

DOI:10.22144/ctu.jvn.2021.122

ẢNH HƯỞNG CỦA QUÁ TRÌNH NGÂM RỬA VÀ ĐIỀU KIỆN TỒN TRỮ ĐẾN MỘT SỐ CHỈ TIÊU VẬT LÝ CỦA NẤM BÀO NGƯ TƯƠI (*Pleurotus* spp.)

Nguyễn Thị Ngọc Giang^{1,2*} và Nguyễn Minh Thủy³

¹Nghiên cứu sinh ngành Công nghệ thực phẩm khóa 2018, Trường Đại học Cần Thơ

²Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

³Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Thị Ngọc Giang (email: ntngiang@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 01/03/2021

Ngày nhận bài sửa: 15/04/2021

Ngày duyệt đăng: 20/08/2021

Title:

Effects of soaking and storage conditions on some physical parameters of fresh oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.)

Từ khóa:

Bảo quản, độ cứng, màu sắc, nấm bào ngư, ngâm rửa

Keywords:

Color, hardness, oyster mushrooms, soaking, storage

ABSTRACT

Pleurotus spp. mushrooms are very perishable, the shelf life of oyster mushrooms cannot prolong after 24 hours of the storage at room temperature. The objective of this study was to evaluate the effects of soaking fresh oyster mushrooms, including (i) CaCl_2 and (ii) citric acid (at concentrations of 0.5; 1; 1.5 and 2% for 5, 10, 15 and 20 minutes, respectively) on the hardness and color of oyster mushrooms. It as well as is to determine (iii) the type and condition of packaging (paper, High-density polyethylene (HDPE), polyethylene terephthalate (PET), perforated-paper, perforated-HDPE and perforated-PET bags) (diameter of hole 7 mm and 8-9 holes /100 cm^2) and (iv) storage temperature (3-5°C and 28-30°C) (with 60-62% and 76-78% of air humidity, respectively) to maintain the quality of fresh mushrooms through physical parameters. The results indicated that the hardness and color of oyster mushrooms improved by soaking for 10 minutes in 1.5% CaCl_2 and 10 minutes in 1% citric acid. Furthermore, fresh oyster mushrooms packed HDPE bag can prolong the shelf life at 28-30°C for 3 days and at 3-5°C for 18-21 days.

TÓM TẮT

Nấm bào ngư *Pleurotus* spp. rất dễ hư hỏng sau thu hoạch, thời hạn sử dụng nấm bào ngư tươi khó có thể kéo dài hơn 24 giờ ở nhiệt độ phòng. Nghiên cứu nhằm thực hiện khảo sát ảnh hưởng của quá trình ngâm rửa nấm bào ngư tươi, bao gồm (i) CaCl_2 và (ii) citric acid (ở các nồng độ 0,5; 1,0; 1,5 và 2% trong thời gian 5, 10, 15 và 20 phút, tương ứng) đến độ cứng và màu sắc của nấm bào ngư sau thu hoạch. Đồng thời, nghiên cứu cũng xác định (iii) các loại bao gói (bao bì giấy, High-density polyethylene (HDPE), polyethylene terephthalate (PET), bao bì giấy đục lỗ, HDPE đục lỗ và PET đục lỗ) (đường kính lỗ 7 mm, mật độ 8-9 lỗ/100 cm^2) và (iv) nhiệt độ tồn trữ (3-5°C và 28-30°C) (độ ẩm không khí lần lượt là 60-62% và 76-78%) để duy trì chất lượng nấm bào ngư tươi. Các chỉ tiêu vật lý của nấm bào ngư tươi sau xử lý được đo đạc. Kết quả nghiên cứu cho thấy độ cứng và màu sắc nấm bào ngư được cải thiện khi ngâm rửa 10 phút trong dung dịch CaCl_2 1,5% và 10 phút trong dung dịch citric acid 1%. Sau ngâm rửa, nấm bào ngư chứa trong bao bì HDPE có thể được bảo quản tốt trong khoảng 3 ngày ở 28-30°C và khoảng 18-21 ngày ở nhiệt độ 3-5°C.

1. GIỚI THIỆU

Pleurotus spp. là loại nấm bào ngư được trồng thành công nhất và rất quan trọng về mặt thương mại (Zang et al., 2002). Tại tỉnh An Giang, nấm bào ngư được trồng trong nhà, việc chăm sóc và tưới nước bằng bình phun thủ công chiếm 49%, các nhà trồng có hệ thống phun sương chiếm 51%. Số vụ trồng trong năm dao động từ 2 – 3 vụ. *Pleurotus sajor-caju* có giá trị dinh dưỡng, giá trị dược liệu độc đáo và mùi vị hấp dẫn, cụ thể carbohydrate và protein là thành phần chính, chiếm 70 đến 90% trọng lượng khô của quả thể và được xem là các polymer có hoạt tính sinh học, bảo vệ hệ vi sinh vật đường ruột của con người (Jayachandran et al., 2017). Tuy nhiên, do hàm lượng nước trong nấm bào ngư cao (khoảng 90%) nên dễ bị hư hỏng bởi vi sinh vật phát triển cùng với các phân ứng có phụ thuộc vào hàm lượng nước (Ares et al., 2007). Vì vậy, nấm bào ngư khó có thể bảo quản hơn 24 giờ ở nhiệt độ môi trường (Satish et al., 2006). Nấm sau thu hoạch bị giảm khối lượng, chuyển sang màu nâu, héo và hư hỏng mà nguyên nhân chính là do hô hấp và do sự thoát hơi nước. Quá trình tiền xử lý nấm bào ngư, cụ thể là ngâm rửa nấm, rất hữu ích để kéo dài thời gian sử dụng. Nấm tươi được rửa bằng các loại hóa chất khác nhau có thể giúp làm giảm quá trình hư hỏng của nấm sau thu hoạch, các dung dịch gồm 0,5% CaCl₂ và 0,5% citric acid (Jayathunge & Illeperuma, 2001), 0,5% citric acid và 0,5% ascorbic acid (Nour et al., 2011) và 1-3% citric acid (Jebelli Javan et al., 2015)... Sự thay đổi đáng kể đã được quan sát giữa nấm rửa và nấm chưa rửa đối với việc mất khối lượng, cụ thể vào ngày thứ 3 của quá trình tồn trữ, tổng lượng giảm là 38,89% trong nấm không rửa và tăng lên 62,04% vào ngày tồn trữ thứ 7. Trong khi đó, đối với nấm được rửa với H₂O₂, vào ngày thứ 3, khối lượng mất là 34,68% và ngày thứ 7 là 50,09% (Das et al., 2010). Bên cạnh đó, bảo quản nấm bằng phương pháp cải biến khí quyển trong bao bì (MAP) có hiệu quả trong việc giảm tốc độ thoát ẩm là do tốc độ truyền nước thấp của bao gói kết hợp với tốc độ thoát nước cao của nấm dẫn đến sự bão hòa hơi nước và thay đổi thành phần oxy và CO₂ bên trong bao gói, vì vậy giúp làm giảm sự mất trọng lượng và hư hỏng cũng như duy trì chất lượng nấm trong quá trình xử lý sau thu hoạch (Antmann et al., 2008). MAP là một phương pháp rất hiệu quả và kinh tế trong việc kéo dài thời gian bảo quản nấm tươi trong quá trình vận chuyển và tiếp thị. Tuy nhiên, sự tích tụ quá nhiều khí CO₂ trong bao gói gây ra sự suy giảm độ cứng và phát triển màu nâu do nấm bị tổn thương màng tế bào (Kader, 2002). Nghiên cứu được thực hiện để kiểm tra tính phù hợp của phụ gia

