

Ảnh hưởng của vật liệu bao gói đến chất lượng của nấm sò (*Pleurotus sajjo caju*) trong quá trình bảo quản

Trần Thu Hà^{1*}, Trịnh Thị Mỹ Ngọc², Nguyễn Duy Trinh¹, Nguyễn Văn Giang³

¹Viện Di truyền Nông nghiệp

²Trường Đại học Nha Trang

³Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Ngày nhận bài 20/9/2021; ngày chuyển phản biện 24/9/2021; ngày nhận phản biện 25/10/2021; ngày chấp nhận đăng 29/10/2021

Tóm tắt:

Mục đích của nghiên cứu là lựa chọn được vật liệu bao gói tối ưu nhằm hạn chế tối đa quá trình biến đổi sinh lý, sinh hóa sau thu hoạch gây nên sự suy giảm chất lượng của nấm sò (*Pleurotus sajjo caju*) trong quá trình bảo quản. Nghiên cứu tiến hành khảo sát 6 loại bao gói, gồm hộp nhựa PET; hộp nhựa PET lót giấy kraft; hộp nhựa PET lót giấy kraft và bọc túi GreenMAP; khay xếp bọc túi GreenMAP; khay xếp lót giấy kraft, bọc túi GreenMAP và túi giấy kraft. Kết quả cho thấy, hộp nhựa PET có lót giấy kraft và bọc túi GreenMAP là phù hợp để bảo quản nấm sò. Sau 10 ngày bảo quản ở 4°C, nấm sò có tỷ lệ hao hụt khối lượng ($5,78 \pm 0,28\%$), giảm hàm lượng protein hòa tan ($65,49 \pm 1,28\%$) và vitamin C thấp nhất ($27,87 \pm 0,28$ mg/100 g); quả thể nấm sau khi bảo quản đã duy trì màu sắc, mùi vị và cấu trúc tốt hơn so với các công thức thí nghiệm khác.

Từ khóa: bảo quản, hộp nhựa PET, khay xếp, nấm sò, *Pleurotus* spp., túi giấy kraft.

Chỉ số phân loại: 4.1

Đặt vấn đề

Nấm sò *Pleurotus* spp. là một trong số các chi nấm được khai thác và sử dụng phổ biến nhất trên thế giới (chiếm khoảng 19% tổng sản lượng nấm toàn cầu) [1]. Các nước châu Á, đặc biệt là Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc, Thái Lan, Việt Nam và Ấn Độ là những quốc gia sản xuất và tiêu thụ nấm sò chính, sản lượng tiêu thụ hàng năm chiếm khoảng 99% tổng sản lượng nấm của thế giới, riêng Trung Quốc chiếm khoảng 87%. Theo Ramya và cs (2017) [2], quả thể nấm *Pleurotus* spp. có chứa 25-30% protein, 2,5% chất béo, 17-44% đường, 7-38% mycocellulose và 8-12% chất khoáng (kali, phot pho, canxi, natri). Nhiều loài nấm thuộc chi *Pleurotus* spp. còn có tầm quan trọng về mặt y học rất cao, quả thể của chúng chứa nhiều hợp chất có hoạt tính kháng vi khuẩn, virus, chống ung thư, chống viêm và ổn định huyết áp [1, 3]. Hợp chất β -glucan trong dịch chiết của nấm *Pleurotus* spp. có tác dụng tăng cường sự phân giải lipid và có giá trị trong việc hỗ trợ điều trị bệnh béo phì [4].

Nấm là một sản phẩm rất dễ hỏng do hàm lượng nước trong quả thể cao (>90%), cấu trúc quả thể mỏng, cùng với hàm lượng protein cao nên thời gian bảo quản không quá 24 giờ ở 25-30°C [1]. Theo Palacios và cs (2011) [5], nấm tươi rất dễ bị hỏng và nhanh chóng mất đi đặc tính cảm quan sau khi thu hoạch, vì vậy chúng phải được xử lý và đóng gói

đúng cách để tăng thời gian bảo quản. Tốc độ hô hấp cao làm giảm nồng độ khí O₂ và nâng cao nồng độ CO₂. Sự mất cân bằng ở thể khí được tạo ra trong quá trình bảo quản là nguyên nhân kích hoạt một số quá trình sinh hóa (phản ứng thủy phân, hóa nâu và sự phát triển của vi sinh vật) góp phần làm hư hỏng nấm [5]. Sử dụng vật liệu bao gói phù hợp sẽ giúp kéo dài thời gian lưu trữ và hạn chế sự giảm chất lượng sản phẩm nấm [6, 7]. Bao gói MAP đã được sử dụng rộng rãi để bảo quản nấm tươi. MAP có thể giúp tránh một phần quá trình hóa nâu, lên men và các quá trình sinh hóa của enzyme bằng cách kiểm soát và tạo ra một trạng thái cân bằng thể khí xung quanh sản phẩm nấm [5].

Ở Việt Nam, nghiên cứu về vật liệu bao gói trong bảo quản nấm vẫn còn rất hạn chế, đặc biệt là việc sử dụng đồng thời nhiều loại vật liệu bao bì nhằm ức chế quá trình sinh lý, sinh hóa, kéo dài thời gian bảo quản nấm hầu như chưa có. Bên cạnh đó, quá trình sản xuất nấm đã chuyển dần từ thủ công sang quy mô công nghiệp, sản lượng có thể đạt hàng chục tấn nấm tươi/ngày, nếu không có phương pháp bảo quản phù hợp sẽ ảnh hưởng lớn đến chất lượng và thu nhập của người trồng nấm. Vì vậy, nghiên cứu này được tiến hành với mục đích khảo sát ảnh hưởng của một số loại vật liệu bao gói đến cấu trúc, trạng thái, màu sắc, chất lượng của quả thể nấm sò *P. sajjo caju* sau thu hoạch, từ đó lựa chọn loại bao bì phù hợp nhất phục vụ bảo quản.

