

# Laccase Enzyme CAS 80498-15-3 cho xử lý nước thải: cơ chế, ứng dụng và giới hạn kỹ thuật

Nhóm Nghiên cứu Enzymes.bio · Wellington, New Zealand · June 20, 2026

**Laccase Enzyme For The Treatment Of Wastewater CAS 80498-15-3** là enzyme oxy hóa khử được dùng trong các ứng dụng xử lý nước thải chứa hợp chất phenolic, thuốc nhuộm, chất màu và một số vi ô nhiễm hữu cơ có cấu trúc thơm. Điểm mạnh của laccase là sử dụng oxy phân tử làm chất nhận electron, tạo nước là sản phẩm khử cuối cùng, nên phù hợp với các công đoạn xử lý sinh học bổ trợ hoặc xử lý hoàn thiện. Tuy nhiên, laccase không phải giải pháp đơn lẻ cho mọi loại nước thải; hiệu quả phụ thuộc mạnh vào thành phần dòng thải, pH, oxy hòa tan, chất ức chế và cách tích hợp vào hệ thống xử lý hiện hữu <sup>[1]</sup>.

## Laccase là gì trong bối cảnh xử lý nước thải?

Laccase là enzyme thuộc nhóm multicopper oxidase, tức enzyme oxy hóa khử chứa nhiều ion đồng trong trung tâm hoạt động. Về mặt phản ứng, laccase lấy electron từ cơ chất hữu cơ — thường là phenol, polyphenol, amine thơm hoặc một số cấu trúc màu — rồi chuyển electron đó đến oxy phân tử để tạo nước. Cơ chế này làm laccase khác với nhiều quy trình oxy hóa hóa học cần bổ sung chất oxy hóa mạnh; enzyme có thể hoạt động trong điều kiện tương đối ôn hòa nếu ma trận nước thải phù hợp <sup>[1]</sup>.

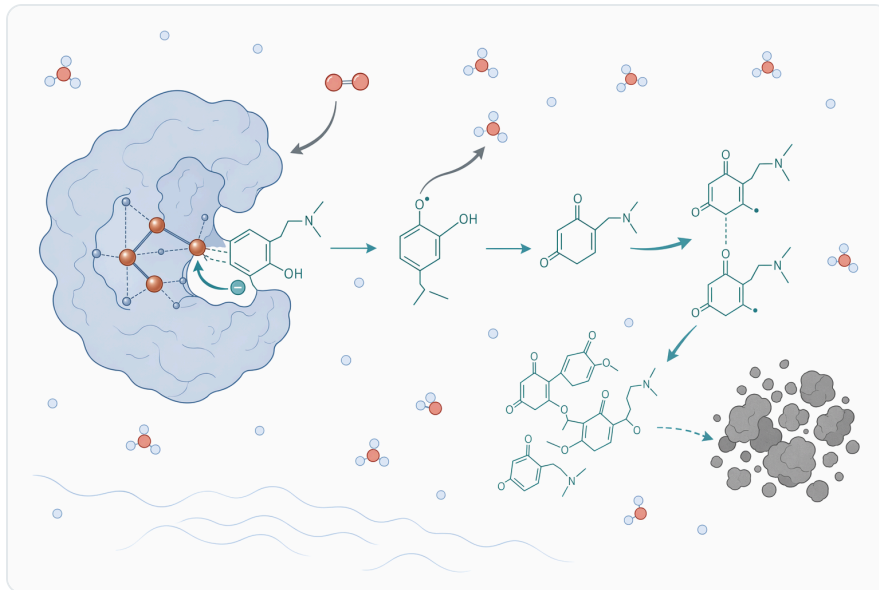
Trong xử lý nước thải, laccase được quan tâm vì nhiều chất ô nhiễm khó xử lý có chung đặc điểm: vòng thơm bền, nhóm phenolic, hệ liên hợp tạo màu hoặc cấu trúc tổng hợp ít bị vi sinh vật thông thường phân hủy. Các tổng quan gần đây về xử lý nước thải bằng enzyme và vi sinh vật đều xem laccase là một trong những biocatalyst quan trọng cho phân hủy hoặc biến đổi chất ô nhiễm hữu cơ bền, đặc biệt khi kết hợp với vật liệu cố định enzyme hoặc quy trình lai <sup>[2]</sup>.

Sản phẩm **Laccase Enzyme For The Treatment Of Wastewater CAS 80498-15-3** do Enzymes.bio cung cấp được định vị cho ứng dụng xử lý nước thải và môi trường. Enzymes.bio là **nhà cung cấp**, không phải nhà sản xuất hay phòng thí nghiệm; sản phẩm được bán trực tiếp online theo đơn vị 1 kg, và CoA cùng SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng.

## Vì sao nước thải công nghiệp cần một công cụ như laccase?

Nhiều dòng thải công nghiệp không chỉ chứa COD dễ phân hủy mà còn có phần hữu cơ bền: thuốc nhuộm dệt nhuộm, phenol từ chế biến nguyên liệu sinh học, phụ phẩm lignin từ giấy – bột giấy, chất kháng sinh, dược phẩm tồn dư và chất gây rối loạn nội tiết. Các chất này có thể tồn tại ở nồng độ thấp nhưng vẫn gây độc tính sinh thái, màu, mùi hoặc ức chế hệ vi sinh trong bể xử lý sinh học [3].

Các quy trình như keo tụ, hấp phụ, màng, ozon hóa, Fenton, quang xúc tác và xử lý sinh học đều có vai trò riêng. Tuy nhiên, không công nghệ nào xử lý tối ưu mọi nhóm chất: keo tụ và hấp phụ chuyển chất ô nhiễm sang pha bùn hoặc vật liệu hấp phụ; màng tạo dòng cô đặc; oxy hóa nâng cao có thể cần năng lượng hoặc hóa chất; xử lý sinh học truyền thống gặp khó với hợp chất thơm bền. Vì vậy, xu hướng hiện đại là phối hợp nhiều cơ chế thay vì kỳ vọng một công đoạn duy nhất giải quyết toàn bộ vấn đề [2].



