

Neutral Protease **Bacillus subtilis** cho thủy phân protein thực vật: cơ chế, ứng dụng và giới hạn quy trình

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

Neutral protease từ *Bacillus subtilis* là enzyme cắt liên kết peptide trong protein ở vùng điều kiện gần trung tính, được dùng nhiều trong thủy phân protein thực vật như đậu nành, đậu Hà Lan, lúa mì và các nguyên liệu giàu đạm. Trong chế biến B2B, giá trị chính của enzyme này là giúp chuyển protein kích thước lớn thành peptide nhỏ hơn để cải thiện độ hòa tan, khả năng phân tán, khả năng tiêu hóa và tính chất công nghệ của nguyên liệu protein, với mức thủy phân có thể kiểm soát theo quy trình ^[1].

Enzymes.bio cung cấp chế phẩm neutral protease từ *Bacillus subtilis* cho các ứng dụng như plant protein hydrolysis, bioprocessing, brewing, distillation, plant extraction và feed processing; Enzymes.bio là nhà cung cấp trực tuyến, không phải nhà sản xuất enzyme hay phòng thí nghiệm thử nghiệm. Sản phẩm được bán trực tiếp online theo đơn vị 1 kg; CoA và SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng.

Neutral protease từ *Bacillus subtilis* là gì?

Neutral protease là một nhóm protease hoạt động thuận lợi trong môi trường gần trung tính, khác với acid protease thường dùng ở môi trường chua và alkaline protease thường dùng ở môi trường kiềm. Về mặt chức năng, enzyme này xúc tác phản ứng thủy phân liên kết peptide, tức là dùng nước để cắt chuỗi protein thành các đoạn peptide ngắn hơn hoặc acid amin tự do tùy điều kiện phản ứng và thời gian xử lý ^[2].

Tên “neutral protease từ *Bacillus subtilis*” mô tả hai yếu tố: kiểu hoạt động enzyme là protease trung tính, và nguồn vi sinh vật liên quan là *Bacillus subtilis*. *Bacillus subtilis* được nghiên cứu rộng trong công nghệ sinh học vì có khả năng tiết enzyme ngoại bào, trong đó có nhiều loại protease tham gia phân giải protein trong môi trường nuôi cấy hoặc hệ sinh học ^[3].

Trong văn liệu enzyme công nghiệp, một số neutral protease được mô tả thuộc nhóm metallo-neutral protease, nghĩa là trung tâm hoạt động của enzyme có thể phụ thuộc vào ion kim loại để duy trì cấu trúc xúc tác. Điều này có ý nghĩa thực tế: các thành phần phối trộn có khả năng tạo phức mạnh với ion

kim loại, chất oxy hóa mạnh hoặc điều kiện xử lý quá khắc nghiệt có thể làm giảm hoạt tính của một số protease loại này, nên quy trình cần được đánh giá theo nguyên liệu và mục tiêu sản phẩm cụ thể [4].

Cần phân biệt rõ sản phẩm enzyme thương mại với chủng vi sinh vật sống. Chế phẩm neutral protease là công cụ xúc tác sinh học dùng trong quy trình, không phải probiotic và không nhằm bổ sung vi khuẩn sống vào sản phẩm cuối; cách dùng phù hợp là đưa enzyme vào giai đoạn xử lý nguyên liệu protein, sau đó kiểm soát hoặc dừng phản ứng theo thiết kế quy trình [1].

Vì sao protease trung tính quan trọng trong thủy phân protein thực vật?

Protein thực vật thường có cấu trúc bậc cao phức tạp, tương tác kỵ nước mạnh, liên kết disulfide, vùng kết tụ và khả năng hòa tan thay đổi theo pH. Những đặc điểm này khiến đậu nành, đậu Hà Lan, gluten lúa mì hoặc bột giàu protein có thể khó phân tán trong nước, tạo cảm giác bột, gây độ nhớt cao, lắng cặn trong đồ uống hoặc làm tăng tải lọc trong quy trình chiết xuất [1].

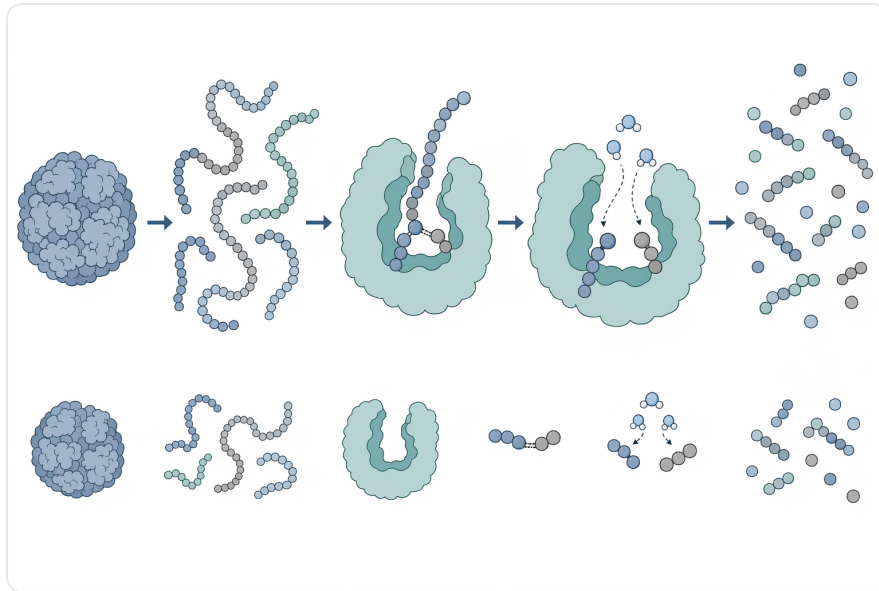


Figure 1. Protease trung tính từ *Bacillus subtilis* thủy phân các liên kết peptide trong protein thực vật để tạo ra các peptide hòa tan và axit amin trong điều kiện nhẹ, gần trung tính.

