

ỨNG DỤNG PHỤ PHẨM BÃ ĐẬU NÀNH TRONG NUÔI TRỒNG NẤM LINH CHI (*Ganoderma lucidum* GA2)

Thân Thị Hương^{1*}, Phạm Minh Tuấn², Vũ Thị Huyền¹, Nguyễn Thị Oanh¹, Trần Thị Định¹

¹Khoa Công nghệ thực phẩm, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

²Viện Nghiên cứu và Phát triển Nấm ăn, Nấm dược liệu, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Tác giả liên hệ: thanhuong@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 14.04.2025

Ngày chấp nhận đăng: 07.07.2026

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm đánh giá hiệu quả bổ sung bã đậu nành vào cơ chất nuôi trồng nấm linh chi *Ganoderma lucidum* GA2 thay thế cho cám mì. Thí nghiệm được bố trí với các công thức bổ sung bã đậu nành ở tỷ lệ khác nhau (1%, 3% và 5%). Kết quả cho thấy bổ sung bã đậu nành từ 1-5% không ảnh hưởng đáng kể đến sinh trưởng hệ sợi và phát triển quả thể so với công thức đối chứng. Tuy nhiên, tỷ lệ 3% giúp tăng đáng kể hàm lượng polysaccharide (34,91 mg/g CK), polyphenol tổng số (8,81 mgGAE/g CK) và khả năng kháng oxy hóa (14,87 mgTE/g CK). Như vậy, bã đậu nành không chỉ là nguồn nguyên liệu thay thế tiềm năng, giúp tận dụng phụ phẩm công nghiệp chế biến mà còn góp phần cải thiện giá trị dược liệu của nấm linh chi.

Từ khóa: Hoạt chất sinh học, polysaccharide, polyphenol, khả năng kháng oxy hóa.

Utilization of Okara as a Substrate for Cultivating Lingzhi Mushroom *Ganoderma lucidum* GA2

ABSTRACT

Soybean residue is a nutrient-rich by-product of the soy milk industry, offering high potential as a sustainable supplement in mushroom cultivation. This study investigated the effects of incorporating soybean residue as a partial replacement for wheat bran in the substrate of *Ganoderma lucidum* GA2. Substrates were formulated with 1%, 3%, and 5% soybean residue. The results showed that mycelial growth and fruiting body formation remained comparable to the control at all supplementation levels. The supplementation of 3% soybean residue significantly increased polysaccharide content (34.91 mg/g DW), total polyphenols (8.81 mgGAE/g DW), and antioxidant activity (14.87 mgTE/g DW). These findings highlight soybean residue as a promising alternative to conventional materials, improving the medicinal properties of *G. lucidum* by increasing its bioactive compounds, and contributing to by-product valorization.

Keywords: Bioactive compounds, polysaccharides, polyphenols, antioxidant capacity.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Linh chi (*Ganoderma lucidum*) là loài nấm được liệu được sử dụng trong y học cổ truyền từ lâu đời. Chiết xuất nấm linh chi đã được chứng minh có hoạt tính chống ung thư, điều hòa miễn dịch, bảo vệ thần kinh và chống tiểu đường do chứa các hoạt chất sinh học như polysaccharide, polyphenol, steroid, terpenoid và vi chất (Atila, 2020; Babitskaya & cs., 2005). Tại Việt Nam,

nấm linh chi được nuôi trồng từ năm 1978 và ngày càng phát triển rộng rãi. Trong đó, chủng *G. lucidum* GA2 có nguồn gốc từ Thái Lan được đánh giá là phù hợp với điều kiện khí hậu Việt Nam và có tiềm năng để phát triển nuôi trồng thương mại (Ngô Xuân Nghiễn & cs., 2019).

Cơ chất là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sinh trưởng và chất lượng nấm linh chi. Trong sản xuất, ngoài cơ chất chính cung cấp carbon, hiệu quả nuôi trồng còn phụ thuộc nhiều vào

nguồn dinh dưỡng bổ sung, đặc biệt là nitơ và các nguyên tố vi lượng (Gurung & cs., 2012). Nhiều phụ phẩm như cám gạo, cám mì, bột ngô, bột đậu nành đã được sử dụng để nâng cao năng suất và chất lượng nấm (Gurung & cs., 2012; Lisiecka & cs., 2015). Một số nghiên cứu về nuôi trồng nấm linh chi tại Việt Nam đã sử dụng bột ngô, cám gạo, cám mì (Nguyễn Thị Bích Thùy & cs., 2019; Nguyễn Thị Kim Cúc & cs., 2021). Tuy nhiên, các nguyên liệu này đều có hạn chế như lẫn nhiều tạp chất nên chất lượng không ổn định hoặc giá thành nhập khẩu cao.

Theo Vong & Liu (2016), bã đậu nành giàu protein (15,2-33,4% CK) và chứa nhiều khoáng chất như K, Ca, Mg và các vitamin nhóm B. Thị trường thực phẩm từ đậu nành được dự báo tăng từ 47,1 tỷ USD năm 2022 lên 62,4 tỷ USD vào năm 2028 (Karim & cs., 2025), kéo theo lượng lớn phụ phẩm phát sinh trong chế biến. 1kg đậu nành khô đưa vào chế biến sữa đậu nành có thể tạo ra 1,1-1,2kg bã ướt (Vong & Liu, 2016). Nếu không được tận dụng hiệu quả, nguồn phụ phẩm này không chỉ lãng phí mà còn ảnh hưởng xấu đến môi trường; riêng bã đậu nành có thể gây thất thoát khoảng 228 USD cho mỗi tấn đậu nành chế biến (Karim & cs., 2025).

Theo Fewell & Gustafson (2007) bã đậu nành có thể sử dụng làm nguyên liệu phụ trong nuôi trồng nấm. Một số nghiên cứu đã cho thấy việc bổ sung bã đậu nành có thể giúp tăng cường sinh trưởng và nâng cao hàm lượng các hoạt chất sinh học như triterpenoid và phenolic trong nấm được liệu (Chutimanukul & cs., 2023).

Có thể thấy bã đậu nành là nguồn phụ phẩm giàu dinh dưỡng, sẵn có và có tiềm năng thay thế cho các nguyên liệu nuôi trồng nấm hiện đang được sử dụng. Theo Atoji-Henrique & cs. (2017) việc ứng dụng bã đậu nành không chỉ góp phần cải thiện chất lượng cơ chất mà còn giúp giảm chi phí và tận dụng phụ phẩm từ công nghiệp chế biến một cách bền vững.

