

Food Grade Inulinase cho sản xuất Fructooligosaccharide (FOS) từ inulin

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

Food Grade Inulinase là enzyme dùng để thủy phân có kiểm soát inulin và các fructan liên quan, tạo ra hỗn hợp fructose, glucose và fructooligosaccharide — thường viết tắt là FOS. Trong sản xuất thực phẩm chức năng, đồ uống, sữa lên men hoặc syrup carbohydrate, inulinase giúp điều chỉnh chiều dài chuỗi fructan để đạt hồ sơ vị ngọt, độ hòa tan và đặc tính prebiotic mong muốn. Enzymes.bio cung cấp sản phẩm này qua kênh bán trực tuyến theo đơn vị 1 kg; CoA và SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng.

Inulinase là gì và vì sao liên quan trực tiếp đến FOS?

Inulinase là nhóm enzyme xúc tác phân cắt liên kết fructosidic trong inulin — một fructan dự trữ có nhiều trong chicory, Jerusalem artichoke, agave và một số nguyên liệu thực vật khác. Inulin thường gồm các đơn vị fructose nối chủ yếu bằng liên kết β -2,1, đôi khi có một đầu glucose; khi chuỗi này được cắt ngắn, sản phẩm có thể gồm fructose tự do, glucose tự do và các fructooligosaccharide có mức độ polymer hóa thấp hơn inulin ban đầu ^[1].

Trong bối cảnh thương mại thực phẩm, “Food Grade Inulinase For Fructooligosaccharide Production” nên được hiểu là một chế phẩm enzyme dùng cho xử lý nguyên liệu chứa inulin/fructan, không phải là FOS thành phẩm. Enzyme đóng vai trò chất xúc tác: nó không bổ sung FOS theo cách phối trộn thông thường, mà chuyển hóa cấu trúc carbohydrate sẵn có trong cơ chất thành phân đoạn ngắn hơn, từ đó tạo hoặc làm giàu FOS trong hỗn hợp sau phản ứng.

FOS được quan tâm vì thuộc nhóm oligosaccharide không tiêu hóa hoàn toàn ở ruột non và có thể được lên men chọn lọc bởi một số vi sinh vật đường ruột có lợi. Các tổng quan gần đây mô tả FOS là nhóm prebiotic quan trọng, đồng thời nhấn mạnh vai trò của công nghệ enzyme trong sản xuất FOS có hồ sơ thành phần ổn định hơn so với chỉ dựa vào chiết xuất tự nhiên ^[2].

Điểm cần phân biệt: Enzymes.bio là nhà cung cấp sản phẩm enzyme cho khách hàng B2B, không phải nhà sản xuất enzyme và không trình bày sản phẩm như một kết quả phát triển trong phòng thí nghiệm nội bộ. Tài liệu này tập trung giải thích cơ chế, ứng dụng và nền tảng khoa học để hỗ trợ người dùng kỹ

thuật hiểu đúng vai trò của inulinase trong sản xuất fructooligosaccharide .

Cơ chế hoạt động: inulinase cắt chuỗi fructan như thế nào?

Có thể hình dung inulin như một chuỗi gồm nhiều “mắt xích” fructose. Inulinase nhận diện các liên kết β -2,1-fructosidic trong chuỗi này và xúc tác phản ứng thủy phân, tức dùng nước để phá vỡ liên kết glycosidic. Khi phản ứng diễn ra, chuỗi dài bị chuyển thành các phân tử ngắn hơn, làm thay đổi độ hòa tan, độ nhớt, độ ngọt và khả năng lên men của hệ carbohydrate [3].

Không phải mọi inulinase đều tạo cùng một hồ sơ sản phẩm. Về cơ chế cắt, tài liệu enzyme học thường phân biệt **endo-inulinase** và **exo-inulinase**. Endo-inulinase ưu tiên cắt bên trong chuỗi inulin, tạo nhiều oligosaccharide có chiều dài khác nhau; exo-inulinase lại cắt dần từ đầu mạch và có xu hướng giải phóng fructose nhiều hơn. Sự khác biệt này giải thích vì sao cùng một cơ chất inulin nhưng điều kiện enzyme khác nhau có thể cho hỗn hợp giàu FOS hoặc hỗn hợp giàu đường đơn [4].

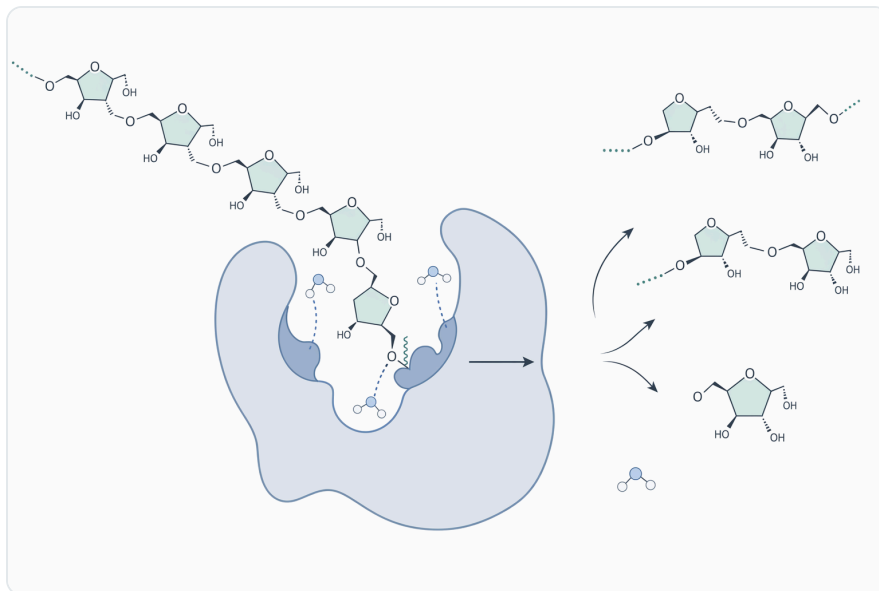


Figure 1. 이눌리나아제는 이눌린의 β -2,1 프럭토시드 결합을 절단하여 긴 프럭탄 사슬을 더 짧은 프럭토올리고당 쪽으로 전환시킨다.

