

STUDY ON CHEMICAL COMPOSITIONS AND BIOLOGICAL ACTIVITIES OF STRAW CHANGING DUE TO THE INCUBATION TIME BEFORE GROWING MUSHROOM

Nguyen Tan Thanh¹, Nguyen Thi Gap¹, Nguyen Tran Phuong Anh¹, Nguyen Khanh Dung¹,
Tran Chi Linh², Huynh Thi Phuong Thao³, Luu Thai Danh^{1*}

¹Can Tho University, ²Nam Can Tho University, ³Vinh Long University of Technology Education

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 26/02/2025 Revised: 31/3/2025 Published: 31/3/2025	This study evaluated the changes in chemical compositions and biological activities of straw due to incubation time. Cellulose, hemicellulose, and lignin contents were determined as incubation days, polyphenol and flavonoid contents in the straw extract were quantified, and chemical composition in the extract was defined by liquid chromatography. The antioxidant activity of the straw extract was determined by four methods: 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid, ferric reducing ability of plasma, total antioxidant capacity. Antifungal activity of the extract was performed using an intoxicating culture medium to determine the ability to inhibit the growth of mycelium. The highest cellulose content was found in the fresh straw extract (37.7%), followed by hemicellulose (32.3 - 36.6%), and lignin (13.3 - 17.7%). Fresh straw extract possessed the highest polyphenol content of 130.5 (mg GAE/g extract), flavonoid content of 47.3 (mg QE/g extract), and kaempferol content of 552.2 (µg/g extract) in comparison with other treatments. The antioxidant capacity of fresh straw extract ranged from 64.1 - 100.1 µg/mL and gradually decreased with prolonged incubation time. Fresh straw extract indicated the highest fungal inhibitory ability after five days of incubation, at 11.7%, and the lowest after six and eight days of incubation. The incubation helped reduce chemical compositions and biological activities in straw, creating favorable conditions for mycelium development.
KEYWORDS	
Antifungal activity	
Antioxidant activity	
Cellulose	
Incubation time	
Straw mushroom	

KHẢO SÁT THÀNH PHẦN HÓA HỌC VÀ HOẠT TÍNH SINH HỌC CỦA RƠM THAY ĐỔI THEO THỜI GIAN Ủ TRƯỚC KHI TRỒNG NẤM

Nguyễn Tấn Thành¹, Nguyễn Thị Gặp¹, Nguyễn Trần Phương Anh¹, Nguyễn Khánh Dung¹,
Trần Chí Linh², Huỳnh Thị Phương Thảo³, Lưu Thái Danh^{1*}

¹Trường Đại học Cần Thơ, ²Trường Đại học Nam Cần Thơ, ³Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 26/02/2025 Ngày hoàn thiện: 31/3/2025 Ngày đăng: 31/3/2025	Nghiên cứu này đánh giá sự thay đổi thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của rơm theo thời gian ủ. Hàm lượng cellulose, hemicellulose và lignin được xác định qua các ngày ủ, hàm lượng polyphenol và flavonoid trong cao rơm được định lượng, thành phần hóa học trong cao được xác định bằng sắc ký lỏng. Hoạt tính kháng oxy hóa của cao rơm được xác định bằng 4 phương pháp gồm 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid, khả năng khử sắt, kháng oxy hóa tổng. Hoạt tính kháng nấm được thực hiện bằng cách gây độc môi trường nuôi cấy để xác định khả năng ức chế sự phát triển của tơ nấm. Hàm lượng cellulose cao nhất có ở rơm tươi (37,7%), hàm lượng hemicellulose từ 32,3 - 36,6% và lignin từ 13,3 - 17,7%. Rơm tươi có polyphenol là 130,5 (mg GAE/g cao chiết) và flavonoid là 47,3 (mg QE/g cao chiết) và hàm lượng kaempferol 552,2 (µg/g cao chiết) cao nhất so với các nghiệm thức. Cao rơm tươi có khả năng kháng oxy hóa với hàm lượng dao động từ 64,1-100,1 µg/mL và giảm dần khi thời gian ủ kéo dài. Cao rơm tươi có khả năng ức chế nấm cao nhất sau 5 ngày ủ là 11,7% và thấp nhất ở cao rơm ủ 6 và 8 ngày. Việc ủ rơm giúp giảm thành phần hóa học và hoạt tính sinh học, tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của tơ nấm.
TỪ KHÓA	
Hoạt tính kháng nấm	
Hoạt tính kháng oxy hóa	
Cellulose	
Thời gian ủ	
Nấm rơm	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.12140>

* Corresponding author. Email: ltdanh@ctu.edu.vn

1. Giới thiệu

Lúa (*Oryza sativa* L.) là cây lương thực được tiêu thụ hàng đầu thế giới, đóng vai trò quan trọng trong khẩu phần ăn của hơn nửa dân số thế giới, đặc biệt là các nước đang phát triển [1]. Sau khi thu hoạch, rơm lúa thường được người nông dân đốt [2]. Đốt đồng là phương pháp vệ sinh đồng ruộng sau khi trồng lúa nhanh chóng và dễ thực hiện. Tuy nhiên, phương pháp này gây ô nhiễm môi trường đồng thời làm tăng lượng khí CO₂ góp phần làm tăng hiệu ứng nhà kính và ảnh hưởng đến sức khỏe người dân [3]. Do đó, cần có các giải pháp tránh việc đốt rơm sau khi thu hoạch lúa. Các giải pháp đó bao gồm sử dụng rơm rạ làm giá thể trồng nấm, ủ chua làm thức ăn chăn nuôi và chất độn chuồng cho gia súc, nhiên liệu đốt cho sản xuất điện, sản xuất giấy [4] – [8]. Ngoài ra, chiết xuất từ rơm rạ được xác định là chứa nhiều hoạt chất sinh học như phenolic và flavonoid, nên có thể được sử dụng làm nguyên liệu để sản xuất các chế phẩm sinh học [9].

