NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ HOẠT TÍNH HỆ ENZYME NGOẠI BÀO CỦA NẤM SÒ TRẮNG *Pleurotus pulmonarius*

Nguyễn Lâm Anh, Nguyễn Thị Tâm Thư*, Phạm Kiên Cường, Nguyễn Văn Hoàng

Tóm tắt: *Hệ enzyme phân hủy lignin bao gồm các enzyme manganese peroxidase (MnP), lignin peroxidase (LiP), laccase (Lac) có khả năng phân hủy các hợp chất hữu cơ khó phân hủy (POPs). Các enzyme ngoại bào này chủ yếu được sinh ra do các loại nấm có khả năng sinh trưởng trên cơ chất chứa lignin như nấm sò, nấm đảm. Mùn trồng nấm sò và môi trường nuôi cấy dạng dịch thể chứa hàm lượng cao các enzyme này. Nghiên cứu này trình bày kết quả phân tích hàm lượng các enzyme này khi nuôi cấy nấm sò trong một số môi trường dạng dịch thể khác nhau và dịch chiết enzyme từ mùn trồng nấm. Kết quả phân tích cho thấy dịch chiết từ mùn trồng nấm sò có mặt cả 3 loại enzyme này với hoạt độ cao nhất. Bài báo này cũng bước đầu thử nghiệm khả năng xử lý các chất hữu cơ khó phân hủy của dịch chiết enzyme. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy tuy tổng độ độc trong đất khá cao, khoảng 6877 pg TEQ/g đất nhưng sau 5 ngày xử lý bằng enzyme đã giảm khoảng 18%. Hàm lượng 2,4-D, 2,4,5-T cũng giảm khoảng 15% sau 5 ngày. Kết quả này cho thấy vai trò của các enzyme ngoại bào của nấm sò trong quá trình xử lý đất ô nhiễm dioxin.*

Từ khóa: Enzyme ngoại bào; Nấm sò; Lignin peroxidase; Mangan peroxidase; Laccase

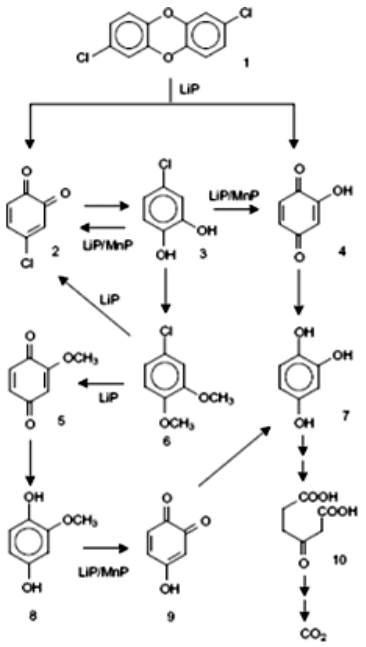
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dioxin là sản phẩm phụ của chất diệt cỏ mà quân đội Mỹ đã rải xuống miền Trung và miền Nam Việt Nam trong những năm chiến tranh. Tại các sân bay Biên Hòa, Đà Nẵng và Phù Cát là những nơi dự trữ và phun rải chất diệt cỏ nhiều nhất. Thành phần của chất diệt cỏ là các hợp chất hữu cơ khó phân hủy (POPs = Persistant Organic Pollutants) bao gồm các đồng phân độc nhất của dioxin như 2,3,7,8-TCDD (Tetrachloro dibenzo-p- dioxin), 2,3,5,7,8-PeCDD (Pentachloro dibenzo-p-dioxin), dibenzofuran và 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid), 2,4,5-T (2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid). Đây là các hợp chất trơ, khó phân hủy trong điều kiện tự nhiên và độc hại với con người, động thực vật và cả vi sinh vật. Các chất này có thể lan truyền theo nhiều con đường khác nhau gây ô nhiễm đất, nước mặt và nước ngầm ở các khu vực lân cận [1, 2, 4].

Hiện nay, ở Việt Nam và trên thế giới đã có nhiều biện pháp để xử lý các hợp chất hữu cơ khó phân hủy và dioxin như chôn lấp, nung ở nhiệt độ cao, dùng dung dịch để hấp phụ,... Tuy nhiên, các biện pháp này đòi hỏi chi phí cao.