Trong sản xuất FOS từ inulin, mục tiêu thường là kiểm soát mức độ thủy phân thay vì để phản ứng đi quá xa. Nếu chuỗi bị cắt vừa đủ, sản phẩm có thể giàu fructooligosaccharide như các phân đoạn mạch ngắn. Nếu thủy phân tiếp tục sâu hơn, tỷ lệ fructose và glucose tự do có thể tăng, làm sản phẩm nghiêng về syrup đường hơn là thành phần prebiotic giàu oligosaccharide [1].

Sự cộng hưởng giữa endo- và exo-inulinase cũng đã được nghiên cứu. Một nghiên cứu về endo-inulinase và exo-inulinase tái tổ hợp cho thấy hai kiểu enzyme này có thể tạo hiệu ứng hiệp đồng trong thủy phân inulin, nghĩa là sản phẩm của một enzyme có thể trở thành cơ chất thuận lợi hơn cho

enzyme còn lại. Điều này đặc biệt quan trọng khi thiết kế quy trình vì hỗn hợp enzyme hoặc tạp hoạt tính đi kèm có thể thay đổi đáng kể tỷ lệ FOS so với đường đơn [4].

Bảng so sánh các hướng enzyme trong sản xuất FOS

Hướng enzyme	Cơ chất chính thường gặp	Kiểu phản ứng nổi bật	Hồ sơ sản phẩm thường hướng tới	Ý nghĩa trong công thức thực phẩm
Endo-inulinase	Inulin, fructan mạch dài	Cắt bên trong chuỗi fructan	FOS và fructan mạch ngắn	Phù hợp khi muốn rút ngắn chuỗi, tăng độ hòa tan và tạo thành phần prebiotic từ inulin [1]
Exo-inulinase	Inulin, oligofructan	Cắt từ đầu mạch	Fructose nhiều hơn, kèm một phần oligosaccharide	Hữu ích khi mục tiêu là syrup giàu fructose hoặc đường lên men [3]
Phối hợp endo/exo-inulinase	Inulin có mức độ polymer hóa khác nhau	Thủy phân theo nhiều điểm cắt	Hỗn hợp FOS và đường đơn tùy điều kiện	Cần kiểm soát thời gian phản ứng để tránh chuyển quá mức sang đường đơn [4]
Fructosyltransferase	Thường là sucrose hoặc nền đường giàu sucrose	Chuyển nhóm fructosyl, tổng hợp oligosaccharide	FOS dạng kestose và oligomer liên quan	Là hướng khác với thủy phân inulin; phù hợp khi nguyên liệu chính là sucrose [5]

Bảng này cho thấy inulinase đặc biệt phù hợp với quy trình có nguyên liệu đầu vào là inulin hoặc fructan. Ngược lại, khi nguyên liệu chính là sucrose, fructosyltransferase thường là nhóm enzyme được nhắc đến nhiều hơn trong tổng hợp FOS. Các tổng quan về enzyme sản xuất FOS đều nhấn mạnh rằng lựa chọn enzyme phải đi cùng bản chất cơ chất, vì cơ chế “cắt” inulin và cơ chế “chuyển fructosyl” từ sucrose là hai chiến lược công nghệ khác nhau [5].

Vì sao inulinase quan trọng trong sản xuất fructooligosaccharide?

Lý do đầu tiên là inulin tự nhiên có cấu trúc không đồng nhất. Mức độ polymer hóa của inulin thay đổi theo nguồn thực vật, mùa vụ, xử lý nguyên liệu và điều kiện chiết tách. Một nguyên liệu giàu inulin mạch dài có thể tạo cảm giác miệng và độ nhớt mong muốn trong một số công thức, nhưng lại kém phù hợp

với đồ uống trong, syrup hoặc nền sản phẩm cần độ hòa tan cao. Inulinase cho phép chuyển một phần chuỗi dài thành phân đoạn ngắn hơn để cải thiện tính tương thích công thức [6].

Lý do thứ hai là FOS có giá trị chức năng khác với đường đơn. Fructose tạo vị ngọt và năng lượng, trong khi FOS được quan tâm vì tính chất prebiotic và khả năng đi qua phần trên của đường tiêu hóa trước khi được vi sinh vật ruột già lên men. Vì vậy, trong nhiều ứng dụng thực phẩm chức năng, mục tiêu không phải là thủy phân hoàn toàn inulin thành fructose, mà là tối ưu tỷ lệ oligosaccharide mạch ngắn có ý nghĩa dinh dưỡng [2].

Lý do thứ ba là quá trình enzyme thường nhẹ hơn so với thủy phân acid mạnh. Thủy phân bằng acid có thể khó kiểm soát hơn về sản phẩm phụ, màu, vị và mức độ phân hủy carbohydrate. Enzyme hoạt động chọn lọc hơn trên liên kết mục tiêu, giúp nhà phát triển quy trình điều chỉnh hồ sơ carbohydrate bằng thời gian lưu, nhiệt độ, pH, nồng độ cơ chất và điểm dừng phản ứng [3].