**Figure 1.** 라카아제는 산소를 물로 환원시키는 동시에 페놀성 및 염료 오염물질을 산화시키며, 이 과정에서 라디칼이 형성되어 서로 결합해 용해도가 낮은 생성물이 되는 경우가 많습니다.

Laccase phù hợp trong chiến lược đó vì enzyme nhắm vào một số nhóm hữu cơ thơm, đặc biệt các phân tử có khả năng cho electron. Khi được tích hợp đúng vị trí, laccase có thể giảm màu, biến đổi phenolic, làm thay đổi độc tính hoặc tăng khả năng xử lý tiếp theo của một phần chất ô nhiễm hữu cơ. Cách nhìn thực tế nhất là xem laccase như một công đoạn sinh học chuyên biệt, thường dùng cho xử lý bổ trợ, tiền xử lý hoặc polishing sau xử lý sinh học [1].

## Cơ chế hoạt động: laccase oxy hóa chất ô nhiễm như thế nào?

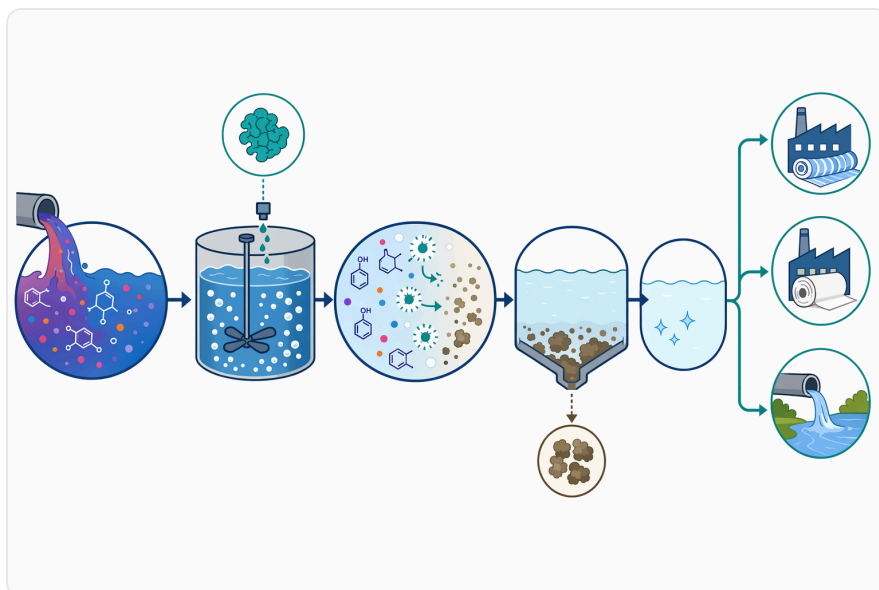
---

Trung tâm hoạt động của laccase gồm các vị trí đồng phối hợp để thực hiện hai việc cùng lúc: oxy hóa cơ chất hữu cơ và khử oxy. Cơ chất tiếp xúc với vùng đồng loại 1, mất một electron và chuyển thành gốc phenoxy, quinone hoặc dạng trung gian oxy hóa khác. Electron sau đó được chuyển nội phân tử đến cụm đồng khác, nơi oxy phân tử bị khử thành nước <sup>[1]</sup>.

Các trung gian sau oxy hóa có thể đi theo nhiều hướng. Với phenol và polyphenol, chúng có thể ghép đôi, polymer hóa hoặc chuyển thành quinone; các sản phẩm này đôi khi ít tan hơn, dễ hấp phụ hơn hoặc dễ tách khỏi pha nước hơn. Với thuốc nhuộm, phản ứng oxy hóa có thể phá vỡ hệ liên hợp tạo màu hoặc biến đổi nhóm mang màu, dẫn đến giảm màu nhìn thấy. Với dược phẩm hoặc chất gây rối loạn nội tiết, phản ứng có thể làm thay đổi nhóm chức liên quan đến hoạt tính sinh học, dù không đồng nghĩa với khoáng hóa hoàn toàn <sup>[4]</sup>.

Điểm cần nhấn mạnh là laccase không “đốt cháy” toàn bộ chất hữu cơ thành CO<sub>2</sub> như một số mô tả đơn giản hóa. Trong nhiều trường hợp, enzyme tạo sản phẩm chuyển hóa, sản phẩm ghép đôi hoặc polymer oxy hóa. Vì vậy, khi áp dụng cho nước thải thực, mục tiêu nên được xác định rõ: giảm màu, giảm phenolic, giảm độc tính, hỗ trợ tách pha hay cải thiện khả năng xử lý sinh học tiếp theo <sup>[3]</sup>.

Một số cơ chất có thể oxy hóa cao hoặc cấu trúc ít tiếp cận với enzyme có thể cần chất trung gian oxy hóa khử. Chất trung gian nhận electron từ laccase rồi oxy hóa cơ chất gián tiếp, mở rộng phạm vi cơ chất của hệ laccase. Tuy nhiên, mediator cũng làm tăng độ phức tạp vận hành vì cần xem xét chi phí, độc tính, khả năng tồn dư và sản phẩm phụ; các nghiên cứu cố định đồng thời laccase và mediator đang cố gắng giải quyết hạn chế này <sup>[5]</sup>.



**Figure 2.** 일반적인 라카아제 폐수 처리 공정에서는 색도와 산화 가능한 유기 오염물질을 줄이기 위해 정화 단계 전에 효소를 투입하고 폭기합니다.

## Nhóm chất ô nhiễm mà laccase thường được nghiên cứu

### Hợp chất phenolic và polyphenolic

Phenol, dẫn xuất phenol, polyphenol và một số amine thơm là nhóm cơ chất “cổ điển” của laccase. Trong nước thải, các hợp chất này có thể xuất hiện từ chế biến nông sản, thực phẩm – đồ uống, giấy – bột giấy, hóa chất, nhựa, nhựa phenolic hoặc các quy trình dùng nguyên liệu lignocellulose. Laccase oxy hóa phenolic thành gốc phenoxy hoặc quinone, từ đó thúc đẩy phản ứng ghép đôi và tạo sản phẩm có tính chất khác ban đầu [1].