Do vậy, việc nghiên cứu tìm ra phương pháp xử lý các chất độc hóa học chứa dioxin trong đất phù hợp đồng thời có khả năng phục hồi đất sau xử lý là rất cần thiết. Hiện nay, phương pháp sinh học đang được các nhà khoa học quan tâm bởi chúng thân thiện với môi trường và mang lại hiệu quả kinh tế cao [1, 2, 4].

Trong các phương pháp phân hủy sinh học, sử dụng enzyme ngoại bào đang trở thành công cụ có hiệu quả cao bởi chúng có khả năng xử lý chất ô nhiễm ở nồng độ cao. Các enzyme ngoại bào tham gia vào quá trình phân hủy, chuyển hóa các hợp chất POP như laccase (Lac), Mangan peroxidase (MnP) và Lignin peroxidase (LiP) từ các chủng vi sinh vật được quan tâm bởi tính không đặc hiệu của các enzyme này. Ba loại enzyme này được chứng minh có khả năng xúc tác quá trình phân hủy các hợp chất chứa vòng thơm như 2,4-D, 2,4,5-T và dioxin cũng đã được công bố [1, 2, 4]. Đặc biệt là việc sử dụng kết hợp cả 3 loại enzyme này có thể phân hủy và chuyển hóa các chất ô nhiễm có độ độc cao, khó phân hủy như dioxin. Cơ chế xúc tác quá trình phân hủy, chuyển hóa các hợp chất vòng thơm như DCDD đã được chứng minh (hình 1) [5, 6]. Do đó, bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu chọn lựa môi trường nuôi cấy nấm sò trắng dạng dịch thể cho hoạt tính các enzyme cao nhất so với mùn trồng nấm sò sau thu hoạch. Một số kết quả đánh giá bước đầu về khả năng phân hủy 2,4-D, 2,4,5-T, dioxin bởi dịch chiết enzyme từ mùn trồng nấm sò trắng cũng được công bố.



Hình 1. *Con đường phân hủy 2,7- dichlorodibenzo-p-dioxin (27-DCDD) bởi LiP và MnP [5, 6].*

2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Nguyên vật liệu và hóa chất

2.1.1. Nguyên vật liệu

Vật liệu tách chiết:

- Mùn trồng nấm sò trắng *Pleurotus pulmonarius* PN8 (do Học viện Nông nghiệp cung cấp) sau thu hoạch.
- Dịch nuôi nấm sò trắng *Pleurotus pulmonarius* PN8 ở các môi trường dịch thể khác nhau sau 10 ngày.

2.1.2. Hóa chất

Hóa chất sử dụng để nghiên cứu là các hóa chất tinh khiết, mức PA như: Na-acetate; Na-tartarat; Azure B; NaOH; Bovine albumin; $MnSO_4$; H_2O_2; $CaCl_2$; $MgSO_4$; Gluco; KH_2PO_4; $(NH_4)_2SO_4$,... được nhập ngoại từ các hãng Sigma, Merk. Các nguồn cơ chất chứa lignin như rơm, trấu, mùn cưa.

2.1.3. Thiết bị máy móc

Nghiên cứu này đã được thực hiện với các thiết bị, máy móc tại phòng Công nghệ hóa sinh thuộc Viện Công nghệ mới - Viện Khoa học và Công nghệ quân sự. Các thiết bị chính gồm: Cân kỹ thuật, máy đo pH Hanna, tủ cấy vô trùng Laminar của Pháp, tủ sấy Memmert, nồi khử trùng Autoclave, tủ nuôi ổn nhiệt, máy ly tâm Eppendorf, tủ lạnh các loại -40 ºC, -20 ºC, -80 ºC, lò vi sóng, pipet tự động của hãng Eppendorf, máy quang phổ UV-VIS, bình nón, đầu côn, ống ly tâm,...