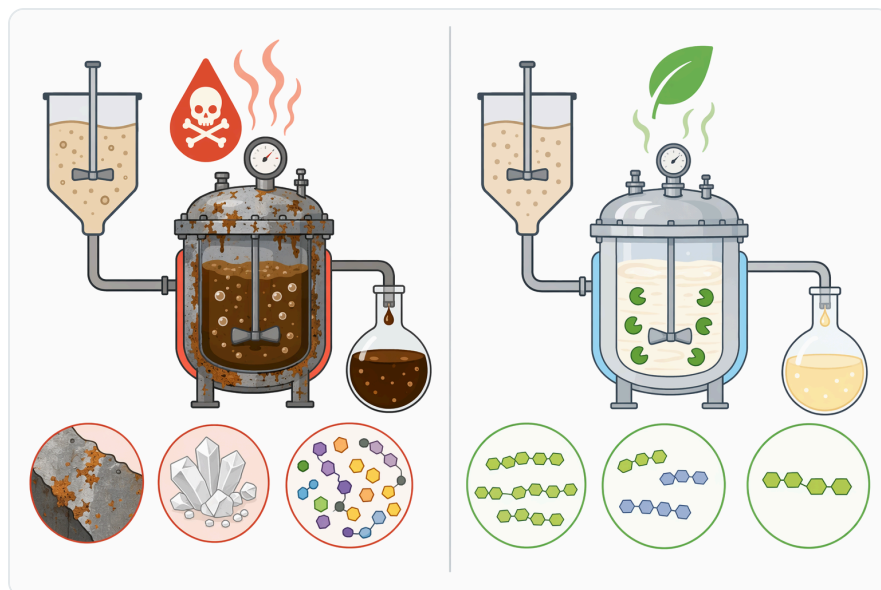


Figure 2. 엔도-이눌리나아제는 FOS 형성을 위해 사슬 내부 절단을 선호하는 반면, 엑소-이눌리나아제는 사슬 말단에서 과당을 점진적으로 방출한다.

Lý do thứ tư là công nghệ inulinase có thể gắn với chiến lược sử dụng nguồn nguyên liệu thực vật đa dạng. Nghiên cứu về inulinase từ *Aspergillus niger* cho thấy enzyme có thể thủy phân inulin từ nhiều nguồn khác nhau, qua đó hỗ trợ ý tưởng rằng hiệu quả phản ứng phụ thuộc không chỉ vào enzyme mà còn vào cấu trúc và độ sẵn có của cơ chất [6].

Các yếu tố ảnh hưởng đến hồ sơ FOS trong quy trình

Nguồn và cấu trúc của inulin

Nguồn inulin quyết định mạnh đến chiều dài chuỗi ban đầu và mức độ dễ tiếp cận của enzyme. Inulin từ chicory, Jerusalem artichoke hoặc agave có thể khác nhau về phân bố độ polymer hóa, tỷ lệ đầu glucose, khoáng, hợp chất phenolic và các thành phần đi kèm. Các khác biệt này có thể làm thay đổi tốc độ thủy phân, độ nhớt hệ phản ứng và thành phần FOS thu được sau cùng ^[1].

Trong nghiên cứu của Cruz và cộng sự về inulinase từ *Aspergillus niger*, enzyme được khảo sát trên inulin từ nhiều nguồn, cho thấy hành vi thủy phân thay đổi theo cơ chất. Điều này củng cố một điểm thực tế: cùng một chế phẩm inulinase có thể cho kết quả khác nhau nếu nguyên liệu chứa inulin khác nhau về cấu trúc hoặc mức tinh sạch ^[6].

Kiểu hoạt tính enzyme

Nếu chế phẩm thiên về endo-inulinase, phản ứng thường tạo nhiều phân đoạn oligosaccharide hơn ở giai đoạn đầu, vì chuỗi bị cắt bên trong thành các mảnh trung gian. Nếu hoạt tính exo-inulinase chiếm ưu thế, fructose tự do có thể tăng nhanh hơn. Trong sản xuất FOS, hiểu đúng kiểu hoạt tính là cơ sở để xác định điểm dừng phản ứng phù hợp, tránh chuyển quá sâu sang đường đơn ^[4].

Các tổng quan về inulinase vi sinh cũng nhấn mạnh rằng enzyme từ vi khuẩn, nấm men và nấm sợi có thể khác nhau về đặc tính xúc tác, độ bền và sản phẩm ưu tiên. Vì vậy, thuật ngữ “inulinase” trong thương mại cần được hiểu theo chức năng thủy phân inulin chung, còn hiệu quả cụ thể phải được diễn giải trong bối cảnh ứng dụng và tài liệu lô hàng đi kèm ^[3].

Thời gian phản ứng và mức độ thủy phân

Thời gian phản ứng là biến số quan trọng vì FOS có thể là sản phẩm trung gian. Khi inulinase bắt đầu cắt chuỗi dài, lượng oligosaccharide ngắn tăng lên; nhưng nếu phản ứng tiếp tục, chính các oligosaccharide này có thể bị cắt tiếp thành fructose và glucose. Vì vậy, quy trình sản xuất FOS thường hướng đến “điểm dừng” tối ưu, không phải thủy phân càng lâu càng tốt ^[1].

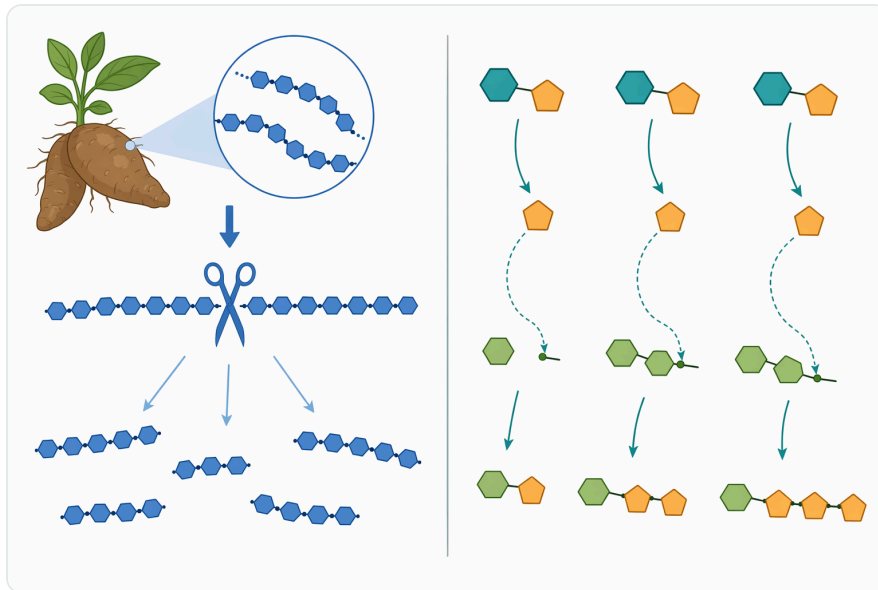


Figure 3. FOS는 기존 이눌린 고분자를 짧게 만들거나, 자당 시스템에서 프럭토실전이효소가 매개하는 전이를 통해 생산될 수 있다.

