

# Debranching Enzyme cho ngành bia: enzyme khử nhánh tinh bột giúp tối ưu đường hóa và sử dụng adjunct

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

**Debranching Enzyme For Brewing Industry** là enzyme khử nhánh tinh bột, thường được hiểu trong ứng dụng bia là pullulanase hoặc hệ enzyme có khả năng cắt liên kết nhánh  $\alpha$ -1,6 trong amylopectin. Khi các điểm nhánh được mở,  $\alpha$ -amylase,  $\beta$ -amylase hoặc các enzyme đường hóa khác có thể tiếp tục chuyển dextrin thành phổ đường phù hợp hơn cho wort, đặc biệt trong công thức dùng gạo, ngô, kê, lúa miến, triticale hoặc nguyên liệu chưa malt hóa. Enzymes.bio cung cấp sản phẩm này trực tiếp online theo đơn vị 1 kg; CoA và SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng.

## Debranching Enzyme trong brewing là gì?

Debranching enzyme là nhóm enzyme xúc tác thủy phân các liên kết tạo nhánh trong polysaccharide chứa glucose. Với tinh bột, điểm cần chú ý là amylopectin: phân tử này gồm các đoạn mạch  $\alpha$ -1,4-glucan được nối với nhau bằng liên kết  $\alpha$ -1,6, tạo cấu trúc phân nhánh dày đặc hơn nhiều so với amylose. Trong hóa sinh tinh bột, các enzyme thủy phân không có vai trò giống nhau: một số cắt ngẫu nhiên mạch  $\alpha$ -1,4, một số giải phóng đường từ đầu mạch, còn enzyme khử nhánh xử lý điểm  $\alpha$ -1,6 vốn thường làm chậm quá trình đường hóa sâu <sup>[1]</sup>.

Trong ngành bia, tên “debranching enzyme” thường được gắn với **pullulanase**, mặc dù về mặt enzyme học còn có các enzyme khử nhánh khác như isoamylase. Pullulanase có giá trị vì nó làm giảm “nút thắt” cấu trúc của amylopectin và dextrin giới hạn, tạo thêm các đoạn mạch thẳng để hệ amylase xử lý tiếp. Nghiên cứu gần đây về enzyme khử nhánh vi sinh cho thấy vùng gắn cơ chất và phân bố acid amin thơm trong khu vực nhận diện cơ chất có thể điều chỉnh tính đặc hiệu của enzyme, nhấn mạnh rằng “debranching enzyme” không phải một khái niệm đồng nhất tuyệt đối mà phụ thuộc vào nguồn enzyme và cấu trúc cơ chất <sup>[2]</sup>.

Cần phân biệt rõ: debranching enzyme không phải enzyme “làm tất cả” trong nấu bia. Nó không thay thế hoàn toàn  $\alpha$ -amylase trong hóa lỏng, cũng không đồng nghĩa với glucoamylase trong việc tạo glucose từ đầu mạch. Vai trò hợp lý nhất là **hỗ trợ hệ enzyme tinh bột** bằng cách mở các điểm phân

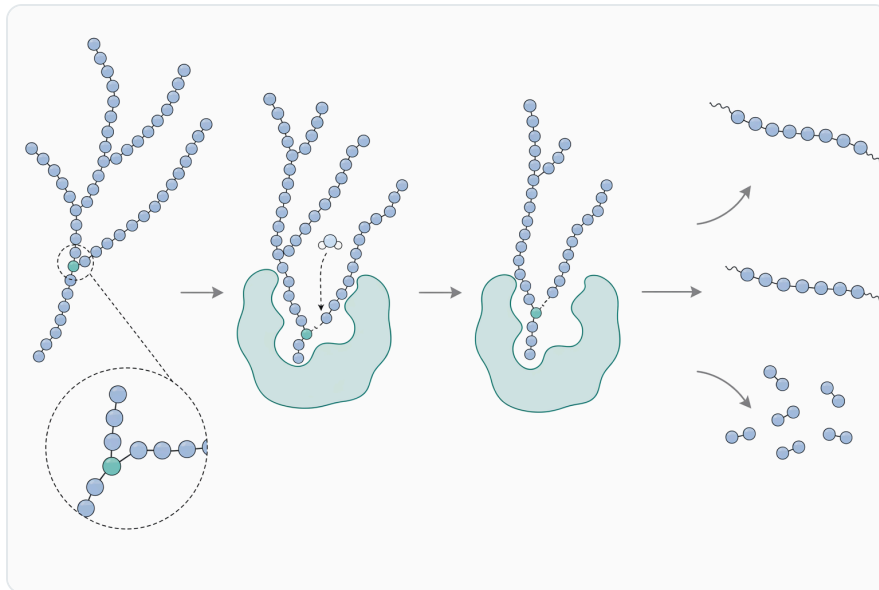
nhánh, từ đó giúp quá trình hóa lỏng–đường hóa tiến sâu và ổn định hơn khi nguyên liệu hoặc điều kiện mash không cung cấp đủ hoạt lực enzyme nội sinh từ malt <sup>[1]</sup>.

Enzymes.bio là **nhà cung cấp thương mại**, không phải nhà sản xuất enzyme hay phòng thí nghiệm phát triển enzyme. Sản phẩm Debranching Enzyme For Brewing Industry được bán trực tiếp online theo đơn vị 1 kg; CoA và SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng để hỗ trợ lưu hồ sơ chất lượng và an toàn hóa chất nội bộ. Nội dung dưới đây là tài liệu kỹ thuật định hướng ứng dụng, không mô tả phương pháp phân tích, định nghĩa đơn vị hoạt tính hay quy trình thử nghiệm chuyên biệt.

## Vì sao điểm nhánh $\alpha$ -1,6 là nút thắt trong chuyển hóa tinh bột?

Tinh bột nấu bia không chỉ là “nguồn đường” đơn giản. Trong hạt ngũ cốc, tinh bột được tổ chức thành hạt tinh bột có vùng tinh thể, vùng vô định hình và tương tác với protein, lipid, thành tế bào hoặc ma trận nội nhũ. Khi mash, nhiệt và nước làm tinh bột trương nở, hồ hóa và trở nên dễ tiếp cận hơn, nhưng mức độ mở cấu trúc phụ thuộc loại nguyên liệu và lịch nhiệt. Các nghiên cứu về malt, wort và bia từ giống gạo khác nhau cho thấy điều kiện malting có thể làm thay đổi rõ đặc tính malt, wort và sản phẩm bia, phản ánh vai trò của cả nguyên liệu lẫn xử lý công nghệ trong khả năng chuyển hóa tinh bột <sup>[3]</sup>.