trong ngâm rửa và bao bì nhằm kéo dài thời hạn sử dụng và duy trì chất lượng của nấm bào ngư thông qua phân tích sự tổn thất khối lượng, sự sậm màu và thay đổi độ cứng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

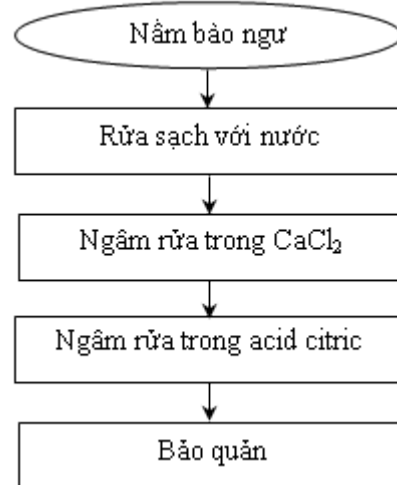
Nấm bào ngư thu hoạch (tại khu thực nghiệm Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh) theo tiêu chuẩn của Singh (2011) với chiều dài từ 12,5±2,5 cm, chiều rộng tai nấm 6,6±3,5 cm, chiều dày tai nấm 1,4±0,5 cm và khối lượng tai nấm 10,48±4,32 g.

Các loại bao bì được sử dụng gồm: giấy (27x20,5 cm, độ dày 83,33 μm); High-density polyethylene (HDPE) (28x20 cm, độ dày 91,72 μm) và Polyethylene terephthalate (PET) (22,7x13,5 cm, độ dày 250,33 μm). Các bao bì đục lỗ với đường kính lỗ 7 mm, mật độ 8-9 lỗ/100 cm².

Các phụ gia sử dụng bao gồm: CaCl₂ (Phần Lan) và citric acid (Thái Lan).

2.2. Bố trí thí nghiệm

Sơ đồ khảo sát ảnh hưởng của quá trình ngâm rửa và điều kiện tồn trữ đến chỉ tiêu vật lý của nấm bào ngư tươi được thể hiện ở Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ khảo sát ảnh hưởng của quá trình ngâm rửa và điều kiện tồn trữ đến chỉ tiêu vật lý của nấm bào ngư tươi

2.2.1. Khảo sát ảnh hưởng nồng độ và thời gian ngâm CaCl₂ đến cấu trúc của nấm bào ngư

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 2 nhân tố bao gồm (i) nồng độ: 0,5; 1,0; 1,5 và 2% và (ii) thời gian ngâm: 5, 10, 15 và 20 phút. Mẫu

được cho vào bao bì HDPE có đục lỗ và tồn trữ ở nhiệt độ phòng thí nghiệm (28-30°C) (độ ẩm không khí 76-78%). Sau 24 giờ, mẫu được đo độ cứng.

2.2.2. Khảo sát ảnh hưởng nồng độ và thời gian ngâm citric acid đến màu sắc của nấm bào ngư

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 2 nhân tố bao gồm (iii) nồng độ: 0,5; 1,0; 1,5 và 2% và (iv) thời gian ngâm: 5, 10, 15 và 20 phút. Mẫu được cho vào bao bì HDPE có đục lỗ và tồn trữ ở nhiệt độ phòng thí nghiệm. Sau 24 giờ, mẫu được đo màu thông qua giá trị L.

2.2.3. Khảo sát ảnh hưởng của loại bao bì và nhiệt độ đến sự thay đổi các chỉ tiêu vật lý của nấm bào ngư

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 2 nhân tố (v) loại bao bì: giấy (BBG-KL), HDPE (HDPE-KL), PET (PET-KL), giấy có đục lỗ (BBG-Lo), HDPE có đục lỗ (HDPE-Lo) và PET có đục lỗ (PET-Lo) và (vi) nhiệt độ tồn trữ: 3-5°C và 28-30°C (có độ ẩm không khí lần lượt là 60-62% và 76-78%). 100 g nấm được chọn từ 2.1 và 2.2 tồn trữ trong các loại bao bì và các nhiệt độ bố trí. Tiến hành lấy mẫu và phân tích 2 ngày/lần (đối với mẫu được tồn trữ ở 3-5°C) và 1 ngày/lần (đối với mẫu tồn trữ ở nhiệt độ 28-30°C).

Các chỉ tiêu theo dõi gồm: tổn thất khối lượng (%); màu sắc (thông qua các giá trị L); cấu trúc (g lực).