*Tác giả liên hệ: Email: tranthuhapt@gmail.com

Effect of packaging materials on the quality of oyster mushrooms (*Pleurotus sajjo caju*) during storage

Thu Ha Tran^{1*}, Thi My Ngoc Trinh²,
Duy Trinh Nguyen¹, Van Giang Nguyen³

¹Agricultural Genetics Institute

²Nha Trang University

³Vietnam National University of Agriculture

Received 20 September 2021; accepted 29 October 2021

Abstract:

The study aims to investigate the optimal packaging material to maximise the restriction of physiological and biochemical changes which reduce oyster mushroom (*Pleurotus sajjo caju*) quality during the storage after harvesting. There are six packaging techniques tested, including PET box, PET box with kraft paper, PET box with kraft covered by GreenMAP bag, soft tray covered GreenMAP bag, soft tray with kraft paper in GreenMAP bag, and kraft paper. The result shows that the PET box with kraft paper in the GreenMAP bag is the most suitable for the storage of oyster mushrooms. After 10 days under 4°C, the lowest weight reduction can be seen with only 5.78%, soluble protein declines 65.49%, and decrease of vitamin C with 27.87 mg/100 g. In addition, the fruit body can maintain the colour, structure, and taste better than those packed with other materials.

Keywords: kraft paper, oyster mushroom, PET box, *Pleurotus* spp., soft tray, storage.

Classification number: 4.1

Nguyên vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Nguyên vật liệu

- Nấm sò *P. sajjo caju* được trồng trên cơ chất 89% mùn cưa, 10% cám gạo, 1% bột CaCO₃ tại Trung tâm Ứng dụng và Chuyển giao công nghệ Phú Yên (tỉnh Phú Yên). Sau 45 ngày cấy giống, quả thể nấm sò đầu tiên được thu hái, đựng trong các khay nhựa, sau đó vận chuyển về phòng thí nghiệm, cắt gốc, phân loại, đóng gói và bảo quản (hình 1). Nấm sò được phân loại theo kích thước với đường kính mũ nấm 3-4 cm, loại bỏ những cây nấm bị bệnh, kích thước mũ

nấm quá lớn hoặc quá nhỏ. Quá trình từ khi thu hoạch đến đóng gói, bảo quản nấm sò không quá 24 giờ.



Hình 1. Quả thể nấm sò *P. sajjo caju* mới thu hoạch.

- Hộp nhựa PET H04 được sản xuất bởi Công ty TNHH Hunufa Việt Nam, có kích thước 18x12x4 cm, độ dày 0,2 mm, phần nắp hộp đục 6 lỗ Ø2 mm.

- Bao bì GreenMAP làm từ nhựa LDPE có kích thước 27x47 cm do Viện Hóa học, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam nghiên cứu và Công ty Cổ phần Sao Nam phân phối.

- Túi giấy kraft màu nâu, kích thước 10,5x20x5 cm, độ dày 35 gms được sản xuất và phân phối bởi Công ty TNHH Sản xuất Thương mại Xuất nhập khẩu Đức Nam.

- Khay xếp trắng, kích thước 19,5x11x2 cm được sản xuất và phân phối bởi Công ty Bao bì Thực phẩm Lan Hùng.

Bố trí thí nghiệm

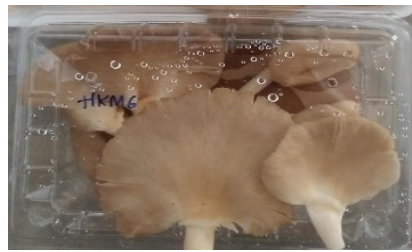
Quả thể nấm sò *P. sajjo caju* được đóng gói theo các công thức thí nghiệm như sau: đóng gói trong hộp nhựa PET; đóng gói trong hộp nhựa PET lót giấy kraft; đóng gói trong hộp nhựa PET lót giấy kraft và sau đó bọc túi GreenMAP; đóng gói trong khay xếp và sau đó bọc túi GreenMAP; đóng gói trong khay xếp lót giấy kraft và sau đó bọc túi GreenMAP; đóng gói trong túi giấy kraft (hình 2). Mỗi mẫu thí nghiệm có khối lượng 100 g nấm sò tươi và bảo quản trong tủ bảo ôn ở nhiệt độ 4±1°C. Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 lần lặp lại và việc đánh giá chất lượng nấm sò *P. sajjo caju* được tiến hành tại các thời điểm 2, 4, 6, 8 và 10 ngày sau bảo quản [8].

