

# Acid Cellulase Enzyme Liquid cho thủy phân xơ cellulose trong nguyên liệu thực vật

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

**Acid Cellulase Enzyme Liquid For Fiber Hydrolysis** là chế phẩm cellulase dạng lỏng dùng để hỗ trợ thủy phân hoặc biến đổi cellulose trong nguyên liệu giàu xơ, đặc biệt khi quy trình vận hành ở môi trường acid hoặc hơi acid. Enzyme này cắt các liên kết  $\beta$ -1,4-glycosidic trong cellulose, làm ngắn mạch polymer và giúp giải phóng đường, oligosaccharide hoặc cấu trúc sợi dễ xử lý hơn tùy mục tiêu công nghệ. Enzymes.bio là **nhà cung cấp** sản phẩm bán trực tiếp online theo đơn vị 1 kg; CoA và SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng.

## Acid cellulase là gì và vì sao phù hợp cho thủy phân xơ?

Acid cellulase là nhóm enzyme cellulase có hoạt tính hữu ích trong hệ có pH acid, thường được dùng khi nguyên liệu hoặc quy trình đã có tính acid tự nhiên, chẳng hạn dịch thực vật, hỗn hợp lên men, sinh khối đã tiền xử lý acid nhẹ, hoặc một số công đoạn xử lý bề mặt sợi. Về chức năng, cellulase xúc tác thủy phân cellulose — polysaccharide cấu trúc chính trong thành tế bào thực vật — bằng cách cắt liên kết  $\beta$ -1,4 giữa các đơn vị glucose, từ đó chuyển một phần cellulose không tan thành chuỗi ngắn hơn, cellobiose và glucose khi hệ enzyme có đủ thành phần phối hợp <sup>[1]</sup>.

Điểm quan trọng là “cellulase” trong ứng dụng công nghiệp thường không nên được hiểu như một protein đơn lẻ. Một hệ thủy phân cellulose hiệu quả thường gồm endoglucanase, cellobiohydrolase hoặc exoglucanase, và  $\beta$ -glucosidase: endoglucanase mở chuỗi ở các vùng dễ tiếp cận, exoglucanase tiếp tục giải phóng cellobiose từ đầu chuỗi, còn  $\beta$ -glucosidase chuyển cellobiose thành glucose và hạn chế sự tích lũy sản phẩm trung gian có thể kìm hãm phản ứng <sup>[2]</sup>.

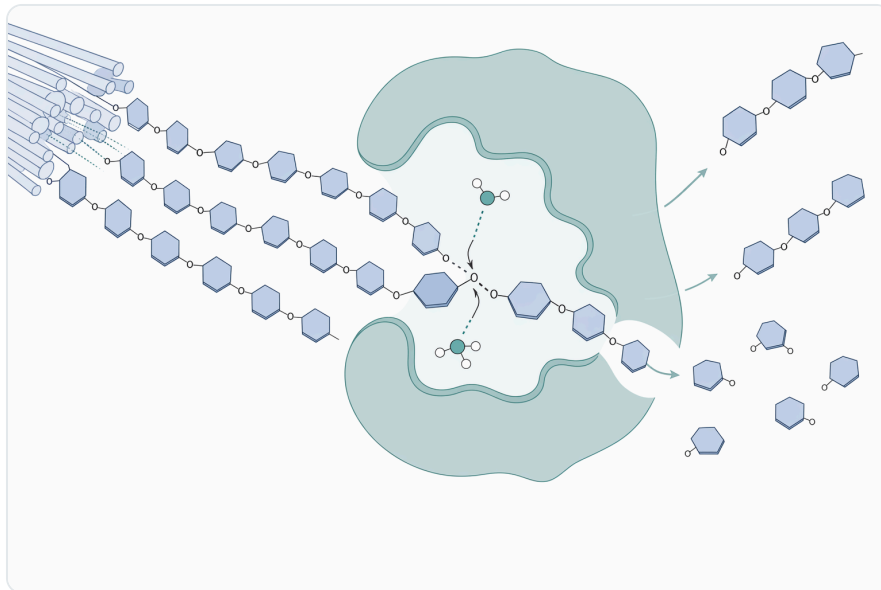
Trong nguyên liệu giàu xơ, cellulose hiếm khi tồn tại riêng rẽ. Nó nằm trong mạng lưới có hemicellulose, pectin, lignin, protein, tinh bột, polyphenol và khoáng, nên enzyme chỉ tác động hiệu quả khi có thể tiếp cận bề mặt cellulose. Nghiên cứu về xơ bánh dứa cho thấy thủy phân bằng cellulase, xử lý acid và phân bố kích thước hạt đều làm thay đổi đặc tính hóa lý và chức năng của chất xơ thực phẩm, minh họa rằng cấu trúc hạt và cách xử lý trước enzyme có ảnh hưởng trực tiếp đến tính chất vật liệu sau thủy phân <sup>[3]</sup>.

Sản phẩm Acid Cellulase Enzyme Liquid For Fiber Hydrolysis do Enzymes.bio cung cấp hướng tới vai trò là một **thành phần công nghệ** trong quy trình xử lý xơ, không phải một giải pháp độc lập cho mọi sinh khối thô. Enzymes.bio không phải nhà sản xuất enzyme hay phòng thí nghiệm phân tích; thông tin chất lượng và an toàn đi kèm đơn hàng được thể hiện qua CoA và SDS của lô hàng tương ứng.

## Cơ chế thủy phân cellulose: enzyme “mở” sợi như thế nào?

Cellulose gồm nhiều chuỗi glucose thẳng, liên kết với nhau bằng liên kết hydro để tạo nên vùng vi sợi có trật tự cao. Các vùng kết tinh này ít thấm nước và khó bị enzyme tấn công hơn vùng vô định hình, vì vậy quá trình thủy phân thường bắt đầu ở những vị trí cellulose bị rối, đứt gãy, trương nở hoặc đã được mở ra bởi tiền xử lý cơ học, nhiệt, hóa học nhẹ hoặc enzyme phụ trợ <sup>[4]</sup>.

Endoglucanase đóng vai trò tạo “điểm mở” bằng cách cắt ngẫu nhiên bên trong các đoạn cellulose dễ tiếp cận, làm giảm chiều dài chuỗi và tạo thêm đầu mạch mới. Khi số đầu mạch tăng lên, cellobiohydrolase hoặc exoglucanase có nhiều vị trí để tiến hành phản ứng theo hướng từ đầu chuỗi, giải phóng chủ yếu cellobiose hoặc cello-oligosaccharide tùy hệ enzyme và cơ chất <sup>[1]</sup>.



