

# Acid Cellulase Enzyme cho thủy phân xơ: cơ chế, ứng dụng B2B và giới hạn kỹ thuật cần biết

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

**Acid Cellulase Enzyme For Hydrolyzing Fiber** là enzyme cellulase hoạt động trong môi trường acid, được dùng để cắt một phần cellulose trong nguyên liệu giàu xơ thành oligosaccharide, cellobiose và glucose. Trong thực tế B2B, enzyme này hữu ích cho xử lý sinh khối lignocellulose, điều chỉnh chất xơ thực phẩm, hỗ trợ trích ly thành phần thực vật, cải thiện xử lý nguyên liệu thức ăn và hoàn tất bề mặt sợi cotton khi quy trình cần điều kiện acid nhẹ.

Điểm quan trọng là acid cellulase không “làm tan mọi loại xơ” một cách tự động: hiệu quả phụ thuộc mạnh vào cấu trúc cellulose, lignin, hemicellulose, kích thước hạt, tiền xử lý và sự phối hợp với các enzyme khác. Enzymes.bio là **nhà cung cấp** sản phẩm enzyme bán trực tiếp online theo đơn vị 1 kg; CoA và SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng.

## Acid Cellulase Enzyme là gì trong xử lý xơ cellulose?

Acid cellulase là cách gọi nhóm cellulase có khả năng làm việc trong môi trường acid, trong đó mục tiêu cơ chất chính là cellulose — polymer mạch thẳng gồm các đơn vị glucose nối với nhau bằng liên kết  $\beta$ -1,4-glycosidic. Trong sinh khối thực vật, cellulose không tồn tại đơn độc mà nằm trong thành tế bào cùng hemicellulose, pectin, lignin, protein cấu trúc và các hợp chất phenolic, vì vậy thủy phân xơ bằng cellulase thường là một phần của quá trình xử lý thành tế bào thực vật chứ không chỉ là phản ứng cắt một polymer tinh khiết <sup>[1]</sup>.

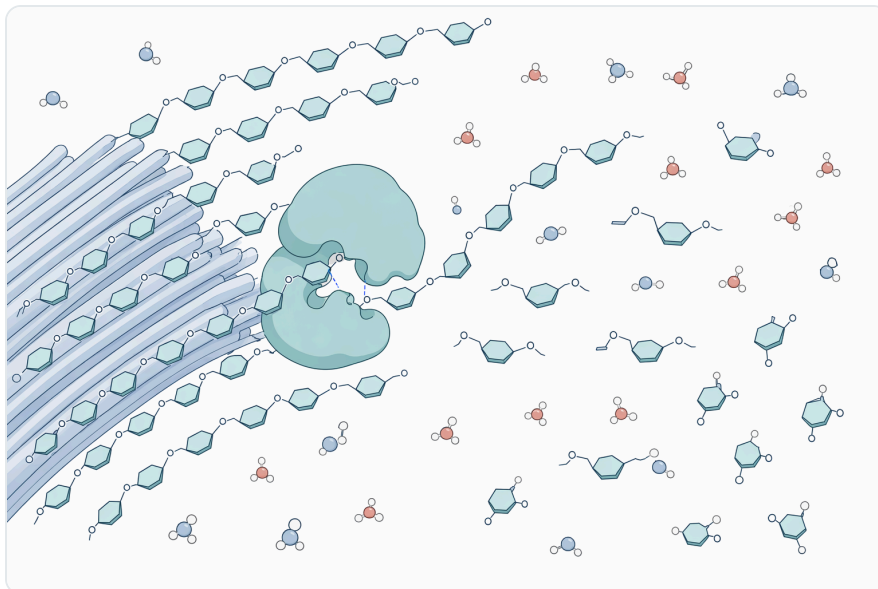
Về mặt enzyme học, “cellulase” thường là một hệ hoạt tính phối hợp. Endoglucanase cắt ngẫu nhiên tại các vùng dễ tiếp cận trong chuỗi cellulose, tạo thêm đầu mạch mới; exoglucanase hoặc cellobiohydrolase tiếp tục tách cellobiose từ đầu mạch;  $\beta$ -glucosidase chuyển cellobiose và cello-oligosaccharide thành glucose. Sự phối hợp này giải thích vì sao một cellulase đơn lẻ thường không đủ để chuyển cellulose thực tế thành đường hòa tan với hiệu suất cao trong vật liệu giàu xơ <sup>[1]</sup>.

Từ góc nhìn ứng dụng, cụm “for hydrolyzing fiber” nhấn mạnh vai trò phá vỡ một phần mạng xơ thực vật để tăng khả năng tiếp cận của nước, vi sinh vật, enzyme khác hoặc tác nhân chiết xuất. Nghiên cứu về chất xơ bánh dứa cho thấy xử lý bằng cellulase, xử lý acid và phân bố kích thước hạt đều có thể làm thay đổi tính chất hóa lý và chức năng của chất xơ, minh họa rằng cùng một nguyên liệu giàu cellulose có thể biểu hiện khác nhau tùy cách biến tính [2].

## Cơ chế thủy phân xơ: enzyme cắt ở đâu và vì sao cấu trúc sợi quan trọng?

Cellulose có độ bền cao vì các chuỗi glucose song song tạo vùng vi sợi có liên kết hydro dày đặc, trong đó phần kết tinh khó bị enzyme tiếp cận hơn phần vô định hình. Khi acid cellulase tiếp xúc với bề mặt sợi, enzyme phải hấp phụ lên cơ chất rắn, định vị vùng xúc tác gần liên kết  $\beta$ -1,4, thực hiện phản ứng thủy phân có nước tham gia, sau đó giải phóng sản phẩm ngắn hơn vào pha lỏng hoặc tiếp tục di chuyển trên bề mặt cellulose [3].