2.3. Phương pháp phân tích

2.3.1. Tổn thất khối lượng

Sử dụng cân kỹ thuật 2 số thập phân (AND GF-6100) để xác định khối lượng ban đầu (m_0) và các thời điểm khảo sát (m_i) của mẫu. Tổn thất khối lượng được tính theo công thức 1.

$$\text{Tổn thất khối lượng (\%)} = \frac{(m_0 - m_i) \times 100}{m_0} \quad (1)$$

2.3.2. Màu sắc và cấu trúc

Màu sắc của nấm bào ngư được xác định bằng máy đo màu Hunter Lab colorimeter (CR 400, Konica Minolta, Japan) và được tính theo công thức 2.

$$\Delta L = L^* - L_{ref} \quad (2)$$

ΔL (+): sáng hơn; ΔL (-): tối hơn

Độ cứng (g lực) của nấm bào ngư được xác định bằng máy đo cấu trúc (CT3, Brookfield, USA) với dao cắt TA-SBA (Thang Trigger load: 500 g; tốc độ trượt: 10 mm/giây) và được tính bằng lực cắt trên thân nấm. Các mẫu nấm được đo ở nhiệt độ 28-30°C.

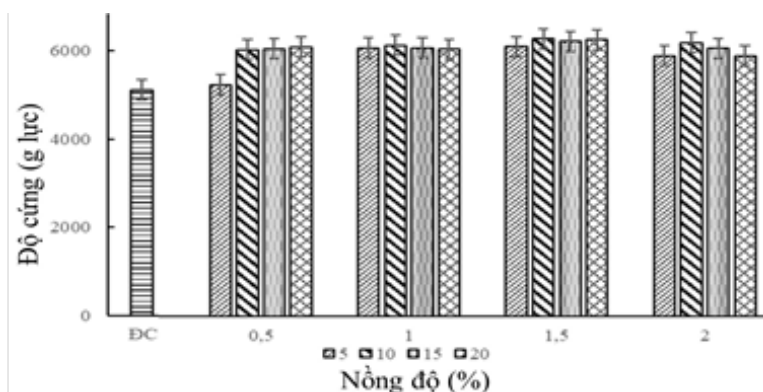
2.4. Phân tích số liệu

Thí nghiệm được thiết kế hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 lần lặp lại. Các dữ liệu thu được được tính toán và vẽ đồ thị bằng phần mềm Microsoft Excel. Phân tích thống kê ở mức ý nghĩa 5% bằng phần mềm Statgraphic Centurion 16.1.

3. KẾT QUẢ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của CaCl₂ đến độ cứng nấm bào ngư

Độ cứng là một trong những thuộc tính chất lượng đầu tiên được người tiêu dùng đánh giá, do đó, độ cứng có tầm quan trọng đối với sự chấp nhận sản phẩm một cách tổng thể (Tianjia et al., 2010). Kết quả cho thấy nồng độ và thời gian xử lý ảnh hưởng có ý nghĩa đến độ cứng của nấm bào ngư sau thu hoạch ($P < 0,05$). Khi nồng độ và thời gian ngâm CaCl₂ tăng thì độ cứng của mẫu tăng đến một điểm tối ưu, sau đó giảm dần (Hình 2). Ở nồng độ CaCl₂ trong dịch ngâm là 1,5% với thời gian ngâm là 10 phút, độ cứng của nấm bào ngư được cải thiện cao nhất khi ngâm rửa nấm bào ngư ở các nồng độ và thời gian khác nhau. Rửa nấm với Ca²⁺ đã được chứng minh là có hiệu quả trong việc già hóa mô, hóa nâu và ngăn chặn sự phát triển của vi khuẩn ở nấm (Jafri et al., 2013). Khả năng gắn kết của ion Ca²⁺ vào mạch pectin, hình thành các calcium pectate đã làm tăng độ cứng của thành tế bào (Akhtar et al., 2010). Đồng thời, sự hiện diện của Ca²⁺ cũng làm bất hoạt enzyme polygalacturonase (là enzyme phá vỡ cấu trúc) (Madani et al., 2016). Ngoài ra, hầu hết các phụ gia hóa học đã được báo cáo là gây ra sự phá vỡ các mô thực vật, dẫn đến co rút và giảm độ cứng khi ngâm ở nồng độ cao và thời gian dài (Conserve, 2007). Kết quả này cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu của Khan et al. (2017) khi ngâm nấm mỡ *Agaricus bisporus* trong CaCl₂ 1,5% có hiệu quả trong việc tăng độ cứng của nấm trong quá trình tồn trữ.



Hình 2. Ảnh hưởng của nồng độ và thời gian ngâm CaCl₂ đến độ cứng nấm bào ngư tươi

3.2. Ảnh hưởng của citric đến màu sắc của nấm bào ngư

Ảnh hưởng của việc xử lý nấm bào ngư trong citric acid ở các nồng độ và thời gian khác nhau đến màu sắc nấm sau thu hoạch thể hiện ở Bảng 1.

Kết quả cho thấy nồng độ và thời gian ảnh hưởng tương tác với nhau và có ý nghĩa thống kê đến việc cải thiện màu sắc của nấm bào ngư sau thu hoạch (thông qua giá trị ΔL). Khi nồng độ và thời gian xử lý nấm bào ngư bằng citric acid tăng, ΔL tăng đến một giá trị tối ưu sau đó giảm dần. Ở nồng độ 1% citric acid và thời gian xử lý là 10 và 15 phút cho kết quả màu sắc tốt hơn các mẫu còn lại (khác biệt không ý nghĩa ở mức 1%). Theo Hussein et al. (2015), citric acid ức chế trực tiếp lên enzyme

polyphenoloxidase và làm giảm tốc độ phát triển màu. Khi thêm acid citric vào nước ngâm, pH của dung dịch ngâm giảm xuống thấp hơn 3,0, trong khi pH tối ưu của enzyme polyphenoloxidase trong khoảng 6,0-7,0 và do đó, tốc độ của enzyme hóa nâu giảm. Thêm vào đó, Conserve (2007) cho biết hầu hết các phụ gia hóa học đã được báo cáo là gây ra sự phá vỡ các mô thực vật làm tăng tiếp xúc enzyme – cơ chất và hoạt tính enzyme tăng trở lại khi tăng nồng độ và thời gian ngâm. Như vậy, nấm bào ngư được ngâm trong 1% citric acid trong 10 phút cải thiện được màu sắc của nấm bào ngư sau thu hoạch. Kết quả này cũng tương đồng với các kết quả của Simon & Gonzalez-Fandos (2009), Hussein et al. (2015), Meena et al. (2018) khi nghiên cứu giảm sự thay đổi màu sắc của nấm trong quá trình bảo quản.