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá hiệu quả của việc bổ sung bã đậu nành vào môi trường nuôi trồng nấm linh chi *G. lucidum* GA2, thay thế cho nguyên liệu đang được sử dụng phổ biến là cám mì.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Chủng nấm *G. lucidum* GA2 được cung cấp bởi Viện Nghiên cứu và Phát triển Nấm ăn, Nấm được liệu, Học viện Nông nghiệp Việt Nam.

Bã đậu nành thu nhận tại Công ty cổ phần All Origin Việt Nam (Hà Nội) được sấy khô ($50 \pm 2^\circ\text{C}$), nghiền mịn trước khi phân tích và bổ sung vào môi trường nuôi cấy. Cám mì được cung cấp bởi Công ty TNHH sản xuất bột mì Vimaflour. Mùn cưa, cám gạo, bột ngô được thu nhận từ các cơ sở sản xuất tại Việt Nam.

Hóa chất: Folin-Ciocalteu (Merck, Đức); DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl, TCI, Nhật Bản); trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid, Sigma-Aldrich, Mỹ); HClO_4 , H_2SO_4 , ethanol, methanol, *n*-hexan (Samchun, Hàn Quốc); gallic acid, NaOH, phenol (Trung Quốc).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Xác định thành phần dinh dưỡng của nguyên liệu

Bã đậu nành, cám mì, cám gạo và bột ngô được phân tích thành phần dinh dưỡng gồm: hàm lượng protein được xác định bằng phương pháp Kjeldahl (TCVN 8125:2015); hàm lượng lipid được xác định bằng phương pháp Soxhlet (TCVN 8951-1:2011); hàm lượng tro được xác định bằng phương pháp nung (TCVN 8124:2009); độ ẩm được xác định bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi (TCVN 9706:2013); hàm lượng carbohydrate được xác định bằng phương pháp tính hiệu số (FAO, 2003).

2.2.2. Xác định ảnh hưởng của bã đậu nành bổ sung đến chất lượng nấm linh chi

Chủng nấm GA2 được nuôi cấy trên cơ chất bổ sung bã đậu nành với tỷ lệ khác nhau theo các công thức tại bảng 1.

Nguyên liệu được chuẩn bị theo phương pháp của Đinh Xuân Linh & cs. (2007). Khối lượng mỗi bịch nuôi trồng nấm là 1kg (túi PE, kích thước $19 \times 37\text{cm}$). Mỗi công thức gồm 9 bịch, được bố trí 3 lần lặp. Các bịch nấm được đặt trong phòng ươm có nhiệt độ $25-28^\circ\text{C}$, độ ẩm 65-75%. Sau khi kết thúc quá trình ươm sợi,

bịch được chuyển sang phòng nuôi quả thể có nhiệt độ 27-30°C, độ ẩm 85-90%.

Sự sinh trưởng, phát triển của nấm được đánh giá qua các chỉ tiêu: tốc độ sinh trưởng trung bình hệ sợi, thời gian hệ sợi mọc kín cơ chất, thời gian xuất hiện mầm quả thể, thời gian thu hái quả thể lần đầu tiên, kích thước quả thể, khối lượng quả thể/bịch và hiệu suất sinh học theo phương pháp của Ngô Xuân Nghiễn & cs. (2019).

Quả thể nấm linh chi sau thu hoạch được sấy thăng hoa, nghiền mịn và trích ly bằng dung môi ethanol 60% theo phương pháp của Veljović & cs. (2017) với một số thay đổi như sau: tỷ lệ nguyên liệu/dung môi là 1/50, nhiệt độ trích ly là 90°C, thời gian trích ly là 2 giờ. Mẫu được lấy ngẫu nhiên từ ba lần lặp thí nghiệm. Dịch chiết sau trích ly được phân tích các chỉ tiêu: hàm lượng polysaccharides bằng phương pháp phenol-sulfuric (Nielsen, 2010); hàm lượng polyphenol tổng số bằng thuốc thử Folin-Ciocalteu (Lim & cs., 2007); khả năng kháng oxy hóa bằng cách sử dụng gốc tự do DPPH (Tabart & cs., 2009).

2.3. Xử lý số liệu

Phân tích ANOVA một chiều trên phần

mềm Minitab 19 được sử dụng để đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố thí nghiệm. Số liệu được biểu diễn theo giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn của 3 lần lặp thí nghiệm. Sự khác biệt giữa các giá trị trung bình được xác định bằng phép so sánh Tukey với mức tin cậy 95%.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xác định thành phần dinh dưỡng của nguyên liệu sử dụng trong nuôi trồng nấm linh chi

Kết quả phân tích thành phần dinh dưỡng của các nguyên liệu sử dụng trong nuôi trồng nấm linh chi được trình bày trong bảng 2.

Theo Atoji-Henrique & cs. (2017) sự tăng trưởng của nấm chịu ảnh hưởng bởi hàm lượng carbohydrate cũng như tỷ lệ carbohydrate/protein. Trong cơ chất nuôi trồng nấm, nguồn carbohydrate (cung cấp phần lớn carbon) chủ yếu đến từ mùn cưa, các nguyên liệu phụ như bã đậu nành có thành phần protein đóng vai trò chính là cung cấp nitơ. Trong bốn loại nguyên liệu, hàm lượng protein trong bã đậu nành cao nhất (28,6%), gấp hơn hai lần so với cám mì, cám gạo và cao hơn nhiều so với bột ngô (7,7%).