Nấm rơm (*Volvariella volvacea*) được trồng nhiều ở vùng nhiệt đới và vùng cận nhiệt đới. Nhờ vào hương vị thơm ngon, hàm lượng protein cao và thời gian trồng ngắn, nấm rơm được ưa chuộng trên thế giới. Nấm rơm có giá trị dinh dưỡng cao nhờ chứa nhiều protein, chất xơ, carbohydrate và vitamin [10]. Việt Nam có nhiều tiềm năng để phát triển nghề trồng nấm, đặc biệt là nấm rơm, nhờ vào nguồn rơm phong phú, điều kiện khí hậu thuận lợi và kỹ thuật canh tác đơn giản [11].

Việc sử dụng rơm làm nguyên liệu trồng nấm rơm không chỉ mang lại lợi ích kinh tế mà còn góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường. Khi sử dụng để trồng nấm, rơm trở thành một nguồn nguyên liệu giá rẻ, giúp nông dân tăng thu nhập từ việc sản xuất nấm rơm. Mặt khác, việc này còn giảm thiểu tình trạng đốt rơm, giảm phát thải khí CO₂ và giúp bảo vệ môi trường.

Trong quá trình trồng nấm, việc ủ rơm là một trong các bước quan trọng nhất. Mục đích của việc ủ rơm nhằm chuyển hóa rơm thành nguồn dinh dưỡng dễ hấp thu cho nấm và khử trùng nguyên liệu rơm. Khi rơm được làm ẩm và ủ thành đống, các vi sinh vật có sẵn trong nước và rơm sẽ khởi động quá trình phân giải các chất hữu cơ trong rơm thành các chất dinh dưỡng cần thiết cho sự sinh trưởng và phát triển của nấm. Quá trình phân giải rơm nhờ vi sinh hiếu khí sinh ra nhiệt, nhờ đó hạn chế sự sinh trưởng và tiêu diệt các vi sinh vật (mầm bệnh) có hại cho nấm rơm. Bên cạnh đó, một số hợp chất phức tạp trong rơm tươi có thể ức chế sự phát triển của nấm, nhưng quá trình ủ giúp làm giảm những chất này. Quá trình ủ rơm thường kéo dài khoảng 8 – 10 ngày.

Tuy nhiên, hiện nay chưa có nghiên cứu nào khảo sát sự biến đổi của hàm lượng các chất dinh dưỡng, hoạt chất sinh học và hoạt tính sinh học của rơm theo thời gian ủ. Các thông tin này rất quan trọng trong việc giúp người trồng nấm đạt được năng suất cao. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định sự thay đổi về hàm lượng cellulose, hemicellulose, lignin, polyphenol tổng, flavonoid tổng, diosmin và kaempferol cũng như hoạt tính kháng nấm rơm và chống oxy hóa của rơm trong quá trình ủ 8 ngày.

2. Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu

Mẫu rơm được thu tại trại trồng nấm rơm của cơ sở sản xuất meo nấm Thần Nông, cuộn rơm tươi sau khi trại nấm mua về tiến hành xác định các chỉ tiêu hóa học và hoạt tính sinh học trong rơm ban đầu. Sau đó cuộn rơm được ngâm trong dung dịch CaO 4% trong 5 phút rồi lấy ra để khô trong 1 ngày tiến hành ủ đống. Đống ủ có chiều rộng 3 m và chiều cao 2 m được đập lại bằng tấm bạc. Sau 2 ngày ủ đảo 1 lần, trong quá trình đảo ủ có bổ sung thêm nước. Mẫu sau khi thu được sấy ở 50 °C đến khối lượng không đổi để xác định ẩm độ, pH, hàm lượng cellulose, hemicellulose và lignin. Rơm sau khi sấy khô được nghiền và ngâm trong dung môi ethanol 96% trong 24 với tỉ lệ 1:10. Sau khi ngâm, mẫu ngâm được lọc qua giấy lọc để thu được dịch chiết. Dịch chiết được đuổi dung môi bằng máy cô quay chân không thu được cao tổng sau đó cao tổng được sấy khô bằng sấy thăng hoa sau đó cao được trữ trong tủ -20 °C để phân tích các chỉ tiêu khác.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Xác định nhiệt độ đông ủ

30 điểm trên đồng ủ được ghi nhận để xác định nhiệt độ trung bình mỗi đợt bằng nhiệt kế điện tử (HDT-1, Hàn Quốc).