**Figure 1.** Cellulase axit thủy phân các liên kết glycosidic beta-1,4 trong sợi cellulose, giải phóng các cellobiosaccharide ngắn hơn và glucose.

$\beta$ -glucosidase là mắt xích quan trọng trong giai đoạn sau vì nó thủy phân cellobiose thành glucose. Nếu cellobiose tích tụ, một số cellulase có thể bị ức chế sản phẩm, làm tốc độ phản ứng chậm lại dù vẫn còn cellulose chưa phân giải; vì vậy hệ enzyme cân bằng giữa ba nhóm hoạt tính thường cho hiệu quả thủy phân thực tế tốt hơn so với chỉ dùng một thành phần riêng lẻ <sup>[2]</sup>.

Với nguyên liệu lignocellulose, vấn đề lớn không chỉ là “cắt liên kết” mà còn là “tiếp cận được liên kết”. Lignin có thể che chắn cellulose, hemicellulose có thể tạo lớp bao quanh vi sợi, còn pectin có thể liên kết mô thực vật thành mạng gel; vì vậy cellulase thường được dùng sau hoặc cùng các bước làm mở cấu trúc, chẳng hạn tiền xử lý acid hữu cơ, sóng siêu âm, áp suất cao động, điện trường xung hoặc phối hợp enzyme khác [5].

## Acid cellulase khác gì so với acid xử lý hóa học?

Acid cellulase và xử lý acid đều có thể làm thay đổi cấu trúc xơ, nhưng cơ chế và mức độ chọn lọc khác nhau. Xử lý acid hóa học có thể thủy phân một số liên kết glycosidic hoặc làm thay đổi mạng polysaccharide một cách tương đối rộng, trong khi cellulase tác động có tính đặc hiệu sinh học hơn lên cellulose và các đoạn cellulose dễ tiếp cận [6].

Nghiên cứu về xơ bánh dứa so sánh các yếu tố như thủy phân bằng cellulase, xử lý acid và kích thước hạt cho thấy mỗi phương pháp tạo ra thay đổi khác nhau về tính chất hóa lý và chức năng của chất xơ. Điều này có ý nghĩa thực tế: nếu mục tiêu là biến đổi chức năng của xơ thực phẩm, không thể chỉ chọn “một phương pháp mạnh hơn”, mà cần xem phương pháp đó làm thay đổi độ giữ nước, độ trương nở, cấu trúc bề mặt và khả năng tương tác với thành phần khác như thế nào [3].

Trong sản xuất cellulose nanocrystals hoặc vật liệu cellulose kích thước nano, acid thủy phân thường được dùng để loại bỏ vùng vô định hình, còn enzyme có thể hỗ trợ mở cấu trúc sợi hoặc giảm mức xử lý hóa học cần thiết. Các nghiên cứu trên xơ thùng carton cũ và xơ cotton cho thấy acid hydrolysis, enzymatic hydrolysis và các bước cơ học như sonication có thể được kết hợp để tạo cellulose nanocrystals với đặc tính phụ thuộc vào nguồn xơ và cách xử lý [7].

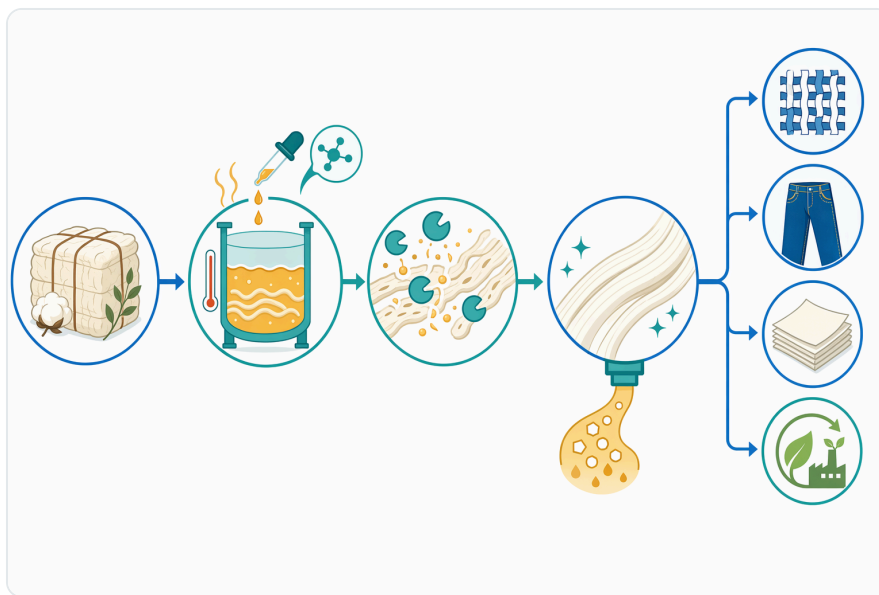
Hướng xử lý xơ cellulose	Cơ chế chính	Điểm mạnh kỹ thuật	Giới hạn cần kiểm soát
Acid cellulase	Cắt chọn lọc liên kết $\beta$ -1,4 trong cellulose dễ tiếp cận	Điều kiện sinh học nhẹ hơn, phù hợp quy trình acid/hơi acid, có thể tích hợp vào xử lý thực vật hoặc sinh khối	Phụ thuộc mạnh vào khả năng enzyme tiếp cận cellulose; lignin và độ kết tinh cao làm giảm hiệu quả [4]
Xử lý acid hóa học	Thủy phân hoặc làm biến đổi polysaccharide bằng tác nhân acid	Có thể mở cấu trúc nhanh, hỗ trợ tiền xử lý sinh khối hoặc tạo vật liệu cellulose đặc thù	Cần kiểm soát ăn mòn, sản phẩm phụ và mức phân hủy quá mức của carbohydrate [5]
Cơ học/giảm kích thước	Tăng diện tích bề mặt, phá vỡ một phần cấu trúc sợi	Hỗ trợ enzyme tiếp xúc tốt hơn, phù hợp như bước chuẩn bị nguyên liệu	Tốn năng lượng; không tự chuyển cellulose thành đường nếu thiếu thủy phân [6]

Hướng xử lý xơ cellulose	Cơ chế chính	Điểm mạnh kỹ thuật	Giới hạn cần kiểm soát
Phối hợp enzyme	Cellulase kết hợp pectinase, hemicellulase, xylanase hoặc enzyme giải phóng phenolic	Tấn công nhiều thành phần thành tế bào, hữu ích cho chiết xuất, lên men, thức ăn và silage	Cần tương thích với nền nguyên liệu, pH, nhiệt và mục tiêu chất lượng [8]

## Những yếu tố quyết định hiệu quả thủy phân xơ

### Cấu trúc cellulose: độ kết tinh và chiều dài mạch

Cellulose càng kết tinh và mức độ polymer hóa càng cao thì enzyme càng khó xâm nhập và cắt liên kết. Nghiên cứu về cellulose có độ kết tinh và mức độ polymer hóa khác nhau cho thấy khi hai yếu tố này giảm, cellulose trở nên dễ bị thủy phân enzyme hơn và cũng dễ được hệ vi sinh đường ruột lên men hơn, củng cố quan điểm rằng cấu trúc vật liệu quyết định mức đáp ứng với cellulase [4].