Điểm khó của quá trình không chỉ là “cắt liên kết” mà là “tiếp cận đúng liên kết”. Nếu cellulose bị bao bọc bởi hemicellulose hoặc lignin, enzyme có thể bị hạn chế khuếch tán vào thành tế bào; nếu cellulose quá kết tinh hoặc có mức độ polymer hóa cao, số vị trí dễ tấn công giảm. Nghiên cứu về mức độ kết tinh và mức độ polymer hóa của cellulose cho thấy khi các đặc tính cấu trúc này giảm, cellulose trở nên dễ bị thủy phân enzyme và lên men bởi hệ vi sinh vật đại tràng hơn [3].



**Figure 1.** 산성 셀룰라아제는 수화된 셀룰로오스에서 접근 가능한 베타-1,4 결합을 가수분해하여 사슬을 짧게 만들고 식물 섬유 네트워크를 약화시킵니다.

Trong nguyên liệu lignocellulose như rơm, thân bắp, cỏ switchgrass hoặc xơ dứa, lignin đóng vai trò như lớp chắn vật lý và cũng có thể tạo hấp phụ không mong muốn với enzyme. Nghiên cứu về delignification của switchgrass phục vụ sản xuất xylo-oligosaccharide cho thấy việc điều chỉnh phần

lignin và cấu trúc sinh khối là bước quan trọng khi mục tiêu là tăng khả năng tiếp cận carbohydrate trong thành tế bào [4].

Cũng cần phân biệt thủy phân enzyme với thủy phân acid hóa học. Acid cellulase hoạt động bằng trung tâm xúc tác protein có tính chọn lọc cơ chất, còn thủy phân acid hóa học có thể cắt polysaccharide rộng hơn nhưng thường ít chọn lọc hơn và dễ tạo phản ứng phụ tùy điều kiện. Trong nghiên cứu tách cellulose nanocrystal từ sợi thùng carton cũ, thủy phân acid phosphoric được kết hợp với thủy phân enzyme và siêu âm, cho thấy xử lý acid và enzyme có thể giữ vai trò bổ trợ nhưng không giống nhau về cơ chế [5].

## Acid cellulase khác gì so với acid treatment, enzyme trung tính và tiền xử lý cơ học?

Trong tài liệu kỹ thuật, “acid cellulase” đôi khi dễ bị hiểu nhầm là “acid dùng để thủy phân cellulose”. Thực tế, acid cellulase vẫn là enzyme, chỉ khác ở chỗ hoạt tính của nó phù hợp hơn với môi trường acid so với nhiều enzyme trung tính hoặc kiềm. Ngược lại, acid treatment là xử lý hóa học bằng acid; nó có thể làm thay đổi cellulose, hemicellulose hoặc pectin theo cơ chế proton hóa và cắt mạch không phụ thuộc protein enzyme [6].

Cách xử lý xơ	Cơ chế chính	Ưu điểm thực tế	Giới hạn cần kiểm soát	Ví dụ nghiên cứu liên quan
Acid cellulase	Enzyme cắt liên kết $\beta$ -1,4 trong cellulose ở điều kiện acid	Chọn lọc hơn với cellulose; phù hợp nhiều nguyên liệu thực vật acid nhẹ	Phụ thuộc khả năng tiếp cận cơ chất, lignin, độ kết tinh và thời gian tiếp xúc	Cellulase làm thay đổi tính chất chất xơ bánh dứa [2]
Acid treatment	Acid hóa học cắt hoặc biến đổi polysaccharide	Có thể mở cấu trúc nhanh, hỗ trợ tiền xử lý	Có nguy cơ phản ứng phụ, thay đổi mạnh cấu trúc và thành phần	Dữ liệu so sánh cellulase hydrolysis, acid treatment và kích thước hạt trên chất xơ bánh dứa [6]
Tiền xử lý vật lý/cơ học	Giảm kích thước, tăng diện tích bề mặt, phá vỡ mô	Tăng tiếp xúc enzyme–cơ chất	Có thể tổn năng lượng; không nhất thiết cắt cellulose	Phân bố kích thước hạt ảnh hưởng tính chất chất xơ bánh dứa [2]
Kết hợp enzyme với công nghệ hỗ trợ	Mở cấu trúc rồi enzyme thủy phân chọn lọc	Có thể cải thiện trích ly hoặc biến tính chức năng	Cần tối ưu theo nguyên liệu, không suy rộng máy móc	PEF kết hợp cellulase trong trích ly pectin vỏ bưởi [7]

So sánh này quan trọng vì cùng một chỉ tiêu như độ hòa tan, khả năng giữ nước, độ nhớt hoặc khả năng lên men có thể thay đổi theo nhiều hướng khác nhau. Ví dụ, nghiên cứu về phụ phẩm cà phê cho thấy biến tính bằng áp suất động cao, acetyl hóa và thủy phân cellulase đều được xem như các hướng tạo nguyên liệu chức năng bền vững, nhưng mỗi cách xử lý tác động khác nhau đến cấu trúc và tính chất của phụ phẩm [8].