Từ góc nhìn công thức, mức độ thủy phân quyết định vị ngọt, độ khô hòa tan, khả năng lên men và cảm giác miệng. Hỗn hợp giàu FOS thường có vị ngọt thấp hơn đường đơn và đóng góp chất xơ hòa tan; hỗn hợp thủy phân sâu hơn lại phù hợp hơn với mục tiêu tạo syrup ngọt hoặc cơ chất lên men. Đây là khác biệt công nghệ cốt lõi giữa sản xuất FOS và sản xuất fructose từ inulin [5].

Điều kiện pH, nhiệt độ và ma trận thực phẩm

Enzyme là protein xúc tác nên nhạy với môi trường. pH ảnh hưởng đến trạng thái ion hóa của acid amin tại trung tâm hoạt động, còn nhiệt độ ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng và độ bền cấu trúc của enzyme. Trong ma trận thực phẩm thật, muối, polyphenol, chất rắn hòa tan, độ nhớt và các bước gia nhiệt có thể làm thay đổi hiệu quả thủy phân so với hệ cơ chất đơn giản [3].

Trang sản phẩm của Enzymes.bio mô tả inulinase như enzyme dùng cho thủy phân có kiểm soát inulin và fructan trong các ứng dụng thực phẩm, đồ uống và sản xuất thành phần chức năng. Cách dùng thực tế vì vậy nên được hiểu là tích hợp vào quy trình đã có, với điều kiện phản ứng được điều chỉnh theo nguyên liệu, mục tiêu sản phẩm và bước bất hoạt enzyme sau xử lý.

Ứng dụng chính trong thực phẩm và thành phần chức năng

Sản xuất FOS prebiotic từ inulin

Ứng dụng trung tâm của Food Grade Inulinase là sản xuất hoặc làm giàu FOS từ nguyên liệu chứa inulin. FOS có thể được dùng trong đồ uống dinh dưỡng, sản phẩm sữa, thực phẩm chức năng, bột pha, thanh dinh dưỡng, bánh nướng và các công thức cần bổ sung carbohydrate prebiotic. Các tổng quan về

FOS ghi nhận nhóm này có tiềm năng hỗ trợ cân bằng hệ vi sinh đường ruột và được nghiên cứu rộng rãi về nguồn, sản xuất và ứng dụng thị trường [2].

Trong quy trình này, inulinase đóng vai trò công cụ điều chỉnh độ dài chuỗi. Thay vì dùng trực tiếp inulin mạch dài, nhà sản xuất có thể tạo hỗn hợp chứa oligosaccharide ngắn hơn, dễ hòa tan hơn và phù hợp hơn với sản phẩm dạng lỏng. Hướng tiếp cận này đặc biệt hữu ích khi cần kết hợp lợi ích chất xơ hòa tan với yêu cầu cảm quan nhẹ, ít gây đục và không làm tăng độ nhớt quá mức [1].

Điều chỉnh độ ngọt và tính hòa tan trong đồ uống

Đồ uống là nền sản phẩm nhạy với độ trong, độ nhớt, vị ngọt và hậu vị. Inulin mạch dài có thể không phù hợp trong mọi công thức do độ hòa tan và cảm giác miệng; khi được thủy phân một phần, phân đoạn fructan ngắn hơn thường dễ hòa tan hơn và có thể tạo vị ngọt nhẹ hơn so với đường đơn tinh khiết. Inulinase vì vậy có thể được dùng để điều chỉnh hồ sơ carbohydrate trước khi phối trộn vào đồ uống chức năng hoặc syrup nền .

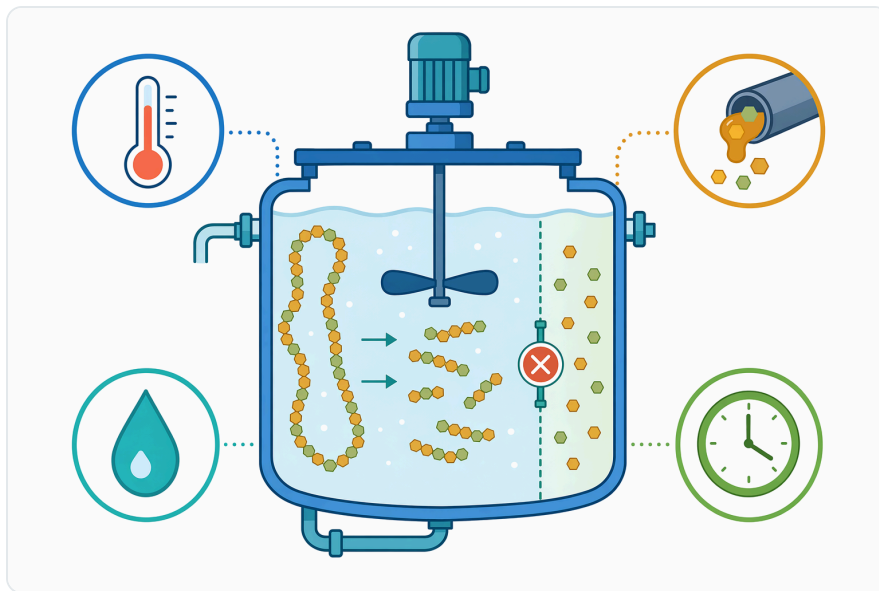


Figure 4. 온도, pH, 고형분 농도, 혼합, 반응 시간은 이눌리나아제 처리에서 FOS가 축적될지 더 작은 당으로 계속 분해될지에 영향을 미친다.

Điểm quan trọng là FOS không chỉ là chất tạo ngọt. Nếu quy trình thủy phân được kiểm soát để giữ tỷ lệ oligosaccharide, sản phẩm có thể đóng góp vào định vị prebiotic hoặc chất xơ hòa tan. Nếu thủy phân quá sâu, lợi thế này giảm đi vì hỗn hợp chuyển dần sang đường đơn, nhất là fructose [5].

