nổi bật cho sản phẩm. Kết quả nghiên cứu bằng lưỡi điện tử đã chứng minh các peptide trong chiết xuất nấm men *S. cerevisiae* cho kết quả đánh giá cảm quan hương vị cao nhất. Vì thế, việc sử dụng peptide này làm gia vị trong các loại nước luộc rau không chỉ làm tăng hương vị thịt mà còn là thành phần bổ sung dinh dưỡng cho thực phẩm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Quá trình hoạt hóa và phá vỡ tế bào nấm men bằng nhiệt

Quá trình hoạt hóa nấm men: Nấm men khô (instant dry yeast) được khuấy đều trong nước cất với tỷ lệ 10% (w/v), pH huyền phù nấm men được điều chỉnh đến 6,0 bằng acid acetic 1%. Bình huyền phù nấm men đặt trong thiết bị ổn nhiệt và duy trì ở nhiệt độ 50ºC trong 120 phút. Ở pH và nhiệt độ này, tế bào nấm men được hoạt hóa và làm mỏng lớp vỏ tế bào, tạo điều kiện cho quá trình phá vỡ bằng nhiệt tiếp theo (Bzducha-Wróbel et al., 2014).

Quá trình phá vỡ tế bào: Các tế bào nấm men khô sau hoạt hóa ở 50ºC trong 120 phút sẽ được phá vỡ tế bào tại các mức nhiệt độ khảo sát gồm 105ºC, 110ºC, 115ºC trong thời gian nghiên cứu 5, 10, 15, 20 phút trong nồi hấp tiệt trùng. Dịch tế bào nấm men sau khi phá hủy bởi nhiệt độ cao được ly tâm loại bỏ phần mảnh cặn vỡ tế bào ở tốc độ 6.000 vòng/phút trong thời gian 10 phút để thu phần dịch lỏng. Dịch thủy phân thu nhận được xác định hàm lượng chất rắn, hàm lượng protein và acid amin.

2.2. Thu nhận bột chiết xuất nấm men

Dịch thủy phân được cô đặc trong nồi cô đặc ở 80ºC đến hàm lượng chất rắn đạt 15% và sấy phun trong thiết bị quy mô phòng thí nghiệm với nhiệt độ đầu vào 180ºC, nhiệt độ đầu ra 80ºC, tốc độ dòng nạp vật liệu là 30 mL/phút. Bột chiết xuất nấm men được làm nguội và bảo quản ở nhiệt độ phòng (Alves et al., 2021).

2.3. Phân tích thành phần chiết xuất nấm men

Tổng hàm lượng chất rắn xác định bằng phương pháp sấy ở nhiệt độ 105ºC trong 24 giờ theo Baird et al. (2017). Hàm lượng protein được phân tích bằng phương pháp Kjeldahl theo Association of Official Agricultural Chemists - AOAC (2000). Hàm lượng acid amin được xác định bằng phương pháp Ninhydrin sử dụng glycine làm chất chuẩn (Friedman, 2004).

Hiệu suất protein tính theo công thức:

$$H = \frac{P_a}{P_b} \cdot 100\ (\%)$$

H: Hiệu suất protein (%)

P_a: Lượng protein thu được sau thủy phân

P_b: Lượng protein trong nấm men khô ban đầu

2.4. Đánh giá cảm quan thuộc tính mùi, vị của bột chiết xuất nấm men sử dụng trong thực phẩm

Để đánh giá khả năng sử dụng bột chiết nấm men bổ sung làm gia vị trong thực phẩm, thuộc tính mùi vị của bột chiết xuất nấm men dùng trong thực phẩm được đánh giá bởi hội đồng gồm 12 thành viên thuộc Khoa Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Nha Trang. Phương pháp đánh giá được xác định theo Tanguler et al. (2008) và Farzana et al. (2017) có sửa đổi phù hợp đặc điểm của bột chiết xuất nấm men. Điểm cảm quan mùi, vị được tính theo thang đo 9 điểm (9 = rất thích, 8 = thích, 7 = thích vừa phải, 6 = hơi thích, 5 = không thích hoặc không ghét, 4 = hơi không thích, 3 = không thích vừa phải, 2 = rất không thích và 1 = cực kỳ không thích). Điểm đánh giá là điểm cảm quan trung bình về mùi vị của các thành viên trong hội đồng cảm quan (Tanguler, et al., 2008; Farzana et al., 2017).