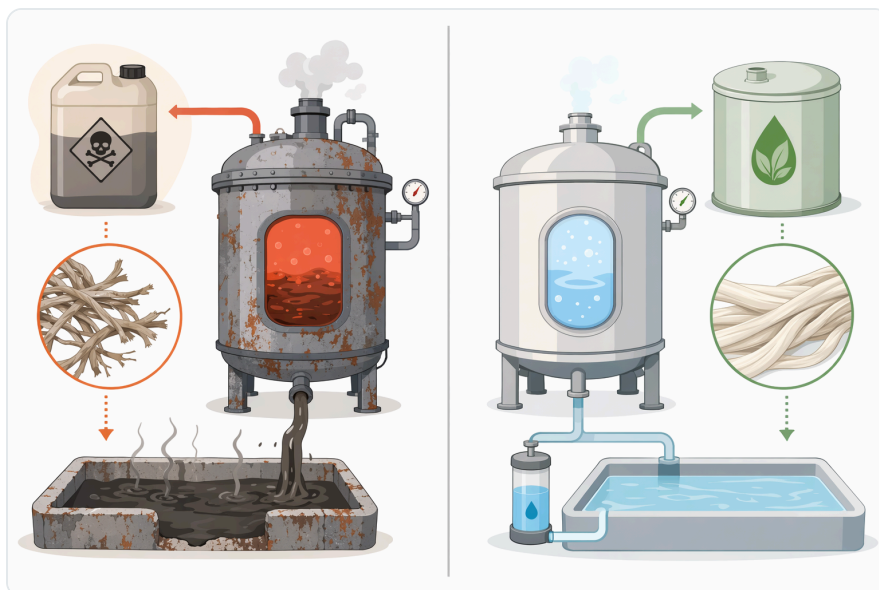
## Ứng dụng trong điều chỉnh chất xơ thực phẩm và nguyên liệu giàu xơ

---

Một ứng dụng nổi bật của acid cellulase là điều chỉnh đặc tính chất xơ thực phẩm từ phụ phẩm nông sản. Khi cắt một phần mạng cellulose, enzyme có thể làm thay đổi tỷ lệ phần hòa tan, độ xốp, khả năng giữ nước/dầu, khả năng trương nở và khả năng lên men của chất xơ. Trong nghiên cứu về bánh dứa, xử lý cellulase được so sánh với xử lý acid và thay đổi kích thước hạt để đánh giá các tính chất hóa lý và chức năng của dietary fiber, cho thấy thủy phân enzyme là một công cụ biến tính đáng chú ý đối với phụ phẩm thực vật [2].

Với các nguyên liệu như cám, vỏ trái cây, bã cà phê, vỏ hạt hoặc phụ phẩm ép dầu, mục tiêu thường không phải thủy phân hoàn toàn thành glucose mà là “mở” cấu trúc sợi ở mức có kiểm soát. Nghiên cứu về phụ phẩm cà phê nhấn mạnh tiềm năng biến tính bằng cellulase để tạo thành phần thực phẩm chức năng bền vững, phản ánh xu hướng tận dụng phụ phẩm nông nghiệp thay vì chỉ xử lý như chất thải [8].

Một hướng mới là thiết kế chất xơ để tác động đến tiêu hóa và khả năng tiếp cận hợp chất sinh học. Nghiên cứu về bổ sung cellulase-AP3 trong mô hình tiêu hóa yếm mạch dưới điều kiện tiêu hóa người cao tuổi cho thấy biến tính chất xơ bằng cellulase có thể liên quan đến giảm thủy phân tinh bột và tăng khả năng tiếp cận polyphenol, cho thấy cellulase không chỉ tạo đường mà còn làm thay đổi cách ma trận thực phẩm giải phóng thành phần chức năng [9].



**Figure 2.** 산성, 중성, 알칼리성 셀룰라아제는 공정의 pH 화학 조건과 그 조건에 대한 기질의 내성에 따라 선택됩니다.

Trong chất xơ không hòa tan từ bắp, kết hợp gia nhiệt radiofrequency và thủy phân enzyme được nghiên cứu nhằm tăng khả năng lên men và tạo acid béo chuỗi ngắn. Đây là ví dụ cho thấy cellulase có thể được dùng trong chiến lược biến tính chất xơ để hướng đến tính lên men trong ruột, thay vì chỉ tối đa hóa lượng glucose giải phóng [10].

## Ứng dụng trong trích ly pectin, polyphenol và hợp chất thực vật

Thành tế bào trái cây chứa cellulose, hemicellulose và pectin đan xen; vì vậy acid cellulase có thể hỗ trợ phá vỡ mô thực vật để giải phóng pectin, polyphenol, sắc tố hoặc các chất hòa tan khác. Trong nghiên cứu về vỏ bưởi, kết hợp trường điện xung và thủy phân cellulase được dùng để trích ly pectin, đồng thời đánh giá tính chất hóa lý, cấu trúc và chức năng của pectin thu được [7].