2.2.2. Xác định ẩm độ rom

Rom sau mỗi đợt thu về cân 5 g mẫu, sấy ở nhiệt độ 105 °C đến khối lượng không đổi để xác định ẩm độ. Ẩm độ của rom được xác định theo công thức:

$$\text{Ẩm độ (\%)} = \frac{\text{Khối lượng mẫu trước sấy} - \text{khối lượng mẫu sau sấy}}{\text{Khối lượng mẫu trước sấy}} \times 100 \quad (1)$$

2.2.3. Hàm lượng cellulose, hemicellulose và lignin của rom

Hàm lượng cellulose, hemicellulose và lignin trong rom được xác định theo mô tả của Bhattacharyya và cộng sự [12].

2.2.4. Hàm lượng polyphenol tổng và flavonoid tổng từ cao chiết rom lúa

Hàm lượng polyphenol tổng và flavonoid tổng trong cao chiết rom được xác định theo phương pháp được mô tả bởi Trần Chí Linh và cộng sự [13].

2.2.5. Xác định các chất bằng sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC)

Hàm lượng các hợp chất chính của cao chiết rom lúa được xác định theo mô tả của Omoba và cộng sự [14] có hiệu chỉnh. Cao chiết rom lúa được pha trong methanol để được dung dịch có nồng độ 10 mg/mL, sau đó được lọc qua đầu lọc Syringe nylon với kích thước lỗ 0,45 µm. Thành phần hóa học trong cao chiết được phân tích bằng hệ thống HPLC Prominence-I (Shimadzu LC-2030) ở bước sóng 340 nm. Pha động bao gồm axit acetic 2% (A) và methanol (B) và gradient thành phần là: 10% B cho đến 10 phút và thay đổi để thu được 20%, 30%, 50%, 60%, 70%, 20% và 10% B lần lượt ở 20, 30, 40, 50, 60, 70 và 80 phút. Cột sử dụng là cột Shimadzu C18 (250 mm × 4,6 mm × 5 µm). Thể tích bơm mẫu là 10 µL với tốc độ dòng chảy 1,0 mL/phút. Các chất chuẩn được pha trong methanol để được dãy nồng độ 0 - 25 µg/mL. Việc xác định các hợp chất chính của cao chiết bằng cách so sánh thời gian lưu với chất chuẩn và phương trình hồi quy tuyến tính của chất chuẩn được sử dụng để định lượng các thành phần trong cao chiết.

2.2.6. Xác định khả năng kháng oxy hóa của cao chiết rom

Bốn phương pháp xác định khả năng kháng oxy hóa trên cao chiết rom bao gồm: 2,2 - diphenyl- 1 -picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azino-bis (axit 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic) (ABTS), phương pháp chống oxy hóa khử sắt (FRAP) và tổng khả năng chống oxy hóa (TAC) xác định theo phương pháp được mô tả bởi Trần Chí Linh và cộng sự [13].

2.2.7. Hoạt tính kháng nấm rom

Hoạt tính kháng nấm của cao chiết rom lúa được thực hiện theo Gakuubi và cộng sự [15] có hiệu chỉnh. Môi trường PDA được sử dụng và bổ sung cao chiết cố định ở nồng độ 5 mg/mL ở các đĩa (đường kính đĩa 80 mm), và mỗi đĩa petri chứa 15 mL môi trường. Nấm rom được chuẩn bị trước trên đĩa môi trường PDA sau đó được đục thành hình tròn có đường kính 6 mm, dùng kẹp vô trùng gấp các mảnh nấm đặt vào giữa đĩa petri có chứa cao. Đường kính sợi nấm được đo sau 2 ngày, 3 ngày, 4 ngày và 5 ngày ủ ở nhiệt độ phòng. Tỷ lệ ức chế sự phát triển của nấm được tính theo Philippe và cộng sự [16].

$$\text{Hiệu suất ức chế sự phát triển của nấm (\%)} = \frac{(\text{ĐKĐC} - \text{ĐKTN})}{\text{ĐKĐC}} \times 100 \quad (2)$$

Trong đó ĐKĐC: là đường kính trung bình của tơ nấm ở mẫu đối chứng (mm) – 6 mm, ĐKTN là đường kính trung bình của tơ nấm ở mẫu thí nghiệm (mm) – 6 mm.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu sau khi thu thập được nhập và xử lý bằng Microsoft Excel 2016. Phần mềm SPSS 22.0 được dùng để phân tích phương sai và kiểm định Duncan được sử dụng để so sánh các giá trị trung bình trong nghiệm thức.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Giá trị pH, nhiệt độ và ẩm độ của rơm

Giá trị pH, nhiệt độ và ẩm độ rơm khác biệt có ý nghĩa thống kê 1% khi thời gian ủ rơm kéo dài (Bảng 1). Giá trị pH thấp nhất là 6,4 ở rơm tươi chưa ủ và cao nhất ở các nghiệm thức còn lại có giá trị pH từ 8,0 - 8,4. Điều này có thể do trong quá trình xử lý rơm đã có ngâm qua dung dịch CaO nên làm cho giá trị pH tăng lên khi rơm đã qua xử lý. Nhiệt độ của đồng ủ thấp nhất ở rơm tươi chưa ủ là 33,9 °C và nhiệt độ cao nhất ở đồng ủ sau 8 ngày là 60,7 °C. Ngoài ra, nhiệt độ đồng ủ có xu hướng tăng dần khi thời gian ủ kéo dài. Ẩm độ tăng dần khi thời gian ủ kéo dài, thấp nhất ở rơm tươi chưa ủ là 12,4% và cao nhất ở rơm ủ 8 ngày là 82,2%; việc này có thể do trong quá trình đảo ủ có bổ sung thêm nước làm ẩm độ tăng lên.