Amylose có cấu trúc tương đối thẳng, nên sau khi được  $\alpha$ -amylase cắt thành dextrin ngắn, các enzyme tạo maltose hoặc glucose thường tiếp cận thuận lợi hơn. Ngược lại, amylopectin có nhiều điểm nhánh  $\alpha$ -1,6; khi  $\beta$ -amylase hoặc enzyme tạo maltose đi tới gần điểm nhánh, quá trình giải phóng maltose thường bị giới hạn, tạo ra “limit dextrins”. Cơ chế thủy phân và tổng hợp tinh bột đã được mô tả từ lâu theo hướng mỗi enzyme có kiểu liên kết đích và kiểu sản phẩm đặc trưng, vì vậy sự phối hợp enzyme là nền tảng của đường hóa tinh bột chứ không phải lựa chọn tùy ý <sup>[1]</sup>.



**Figure 1.** 풀룰라나아제형 가지제거 효소는 아밀로펙틴 유래 덱스트린의  $\alpha$ -1,6 가지 지점 결합을 가수분해하여, 생성된 사슬을 다른 아밀라아제가 추가로 처리할 수 있게 한다.

Trong mash truyền thống dùng malt đại mạch chất lượng tốt, hệ enzyme nội sinh hình thành trong quá trình malting có thể đáp ứng phần lớn nhu cầu chuyển hóa tinh bột. Tuy nhiên, khi tăng tỷ lệ adjunct hoặc dùng nguyên liệu thay thế, lượng enzyme nội sinh từ malt bị pha loãng, còn cấu trúc tinh bột của nguyên liệu bổ sung có thể yêu cầu điều kiện hồ hóa khác. Tổng quan về đại mạch cho brewing cho thấy malting, brewing và xử lý phụ phẩm đều gắn với thay đổi sâu về thành phần hạt, enzyme và khả năng khai thác chất hòa tan [4].

Vì vậy, debranching enzyme đặc biệt hữu ích khi nhà sản xuất cần giảm phần dextrin phân nhánh còn lại sau hóa lỏng. Cắt  $\alpha$ -1,6 không nhất thiết tự tạo ra lượng lớn đường lên men ngay lập tức; thay vào đó, nó tạo thêm đầu mạch và đoạn mạch ít phân nhánh hơn để các enzyme khác tiếp tục thủy phân. Nghiên cứu xử lý tinh bột khoai tây dạng hạt bằng debranching một phần cho thấy pullulanase có thể làm thay đổi cấu trúc hạt và đặc điểm phân tử của tinh bột, minh họa tác động cấu trúc chứ không chỉ là “cắt thêm vài liên kết” [5].

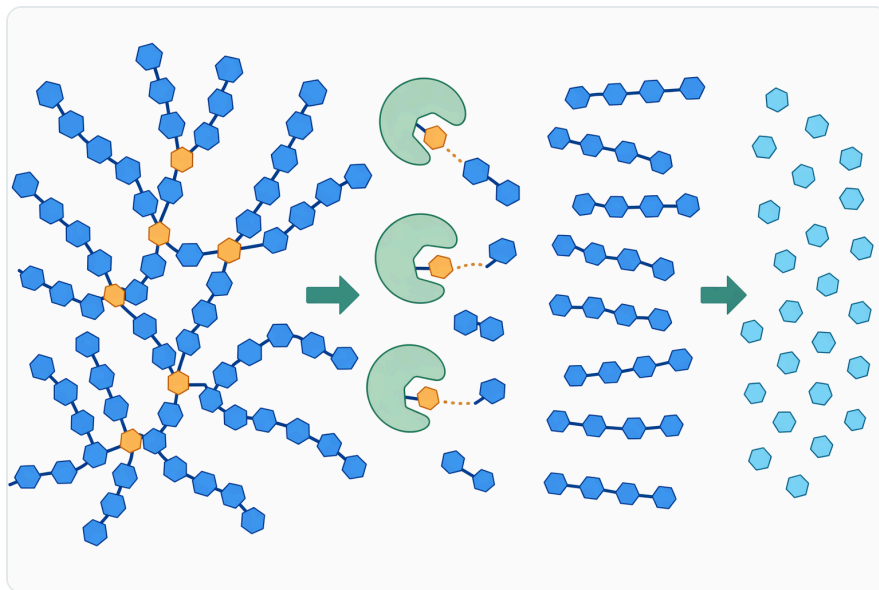
## Cơ chế phối hợp với $\alpha$ -amylase, $\beta$ -amylase và glucoamylase

Có thể hình dung hệ enzyme tinh bột trong brewing như một dây chuyền nhiều công đoạn.  **$\alpha$ -Amylase** cắt ngẫu nhiên liên kết  $\alpha$ -1,4 bên trong mạch, làm giảm độ dài phân tử và giảm độ nhớt của hồ tinh bột.  **$\beta$ -Amylase** giải phóng maltose từ đầu không khử của mạch nhưng thường dừng lại gần điểm nhánh. **Glucoamylase**, nếu được dùng trong một số phong cách hoặc mục tiêu sản phẩm, có thể giải phóng glucose từ đầu mạch và có phạm vi tác động khác với  $\beta$ -amylase. **Debranching enzyme** bổ sung chức năng còn thiếu: cắt liên kết  $\alpha$ -1,6 tại nhánh để các enzyme còn lại tiếp cận sâu hơn [1].