Mẫu thử nghiệm đánh giá cảm quan vị của bột chiết xuất nấm men được chuẩn bị bằng cách dùng 0,5 kg rau bắp cải cắt nhỏ 2-3 cm, luộc trong 1 L nước trong 30 phút. Ly tâm, lọc nước dùng và bổ sung đủ thành 1 L nước luộc rau bắp cải. Bột chiết xuất nấm men được hòa tan vào nước luộc rau bắp cải với các nồng độ từ 0-1,2% với bước nhảy 0,3 và thử nghiệm đánh giá cảm quan. Mẫu thử nghiệm được so sánh đối chứng với mẫu nước luộc rau bắp cải không bổ sung bột chiết xuất nấm men (0%) và nước hầm gà. Nước hầm gà được chuẩn bị bằng cách hầm 0,5 kg thịt ức gà với 1 L nước trong thời gian 3 giờ. Lọc bã, ly tâm, tách mỡ và bổ sung cho đủ 1 L nước (Alim et al., 2019). Phép thử được kiểm tra ở nhiệt độ phòng.

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Các thử nghiệm được tiến hành 3 lần lặp lại và phân tích thống kê ANOVA với hệ số ý nghĩa $p< 0,05$ bằng phần mềm Excel 2013.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ thủy phân đến tổng hàm lượng rắn, hàm lượng protein, hàm lượng acid amin của dịch chiết xuất nấm men

Ảnh hưởng của nhiệt độ phá vỡ tế bào nấm men đến tổng hàm lượng chất rắn trong dịch chiết nấm men so với khối lượng nấm men khô ban đầu thể hiện trong Hình 1. Hàm lượng chất rắn trong chiết xuất nấm men ảnh hưởng bởi nhiệt độ và thời gian phá hủy tế bào nấm men. Trong suốt thời gian 20 phút thử nghiệm phá vỡ tế bào, lượng chất rắn giải phóng vào dịch chiết xuất nấm men thu nhận thấp nhất ở nhiệt độ phá vỡ 105°C. Ở nhiệt độ 110°C và 115°C, tế bào nấm men bị phá vỡ và làm tổng lượng rắn trong chiết xuất nấm men tăng nhanh từ 18% lên 35,13%, là giá trị cao nhất sau 10 phút, sau đó hầu như không thay đổi theo thời gian.

Phân tích phương sai ANOVA cho thấy tổng lượng rắn trong dịch chiết xuất ảnh hưởng đáng kể bởi nhiệt độ phá vỡ tế bào. Kết quả phân tích có sự khác biệt đáng kể ở nhiệt độ 105°C với nhiệt độ 110°C và 115°C trong thời gian phá vỡ tế bào nấm men 10-20 phút ($p< 0,05$).

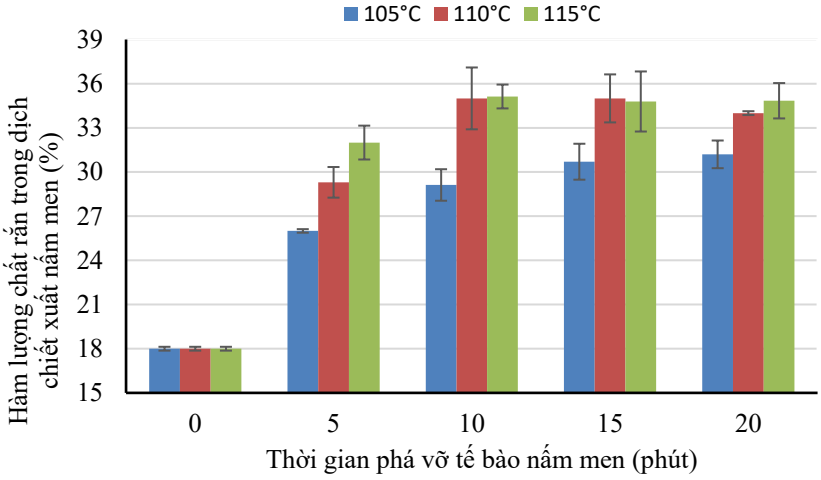
Tác động nhiệt ở nhiệt độ cao gây phá vỡ tế bào, giải phóng các hợp chất nội bào bao gồm các protein, acid amin, nucleotide, các loại đường (Munch et al., 1997; Liu et al., 2016; Alim et al., 2019; Takalloo et al., 2020). Theo thử nghiệm của Alves et al. (2021), khi hoạt hóa nấm men có xử lý acid, lượng chất rắn cao nhất là gần 30%. So với nghiên cứu này, lượng chất rắn trong dịch chiết nấm men thu nhận tăng 5% so với khối lượng nấm men khô ban đầu khi sử dụng nhiệt độ 110°C trong 10 phút phá vỡ tế bào sau khi hoạt hóa ở 50°C.