2.2. Phương pháp

2.2.1. Phương pháp tách chiết enzyme

Tách chiết enzyme từ mùn trồng nấm: Mùn trồng nấm sò sau thu hoạch được tách chiết bằng nước theo tỉ lệ nước : mùn = 2 : 1 (về khối lượng) [3]. Sau đó, để qua đêm và ly tâm trên máy ly tâm ở nhiệt độ phòng. Thu lấy dịch trong và xác định hoạt hoạt tính LiP, MnP, Laccase. Các thí nghiệm được lặp lại 3 lần.

Tách chiết từ dịch nuôi: Nấm sò *Pleurotus pulmonarius* PN8 được nuôi ở các môi trường dịch thể khác nhau chứa cơ chất có lignin (Môi trường dịch nuôi gồm có: môi trường khoáng ($MgSO_4$;

KH_2PO_4; $CaCl_2$; $(NH_4)_2SO_4$) và bổ sung cơ chất mùn cưa, trấu, cám gạo, rơm với các tỷ lệ khác nhau). Nuôi cấy nấm ở nhiệt độ 20°C, nuôi tĩnh trong 10 ngày, lấy dịch nuôi ly tâm thu dịch trong và xác định hoạt hoạt tính LiP, MnP, Laccase. Các thí nghiệm được lặp lại 3 lần.

2.2.2. Phương pháp xác định hoạt tính enzyme ngoại bào

Hoạt tính MnP được xác định bằng sự oxy hóa của phenol đỏ trong sự có mặt của hydrogen peroxide, là lượng enzyme cần thiết để oxy hóa phenol đỏ tạo thành 1 µM sản phẩm hấp thụ bước sóng 610 nm trong thời gian 1 phút [2].

Hoạt tính LiP được xác định theo phương pháp oxy hóa azure B, là lượng enzyme cần thiết để phân hủy một lượng azure B tương đương với sự giảm 0,1 đơn vị OD tại bước sóng 651 nm trong thời gian 1 phút tại pH3 [2, 3].

Hoạt tính laccase là lượng enzyme oxi hóa 1 µM sản phẩm từ cơ chất ABTS (2,2-azino-bis 3-ethylbenzothiazolne-6-sulfonic acid) trong 1 phút [1-3].

Các hoạt tính enzyme được tính theo công thức [2]:

$$U = \frac{(A_M - A_C) \text{ x } V_{pu} \text{ x } D_f \text{ x } 10^6}{V_E \text{ x } \varepsilon \text{ x } t}$$

Trong đó:
- U: Hoạt độ enzyme (U/l);
- ε: Hệ số hấp thụ, hệ số này cố định và phụ thuộc vào bước sóng hấp thụ;
- t: Thời gian phản ứng (phút);
- V_{pu}: Tổng thể tích phản ứng (ml);
- V_E: Thể tích enzyme (ml);
- A_M: Giá trị độ hấp thụ ánh sáng của mẫu thí nghiệm;
- A_C: Giá trị độ hấp thụ ánh sáng của mẫu đối chứng;
- D_f: Độ pha loãng.

2.2.3. Đánh giá khả năng chuyển hóa 2,4-D, 2,4,5-T và dioxin

Đất ô nhiễm từ sân bay Biên Hòa được loại bỏ đá và tạp chất. Trộn đều, lấy ngẫu nhiên 100 g đất khô và tưới đều dịch enzyme lên trên cho đến khi tạo bùn ướt. Mẫu đối chứng được tưới 1 lượng nước cất tương tự. Các mẫu được trộn đều, để tối 5 ngày rồi đem phân tích hàm lượng 2,4-D, 2,4,5-T và dioxin.

2,4-D và 2,4,5-T trong đất được phân tích theo tiêu chuẩn US EPA 3630C; US EPA 8321D; HD-PTM 06, trên thiết bị sắc ký lỏng khối phổ tứ cực Agilent 6430 Triple Quad LC/MS/MS tại Trung tâm Nhiệt đới Việt Nga.