Bảng 1. Giá trị pH, nhiệt độ và ẩm độ rơm qua các ngày ủ

Nghiệm thức	pH	Nhiệt độ đồng ủ (°C)	Ẩm độ (%)
Rơm tươi chưa ủ	6,4 ± 0,6 ^b	33,9 ± 1,4 ^d	12,4 ± 2,4 ^d
Rơm ủ 2 ngày	8,0 ± 0,3 ^a	47,6 ± 2,0 ^c	56,1 ± 4,2 ^c
Rơm ủ 4 ngày	8,3 ± 0,1 ^a	53,5 ± 1,7 ^b	78,7 ± 5,3 ^b
Rơm ủ 6 ngày	8,3 ± 0,1 ^a	57,2 ± 1,8 ^{ab}	81,4 ± 1,6 ^{ab}
Rơm ủ 8 ngày	8,4 ± 0,2 ^a	60,7 ± 0,6 ^a	82,2 ± 0,7 ^a
F tính	**	**	**

Ghi chú: Trong cùng 1 cột các giá trị mang chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê; **: khác biệt ở mức ý nghĩa 1%.

3.2. Hàm lượng cellulose, hemicellulose và lignin trong rơm

Hàm lượng cellulose của rơm lúa khác biệt có ý nghĩa thống kê 1%, hàm lượng hemicellulose và lignin khác biệt không có ý nghĩa về thống kê (Bảng 2). Hàm lượng cellulose trong rơm cao nhất ở nghiệm thức rơm tươi (37,7%) thấp nhất ở nghiệm thức rơm ủ 8 ngày (31,3%), hàm lượng cellulose có xu hướng giảm khi thời gian ủ càng lâu; điều này có thể do trong quá trình ủ sinh ra nhiệt cũng như tác động của vi sinh vật làm phân hủy cellulose. Hàm lượng hemicellulose từ 32,3 - 36,9% và hàm lượng lignin dao động từ 13,3 - 17,7%; khác biệt không ý nghĩa về mặt thống kê giữa các nghiệm thức. Tuy nhiên, hemicellulose và lignin có xu hướng giảm theo thời gian. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu [17] với hàm lượng cellulose từ 32,0 - 38,6%, hàm lượng hemicellulose là 19,7 - 35,7% và hàm lượng lignin từ 13,5 - 22,3%.

Bảng 2. Hàm lượng cellulose, hemicellulose và lignin trong rơm qua các ngày ủ

Nghiệm thức	Cellulose (%)	Hemicellulose (%)	Lignin (%)
Rơm tươi chưa ủ	37,7 ± 3,3 ^a	36,9 ± 1,8	17,7 ± 0,5
Rơm ủ 2 ngày	36,9 ± 1,4 ^a	34,3 ± 1,8	17,6 ± 3,1
Rơm ủ 4 ngày	35,6 ± 1,2 ^a	33,4 ± 1,5	16,2 ± 2,4
Rơm ủ 6 ngày	34,5 ± 1,2 ^{ab}	33,3 ± 2,8	14,7 ± 2,6
Rơm ủ 8 ngày	31,3 ± 1,9 ^b	32,3 ± 6,0	13,3 ± 3,2
F tính	**	ns	ns

Ghi chú: Trong cùng 1 cột, các giá trị mang chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê; **: khác biệt ở mức ý nghĩa 1%, ns: khác biệt không ý nghĩa.

3.2. Hàm lượng polyphenol tổng và flavonoid tổng trong cao chiết rơm lúa

Hàm lượng flavonoid tổng số (TFC) và hàm lượng polyphenol tổng số (TPC) trong cao rơm khác biệt có ý nghĩa thống kê khi thời gian ủ kéo dài (Bảng 3). Hàm lượng TFC trong cao rơm từ

29,5 - 47,3 mg QE/g cao chiết và TPC trong cao chiết từ rơm từ 72,5 – 130,5 mg GAE/g cao chiết. Hàm lượng TFC và TPC đều cao nhất ở nghiệm thức rơm tươi chưa ủ là 47,3 (mg QE/g cao chiết) ở TFC và 130,5 (mg GAE/g cao chiết) ở TPC và thấp nhất ở nghiệm thức rơm ủ 6 ngày và nghiệm thức rơm ủ 8 ngày và có xu hướng giảm dần khi thời gian ủ tăng lên. Việc này có thể do trong quá trình ủ, đồng ủ sinh ra nhiệt độ cao làm phân hủy các hợp chất. Larrauri và cộng sự [18] đã báo cáo rằng hàm lượng phenol tổng trong thực vật khi sấy ở nhiệt độ cao làm giảm khả năng kháng oxy hóa cũng như hàm lượng TPC, cho thấy rằng nhiệt độ có thể phân hủy polyphenol.