Hỗ trợ công thức sữa lên men và thực phẩm lên men

Trong sản phẩm sữa lên men hoặc nền lên men thực phẩm, carbohydrate có thể ảnh hưởng đến tốc độ phát triển của vi sinh vật, độ acid, vị và cấu trúc. FOS được quan tâm vì một số chủng vi khuẩn có lợi có khả năng sử dụng oligosaccharide này làm nguồn carbon, tạo cơ sở cho công thức synbiotic khi kết hợp prebiotic với probiotic phù hợp [2].

Inulinase không thay thế quá trình lên men, nhưng có thể chuẩn bị hoặc điều chỉnh nguồn carbohydrate trước lên men. Ví dụ, thay vì dùng inulin mạch dài, nhà phát triển công thức có thể tạo phân đoạn ngắn hơn để cải thiện khả năng phân tán và tương tác với hệ vi sinh mục tiêu. Tuy nhiên, hiệu quả cụ thể phụ thuộc chủng lên men, nền sản phẩm và mức độ thủy phân [3].

Sản xuất syrup fructose hoặc đường lên men

Không phải mọi ứng dụng inulinase đều nhắm FOS. Khi mục tiêu là syrup ngọt hoặc nguồn đường lên men, quy trình có thể đẩy thủy phân sâu hơn để tăng fructose và glucose tự do. Inulinase, đặc biệt khi có hoạt tính exo-inulinase đáng kể hoặc được phối hợp với enzyme phù hợp, có thể chuyển inulin thành hỗn hợp đường đơn có giá trị trong sản xuất đồ uống, lên men hoặc nguyên liệu ngọt [4].

Sự khác biệt nằm ở chiến lược kiểm soát. Với FOS, phản ứng nên dừng ở giai đoạn oligosaccharide mong muốn; với syrup fructose, phản ứng có thể hướng đến mức thủy phân cao hơn. Vì vậy, cùng một nhóm enzyme nhưng mục tiêu sản phẩm khác nhau sẽ dẫn đến thiết kế quy trình khác nhau [1].

Tận dụng nguồn nguyên liệu thực vật và phụ phẩm

Các nghiên cứu về inulinase vi sinh cho thấy enzyme này có tiềm năng trong mô hình nâng giá trị nguyên liệu nông nghiệp chứa fructan hoặc carbohydrate liên quan. Tổng quan về inulinase vi sinh đề cập rộng đến nguồn vi sinh, tính chất enzyme và ứng dụng trong sản xuất FOS hoặc fructose, phản ánh sự quan tâm lâu dài của ngành công nghệ sinh học thực phẩm đối với nhóm enzyme này [3].

Ở góc độ phát triển bền vững, việc chuyển hóa nguyên liệu thực vật thành oligosaccharide chức năng có thể giúp tăng giá trị chuỗi cung ứng. Tuy nhiên, không nên diễn giải mọi phụ phẩm đều phù hợp trực tiếp; mỗi nguồn nguyên liệu cần được đánh giá về thành phần carbohydrate, tạp chất, an toàn thực phẩm và tính ổn định trong quy trình [6].

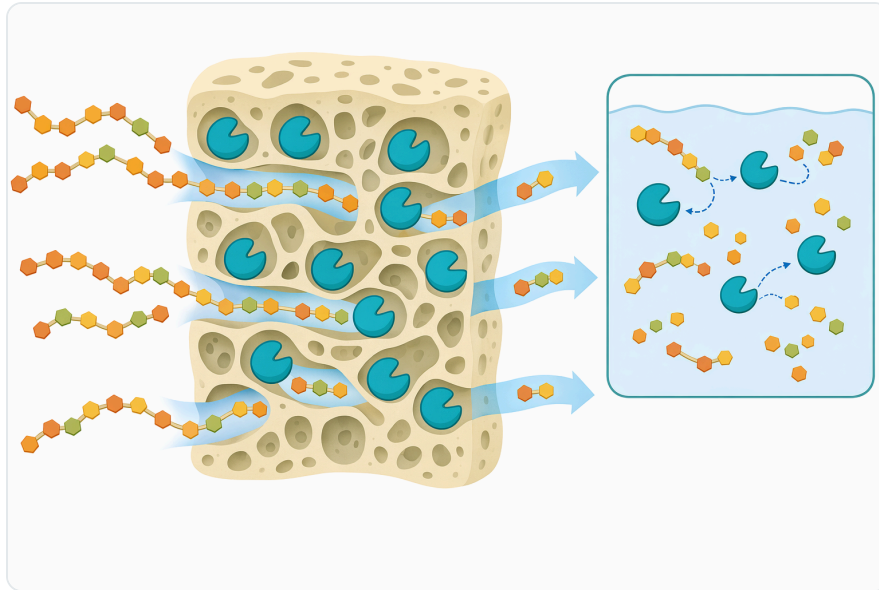


Figure 5. 고정화 이눌리나아제 시스템은 구조화된 물질 안에 촉매를 유지하면서 기질이 효소와 접촉하고 생성물이 반응기를 떠나도록 할 수 있다.

Bằng chứng khoa học nổi bật về inulinase và FOS

Nghiên cứu kinh điển của Cruz và cộng sự về inulinase từ *Aspergillus niger-245* đã khảo sát quá trình sản xuất enzyme và kiểu tác động trên inulin từ nhiều nguồn. Kết quả của nghiên cứu này thường được trích dẫn vì cho thấy inulinase nấm có khả năng thủy phân inulin và hành vi phản ứng thay đổi theo nguồn cơ chất, một điểm rất phù hợp với thực tế sản xuất nguyên liệu thực phẩm ^[6].

Tổng quan của Kango và Jain về inulinase vi sinh hệ thống hóa các nguồn enzyme, đặc tính và ứng dụng công nghiệp, bao gồm sản xuất fructose và fructooligosaccharide. Bài tổng quan này cũng cho thấy inulinase không phải một enzyme đơn lẻ theo nghĩa hẹp, mà là nhóm enzyme có phổ đặc tính khác nhau tùy nguồn vi sinh và quy trình thu nhận ^[3].

Singh và cộng sự tập trung vào các hiểu biết gần đây về tổng hợp enzyme FOS từ inulin, nhấn mạnh vai trò của inulinase trong việc chuyển inulin thành oligosaccharide có giá trị. Cách tiếp cận này trực tiếp liên quan đến sản phẩm Food Grade Inulinase vì cơ chất mục tiêu là inulin, khác với các quy trình FOS dựa trên sucrose ^[1].