Dioxin được phân tích theo phương pháp US.EPA 1613B. Mẫu được thêm các chất nội chuẩn đánh dấu đồng vị $^{13}C_{12}$-PCDD/PCDF, mẫu nước chiết theo HD-PTD-03, đất chiết theo HD-PTD 02. Dung dịch chiết được thêm chất chuẩn làm sạch đánh dấu đồng vị $^{37}Cl_4$-2,3,7,8-TCDD; làm sạch lần lượt bằng các dung dịch H_2SO_4 đặc, NaCl, KOH, NaCl; làm sạch trên "cột đa lớp" chứa silicagen, silicagen tẩm axít, silicagen tẩm kiềm. Phân đoạn PCDD/PCDF được tách trên cột than hoạt tính chuyên dụng, cột nhôm ôxít, thêm các chất chuẩn đánh dấu đồng vị $^{13}C_{12}$-PCDD xác định hiệu suất thu hồi. Dioxin được phân tích trên thiết bị sắc ký khí Agilent 7890A ghép khối phổ phân giải cao AutoSpec Premier P792 tại Trung tâm Nhiệt đới Việt Nga

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả xác định hoạt tính enzyme trên các môi trường khác nhau

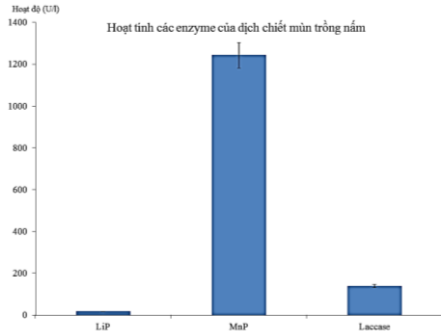
3.1.1. Môi trường dạng giá thể rắn

Theo nghiên cứu trước đây của Trần Thị Thu Hường [3], tách chiết enzyme ngoại bào LiP, MnP, laccase từ mùn trồng nấm có thể sử dụng các dung dịch đệm axetate, phosphate hay nước với các tỷ lệ khác nhau. Tuy nhiên, hoạt tính của enzyme khi tách chiết bằng đệm nước và axetate

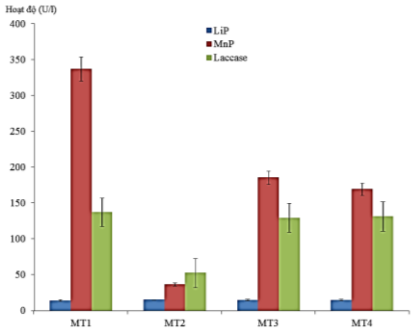
là tương đương và cao hơn so với đệm phosphate. Do đó, để có thể ứng dụng ngoài thực tế xử lý hiện trường, chúng tôi dùng nước để tách chiết hệ các enzyme trên.

Ngoài ra, với các tỷ lệ dung môi tách chiết khác nhau, nghiên cứu của Trần Thị Thu Hường [3] cũng cho thấy tỷ lệ tách chiết enzyme bằng nước với tỷ lệ 2:1 cho hoạt tính tương đương với các tỷ lệ khác (3:1; 4:1 hay 5:1) nên chúng tôi sử dụng tỷ lệ nước : mùn trồng nấm = 2:1 (về khối lượng) để tiết kiệm dung môi.

Kết quả xác định hoạt tính các enzyme từ mùn trồng nấm sò chiết với tỷ lệ 2:1 được trình bày trên hình 2. Kết quả trên hình 2 cho thấy dịch chiết từ mùn trồng nấm chứa cả 3 loại enzyme trong đó enzyme MnP có hoạt tính cao nhất, trên 1200 U/l trong khi hoạt tính của LiP thấp nhất, chỉ khoảng 20 U/l; hoạt tính của laccase đạt khoảng 150 U/l. So với nghiên cứu của Trần Thị Thu Hường và cộng sự [3] cho thấy hoạt tính enzyme LiP và laccase của mùn trồng nấm sò trắng là tương tự nhưng hoạt tính của MnP là cao hơn rất nhiều.