Điểm quan trọng là thứ tự và trạng thái cơ chất. Nếu hạt tinh bột chưa hồ hóa hoặc chưa được mở đủ, debranching enzyme khó tiếp cận vùng nhánh bên trong. Nếu chỉ có  $\alpha$ -amylase mà thiếu hoạt động khử nhánh, mash có thể tạo nhiều dextrin giới hạn hơn. Nếu khử nhánh quá mạnh trong hệ có enzyme đường hóa tạo glucose kéo dài, sản phẩm có thể đi theo hướng wort lên men rất cao và thân bia mỏng hơn. Vì vậy, enzyme khử nhánh cần được hiểu như công cụ điều chỉnh cấu trúc dextrin, không phải công tắc đơn giản “bật là tăng cồn” [5].

Các nghiên cứu ngoài ngành bia cũng giúp nhìn rõ cơ chế. Khi tinh bột khoai lang được thủy phân bằng pullulanase, cấu trúc tinh bột thay đổi theo hướng ảnh hưởng đến sự hình thành tinh bột tiêu hóa chậm; điều này cho thấy cắt nhánh có thể tái tổ chức mạch glucan và làm thay đổi đặc tính chức năng của tinh bột sau xử lý [6]. Trong brewing, mục tiêu không phải tạo tinh bột tiêu hóa chậm, nhưng dữ liệu này củng cố luận điểm rằng pullulanase tác động đến kiến trúc phân tử, từ đó ảnh hưởng đến cách các enzyme khác tiếp tục thủy phân.

Khía cạnh cơ chất cũng rất đáng chú ý. Nghiên cứu về tính đặc hiệu của enzyme khử nhánh vi sinh cho thấy vùng gắn cơ chất có thể quyết định enzyme ưu tiên cơ chất nào và xử lý nhánh như thế nào [2]. Với nhà nấu bia, điều này giải thích vì sao một chiến lược enzyme có thể hiệu quả trên gạo hoặc ngô nhưng cần điều chỉnh khi chuyển sang kê, lúa miến, triticale hoặc nguyên liệu giàu chất xơ: không chỉ hàm lượng tinh bột khác nhau, mà cả cấu trúc tinh bột và nền ma trận hạt cũng khác nhau.



**Figure 2.** 가지제거는 분지된 덱스트린 구조를 가지가 적은 사슬로 전환해 당화 효소가 더 쉽게 접근할 수 있게 한다.

## Bảng so sánh vai trò enzyme tinh bột trong mash

Nhóm enzyme	Liên kết hoặc cơ chất chính	Vai trò trong brewing	Điểm cần lưu ý khi phối hợp
$\alpha$ -Amylase	Liên kết $\alpha$ -1,4 bên trong amylose/amylopectin	Hóa lỏng, giảm độ dài mạch, giảm độ nhớt hồ tinh bột	Tạo dextrin ngắn hơn nhưng không giải quyết triệt để điểm nhánh $\alpha$ -1,6
$\beta$ -Amylase	Đầu không khử của mạch $\alpha$ -1,4	Tạo maltose, hỗ trợ khả năng lên men của wort	Bị giới hạn khi gặp nhánh; phụ thuộc mạnh vào mức độ mở cấu trúc tinh bột
Glucoamylase	Đầu mạch glucan, tạo glucose	Dùng khi cần tăng glucose hoặc độ lên men cao	Nếu hoạt động kéo dài có thể làm bia rất khô; cần kiểm soát theo mục tiêu sản phẩm
Debranching enzyme / pullulanase	Liên kết nhánh $\alpha$ -1,6 trong amylopectin và dextrin phân nhánh	Mở điểm nhánh, giảm limit dextrins, hỗ trợ enzyme đường hóa	Hiệu quả phụ thuộc trạng thái hồ hóa, hệ enzyme đi kèm và loại nguyên liệu
$\beta$ -Glucanase/xylanase	Polysaccharide thành tế bào	Hỗ trợ lọc, độ nhớt và giải phóng chất hòa tan	Không phải enzyme tinh bột trực tiếp nhưng ảnh hưởng nền mash và khả năng lautering

Sự khác biệt trong bảng cho thấy debranching enzyme không nên được đánh giá riêng lẻ chỉ bằng một chỉ tiêu cuối như độ cồn. Trong hệ mash thực tế, hiệu quả của nó xuất hiện qua tương tác với hóa lỏng, đường hóa, khả năng lọc, phổ đường và thành phần dextrin còn lại. Các tài liệu về malting và brewing nhấn mạnh rằng thay đổi trong hạt, enzyme và wort diễn ra đồng thời, nên diễn giải kết quả cần đặt trong toàn bộ chuỗi công nghệ thay vì quy cho một enzyme duy nhất <sup>[4]</sup>.

## Ứng dụng trong bia dùng adjunct: gạo, ngô và nguồn tinh bột bổ sung

Adjunct như gạo và ngô được sử dụng rộng rãi để điều chỉnh chi phí, màu, vị, thân bia hoặc tính ổn định cảm quan. Tuy nhiên, adjunct thường không đóng góp enzyme nội sinh như malt đại mạch, nên khi tỷ lệ adjunct tăng, hệ enzyme từ malt có thể không đủ để chuyển hóa tinh bột một cách nhất quán. Tổng quan về gạo như adjunct trong brewing ghi nhận gạo là nguồn nguyên liệu phụ quan trọng, nhưng việc sử dụng nó cần quan tâm đến thành phần tinh bột, xử lý nhiệt và khả năng chuyển hóa trong mash <sup>[7]</sup>.

Với gạo, vấn đề không chỉ là “có tinh bột hay không” mà là tinh bột được hồ hóa và đường hóa như thế nào. Nghiên cứu trên các giống gạo Nigeria cho thấy điều kiện malting ảnh hưởng đến đặc tính malt, wort và bia, hàm ý rằng mỗi loại gạo hoặc nguyên liệu địa phương có thể tạo ra phản ứng công nghệ khác nhau [3]. Trong bối cảnh này, debranching enzyme có thể hỗ trợ giảm phần dextrin phân nhánh sau khi tinh bột đã được hồ hóa và  $\alpha$ -amylase cắt sơ bộ, giúp phổ đường dễ kiểm soát hơn.