Bảng 1. Thành phần cơ chất nuôi trồng nấm linh chi

Công thức	Thành phần
CT1 (đối chứng - ĐC)	87% mùn cưa + 7% bột ngô + 5% cám mì + 1% CaCO ₃
CT2	87% mùn cưa + 7% bột ngô + 4% cám mì + 1% bã đậu nành + 1% CaCO ₃
CT3	87% mùn cưa + 7% bột ngô + 2% cám mì + 3% bã đậu nành + 1% CaCO ₃
CT4	87% mùn cưa + 7% bột ngô + 5% bã đậu nành + 1% CaCO ₃

Bảng 2. Thành phần dinh dưỡng của một số nguyên liệu sử dụng trong nuôi trồng nấm linh chi

Thành phần	Nguyên liệu			
	Bã đậu nành	Cám mì	Cám gạo	Bột ngô
Nước(%)	3,3 $\pm$ 0,1	10,7 $\pm$ 0,6	8,5 $\pm$ 0,1	12,2 $\pm$ 0,1
Protein(%)	28,6 $\pm$ 0,4	12,5 $\pm$ 0,1	10,6 $\pm$ 0,1	7,7 $\pm$ 0,0
Lipid(%)	13,9 $\pm$ 0,1	3,3 $\pm$ 0,1	14,7 $\pm$ 1,7	3,8 $\pm$ 0,1
Tro(%)	3,9 $\pm$ 0,1	9,2 $\pm$ 0,3	10,7 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1
Carbohydrate(%)	50,3	64,3	55,5	75,6

Ghi chú: Số liệu là kết quả trung bình $\pm$ SD của 3 lần lặp phân tích.

Hàm lượng protein cao đồng nghĩa với việc cung cấp lượng lớn nitơ hữu cơ, một yếu tố thiết yếu cho sự phát triển và quyết định năng suất của nấm (Fewell & Gustafson, 2007). Theo Chutimanukul & cs. (2023), nitơ trong cơ chất cũng ảnh hưởng đến sự tổng hợp các hợp chất kháng oxy hóa trong nấm. Hàm lượng nitơ trong cơ chất quyết định tỷ lệ carbon/nitơ, từ đó tác động đến những quá trình quan trọng đối với sự phát triển của nấm như phân giải lignocellulose (Xie & cs., 2017). Sợi nấm phát triển ổn định khi tỷ lệ carbon/nitơ trong môi trường từ 15/1 đến 45/1 (tỷ lệ tối ưu là 20/1), trong khi quá trình sinh trưởng và hình thành bào tử của nấm thường xảy ra tốt nhất ở tỷ lệ 30/1 đến 40/1 (Zhou, 2017). Do đó, việc bổ sung nguyên liệu phụ cần được cân nhắc để duy trì tỷ lệ nitơ phù hợp trong cơ chất.

Hàm lượng lipid cũng là yếu tố ảnh hưởng đến sự phát triển của nấm linh chi. Bã đậu nành có hàm lượng lipid là 13,9%, thấp hơn không đáng kể so với cám gạo (14,7%), trong khi cám mì chỉ có 3,3% và bột ngô có 3,8%. Lipid không phải là thành phần thiết yếu như carbon hay nitơ, tuy nhiên, việc bổ sung chất béo từ thực vật có thể kích thích sự phát triển hệ sợi và sản xuất các chất chuyển hóa ở một số loài nấm. Theo Yang & cs. (2000), bổ sung dầu thực vật vào môi trường nuôi cấy nấm linh chi ở mức phù hợp giúp kích thích phát triển hệ sợi và hình thành polysaccharides, trong khi nồng độ cao hơn có thể gây ức chế.

Hàm lượng tro là chỉ số phản ánh lượng khoáng chất cũng có sự khác biệt giữa các nguyên liệu. Bã đậu nành có hàm lượng tro đạt 3,9% cao hơn so với bột ngô (0,7%), trong khi cám mì và cám gạo có hàm lượng tro cao hơn đáng kể lần lượt là 9,2% và 10,7%. Hàm lượng tro cao cho thấy sự hiện diện của nhiều nguyên tố khoáng, có vai trò hỗ trợ hoạt động enzyme, điều chỉnh giá trị pH của cơ chất, cố định nitơ và tham gia vào quá trình trao đổi chất nội bào của nấm. Ba nguyên tố quan trọng nhất cho sự phát triển của nấm linh chi gồm phospho, kali và magiê (Zhou, 2017). Nhiều nghiên cứu đã cho thấy trong bã đậu nành chứa các khoáng chất này với hàm lượng tương đối cao, phospho

(396-444 mg/100g CK), kali (936-1.350 mg/100g CK), magiê (130-257 mg/100g CK) (Li & cs., 2012; Vong & Liu., 2016).

Như vậy, với hàm lượng protein cao, giàu khoáng chất, bã đậu nành là nguyên liệu bổ sung tiềm năng cho cơ chất trồng nấm linh chi. So với cám mì là nguyên liệu đang được sử dụng phổ biến nhưng có giá thành cao và phải nhập khẩu thì bã đậu nành là lựa chọn thay thế giàu dinh dưỡng và kinh tế hơn.

3.2. Ảnh hưởng của bã đậu nành bổ sung đến sự sinh trưởng và phát triển của nấm linh chi

3.2.1. Ảnh hưởng của bã đậu nành đến sinh trưởng của hệ sợi

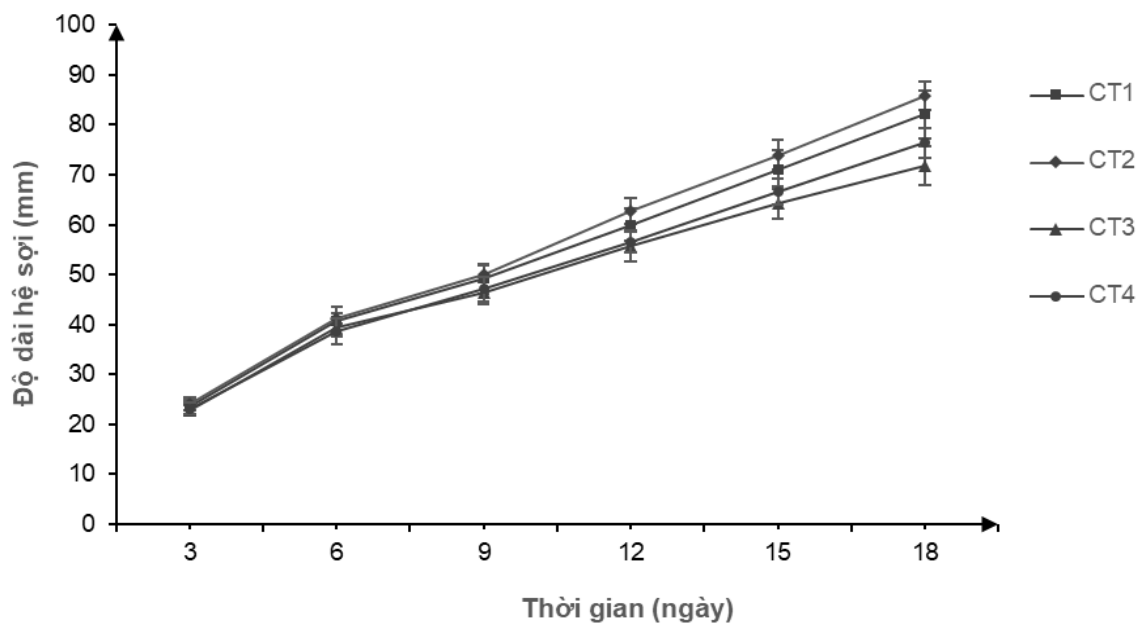
Kết quả hình 1 cho thấy hệ sợi nấm phát triển tốt trên các môi trường bổ sung bã đậu nành. Sau 3 ngày cấy giống, chiều dài hệ sợi nấm đạt từ 22,8-24,1mm và tiếp tục tăng lên 71,9-85,9mm sau 18 ngày. Mức độ phát triển hệ sợi không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các công thức ($\alpha = 0,05$), cho thấy việc thay thế cám mì bằng bã đậu nành không ảnh hưởng nhiều đến sự phát triển của hệ sợi, mặc dù CT3 và CT4 (tương ứng với tỷ lệ bổ sung 3% và 5% bã đậu nành) có xu hướng phát triển chậm hơn so với 2 công thức còn lại.