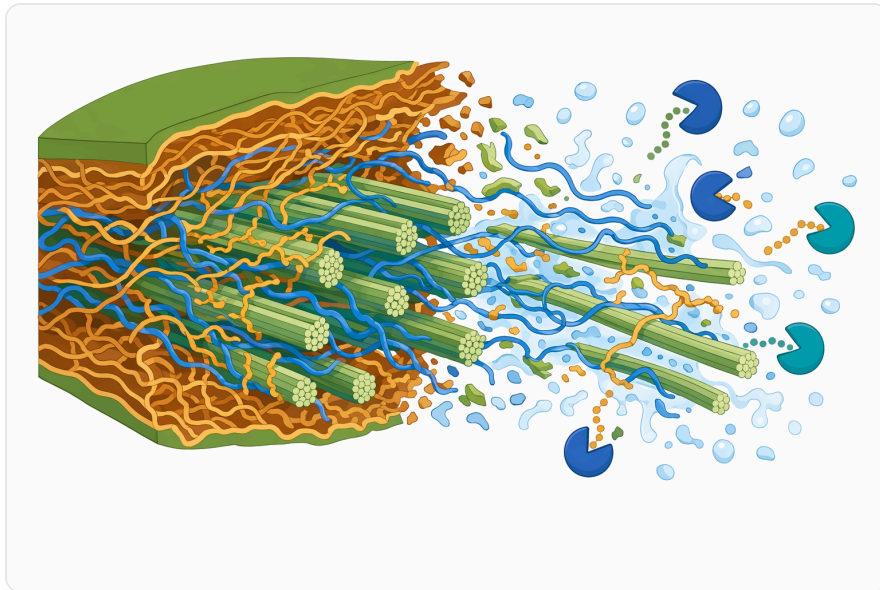
Cơ chế hỗ trợ trích ly không nhất thiết là cellulase “tạo ra” pectin hay polyphenol, mà là làm lỏng hoặc phá vỡ cấu trúc cellulose bao quanh, giúp dung môi và các enzyme khác tiếp cận tốt hơn. Trong phụ phẩm trái cây, vỏ và bã ép thường giữ lại nhiều hợp chất trong thành tế bào; khi mạng cellulose bị cắt một phần, quá trình khuếch tán chất hòa tan ra ngoài có thể thuận lợi hơn [7].

Đối với hợp chất phenolic gắn với thành tế bào, cellulase có thể đóng vai trò gián tiếp bằng cách mở cấu trúc polysaccharide, trong khi các enzyme khác như ferulic acid esterase có thể cần thiết để cắt liên kết ester giữa phenolic acid và arabinoxylan. Nghiên cứu trên rơm bắp tiền xử lý cho thấy thủy phân enzyme kết hợp và vận hành fed-batch có thể cải thiện sản xuất ferulic acid và p-coumaric acid, nhấn mạnh vai trò của hệ enzyme phối hợp khi mục tiêu là giải phóng acid phenolic chứ không chỉ đường [11].

Trong ủ chua dâu tằm, cellulase được nghiên cứu cùng vi khuẩn lactic để tăng khả năng chống oxy hóa thông qua giải phóng phenolic. Điều này gợi ý rằng trong nguyên liệu thực vật lên men, thủy phân cellulose có thể làm thay đổi cả nền carbohydrate lẫn khả năng tiếp cận hợp chất chống oxy hóa, nhưng kết quả vẫn phụ thuộc vào hệ vi sinh, nguyên liệu và điều kiện lên men cụ thể [12].

## Ứng dụng trong thức ăn chăn nuôi và nguyên liệu lên men

Trong thức ăn chăn nuôi, phần xơ cellulose có thể làm giảm khả năng tiếp cận tinh bột, protein, lipid hoặc khoáng chất bị giữ trong tế bào thực vật. Acid cellulase có thể hỗ trợ phá vỡ một phần thành tế bào, từ đó giúp hệ enzyme tiêu hóa hoặc vi sinh vật đường ruột tiếp cận chất dinh dưỡng tốt hơn. Nghiên cứu cellulase GH5 từ hệ vi sinh dạ cỏ yak nhấn mạnh vai trò của cellulase trong thủy phân lignocellulose cho sản xuất nhiên liệu sinh học và sử dụng thức ăn nhai lại [13].



**Figure 3.** 전처리, 수화, 물리적 파쇄는 산성 셀룰라아제가 도달할 수 있는 셀룰로오스 부위의 수를 늘립니다.

Với nguyên liệu ủ chua, cellulase có thể cung cấp đường dễ lên men hơn cho vi khuẩn lactic bằng cách cắt polysaccharide cấu trúc thành phân tử nhỏ hơn. Tuy nhiên, hiệu quả không thể tách rời hệ vi sinh: các inoculant tạo ferulic acid esterase, chẳng hạn, có thể cải thiện phân giải xơ và điều chỉnh đa dạng vi sinh trong ủ chua cám bắp và cây bắp nguyên cây, cho thấy hệ enzyme–vi sinh vật thường là mạng tương tác nhiều thành phần [14].

Đối với phụ phẩm giàu cellulose như xơ dừa xanh, thủy phân enzyme và đồng thời đường hóa–lên men đã được nghiên cứu trong điều kiện có polymer gốc ethylene oxide ở nồng độ cao. Nghiên cứu này cho thấy xơ dừa không chỉ là chất thải lignocellulose mà còn có thể là nguyên liệu cho quá trình chuyển hóa sinh học nếu cấu trúc xơ được xử lý phù hợp [15].

Một điểm thực tế cho ngành thức ăn là cellulase không thay thế được đánh giá dinh dưỡng theo loài vật nuôi. Thành phần lignin, mức độ già hóa của cây, kích thước nghiền, độ ẩm, thời gian ủ và hệ vi sinh đều ảnh hưởng đến kết quả. Do đó, acid cellulase nên được hiểu là công cụ xử lý xơ trong hệ công thức và quy trình cụ thể, không phải phụ gia tạo hiệu quả giống nhau trên mọi loại nguyên liệu [13].