Hàm lượng protein trong dịch chiết xuất nấm men cũng bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ phá vỡ tế bào (Hình 2). Hàm lượng protein trong dịch chiết nấm men tăng theo thời gian phá vỡ tế bào nấm men. Sự khác biệt có ý nghĩa được xác định giữa lượng protein thu được ở quá trình xử lý nhiệt ở 105°C, 110°C và 115°C ($p< 0,05$). Hàm lượng protein đạt cao nhất là 18,3% sau 10 phút phá vỡ tế bào ở nhiệt độ 110°C và 115°C. Trong khi đó, hàm lượng protein chỉ đạt 15,37% sau 20 phút ở nhiệt độ 105°C.

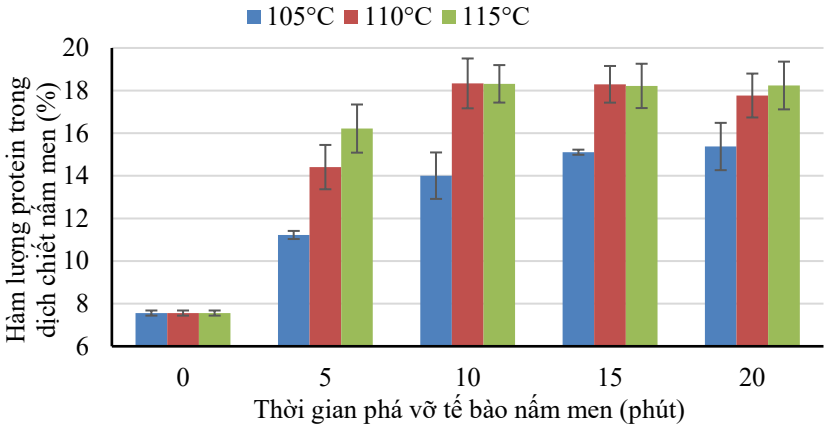
Tóm lại, từ kết quả ở Hình 1 và Hình 2 cho thấy hàm lượng chất rắn và lượng protein trong dịch chiết xuất nấm men có sự thay đổi tương đồng theo thời gian và nhiệt độ phá vỡ tế bào. Như vậy, khi tế bào nấm men bị phá vỡ, tổng lượng rắn và protein đồng thời được giải phóng làm tăng hàm lượng trong dịch chiết xuất nấm men.

Theo kết quả nghiên cứu, dịch chiết xuất nấm men có hàm lượng acid amin thay đổi theo nhiệt độ phá vỡ tế bào và thời gian xử lý (Hình 3). Trong thử nghiệm, giá trị này thấp nhất khi xử lý ở nhiệt độ 105°C, sau 10-20 phút thủy phân chỉ thu được lượng acid amin là 3%. Hàm lượng acid amin thu được cao nhất là 3,7% sau thời gian 10 phút phá vỡ tế bào ở nhiệt độ 110°C. Sau 10 phút, lượng acid amin trong

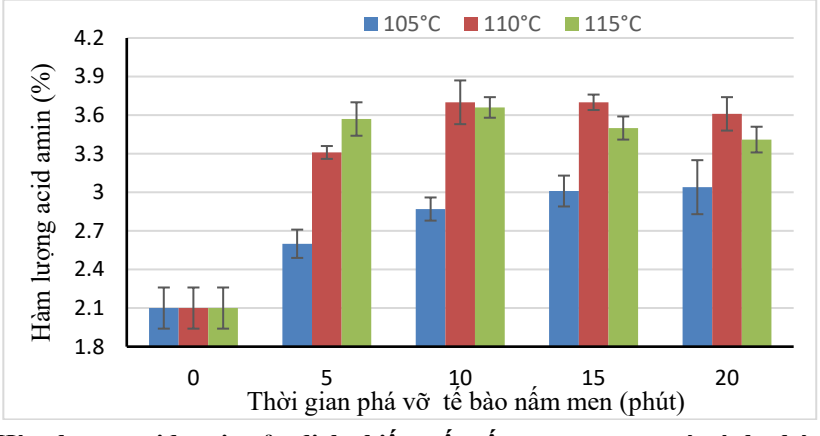
chiết xuất nấm men giảm nhẹ về 3,3%. Theo tác giả Alim et al. (2019), khi xử lý nhiệt tế bào nấm men ở nhiệt độ 110ºC, chiết xuất nấm men tạo thành chứa 15 phân đoạn peptide tạo thành hương vị thịt hầm umani tốt nhất. Ở nhiệt độ này, điểm cảm quan và kết quả được đánh giá bằng lưỡi điện tử cho giá trị cao nhất.