Tốc độ phát triển trung bình của hệ sợi (TĐTBHS) ở công thức đối chứng (CT1) tương đương với CT2 và CT4, trong khi giá trị này thấp nhất ở CT3 (Bảng 3). Thời gian hệ sợi mọc kín cơ chất (TGKCC) tỷ lệ nghịch với tốc độ tăng trưởng; công thức có TĐTBHS càng cao thì TGKCC càng ngắn. Cụ thể, CT2 có thời gian mọc kín nhanh nhất là 26,3 ngày; CT1 và CT4 lần lượt là 27,4 và 27,1 ngày; trong khi CT3 dài nhất với 28,4 ngày. Sự phát triển của hệ sợi của chủng *G. lucidum* GA2 trong nghiên cứu này tương tự với chủng *G. lucidum* GA3 trong nghiên cứu của Nguyễn Thị Bích Thùy & cs. (2019), trong đó TĐTBHS của chủng GA3 xấp xỉ 5 mm/ngày và TGKCC trên 30 ngày. Thành phần dinh dưỡng của cơ chất ảnh hưởng đến sự phát triển của hệ sợi nấm, do đó bổ sung các nguyên liệu giàu dưỡng chất có thể tạo điều kiện thuận

lợi cho sự phát triển của sợi nấm. Theo Lê Lý Thùy Trâm (2016), khi bổ sung cám gạo, cám ngô và phân gà, sợi nấm linh chi lan kín bình môi trường sau 34-36 ngày, trong khi ở công thức chỉ dùng mùn cưa, sau 50 ngày nấm vẫn chưa phủ kín. Như đã chứng minh ở phần trên, bã đậu nành là nguyên liệu giàu dinh dưỡng. Hệ sợi nấm ở các công thức bổ sung bã đậu nành trong nghiên cứu này đều sinh trưởng tốt. Kết quả này cho thấy bã đậu nành có tiềm năng thay thế các nguồn bổ sung dinh dưỡng truyền thống như cám gạo, cám mì hoặc cám ngô.

Về đặc điểm sinh trưởng của hệ sợi, kết quả bảng 3 cho thấy giữa các công thức không có sự khác biệt. Hệ sợi nấm trong bốn công thức đều được đánh giá là phát triển nhanh, đồng đều, mật độ dày, sợi có màu trắng cho thấy khả năng thích nghi tốt của nấm đối với các cơ chất này.

Thành phần nitơ trong bã đậu nành cao hơn cám mì, nên khi bổ sung cùng tỷ lệ vào cơ chất, bã đậu nành cung cấp hàm lượng nitơ nhiều hơn. Nitơ là yếu tố thiết yếu cho sự tổng hợp protein và enzyme, đóng vai trò quan trọng trong quá trình trao đổi chất của nấm. Tuy nhiên, nếu hàm lượng nitơ vượt quá nhu cầu sinh trưởng của nấm, nó có thể gây mất cân bằng tỷ lệ carbon/nitơ, dẫn đến ức chế sự phát triển của hệ sợi (Nguyễn Thị Huyền Trang & cs., 2023). Điều này lý giải vì sao ở các công thức có hàm lượng bã đậu nành cao (CT3 và CT4), hệ sợi lại có xu hướng phát triển chậm hơn so với CT2 (1% bã đậu nành). Nhìn chung, với tỷ lệ bã đậu nành bổ sung từ 1-5% hệ sợi nấm vẫn phát triển tốt, có sự khác biệt giữa các công thức nhưng không có ý nghĩa thống kê.



Hình 1. Sự phát triển của hệ sợi nấm trên các cơ chất khác nhau

Bảng 3. Đặc điểm sinh trưởng của hệ sợi nấm trên các cơ chất khác nhau

Công thức	TĐTBHS(mm/ngày)	TGKCC(ngày)	Đặc điểm hệ sợi
CT1	4,6 ^a ± 0,3	27,4 ^b ± 0,2	Hệ sợi màu trắng, dày, phát triển nhanh, đồng đều
CT2	4,8 ^a ± 0,2	26,3 ^c ± 0,3	Hệ sợi màu trắng, dày, phát triển nhanh, đồng đều
CT3	4,0 ^b ± 0,3	28,4 ^a ± 0,2	Hệ sợi màu trắng, dày, phát triển nhanh, đồng đều
CT4	4,2 ^{ab} ± 0,2	27,1 ^b ± 0,5	Hệ sợi màu trắng, dày, phát triển nhanh, đồng đều

Ghi chú: Trong cùng một chỉ tiêu, những số liệu có cùng chữ cái thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P \geq 0,05$) trong phép so sánh Tukey một chiều.



Ghi chú: Hình ảnh được chụp sau 21 ngày cấy giống.