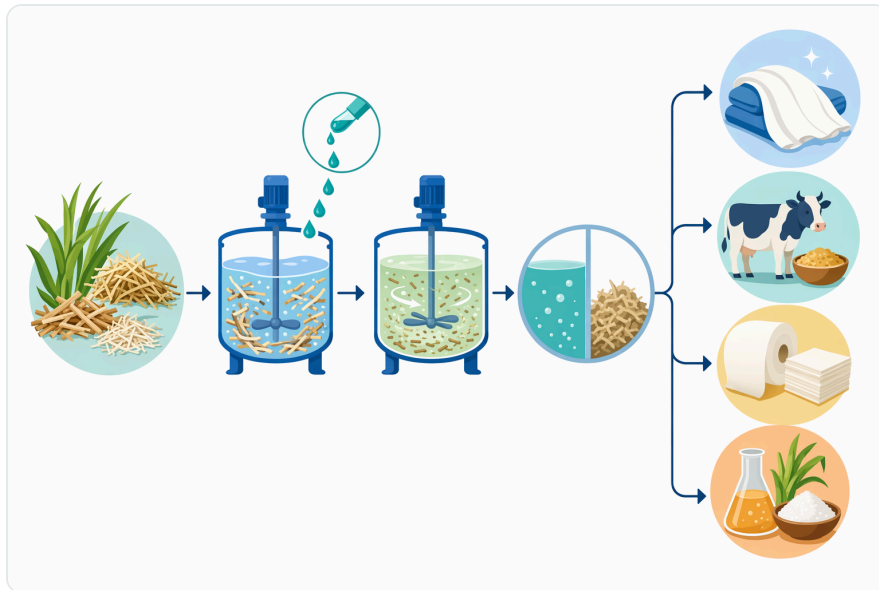
## Ứng dụng trong sinh khối lignocellulose và tạo đường lên men

Trong sinh khối lignocellulose, acid cellulase được dùng để chuyển cellulose đã tiếp cận được thành glucose hoặc oligosaccharide có thể đi tiếp vào lên men. Ứng dụng này liên quan trực tiếp đến nhiên liệu sinh học, acid hữu cơ, enzyme công nghiệp và hóa chất sinh học từ nguồn tái tạo. Tổng quan về ứng dụng cellulase trong ngành biofuel mô tả vai trò trung tâm của cellulase trong bước đường hóa cellulose thành đường lên men [1].

Tuy nhiên, sinh khối thô thường có tính “kháng phân giải” cao. Lignin che chắn cellulose, hemicellulose tạo mạng bao quanh vi sợi, còn cellulose kết tinh làm giảm số điểm tấn công của enzyme. Vì vậy, tiền xử lý vật lý, hóa học hoặc sinh học thường được dùng để tăng khả năng tiếp cận của cellulase trước khi bước thủy phân chính diễn ra [4].

Nghiên cứu về cellulase acid từ dạ cỏ trâu cho thấy enzyme loại này có thể được đánh giá về khả năng saccharification sinh khối lignocellulose, minh họa mối quan tâm đến cellulase hoạt động trong điều kiện acid cho các quy trình chuyển hóa sinh khối. Dù mỗi enzyme có đặc tính riêng, nguyên tắc chung vẫn là cellulase acid phù hợp khi quy trình hoặc nguyên liệu vận hành trong vùng pH acid [16].

Một biến số thường bị đánh giá thấp là thành phần ion và gốc acid trong nền cơ chất. Nghiên cứu về hoạt tính và động học cellulase trong cơ chất chứa ion kim loại và acid radical cho thấy môi trường phản ứng có thể ảnh hưởng đến đặc tính hoạt động của cellulase, vì vậy nền nguyên liệu công nghiệp thực tế có thể khác đáng kể so với cơ chất tinh khiết [17].



**Figure 4.** 바이오매스 전환에서는 전처리가 잔사의 구조를 열어 주고, 셀룰라아제가 수용성 당을 방출하며, 이후 발효 또는 촉매 공정을 통해 그 당을 바이오 기반 제품으로 전환합니다.

## Ứng dụng trong cellulose nanocrystal và vật liệu cellulose

Acid cellulase cũng xuất hiện trong các quy trình chuẩn bị cellulose nanocrystal hoặc nanocellulose, nơi mục tiêu không nhất thiết là tạo đường mà là kiểm soát phá vỡ vùng cellulose để thu cấu trúc nano. Trong nghiên cứu tách cellulose nanocrystal từ sợi thùng carton cũ, thủy phân acid phosphoric, thủy phân enzyme và siêu âm được kết hợp nhằm xử lý sợi tái chế thành vật liệu giá trị cao hơn <sup>[5]</sup>.

Một nghiên cứu khác đặc trưng hóa sợi đã xử lý cellulase và cellulose nanocrystal tạo ra qua thủy phân acid, cho thấy cellulase có thể được dùng như bước biến tính sợi trước hoặc song song với các xử lý khác. Điều này quan trọng vì enzyme có thể thay đổi độ dài sợi, mức độ phân rã và khả năng tiếp cận vùng vô định hình, từ đó ảnh hưởng đến vật liệu nano thu được <sup>[18]</sup>.