Ứng dụng thực tế thường không chỉ là “phân hủy” theo nghĩa khoáng hóa hoàn toàn, mà là biến đổi để giảm độc tính, giảm khả năng hòa tan, giảm màu hoặc hỗ trợ công đoạn sau. Với dòng thải giàu phenolic, laccase có thể được cân nhắc như công đoạn bổ trợ trước keo tụ – tạo bông, lọc, hấp phụ hoặc xử lý sinh học. Cách tiếp cận này phù hợp hơn với bản chất phản ứng enzyme, vì sản phẩm oxy hóa của phenolic có thể cần cơ chế tách hoặc xử lý tiếp theo [2].

### Thuốc nhuộm và nước thải dệt nhuộm

Khử màu thuốc nhuộm là một trong những hướng nghiên cứu nổi bật của laccase. Nhiều thuốc nhuộm có cấu trúc vòng thơm và hệ liên hợp mạnh, giúp tạo màu bền nhưng đồng thời làm chúng khó phân hủy trong hệ bùn hoạt tính thông thường. Laccase có thể tác động lên một số nhóm azo, anthraquinone, triphenylmethane hoặc cấu trúc màu khác tùy vào thế oxy hóa và khả năng tiếp cận cơ chất [6].

Nghiên cứu về laccase ổn định pH và nhiệt từ **Bacillus drentensis 2E** cho thấy hướng phát triển enzyme có khả năng xử lý thuốc nhuộm công nghiệp trong điều kiện khắc nghiệt hơn so với enzyme nhạy cảm thông thường. Điều này quan trọng vì nước thải dệt nhuộm thực tế thường dao động mạnh về pH, muối, chất hoạt động bề mặt và phụ gia hoàn tất vải [6].

Tuy vậy, giảm màu không luôn đồng nghĩa với loại bỏ hoàn toàn độc tính. Một phân tử thuốc nhuộm sau khi mất màu có thể tạo amin thơm hoặc sản phẩm oxy hóa khác, tùy cấu trúc và điều kiện xử lý. Vì vậy, trong thiết kế hệ thống, laccase nên được tích hợp với các công đoạn theo dõi chất hữu cơ tổng thể, độc tính hoặc xử lý sau, thay vì chỉ dựa vào quan sát màu sắc [3].

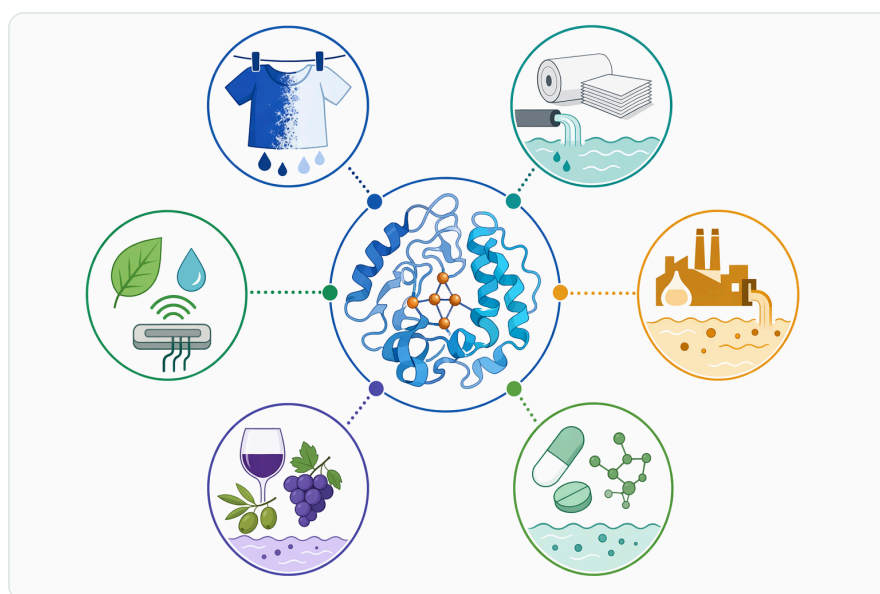


Figure 3. 폐수 처리용 라카아제는 염료, 제지, 페놀성 물질, 농산업 폐수 및 미량 유기 오염물질 처리 등 다양한 분야에 사용됩니다.

### Dược phẩm, kháng sinh và vi ô nhiễm hữu cơ

Các chất ô nhiễm dược phẩm như acetaminophen, ibuprofen, diclofenac, carbamazepine hoặc kháng sinh fluoroquinolone thường được phát hiện trong nước thải đô thị, bệnh viện và công nghiệp dược. Một số chất có nhóm phenolic hoặc cấu trúc thơm có thể là cơ chất trực tiếp hoặc gián tiếp của laccase. Các tổng quan về nấm mục trắng và chất ô nhiễm dược phẩm nhấn mạnh vai trò của hệ enzyme ngoại bào, trong đó laccase là thành phần quan trọng [7].

Đối với kháng sinh, laccase được nghiên cứu vì có thể biến đổi cấu trúc phân tử, làm giảm hoạt tính sinh học hoặc hỗ trợ phân hủy tiếp theo. Tổng quan về laccase từ nấm ăn **Lentinus edodes** cũng đề cập tiềm năng khử nhiễm kháng sinh trong nước thải, cho thấy lĩnh vực này đang mở rộng từ thuốc nhuộm và phenol sang nhóm vi ô nhiễm mới nổi [4].