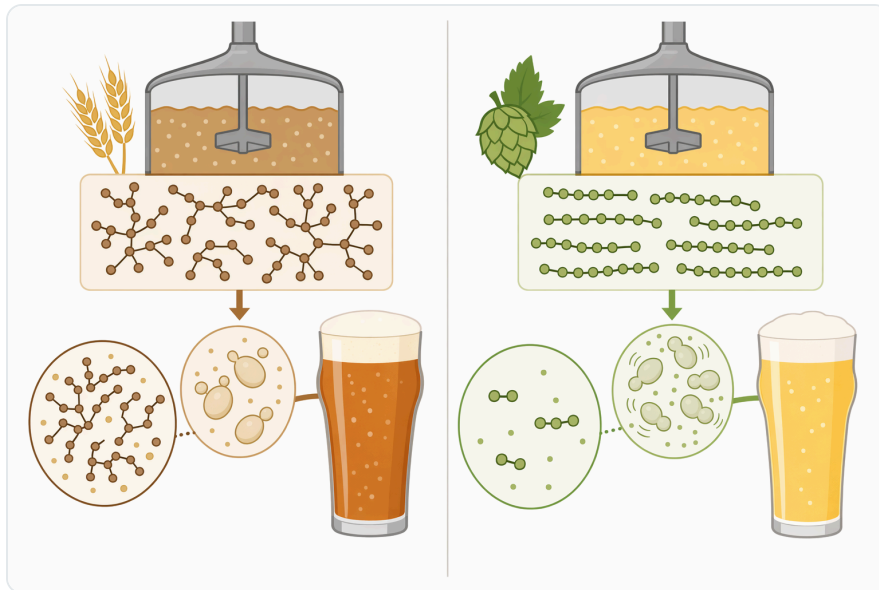
Ngô và các nguồn tinh bột bổ sung khác cũng có đặc điểm riêng về kích thước hạt tinh bột, tỷ lệ amylose/amylopectin và nhiệt độ hồ hóa. Nếu quá trình cereal cooking hoặc mash không mở cấu trúc đủ, enzyme khử nhánh không thể phát huy tối đa. Nguyên lý này phù hợp với hiểu biết chung về enzyme tinh bột: enzyme chỉ tác động hiệu quả khi liên kết đích tiếp cận được trong môi trường nước và điều kiện nhiệt-pH phù hợp [1].

Khi dùng adjunct cao, lợi ích thực tế thường được mô tả thận trọng là **hỗ trợ tăng khai thác chất hòa tan, giảm dextrin giới hạn và ổn định đường hóa giữa các mẻ**. Không nên diễn đạt rằng debranching enzyme luôn làm tăng độ lên men theo cùng một tỷ lệ trong mọi công thức, vì kết quả còn phụ thuộc  $\alpha$ -amylase,  $\beta$ -amylase, glucoamylase, lịch nhiệt, tỷ lệ malt, mức hồ hóa và mục tiêu cảm quan của bia. Đây là cách nhìn phù hợp với dữ liệu về sự khác biệt nguyên liệu và điều kiện malting trong ứng dụng brewing [3].

## Ứng dụng với nguyên liệu thay thế: kê, lúa miến, triticale và công thức không chuẩn

---

Nhiều nhà sản xuất đang thử nghiệm kê, lúa miến, triticale, đậu hoặc các nguyên liệu địa phương để phát triển sản phẩm khác biệt. Những nguyên liệu này có thể mang lại câu chuyện nông nghiệp, hương vị và lợi thế thị trường, nhưng cũng tạo thách thức về tinh bột, protein, chất xơ và enzyme nội sinh. Nghiên cứu về finger millet cho thấy thời gian và nhiệt độ ảnh hưởng đến thủy phân tinh bột và hoạt tính enzyme trong malting và fermentation, phản ánh tính nhạy cảm của nguyên liệu thay thế với điều kiện xử lý [8].



**Figure 3.**  $\alpha$ -아밀라아제,  $\beta$ -아밀라아제, 글루코아밀라아제, 가지제거 효소는 서로 다른 전분 결합이나 사슬 위치에 작용하므로, 맥주의 탄수화물 전환에서 상호 보완적인 역할을 한다.

Với finger millet, các thông số germination và kilning cũng được nghiên cứu cho mục tiêu ứng dụng brewing công nghiệp. Điều này cho thấy malting của ngũ cốc thay thế không thể sao chép đơn giản từ đại mạch, vì cân bằng giữa phát triển enzyme, bảo toàn chất lượng hạt và khả năng đường hóa có thể khác biệt đáng kể [9]. Trong hệ như vậy, debranching enzyme có thể là một phần của chiến lược bù đắp hạn chế enzyme nội sinh hoặc cải thiện khả năng xử lý amylopectin sau hồ hóa.

Triticale là ví dụ khác về nguyên liệu có tiềm năng trong brewing. Nghiên cứu phát triển biocatalyst amylolytic dựa trên triticale cho mục tiêu tăng đường trong wort cho thấy hướng tiếp cận dùng hệ xúc tác enzyme để tăng cường thủy phân tinh bột đang được quan tâm trong ứng dụng bia [10].

Debranching enzyme phù hợp với logic này vì nó không cạnh tranh với amylase mà bổ sung điểm tác động khác trong mạng lưới tinh bột phân nhánh.