Hình 1. Hàm lượng chất rắn thu được trong dịch chiết xuất nấm men



Hình 2. Hàm lượng protein thu được trong dịch chiết nấm men

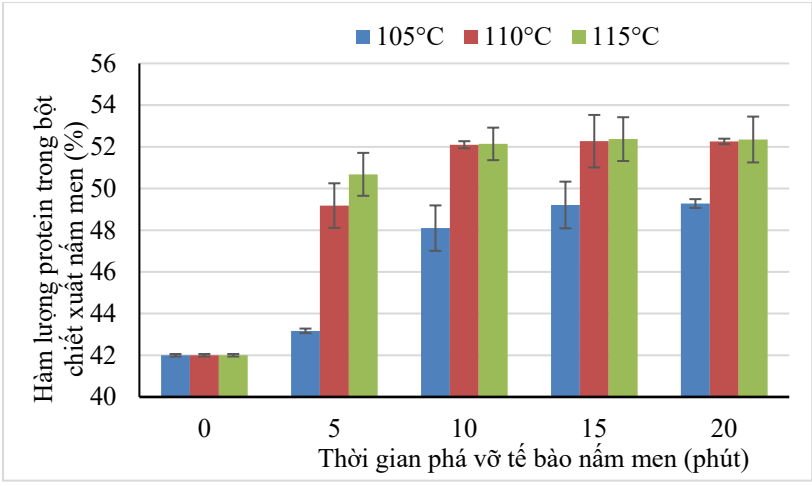


Hình 3. Hàm lượng acid amin của dịch chiết xuất nấm men trong quá trình phá vỡ tế bào

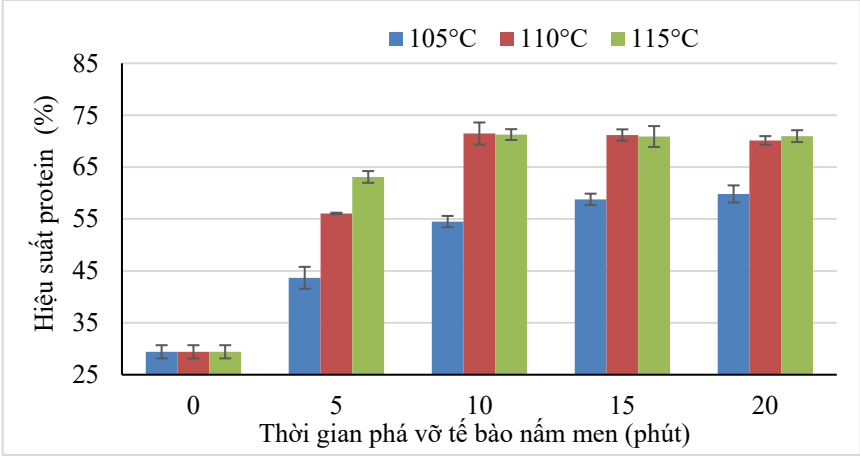
3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ thủy phân đến hàm lượng protein và hiệu suất thu nhận protein của bột chiết xuất nấm men

Dịch chiết xuất nấm men sau khi được cô đặc và sấy phun, nghiên cứu thu được bột chiết xuất nấm men và thực hiện đánh giá hàm lượng protein và hiệu suất thu nhận protein. Hàm lượng protein trong bột chiết xuất nấm men thay đổi theo nhiệt độ và thời gian phá vỡ tế bào (Hình 4). Trong chiết xuất nấm men, hàm lượng protein thu được trong bột chiết xuất nấm men có giá trị cao nhất là 52% sau 10 phút thủy phân ở nhiệt độ 110ºC và 115ºC. Thời gian sau 10 phút gia nhiệt phá vỡ tế bào, hàm lượng protein thu được không có sự khác biệt đáng kể ở cả hai giá trị nhiệt 110ºC và 115ºC. Tuy nhiên, trong quá trình phá vỡ tế bào, có sự khác biệt đáng kể về hàm lượng protein thu nhận khi xử lý ở nhiệt độ 105ºC so với nhiệt độ 110ºC và 115ºC ($p < 0,05$) trong cùng thời gian.