Dù tiềm năng lớn, xử lý dược phẩm bằng laccase cần thận trọng hơn xử lý màu. Với vi ô nhiễm, nồng độ ban đầu thấp nhưng hoạt tính sinh học cao; sản phẩm chuyển hóa có thể vẫn hoạt tính hoặc khó dự đoán. Do đó, laccase nên được xem như một phần của chiến lược xử lý đa bậc, kết hợp với hấp phụ, màng, xử lý sinh học nâng cao hoặc oxy hóa bổ sung khi cần [2].

### Chất gây rối loạn nội tiết

Bisphenol A, nonylphenol, một số hormone và hợp chất tương tự hormone là nhóm chất được quan tâm do khả năng tác động ở nồng độ thấp. Laccase có thể oxy hóa nhiều hợp chất phenolic liên quan đến rối loạn nội tiết, làm thay đổi cấu trúc nhóm phenol vốn quan trọng cho hoạt tính sinh học. Tổng quan hệ thống về ứng dụng nấm trong loại bỏ chất gây rối loạn nội tiết cho thấy enzyme ngoại bào, trong đó có laccase, là một hướng sinh học đáng chú ý [8].

Tuy nhiên, với nhóm này, tiêu chí “loại bỏ” phải được hiểu rộng hơn nồng độ chất mẹ. Cần quan tâm đến sản phẩm chuyển hóa, khả năng estrogenic còn lại và tương tác với bùn, màng hoặc vật liệu hấp phụ. Vì vậy, laccase có vai trò hợp lý nhất trong xử lý hoàn thiện hoặc kết hợp với các quá trình khác nhằm giảm rủi ro tổng thể của dòng thải [8].



Figure 4. 더 강한 화학적 산화나 응집 처리에 비해 라카아제 처리는 더 온화한 조건에서 운전할 수 있으며, 색을 유발하는 오염물질을 줄일 수 있습니다.

### So sánh laccase với một số công nghệ xử lý nước thải khác

Laccase không thay thế toàn bộ hệ xử lý nước thải. Giá trị kỹ thuật của enzyme nằm ở cơ chế oxy hóa chọn lọc một số hợp chất hữu cơ khó xử lý, trong khi các công nghệ khác xử lý tốt hơn chất rắn, dinh dưỡng, kim loại, muối hoặc COD dễ phân hủy. Bảng dưới đây tóm tắt vị trí tương đối của laccase trong

sơ đồ xử lý tổng thể [2].

Công nghệ/cơ chế	Mục tiêu phù hợp	Điểm mạnh	Giới hạn chính	Vị trí kết hợp với laccase
Laccase enzyme	Phenolic, thuốc nhuộm, một số vi ô nhiễm thơm	Điều kiện ôn hòa, dùng oxy, tính chọn lọc sinh học	Nhạy với ma trận nước thải; không xử lý tốt muối, kim loại, N/P	Tiền xử lý hoặc polishing chất hữu cơ đặc thù
Bùn hoạt tính/xử lý sinh học	COD/BOD dễ phân hủy, dinh dưỡng tùy cấu hình	Kinh tế cho tải hữu cơ lớn	Kém hiệu quả với hợp chất thơm bền hoặc độc với vi sinh	Laccase hỗ trợ biến đổi chất khó phân hủy trước/sau sinh học
Keo tụ – tạo bông	Chất rắn lơ lửng, màu dạng keo, một phần hữu cơ	Vận hành quen thuộc, tác dụng nhanh	Tạo bùn; không phân hủy chất ô nhiễm	Dùng sau laccase để tách sản phẩm polymer hóa/oxy hóa
Hấp phụ	Màu, vi ô nhiễm, chất hữu cơ kỵ nước	Hiệu quả với nồng độ thấp	Cần tái sinh hoặc xử lý vật liệu đã bão hòa	Hấp phụ sản phẩm chuyển hóa hoặc phần còn lại sau enzyme
Oxy hóa nâng cao	Hợp chất bền, độc, khó phân hủy	Oxy hóa mạnh, phổ rộng	Chi phí, năng lượng, kiểm soát sản phẩm phụ	Kết hợp khi laccase không đủ với cơ chất khó oxy hóa
Màng lọc	Tách hạt, vi sinh, chất hữu cơ hoặc muối tùy loại màng	Chất lượng nước đầu ra ổn định	Fouling, dòng cô đặc	Laccase có thể giảm fouling hữu cơ hoặc xử lý dòng sau màng trong một số cấu hình

## Enzyme tự do và enzyme cố định: khác biệt trong vận hành

Laccase ở dạng tự do có ưu điểm là dễ phân tán trong nước và tiếp xúc nhanh với cơ chất hòa tan. Nhưng trong nước thải thực tế, enzyme tự do có thể bị pha loãng, mất hoạt tính do pH, nhiệt, chất ức chế, dung môi, chất hoạt động bề mặt hoặc ion kim loại; đồng thời khó thu hồi sau phản ứng. Những điểm này làm tăng chi phí sử dụng nếu hệ thống cần vận hành liên tục [1].

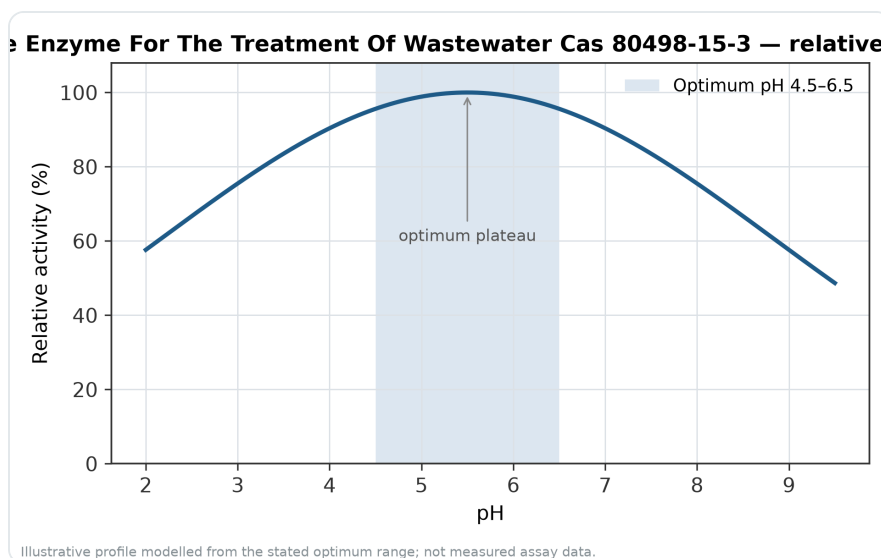
Vì vậy, nhiều nghiên cứu tập trung vào laccase cố định trên vật liệu rắn, hydrogel, hạt polymer, vật liệu từ tính, màng hoặc khung kim loại – hữu cơ. Cố định enzyme giúp giữ enzyme trong reactor, cải thiện khả năng tái sử dụng, tăng độ ổn định tương đối và tạo điều kiện cho cấu hình cột, màng hoặc packed-bed. Các hệ laccase cố định lai vật liệu MOF là ví dụ được nghiên cứu mạnh vì MOF có diện tích bề mặt lớn và khả năng điều chỉnh vi môi trường quanh enzyme [9].