**Figure 2.** Trong quá trình thủy phân xơ sợi công nghiệp, cellulase axit được bổ sung vào bể axit ấm để biến đổi bề mặt cellulose và giải phóng các sản phẩm thủy phân hòa tan.

Với nguyên liệu đã qua nghiền, nổ hơi, tiền xử lý acid nhẹ hoặc xử lý cơ học, diện tích bề mặt và số vùng vô định hình thường tăng lên. Khi đó acid cellulase có nhiều điểm bám hơn, phản ứng có thể diễn ra đồng đều hơn, và sản phẩm thủy phân ít phụ thuộc vào những “điểm yếu” tự nhiên vốn phân bố không đều trong sợi thô [9].

## Lignin, hemicellulose và pectin: hàng rào quanh cellulose

Trong sinh khối như thân ngô, cỏ switchgrass, rơm, bã mía hoặc xơ dừa, cellulose bị bao bọc trong ma trận lignin-hemicellulose. Delignification hoặc tiền xử lý acid hữu cơ có thể giúp mở cấu trúc, như nghiên cứu về switchgrass dùng sorbic acid hydrolysis cho mục tiêu sản xuất xylo-oligosaccharides đã cho thấy việc xử lý lignocellulose có thể định hướng giải phóng phân đoạn carbohydrate cụ thể [5].

Đối với vỏ quả và phụ phẩm thực vật mềm, pectin cũng là thành phần cản trở giải phóng vật chất nội bào. Nghiên cứu chiết pectin từ vỏ bưởi bằng kết hợp điện trường xung và cellulase hydrolysis cho thấy cellulase có thể được tích hợp vào chiến lược chiết xuất để thay đổi đặc tính cấu trúc và chức năng của pectin thu được, thay vì chỉ đóng vai trò “phá xơ” đơn giản [10].

## Thành phần nền và chất ức chế

Enzyme hoạt động trong một môi trường thật, không phải trong nước tinh khiết. Ion kim loại, gốc acid, muối, polyphenol, đường tích lũy, chất hoạt động bề mặt, dung môi thực phẩm hoặc chất nhũ hóa có thể ảnh hưởng đến trạng thái protein enzyme, khả năng bám cơ chất và tốc độ thủy phân. Nghiên cứu về hoạt tính và động học cellulase trong cơ chất chứa ion kim loại và gốc acid cho thấy môi trường phản ứng có thể làm thay đổi hoạt tính cellulase theo cách phụ thuộc vào thành phần nền [11].

Một số phụ gia có thể cải thiện thủy phân bằng cách giảm hấp phụ không hiệu quả hoặc tăng khả năng thấm ướt bề mặt sinh khối. Ví dụ, nghiên cứu về pretreatment hỗ trợ chất hoạt động bề mặt trên compost nấm đã sử dụng chiến lược kết hợp tiền xử lý và thủy phân enzyme để tạo đường, cho thấy việc điều chỉnh nền phản ứng có thể quan trọng không kém việc chọn enzyme [9].

## Thời gian tiếp xúc, trộn và khả năng dừng phản ứng

Cellulase cần thời gian để khuếch tán, bám lên bề mặt cellulose, cắt mạch và rời khỏi vị trí phản ứng. Nếu phối trộn không đồng nhất, enzyme có thể tập trung ở vùng lỏng hoặc vùng bề mặt, trong khi lõi hạt xơ vẫn ít được xử lý; vì vậy thiết kế trộn và kích thước hạt ảnh hưởng trực tiếp đến tính đồng đều của kết quả [6].

Trong các ứng dụng như dệt cotton, thủy phân quá mức có thể làm suy yếu sợi. Nghiên cứu về biopolishing cotton bằng enzyme có nguồn từ bã mía nhấn mạnh giá trị của xử lý enzyme thân thiện môi trường, nhưng cũng cho thấy mục tiêu dệt là kiểm soát bề mặt sợi chứ không phải phân giải cellulose càng nhiều càng tốt [12].



**Figure 3.** Cellulase axit được sử dụng trong hoàn tất dệt may, xử lý denim, cải biến bột giấy và giấy, xử lý sinh khối, chăm sóc giặt là và các ứng dụng thức ăn chăn nuôi giàu chất xơ.

## Bảng chứng ứng dụng trong các nhóm nguyên liệu

### Xơ thực phẩm và phụ phẩm thực vật

Thủy phân xơ bằng cellulase có thể làm thay đổi độ hòa tan, độ trương nở, khả năng giữ nước, khả năng giữ dầu và tương tác với thành phần dinh dưỡng khác. Với xơ bánh dứa, nghiên cứu của Zheng và cộng sự cho thấy cellulase hydrolysis là một trong các yếu tố làm biến đổi tính chất hóa lý và chức năng của chất xơ, cùng với xử lý acid và phân bố kích thước hạt [3].

Các phụ phẩm cà phê cũng là ví dụ về nguyên liệu giàu thành tế bào thực vật nhưng có tiềm năng làm thành phần thực phẩm bền vững. Nghiên cứu xử lý phụ phẩm cà phê bằng áp suất cao động, acetylation và thủy phân bằng cellulase cho thấy hydrolysis có thể được dùng như một bước biến đổi chức năng để khai thác giá trị từ phụ phẩm thay vì chỉ loại bỏ chúng như chất thải [13].