Quá trình phá vỡ tế bào nấm men giải phóng các hợp chất chứa nitơ như protein, acid amin, acid nucleic vào chiết xuất nấm men. Tanguler et al. (2008) thực hiện quá trình tự phân tế bào nấm men ở 50ºC trong 24 giờ thu được lượng protein trong bột chiết xuất nấm men 48,7%. Theo Alves et al. (2021), khi xử lý với acid, hàm lượng protein trong bột chiết nấm men trong quá trình tự phân thu được cao nhất là 69%. Trong nghiên cứu này, phá vỡ tế bào bằng nhiệt độ 110ºC trong 10 phút thu được hàm lượng protein 52%, thấp hơn 17% so với việc xử lý acid trong quá trình tự phân và cao hơn giá trị tương đương so với tự phân ở 50ºC trong 24 giờ. Như vậy, theo nghiên cứu các phương pháp phá vỡ tế bào khác nhau, hàm lượng protein trong dịch chiết xuất nấm men thu được đạt từ 48-69% và nghiên cứu hiện tại thu nhận kết quả tương tự.



Hình 4. Hàm lượng protein trong bột chiết xuất nấm men



Hình 5. Hiệu suất thu nhận protein trong bột chiết xuất nấm men

Bảng 1: Một số thành phần hóa học của bột chiết xuất nấm men thu nhận

Mẫu phân tích	Độ ẩm (%)	Tổng lượng chất rắn (%)	Protein (%)	Acid amin (%)
Bột chiết xuất nấm men	6,7 ± 1,27	68,26 ± 0,52	52,1 ± 1,00	8,3 ± 1,12

Theo kết quả nghiên cứu, hiệu suất thu nhận protein trong bột chiết xuất nấm men đạt giá trị cao nhất là 71,48% và 71,27% ở nhiệt độ tương ứng 110°C và 115°C trong 10 phút. Trong khi đó, mặc dù với thời gian dài hơn (20 phút), hiệu suất thu nhận protein ở 105°C chỉ đạt 59,83%. Hiệu suất thu protein cao nhất trong thử nghiệm của Tanguler et al. (2008) là 76,4% sau 40 giờ nấm men tự phân ở 45°C. Bột chiết xuất nấm men thu nhận được sau khi sấy phun có thành phần hóa học như trong Bảng 1.

3.3. Đánh giá cảm quan thuộc tính mùi, vị của bột chiết xuất nấm men

Điểm cảm quan thuộc tính mùi, vị của nước hầm gà và mẫu nước luộc rau bắp cải có bổ sung 0,3% và 0,6% chiết xuất nấm men cho hương vị giống nhau và thuộc nhóm được ưa thích nhất. Theo phân tích ANOVA, các mẫu này không có sự khác biệt có ý nghĩa về thống kê ($p < 0,05$) (Bảng 2). Nhận xét của các thành viên hội đồng đánh giá cảm quan cho rằng mẫu bổ sung 0,9% và 1,2% bột chiết xuất nấm men gây khó chịu ở cuống lưỡi vì vị quá đậm đặc, trong khi mẫu nước luộc rau bắp cải không bổ sung bột chiết xuất nấm men (0%) thì nhạt, không có hậu vị.

Bảng 2. Kết quả cảm quan thuộc tính mùi, vị của bột chiết xuất nấm men bổ sung vào nước luộc rau

	Nước hầm gà	Mẫu nước luộc rau bắp cải bổ sung bột chiết xuất nấm men (%)				
		0	0,3	0,6	0,9	1,2
Điểm cảm quan trung bình về mùi, vị	$8,58 \pm 0,00^{a}$	$6,67 \pm 0,57^{b}$	$8,36 \pm 0,57^{a}$	$8,55 \pm 0,58^{a}$	$5,99 \pm 1,00^{c}$	$5,6 \pm 0,58^{c}$

a, b, c biểu hiện sự khác biệt thống kê có ý nghĩa ($p< 0,05$)