Một hướng khác là đồng cố định laccase với mediator hoặc với vật liệu có hoạt tính xúc tác hỗ trợ. Nghiên cứu về đồng cố định laccase và mediator trong Fe-doped ZIF-8 cho thấy chiến lược này có thể tăng phân hủy chất ô nhiễm hữu cơ bằng cách cải thiện truyền electron và mở rộng phạm vi cơ chất. Tuy nhiên, các hệ như vậy cần đánh giá thêm về độ bền, chi phí vật liệu và khả năng áp dụng với nước thải thực [5].

Hydrogel sinh học cũng được nghiên cứu như nền mang enzyme hoặc vật liệu hấp phụ – xúc tác lại. Ưu điểm của hydrogel là giữ nước tốt, có thể tạo vi môi trường thuận lợi cho enzyme và đồng thời bắt giữ chất ô nhiễm hữu cơ. Các vật liệu hydrogel hoạt tính sinh học cho loại bỏ chất hữu cơ trong nước thải đang được xem như một hướng phát triển bền vững, nhưng tính khả thi quy mô lớn vẫn phụ thuộc vào độ bền cơ học, tái sử dụng và chi phí [10].

## Các yếu tố vận hành ảnh hưởng đến hiệu quả laccase

Hiệu quả của laccase trước hết phụ thuộc vào cấu trúc chất ô nhiễm. Những phân tử có nhóm phenolic, amine thơm hoặc hệ electron dễ bị oxy hóa thường phản ứng thuận lợi hơn. Ngược lại, các phân tử có thể oxy hóa cao, ít tan trong nước, bị che chắn không gian hoặc thiếu nhóm chức phù hợp có thể phản ứng chậm nếu không dùng mediator hoặc quy trình hỗ trợ [1].



**Figure 5.** pH에 따른 폐수 처리용 라카아제 효소(CAS 80498-15-3)의 상대 활성으로, pH 4.5~6.5에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

pH là yếu tố quan trọng vì ảnh hưởng đồng thời đến điện tích enzyme, trạng thái ion hóa của cơ chất và thể oxy hóa của phản ứng. Nhiều laccase nấm thường hoạt động tốt hơn trong vùng acid đến gần trung tính đối với cơ chất phenolic, trong khi một số laccase vi khuẩn có thể chịu điều kiện rộng hơn. Các

nghiên cứu phát triển laccase ổn định pH và nhiệt phản ánh nhu cầu thực tế: nước thải công nghiệp hiếm khi giữ điều kiện lý tưởng như trong thí nghiệm kiểm soát [6].

Oxy hòa tan cũng cần được xem xét vì oxy là chất nhận electron cuối cùng của laccase. Nếu hệ phản ứng thiếu oxy, tốc độ oxy hóa có thể bị hạn chế dù enzyme và cơ chất vẫn có mặt. Trong reactor thực tế, điều này liên quan đến khuấy trộn, tiếp xúc khí – lỏng, thời gian lưu và tải chất ô nhiễm; nhưng việc tăng sục khí quá mức cũng cần cân nhắc năng lượng và tạo bọt [1].

Thành phần nền của nước thải có thể tạo sai khác lớn so với mẫu nước mô phỏng. Muối, chất hoạt động bề mặt, dung môi, chất oxy hóa dư, chất khử, kim loại, bùn mịn hoặc hợp chất cạnh tranh đều có thể làm giảm hoạt tính hoặc chuyển hướng phản ứng. Đây là lý do các tổng quan về xử lý sinh học chất ô nhiễm bền thường nhấn mạnh cần đánh giá trên ma trận thực, không chỉ dựa vào dung dịch đơn chất [3].