Bảng 1. Ảnh hưởng của nồng độ và thời gian ngâm citric acid đến giá trị ΔL của nấm bào ngư tươi

Thời gian (phút)	Nồng độ (%)			
	0,5	1	1,5	2
5	-27,56 ^{*a}	-22,44 ^{ab}	-23,40 ^b	-27,08 ^{ab}
10	-25,12 ^b	-21,02 ^b	-29,62 ^a	-21,59 ^c
15	-21,82 ^c	-20,80 ^b	-23,62 ^b	-25,59 ^{ab}
20	-25,81 ^{ab}	-25,37 ^a	-23,96 ^b	-30,92 ^a
Mức ý nghĩa	**	**	**	**

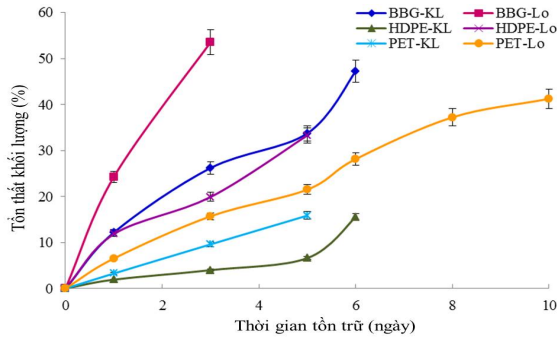
Ghi chú: * Kết quả trung bình của 3 lần lặp lại. Các chữ cái khác nhau đi kèm nghiệm thức trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Giá trị cùng cột có chữ cái theo sau giống nhau thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê và dấu (**) khác biệt ở mức ý nghĩa 99%.

3.3. Ảnh hưởng của chế độ bảo quản đến các chỉ tiêu vật lý của nấm bào ngư tươi theo thời gian tồn trữ

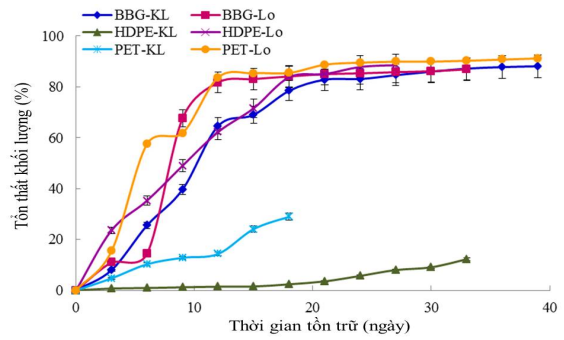
3.3.1. Ảnh hưởng của chế độ bảo quản đến tổn thất khối lượng của nấm bào ngư tươi

Kết quả nghiên cứu cho thấy sự liên quan tổn

thất khối lượng (y) và thời gian tồn trữ (x) ở các chế độ bao gói khác nhau trong cùng nhiệt độ tồn trữ (Hình 3). Kết quả cũng cho thấy vật liệu bao gói và nhiệt độ tồn trữ đều ảnh hưởng đến sự tổn thất khối lượng của sản phẩm (P<0,05).



a. Nhiệt độ 28-30°C

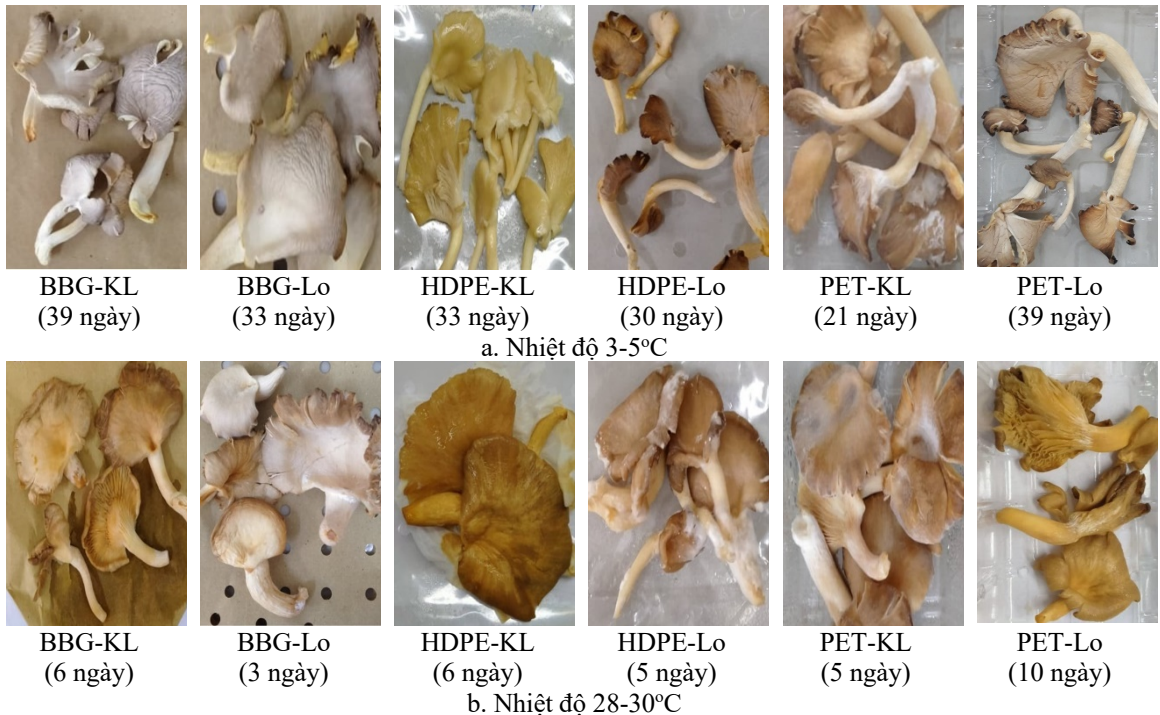


b. Nhiệt độ 3-5°C

Hình 3. Ảnh hưởng chế độ bảo quản đến tồn thất khối lượng của nấm bào ngư tươi theo thời gian tồn trữ