Hình 2. Hệ sợi nấm trên các môi trường cơ chất khác nhau

3.2.2. Ảnh hưởng của bã đậu nành đến sự hình thành và phát triển quả thể

Việc bổ sung bã đậu nành vào cơ chất không chỉ ảnh hưởng đến sự sinh trưởng, phát triển của hệ sợi mà còn tác động đến quá trình hình thành và chất lượng quả thể nấm linh chi.

Kết quả bảng 4 cho thấy thời gian xuất hiện mầm và thu hái quả thể không có sự chênh lệch đáng kể giữa các công thức. Sau 34-37 ngày cấy giống, mầm quả thể bắt đầu xuất hiện, đến ngày 51-54 quả thể đã đạt đến độ trưởng thành và có thể thu hoạch. Thời gian này tương tự với kết quả của Nguyễn Thị Bích Thùy & cs. (2019) khi đánh giá khả năng phát triển của chủng *G. lucidum* GA3 trên cơ chất gồm 87% mùn cưa + 4% bột ngô + 8% cám gạo + 1% CaCO_3 .

Sự hình thành và phát triển quả thể phụ thuộc vào nhiều yếu tố như chủng giống, thành phần cơ chất, và các điều kiện môi trường (pH, nhiệt độ, độ ẩm,...) (Roy & cs., 2015; Zhou, 2017). Việc thay thế cám mì bằng một phần hoặc toàn bộ bã đậu nành có thể làm thay đổi thành phần dinh dưỡng cơ chất, nhưng nấm linh chi vẫn phát triển tốt. So sánh với một số nghiên cứu khác về ảnh hưởng của cơ chất nuôi cấy đến sự phát triển của nấm linh chi, thời gian xuất hiện mầm và thời gian bắt đầu thu hái quả thể lần 1 trong nghiên cứu này ngắn hơn. Cụ thể, Ngô Xuân Nghiễn & cs. (2019) ghi nhận khi nuôi trồng linh chi trên cơ chất gồm 86% mùn cưa, 10% cám gạo, 3% bột ngô và 1% CaCO_3 , chủng GA1 có thời gian xuất hiện mầm quả thể và thu hái lần lượt là 46,3 và 89,6 ngày sau khi cấy giống, trong khi hai chủng GA2 và GA3 có thời

gian xuất hiện mầm quả thể và thời gian thu hái lần 1 muộn hơn. Nghiên cứu của Roy & cs. (2015) khi bổ sung cám gạo và cám mì vào các cơ chất khác nhau cũng ghi nhận thời gian ra mầm quả thể là 33-40 ngày và thu hoạch là 60-90 ngày. Nguyên nhân dẫn đến sự phát triển của quả thể trong các nghiên cứu khác nhau ngoài sự khác biệt về thành phần cơ chất thì điều kiện nuôi trồng và/ hoặc chủng giống cũng khác nhau.

Hình dạng, kích thước và năng suất của nấm giữa các công thức cũng không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($\alpha = 0,05$). Nấm có dạng hình thận đặc trưng (Hình 2) với kích thước (KT) trung bình dao động từ 85,6-101,6mm (KT ngang) và 86,0-100,8mm (KT dọc). Hiệu suất sinh học tương đối cao (10,5-11,0%), tương ứng với khối lượng nấm tươi từ 53,6g đến 56,0g mỗi bịch. Các chỉ tiêu này thấp hơn so nghiên cứu của Ngô Xuân Nghiễn & cs. (2019) trên chủng nấm GA2 với chiều ngang đạt 12,57cm, khối lượng trung bình đạt 70,39 g/bịch và hiệu suất sinh học đạt 17%. Sự khác biệt này có thể do điều kiện và cơ chất nuôi trồng không giống nhau.

Những kết quả trên cho thấy nấm linh chi có thể phát triển tốt trên môi trường cơ chất bổ sung bã đậu nành. Như vậy, có thể kết luận bã đậu nành là một nguyên liệu phù hợp cho nuôi trồng nấm linh chi. Khi bổ sung bã đậu nành vào cơ chất với tỷ lệ 1-5%, sự sinh trưởng của chủng nấm linh chi GA2 trong cả giai đoạn hình thành, phát triển hệ sợi và quả thể đều ở mức tốt so với công thức đối chứng, chứng tỏ hàm lượng và sự cân bằng giữa các thành phần dinh dưỡng là phù hợp.

Bảng 4. Sự phát triển của quả thể của nấm GA-2 trên các cơ chất khác nhau

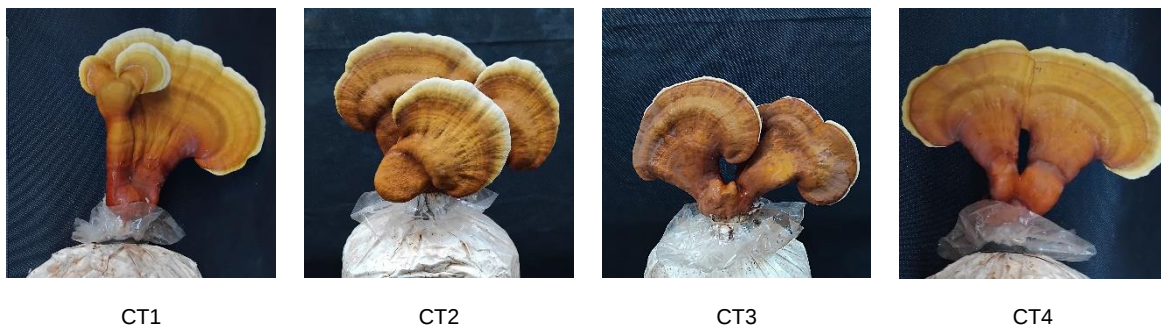
Công thức	Thời gian xuất hiện mầm quả thể(ngày)	Thời gian thu hái quả thể(ngày)
CT1	36,2 ^a ± 0,4	53,3 ^a ± 0,0
CT2	35,4 ^{ab} ± 0,3	53,5 ^a ± 0,2
CT3	35,2 ^b ± 0,2	53,2 ^a ± 0,2
CT4	34,5 ^b ± 0,5	51,7 ^b ± 0,3

Ghi chú: Trong cùng một chỉ tiêu, những số liệu có cùng chữ cái thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P \geq 0,05$) trong phép so sánh Tukey một chiều.