Picazo và cộng sự trong tổng quan về enzyme sản xuất FOS đã so sánh các thành tựu và cơ hội của nhiều nhóm enzyme, bao gồm các hệ liên quan đến fructosyltransferase và inulinase. Kết luận chung là sản xuất FOS bằng enzyme là hướng công nghệ linh hoạt, nhưng hồ sơ sản phẩm phụ thuộc mạnh vào enzyme, cơ chất và điều kiện phản ứng ^[5].

Một nghiên cứu khác của Picazo và cộng sự về chiết xuất enzyme từ *Aspergillus oryzae* dùng để cải thiện hồ sơ FOS trong aguamiel cho thấy enzyme nấm có thể điều chỉnh thành phần oligosaccharide trong nền thực phẩm giàu đường tự nhiên. Dù nền cơ chất này không đồng nhất với inulin tinh sạch, nghiên cứu minh họa cách enzyme có thể được dùng để tinh chỉnh hồ sơ carbohydrate trong ma trận thực phẩm thật [7].

Chất lượng ứng dụng: cần hiểu đúng giới hạn của “food grade”

“Food grade” cho biết sản phẩm được định vị cho ứng dụng thực phẩm, nhưng không có nghĩa enzyme tự động phù hợp với mọi công thức, mọi tuyên bố nhãn hoặc mọi quy định tại từng thị trường. Người dùng B2B vẫn cần tích hợp sản phẩm vào hệ thống quản lý chất lượng, tiêu chuẩn nguyên liệu và yêu cầu pháp lý của sản phẩm cuối. CoA và SDS đi kèm khi đặt hàng hỗ trợ truy xuất lô hàng và thông tin an toàn sử dụng trong nội bộ doanh nghiệp .

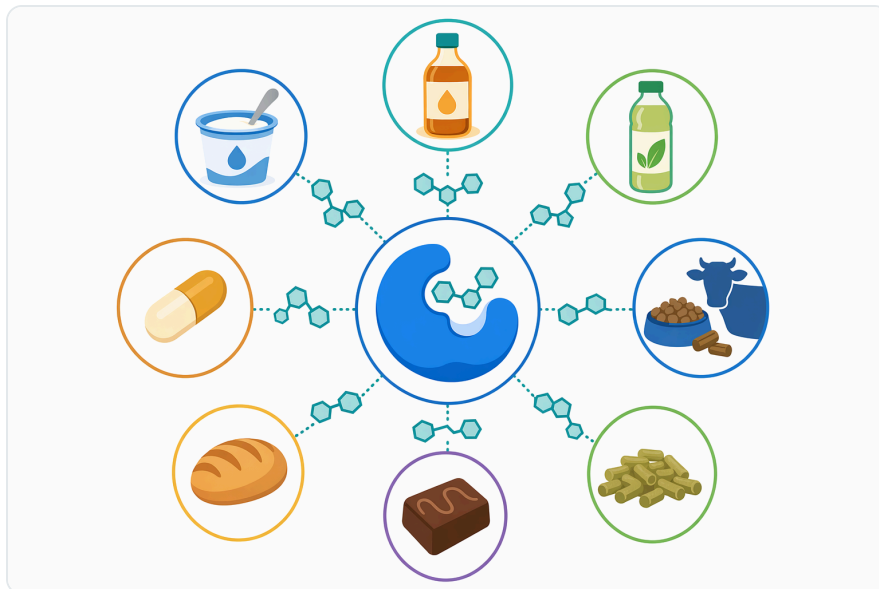


Figure 6. 이눌리나아제 처리로 생산된 FOS는 유제품, 제빵, 제과, 음료, 식물 추출물, 반려동물 사료 및 프리바이오틱 원료 시스템과 관련이 있다.

Cũng cần phân biệt giữa thông tin khoa học về inulinase nói chung và hiệu quả của một lô sản phẩm cụ thể trong công thức cụ thể. Các nghiên cứu học thuật thường dùng chủng vi sinh, cơ chất và điều kiện được kiểm soát chặt; kết quả đó giúp giải thích cơ chế và tiềm năng, nhưng không nên được hiểu là cam kết hiệu suất giống hệt trong mọi dây chuyền sản xuất [3].

Với nguyên liệu chứa fructan, việc xác định thành phần carbohydrate là một phần quan trọng của kiểm soát chất lượng sản phẩm cuối. Tài liệu về xác định fructan trong thức ăn chăn nuôi và nguyên liệu cho thấy inulin, FOS, levan và fructan phân nhánh là các nhóm cần được phân biệt khi đánh giá

carbohydrate dạng fructan. Điều này nhắc rằng “fructan” là một họ cấu trúc rộng, không phải mọi mẫu fructan đều phản ứng hoặc có giá trị dinh dưỡng giống nhau ^[8].

Cách tích hợp inulinase vào phát triển sản phẩm

Ở giai đoạn phát triển công thức, inulinase nên được xem như công cụ điều chỉnh hồ sơ carbohydrate. Nhà phát triển sản phẩm thường bắt đầu từ câu hỏi: mục tiêu là FOS prebiotic, syrup fructose, giảm độ nhớt, tăng hòa tan hay chuẩn bị cơ chất cho lên men? Mỗi mục tiêu sẽ dẫn đến mức độ thủy phân khác nhau và điểm dừng phản ứng khác nhau ^[1].

Nếu mục tiêu là FOS, quy trình cần tránh thủy phân quá sâu. Điều này thường liên quan đến việc kiểm soát thời gian tiếp xúc enzyme, nhiệt độ, pH và bước bất hoạt sau phản ứng. Nếu mục tiêu là syrup hoặc đường lên men, quy trình có thể ưu tiên mức chuyển hóa cao hơn và chấp nhận tỷ lệ đường đơn lớn hơn ^[5].