## Ứng dụng theo ngành: laccase phù hợp ở đâu?

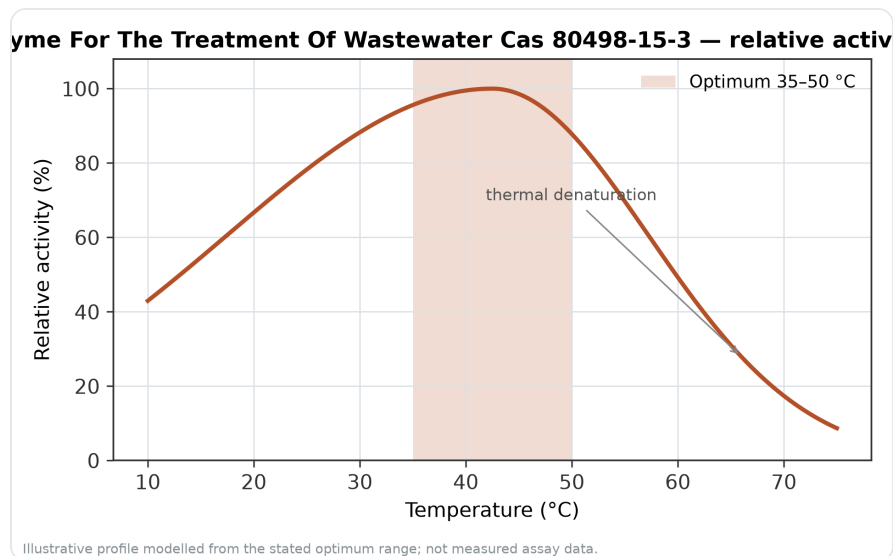
---

### Dệt nhuộm và hoàn tất vải

Trong dệt nhuộm, laccase có thể được dùng để hỗ trợ khử màu một số thuốc nhuộm hoặc biến đổi chất màu còn sót lại sau xử lý chính. Dòng thải dệt nhuộm thường phức tạp vì chứa thuốc nhuộm, muối, chất trợ nhuộm, chất phân tán, chất hoạt động bề mặt và phụ gia hoàn tất. Do đó, laccase nên được xem là công đoạn nhắm mục tiêu vào màu và hợp chất thơm, kết hợp với keo tụ, hấp phụ, sinh học hoặc màng tùy yêu cầu đầu ra [6].

### Giấy, bột giấy và lignocellulose

Laccase có liên hệ chặt với quá trình phân giải lignin trong tự nhiên, đặc biệt ở nấm mục trắng. Trong ngành giấy – bột giấy và xử lý dòng thải lignocellulose, enzyme có thể oxy hóa các cấu trúc phenolic trong lignin hoặc các hợp chất màu liên quan. Ứng dụng thực tế thường xoay quanh giảm màu, biến đổi lignin hòa tan hoặc hỗ trợ công đoạn tẩy sinh học, thay vì xử lý toàn bộ tải ô nhiễm vô cơ của dòng thải [2].



**Figure 6.** 온도에 따른 폐수 처리용 라카아제 효소(CAS 80498-15-3)의 상대 활성으로, 35~50°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성으로 인한 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

## Thực phẩm, đồ uống và dòng thải giàu polyphenol

Một số dòng thải từ chế biến trái cây, rượu vang, bia, cà phê, trà, dầu olive hoặc nguyên liệu thực vật có thể chứa polyphenol và hợp chất tạo màu tự nhiên. Laccase có thể oxy hóa polyphenol, làm thay đổi màu, khả năng kết tủa hoặc tính chất cảm quan trong bối cảnh sản phẩm; trong nước thải, cùng cơ chế này có thể hỗ trợ giảm phenolic và tăng khả năng tách pha. Tuy nhiên, cần phân biệt giữa ứng dụng công nghệ thực phẩm và ứng dụng xử lý nước thải, vì mục tiêu chất lượng hoàn toàn khác nhau <sup>[1]</sup>.

## Nước thải bệnh viện, dược phẩm và đô thị sau xử lý sinh học

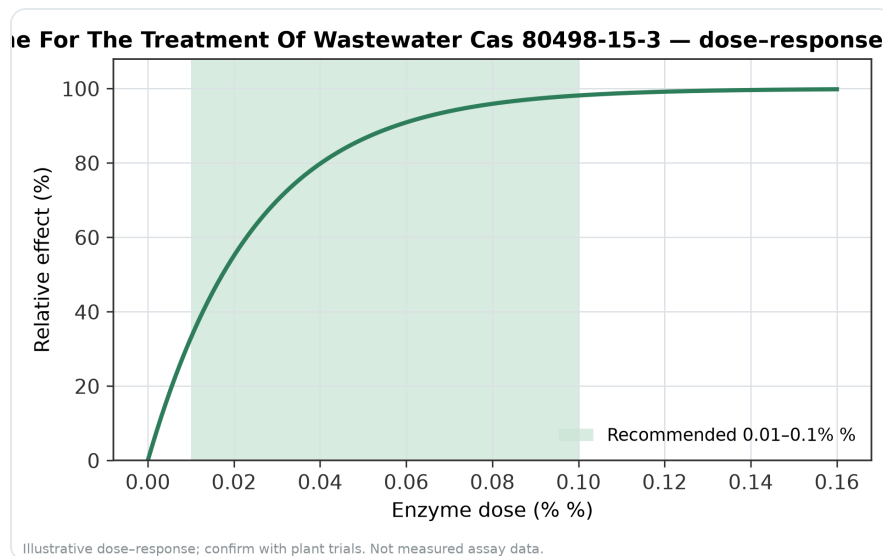
Sau xử lý sinh học đô thị, nhiều vi ô nhiễm vẫn tồn tại ở nồng độ thấp. Laccase có thể là lựa chọn cho công đoạn polishing nhằm xử lý một phần dược phẩm, kháng sinh hoặc chất gây rối loạn nội tiết có cấu trúc phù hợp. Các tổng quan về dược phẩm như acetaminophen và ibuprofen cho thấy nấm mục trắng và enzyme ngoại bào là hướng nghiên cứu đáng chú ý, nhưng cần tiếp tục đánh giá sản phẩm chuyển hóa và độc tính còn lại <sup>[7]</sup>.

## Lợi ích khi tích hợp laccase đúng cách

Lợi ích kỹ thuật đầu tiên là khả năng oxy hóa chọn lọc nhóm hữu cơ thơm trong điều kiện ôn hòa. Với dòng thải có phenolic, thuốc nhuộm hoặc vi ô nhiễm thơm, laccase có thể xử lý phần mà bùn hoạt tính hoặc keo tụ thông thường không tối ưu. Việc dùng oxy làm chất nhận electron cũng giúp giảm phụ thuộc vào một số chất oxy hóa mạnh trong các kịch bản phù hợp <sup>[1]</sup>.

Lợi ích thứ hai là khả năng kết hợp với vật liệu và reactor hiện đại. Laccase cố định trong MOF, hydrogel hoặc vật liệu lai có thể tạo hệ xử lý liên tục, giảm thất thoát enzyme và cải thiện ổn định so với enzyme tự do. Các nghiên cứu về MOF-hybridized immobilized laccase cho thấy hướng này đang được phát triển để nâng cao hiệu quả phân hủy chất ô nhiễm công nghiệp [1].