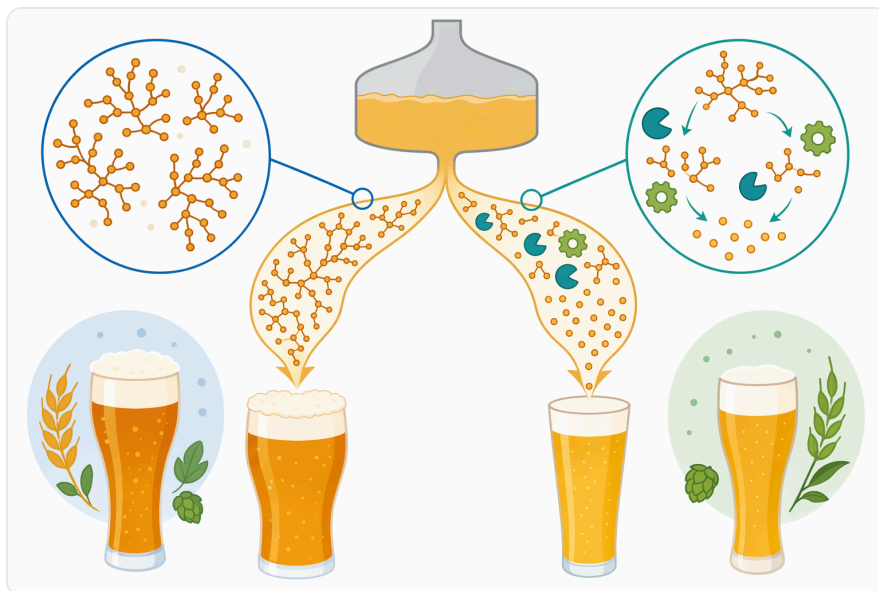
Với lúa miến hoặc nguyên liệu giàu amylopectin, tác động khử nhánh có thể làm thay đổi rõ cấu trúc glucan. Một nghiên cứu trên tinh bột lúa miến trong hệ phức hợp với resveratrol cho thấy xử lý pullulanase làm thay đổi thành phần và tính chất cấu trúc của tinh bột, minh họa khả năng điều chỉnh nền tinh bột bằng debranching [6]. Tuy không phải nghiên cứu sản xuất bia trực tiếp, kết quả này hữu ích để hiểu tại sao pullulanase được cân nhắc khi nguyên liệu có cấu trúc tinh bột khó dự đoán.

## Liên quan đến gluten-free brewing và bia từ nguyên liệu không đại mạch

Trong gluten-free brewing, thách thức thường đến từ hai phía: thiếu hệ enzyme malt đại mạch truyền thống và nhiệt độ hồ hóa của nguyên liệu thay thế có thể không trùng với vùng hoạt động thuận lợi của enzyme. Các nghiên cứu về bia không gluten tập trung nhiều vào phân giải hordein và công nghệ xử lý protein, nhưng cũng cho thấy sản xuất bia không gluten đòi hỏi cách tiếp cận quy trình khác với bia đại mạch thông thường <sup>[11]</sup>.

Khi nguyên liệu không phải malt đại mạch, hệ enzyme thường cần được thiết kế theo chức năng: enzyme tinh bột để tạo đường, enzyme thành tế bào để giảm độ nhớt và hỗ trợ lọc, enzyme protein để cải thiện dinh dưỡng nấm men hoặc xử lý haze tùy mục tiêu. Debranching enzyme nằm trong nhóm xử lý tinh bột, đặc biệt hữu ích khi nguyên liệu có tỷ lệ amylopectin cao hoặc tạo nhiều dextrin phân nhánh sau hóa lỏng. Sự phát triển của các nghiên cứu về biocatalyst amylolytic cho wort từ triticale cho thấy hướng “thiết kế hệ enzyme theo nguyên liệu” ngày càng phù hợp với brewing hiện đại <sup>[10]</sup>.

Tuy nhiên, debranching enzyme không giải quyết trực tiếp vấn đề gluten hoặc protein gây phản ứng miễn dịch. Nó cũng không thay thế kiểm soát nguyên liệu, phân tách dòng sản xuất, xác nhận phù hợp quy định hoặc quản lý nhiễm chéo. Vai trò chính của nó trong gluten-free brewing là hỗ trợ tinh bột và phổ đường, trong khi các vấn đề về protein cần chiến lược khác. Nghiên cứu về phân giải hordein trong malting và brewing nhấn mạnh rằng thành phần protein là một trục công nghệ riêng biệt, không nên nhập nhằng với thủy phân tinh bột <sup>[11]</sup>.



**Figure 4.** 분지된 덱스트린을 줄이면 맥주 조성이 더 발효 가능한 탄수화물 쪽으로 이동하고 잔류 덱스트린의 기여가 낮아질 수 있다.

## Tác động đến wort: chiết xuất, phổ đường, thân bia và độ khô

---

Tác động dễ kỳ vọng nhất của debranching enzyme là tăng khả năng chuyển phần amylopectin phân nhánh thành dextrin ngắn hơn hoặc đường có thể lên men khi có enzyme phối hợp. Khi điểm  $\alpha$ -1,6 được cắt, số đoạn mạch thẳng tăng lên; các enzyme như  $\beta$ -amylase hoặc glucoamylase có thêm cơ chất tiếp cận được. Cơ sở này phù hợp với mô hình cổ điển về thủy phân tinh bột, trong đó kiểu liên kết và vị trí cắt quyết định sản phẩm cuối <sup>[1]</sup>.

Về cảm quan, nếu hệ enzyme làm giảm nhiều dextrin không lên men, bia có thể khô hơn, nhẹ thân hơn và có độ lên men biểu kiến cao hơn. Ngược lại, nếu mục tiêu là bia có thân đầy, debranching enzyme cần được dùng trong chiến lược cân bằng để không đẩy quá trình đường hóa vượt mục tiêu. Dữ liệu về xử lý pullulanase trên tinh bột cho thấy cắt nhánh có thể dẫn đến tái cấu trúc glucan và thay đổi tính chất chức năng, vì vậy tác động cảm quan gián tiếp qua dextrin là hợp lý nhưng phải xác nhận theo từng công thức <sup>[6]</sup>.

Đối với nhà máy quan tâm hiệu suất, debranching enzyme thường được xem là công cụ tăng khả năng khai thác nguyên liệu hơn là “phụ gia tạo hương”. Nó không trực tiếp tạo ester, hop aroma hay cấu tử mùi đặc trưng; tác động của nó đến hương vị chủ yếu thông qua thay đổi carbohydrate trong wort, dinh dưỡng lên men và quá trình lên men tiếp theo. Các nghiên cứu về biến đổi trong malting và brewing đại mạch cho thấy đặc tính cuối của bia là kết quả tổng hợp của nguyên liệu, enzyme, wort và lên men, không thể quy giản cho một biến duy nhất <sup>[4]</sup>.