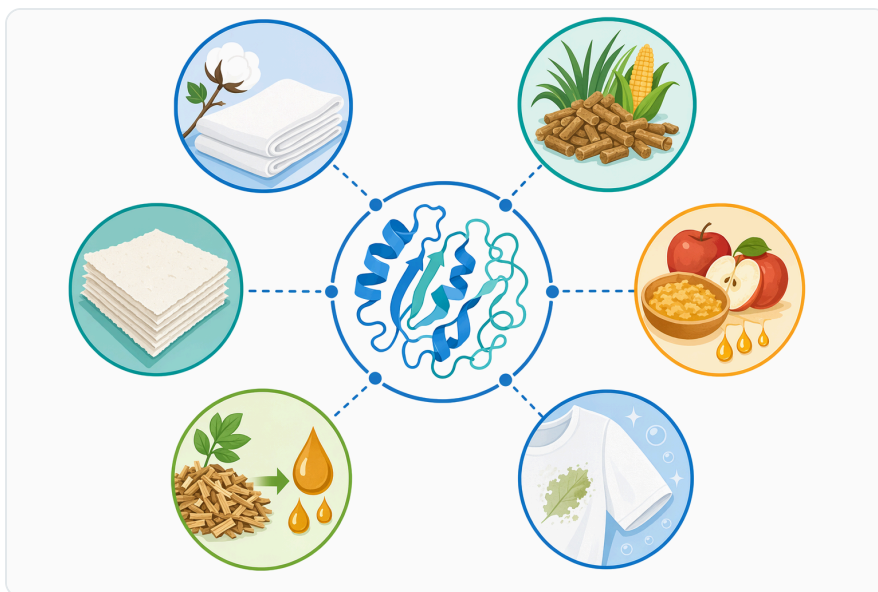
Các hướng “enzymatic approach” cho chuẩn bị nanocrystalline cellulose nhấn mạnh nhu cầu giảm phụ thuộc hoàn toàn vào xử lý hóa học mạnh. Dù quy trình cụ thể còn tùy nguyên liệu và mục tiêu vật liệu, việc dùng cellulase mở ra khả năng kiểm soát chọn lọc hơn đối với cấu trúc cellulose trước khi tạo nanocrystal <sup>[19]</sup>.

Trong cotton-origin nanocrystalline cellulose, phương pháp tẩy trắng có thể ảnh hưởng đến sản xuất và đặc trưng cellulose nano khi dùng thủy phân acid và enzyme. Điều này cho thấy lịch sử xử lý nguyên liệu — chẳng hạn tẩy trắng, loại lignin, loại bỏ tạp chất — có thể quyết định phản ứng của cellulose với cellulase sau đó <sup>[20]</sup>.

## Ứng dụng trong dệt may: cotton, denim và biopolishing

Cotton gần như là nền cellulose, vì vậy cellulase có thể được dùng để tác động chọn lọc lên vi sợi bề mặt. Trong hoàn tất vải, cellulase giúp loại bỏ phần xơ lông nhỏ, làm bề mặt vải mịn hơn và có thể cải thiện cảm giác tay. Nghiên cứu về biopolishing thân thiện môi trường trên vải cotton bằng enzyme từ bã mía minh họa vai trò của cellulase trong xử lý bề mặt sợi theo hướng giảm tác nhân hóa học khắc nghiệt [21].

Trong denim, cellulase có thể tạo hiệu ứng mài bề mặt bằng cách thủy phân nhẹ lớp cellulose ngoài của sợi cotton, giúp giải phóng hạt màu hoặc tạo vẻ bạc màu có kiểm soát. Nghiên cứu về cellulase từ *Aspergillus awamori* có đề cập ứng dụng dệt cùng với đường hóa vỏ đậu, cho thấy cellulase có phạm vi ứng dụng rộng từ sinh khối đến textile [22].



**Figure 5.** 산성 셀룰라아제는 바이오매스 당화, 식물 추출, 식이섬유 변형, 사료 가공, 섬유 마감, 펄프 또는 종이 섬유 처리에 활용될 수 있습니다.

Giới hạn kỹ thuật trong dệt là cellulose vừa là cơ chất cần xử lý vừa là vật liệu tạo độ bền của vải. Nếu phản ứng quá sâu, sợi có thể bị suy yếu; nếu quá nhẹ, hiệu ứng biopolishing hoặc wash-down không rõ. Vì vậy, ứng dụng dệt cần cân bằng giữa hiệu ứng bề mặt, độ bền kéo, hao hụt khối lượng và cảm quan thành phẩm [21].

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

Yếu tố đầu tiên là loại cơ chất. Cellulose trong bông tinh chế khác cellulose trong rơm bấp, xơ dừa, vỏ bưởi hoặc bã cà phê vì mức lignin, hemicellulose, pectin, sáp và khoáng khác nhau. Nghiên cứu về vỏ khoai tây xử lý acid làm nguồn carbon cho sản xuất amylase và cellulase cho thấy phụ phẩm nông

nghiệp có thể cần tiền xử lý để trở thành nền phù hợp cho quá trình sinh học [23].

Yếu tố thứ hai là cấu trúc vật lý: kích thước hạt, độ xốp, diện tích bề mặt và mức độ trương nở quyết định số điểm enzyme có thể tiếp cận. Dữ liệu về chất xơ bánh dứa cho thấy phân bố kích thước hạt cùng với cellulase hydrolysis và acid treatment đều ảnh hưởng đến tính chất hóa lý, nghĩa là nghiền hoặc phân loại hạt có thể thay đổi kết quả enzyme ngay cả khi thành phần hóa học tương tự [6].

Yếu tố thứ ba là thành phần polymer đi kèm. Nếu mục tiêu là phá thành tế bào trái cây giàu pectin, cellulase đơn độc có thể chưa đủ; pectinase hoặc hemicellulase có thể cần thiết tùy mục tiêu. Nếu mục tiêu là rom bắp giàu arabinoxylan và phenolic acid, hệ enzyme có hoạt tính phụ trợ như ferulic acid esterase có thể quan trọng để giải phóng hợp chất gắn thành tế bào [14].

Yếu tố thứ tư là điều kiện nền phản ứng như pH acid, nhiệt độ vận hành, độ ẩm, chất rắn, ion kim loại và chất ức chế. Vì enzyme là protein, môi trường quá lệch khỏi vùng phù hợp có thể làm giảm hoạt tính hoặc độ ổn định; đồng thời một số ion hoặc gốc acid trong nền cơ chất có thể thay đổi động học enzyme theo hướng thuận lợi hoặc bất lợi [17].