Bảng 3. Hàm lượng flavonoid và polyphenol trong cao chiết rơm

Nghiệm thức	Hàm lượng flavonoid (mg QE/g cao chiết)	Hàm lượng polyphenol (mg GAE/g cao chiết)
Cao rơm tươi chưa ủ	47,3 ± 4,8 ^a	130,5 ± 9,6 ^a
Cao rơm ủ 2 ngày	40,4 ± 5,0 ^{ab}	107,3 ± 7,9 ^b
Cao rơm ủ 4 ngày	33,3 ± 6,0 ^b	84,7 ± 9,6 ^{bc}
Cao rơm ủ 6 ngày	30,2 ± 4,4 ^b	74,4 ± 8,5 ^c
Cao rơm ủ 8 ngày	29,5 ± 2,6 ^b	72,5 ± 8,5 ^c
F tính	**	**

Ghi chú: Trong cùng 1 cột, các giá trị mang chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê; **: khác biệt ở mức ý nghĩa 1%.

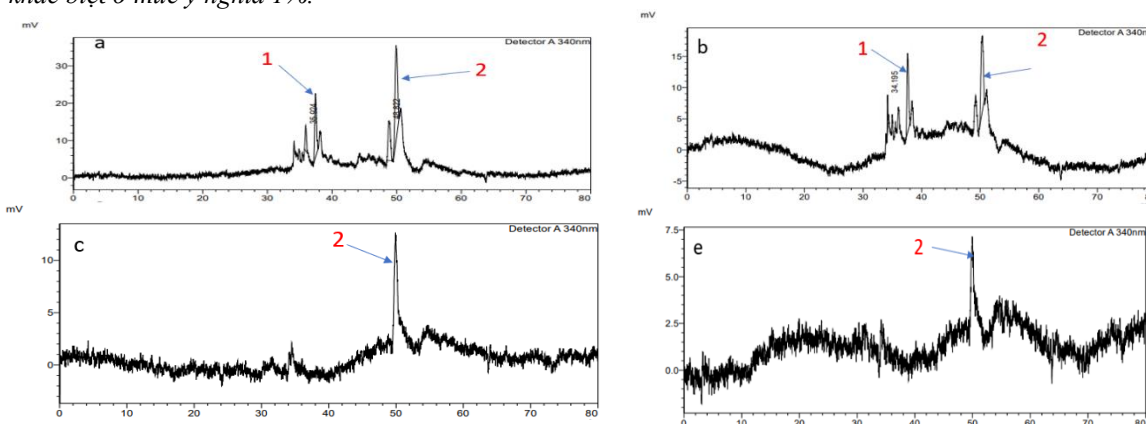
3.3. Thành phần hóa học trong cao chiết rơm

Thành phần hóa học trong cao chiết rơm lúa được xác định bằng sắc kí lỏng hiệu năng cao (HPLC) cho thấy sự hiện diện của các chất: diosmin (thời gian lưu = 34, đỉnh 1), kaempferol (thời gian = 50, đỉnh 2) (Hình 1).

Bảng 4. Hàm lượng các chất trong cao chiết rơm được xác định bằng HPLC

Nghiệm thức	Hàm lượng các chất có trong cao chiết (µg/g)	
	Diosmin	Kaempferol
Cao rơm tươi chưa ủ	232,5 ± 4,8 ^a	552,2 ± 3,9 ^a
Cao rơm ủ 2 ngày	201,9 ± 3,7 ^b	311,6 ± 3,7 ^b
Cao rơm ủ 4 ngày	-	263,0 ± 4,2 ^c
Cao rơm ủ 6 ngày	-	233,7 ± 5,4 ^d
Cao rơm ủ 8 ngày	-	187,8 ± 3,2 ^e
F tính	**	**

Chú thích: Trong cùng 1 cột, các giá trị mang chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê; **: khác biệt ở mức ý nghĩa 1%.



Hình 1. Sắc kí đồ của cao chiết từ rơm phân tích bằng HPLC phát hiện ở bước sóng 340 nm

Chú thích: a) cao rơm tươi chưa ủ; b) cao rơm sau khi ủ 2 ngày; c) cao chiết từ rơm sau khi ủ 4 ngày, d) cao chiết từ rơm sau khi ủ 6 ngày, e) cao chiết từ rơm sau khi ủ 8 ngày

Kết quả HPLC cho thấy hàm lượng chất keampferol ở rom tươi chưa ủ (552,2 $\mu\text{g/g}$ cao chiết) cao hơn các nghiệm thức còn lại (311,6 - 187,8 $\mu\text{g/g}$ cao chiết) và giảm dần khi thời gian ủ tăng lên (Bảng 4). Sự xuất hiện của keampferol trong cao chiết rom cũng phù hợp với nghiên cứu của Karimi và cộng sự [19]. Ngoài ra, nghiên cứu này còn nhận diện được chất diosmin ở nghiệm thức rom tươi chưa ủ (232,5 $\mu\text{g/g}$ cao chiết) và rom ủ 2 ngày (201,9 $\mu\text{g/g}$ cao chiết) mà các nghiệm thức khác không có. Kết quả này có xu hướng phù hợp với kết quả (Bảng 3) cho thấy rom tươi chưa ủ có TPC và TFC cao hơn. Phương pháp đo màu đã cho kết quả về hàm lượng tổng polyphenol trong cao chiết quá cao. Theo Brito và cộng sự [20], phương pháp đo màu có xu hướng ước tính cao hàm lượng của các hợp chất do sự hiện diện của các chất gây nhiễu cũng phản ứng với thuốc thử. Tuy nhiên, phương pháp sắc kí đủ đắt hơn, nhưng cho kết quả cụ thể hơn, chính xác hơn, do có thể phân lập các chất gây nhiễu.