Xác định tỷ lệ hao hụt khối lượng

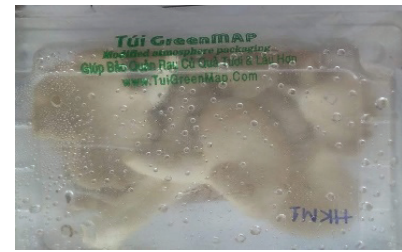
Tỷ lệ hao hụt khối lượng của nấm sò trong quá trình bảo quản được tính bằng % giữa khối lượng nấm sò tươi trước



Hộp nhựa PET



Hộp nhựa PET-kraft



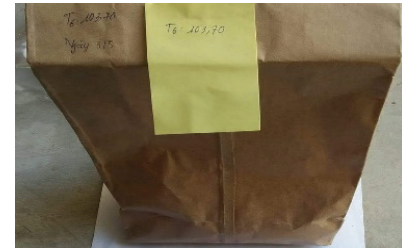
Hộp nhựa PET-kraft-GreenMAP



Khay xốp-GreenMAP



Khay xốp-kraft-GreenMAP



Túi giấy kraft

Hình 2. Bao gói quả thể nấm sò *P. sajjo caju*.

khí bảo quản và khối lượng của nấm sò tại các thời điểm phân tích [9].

$$X = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} \times 100$$

trong đó: X: hao hụt khối lượng tự nhiên ở mỗi thời điểm phân tích (%); M_1 : khối lượng nấm sò tươi trước khi bảo quản (g); M_2 : khối lượng nấm sò ở các thời điểm phân tích (bao gồm cả quả thể thối hỏng) (g).

Đánh giá chất lượng cảm quan

Chất lượng cảm quan của nấm sò được đánh giá theo TCVN 3215-79 với thang điểm 6 bậc (từ 0 đến 5) và điểm cao nhất cho mỗi chỉ tiêu là 5 điểm. Điểm cảm quan sẽ là tổng điểm riêng lẻ của các chỉ tiêu. Hệ số quan trọng cho chỉ tiêu màu sắc, trạng thái, mùi, vị lần lượt là 0,8, 0,8, 1,2 và 1,2.

Xác định hàm lượng protein hòa tan:

Hàm lượng protein hòa tan được xác định bằng phương pháp Biuret theo Kelleher và Hultin (1991) [10].

Xác định hàm lượng vitamin C:

Hàm lượng vitamin C trong mẫu nấm sò tươi được xác định theo TCVN 4715:1989.

Xác định cường độ nâu hóa:

Cường độ nâu hóa của nấm sò tươi sau khi bảo quản được xác định theo phương pháp của Ranganna (1986) [11]. Giá trị nâu hóa được đo bằng máy quang phổ UV (Cary100) tại bước sóng 440 nm của dịch chiết 1,0 g nấm sò tươi

trong 15 ml ethanol 60% (OD_{440}).

Xử lý số liệu

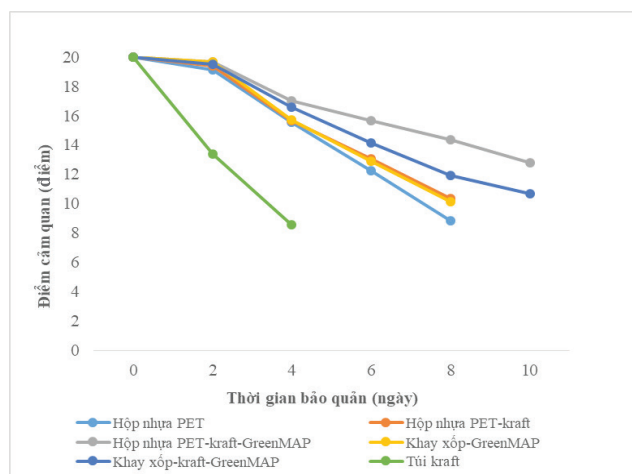
Kết quả nghiên cứu được phân tích phương sai ANOVA và kiểm định Duncan (Duncan's Multiple-Comparison Test) trên phần mềm Statgraphics V15.1.02 với mức ý nghĩa $p < 0,05$ [12].

Kết quả và bàn luận

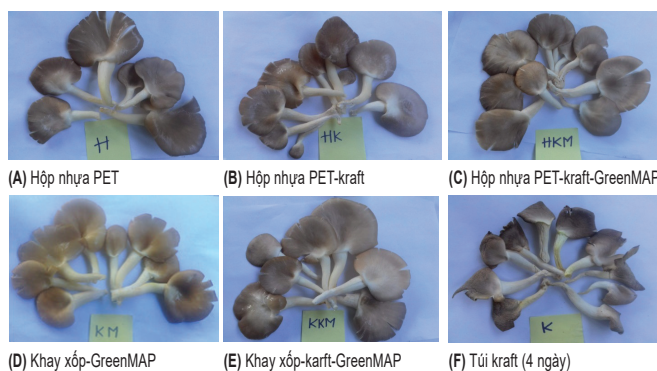
Sự biến đổi chất lượng cảm quan của nấm sò

Theo thời gian bảo quản, chất lượng cảm quan của nấm sò có xu hướng giảm dần so với chất lượng nấm sò tại thời điểm thu hái (hình 3) và có sự sai khác giữa các phương pháp bao gói ($p < 0,05$). Mẫu nấm được bảo quản bằng túi giấy kraft bị khô nhăn, có màu vàng úa, mùi khai nồng (hình 4F), điểm đánh giá chỉ đạt 8,56. Mẫu nấm đóng gói trong hộp nhựa PET lót giấy kraft và bọc túi GreenMAP có mức độ suy giảm chất lượng ít và chậm hơn so với các vật liệu bao bì còn lại, điểm cảm quan đạt 12,77, sau 10 ngày bảo quản, quả thể nấm giữ được độ tươi, chắc (hình 4C). Hộp nhựa PET có đục lỗ Ø2 mm và giấy kraft vừa có tác dụng bảo vệ quả thể nấm khỏi những tác động cơ học từ bên ngoài, vừa thấm hút và giảm sự ngưng tụ hơi nước trong môi trường bảo quản. Đồng thời, khả năng thấm khí có chọn lọc của túi GreenMAP đã tạo ra môi trường khí quyển thích hợp nhất về nồng độ O_2 , CO_2 xung quanh sản phẩm nấm, giảm cường độ hô hấp, ức chế sự tạo thành ethylene và tăng trưởng của vi sinh vật, từ đó giảm quá trình suy thoái, giúp tăng thời gian lưu trữ nấm [13]. Do khả năng