Lợi ích thứ ba là tính linh hoạt trong sơ đồ xử lý. Laccase có thể đặt trước xử lý sinh học để biến đổi chất ức chế, sau sinh học để xử lý chất còn sót, hoặc cùng công đoạn hấp phụ/keo tụ để tách sản phẩm oxy hóa. Sự linh hoạt này phù hợp với quan điểm xử lý nước thải hiện đại: phối hợp cơ chế sinh học, hóa lý và vật liệu để đạt mục tiêu cụ thể [2].



**Figure 7.** 권장 사용 범위(0.01~0.1%)에서 폐수 처리용 라카아제 효소(CAS 80498-15-3)의 예시적 용량-반응 관계입니다.

## Giới hạn kỹ thuật cần hiểu rõ

Laccase không xử lý trực tiếp tốt các vấn đề như muối hòa tan, amoni, phosphate, kim loại nặng, chất rắn lơ lửng hoặc độ dẫn điện cao. Những nhóm này cần cơ chế khác như kết tủa, trao đổi ion, hấp phụ chuyên biệt, màng, xử lý sinh học dinh dưỡng hoặc công nghệ hóa lý. Nếu dòng thải có nhiều mục tiêu cùng lúc, laccase chỉ nên đảm nhận phần hữu cơ oxy hóa được, không phải toàn bộ bài toán [3].

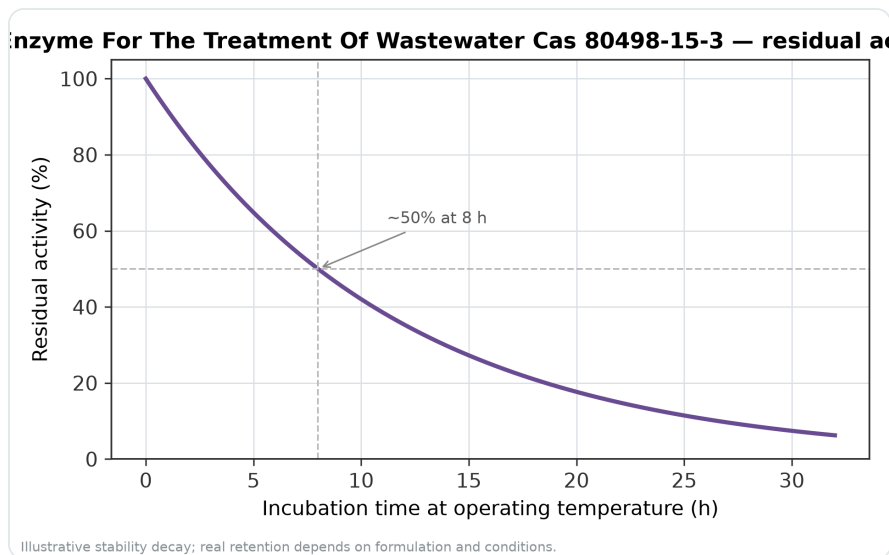
Một giới hạn khác là khoảng cách giữa kết quả phòng thí nghiệm và vận hành thực tế. Nhiều nghiên cứu dùng dung dịch chất ô nhiễm đơn lẻ, nước thải mô phỏng hoặc điều kiện tối ưu hóa kỹ. Khi chuyển sang nước thải thực, enzyme gặp cạnh tranh cơ chất, chất ức chế, biến động pH, nhiệt độ, tải ô nhiễm và yêu cầu vận hành liên tục. Các tổng quan gần đây vẫn nhấn mạnh nhu cầu dữ liệu quy mô lớn hơn, vận hành dài hạn và đánh giá kinh tế - kỹ thuật [2].

Ngoài ra, “biến mất chất mẹ” không luôn đồng nghĩa với an toàn sinh thái. Với thuốc nhuộm, dược phẩm và chất nội tiết, sản phẩm chuyển hóa có thể vẫn cần xử lý tiếp. Do đó, ứng dụng laccase có trách nhiệm cần gắn với mục tiêu xử lý cụ thể và đánh giá đầu ra phù hợp với yêu cầu quản lý môi trường của từng cơ sở [8].

## Vai trò của Laccase Enzyme CAS 80498-15-3 từ Enzymes.bio

**Laccase Enzyme For The Treatment Of Wastewater CAS 80498-15-3** là lựa chọn enzyme dành cho các tổ chức cần một tác nhân sinh học phục vụ nghiên cứu ứng dụng, đánh giá quy trình hoặc tích hợp vào công đoạn xử lý nước thải hữu cơ phù hợp. Sản phẩm được cung cấp trực tiếp online theo đơn vị 1 kg; CoA và SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng để hỗ trợ hồ sơ chất lượng và an toàn trong lưu kho, sử dụng.

Điều quan trọng là hiểu đúng vai trò thương mại: Enzymes.bio là nhà cung cấp, không phải nhà sản xuất enzyme hay phòng thí nghiệm kiểm định. Vì vậy, nội dung kỹ thuật về laccase nên được dùng như tài liệu giáo dục ứng dụng, giúp người dùng hiểu cơ chế, phạm vi phù hợp và giới hạn của enzyme trong xử lý nước thải, chứ không phải cam kết rằng một chế phẩm enzyme có thể thay thế toàn bộ hệ thống xử lý hiện hữu.



**Figure 8.** 폐수 처리용 라카아제 효소(CAS 80498-15-3)의 예시적 열 안정성 감소를 나타낸 것으로, 운전 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

Với khách hàng công nghiệp, laccase phù hợp nhất khi bài toán liên quan đến phenolic, thuốc nhuộm, hợp chất thơm, màu hữu cơ hoặc một số vi ô nhiễm có cấu trúc dễ oxy hóa. Trong các trường hợp dòng thải chủ yếu chứa kim loại, muối, chất rắn, dinh dưỡng hoặc tải COD để phân hủy thông thường, laccase không phải công cụ chính và cần được đặt đúng vị trí trong chuỗi xử lý [1].