Cũng cần lưu ý rằng nhiều vấn đề vận hành trong mash không phải do tinh bột phân nhánh đơn lẻ. Độ nhớt cao, lọc chậm hoặc tắc lauter có thể liên quan đến  $\beta$ -glucan, arabinoxylan, protein hoặc hạt nghiền quá mịn. Enzyme khử nhánh hỗ trợ tinh bột, nhưng nếu vấn đề chính nằm ở thành tế bào, enzyme như  $\beta$ -glucanase hoặc xylanase mới là công cụ phù hợp hơn. Nghiên cứu cải thiện  $\beta$ -1,3-1,4-glucanase cho malting đại mạch cho thấy polysaccharide thành tế bào là trực kiểm soát riêng trong hiệu quả malting và lautering <sup>[12]</sup>.

## Những yếu tố quy trình ảnh hưởng đến hiệu quả khử nhánh

---

Yếu tố đầu tiên là **hồ hóa tinh bột**. Enzyme chỉ có thể cắt liên kết khi cơ chất được nước hóa và tiếp cận được; hạt tinh bột còn nguyên vẹn hoặc chỉ trương nở một phần có thể che giấu nhiều điểm nhánh bên trong. Nghiên cứu về finger millet cho thấy thời gian và nhiệt độ ảnh hưởng đến thủy phân tinh bột và hoạt tính enzyme trong malting/fermentation, minh họa rõ vai trò của hồ sơ nhiệt trong hiệu quả enzyme <sup>[8]</sup>.

Yếu tố thứ hai là **mức hóa lỏng trước hoặc đồng thời**.  $\alpha$ -Amylase giúp giảm độ dài mạch và độ nhớt, qua đó tạo điều kiện cho debranching enzyme tiếp cận vùng nhánh. Nếu mash quá đặc, độ nhớt cao hoặc tinh bột chưa mở, tốc độ tiếp xúc enzyme-cơ chất có thể bị hạn chế. Ngược lại, nếu hóa lỏng tốt nhưng thiếu khử nhánh, hệ vẫn có thể còn nhiều dextrin giới hạn; đây là lý do phối hợp enzyme thường hợp lý hơn dùng đơn lẻ [4].



Figure 5. 가지제거 효소는 분지 덱스트린이 접근 가능한 시점과 목표 감쇠도 프로파일에 따라 당화 과정, 맥즙 처리, 또는 특정 발효 설계에 적용될 수 있다.

Yếu tố thứ ba là **nguồn nguyên liệu**. Gạo, kê, lúa miến, triticale và đại mạch có cấu trúc hạt, protein nền, lipid và thành tế bào khác nhau. Tổng quan về gạo làm adjunct nhấn mạnh rằng gạo có vai trò quan trọng trong brewing nhưng cần chú ý đến xử lý để đạt chuyển hóa mong muốn [7]. Với nguyên liệu địa phương, cùng một cách bổ sung enzyme có thể cho kết quả khác nhau nếu mức độ hồ hóa, nghiền và thành phần amylopectin thay đổi.

Yếu tố thứ tư là **mục tiêu sản phẩm**. Với lager nhẹ dùng adjunct, mục tiêu có thể là wort sạch, chiết xuất ổn định và độ lên men vừa phải. Với bia khô hoặc carbohydrate thấp, mục tiêu có thể là giảm dextrin còn lại nhiều hơn. Với bia có thân đầy, nhà sản xuất có thể muốn giữ lại một phần dextrin không lên men. Debranching enzyme giúp mở cấu trúc nhánh, nhưng chiến lược sử dụng cần đặt trong mục tiêu cảm quan và quy trình lên men tổng thể [4].

## Quản lý hoạt động enzyme sau mash và ổn định sản phẩm

Enzyme là chất xúc tác sinh học: khi còn hoạt tính và còn cơ chất phù hợp, phản ứng có thể tiếp tục. Trong brewing, điều này đặc biệt quan trọng nếu enzyme còn hoạt động sau giai đoạn mash hoặc đi vào wort lạnh, lên men hay bao gói. Cách kiểm soát thông thường là quản lý điểm bổ sung, hồ sơ nhiệt,

thời gian giữ và bước bất hoạt phù hợp với quy trình nhà máy; nguyên tắc hóa sinh chung về enzyme tinh bột cho thấy phản ứng phụ thuộc đồng thời cơ chất, điều kiện môi trường và tính bền của enzyme [1].

Nếu mục tiêu là kiểm soát chính xác độ lên men, cần tránh tình huống enzyme tiếp tục làm giảm dextrin sau khi nhà nấu bia nghĩ rằng wort đã “kết thúc” đường hóa. Điều này không có nghĩa debranching enzyme luôn gây rủi ro, mà nghĩa là enzyme phải được tích hợp vào sơ đồ nhiệt và điểm kết thúc quy trình. Với các sản phẩm có đường còn lại, thân bia rõ hoặc áp suất bao bì nhạy cảm, việc kiểm soát hoạt tính enzyme sau xử lý là một phần của quản lý chất lượng.

Trong hệ có nhiều enzyme, khó quy một thay đổi cuối cùng cho riêng debranching enzyme nếu không có thiết kế đánh giá nội bộ phù hợp. Ví dụ, thay đổi độ lọc có thể đến từ  $\beta$ -glucanase, thay đổi FAN có thể đến từ protease, thay đổi độ khô có thể đến từ glucoamylase, còn pullulanase chủ yếu tác động vào dextrin phân nhánh. Các nghiên cứu về transcriptome trong malting barley cho thấy quá trình malting kích hoạt mạng lưới biểu hiện và chức năng enzyme phức tạp, củng cố quan điểm rằng brewing là hệ đa enzyme chứ không phải phản ứng đơn [13].

## Khi nào Debranching Enzyme For Brewing Industry đặc biệt đáng cân nhắc?

---

Ứng dụng rõ nhất là công thức dùng **tỷ lệ adjunct cao**. Khi malt đại mạch không còn là nguồn tinh bột và enzyme chiếm ưu thế, debranching enzyme giúp bổ sung chức năng mà hệ enzyme nội sinh có thể không đáp ứng đủ. Điều này phù hợp với xu hướng sử dụng gạo như adjunct trong brewing, nơi hiệu quả xử lý tinh bột phụ thuộc vào điều kiện hồ hóa và phối hợp enzyme [7].