Tồn thất khối lượng của mẫu được bảo quản ở nhiệt độ 28-30°C cao hơn ở 3-5°C; bao bì giấy cao hơn PET và HDPE; bao bì có đục lỗ cao hơn không đục lỗ. Ở nhiệt độ 28-30°C, mẫu bao gói trong bao bì giấy có đục lỗ tồn thất khối lượng là cao nhất và có thời gian bảo quản ngắn nhất (3 ngày) (Hình 3a). Khi kết thúc quá trình tồn trữ nấm ở nhiệt độ 28-

30°C và mẫu nấm PET-KL và HDPE-KL được tồn trữ ở 3-5°C, nấm xuất hiện dấu hiệu hư hỏng và bị ướt sũng do hàm lượng nước cao trong bao gói (Hình 4). Trong khi đó, nấm bào ngư trong BBG-KL, BBG-Lo, PET-Lo và HDPE-Lo được tồn trữ ở nhiệt độ 3-5°C bị khô dần theo thời gian tồn trữ và tồn thất khối lượng tiến tới một giới hạn (Hình 3b và Hình 4).



Hình 4. Nấm bào ngư sau bao gói và tồn trữ ở các điều kiện khác nhau

Sự mất khối lượng của nấm bào ngư chủ yếu do sự thoát hơi nước qua màng và do hô hấp làm mất lượng carbon dự trữ (Singh et al., 2018). Nấm thiếu cấu trúc biểu bì chuyên biệt và chỉ được bảo vệ bởi lớp biểu mô làm ảnh hưởng đến tốc độ mất ẩm (Maguire et al., 2004). Ngoài ra, tốc độ thoát ẩm cao

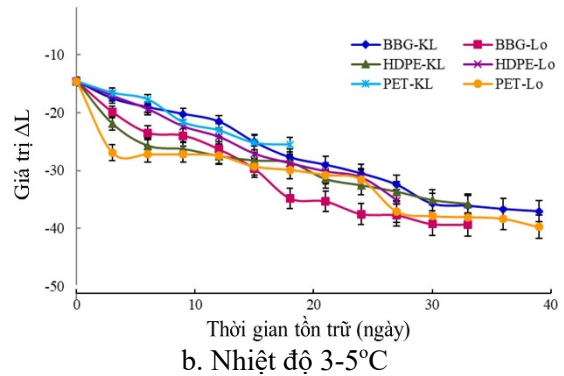
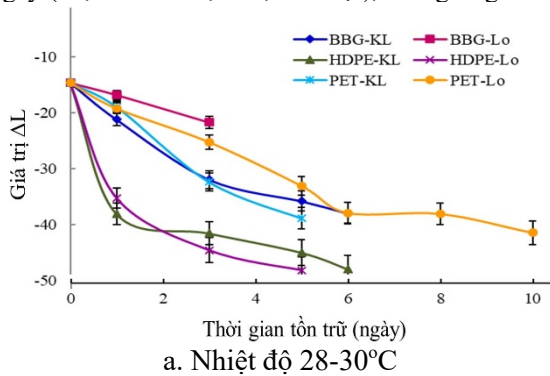
còn do tỷ lệ trao chất cao của nấm (Mahajan et al., 2008). Khi mô tế bào thực vật còn sống, độ ẩm bị mất do hô hấp dẫn đến mất khối lượng (Naglaa, 2010). Gholami et al. (2017) đã phát hiện ra nấm sau thu hoạch có tốc độ thoát hơi nước tương đương với nấm chưa thu hoạch (còn ở bịch phôi). Sự bay hơi nước tự do ở bề mặt của nấm nên sự giảm khối lượng

ở các bao bì đục lỗ cao hơn. Ngoài ra, cũng do đặc tính chống thấm khí và truyền nước của các loại bao bì (Đông Thị Anh Đào, 2008), bao bì giấy tổn thất khối lượng nhiều hơn hai bao bì còn lại. Bên cạnh đó, nhiệt độ là nhân tố tồn trữ chính ảnh hưởng đến tốc độ mất ẩm (Kader, 2002). Giảm nhiệt độ của nấm làm giảm tỷ lệ trao đổi chất sau thu hoạch của các mô nấm; giảm hô hấp và thoát hơi nước, do đó, giảm sự tổn thất khối lượng. Hơn nữa, giảm 3-6% trọng lượng tươi thường đủ làm giảm chất lượng rõ rệt đối với hầu hết tất cả các loại sản phẩm và đối với nấm mức giảm khối lượng chấp nhận được là khoảng 2-3% (Rai & Arumuganathan, 2008). Sự tổn thất khối lượng thấp nhất được tìm thấy khi tồn trữ nấm trong bao bì HDPE không đục lỗ khi bảo quản ở nhiệt độ 28-30°C trong 6 ngày và ở 3-5°C trong 33 ngày (15,54% và 12,24%, lần lượt), tương ứng với

tốc độ mất ẩm là 2,59%/ngày và 0,31%/ngày (lần lượt). Kết quả này thấp hơn kết quả khi bảo quản nấm ở 5°C của Ambatkar (2012) là 15,59% trong 16 ngày khi bao gói trong bao bì PE.

3.3.2. Ảnh hưởng của chế độ bảo quản đến màu sắc của nấm bào ngư tươi

Màu sắc của nấm là nhân tố quan trọng và là nhân tố chất lượng đầu tiên để người tiêu dùng đánh giá và chấp nhận (González-Fandos et al., 2000; Ambatkar, 2012). Sự phát triển màu nâu là dấu hiệu đầu tiên của sự hư hỏng và là yếu tố góp phần giảm chất lượng. Sự thay đổi màu sắc của nấm bào ngư tươi (thông qua giá trị ΔL) theo thời gian tồn trữ ở các chế độ bảo quản khác nhau được thể hiện ở Hình 5.