Theo đánh giá của Alim et al. (2019), nhiệt độ 110°C là nhiệt độ tối ưu tạo ra hương vị thịt hầm cho chiết xuất nấm men. Nghiên cứu cũng cho biết các acid amin có vị thịt hầm như Glu, Gln, Asp và Asn. Hàm lượng các acid amin này càng lớn thì hương vị umani càng mạnh. Tanguler et al. (2008) cho biết khi bổ sung 0,5-1% bột chiết xuất nấm men vào nước luộc rau cho giá trị cảm quan tốt nhất.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho một số kết quả khả quan. Khi dùng nhiệt độ 110°C trong 10 phút bằng nồi hấp tiệt trùng để phá vỡ tế bào nấm men và thực hiện sấy phun dịch chiết xuất nấm men, bột chiết xuất nấm men thu được có hàm lượng chất protein là 52%, hiệu suất thu nhận protein là 71,28% và hàm lượng acid amin là 8,3%. Nước luộc rau bắp cải có hương vị thịt hầm thuộc nhóm được ưa thích khi bổ sung thêm 0,3-0,6% bột chiết xuất nấm men với điểm cảm quan là 8,36-8,55 (theo thang điểm 9) và được đánh giá tương đương với nước hầm gà ($p > 0,05$).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Alves, E. M., Souza, J. F., & Oliva Neto, P. D. (2021). Advances in yeast autolysis technology - A faster and safer new bioprocess. *Brazilian Journal of Food Technology*, *21*, e2020249. https://doi.org/10.1590/1981-6723.24920

Association of Official Agricultural Chemists - AOAC. (2000). *Official methods of analysis (17th ed.)*. Gaithersburg: Horwitz W.

Alim, A., Yang, C., Song, H., Liu, Y., Zou, T., Zhang, Y., & Zhang, S. (2019). The behavior of umami components in thermally treated yeast extract. *Food Research International*, *120*, 534-543. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.002

Baird, R. B., Eaton, A. D., & Rice, E. W. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater (23nd ed.). *Washington, DC*: APHA.

Bzducha-Wróbel, Anna, Stanisław Błażejak, Anna Kawarska, Lidia Stasiak-Różańska, Iwona Gientka, and Ewa Majewska. (2014). "Evaluation of the Efficiency of Different Disruption Methods on Yeast Cell Wall Preparation for β-Glucan Isolation". *Molecules, 19*(12), 20941-20961. https://doi.org/10.3390/molecules191220941

Dimopoulos, G., Tsantes, M., & Taoukis, P. S. (2020). Effect of highpressure homogenization

on the production of yeast extract via autolysis and beta-glucan recovery. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *62*(5), 102340. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102340

Farzana, T., Mohajan, S., Saha, T., Hossain, M. N., & Haque, M. Z. (2017). Formulation and nutritional evaluation of a healthy vegetable soup powder supplemented with soy flour, mushroom, and moringa leaf. *Food Science & Nutrition*, *5*(4), 911-920. https://doi.org/10.1002/fsn3.476

Friedman, M. (2004). Applications of the ninhydrin reaction for analysis of amino acids, peptides, and proteins to agricultural and biomedical sciences. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52*(3), 385-406. https://doi.org/10.1021/jf030490p

Liu, D., Ding, L., Sun, J., Boussetta, N., & Vorobiev, E. (2016). Yeast cell disruption strategies for recovery of intracellular bio-active compounds - A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *36*, 181-192. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.06.017

Munch, P., Hofmann, T., & Schieberle, P. (1997). Comparison of key odorants generated by thermal treatment of commercial and self-prepared yeast extracts: Influence of the amino acid composition on odorant formation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *45*, 1338-1344. https://doi.org/10.1021/jf960658p

Khan, M. A, Javed, M. M.., Ahmed, A., Zahoor, S., & Iqbal, K. (2020). Process optimization for the production of yeast extract using fresh baker's yeast. *Pakistan Journal of Biochemistry and Biotechnology*, *1*(2),1-10. https://doi.org/10.3390/molecules191220941

Tanguler, H., & Erten, H. (2008). Utilisation of spent brewer's yeast for yeast extract production by autolysis: The effect of temperature. *Food and Bioproducts Processing*, *86*(4), 317-321. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2007.10.015

Takalloo, Z., Nikkhah, M., Nemati, R., Jalilian, N., & Sajedi, R. H. (2020). Autolysis, plasmolysis and enzymatic hydrolysis of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*): A comparative study. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *36*(5), 68. https://doi.org/10.1007/s11274-020-02840-3