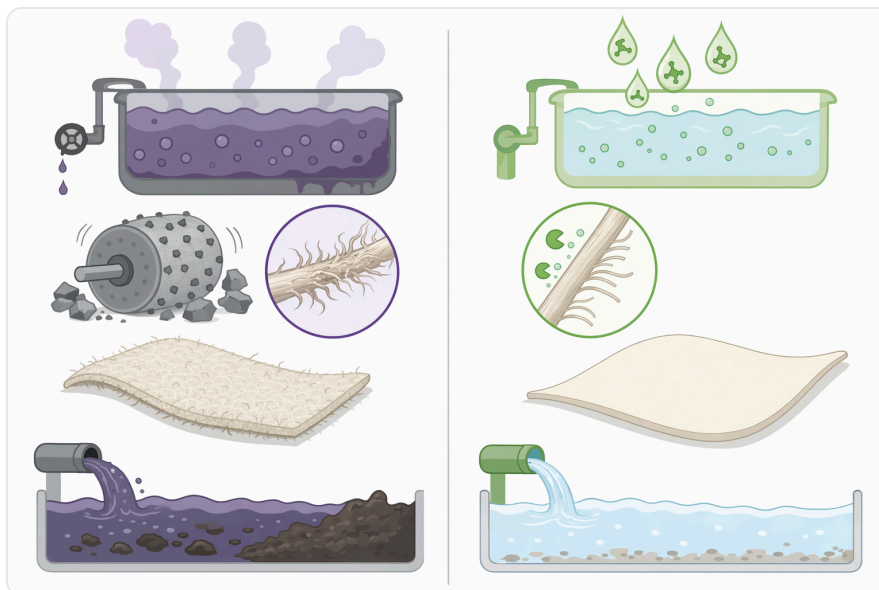
Trong hệ tiêu hóa mô phỏng cho người cao tuổi, nghiên cứu về bổ sung cellulase-AP3 để biến đổi chất xơ yến mạch cho thấy thủy phân cellulase có thể điều chỉnh quá trình tiêu hóa, liên quan đến giảm thủy phân tinh bột và tăng khả năng tiếp cận sinh học của polyphenol. Dù đây là bối cảnh nghiên cứu dinh dưỡng, nó củng cố cơ chế rằng biến đổi thành tế bào bằng cellulase có thể làm thay đổi cách các hợp chất bị giữ trong ma trận xơ được giải phóng [14].

## Chiết xuất hợp chất từ thực vật

Trong chiết xuất thực vật, mục tiêu thường không phải tạo glucose tối đa, mà là phá một phần thành tế bào để giải phóng pectin, phenolic, acid hữu cơ, hương, màu hoặc chất hòa tan. Nghiên cứu về rơm ngô tiền xử lý cho thấy kết hợp enzymatic hydrolysis với fed-batch operation có thể cải thiện sản xuất ferulic acid và p-coumaric acid, hai hợp chất phenolic gắn với cấu trúc thành tế bào thực vật [8].

Một ví dụ khác là silage dâu tằm, nơi cellulase được so sánh với vi khuẩn lactic trong việc tăng năng lực chống oxy hóa thông qua giải phóng phenolic. Điều này cho thấy cellulase không chỉ tạo đường, mà còn có thể làm thay đổi hồ sơ hợp chất hoạt tính sinh học bằng cách mở cấu trúc xơ giữ phenolic [15].

Với vỏ bưởi, kết hợp điện trường xung và cellulase hydrolysis trong chiết pectin đã tạo ra pectin có đặc tính hóa lý, cấu trúc và chức năng được khảo sát riêng. Đây là hướng ứng dụng đáng chú ý cho các quy trình muốn điều chỉnh tính chất nguyên liệu chiết xuất thay vì chỉ tăng hiệu suất thu hồi [10].



**Figure 4.** So với các quy trình xử lý bằng hóa chất mạnh hoặc mài mòn, cellulase axit cho phép thủy phân xơ cellulose nhẹ nhàng hơn và chọn lọc hơn.

## Sinh khối lignocellulose và đường lên men

Trong công nghiệp sinh khối, cellulase là enzyme lõi để chuyển glucan trong sinh khối đã tiền xử lý thành đường có thể dùng cho lên men hoặc các quá trình sinh học tiếp theo. Tổng quan về ứng dụng cellulase trong ngành nhiên liệu sinh học mô tả vai trò trung tâm của cellulase trong chuỗi chuyển đổi lignocellulose thành đường lên men, đồng thời nhấn mạnh nhu cầu tiền xử lý để vượt qua tính khó phân hủy tự nhiên của biomass [1].

Xơ dừa xanh là ví dụ về phụ phẩm nông nghiệp giàu cellulose và lignin. Nghiên cứu về enzymatic hydrolysis và simultaneous saccharification and fermentation của xơ dừa xanh trong môi trường có polymer ethylene oxide cho thấy nền phản ứng và cấu trúc sinh khối ảnh hưởng đến khả năng tạo đường và lên men, một điểm quan trọng khi chuyển từ cơ chất sạch sang phụ phẩm thực tế [16].

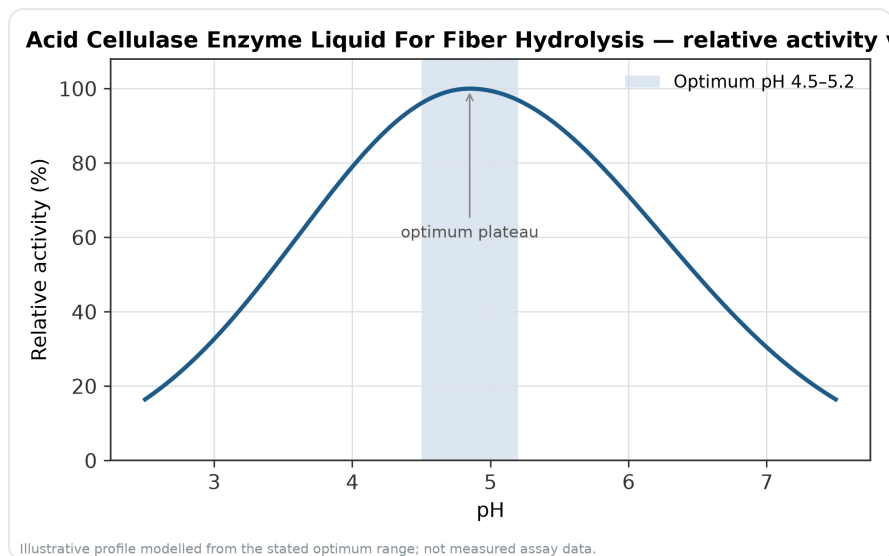
Trong sản xuất cellulose nano hoặc nanocrystalline cellulose, cellulase cũng có thể dùng để làm yếu, mở hoặc rút ngắn sợi cellulose trước hoặc sau bước acid hydrolysis. Các nghiên cứu về cellulose nanocrystals từ xơ đã xử lý cellulase cho thấy enzyme có thể ảnh hưởng đến đặc tính sợi và vật liệu cellulose tạo thành sau thủy phân acid [17].