3.4. Khả năng kháng oxy hóa của cao chiết rom lúa

Khả năng kháng oxy hóa của cao chiết từ rom cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa ở các nghiệm thức khác nhau (Bảng 5). Hiệu quả kháng oxy hóa ở nghiệm thức rom tươi chưa ủ theo phương pháp DPPH có giá trị IC_{50} là 74,1 ($\mu\text{g/mL}$) và ABTS là 70,1 ($\mu\text{g/mL}$) thấp hơn các nghiệm thức còn lại có giá trị IC_{50} lần lượt là 89,5 - 95,8 ($\mu\text{g/mL}$) ở phương pháp DPPH và 69,0 - 78,8 ($\mu\text{g/mL}$) ở phương pháp ABTS. Điều này thể hiện nghiệm thức cao rom tươi có khả năng oxy hóa tốt hơn các nghiệm thức còn lại và có xu hướng giảm dần khi thời gian ủ rom tăng dần. Ở phương pháp kháng oxy hóa TAC và FRAP, giá trị $\text{Abs}_{0,5}$ được sử dụng để đánh giá khả năng kháng oxy hóa, giá trị này càng thấp thể hiện kháng oxy hóa càng mạnh. Ở phương pháp TAC, giá trị $\text{Abs}_{0,5}$ trong cao chiết từ 100,1 - 149,7 $\mu\text{g/mL}$ ở nghiệm thức cao rom tươi có giá trị $\text{Abs}_{0,5}$ thấp nhất là 100,1 ($\mu\text{g/mL}$), ở phương pháp FRAP có giá trị $\text{Abs}_{0,5}$ dao động từ 64,1 - 99,2 $\mu\text{g/mL}$ và thấp nhất ở nghiệm thức rom tươi có giá trị $\text{Abs}_{0,5}$ là 64,1 ($\mu\text{g/mL}$). Nhìn chung, khả năng kháng oxy hóa của cao chiết giảm khi thời gian ủ rom kéo dài, có thể bị ảnh hưởng bởi thành phần hóa học có trong rom, quá trình ủ làm mất đi các chất thuộc nhóm polyphenoid thể hiện ở Bảng 3. Trong khi đó, polyphenol có cơ chế chống oxy hóa trực tiếp bằng cách loại bỏ gốc tự do cũng như tái tạo các chất chống oxy hóa [21].

Bảng 5. Giá trị IC_{50} và $\text{Abs}_{0,5}$ của cao chiết rom

Phương pháp	Giá trị IC_{50} và $\text{Abs}_{0,5}$ ($\mu\text{g/mL}$)				
	1	2	3	4	5
DPPH	74,1 $\pm$ 2,3 ^c	89,5 $\pm$ 2,3 ^b	92,2 $\pm$ 1,1 ^{ab}	95,0 $\pm$ 0,7 ^{ab}	95,8 $\pm$ 3,1 ^a
ABTS	70,1 $\pm$ 3,6 ^b	69,0 $\pm$ 1,0 ^b	74,6 $\pm$ 2,1 ^{ab}	77,9 $\pm$ 1,1 ^a	78,8 $\pm$ 2,7 ^a
TAC	100,1 $\pm$ 2,5 ^e	122,5 $\pm$ 0,6 ^d	131,7 $\pm$ 1,2 ^c	139,5 $\pm$ 1,9 ^b	149,7 $\pm$ 1,4 ^a
FRAP	64,1 $\pm$ 0,3 ^d	81,6 $\pm$ 0,6 ^c	80,8 $\pm$ 0,1 ^c	91,9 $\pm$ 0,5 ^b	99,2 $\pm$ 1,2 ^a

Ghi chú: Trong cùng 1 hàng, các chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê 1%: 1: rom tươi chưa ủ; 2: rom ủ 2 ngày; 3: rom ủ 4 ngày; 4: rom ủ 6 ngày; 5: rom ủ 8 ngày.