giữ ẩm của khay xốp kém hơn hộp nhựa PET nên các mẫu nấm sò được bao gói trong khay xốp lót giấy kraft và bọc túi GreenMAP hoặc khay xốp bọc túi GreenMAP có điểm cảm quan thấp hơn so với bao bì hộp nhựa PET lót giấy kraft và bọc túi GreenMAP [14] (hình 4D và 4E). Hơn nữa, một số nghiên cứu *in vivo* và *in vitro* đã chỉ ra rằng, các hạt nano polystyrene từ các vật liệu nhựa polystyrene có thể xâm nhập vào cơ thể sinh vật qua đường hô hấp, tiêu hóa hoặc tiếp xúc qua da. Vì vậy, các loại bao bì có nguồn gốc từ polystyrene (khay xốp) không được khuyến khích sử dụng trong bảo quản thực phẩm [15].



Hình 3. Sự thay đổi chất lượng cảm quan của nấm sò trong quá trình bảo quản.

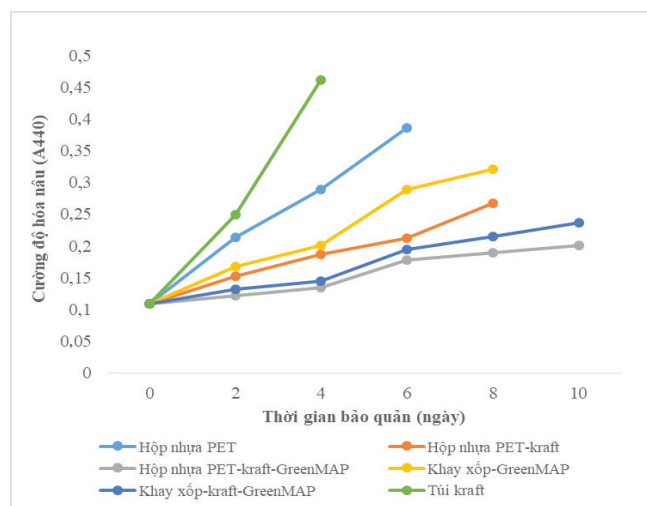


Hình 4. Hình thái nấm sò sau 8 ngày bảo quản ở nhiệt độ 4±1°C.

Cường độ nâu hóa của nấm sò

Cường độ nâu hóa của các mẫu nấm sò đều tăng theo thời gian bảo quản và có sự sai khác với mức ý nghĩa ($p < 0,05$) giữa các loại bao bì dùng trong nghiên cứu (hình 5). Mẫu nấm sò bảo quản trong hộp nhựa PET lót giấy kraft và bọc túi GreenMAP có tốc độ nâu hóa chậm nhất, giá trị OD_{440} tại ngày bảo quản thứ 10 là $0,201 \pm 0,03$. Mẫu nấm sò bảo quản trong khay xốp lót giấy kraft và bọc túi GreenMAP có

cường độ biến nâu thấp thứ 2, giá trị OD_{440} đạt $0,236 \pm 0,02$. Tốc độ nâu hóa của nấm sò bảo quản trong túi giấy kraft diễn ra mạnh nhất, giá trị OD_{440} tại ngày bảo quản thứ 4 là $0,461 \pm 0,021$. Các loại bao bì khác như khay xốp bọc túi GreenMAP, hộp nhựa PET và hộp nhựa PET bọc túi GreenMAP được ghi nhận là vật liệu bao gói không phù hợp với bảo quản nấm sò. Nấm sò bao gói trong các loại vật liệu này có cường độ nâu hóa nhanh, lần lượt là $0,289 \pm 0,032$, $0,386 \pm 0,02$ và $0,212 \pm 0,011$ OD_{440} sau 6 ngày bảo quản.



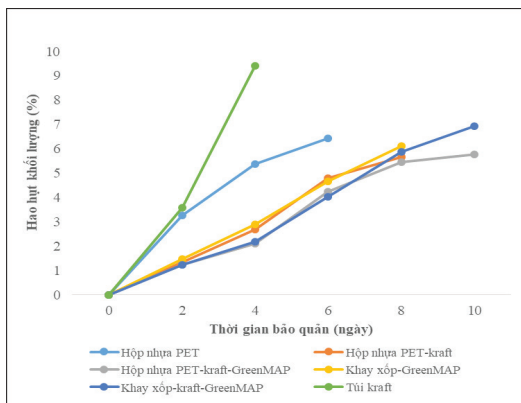
Hình 5. Cường độ biến nâu của nấm sò trong quá trình bảo quản.