### **Thức ăn chăn nuôi và silage giàu xơ**

Trong thức ăn chăn nuôi, cellulase được quan tâm vì nhiều nguyên liệu rẻ và sẵn có — thân ngô, cỏ, bã bia ướt, phụ phẩm cây trồng — chứa nhiều thành tế bào thực vật khó tiêu. Khi dùng trong ủ chua hoặc xử lý nguyên liệu, cellulase có thể giải phóng đường dễ lên men hơn, hỗ trợ vi khuẩn lactic và góp phần thay đổi quá trình lên men [18].

Nghiên cứu về silage hỗn hợp bã bia ướt và thân ngô có bổ sung cellulase cùng vi khuẩn lactic đã đánh giá đặc tính lên men và thành phần cộng đồng vi sinh, cho thấy cellulase có thể được dùng như một yếu tố công nghệ trong hệ lên men nguyên liệu thô xanh và phụ phẩm [18].

Các enzyme phân giải liên kết trong thành tế bào không hoạt động đơn độc. Nghiên cứu về inoculant tạo ferulic acid esterase trong silage cám ngô và silage cây ngô nguyên cây cho thấy việc giải phóng liên kết phenolic có thể cải thiện phân giải xơ và điều chỉnh đa dạng vi sinh, bổ sung góc nhìn rằng phân hủy xơ hiệu quả thường cần nhiều hoạt tính enzyme phối hợp [19].



**Figure 5.** Hoạt tính tương đối của dung dịch enzyme cellulase axit dùng cho thủy phân xơ sợi theo pH, cho thấy vùng tối ưu tại pH 4,5–5,2.

## Dệt may: biopolishing và xử lý bề mặt cotton

Trong dệt cotton, cellulase tác động lên fibril cellulose nhỏ trên bề mặt sợi, giúp giảm xù lông, cải thiện cảm giác tay vải và làm bề mặt mịn hơn. Nghiên cứu về biopolishing cotton bằng enzyme có nguồn từ bã mía cho thấy xử lý cellulase có thể là hướng thân thiện môi trường hơn so với một số xử lý hóa học mạnh, nếu quy trình được kiểm soát để tránh tổn hại cơ tính [12].

Cellulase cũng được nghiên cứu cho ứng dụng dệt từ các chủng vi sinh khác nhau. Nghiên cứu về cellulase từ *Aspergillus awamori* MK788209 đã đề cập đến cả saccharification vỏ đậu và ứng dụng textile, minh họa phạm vi sử dụng rộng của cellulase từ xử lý sinh khối đến xử lý sợi [20].

Đối với acid cellulase, điểm phù hợp là khả năng làm việc trong hệ acid hoặc hơi acid, nơi một số công đoạn dệt và xử lý bề mặt có thể được thiết kế để đạt hiệu ứng mong muốn. Tuy nhiên, trong dệt may, “nhiều thủy phân hơn” không đồng nghĩa “tốt hơn”, vì cellulose là chính vật liệu tạo độ bền cho cotton; phản ứng cần được dừng hoặc chuyển điều kiện sau khi đạt hiệu ứng bề mặt [12].

## Ứng dụng công nghiệp phù hợp với Acid Cellulase Enzyme Liquid

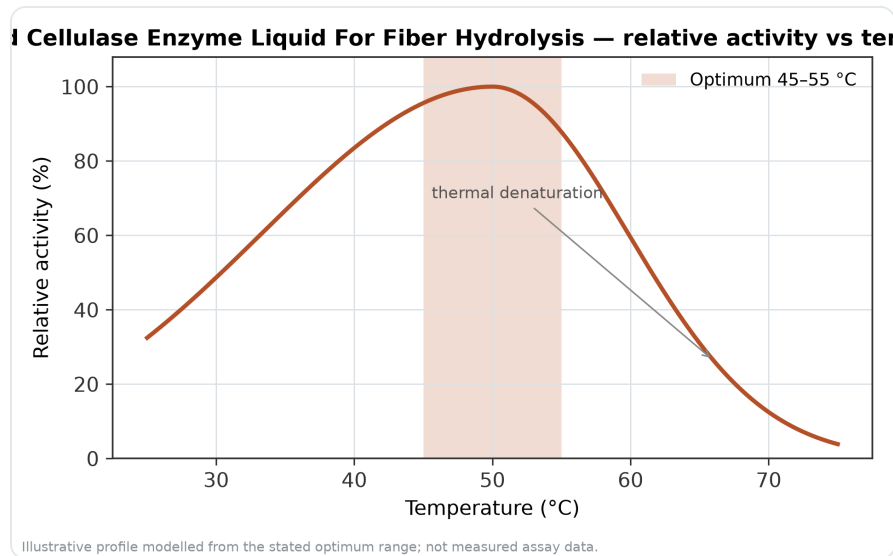
### Hỗ trợ thủy phân xơ trong phụ phẩm nông nghiệp

Acid Cellulase Enzyme Liquid có thể dùng trong các quy trình muốn làm mềm, rút ngắn hoặc thủy phân một phần cellulose trong rơm, thân cây, bã ép, xơ quả, vỏ hạt và phụ phẩm chế biến thực vật. Khi nguyên liệu đã được nghiền, làm ẩm, gia nhiệt nhẹ, tiền xử lý acid hữu cơ hoặc phối hợp với enzyme khác, khả năng tiếp cận cellulose thường tốt hơn so với nguyên liệu thô nguyên dạng [9].

Trong các quy trình hướng tới đường lên men, cellulase thường là một phần của hệ enzyme rộng hơn, vì sinh khối thật chứa cả cellulose, xylan, mannan, pectin và lignin. Nghiên cứu về cellulase GH5 từ metagenome dạ cỏ yak cho thấy việc tìm kiếm cellulase mới vẫn tập trung vào tăng cường thủy phân lignocellulose cho biofuel và sử dụng thức ăn nhai lại, phản ánh nhu cầu kỹ thuật vẫn rất lớn trong chuyển hóa xơ [2].