Hình 5. Sự thay đổi màu sắc của nấm bào ngư (thông qua giá trị ΔL của thân nấm) theo thời gian bảo quản ở các chế độ bảo quản khác nhau

Kết quả cho thấy giá trị ΔL đều giảm ở tất cả các mẫu bao gói và tồn trữ ở các nhiệt độ khác nhau theo thời gian. Bên cạnh đó, bao bì và nhiệt độ tồn trữ cũng ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến màu sắc của nấm bào ngư ($P < 0,05$). Sự thay đổi màu sắc của nấm bào ngư được quan sát thấy ở các nghiệm thức với tốc độ khác nhau. Khi bảo quản ở nhiệt độ 28-30°C, mẫu nấm bảo quản trong bao bì PET-Lo có màu sáng hơn các mẫu BBG-KL và HDPE-KL sau 6 ngày tồn trữ (giá trị ΔL lần lượt là -37,88; -37,94 và -47,93). Ngược lại, mẫu HDPE-KL lại ít bị sậm màu hơn các mẫu BBG-KL và BBG-Lo; PET-Lo sau 33 ngày tồn trữ ở nhiệt độ 3-5°C (giá trị ΔL lần lượt là -35,80; -36,08; -39,33 và -38,04). Ở điều kiện nhiệt độ 28-30°C, giá trị ΔL của thân nấm bào ngư giảm nhanh chóng và nguyên nhân chủ yếu là do xảy ra phản ứng hóa nâu. Sự hóa nâu do enzyme là nguyên nhân chính gây tổn thất sau thu hoạch của nấm ăn. Tyrosinase là một enzyme hiện diện ở mức cao trong mô bề mặt của nấm và được tìm thấy ở dạng tiềm ẩn. Khi mô bị phân hủy do lão hóa hoặc do vi khuẩn, các enzyme và cơ chất tiếp xúc và phản

ứng được kích hoạt (Seo et al., 2003). Bên cạnh đó, hóa nâu không enzyme là do phản ứng Maillard liên quan đến sự tương tác giữa đường khử, amino acid và protein. Nấm bào ngư có chứa đường và amino acid và do đó, hóa nâu là không thể tránh khỏi khi nấm bào ngư (có độ ẩm cao) được tồn trữ ở nhiệt độ $> 5^\circ\text{C}$ (Rai & Arumuganathan, 2003). Sự thay đổi màu trong quá trình tồn trữ còn do tác động của ánh sáng khi quyền lên sản phẩm và nồng độ oxy bên trong bao gói. Trong cùng điều kiện nhiệt độ và thời gian tồn trữ, nấm được bao gói trong bao bì giấy có sự giảm màu sắc ít hơn các bao bì còn lại do khả năng truyền ánh sáng của bao bì PET và HPDE cao hơn bao bì giấy. Mặt khác, môi trường bão hòa thường thấy trong không khí bên trong bao gói nấm (Sapata et al., 2009a, 2009b), tạo điều kiện cho sự phát triển của vi sinh vật và kết quả là nấm bị phân rã. Tốc độ thoát hơi nước ở nhiệt độ 28-30°C cao hơn ở 3-5°C (Ben-Yehoshua & Rodov, 2003), do đó, nấm bị ướt sũng và bị sậm màu nhiều hơn so với các mẫu bảo quản ở 3-5°C. Ngoài ra, nhiệt độ thấp có thể trì hoãn những thay đổi có hại trong màu sắc của

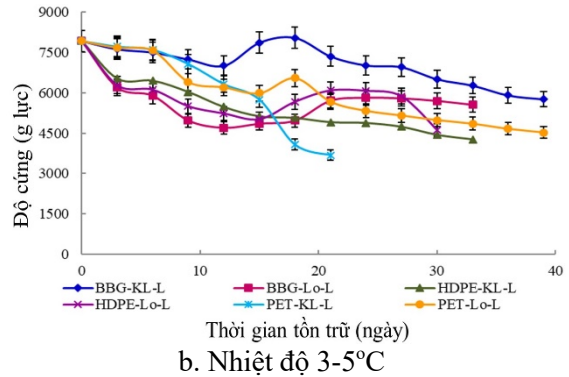
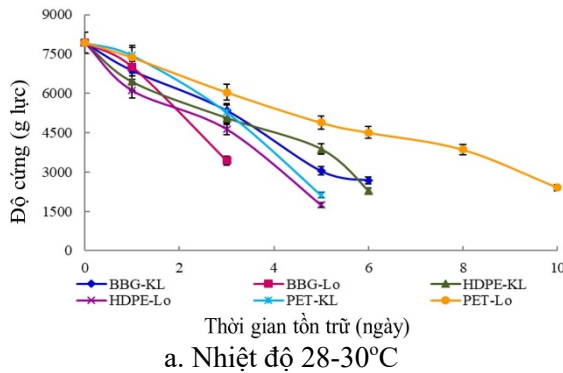
nấm vì nhiệt thấp ức chế hoạt động của enzyme hóa nâu (Villaescusa & Gil, 2003; Sapata et al., 2009a, 2009b). Giảm nhiệt độ của nấm làm giảm hô hấp, thoát hơi nước, tri hoãn lão hóa và giảm sự hóa nâu (Kader, 2002).

Theo Rai & Arumuganathan (2008), nấm ăn có giá trị $\Delta L < -20$ và $\Delta L < -31$ được xem là không thể chấp nhận tại các điểm thu mua và các điểm bán lẻ (lần lượt). Do đó, nấm được bảo quản trong bao bì PET có đục lỗ trong khoảng thời gian 4 ngày ở nhiệt

độ 28-30°C và ở nhiệt độ 3-5°C trong các bao bì nghiên cứu trong thời gian từ 18-21 ngày.

3.3.3. Ảnh hưởng của chế độ bảo quản đến độ cứng của nấm bào ngư tươi

Độ cứng của sản phẩm là thông số chất lượng quan trọng liên quan đến việc chấp nhận của người tiêu dùng và được xác định bởi tính toàn vẹn của thành tế bào (Oliveira et al., 2012). Sự thay đổi độ cứng của nấm tươi được tồn trữ trong các bao bì và nhiệt độ khác nhau được thể hiện ở Hình 6.