Màu sắc là dấu hiệu để đánh giá chất lượng thương mại của sản phẩm nấm [16]. Nâu hóa là nguyên nhân quan trọng làm suy giảm chất lượng của nấm sau khi thu hoạch [17] và diễn ra trong suốt quá trình bảo quản [18]. Sắc tố nâu xuất hiện khi oxy phản ứng với enzyme tyrosinase trong nấm [19] hoặc do quá trình oxy hóa các hợp chất phenolic bởi enzyme polyphenol oxidase góp phần vào hiệu ứng hóa nâu [20]. Sự nâu hóa của nấm sò diễn ra rõ nhất sau 7 ngày bảo quản [21] và có sự sai khác đáng kể về trị số nâu hóa giữa các loại vật liệu bao gói [22]. Các hệ thống bao gói khác nhau sẽ tạo ra độ thấm và thành phần không khí khác nhau bên trong bao bì [22]. Giấy kraft trong nghiên cứu này đã làm giảm sự ngưng tụ hơi nước, túi GreenMAP điều chỉnh các thành phần không khí bên trong bao bì, giảm nồng độ oxy, hạn chế hô hấp và ngăn chặn các phản ứng oxy hóa. Ngoài ra, điều kiện bảo quản ở nhiệt độ thấp (4°C) cũng góp phần ức chế hoạt động của enzyme polyphenol oxidase, dẫn đến giảm tốc độ hóa nâu của nấm sò. Do đó, nấm sò được bảo quản trong túi kraft và bọc bao bì GreenMAP có tốc độ nâu hoá chậm hơn so với các loại bao bì khác trong thí nghiệm. Nhiều công trình nghiên cứu đã công bố kết quả tương tự với kết quả của thí nghiệm này. Nghiên cứu của Villaescusa và Gil (2003) [21] đã nhận định, MAP là kỹ thuật bao gói phù hợp nhất đối với nấm *Pleurotus* spp..

Theo Jafri và cs (2013) [23], nấm sò *P. florida* được bảo quản bằng bao gói MAP có trị số nâu hóa thấp hơn đáng kể so với các loại bao bì khác.

Tỷ lệ hao hụt khối lượng của nấm sò

Một trong những nguyên nhân chính của sự suy giảm chất lượng là nấm bị hao hụt khối lượng [24] và mức độ hao hụt này tăng theo thời gian bảo quản [25]. Kết quả thí nghiệm cho thấy, sau 4 ngày bảo quản trong túi giấy kraft khối lượng nấm sò giảm $9,42 \pm 0,41\%$ và $5 \pm 0,32\%$ khi bảo quản trong hộp nhựa PET. Các mẫu nấm được bao gói bằng bao bì GreenMAP có tốc độ hao hụt khối lượng chậm hơn. Tỷ lệ hao hụt khối lượng của nấm sò được bảo quản bằng hộp nhựa PET lót giấy kraft và bọc túi GreenMAP; khay xốp lót giấy kraft và bọc túi GreenMAP thấp nhất, lần lượt là $5,78 \pm 0,28$ và $6,92 \pm 0,37\%$ sau 10 ngày bảo quản (hình 6). Như vậy, túi kraft và hộp nhựa PET kết hợp với công nghệ bao gói MAP (túi GreenMAP từ vật liệu LDPE) có vai trò ngăn chặn sự bay hơi nước của sản phẩm, đồng thời khả năng điều tiết thành phần không khí bên trong vật liệu bao gói một cách thích hợp của bao bì GreenMAP đã giảm tối đa cường độ hô hấp của nấm, hạn chế sụt giảm khối lượng nấm bảo quản. Kết quả tương tự được Lee và cs (2003) [26] ghi nhận khi sử dụng bao bì MAP để bảo quản nấm. Theo các tác giả này, chất lượng nấm sò được bảo quản trong bao bì MAP sản xuất từ nhựa LDPE 0,05 mm vượt trội hơn so với các loại vật liệu đóng gói khác về suy giảm khối lượng, độ cứng và khác biệt về màu sắc.

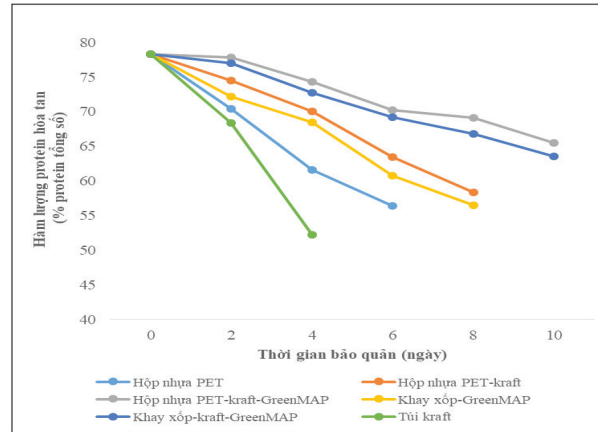


Hình 6. Sự hao hụt khối lượng của nấm sò trong quá trình bảo quản.

Sự biến đổi hàm lượng protein hòa tan

Hàm lượng protein hòa tan ban đầu của nấm sò *P. sajjo caju* là 78,34% và giảm dần theo thời gian bảo quản. Mẫu nấm sò được bao gói trong hộp nhựa PET lót giấy kraft và bọc bao bì GreenMAP có mức độ sụt giảm hàm lượng protein hoà tan ít nhất, từ 78,34 xuống còn $65,49 \pm 1,28\%$ sau 10 ngày bảo quản. Ngược lại, mẫu nấm sò được bao gói bằng túi giấy kraft có mức độ sụt giảm hàm lượng protein

hòa tan cao nhất, từ 78,34 xuống còn $52,21 \pm 1,41\%$ sau 4 ngày bảo quản. Hàm lượng protein hoà tan của các mẫu nấm sò được bảo quản trong hộp nhựa PET lót giấy kraft, khay xốp bọc bao bì GreenMAP, khay xốp lót giấy kraft và bọc bao bì GreenMAP sau 8 ngày lần lượt là $58,38 \pm 1,42$, $56,48 \pm 1,11$ và $66,83 \pm 1,11\%$ (hình 7).