Yếu tố thứ năm là mức độ thủy phân mong muốn. Trong sản xuất đường lên men, người dùng thường muốn chuyển cellulose càng nhiều càng tốt thành đường hòa tan. Trong chất xơ thực phẩm, dẹt may hoặc nanocellulose, mục tiêu có thể là thủy phân có kiểm soát để thay đổi chức năng, bề mặt hoặc kích thước sợi mà không phá hủy hoàn toàn cấu trúc vật liệu [19].



Figure 6. 데님과 면직물 마감에서 산성 셀룰라아제는 처리가 제어될 경우 주로 노출된 표면 미세섬유에 작용합니다.

## Diễn giải lợi ích theo từng mục tiêu ứng dụng

---

Nếu mục tiêu là **tạo đường lên men**, lợi ích của acid cellulase nằm ở việc chuyển cellulose thành glucose và oligosaccharide dễ chuyển hóa hơn. Đây là nền tảng của nhiều quy trình biofuel và biorefinery, nhưng hiệu quả phụ thuộc tiền xử lý và khả năng loại bỏ rào cản lignin-hemicellulose trong sinh khối <sup>[1]</sup>.

Nếu mục tiêu là **tăng giá trị phụ phẩm thực phẩm**, acid cellulase có thể giúp biến đổi chất xơ không hòa tan thành dạng có tính chức năng khác hơn, cải thiện khả năng hydrat hóa, lên men hoặc giải phóng hợp chất sinh học. Các nghiên cứu trên bánh dứa, phụ phẩm cà phê, yến mạch và chất xơ bắp cho thấy cellulase có thể tham gia thiết kế nguyên liệu thực phẩm giàu xơ theo hướng chức năng hơn <sup>[2]</sup>.

Nếu mục tiêu là **trích ly thành phần thực vật**, lợi ích nằm ở phá vỡ thành tế bào để tăng tiếp cận pectin, polyphenol, đường, sắc tố hoặc hương. Trường hợp vỏ bưởi cho thấy cellulase có thể kết hợp với công nghệ hỗ trợ như trường điện xung để tác động đến pectin thu được và tính chất của nó <sup>[7]</sup>.

Nếu mục tiêu là **thức ăn hoặc ủ chua**, acid cellulase có thể hỗ trợ giải phóng carbohydrate để lên men và làm mềm cấu trúc xơ, nhưng hiệu quả cuối cùng gắn với hệ vi sinh vật, thành phần khẩu phần và loại nguyên liệu. Các nghiên cứu về cellulase trong dạ cỏ và ủ chua cho thấy xử lý xơ là một quá trình sinh học tổng hợp, không chỉ là phản ứng enzyme đơn lẻ <sup>[13]</sup>.

Nếu mục tiêu là **dệt may**, lợi ích nằm ở kiểm soát bề mặt cellulose: giảm xơ lông, tạo cảm giác mềm hơn hoặc hỗ trợ hiệu ứng wash-down. Đồng thời, vì cotton là cellulose, quá trình phải được kiểm soát để tránh tổn hại độ bền vật liệu <sup>[21]</sup>.

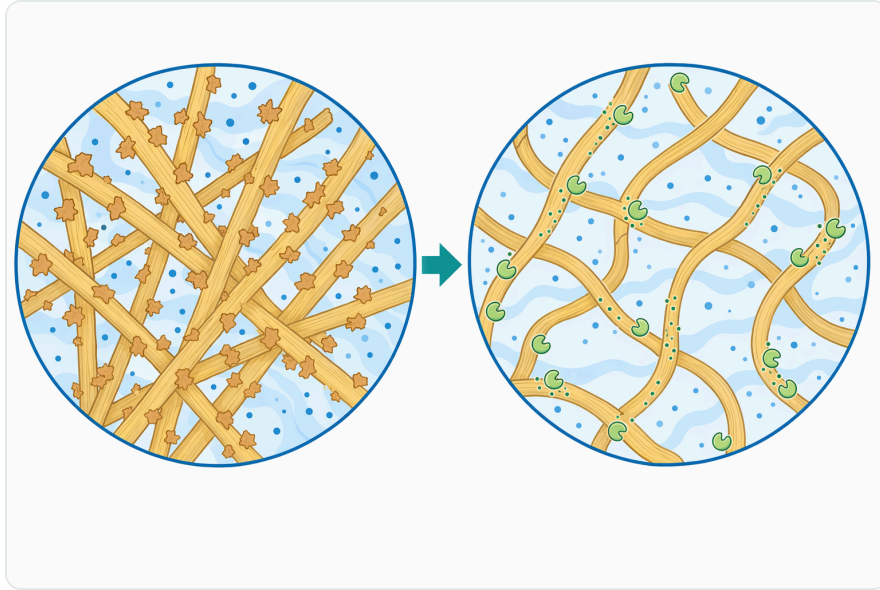
## Khi nào acid cellulase không phải giải pháp duy nhất?

---

Acid cellulase không phải lựa chọn duy nhất khi cơ chất chính không phải cellulose. Với nguyên liệu giàu pectin như một số vỏ trái cây, pectinase có thể đóng vai trò trung tâm; với nguyên liệu giàu xylan như cám ngũ cốc hoặc thân cây, xylanase có thể rất quan trọng; với  $\beta$ -glucan trong yến mạch hoặc lúa mạch,  $\beta$ -glucanase có thể cần được xem xét cùng cellulase. Nghiên cứu giải phóng ferulic acid và p-coumaric acid từ rơm bắp tiền xử lý cho thấy enzyme kết hợp có thể đem lại kết quả tốt hơn khi thành tế bào chứa nhiều loại liên kết và polymer <sup>[11]</sup>.