Hình 6. Sự thay đổi độ cứng của nấm bào ngư theo thời gian bảo quản ở các chế độ bảo quản khác nhau

Kết quả cho thấy độ cứng của nấm bào ngư giảm nhanh chóng khi tăng thời gian tồn trữ trong tất cả các bao gói và điều kiện tồn trữ. Kết quả thống kê cũng cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa giữa các bao gói, nhiệt độ và thời gian tồn trữ ($P < 0,05$). Khi bảo quản ở nhiệt độ 28-30°C, độ cứng của nấm giảm khi tăng thời gian tồn trữ. Độ cứng của các mẫu nấm được bao gói trong bao bì BBG-KL, BBG-Lo và HDPE-Lo giảm trong thời gian 12-15 ngày, tăng lên trong khoảng thời gian 18-21 ngày tiếp theo và cuối cùng, độ cứng của nấm lại tiếp tục giảm. Các mẫu nấm trong 2 bao bì HDPE và PET, ngoại trừ PET-KL, có độ cứng 4269-4628 g lực vào cuối quá trình tồn trữ và khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$). Kết quả này cũng là do trong quá trình bảo quản, nấm bào ngư bị khô dần theo thời gian ở nhiệt độ 3-5°C. Bên cạnh đó, lão hóa sau thu hoạch đi kèm với sự thay đổi của thành tế bào dẫn đến sự mất chức năng trương phồng của hàng rào bảo vệ và yếu đi, cuối cùng dẫn đến sự mất độ cứng của nấm (Mohapatra et al., 2010). Sự mất độ cứng chắc của nấm bào ngư khi tồn trữ còn liên quan đến sự giảm của protein và polysaccharide của thành tế bào (Zivanovic et al., 2000). Ngoài ra, sự mềm của độ cứng có thể do sự tấn công của vi sinh vật (Jiang et al., 2010) và cũng cho thấy thời gian sử dụng của nấm (Ambatkar, 2012; Sílvia et al., 2014).

Từ các kết quả trên, nấm vẫn giữ được độ cứng, màu sắc và tồn thất khối lượng thấp nhất khi bao gói trong bao bì HDPE không đục lỗ và bảo quản ở 28-30°C trong 3 ngày và ở 3-5°C trong 18-21 ngày.

4. KẾT LUẬN

Kết quả khảo sát đã cho thấy thời hạn sử dụng nấm bào ngư được cải thiện khi ngâm rửa nấm kết hợp với việc sử dụng cải biến khí quyển trong bao bì, đặc biệt là tiền xử lý trong $CaCl_2$ và citric acid và sử dụng bao bì HDPE. Với phương pháp tiền xử lý và bao bì này, nấm bào ngư vẫn giữ được độ cứng và màu sắc, cũng như giảm thiểu tồn thất khối lượng của nấm bào ngư sau thu hoạch.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Akhtar, A., Abbasi, N.A., & Hussain, A.Z.H.A.R. (2010). Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage. *Pakistan Journal of Botany*, 42(1), 181-188.

Ambatkar, A. R. (2012). *Packaging and storage of oyster mushroom (Pleurotus spp.)* (Master's thesis). University of Agricultural sciences, Bangalore.

Antmann, G., Ares, G., Lema, P., & Lareo, C. (2008). Influence of modified atmosphere packaging on sensory quality of shiitake mushrooms. *Postharvest Biology Technology*, 49(1), 164-170.