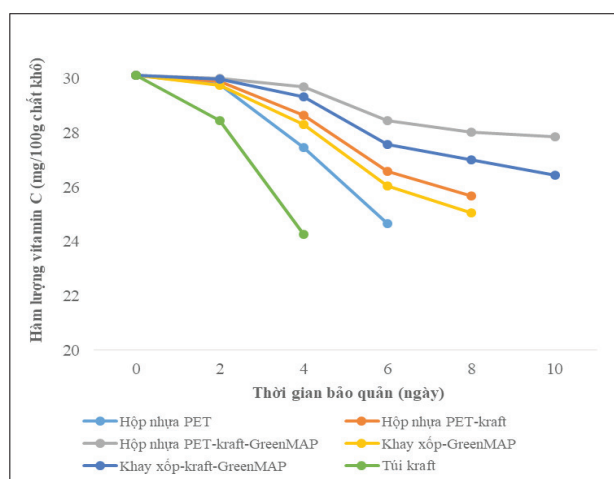


Hình 7. Sự thay đổi hàm lượng protein của nấm sò trong quá trình bảo quản.

Protein là thành phần dinh dưỡng quan trọng của quả thể nấm, gồm đầy đủ các acid amin thiết yếu như isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine, tryptophan và valine [27]. Theo Gliguem và Aragon (2005) [28], hàm lượng protein tổng số của sản phẩm ít bị ảnh hưởng trong quá trình bảo quản. Tuy nhiên, Arumuganathan và cs (2012) [29] đã báo cáo rằng, các protein đã bị phân hủy và biến tính do sự gia tăng hoạt động của enzyme protease trong quá trình bảo quản. Tác giả nhận thấy, hàm lượng protein của nấm mỡ *Agaricus bisporus* đã giảm từ 3,46 xuống 2,4% sau 8 ngày bảo quản. Việc mất hoạt tính sinh học của protein và một số acid amin thiết yếu (đặc biệt là lysine và tryptophan) cũng đã được Lecle`re và cs (2002) [30], Puscasu và Aragon (2002) [31] ghi nhận và giải thích bằng phản ứng Maillard có nguồn gốc từ vitamin C. Ramdas (2012) [6] quan sát thấy, hàm lượng protein của nấm sò *Pleurotus* spp. trong quá trình bảo quản có xu hướng giảm nhẹ (từ 26,96 xuống còn 25,7% tại ngày bảo quản thứ 24). Đồng thời, tác giả này cũng khẳng định, vật liệu bao gói có ảnh hưởng đáng kể ($p < 0,01$) đến hàm lượng protein của nấm sò trong chu kỳ bảo quản. Sử dụng hộp nhựa PET kết hợp với lót giấy bạc và lá chuối có thể kéo dài thời gian bảo quản nấm sò *Pleurotus* spp. lên 16 ngày, hàm lượng protein của sản phẩm đạt 25,83% [6]. Vì vậy, bao gói nấm sò bằng hộp nhựa PET lót giấy kraft và bọc bao bì GreenMAP là vật liệu thích hợp nhất để hạn chế tối đa mức hao hụt protein hòa tan của nấm sò nhờ khả năng tạo ra môi trường không khí thích hợp, giúp kìm hãm hoạt động của các enzyme protease.

Sự biến đổi của hàm lượng vitamin C

Hàm lượng vitamin C trong mẫu nấm sò tươi nghiên cứu không cao, đạt 30,12 mg/100 g chất khô. Kết quả hình 8 cho thấy, hàm lượng vitamin C của nấm sò *P. sajjo caju* bị sụt giảm trong quá trình bảo quản và có sự sai khác giữa các loại vật liệu bao gói ($p < 0,05$). Hàm lượng vitamin C của mẫu nấm sò bao gói trong túi giấy kraft giảm nhiều nhất, còn $24,26 \pm 0,41$ mg/100 g nấm khô sau 4 ngày bảo quản (giảm 5,86 mg/100 g chất khô). Mẫu nấm được đóng gói trong hộp nhựa PET hoặc khay xốp lót giấy kraft và bọc túi GreenMAP có tốc độ giảm hàm lượng vitamin C chậm nhất, sau 10 ngày bảo quản, hàm lượng vitamin C lần lượt là $27,87 \pm 0,28$ mg/100g và $26,45 \pm 0,37$ mg/100g nấm khô, giảm 2,25 và 3,67 mg/100 g chất khô.



Hình 8. Sự biến đổi hàm lượng vitamin C của nấm sò trong quá trình bảo quản.