3.5. Khả năng kháng nấm *Volvariella volvacea* của cao chiết

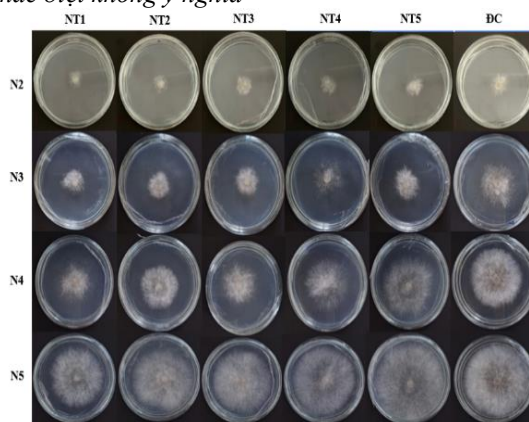
Hiệu suất ức chế sự phát triển của tơ nấm rom (*Volvariella volvacea*) khác biệt có ý nghĩa thống kê 1% ở các nghiệm thức (Bảng 6). Cao rom ở các nghiệm thức đều có khả năng ức chế sự phát triển của sợi nấm trong nồng độ cao chiết khảo sát 5 mg/mL ở thời điểm 2 ngày, 3 ngày, 4 ngày và 5 ngày cấy. Bảng 6 cho thấy rom tươi chưa ủ có khả năng ức chế nấm tốt nhất ở các ngày có hiệu suất ức chế lần lượt là 47,4%, 33,8%, 40,2% và 11,7% và hiệu suất ức chế thấp nhất ở nghiệm thức rom ủ 6 ngày và rom ủ 8 có xu hướng tỉ lệ nghịch với giai đoạn ủ rom. Ở giai đoạn sau 5 ngày cấy nấm, hiệu quả ức chế của cao chiết ở nghiệm thức rom ủ 6 ngày và rom ủ 8 ngày đều bằng 0%; điều này chứng minh việc ủ rom trước khi trồng nấm rom là rất cần thiết giúp làm giảm các chất có trong rom đồng thời giúp cho nấm sinh trưởng phát triển tốt. Kết quả nghiên cứu còn cho thấy rằng khả năng kháng nấm rom của cao chiết tỉ lệ thuận với hàm lượng

polyphenol và khả năng kháng oxy hóa (Bảng 3 và Bảng 5). Hoạt tính kháng nấm có mối liên hệ giữa khả năng kháng oxy hóa và thành phần hóa học [22].

Bảng 6. Hiệu suất ức chế tơ nấm *Volvariella volvacea* phát triển qua các ngày

Nghiệm thức	Hiệu suất kháng nấm rơm (%) ở nồng độ cao chiết 5000 (µg/mL) qua các ngày khác nhau			
	2 ngày	3 ngày	4 ngày	5 ngày
Rơm tươi chưa ủ	47,4 ± 5,9 ^a	33,8 ± 5,1 ^a	40,2 ± 2,4 ^a	11,7 ± 2,1 ^a
Rơm ủ 2 ngày	34,6 ± 3,8 ^{ab}	23,7 ± 2,5 ^b	23,8 ± 4,2 ^b	9,0 ± 1,6 ^{ab}
Rơm ủ 4 ngày	28,2 ± 5,9 ^b	10,9 ± 2,5 ^c	14,3 ± 6,3 ^{bc}	5,9 ± 1,6 ^b
Rơm ủ 6 ngày	24,4 ± 5,9 ^{bc}	4,2 ± 1,5 ^c	10,6 ± 3,3 ^c	0,0 ± 0,0 ^c
Rơm ủ 8 ngày	14,1 ± 2,2 ^c	2,4 ± 2,9 ^c	6,9 ± 3,3 ^c	0,0 ± 0,0 ^c
F tính	**	**	**	**

Ghi chú: Trong cùng 1 cột, các giá trị mang chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê; **: khác biệt ở mức ý nghĩa 1%, ns: khác biệt không ý nghĩa



Hình 2. Khả năng kháng nấm rơm (*Volvariella volvacea*) của cao chiết qua các ngày

Ghi chú: NT1: rơm tươi chưa ủ; NT2: rơm ủ 2 ngày; NT3: rơm ủ 4 ngày; NT4: rơm ủ 6 ngày; NT5: rơm ủ 8 ngày; ĐC: đối chứng; N2: 2 ngày sau ủ; N3: 3 ngày sau ủ; N4: 4 ngày sau ủ; N5: 5 ngày sau ủ.

4. Kết luận

Việc ủ rơm trước khi trồng nấm là rất cần thiết giúp làm giảm thành phần hóa học và hoạt tính sinh học trong rơm. Hàm lượng cellulose trong rơm giảm dần khi thời gian ủ tăng lên. Bên cạnh đó, cao chiết từ rơm tươi là nguồn cung cấp giàu polyphenol và flavonoid và có xu hướng giảm khi thời gian ủ rơm kéo dài. Hoạt động trung hòa và khả năng loại bỏ gốc tự do của cao chiết rơm bị ảnh hưởng bởi thành phần hóa học có trong cao và có xu hướng giảm khi hàm lượng polyphenol và flavonoid giảm. Khả năng kháng nấm của cao chiết giảm khi hàm lượng polyphenol, flavonoid cũng như khả năng kháng oxy hóa giảm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] M. Ramos, E. Laveriano, L. San Sebastián, M. Perez, A. Jiménez, R. M. Lamuela-Raventos, and A. Vallverdú-Queralt, "Rice straw as a valuable source of cellulose and polyphenols: Applications in the food industry," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 131, pp. 14-27, 2023.
- [2] C. Menzel, C. González-Martínez, F. Vilaplana, G. Diretto, and A. Chiralt, "Incorporation of natural antioxidants from rice straw into renewable starch films," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 146, pp. 976-986, 2020.
- [3] G. Singh, M. K. Gupta, S. Chaurasiya, V. S. Sharma, and D. Y. Pimenov, "Rice straw burning: a review on its global prevalence and the sustainable alternatives for its effective mitigation," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 28, no. 25, pp. 32125-32155, 2021.
- [4] R. Singh and M. Patel, "Effective utilization of rice straw in value-added by-products: A systematic review of state of art and future perspectives," *Biomass and Bioenergy*, vol. 159, pp. 1-21, 2022.