Hình 2. *Hoạt tính các enzyme LiP, MnP và laccase của dịch chiết mùn trồng nấm sò trắng.*

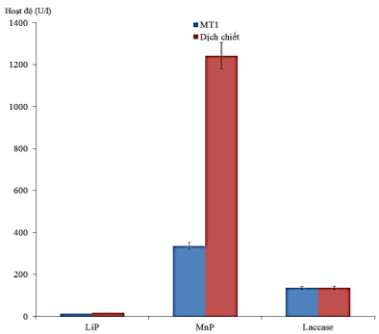


Hình 3. *Hoạt tính các enzyme khi nuôi trồng nấm sò trên các môi trường dịch thể khác nhau.*

3.1.2. Môi trường dạng dịch thể

Thành phần môi trường nuôi cấy có ảnh hưởng tới sự sinh trưởng của nấm và khả năng tạo thành enzyme sinh ra các enzyme ngoại bào. Đối với 4 môi trường nuôi dịch thể có thành phần khoáng giống nhau nhưng bổ sung các cơ chất chứa lignin khác nhau, nuôi cấy nấm sò trong cùng điều kiện môi trường và thời gian, tỷ lệ và thành phần của các enzyme ngoại bào sinh ra cũng khác nhau [7]. Các kết quả về xác định hoạt tính của enzyme ngoại bào được trình bày ở hình 3. Kết quả trình bày trên hình 3 cho thấy cả 4 môi trường nuôi cấy nấm sò đều sinh ra cả 3 loại enzyme LiP, MnP và laccase. Hoạt tính của MnP cao nhất và hoạt tính LiP thấp nhất trong 3 loại enzyme. Hoạt tính của MnP cao nhất ở môi trường 1, thấp nhất ở môi trường 2. Môi trường 3 và 4 cho hoạt tính các enzyme là tương đương nhau. Tuy nhiên, môi trường 1 cho hoạt tính các enzyme cao nhất, môi trường 2 cho hoạt tính các enzyme thấp nhất. Do đó, chũng tôi lựa chọn môi trường 1 để nghiên cứu so sánh hoạt tính các enzyme so với dịch chiết từ mùn trồng nấm.

3.1.3. So sánh hoạt tính enzyme của mùn trồng nấm và nuôi cấy nấm dạng dịch thể

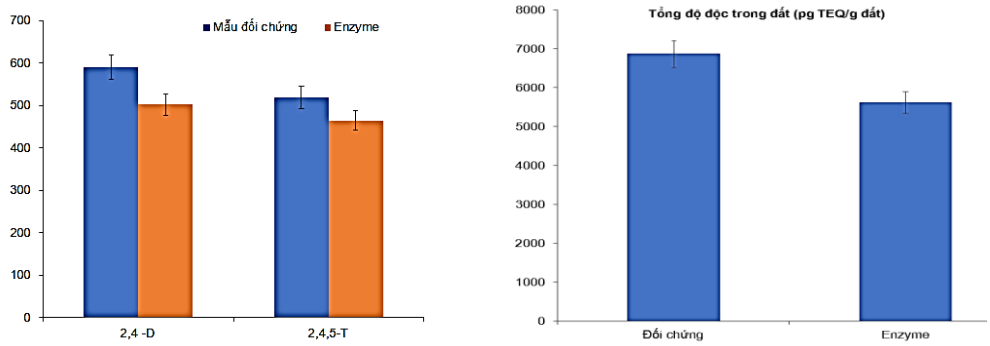


Hình 4. *Hoạt tính của các enzyme giữa môi trường nuôi cấy dịch thể và mùn trồng nấm.*

Kết quả trình bày trên hình 4 cho thấy enzyme laccase và LiP của môi trường nuôi cấy dịch thể và mùn trồng nấm là tương đương nhau nhưng enzyme MnP của dịch chiết từ mùn trồng nấm cao hơn hẳn so với môi trường dịch thể. Theo cơ chế phân hủy/chuyển hóa các hợp chất chứa vòng thơm như dioxin ở hình 1 cho thấy sự tham gia của nhiều enzyme đồng thời, đặc biệt là MnP là LiP [5, 6]. Từ kết quả nghiên cứu này, chúng tôi lựa chọn dịch chiết enzyme từ mùn trồng nấm để thử nghiệm khả năng phân hủy và chuyển hóa các chất ô nhiễm hữu cơ khó phân hủy trong đất ô nhiễm dioxin. Kết quả về sự chuyển hóa phân hủy các hợp chất thơm sẽ được trình bày ở phần tiếp theo.