## Kết luận

Laccase Enzyme CAS 80498-15-3 là enzyme oxy hóa khử có giá trị trong xử lý nước thải chứa hợp chất phenolic, thuốc nhuộm và một số vi ô nhiễm hữu cơ thơm. Cơ chế multicopper oxidase cho phép enzyme dùng oxy phân tử để oxy hóa cơ chất, tạo nước ở nhánh khử oxy, nhờ đó phù hợp với các công đoạn xử lý sinh học ôn hòa và có tính chọn lọc <sup>[1]</sup>.

Bằng chứng khoa học ủng hộ mạnh tiềm năng của laccase trong khử màu, biến đổi phenolic, xử lý một số dược phẩm và chất gây rối loạn nội tiết; đồng thời các hướng cố định enzyme trên MOF, hydrogel hoặc vật liệu lai đang giúp cải thiện độ ổn định và khả năng vận hành liên tục <sup>[5]</sup>. Dù vậy, laccase nên được xem là công cụ chuyên biệt trong hệ xử lý tổng thể, không phải giải pháp vạn năng cho mọi thông số nước thải.

Trong bối cảnh ứng dụng B2B, sản phẩm Laccase Enzyme For The Treatment Of Wastewater CAS 80498-15-3 do Enzymes.bio cung cấp là lựa chọn phù hợp cho các nhu cầu xử lý môi trường có mục tiêu rõ ràng, đặc biệt khi cần một enzyme oxy hóa cho hợp chất hữu cơ thơm. Cách tiếp cận kỹ thuật tốt nhất là tích hợp laccase dựa trên cơ chế phản ứng, đặc điểm dòng thải và mục tiêu xử lý cụ thể, đồng thời kết hợp với các công nghệ hóa lý hoặc sinh học khác khi cần <sup>[2]</sup>.

### Đặt mua Laccase Enzyme For The Treatment Of Wastewater Cas 80498-15-3 trực tuyến

Bán theo đơn vị 1 kg, có sẵn trong kho và sẵn sàng giao hàng. Đặt mua trực tiếp trên cửa hàng của chúng tôi — thanh toán trực tuyến và chúng tôi sẽ xử lý đơn hàng. Mỗi đơn hàng đều kèm Chứng nhận Phân tích và Bảng Dữ liệu An toàn.

[Mua Laccase Enzyme For The Treatment Of Wastewater Cas 80498-15-3 →](#)

## Tài liệu tham khảo

Được đánh số theo thứ tự trích dẫn đầu tiên. Các nguồn truy cập mở, đều được xác minh có thể truy cập tại thời điểm xuất bản; số trích dẫn trong bài liên kết đến đây.

1. Sutaoney, P., Pandya, S., Gajarlwar, D., Joshi, V., & Ghosh, P. (2022). Feasibility and potential of laccase-based enzyme in wastewater treatment through sustainable approach: A review. *Environmental science and pollution research international*, 29, 86499 - 86527.
2. Ilyas, A., & Batool, K. (2025). Innovative Enzymatic and Microbial Approaches for Wastewater Bioremediation: Advances in Enzyme Engineering, Biotechnology, and Nanotechnology for Sustainable Water Management—A

Comprehensive Review. *Premier Journal of Science*.

3. Mateescu, C., Lungulescu, E., & Nicula, N. (2024). Effectiveness of Biological Approaches for Removing Persistent Organic Pollutants from Wastewater: A Mini-Review. *Microorganisms*, 12.
4. Reza, M. A. S., Rasouli, A., & Darvish, A. (2023). A Brief Review on Laccase Enzyme From the Edible Mushroom *Lentinus edodes* and its Applications in Decontamination of Antibiotics from Wastewater. *Archives of Hygiene Sciences*.
5. Li, Z., Shi, Q., Dong, X., & Sun, Y. (2024). Co-Immobilization of Laccase and Mediator into Fe-Doped ZIF-8 Significantly Enhances the Degradation of Organic Pollutants. *Molecules*, 29.
6. Jeyabalan, J., Veluchamy, A., & Narayanasamy, S. (2025). Production optimization, characterization, and application of a novel thermo- and pH-stable laccase from *Bacillus drentensis* 2E for bioremediation of industrial dyes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 142557 .
7. Flórez-Restrepo, M. A., López-Legarda, X., & Segura-Sánchez, F. (2025). Bioremediation of emerging pharmaceutical pollutants acetaminophen and ibuprofen by white-rot fungi - A review. *Science of the Total Environment*, 977, 179379 .
8. Viana, C. E. M., Santos Lima, V., Rodrigues, K., Pereira, L., & Silva, G. M. M. (2025). Bioremediation of Endocrine Disruptors (EDs): A Systematic Review of Fungal Application in ED Removal from Wastewater. *Water*.
9. Yuan, Y., Sang, Q., Liu, H., Yang, Z., Xie, C., & Ren, S. (2026). Metal-organic framework-hybridized immobilized laccase for the efficient degradation of industrial wastewater pollutants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 309, 119668 .
10. Zhang, J., White, J., He, J., Yu, X., Yan, C., Dong, L., Tao, S., ... et al. (2025). Sustainable bioactive hydrogels for organic contaminant elimination in wastewater. *Nature Communications*, 16.

## Liên hệ Enzymes.bio

Có câu hỏi về đơn hàng? Đội ngũ của chúng tôi luôn sẵn sàng hỗ trợ.

EMAIL [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

ĐIỆN THOẠI (HOA KỲ) **+1 (507) 428-6057**

[Liên hệ với chúng tôi →](#)

 **400+** khách hàng B2B

 **60+** đối tác nghiên cứu đại học

 **54** phục vụ trên toàn cầu

© 2026 Enzymes.bio · Cung ứng enzyme công nghiệp & chế biến thực phẩm · Không dùng cho người tiêu thụ hoặc bán lẻ.