Bảng 5. Khối lượng, kích thước quả thể và hiệu suất sinh học của chủng nấm GA-2 trên các cơ chất khác nhau

Công thức	KT ngang quả thể(mm)	KT dọc quả thể(mm)	Khối lượng nấm/bịch(g)	Hiệu suất sinh học (%)
CT1	101,6 ^a ± 6,8	100,8 ^a ± 4,5	53,6 ^a ± 2,5	10,5 ^a ± 0,5
CT2	91,2 ^a ± 12,7	87,0 ^a ± 5,6	56,0 ^a ± 2,9	11,0 ^a ± 0,6
CT3	85,6 ^a ± 6,6	86,0 ^a ± 9,3	53,9 ^a ± 4,2	10,6 ^a ± 0,8
CT4	91,5 ^a ± 5,0	95,7 ^a ± 4,7	53,7 ^a ± 2,1	10,5 ^a ± 0,4

Ghi chú: Trong cùng một chỉ tiêu, những số liệu có cùng chữ cái thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P \geq 0,05$) trong phép so sánh Tukey một chiều.



Ghi chú: Hình ảnh được ghi nhận sau 54 ngày cấy giống.

Hình 2. Quả thể của nấm linh chi trên các cơ chất khác nhau

3.3. Ảnh hưởng việc bổ sung bã đậu nành đến các hoạt chất sinh học trong nấm linh chi

Bên cạnh những yếu tố như chủng giống hay mùa vụ thì cơ chất nuôi trồng cũng ảnh hưởng trực tiếp đến hàm lượng các hoạt chất sinh học trong nấm (Ha & cs., 2015).

Kết quả hình 3 cho thấy hàm lượng polysaccharide (PS) trong dịch chiết nấm linh chi có sự khác biệt đáng kể giữa các công thức. CT3 (3% bã đậu nành) có hàm lượng PS cao nhất, đạt 34,91 mg/g CK, trong khi CT1 (đối

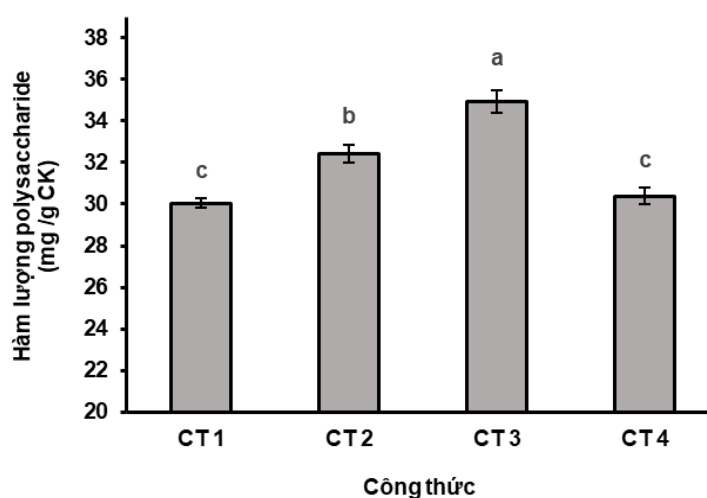
chứng) thấp nhất với 30,05 mg/g CK. Khi tỷ lệ bã đậu nành tăng tỷ lệ đến 5% (CT4), hàm lượng PS giảm xuống 31,02 mg/g CK, cho thấy bổ sung tỷ lệ bã đậu nành quá cao không mang lại hiệu quả tích cực. Hàm lượng PS của các mẫu nấm trong nghiên cứu này cao hơn so mẫu nấm cùng chủng GA2 trồng tại Tam Đảo (7,02 mg/g) (Ngô Xuân Nghiễn & cs., 2019).

Theo Babitskaya & cs. (2005), quá trình tổng hợp polysaccharide của nấm linh chi chịu ảnh hưởng từ nguồn carbon và nitơ có trong môi trường nuôi cấy. Tỷ lệ carbon/nitơ từ 18/1 đến 25/1 được xác định là tối ưu cho việc hình thành

polysaccharide trong sợi nấm. Sự khác biệt về protein cũng như các thành phần khác giữa các loại cơ chất có thể ảnh hưởng đến hàm lượng polysaccharide trong quả thể nấm linh chi (Babitskaya & cs., 2005).

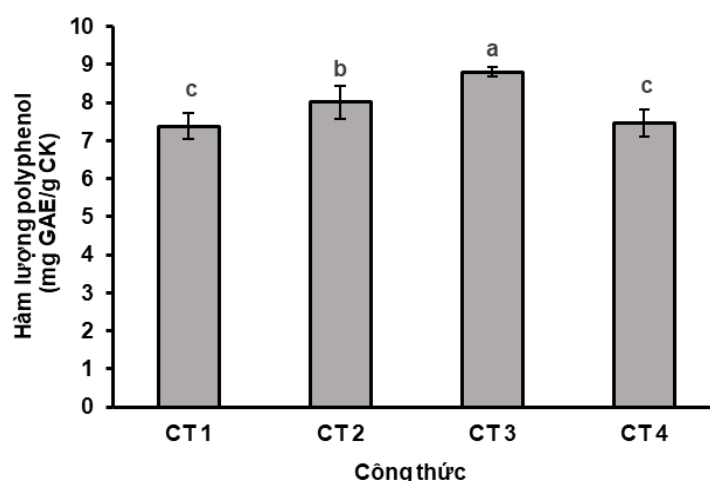
Ngoài polysaccharide, polyphenol cũng là nhóm hợp chất sinh học có vai trò quan trọng trong nấm linh chi. Kết quả phân tích cho thấy thay đổi tỷ lệ bã đậu nành bổ sung vào môi trường đã tác động đáng kể đến hàm lượng polyphenol tổng số (TPC) trong quả thể nấm linh chi. Hàm lượng TPC thấp nhất ở CT1 (đối

chứng), đạt 7,38mg GAE/g CK. Khi thay thế 1% cám mì bằng bã đậu nành (CT2), hàm lượng TPC tăng lên 8,02mg GAE/g CK. TPC đạt giá trị cao nhất ở công thức CT3 (3% bã đậu nành), với 8,81mg GAE/g CK. Tuy nhiên, khi tăng lượng bã đậu nành bổ sung lên 5% (CT4), hàm lượng TPC giảm còn 7,46mg GAE/g CK (Hình 4). So với hàm lượng TPC của nấm linh chi trồng tại Trung Quốc trong nghiên cứu của Dong & cs. (2019), đạt 4,68 mg/g CK giá trị cao nhất ghi nhận trong nghiên cứu này cao hơn nhiều.