Cellulase cũng không thể bù hoàn toàn cho nguyên liệu chưa được mở cấu trúc. Nếu lignin cao, cellulose kết tinh mạnh hoặc kích thước hạt lớn, enzyme có thể tiếp xúc kém và bị tiêu hao vào hấp phụ không hiệu quả. Các nghiên cứu về delignification switchgrass và cellulose có độ kết tinh khác nhau đều

củng cố nguyên tắc: cấu trúc cơ chất là một biến số quyết định, không phải chi tiết phụ [4].



**Figure 7.** 펄프와 재활용 섬유에서 제어된 셀룰라아제 처리는 셀룰로오스를 완전히 당으로 전환하기보다 접근 가능한 섬유 표면을 변형합니다.

Trong một số quy trình, mục tiêu không phải “càng thủy phân càng tốt”. Với dietary fiber, thủy phân quá sâu có thể làm mất cấu trúc tạo chức năng; với textile, thủy phân quá mức có thể giảm bền sợi; với nanocellulose, xử lý quá mạnh có thể làm thay đổi phân bố kích thước ngoài mong muốn. Vì vậy, acid cellulase cần được xem như công cụ điều chỉnh mức độ xử, không chỉ là chất phá hủy cellulose [18].

## Thông tin sản phẩm và vai trò của Enzymes.bio

Enzymes.bio cung cấp Acid Cellulase Enzyme For Hydrolyzing Fiber cho khách hàng cần mua trực tiếp online theo đơn vị 1 kg. Enzymes.bio là **nhà cung cấp**, không phải nhà sản xuất hay phòng thí nghiệm; tài liệu sản phẩm đi kèm khi đặt hàng gồm CoA và SDS để hỗ trợ tiếp nhận, lưu kho và sử dụng nội bộ theo quy trình của khách hàng.

Với các ứng dụng B2B, thông tin quan trọng nhất không phải là kỳ vọng một kết quả cố định cho mọi nguyên liệu, mà là hiểu đúng cơ chế và biến số ảnh hưởng đến thủy phân xử. Acid cellulase có nền tảng khoa học rõ ràng trong cắt cellulose, nhưng hiệu quả thương mại cần được đặt trong bối cảnh cơ chất, tiền xử lý, hệ enzyme phối hợp và mục tiêu cuối cùng của quy trình [1].

## Kết luận kỹ thuật

Acid Cellulase Enzyme For Hydrolyzing Fiber là công cụ enzyme dùng để thủy phân một phần cellulose trong nguyên liệu giàu xơ, đặc biệt hữu ích khi quy trình vận hành trong môi trường acid và mục tiêu là mở cấu trúc thành tế bào thực vật. Cơ chế cốt lõi là hệ cellulase phối hợp cắt liên kết  $\beta$ -1,4 của cellulose, nhưng kết quả thực tế bị chi phối bởi lignin, hemicellulose, độ kết tinh, kích thước hạt, điều kiện nền và mức độ thủy phân mong muốn [3].

Trong thực phẩm, thức ăn, sinh khối, trích ly thực vật, nanocellulose và dệt may, acid cellulase tạo giá trị theo những cách khác nhau: tạo đường lên men, biến tính chất xơ, giải phóng hợp chất bị giữ trong thành tế bào, hỗ trợ lên men hoặc xử lý bề mặt cotton. Cách dùng hợp lý là xem enzyme này như một phần của chiến lược xử lý xơ có kiểm soát, thay vì một giải pháp đơn lẻ cho mọi loại vật liệu cellulose [2].

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

## 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. 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 .
3. 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.
4. Gao, K., Wang, H., Chen, Y., & Zhang, J. (2023). Delignification of switchgrass for xylo-oligosaccharides production using sorbic acid hydrolysis. *Bioresource Technology*, 129390 .
5. 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*

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. 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 .
8. 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.
9. 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 .
10. Igwe, V., Smith, D., Mensah, C., & Swackhamer, C. (2025). Synergistic Enhancement of Corn Insoluble Dietary Fiber via Combined Radiofrequency Heating and Enzymatic Hydrolysis: Fermentability and Short-Chain Fatty Acid (SCFA) Production. *Journal of Food Science*, 90.
11. 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 .
12. 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.
13. 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 .
14. 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.
15. 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*.
16. Dadheech, T., Shah, R. K., Pandit, R., Hinsu, A., Chauhan, P. S., Jakhesara, S., Kunjadiya, A. P., ... et al. (2018). Cloning, molecular modeling and characterization of acidic cellulase from buffalo rumen and its applicability in saccharification of lignocellulosic biomass. *International Journal of Biological Macromolecules*, 113, 73-81 .
17. 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.
18. 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.
19. Beltramino, F., Roncero, M. B., Vidal, T., & Valls, C. (2018). A novel enzymatic approach to nanocrystalline cellulose preparation. *Carbohydrate Polymers*, 189, 39-47 .

20. Bolat, F., Ghițman, J., Necolau, M., Vasile, E., & Iovu, H. (2023). A Comparative Study of the Impact of the Bleaching Method on the Production and Characterization of Cotton-Origin Nanocrystalline Cellulose by Acid and Enzymatic Hydrolysis. *Polymers*, 15.
21. 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.
22. 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.
23. Mushtaq, Q., Ishtiaq, U., Joly, N., Qazi, J., & Martin, P. (2024). Amylase and Cellulase Production from Newly Isolated Bacillus subtilis Using Acid Treated Potato Peel Waste. *Microorganisms*, 12.

## 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.