3.2. Đánh giá khả năng phân hủy và chuyển hóa 2,4 –D, 2,4,5 –T và dioxin của enzyme ngoại bào

Khả năng phân hủy và chuyển hóa 2,4-D, 2,4,5-T và dioxin của dịch chiết enzyme từ mùn trồng nấm được trình bày trên hình 3. Kết quả cho thấy nồng độ 2,4-D và 2,4,5-T đều giảm ở mẫu xử lý bằng enzyme, tuy nhiên độ giảm sau 5 ngày chưa nhiều, chỉ khoảng 15%. Với các hợp chất dioxin cũng có sự giảm về tổng độ độc là đáng kể, tổng độ độc của mẫu nghiên cứu giảm từ 6877 pg TEQ/g xuống còn 5629 pg TEQ/g đất khô (giảm khoảng 18% sau 5 ngày xử lý). Đây là mẫu đất có nồng độ ô nhiễm khá cao, nồng độ độc có thể ảnh hưởng tới sinh trưởng của vi sinh vật nhưng không độc với các enzyme. Do đó, chúng ta có thể sử dụng enzyme từ mùn trồng nấm để xử lý ban đầu nhằm giảm nồng độ chất ô nhiễm và giảm độ độc, sau đó, sẽ kết hợp các chế phẩm vi sinh để xử lý triệt để và an toàn các chất ô nhiễm chứa dion trong đất.



Hình 5. *Khả năng phân hủy và chuyển hóa 2,4-D; 2,4,5-T và dioxn của enzyme chiết từ mùn trồng nấm sau 5 ngày.*

Kết quả thí nghiệm chứng tỏ bước đầu đã có sự chuyển hóa về các chất ô nhiễm khó phân hủy POPs bởi hỗn hợp các enzyme ngoại bào từ mùn trồng nấm sò trắng. Đây là nguồn phụ phẩm của công nghệ trông nấm đã được tận dụng để xử lý các chất ô nhiễm khó phân hủy như dioxin. Việc sử dụng nước để tách chiết các enzyme ngoại bào cho thấy khả năng ứng dụng rộng rãi trong thực tế.

- Việc sử dụng nấm sò trắng hay dịch chiết enzyme từ mùn trồng nấm sò để xử lý các chất ô nhiễm dioxin đã được chứng minh. Một số tác giả đã đưa ra con đường giả thiết chứng minh vai trò của enzyme tham gia vào các giai đoạn khác nhau của quá trình phân hủy một vài hợp chất dioxin (hình 1) [5, 6]. Năm 2020, tác giả Kaewlaoyoong đã chứng minh vai trò của nấm sò trắng trong việc phân hủy và chuyển hóa cả 17 đồng phân độc của dioxin và furan. Với mỗi hợp chất PCDD/F khác nhau, tỷ lệ phân hủy và chuyển hóa có thể từ 2 – 100% sau 72 ngày nuôi cấy. Kết quả nhận được cho thấy enzyme từ nấm sò có vai trò lớn trong việc phân hủy và xử lý các đồng phân độc của chất diệt cỏ/dioxin. Tuy nhiên, nghiên cứu này mới đánh giá khả năng phân hủy và chuyển hóa PCDD/Fs của enzyme sau 5 ngày nên kết quả còn thấp. Ngoài ra, enzyme của nấm sò *Pleurotus pulmonius* PN8 còn có khả năng phân hủy và chuyển hóa cả 2,4-D, 2,4,5-T với các mức độ khoảng 15%.

4. KẾT LUẬN

Đã xác định được hoạt tính của các enzyme trên các môi trường nuôi cấy dịch thể và mùn trồng nấm. Kết quả cho thấy mùn trồng nấm sau thu hoạch có hỗn hợp cả 3 loại enzyme ngoại bào với

hoạt tính cao. Đã bước đầu đánh giá khả năng phân hủy, chuyển hóa các hợp chất POPs như 2,4-D, 2,4,5-T và dioxin bởi hỗn hợp các enzyme ngoài bào này từ mùn trồng nấm sò sau thu hoạch. Sau 5 ngày, dịch chiết enzyme từ mùn trồng nấm sò *Pleurotus pulmonius* PN8 đã phân hủy và chuyển hóa 15% 2,4-D, 2,4,5-T và 18% tổng độ độc của các hợp chất dioxin/furan trong đất.