## Hỗ trợ chiết xuất pectin, phenolic và hợp chất hòa tan

Trong chế biến thực vật, acid cellulase có thể hỗ trợ phá vỡ thành tế bào để giải phóng chất hòa tan mà không nhất thiết phải phân giải toàn bộ cellulose. Với vỏ bưởi, sự kết hợp điện trường xung và cellulase hydrolysis đã được nghiên cứu để thu pectin có đặc tính chức năng khác nhau, cho thấy enzyme có thể tác động đến cả hiệu suất và chất lượng phân đoạn thu được [10].



**Figure 6.** Hoạt tính tương đối của dung dịch enzyme cellulase axit dùng cho thủy phân xơ sợi theo nhiệt độ, với mức tối ưu ở 45–55 °C và sự suy giảm đặc trưng do biến tính nhiệt khi vượt quá vùng tối ưu.

Với rơm ngô, chiến lược kết hợp enzymatic hydrolysis và vận hành fed-batch đã được dùng để cải thiện thu hồi ferulic acid và p-coumaric acid từ nguyên liệu tiền xử lý. Đây là ví dụ rõ ràng rằng cellulase và enzyme phân giải thành tế bào có thể hỗ trợ giải phóng hợp chất phenolic liên kết trong ma trận xơ [8].

## Biến đổi xơ thực phẩm và thành phần chức năng

Trong thực phẩm, thủy phân bằng cellulase có thể dùng để điều chỉnh tính chất công nghệ của chất xơ: độ nhớt, độ trương nở, khả năng giữ nước, khả năng tương tác với lipid hoặc polyphenol. Nghiên cứu trên xơ bánh dứa và phụ phẩm cà phê đều cho thấy cellulase hydrolysis là công cụ biến đổi chức năng nguyên liệu giàu xơ theo hướng có thể tạo thành thành phần thực phẩm bền vững hơn [13].

Cần phân biệt biến đổi chức năng với thủy phân hoàn toàn. Với nhiều thành phần thực phẩm giàu xơ, mục tiêu có thể là tạo cấu trúc xơ dễ phân tán hoặc cải thiện giải phóng hợp chất có lợi, không phải chuyển tất cả cellulose thành glucose; vì vậy mức độ xử lý nên phù hợp với cảm quan, kết cấu và chức năng mong muốn của sản phẩm cuối <sup>[14]</sup>.

### **Hỗ trợ xử lý silage và nguyên liệu thức ăn**

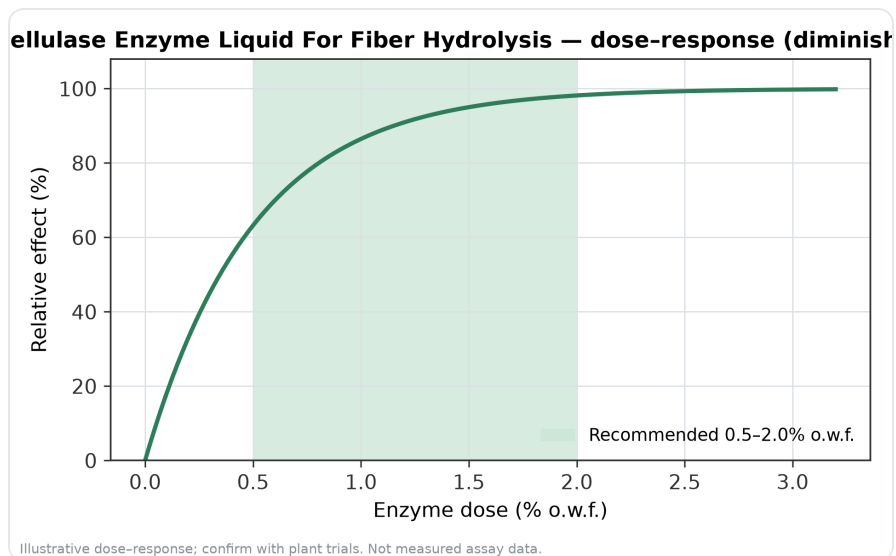
Trong silage, cellulase có thể giải phóng một phần đường từ thành tế bào, tạo cơ chất cho vi khuẩn lactic và góp phần thay đổi diễn biến lên men. Nghiên cứu về bã bia ướt và thân ngô trộn ủ với cellulase và vi khuẩn lactic cho thấy cách phối hợp phụ gia ảnh hưởng đến đặc tính lên men và cộng đồng vi sinh của silage <sup>[18]</sup>.

Một hướng khác là phối hợp cellulase với enzyme hoặc vi sinh vật tác động lên liên kết phenolic trong thành tế bào. Nghiên cứu về ferulic acid esterase-producing inoculant trong silage ngô cho thấy phá các liên kết liên quan đến acid ferulic có thể hỗ trợ phân giải xơ, phù hợp với logic rằng cellulase hoạt động tốt hơn khi hàng rào lignin–hemicellulose–phenolic được giảm bớt <sup>[19]</sup>.

### **Xử lý bề mặt sợi, cotton và vật liệu cellulose**

Trong xử lý cotton, cellulase giúp loại bỏ hoặc làm mòn các vi fibril trên bề mặt, từ đó cải thiện độ mịn và giảm xù lông. Ứng dụng này khác với thủy phân sinh khối: mục tiêu là tác động bề mặt có kiểm soát, không phải tạo đường tối đa <sup>[12]</sup>.

Trong vật liệu cellulose, cellulase có thể đóng vai trò tiền xử lý trước khi acid hydrolysis hoặc sonication để tạo cellulose nanocrystals. Các nghiên cứu trên xơ thùng carton cũ, xơ cotton và sợi đã xử lý cellulase cho thấy enzyme có thể ảnh hưởng đến cấu trúc sợi trước khi tạo vật liệu nano, mở ra hướng tận dụng nguồn cellulose tái chế hoặc nguồn xơ tự nhiên <sup>[7]</sup>.



**Figure 7.** Minh họa quan hệ liều lượng–đáp ứng của dung dịch enzyme cellulase axit dùng cho thủy phân xơ sợi trong khoảng sử dụng khuyến nghị (0,5–2,0% o.w.f.).

## Cách hiểu đúng về lợi ích kỹ thuật

Lợi ích đầu tiên của acid cellulase là tăng khả năng biến đổi cellulose trong điều kiện sinh học tương đối nhẹ. Thay vì chỉ dựa vào xử lý acid mạnh hoặc nghiền cơ học, enzyme có thể cắt có chọn lọc các đoạn cellulose dễ tiếp cận, giúp giảm độ dài chuỗi, thay đổi bề mặt xơ và hỗ trợ các bước ép, chiết, lên men hoặc phối trộn sau đó [1].