Trong sản phẩm đồ uống, yếu tố cảm quan rất quan trọng. FOS có thể hỗ trợ vị ngọt nhẹ và cảm giác thân miệng khác với sucrose hoặc fructose, nhưng đồng thời có thể ảnh hưởng đến độ khô hòa tan và ổn định hệ phân tán. Vì vậy, lợi ích của inulinase không chỉ nằm ở việc “tạo FOS”, mà còn ở khả năng tinh chỉnh cấu trúc carbohydrate để phù hợp với nền sản phẩm cụ thể ^[2].

Trong sản phẩm bakery hoặc nhân bánh, việc cắt ngắn inulin có thể ảnh hưởng đến giữ ẩm, phản ứng màu, vị ngọt và cấu trúc khối bột. Tuy nhiên, hiệu ứng này phụ thuộc công thức tổng thể, hàm lượng nước, nhiệt xử lý và tương tác với protein, tinh bột hoặc chất béo. Inulinase vì vậy nên được đánh giá như một biến số công nghệ trong ma trận thực phẩm, không phải phụ gia tạo tác dụng cố định .

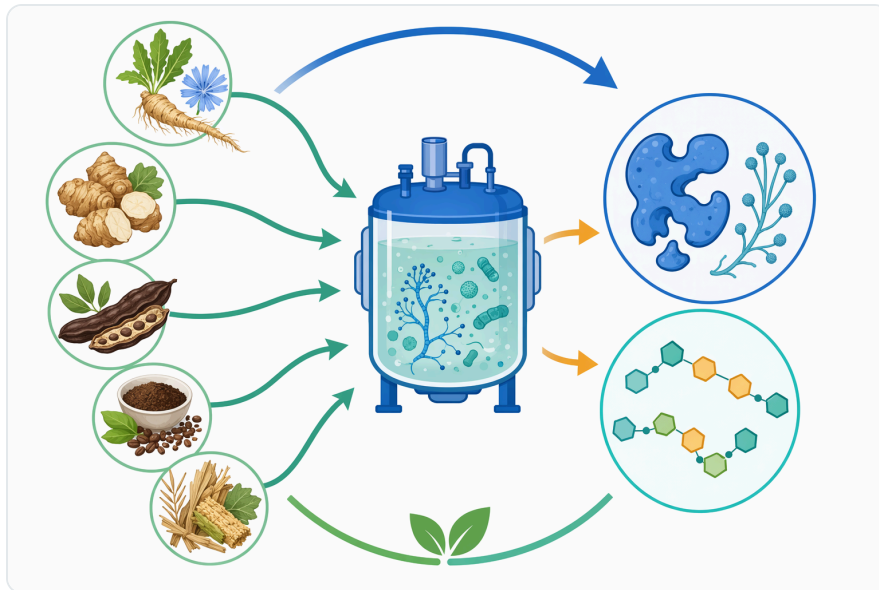


Figure 7. 이눌리나아제 연구는 재생 가능한 식물성 탄수화물 흐름, 미생물 효소 생산, 고부가가치 올리고당 원료를 연결한다.

Lợi ích kỹ thuật khi dùng Food Grade Inulinase

Lợi ích đầu tiên là khả năng **chuyển hóa có chọn lọc**. So với xử lý hóa học không đặc hiệu, enzyme nhận diện liên kết fructosidic mục tiêu và tạo sản phẩm theo hướng có thể kiểm soát hơn. Điều này hữu ích khi doanh nghiệp muốn giữ lại giá trị chức năng của oligosaccharide thay vì phá vỡ hoàn toàn cấu trúc carbohydrate ^[3].

Lợi ích thứ hai là **tạo giá trị từ inulin**. Inulin mạch dài có lợi trong một số sản phẩm nhưng không phải lúc nào cũng phù hợp với đồ uống hoặc nền có yêu cầu hòa tan cao. Inulinase giúp chuyển inulin thành phân đoạn ngắn hơn, từ đó mở rộng phạm vi sử dụng của cùng một nguồn nguyên liệu trong nhiều dạng sản phẩm ^[1].

Lợi ích thứ ba là **linh hoạt mục tiêu sản phẩm**. Bằng cách điều chỉnh mức thủy phân, một quy trình có thể định hướng về FOS, syrup fructose hoặc hỗn hợp carbohydrate cho lên men. Sự linh hoạt này giải thích vì sao inulinase xuất hiện trong cả tài liệu về prebiotic lẫn tài liệu về sản xuất fructose từ inulin ^[4].

Lợi ích thứ tư là **khả năng tích hợp vào quy trình thực phẩm hiện có**. Inulinase hoạt động trong môi trường nước và có thể được xử lý như một bước enzyme trước khi ổn định sản phẩm bằng nhiệt hoặc công đoạn phù hợp khác. Điều này giúp enzyme có tính ứng dụng trong đồ uống, sữa, thành phần chức năng và các nền thực phẩm cần xử lý carbohydrate trước phối trộn .

Những điểm không nên hiểu sai

Không nên hiểu inulinase là “enzyme tạo FOS” độc lập với cơ chất. Nếu hệ phản ứng không có inulin hoặc fructan phù hợp, enzyme sẽ không thể tạo FOS theo cơ chế thủy phân inulin. Cơ chất là yếu tố nền tảng quyết định phản ứng có thể diễn ra hay không [1].

Không nên cho rằng thủy phân càng nhiều thì sản phẩm càng tốt. Với FOS, thủy phân quá mức có thể làm giảm tỷ lệ oligosaccharide và tăng đường đơn, khiến sản phẩm mất một phần định vị prebiotic mong muốn. Điểm tối ưu phụ thuộc vào mục tiêu thành phần và ứng dụng cuối [5].