Vitamin C là thành phần dinh dưỡng kém ổn định và nhạy cảm với quá trình oxy hóa, đồng thời sự sụt giảm vitamin C tương quan thuận với mất nước qua quá trình thoát hơi nước của rau, quả [32-34]. Arumuganathan và cs (2012) [29] đã khẳng định, trong quá trình bảo quản acid ascorbic sẽ bị oxy hóa thành acid dehydroascorbic bởi nhiều chất oxy hóa, đặc biệt là acid ascorbic oxidase. Ngoài ra, hợp chất quinon - một sản phẩm của quá trình oxy hóa phenol bằng enzym phenol oxidase cũng được xem là nguyên nhân làm giảm hàm lượng vitamin C ở nấm [35]. Nhiều nghiên cứu trên nấm kim châm *Flammulina velutipes* và nấm sò *Pleurotus* spp. đã cho thấy, hàm lượng vitamin C giảm khi tăng thời gian bảo quản trong tất cả loại vật liệu bao gói [5, 36]. Như vậy, khả năng giảm sự mất nước của nấm thông qua hạn chế quá trình thoát hơi nước và giảm cường độ hô hấp nhờ điều chỉnh nồng độ khí CO₂ và O₂ phù hợp là nguyên nhân khiến nấm sò được bao gói trong hộp nhựa PET lót giấy kraft và bọc túi GreenMAP giảm được sự thất thoát vitamin C trong quá trình bảo quản. Sự sụt giảm hàm lượng vitamin C của nấm sò thấp nhất (0,94 mg/100 g nấm khô) đã được Ramya

và cs (2017) [2] quan sát thấy khi sử dụng bao bì LDPE-A, cao nhất (1,49 mg/100 g) khi sử dụng bao bì HDPE-R. Li và Zhang (2013) [37] báo cáo có sự sai khác có ý nghĩa ($p < 0,05$) về hàm lượng vitamin C của nấm mỡ *Agaricus bisporus* giữa 6 loại vật liệu bao gói. Nấm mỡ bảo quản bằng bao bì MAP gắn màng silicon có lỗ thở 1,2 cm² mức độ sụt giảm hàm lượng vitamin C cao nhất 40,7%. Ngược lại, bao bì MAP gắn màng silicon có lỗ thở là 0,8 cm² đã tối ưu được bầu không khí để bảo quản nấm và giữ nấm mỡ *Agaricus bisporus* với chất lượng tốt nhất, mức giảm nồng độ vitamin C chậm nhất (19,2%), thời gian lưu trữ dài nhất (15 ngày).

Kết luận

Quả thể nấm sò được bao gói bằng hộp nhựa PET lót giấy kraft và bao bì GreenMAP làm từ vật liệu LDPE có chất lượng tốt nhất, sau 10 ngày bảo quản ở 4°C hao hụt $5,78 \pm 0,28\%$ khối lượng, hàm lượng protein hòa tan đạt $65,49 \pm 1,28\%$ protein tổng số, hàm lượng vitamin C đạt $27,87 \pm 0,28$ mg/100 g nấm khô, cấu trúc và màu sắc quả thể nấm ít biến đổi, trị số biến màu là $0,201 \pm 0,03$ và điểm đánh giá chất lượng cảm quan đạt 12,77 điểm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D.J. Royse, J. Baars, Q. Tan (2017), "Current overview of mushroom production in the world", *Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications*, pp.5-13.
- [2] H.G. Ramya, S. Kumar, V. Tomer (2017), "Influence of packaging material, storage condition and duration on quality attributes of osmo-cum-microwave dehydrated mushroom flakes", *Journal of Applied and Natural Science*, **8**, pp.2311-2318.
- [3] N.G. Cimerman (1999), "Medicinal value of the genus *Pleurotus* (Fr.) P.Karst. (Agaricales s.l., Basidiomycetes)", *International Journal of Medicinal Mushroom*, **1(1)**, pp.69-80.
- [4] J. Czapski (2001), "The effect of methyl jasmonate and ethyl alcohol vapours on storage of mushrooms", *Vegetable Crops Research Bulletin*, **54**, pp.219-222.
- [5] I. Palacios, et al. (2011), "Use of modified atmosphere packaging to preserve mushroom quality during storage", *Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture*, **3(3)**, pp.196-203.
- [6] A.A. Ramdas (2012), *Packaging and Storage of Oyster Mushroom (Pleurotus spp.)*, University of Agricultural Sciences, 155p.
- [7] H.G. Ramya, K. Satish (2017), "Storage studies on osmo-microwave dehydrated oyster mushroom flakes; impact of storage condition, interval and packaging material", *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, **5(2)**, pp.479-490.
- [8] M.J. Nur Sakinah, et al. (2020), "Evaluation of storage temperature, packaging system and storage duration on postharvest quality of straw mushroom (*Volvariella volvacea*)", *Food Research*, **4(3)**, pp.679-689.