- [5] C. Sarnklong, J. Cone, W. Pellikaan, and W. Hendriks, "Utilization of rice straw and different treatments to improve its feed value for ruminants: a review," *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, vol. 23, no. 5, pp. 680-692, 2010.
- [6] Y. Singh, S. Sharma, U. Kumar, P. Sihag, P. Balyan, K. P. Singh, and O. P. Dhankher, "Strategies for economic utilization of rice straw residues into value-added by-products and prevention of environmental pollution," *Science of the Total Environment*, vol. 906, pp. 1-19, 2024.
- [7] T. Suramaythangkoor and S. H. Gheewala, "Potential of practical implementation of rice straw-based power generation in Thailand," *Energy Policy*, vol. 36, no. 8, pp. 3193-3197, 2008.
- [8] W. Sridach, "The environmentally benign pulping process of non-wood fibers," *Suranaree Journal of Science & Technology*, vol. 17, no. 2, pp. 1-20, 2010.
- [9] M. Peanparkdee and S. Iwamoto, "Bioactive compounds from by-products of rice cultivation and rice processing: Extraction and application in the food and pharmaceutical industries," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 86, pp. 109-117, 2019.
- [10] S. Ali, N. Yousaf, M. Usman, M. A. Javed, M. Nawaz, B. Ali, and A. E. Ahmed, "Volvariella volvacea (paddy straw mushroom): A mushroom with exceptional medicinal and nutritional properties," *Heliyon*, vol. 10, pp. 1-14, 2024.
- [11] B. L. Nguyen, T. P. L. Huynh, T. H. M. Nguyen, and T. T. Vo, "Effect of processing conditions on the quality of sterilized straw mushrooms in PA packaging," *Can Tho University Journal of Science*, vol. 57, no. 1, pp. 116-124, 2021.
- [12] P. Bhattacharyya *et al.*, "Characterization of rice straw from major cultivars for best alternative industrial uses to cutoff the menace of straw burning," *Industrial Crops and Products*, vol. 143, pp. 1-12, 2020.
- [13] C. L. Tran, V. K. Nguyen, and K. T. D. Chong, "Antioxidant and anti-diabetic effects in vitro of extract from the above-ground parts of *Acanthus ilicifolius*," *Bionatura Journal*, vol. 1, no. 3, pp. 1-17, 2024.
- [14] O. S. Omoba, R. O. Obafaye, S. O. Salawu, A. A. Boligon, and M. L. Athayde, "HPLC-DAD phenolic characterization and antioxidant activities of ripe and unripe sweet orange peels," *Antioxidants*, vol. 4, no. 3, pp. 498-512, 2015.
- [15] M. M. Gakuubi, A. W. Maina, and J. M. Wagacha, "Antifungal activity of essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. against selected *Fusarium* spp," *International Journal of Microbiology*, vol. 2017, no. 1, pp. 1-7, 2017.
- [16] S. Philippe, F. Souaïbou, J. P. N. Jean-Pierre, B. Y. Boniface, A. Paulin, Y. Issaka, and S. D. Dominique, "Chemical composition and antifungal activity of essential oil of fresh leaves of *Cinnamomum zeylanicum* from Benin against six mycotoxigenic fungi isolated from a traditional cheese wagashi," *Elixir. Appl. Biol.*, vol. 49, pp. 9787-9791, 2012.
- [17] B. A. Goodman, "Utilization of waste straw and husks from rice production: A review," *Journal of Bioresources and Bioproducts*, vol. 5, no. 3, pp. 143-162, 2020.
- [18] J. A. Larrauri, P. Rupérez, and F. Saura-Calixto, "Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 45, no. 4, pp. 1390-1393, 1997.
- [19] E. Karimi, P. Mehrabanjoubani, M. Keshavarzian, E. Oskoueian, H. Z. Jaafar, and A. Abdolzadeh, "Identification and quantification of phenolic and flavonoid components in straw and seed husk of some rice varieties (*Oryza sativa* L.) and their antioxidant properties," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 94, no. 11, pp. 2324-2330, 2014.
- [20] S. M. Brito, H. D. Coutinho, A. Talvani, C. Coronel, A. G. Barbosa, C. Vega, and I. R. Menezes, "Analysis of bioactivities and chemical composition of *Ziziphus joazeiro* Mart. using HPLC-DAD," *Food chemistry*, vol. 186, pp. 185-191, 2015.
- [21] A. Belščak-Cvitanović, K. Durgo, A. Hudek, V. Bačun-Družina, and D. Komes, "Overview of polyphenols and their properties," in *Polyphenols: Properties, Recovery, and Applications*, Elsevier, 2018, pp. 3-44.
- [22] T. X. T. Dai, T. H. Phung, C. L. Tran, and K. N. H. Pham, "Antioxidant and Antifungal Activities of Some Plant Extracts from the Ginger (*Zingiberaceae*) and Yam (*Dioscoreaceae*) Families," (in Vietnamese), *Can Tho University Journal of Science*, vol. 56, no. 5, pp. 52-59, 2020.