**Figure 6.** 가지제거 효소는 분지 덱스트린이 발효성을 제한할 수 있는 고농도 양조, 부원료 전환, 글루텐 프리 양조, 드라이하거나 감쇠도가 높은 음료 프로파일에 유용하다.

Trường hợp thứ hai là **nguyên liệu chưa malt hóa hoặc malt thay thế**. Nếu nguyên liệu không trải qua malting tối ưu, hệ enzyme nội sinh có thể thấp hoặc không cân bằng. Các nghiên cứu trên finger millet và triticale cho thấy điều kiện xử lý và phát triển biocatalyst có thể ảnh hưởng đáng kể đến khả năng thủy phân tinh bột cho ứng dụng wort [8], [10]. Debranching enzyme có thể được xem là một phần trong bộ công cụ giúp giảm phụ thuộc vào enzyme tự nhiên của nguyên liệu.

Trường hợp thứ ba là **công thức cần điều chỉnh dextrin**. Nếu nhà sản xuất muốn giảm dextrin phân nhánh còn lại để tăng độ khô hoặc cải thiện mức chuyển hóa tinh bột, pullulanase là lựa chọn có cơ sở cơ chế rõ ràng. Tuy nhiên, nếu mục tiêu là giữ thân bia, debranching enzyme cần được cân bằng với nhiệt độ mash, thời gian đường hóa và các enzyme tạo đường khác. Các kết quả về pullulanase trên tinh bột cho thấy enzyme này có thể thay đổi đặc tính phân tử, nên tác động công nghệ cần được nhìn nhận theo mục tiêu cuối [5].

Trường hợp thứ tư là **quy trình gập biến động do nguyên liệu nông nghiệp**. Mùa vụ, giống hạt, mức protein, điều kiện bảo quản và độ nghiền đều làm thay đổi phản ứng mash. Nghiên cứu về giống gạo và điều kiện malting chứng minh rằng cùng một nhóm nguyên liệu vẫn có thể tạo malt, wort và bia khác nhau [3]. Enzyme khử nhánh không xóa bỏ toàn bộ biến động, nhưng có thể giúp quy trình đường hóa có thêm một điểm kiểm soát về cấu trúc amylopectin.

## Lợi ích kỹ thuật và giới hạn cần diễn đạt chính xác

Lợi ích kỹ thuật chính của Debranching Enzyme For Brewing Industry là **hỗ trợ thủy phân phần tinh bột phân nhánh**, từ đó cải thiện khả năng tiếp cận của enzyme đường hóa. Đây là lợi ích có cơ sở cơ chế mạnh vì liên kết  $\alpha$ -1,6 là điểm khác biệt quan trọng giữa amylose và amylopectin. Tài liệu nền tảng về enzyme tinh bột cho thấy hiệu quả thủy phân phụ thuộc trực tiếp vào loại liên kết mà enzyme có thể xử lý [1].

Lợi ích thứ hai là **hỗ trợ kiểm soát phổ carbohydrate trong wort**. Khi limit dextrins giảm, hệ đường trong wort có thể dịch chuyển theo hướng dễ lên men hơn nếu có enzyme tạo maltose hoặc glucose hoạt động đồng thời. Tuy vậy, phổ đường cuối cùng không chỉ do debranching enzyme quyết định; nó còn phụ thuộc nguyên liệu, lịch nhiệt, pH vận hành, thời gian mash và enzyme đi kèm. Các nghiên cứu về tác động của pullulanase lên tinh bột cho thấy cấu trúc glucan thay đổi theo điều kiện xử lý, nên không nên khẳng định một kết quả cố định cho mọi nhà máy [6].

Lợi ích thứ ba là **tăng tính linh hoạt khi phát triển sản phẩm**. Với bia dùng adjunct, bia từ nguyên liệu địa phương hoặc công thức không đại mạch, debranching enzyme giúp nhà sản xuất thiết kế mash theo chức năng thay vì phụ thuộc hoàn toàn vào malt. Điều này phù hợp với xu hướng nghiên cứu các nguồn wort ngoài đại mạch và biocatalyst amylolytic mới cho brewing [10].

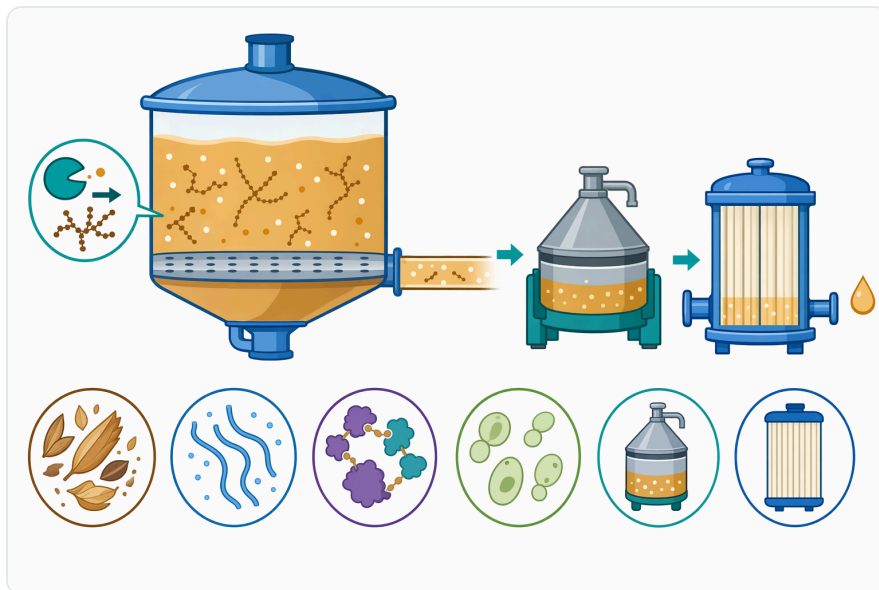


Figure 7. 가지제거는 상류 단계에서 용해성 탄수화물 구조에 영향을 주지만, 여과조 여과, 원심분리, 여과 또는 혼탁 제어 공정을 대체하지는 않는다.