- [9] H.F. Lyn, et al. (2020), "Application of modified atmosphere and active packaging for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*)", *Food Packaging and Shelf Life*, **23**, DOI: 10.1016/j.fpsl.2019.100451.
- [10] S.D. Kelleher, H.O. Hultin (1991), "Lithium chloride as a preferred extractant of fish protein", *Journal of Food Science*, **56**, pp.315-317.
- [11] S. Ranganna (1986), *Hand Book of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products*, Tata McGraw Hill Pub. Co. Ltd.
- [12] Hà Thị Cẩm Giang, Nguyễn Văn Minh, Nguyễn Duy Trinh, Lê Thanh Uyên, Hoàng Ngọc Đình, Đỗ Thị Hạnh, Trần Thu Hà (2020), "Ảnh hưởng nhiệt độ sấy đến chất lượng của nấm bào ngư (*Pleurotus sajor caju*) sử dụng công nghệ sấy lạnh kết hợp bức xạ hồng ngoại", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, **6**, tr.41-47.
- [13] J.N. Farber, et al. (2003), "Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh-cut produce", *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **2**, pp.142-160.
- [14] Nguyễn Minh Thủy, Nguyễn Phú Cường, Nguyễn Thị Mỹ Tuyền, Mông Thị Hưng (2012), "Ảnh hưởng của nhiệt độ và bao bì đến khả năng tồn trữ trái chôm chôm nhân (nghịch vụ) ở huyện Chợ Lách, tỉnh Bến Tre", *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ*, **22B**, tr.311-321.
- [15] K. Kik, B. Bukowska, P. Sicińska (2020), "Polystyrene nanoparticles: sources, occurrence in the environment, distribution in tissues, accumulation and toxicity to various organisms", *Environmental Pollution*, **262**, DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114297.
- [16] R. Ahvenainen (1996), "New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruits and vegetables", *Trends in Food Science & Technology*, **7**, pp.179-187.
- [17] G. Ares, et al. (2006), "Sensory shelf life of shiitake mushrooms stored under passive modified atmosphere", *Postharvest Biology and Technology*, **41(2)**, pp.191-197.
- [18] C. Parentelli, et al. (2007), "Sensory and microbiological quality of shitake mushrooms in modified atmosphere packages", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **87**, pp.1645-1652.
- [19] A. Kumari, P. Baskaran (2015), "An overview on mushroom technology: cultivation, harvesting, post-harvest management and marketing", *Recent Trends in Post Harvest Technology and Management*, pp.68-82.
- [20] M. Alikhani-Koupaei, et al. (2014), "Enhancing stability of essential oils by microencapsulation for preservation of button mushroom during postharvest", *Food Science and Nutrition*, **2(5)**, pp.526-533.
- [21] R. Villaescusa, M. Gil (2003), "Quality improvement of *Pleurotus* mushrooms by modified atmosphere packaging and moisture absorbers", *Postharvest Biology and Technology*, **28(1)**, pp.160-179.
- [22] N. Sakinah, et al. (2020), "Evaluation of storage temperature, packaging system and storage duration on postharvest quality of straw mushroom (*Volvarela volvacea*)", *Food Research*, **4(3)**, pp.679-689.
- [23] M. Jafri, et al. (2013), "Quality retention of oyster mushrooms (*Pleurotus florida*) by a combination of chemical treatments and modified atmosphere packaging", *Postharvest Biology and Technology*, **76**, pp.112-118.
- [24] R. Gholami, E. Ahmadi, S. Farris (2017), "Shelf life extension of white mushrooms (*Agaricus bisporus*) by low temperatures conditioning, modified atmosphere, and nanocomposite packaging material", *Food Packaging and Shelf Life*, **14**, pp.88-95.
- [25] F. Tao, et al. (2006), "Effects of different storage conditions on chemical and physical properties of white mushrooms after vacuum cooling", *Journal of Food Engineering*, **77(3)**, pp.545-549.
- [26] H.D. Lee, et al. (2003), "Estimated gas concentration of MA (modified atmosphere) and changes of quality characteristics during the MA storage on the oyster mushrooms", *Korean Journal of Food Preservation*, **10**, pp.16-22.
- [27] S.T. Chang, et al. (1981), "The cultivation and nutritional value of *Pleurotus sajor caju*", *Applied Microbiology and Biotechnology*, **12**, pp.58-62.
- [28] H. Gliguem, I. Birlouez Aragon (2005), "Effects of sterilization, packaging, and storage on vitamin C degradation, protein denaturation, and glycation in fortified milks", *Journal of Dairy Science*, **88**, pp.891-899.
- [29] T. Arumuganathan, et al. (2012), "Studies on modified atmosphere storage of button mushroom using diffusion channel system", *Mushroom Research*, **21(1)**, pp.55-65.
- [30] J. Leclère, et al. (2002), "Fortification of milk with iron-ascorbate promotes lysine glycation and tryptophan oxidation", *Food Chemistry*, **76**, pp.491-499.
- [31] C. Puscasu, I. Birlouez Aragon (2002), "Intermediary and/or advanced maillard product exhibit a prooxidant activity on Trp: *in vitro* study on α -lactalbumin", *Food Chemistry*, **78**, pp.399-406.
- [32] M.W. Davey, et al. (2000), "Plant L-ascorbic acid chemistry function, metabolism bioavailability and effects of processing", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **80**, pp.825-860.
- [33] A.A. Franke, et al. (2004), "Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii", *Journal of Food Composition and Analysis*, **17**, pp.1-35.
- [34] P.H. Heinze (1973), "Effects of storage, transportation, and marketing conditions on the composition and nutritional values of fresh fruit and vegetables", *U.S.D.A. Eastern Regional Research Laboratory Publications*, **3786**, pp.29-34.
- [35] R.D. Rai, S. Saxena (1988), "Effect of storage temperature on vitamin C content of mushroom (*Agaricus bisporus*)", *Current Science*, **57**, pp.434-435.
- [36] F. Donglu, et al. (2016), "Effect of nanocomposite-based packaging on storage stability of mushrooms (*Flammulina velutipes*)", *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **33**, pp.489-497.
- [37] T. Li, M. Zhang (2013), "The physiological and quality change of mushroom *agaricus bisporus* stored in modified atmosphere packaging with various sizes of silicone gum film window", *Food Science and Technology Research*, **19(4)**, pp.569-576.