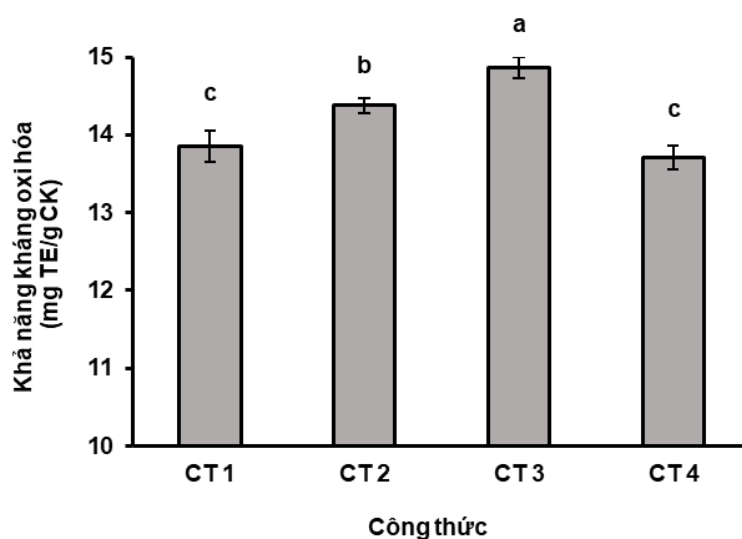
Ghi chú: Các số liệu có cùng chữ cái thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P \geq 0,05$) trong phép so sánh Tukey một chiều.

Hình 3. Hàm lượng polysaccharide tổng số trong nấm linh chi trên cơ chất khác nhau



Ghi chú: Các số liệu có cùng chữ cái thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P \geq 0,05$) trong phép so sánh Tukey một chiều.

Hình 4. Hàm lượng polyphenol tổng số trong nấm linh chi trên các cơ chất khác nhau



Ghi chú: Các số liệu có cùng chữ cái thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P \geq 0,05$) trong phép so sánh Tukey một chiều.

Hình 5. Khả năng kháng oxy hóa của nấm linh chi trên các cơ chất khác nhau

Hàm lượng TPC tăng so với đối chứng khi bổ sung bã đậu nành ở mức 1-3% (CT2, CT3) có thể liên quan đến việc tăng cường hàm lượng nitơ hữu cơ cho cơ chất từ nguyên liệu này, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình sinh tổng hợp các hợp chất polyphenol (Chutimanukul & cs., 2023). Kết quả tương tự cũng được báo cáo trong nghiên cứu của Chutimanukul & cs. (2023) khi đánh giá ảnh hưởng của việc bổ sung bã đậu nành đến hàm lượng polyphenol tổng số của nấm hươu *H. erinaceus*. Nhìn chung, các nguồn nitơ hữu cơ thường được xem là yếu tố thúc đẩy quá trình tổng hợp các hợp chất polyphenol trong nấm (Chutimanukul & cs., 2023).

Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng nấm linh chi có hoạt tính chống oxy hóa mạnh nhờ hàm lượng cao các hợp chất polyphenol, triterpenoid và polysaccharide, hoạt tính kháng oxy hóa của nấm có mối tương quan tỷ lệ thuận với hàm lượng các chất này (Kim & cs. 2008; Dong & cs., 2019).

Trong nghiên cứu này, hoạt tính kháng oxy hóa của nấm GA2 được đánh giá qua khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH. Kết quả phân tích (Hình 5) cho thấy ảnh hưởng rõ rệt của tỷ lệ bã đậu nành trong cơ chất. CT3 (3% bã đậu nành)

đạt giá trị cao nhất (14,87mg TE/g CK), tương ứng với mức TPC và TPS cao nhất. Ngược lại, CT1 (đối chứng) và CT4 (bổ sung 5% bã đậu nành) hoạt tính thấp hơn, lần lượt là 13,86mg TE/g CK và 13,71mg TE/g CK, phù hợp với xu hướng giảm của TPC và TPS ở các công thức này. CT2 (bổ sung 1% bã đậu nành) đạt giá trị trung bình là 14,38mg TE/g CK.

Tóm lại, việc thay thế nguyên liệu cám mạch bằng bã đậu nành làm thay đổi tỷ lệ carbon/nitơ của cơ chất, từ đó tác động đến quá trình sinh tổng hợp polysaccharide, polyphenol và hoạt tính kháng oxy hóa của nấm linh chi. Bổ sung 3% bã đậu nành có thể đã tạo điều kiện dinh dưỡng tối ưu, trong khi mức 5% có thể làm mất cân bằng, dẫn đến giảm hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy bã đậu nành là nguyên liệu thay thế tiềm năng cho cám mì trong cơ chất nuôi trồng nấm linh chi. Bổ sung với tỷ lệ từ 1-5%, hệ sợi nấm vẫn phát triển tốt, thời gian thu hoạch, và năng suất quả thể tương đương với đối chứng. Đặc biệt, bổ sung bã đậu nành giúp tăng hàm lượng polysaccharide,