Lời cảm ơn: *Kết quả nghiên cứu của bài báo được hỗ trợ về kinh phí của đề tài cấp Bộ Quốc phòng năm 2020 "Nghiên cứu làm chủ công nghệ chế tạo bộ kit phát hiện nhanh chất độc hóa học/dioxin trong môi trường và công nghệ xử lý đất nhiễm chất độc hóa học dioxin bằng giải pháp kết hợp chế phẩm sinh học với vật liệu nano".*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Phùng Khắc Huy Chú (2018). *"Nghiên cứu khả năng loại màu thuốc nhuộm hoạt tính và phân hủy chất diệt cỏ/dioxin của vi sinh vật sinh enzyme laccase"*. Luận án Tiến sĩ.

[2]. Đặng Thị Cầm Hà (2014). *"Nghiên cứu công nghệ sản xuất enzyme ngoại bào Laccase, Manganese Peroxidase (MnP), Lignin Peroxidase (LiP) từ vi sinh vật phục vụ xử lý các chất ô nhiễm đa vòng thơm"*. Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước.

[3]. Trần Thị Thu Hường, (2014). *"Nghiên cứu sản xuất chế phẩm enzyme ngoại bào từ mùn trồng của các loại nấm ăn phổ biến tại Việt Nam".* Tạp chí Nghiên cứu KH&CN quân sự, Số 31, 06, 146-151.

[4]. Nguyễn Nguyên Quang, (2010). *"Phân lập và nghiên cứu khả năng chuyển hóa một số chất đa vòng thơm của nấm sợi sinh tổng hợp enzyme laccase từ đất nhiễm chất diệt cỏ/dioxin"*. Luận văn thạc sĩ trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.

[5]. Riva S. (2006), *"Laccase: Blue enzyms for green chemistry",* Trends in Biotechnology, 24(5).

[6]. Ruggaber, T.P. and Talley, J.W. (2006), *"Enhancing bioremediation with enzymatic processes: A review practice periodical of hazardous, toxic, and Radioactive",* Waste Management, 10(2).

[7]. De Souza DF, Tychanowicz GK, de Souza CG, Peralta RM (2006). *"Co-production of ligninolytic enzymes on wheat bran solid state cultures". J. Basic Microbiol.* 46(2): 126-134.

[8]. Kaewlaoyoong A Cheng CY, Lin C, Chen JQ, Huang WY, Sriprom P (2020) *"White rot fungus Pleurotus pulmonarius enhanced bioremediation of highly PCDD/F-contaminated field soil via solid state fermentation. Science of the Total Environment"*. 738, 139670.

ABSTRACT

RESEARCH ON ASSESSMENT OF EXTERNAL ENZYME ACTIVITIES OF MUSHROOM *Pleurotus pulmonarius*

Lignin degradation enzyme system including manganese peroxidase (MnP), lignin peroxidase (LiP), and laccase (Lac) enzymes were capable of decomposing persistent organic compounds (POPs). These extracellular enzymes are mainly produced by fungi that are able to grow on lignin-containing substrates such as white-rot fungi, mushrooms. The Pleurotus pulmonarius mushroom culture humus and the liquid mushroom culture media contain high levels of these enzymes. This study presents the results of these enzyme activities when culturing mushrooms in a number of different liquid media and enzyme extracts from mushroom growing humus. The analysis results showed that the humus extract from the Pleurotus pulmonarius mushroom cultivation is present with all 3 enzymes with the highest activity. This paper also initially tested the ability of enzyme extracts to process persistent organic substances. The results of the study show the role of these enzymes in the treatment of dioxin contaminated soils.

Keywords: Extracellular enzymes; Oyster mushroom; Lignin peroxidase; Manganese peroxidase; Laccase.

Nhận bài ngày 16 tháng 4 năm 2021
Hoàn thiện ngày 10 tháng 8 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 05 tháng 9 năm 2021

Địa chỉ: Viện Công nghệ mới, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.
*Email: thu.n3t.cnm@gmail.com.