Lợi ích thứ hai là hỗ trợ giải phóng chất bị giữ trong thành tế bào. Khi cellulose và các polysaccharide thành tế bào bị mở ra, các hợp chất như phenolic, pectin, đường hòa tan hoặc chất màu có thể dễ thoát ra hơn; các nghiên cứu trên vỏ bưởi, rơm ngô và dâu tằm đều minh họa vai trò này trong những bối cảnh nguyên liệu khác nhau [15].

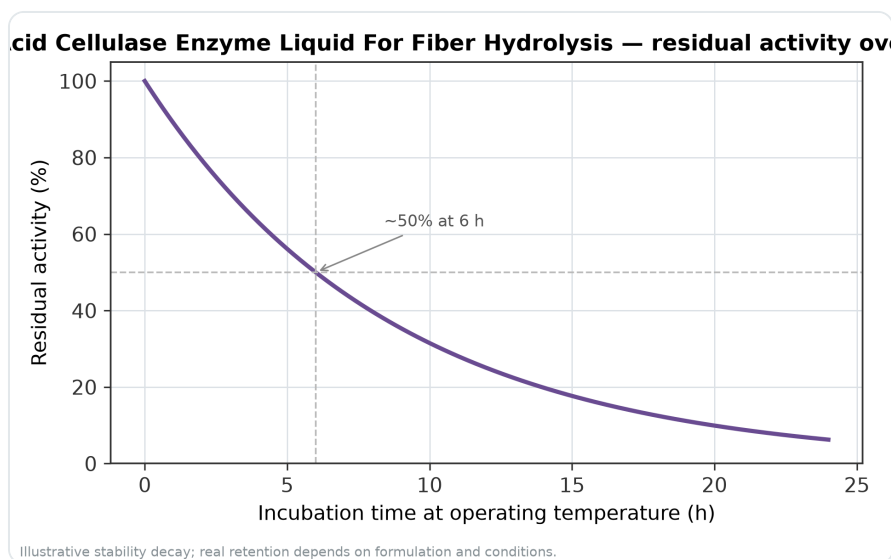
Lợi ích thứ ba là tăng giá trị phụ phẩm. Xơ dừa, phụ phẩm cà phê, thân ngô, bã bia ướt hoặc compost nấm sau sử dụng đều là những dòng nguyên liệu có thể khó xử lý nếu chỉ nhìn như chất thải, nhưng có thể trở thành nguồn xơ, đường, hợp chất chức năng hoặc thức ăn khi được xử lý bằng chiến lược enzyme phù hợp [16].

Tuy nhiên, acid cellulase không nên được mô tả như enzyme “phân giải mọi loại xơ” trong mọi điều kiện. Hiệu quả phụ thuộc vào nguồn cellulose, mức lignin, kích thước hạt, độ ẩm, pH nền, nhiệt độ quy trình, thời gian tiếp xúc, phối trộn và sự có mặt của enzyme hỗ trợ; nghiên cứu về độ kết tinh và mức độ polymer hóa cellulose cho thấy chỉ riêng cấu trúc vật liệu đã có thể làm thay đổi mạnh khả năng thủy phân [4].

## Lưu ý triển khai trong môi trường công nghiệp

Khi tích hợp Acid Cellulase Enzyme Liquid vào quy trình, điểm cần tập trung là sự phù hợp giữa enzyme và nền nguyên liệu. Với nguyên liệu mềm như vỏ quả, bã ép hoặc mô thực vật đã nghiền, enzyme có thể tiếp cận thành tế bào dễ hơn; với sinh khối giàu lignin như thân cây, rơm hoặc xơ dừa, tiền xử lý và phối hợp enzyme thường quan trọng hơn để đạt hiệu quả thực tế [5].

Trong quy trình có mục tiêu chiết xuất, việc dùng cellulase quá mạnh có thể làm thay đổi độ nhớt, độ lọc, cấu trúc pectin hoặc hồ sơ chất hòa tan. Nghiên cứu về pectin vỏ bưởi cho thấy điều kiện xử lý có thể ảnh hưởng đến đặc tính cấu trúc và chức năng của pectin, vì vậy mục tiêu chất lượng sản phẩm cuối cần dẫn dắt cách vận hành hơn là chỉ tối đa hóa mức phá vỡ thành tế bào [10].



**Figure 8.** Minh họa sự suy giảm độ bền nhiệt của dung dịch enzyme cellulase axit dùng cho thủy phân xơ sợi — hoạt tính còn lại giảm dần theo thời gian ở nhiệt độ vận hành.

Trong dệt và vật liệu cellulose, kiểm soát phản ứng đặc biệt quan trọng vì cơ chất cellulose cũng chính là nền tạo độ bền. Biopolishing cotton có thể cải thiện bề mặt, nhưng nếu thủy phân tiếp tục quá sâu, tính chất cơ học có thể bị ảnh hưởng; do đó cần xem enzyme như công cụ tinh chỉnh bề mặt chứ không phải tác nhân xử lý không giới hạn [12].

Thông tin an toàn và chất lượng của lô hàng cần được đọc cùng SDS và CoA đi kèm đơn đặt hàng. Enzymes.bio cung cấp sản phẩm trực tuyến theo đơn vị 1 kg và không trình bày mình như nhà sản xuất hoặc đơn vị kiểm nghiệm; việc triển khai công nghiệp nên dựa trên tài liệu lô hàng, hiểu biết quy trình và đánh giá tương thích với nguyên liệu cụ thể.

## Kết luận

Acid Cellulase Enzyme Liquid For Fiber Hydrolysis là lựa chọn phù hợp cho các quy trình cần thủy phân hoặc biến đổi cellulose trong nguyên liệu giàu xơ ở môi trường acid hoặc hơi acid. Cơ sở khoa học của sản phẩm nằm ở cơ chế cellulase cắt liên kết  $\beta$ -1,4-glycosidic, kết hợp vai trò của endoglucanase, exoglucanase/cellobiohydrolase và  $\beta$ -glucosidase để làm ngắn mạch cellulose và hỗ trợ giải phóng chất bị giữ trong thành tế bào [1].

Bằng chứng nghiên cứu cho thấy cellulase có thể ứng dụng trong biến đổi xơ thực phẩm, chiết xuất pectin và phenolic, thủy phân sinh khối, xử lý silage, biopolishing cotton và chuẩn bị vật liệu cellulose. Đồng thời, hiệu quả thực tế phụ thuộc mạnh vào độ kết tinh cellulose, mức lignin, tiền xử lý, phối hợp enzyme và điều kiện nền, nên acid cellulase cần được xem như một thành phần công nghệ có kiểm soát chứ không phải giải pháp đơn enzyme cho mọi loại biomass [4].