polyphenol và khả năng kháng oxy hóa của quả thể, trong đó tỷ lệ 3% cho hiệu quả cao nhất. Những kết quả này góp phần phát triển quy trình nuôi trồng nấm linh chi theo hướng bền vững, sử dụng bã đậu nành không chỉ tận dụng được phụ phẩm này mà còn góp phần nâng cao giá trị của sản phẩm nấm linh chi.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Học viện Nông nghiệp Việt Nam trong đề tài khoa học và công nghệ cấp Học viện năm 2024 mã số T2024-09-29 và Hội đồng liên đại học vùng Flander (VLIR-UOS), Bỉ trong dự án Team 2022 mã số VN2022TEA532A103.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Atila F. (2020). Comparative study on the mycelial growth and yield of *Ganoderma lucidum* (Curt.:Fr.) Karst. on different lignocellulosic wastes. *Acta Ecologica Sinica*. 40(2): 153-157.
- Atoji-Henrique K., Henrique D.S., Glória L.S., Mazaro S.M. & Casagrande M. (2017). Influence of substrate composition on beta-glucans production and growth of *Ganoderma lucidum*. *J Agric Sci*. 9(5): 190-199.
- Babitskaya V.G., Shcherba V.V., Puchkova T.A. & Smirnov D.A. (2005). Polysaccharides of *Ganoderma lucidum*: factors affecting their production. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 41: 169-173.
- Bich Thuy Thi Nguyen, Nghien Xuan Ngo, Ve Van Le, Luyen Thi Nguyen, Ry Kana & Huy Duc Nguyen (2019). Optimal culture conditions for mycelial growth and fruiting body formation of Ling Zhi mushroom *Ganoderma lucidum* strain GA3. *Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering*. 61(1): 62-67.
- Chutimanukul P., Sukdee S., Prajuabjinda O., Thepsilvisut O., Panthong S., Athinuwat D., Chuaboon W., Poomipan P. & Vachirayagorn V. (2023). The effects of soybean meal on growth, bioactive compounds, and antioxidant activity of *Hericium erinaceus*. *Horticulturae*. 9(6): 693.
- Đinh Xuân Linh, Thân Đức Nhã & Nguyễn Thị Sơn (2007). Kỹ thuật trồng, chế biến nấm ăn, nấm dược liệu. Nhà xuất bản Nông nghiệp.
- FAO (2003). Food Energy - Methods of Analysis and Conversion Factors. Food and Nutrition Paper, Rome. p. 77.
- Fewell J.E. & Gustafson C.R. (2007). Economic analysis of using soybean meal as a mushroom growing substrate. *AgEconSearch*.
- Gurung O.K., Budathoki U. & Parajuli G. (2012). Effect of different substrates on the production of *Ganoderma lucidum* (Curt.:Fr.) Karst. *Our nature*. 10(1): 191-198.
- Ha D.T., Loan L.T., Hung T.M., Han L.V.N., Khoi N.M., Dung L.V., Min B.S. & Nguyen N.P.D. (2015). An improved HPLC-DAD method for quantitative comparisons of triterpenes in *Ganoderma lucidum* and its five related species originating from Vietnam. *Molecules*. 20(1): 1059-1077.
- Karim A., Osse E.F. & Khalloufi S. (2025). Innovative strategies for valorization of byproducts from soybean industry: A review on status, challenges, and sustainable approaches towards zero-waste processing systems. *Heliyon*. 11(3).
- Kim Min-Young, Seguin Philippe, Ahn Joung-Kuk, Kim Jong-Jin, Chun Se-Chul, Kim Eun-Hye, Seo Su-Hyun, Kang Eun-Young, Kim Sun-Lim, Park Yool-Jin, Ro Hee-Myong & Chung Ill-Min (2008). Phenolic Compound Concentration and Antioxidant Activities of Edible and Medicinal Mushrooms from Korea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(16): 7265-7270.
- Lim Y.Y. & Murtijaya J. (2007). Antioxidant properties of *Phyllanthus amarus* extracts as affected by different drying methods. *LWT-Food Science and Technology*. 40(9): 1664-1669.
- Lê Lý Thùy Trâm (2016). Nghiên cứu qui trình nuôi trồng nấm Linh chi (*Ganoderma lucidum*) phù hợp tại Đà Nẵng. *Tạp Chí Khoa học Và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*. 9(106): 102-6
- Lisiecka J., Rogalski J., Sobieralski K., Siwulski M., Sokół S. & Ohga S. (2015). Mycelium growth and biological efficiency of *Ganoderma lucidum* on substrate supplemented with different organic additives. *Kyushu University*.
- Nielsen S.S. (2010). Food analysis laboratory manual. Second edition. Springer. 171p.
- Ngo Xuan Nghien, Nguyen Thi Bich Thuy, Le Van Ve, Nguyen Thi Luyen, Nguyen Thi Thu & Nguyen Dinh Quan (2019). Morphological characteristics, yield performance, and medicinal value of some lingzhi mushroom (*Ganoderma lucidum*) strains cultivated in Tam Dao, Vietnam. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*. 2(1): 321-331.
- Nguyễn Thị Huyền Trang, Ngô Xuân Nghiễn, Trần Đông Anh, Nguyễn Thị Luyện & Nguyễn Thị Bích Thùy (2023). Nghiên cứu đặc điểm sinh trưởng hệ sợi và ảnh hưởng của tỷ lệ cám mạch đến sự hình thành, phát triển quả thể của nấm Hoàng chi

- (*Tomophagus cattienensis*). Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam. 21(12): 1581-1591.
- Nguyễn Thị Kim Cúc, Nguyễn Thị Diễm, Nguyễn Thị Oanh, Nguyễn Văn Phú & Nguyễn Mạnh Tuấn (2021). Tối ưu hóa một số điều kiện để nuôi trồng nấm linh chi (*Ganoderma lucidum*) sùng hươu trên mùn cưa. Hue University Journal of Science: Agriculture and Rural Development. 130(3B): 93-103.
- Roy S., Jahan M.A., Das A.K.K., Munshi S.K., & Noor R. (2015). Artificial Cultivation of *Ganoderma lucidum* (Reishi Medicinal Mushroom) Using Different Sawdusts as Substrates. American Journal of Bioscience. 3(5): 178-182.
- Tabart J., Kevers C., Pincemail J., Defraigne J. & Dommes J. (2009). Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. Food Chemistry. 113(4): 1226-1233.
- Veljović S., Veljović M., Nikićević N., Despotović S., Radulović S., Nikšić M. & Filipović L. (2017). Chemical composition, antiproliferative and antioxidant activity of differently processed *Ganoderma lucidum* ethanol extracts. Journal of food science and technology. 54: 1312-1320.
- Vong W.C., & Liu S.Q. (2016). Biovalorisation of okara (soybean residue) for food and nutrition. Trends in Food Science & Technology. 52: 139-147.
- Xie C., Gong W., Yan L., Zhu Z., Hu Z. & Peng Y. (2017). Biodegradation of ramie stalk by *Flammulina velutipes*: Mushroom production and substrate utilization. AMB Express. 7: 171.
- Yang F.C., Ke Y.F. & Kuo S.S. (2000). Effect of fatty acids on the mycelial growth and polysaccharide formation by *Ganoderma lucidum* in shake flask cultures. Enzyme and microbial technology. 27(3-5): 295-301.
- Zhou X.W. (2017). Cultivation of *Ganoderma lucidum*. Edible and medicinal mushrooms: technology and applications. pp. 385-413.