Giới hạn quan trọng là enzyme này không xử lý mọi vấn đề của mash. Nó không trực tiếp phân giải  $\beta$ -glucan, không thay thế protease, không xử lý gluten và không tạo hương hoa bia. Nếu vấn đề chính là độ nhớt do polysaccharide thành tế bào, nghiên cứu về  $\beta$ -glucanase trong malting cho thấy cần một

nhóm enzyme khác phù hợp hơn <sup>[12]</sup>. Điển đạt đúng là debranching enzyme **hỗ trợ chuyển hóa tinh bột phân nhánh**, không phải giải pháp tổng quát cho mọi chỉ tiêu brewing.

## Thông tin cung ứng từ Enzymes.bio

---

Debranching Enzyme For Brewing Industry do Enzymes.bio cung cấp phù hợp cho khách hàng cần mua enzyme khử nhánh tinh bột phục vụ ứng dụng brewing ở quy mô vận hành hoặc phát triển công thức. Sản phẩm được bán 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, truy xuất lô và quản lý an toàn hóa chất nội bộ.

Enzymes.bio không phải nhà sản xuất enzyme và không phải phòng thí nghiệm phát triển hoặc phân tích enzyme. Vì vậy, tài liệu này tập trung vào cơ chế, ứng dụng và cách hiểu kỹ thuật, không công bố đơn vị hoạt tính cụ thể, cấp độ sản phẩm, phương pháp phân tích hoặc định nghĩa đơn vị hoạt tính. Khi tích hợp vào quy trình nhà máy, bộ phận kỹ thuật nên căn cứ vào mục tiêu sản phẩm, điều kiện mash hiện có và tài liệu đi kèm đơn hàng.

## Kết luận: vai trò thực tế của enzyme khử nhánh trong nấu bia hiện đại

---

Debranching Enzyme For Brewing Industry là công cụ có cơ sở khoa học rõ ràng để xử lý các điểm nhánh  $\alpha$ -1,6 trong amylopectin và dextrin phân nhánh. Trong brewing, giá trị của nó thể hiện rõ nhất khi dùng adjunct, nguyên liệu chưa malt hóa, nguyên liệu thay thế hoặc công thức cần kiểm soát dextrin và độ lên men. Cơ chế khử nhánh giúp hệ amylase làm việc hiệu quả hơn, nhưng kết quả cuối cùng luôn phụ thuộc vào toàn bộ ma trận nguyên liệu và quy trình <sup>[1]</sup>.

Cách tiếp cận kỹ thuật thận trọng là xem debranching enzyme như một thành phần trong hệ enzyme tinh bột, phối hợp với hóa lỏng, đường hóa và kiểm soát nhiệt. Nó có thể hỗ trợ tăng khai thác tinh bột, ổn định phổ đường và mở rộng khả năng dùng nguyên liệu mới, nhưng không nên được mô tả như enzyme đa năng giải quyết mọi vấn đề của mash. Với sản phẩm bán trực tiếp online theo đơn vị 1 kg từ Enzymes.bio, khách hàng nhận kèm CoA và SDS khi đặt hàng, thuận tiện cho lưu hồ sơ nội bộ và triển khai trong bối cảnh quy trình đã được kiểm soát.

## Đặt mua Debranching Enzyme For Brewing Industry 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 Debranching Enzyme For Brewing Industry →](#)

## 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. Robyt, J. (1984). ENZYMES IN THE HYDROLYSIS AND SYNTHESIS OF STARCH.
2. Tian, Y., Kong, H., Ban, X., Li, C., Zheng-Gu, & Li, Z. (2023). Distribution of Aromatic Amino Acid Residues in Substrate-Binding Regions Modulates Substrate Specificity of Microbial Debranching Enzymes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
3. Ofoedu, C., Akosim, C. Q., Iwouno, J., Obi, C. D., Shorstkii, I., & Okpala, C. (2021). Characteristic changes in malt, wort, and beer produced from different Nigerian rice varieties as influenced by varying malting conditions. *PeerJ*, 9.
4. Gupta, M., Abu-Ghannam, N., & Gallagher, E. (2010). Barley for Brewing: Characteristic Changes during Malting, Brewing and Applications of its By-Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 3, 318-328 .
5. Ulbrich, M., Bültena, M., Braun, B., Meißner, K., Bussert, R., & Flöter, E. (2023). Specific Modification of Granular Potato Starch by Means of Partial Debranching Using Pullulanase. *Starke (Weinheim)*.
6. Duong, H., Nguyen, T., Phùng, T., Le, T. V., Nguyen, T. C., Vu, T., & Luong, H. (2024). Effect of hydrolysis of sweet potato starch by pullulanase enzyme on the formation of slowly digestible starch. *Food Research*.
7. Molligoda, V., & Anwar, M. J. (2025). Rice as an adjunct in brewing beer: mini-review. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.
8. Fabien, G., Ndungutse, V., & Alothmany, R. (2025). Effect of Time and Temperature on Starch Hydrolysis and Enzymatic Activity During Malting and Fermentation of Finger Millet. *Journal of scientific reports-A*.
9. Belihu, T. M., Abera, A. A., Tesema, E. A., & M, R. D. (2025). Impact of germination and kilning parameters on Eleusine coracana malting for industrial brewing applications. *Scientific Reports*, 15.
10. Girón-Orozco, D., Mariezcurrena-Berasáin, M. D., Heredia-Olea, E., & Vargas-Flores, O. R. (2025). Development of a Triticale-Based Amylolytic Biocatalyst for Starch Hydrolysis With Applications in Brewing Wort Sugar Enhancement. *Food Bioengineering*.
11. Kerpes, R., Fischer, S., & Becker, T. (2017). The production of gluten-free beer: Degradation of hordeins during malting and brewing and the application of modern process technology focusing on endogenous malt peptidases. *Trends in Food Science and Technology*, 67, 129-138.

12. Wen-Zhang, Zhang, Y., Lu, Y., Herman, R., Zhang, S., Hu, Y., Zhao, W., ... et al. (2022). More efficient barley malting under catalyst: Thermostability improvement of a  $\beta$ -1,3-1,4-gluconase through surface charge engineering with higher activity. *Enzyme and Microbial Technology*, 162, 110151 .
13. Vinje, M., Henson, C., Duke, S. H., Simmons, C., Le, K., Hall, E., & Hirsch, C. (2021). Description and functional analysis of the transcriptome from malting barley. *Genomics*.

## 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.