Enzymes.bio cung cấp Acid Cellulase Enzyme Liquid trực tiếp online theo đơn vị 1 kg. CoA và SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng, hỗ trợ người dùng nắm rõ thông tin lô hàng và yêu cầu an toàn khi đưa enzyme vào quy trình xử lý xơ thực vật, phụ phẩm nông nghiệp, chiết xuất, thức ăn hoặc xử lý bề mặt cellulose.

### Đặt mua Acid Cellulase Enzyme Liquid For Fiber Hydrolysis 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 Acid Cellulase Enzyme Liquid For Fiber Hydrolysis →](#)

## 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. Carrigan, J. (2016). Applications of Cellulase in Biofuel Industry.
2. Bature, I., Liang, Z., Wu, X., Yang, F., Yang, Y., Dong, P., & Ding, X. (2025). Isolation, cloning, and characterization of a novel GH5 cellulase from yak rumen metagenome for enhanced lignocellulose hydrolysis in biofuel production and ruminant feed utilization.. *Enzyme and Microbial Technology*, 191, 110737 .
3. Zheng, Y., & Li, Y. (2018). Physicochemical and functional properties of coconut (Cocos nucifera L) cake dietary fibres: Effects of cellulase hydrolysis, acid treatment and particle size distribution.. *Food Chemistry*, 257, 135-142 .

4. Thielemans, K., Bondt, Y. D., Comer, L., Raes, J., Everaert, N., Sels, B., & Courtin, C. (2023). Decreasing the Crystallinity and Degree of Polymerization of Cellulose Increases Its Susceptibility to Enzymatic Hydrolysis and Fermentation by Colon Microbiota. *Foods*, 12.
5. Gao, K., Wang, H., Chen, Y., & Zhang, J. (2023). Delignification of switchgrass for xylo-oligosaccharides production using sorbic acid hydrolysis. *Bioresource Technology*, 129390 .
6. Zheng, Y., & Li, Y. (2018). Data on the effects of cellulase hydrolysis, acid treatment and particle size distribution on physicochemical and functional properties of coconut (cocos nucifera L) cake dietary fibres. *Data in Brief*, 20, 521 - 524.
7. Tang, Y., Shen, X., Zhang, J., Guo, D., Kong, F., & Zhang, N. (2015). Extraction of cellulose nano-crystals from old corrugated container fiber using phosphoric acid and enzymatic hydrolysis followed by sonication. *Carbohydrate Polymers*, 125, 360-6 .
8. Qian, S., Gao, S., Jing-Li, Liu, S., Diao, E., Chang, W., Liang, X., ... et al. (2022). Effects of combined enzymatic hydrolysis and fed-batch operation on efficient improvement of ferulic acid and p-coumaric acid production from pretreated corn straws. *Bioresource Technology*, 128176 .
9. Kapu, N. S., Manning, M., Hurley, T., Voigt, J., Cosgrove, D., & Romaine, C. (2012). Surfactant-assisted pretreatment and enzymatic hydrolysis of spent mushroom compost for the production of sugars. *Bioresource Technology*, 114, 399-405 .
10. Gao, W., Liu, J., Zhang, P., Zeng, X., Han, Z., & Teng, Y. (2024). Physicochemical, structural and functional properties of pomelo peel pectin extracted by combination of pulsed electric field and cellulase hydrolysis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134469 .
11. Wang, G., Zhang, X., Wang, L., Wang, K., Peng, F., & Wang, L. (2012). The activity and kinetic properties of cellulases in substrates containing metal ions and acid radicals. *Advances in Biological Chemistry*, 2, 390-395.
12. Ikbal, M., Tisha, F. A., Asheque, A. I., Hasnat, E., & Uddin, M. A. (2024). Eco-friendly biopolishing of cotton fabric through wasted sugarcane bagasse-derived enzymes. *Heliyon*, 10.
13. Belmiro, R. H., Oliveira, L. C., Geraldi, M. V., Júnior, M. M., & Cristianini, M. (2021). Modification of coffee coproducts by-products by dynamic high pressure, acetylation and hydrolysis by cellulase: A potential functional and sustainable food ingredient. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 68, 102608.
14. Zhou, Z., Liu, Y., Yamaguchi, S., Ishigaki, Y., Chen, J., Li, J., & Liu, X. (2026). Dietary fiber modification by cellulase-AP3 supplementation tailors oat digestion under elderly gastrointestinal conditions with attenuated starch hydrolysis and enhanced polyphenol bioaccessibility. *Food Chemistry*, 520, 149802 .
15. Guo, Y., Peng, H., Wang, H., Li, S., Zhao, J., & Zhang, W. (2025). Cellulase over lactic acid bacteria in enhancing antioxidant capacity of mulberry silage via phenolic release. *Frontiers in Microbiology*, 16.
16. Nogueira, C. C., Padilha, C., & Santos, E. (2021). Enzymatic hydrolysis and simultaneous saccharification and fermentation of green coconut fiber under high concentrations of ethylene oxide-based polymers. *Renewable Energy*.
17. Beyene, D., Chae, M., Dai, J., Danumah, C., Tosto, F., Demesa, A. G., & Bressler, D. (2018). Characterization of Cellulase-Treated Fibers and Resulting Cellulose Nanocrystals Generated through Acid Hydrolysis. *Materials*, 11.
18. Zhao, G., Wu, H., Yang-Li, Li, L., He, J., Yang, X., & Xie, X. (2023). Fermentation characteristics and microbial community composition of wet brewer's grains and corn stover mixed silage prepared with cellulase and lactic acid bacteria

supplementation. *Animal bioscience*, 37, 84 - 94.

19. Yu, Y., Guo, X., Li, H., Yu, C., Liu, H., & Guo, W. (2025). Ferulic Acid Esterase-Producing Inoculant Improves Fiber Degradation and Modulates Microbial Diversity in Corn Bran Silage and Whole-Plant Corn Silage. *Microorganisms*, 13.
20. Mostafa, F., Wehaidy, H. R., Sharaf, S., El-hennawi, H., Mahmoud, S. A., & Saleh, S. A. A. (2024). Aspergillus awamori MK788209 cellulase: production, statistical optimization, pea peels saccharification and textile applications. *Microbial Cell Factories*, 23.

## 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.