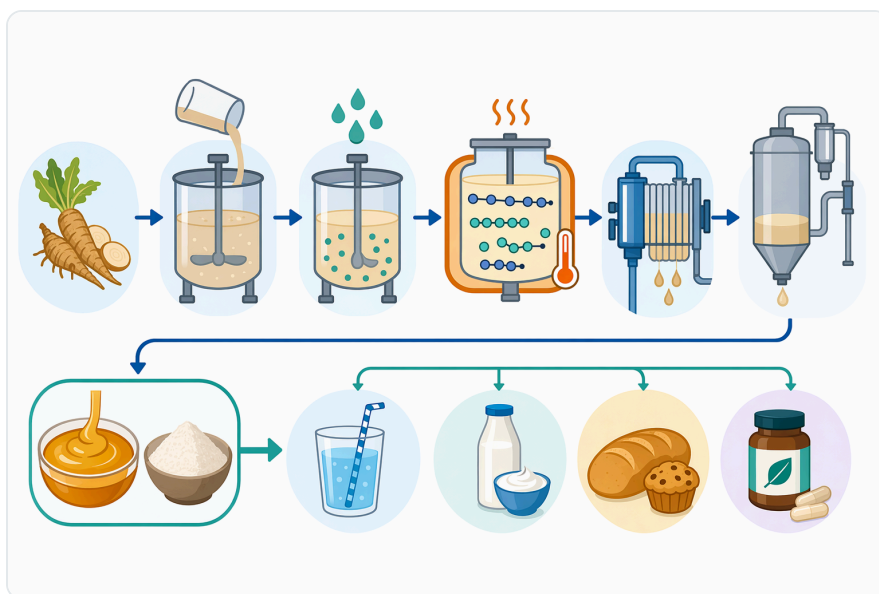


Figure 8. 실용적인 이눌리나아제 공정은 수성 이눌린 원료를 준비하고, 효소를 분산시키며, 반응 종점을 제어한 뒤, 후속 식품 가공 단계를 적용한다.

Không nên suy diễn kết quả nghiên cứu học thuật thành hiệu quả bảo đảm trong mọi nhà máy. Các nghiên cứu về *Aspergillus*, enzyme tái tổ hợp hoặc nền cơ chất đặc thù giúp giải thích cơ chế và tiềm năng, nhưng dây chuyền thương mại còn chịu ảnh hưởng của nguyên liệu, thiết bị, thời gian lưu, xử lý nhiệt và yêu cầu pháp lý [6].

Không nên trình bày Enzymes.bio như nhà sản xuất hoặc phòng thí nghiệm phát triển enzyme. Vai trò phù hợp là nhà cung cấp thương mại, bán sản phẩm trực tuyến theo đơn vị 1 kg và cung cấp CoA, SDS kèm đơn hàng để khách hàng B2B sử dụng trong hệ thống tài liệu nội bộ của mình .

Kết luận

Food Grade Inulinase là enzyme phù hợp cho các quy trình thủy phân có kiểm soát inulin và fructan nhằm tạo FOS, fructose hoặc hỗn hợp carbohydrate mạch ngắn. Giá trị kỹ thuật của enzyme nằm ở khả năng điều chỉnh chiều dài chuỗi fructan, từ đó ảnh hưởng đến độ hòa tan, vị ngọt, khả năng lên men và định vị prebiotic của sản phẩm cuối ^[1].

Cơ sở khoa học cho ứng dụng này khá rõ: inulinase vi sinh đã được nghiên cứu trong nhiều hệ enzyme; FOS là nhóm prebiotic được tổng quan rộng rãi; và các tài liệu chuyên ngành đều nhấn mạnh rằng hồ sơ sản phẩm phụ thuộc vào cơ chất, kiểu hoạt tính enzyme và điều kiện phản ứng ^[2].

Đối với khách hàng B2B, cách tiếp cận thực tế là xem inulinase như một công cụ công nghệ trong phát triển thực phẩm chức năng, đồ uống, sữa lên men, syrup hoặc thành phần carbohydrate từ inulin. Enzymes.bio cung cấp sản phẩm qua kênh bán trực tuyến theo đơn vị 1 kg; CoA và SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng, hỗ trợ việc lưu hồ sơ và sử dụng phù hợp trong quy trình nội bộ .

Đặt mua Food Grade Inulinase For Fructooligosaccharide Production 100G 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 Food Grade Inulinase For Fructooligosaccharide Production 100G →](#)

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. Singh, R., Singh, R., & Kennedy, J. (2016). Recent insights in enzymatic synthesis of fructooligosaccharides from inulin.. International Journal of Biological Macromolecules, 85, 565-72 .
2. Dias, G., Vieira, A. C., Silva, G. B., Simões, N., Milessi, T. S., Saraiva, L. S., Xavier, M., ... et al. (2025). Fructooligosaccharides: A Comprehensive Review on Their Microbial Source, Functional Benefits, Production Technology, and Market Prospects. Processes.
3. Kango, N., & Jain, S. (2011). Production and Properties of Microbial Inulinases: Recent Advances. Food Biotechnology, 25, 165 - 212.

4. Liu, Y., Zhou, S., Yu-Cheng, Chi, Z., Chi, Z., & Liu, G. (2016). Synergistic effect between the recombinant exo-inulinase and endo-inulinase on inulin hydrolysis. *Journal of Molecular Catalysis B-enzymatic*, 128, 27-38.
5. Picazo, B., Flores-gallegos, A. C., Muñoz-Márquez, D., Flores-Maltos, A., Michel-Michel, M., Rosa, O., Rodríguez-Jasso, R. M., ... et al. (2019). Enzymes for Fructooligosaccharides Production: Achievements and Opportunities. *Enzymes in Food Biotechnology*.
6. Cruz, V., Belote, J., Belline, M. Z., & Cruz, R. (1998). Production and action pattern of inulinase from *Aspergillus Niger-245: hydrolysis of inulin from several sources*. *Revista De Microbiologia*, 29, 301-306.
7. Picazo, B., Flores-gallegos, A. C., Ilina, A., Rodríguez-Jasso, R. M., & Aguilar, C. N. (2019). Production of an Enzymatic Extract From *Aspergillus oryzae* DIA-MF to Improve the Fructooligosaccharides Profile of Aguamiel. *Frontiers in Nutrition*, 6.
8. McCleary, B., Charmier, L. M. J., McKie, V. A., McLoughlin, C., & Rogowski, A. (2019). Determination of Fructan (Inulin, FOS, Levan, and Branched Fructan) in Animal Food (Animal Feed, Pet Food, and Ingredients): Single-Laboratory Validation, First Action 2018.07. *Journal of AOAC International*, 102 3, 883-892 .

Liên hệ Enzymes.bio

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

EMAIL 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.