- Andrzej, P., & Magdalena, Z. (2007). Influence of selected plant fibres upon physical properties of bread dough and bread. *Polish Journal of Food Nutrient Science*, 57(2), 151-155.
- Ben-Yehoshua, S., & Rodov, V. (2003). Transpiration and water stress. In: Jerry, A.B. & Jeffrey, K.B. (Eds.). *Postharvest physiology and Pathology of Vegetables*, second edition. New York: CRC Press.
- Conserve, O.G. (2007). *Storage Concern for Fluids-preserved Collections*. Washington, DC, USA: National Park Printing Press.
- Das, P.K., Hassan, M.K., & Akhter, N. (2010). Efficacy of washing and postharvest treatments on shelf life and quality of oyster mushroom. *Progressive Agriculture*, 21(1 and 2), 21-29.
- Đống Thị Anh Đào. (2008). *Kỹ thuật bao bì thực phẩm*. Thành phố Hồ Chí Minh: Nhà xuất bản Đại học Quốc gia.
- Gholami, R., Ahmadi, E., & Farris, S. (2017). Shelf life extension of white mushroom (*Agaricus bisporus*) by low temperature conditioning, modified atmosphere and nanocomposite packaging material. *Food Packaging and Shelf Life*, 14(Part B), 88-95.
- González - Fandos, E., Gimenez, M., Olarte, C., Sanz, S., & Simon, A. (2006). Effect of packaging condition on the growth of microorganisms and the quality characteristics of fresh mushrooms (*A. bisporus*) stored at inadequate temperature. *Journal of Applied Microbiology*, 889, 624-632.
- Hussein, M.A., Ahmed, M.E.G., Raia, E.I.E.B., & Mahmoud, A.S. (2014). Browning inhibition mechanisms by cysteine, ascorbic acid and citric acid and identifying PPO-catechol-cysteine reaction products. *Journal Food Science Technology*, 52(6), 3651-3659.
- Jaffri, M., Jha, A., Bunkar, D.S., & Ram, R.C. (2013). Quality retention of oyster mushrooms (*Pleurotus florida*) by a combination of chemical treatments and modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 7, 112-118.
- Jebelli Javan, A., Nikmanesh, A., Keykhosravi, K., Maftoon, S., Aminzare, M., Bayani, M., ... & Raeisi, M. (2015). Effect of citric acid dipping treatment on bioactive components and antioxidant properties of sliced button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Journal of food quality and hazards control*, 2, 20-25.
- Jayachandran, M., Xiao, J., & Xu, B. (2017). A critical review on health promoting benefits of edible mushrooms through gut microbiota. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(9), 1934.
- Jayathunge, L., & Illeperuma, C. (2001). Extension of postharvest life of oyster mushroom under ambient conditions by modified atmosphere packaing. *Journal of Tropical Agricultural Research*, 13, 78-89.
- Jiang T., Wang, Q., Xu, S., Jahangir, M.N., & Ying, T. (2010). Structure and composition changes in the cell wall in relation to texture of shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) stored in modified atmosphere packaging. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(5), 742-749.
- Kader, A.A. (2002). Quality and safety factors: Definition and Evaluation for Fresh Horticultural Crops. In Kader, A.A. (Ed.). *Postharvest Technology of Horticultural Crops* (pp. 279-286). California: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.
- Khan, Z. U., Jiayin, L., Khan, N. M., Mou, W., Li, D., Wang, Y., ... & Ying, T. (2017). Suppression of Cell Wall Degrading Enzymes and their Encoding Genes in Button Mushrooms (*Agaricus bisporus*) by CaCl₂ and Citric Acid. *Plant foods for human nutrition*, 72(1), 54-59.
- Madani, B., Mirshekari, A., Sofo, A., & Mohamed, M.T.M. (2016). Preharvest calcium applications improve postharvest quality of papaya fruits (*Carica papaya* L. cv. Eksotika II). *Journal of Plant Nutrition*, 39(10), 1483-1492.
- Maguire, K.M., Sabarez, H., & Tanner, D. (2004). Postharvest preservation and storage. In: Hui, Y.H, Ghazala, D., Murrel, K., & Nip, W.K. (Ed), *Handbook of Vegetables Preservation and Processing* (pp. 39-67). New York: CRC Press.
- Mahajan, P.V., Oliveira, F., & Macedo, I. (2008). Effect of temperature and humidity on the transpiration rate of the whole mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 84, 281-288.
- Meena, V.S., Kale, S. Mahawar, M.K., Jagaonkar, K., Bhushan, B., & Dukare, A. (2018). Optimization of button mushroom browning inhibition using response surface methodology. *Indian Journal Horticulture*, 75(3), 470-474.
- Mohapatra, D., Bira, Z.M., Kerry, J.P., Frias, J.M., & Rodrigues, F.A. (2010). Postharvest hardness and color evolution of hite button mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Food engineering and Physical Properties*, 75(3), E146-E152.
- Naglaa, K.H.S. (2010). Some Modified Atmosphere Packaging Treatments Reduce Chilling Injury and Maintain Postharvest Quality of Washington Navel Orange. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 2(3), 108-113.
- Nour, V., Trandafir, I., & Ionica, M.E. (2011). Effects of pre-treatment and drying temperatures on the quality of dried button mushrooms. *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 2(1), 15-24.
- Oliveira, F., Sousa-Gallagher, M.J., Mahajan, P.V., & Teixeira, J.A. (2012). Evaluation of MAP

- engineering design parameters on quality of fresh-sliced mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 108, 507-514.
- Rai, R.D. & Arumuganathan, T. (2003). Post harvest handling of the fresh mushrooms. *Compendium for Summer school on "Emerging areas of mushroom research and production"* (pp. 301-311). NRCM, Solan (H.P).
- Rai, R.D., & Arumuganathan, T. (2008). *Post harvest technology of mushrooms*. National Research Centre for mushroom (ICAR), Chambaghat, Solan – 173213 (HP), India.
- Sapata, M., Ramos, A., Ferreira, A., Andrada, L., & Candeias, M. (2009a). Changes of quality of *Pleurotus ssp. carpophores* in modified atmosphere packaging. *Acta Scientiarum Polonorum: Technologia Alimentaria*, 8, 17-22.
- Sapata, M. Ramos, A., Ferreira, A., Andrada, L., & Candeias, M. (2009b). Quality maintenance improvement of *Pleurotus ostreatus* mushrooms by modified atmosphere packaging. *Acta Scientiarum Polonorum: Technologia Alimentaria*, 8, 53-60.
- Satish, N., Ramachandra, M., Rajashekharappa, K.S., Tulasidas, T.N., Murali, M., & Mallesha, B.C. (2006). Drying of oyster mushroom (*Pleurotus Florida*) in the different dryers. *Journal Dairying Food and H.S.*, 25(2), 79-86.
- Seo, S.Y., Sharma, V.K., & Sharma, N. (2003). Mushroom tyrosinase: Recent prospects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2837-2853.
- Silvia, A., Luís, M.C., & Susana, C.F. (2014). Modelling the influence of time and temperature on the respiration rate of fresh oyster mushrooms. *Food Science Technology International Journal*, 21(8), 593-603.
- Simon, A., & González-Fandos, E. (2009). Effect of washing with citric acid and antioxidants on the colour and microbiological quality of whole mushrooms (*Agaricus bisporus* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 2500-2504.
- Singh, M. (2011). *Technologies for mushroom production* (Directorate of Mushroom Research Chambaghat. Solan)
- Singh, S., Gaikwad, K.K., Lee, M., & Lee, Y.S. (2018). Thermally buffered corrugated packaging for preserving the postharvest freshness of mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Journal of Food Engineering*, 216, 11-19.
- Tianjia, J., Shasha, L., Qiuping, C., Lirong, S., & Tiejun, Y. (2010). Effect of integrated application of gamma irradiation and modified atmosphere packaging on physicochemical and microbiological properties of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *Food Chemistry*, 3(122), 761-767.
- Villaescusa, R., & Gil, M. (2003). Quality improvement of *Pleurotus* mushrooms by modified atmosphere packaging and moisture absorbers. *Postharvest Biology Technology*, 28(1): 169-179.
- Zang, R., Li, X., & Fadel, J.G. (2002). Oyster mushroom cultivation with rice and wheat straw. *Bioresource Technology*, 82(3), 277-284.
- Zivanovic, S., Busher, R.W., & Kim, K.S. (2000). Textural changes in mushrooms (*Agaricus bisporus*) associated with tissue ultrastructure and composition. *Journal of Food Science*, 65(8), 1404-1408.