Thủy phân bằng enzyme cho phép biến đổi có chọn lọc hơn so với thủy phân hóa học khắc nghiệt. Thay vì phá vỡ protein một cách không đặc hiệu, protease cắt một số liên kết peptide theo ái lực cơ chất của enzyme, tạo ra phổ peptide có kích thước và tính chất khác nhau; chính phổ peptide này quyết định độ hòa tan, vị, khả năng tạo bọt, nhũ hóa, độ nhớt và khả năng tiêu hóa của hydrolysate [2].

Trong sản xuất plant protein hydrolysate, mục tiêu không phải lúc nào cũng là cắt càng sâu càng tốt. Mức thủy phân thấp có thể cải thiện phân tán mà vẫn giữ một phần khả năng tạo cấu trúc; mức thủy phân cao hơn có thể tăng nitơ hòa tan và peptide ngắn nhưng cũng có nguy cơ làm tăng vị đắng, giảm khả năng tạo gel hoặc thay đổi cảm quan ^[1].

Neutral protease có lợi thế khi công thức hoặc nguyên liệu không phù hợp với điều kiện acid hoặc kiềm mạnh. Ở nhiều quy trình thực phẩm và thức ăn chăn nuôi, xử lý gần trung tính có thể giúp giảm áp lực trung hòa sau phản ứng, hạn chế thay đổi màu hoặc hương do xử lý pH cực đoan, đồng thời dễ tích hợp vào các bước hydrat hóa, chiết tách hoặc lên men đã có sẵn ^[2].

Cơ chế hoạt động: enzyme cắt peptide như thế nào?

Có thể hình dung protein như một chuỗi dài gồm nhiều acid amin nối với nhau bằng liên kết peptide. Neutral protease nhận diện các vùng protein có thể tiếp cận được, gắn vào cơ chất tại vị trí hoạt động, phân cực liên kết peptide cần cắt và xúc tác phản ứng thủy phân, làm chuỗi protein dài trở thành các peptide ngắn hơn ^[4].

Khi protein bị cắt nhỏ, diện tích bề mặt và số đầu mạch peptide tăng lên. Nhiều nhóm phân cực hơn được lộ ra ngoài, làm thay đổi cân bằng giữa vùng kỵ nước và ưa nước; đây là một trong các lý do thủy phân enzyme có thể cải thiện độ hòa tan và khả năng phân tán của protein thực vật trong hệ nước ^[1].

Tác động của enzyme không chỉ phụ thuộc vào “có enzyme hay không”, mà phụ thuộc vào khả năng enzyme tiếp xúc với cơ chất. Nếu protein còn nằm trong ma trận xơ, bị kết tụ mạnh, chưa hydrat hóa đầy đủ hoặc bị biến tính theo cách che khuất vị trí cắt, tốc độ thủy phân có thể thấp hơn; ngược lại, tiền xử lý phân tán tốt thường giúp phản ứng diễn ra đồng đều hơn ^[1].

Khi phản ứng tiếp tục, phổ peptide thay đổi theo thời gian. Ban đầu, enzyme thường làm giảm nhanh kích thước phân tử lớn, giúp giảm độ nhớt hoặc tăng độ hòa tan; về sau, các peptide trung gian có thể tiếp tục bị cắt thành đoạn ngắn hơn, làm thay đổi vị và tính chất bề mặt của sản phẩm ^[2].



Figure 2. Quy trình thủy phân protein thực vật trong công nghiệp thường bao gồm chuẩn bị huyền phù protein, xử lý bằng protease trung tính, tách, sấy khô và phối chế thành các sản phẩm thực phẩm, thức ăn chăn nuôi và sản phẩm lên men.

So sánh neutral protease với các hướng xử lý protein khác

Bảng dưới đây tóm tắt cách nhìn thực tế khi lựa chọn neutral protease trong bối cảnh chế biến protein thực vật. Đây không phải bảng “tốt hơn tuyệt đối”, vì lựa chọn phụ thuộc nguyên liệu, mục tiêu sản phẩm và giới hạn công thức ^[1].

Hướng xử lý	Cơ chế chính	Điểm mạnh trong chế biến protein	Giới hạn cần kiểm soát
Neutral protease	Cắt liên kết peptide trong điều kiện gần trung tính	Phù hợp với nhiều hệ thực phẩm, hỗ trợ tạo peptide, cải thiện hòa tan và phân tán	Cần kiểm soát mức thủy phân để tránh vị đắng hoặc mất tính cấu trúc
Acid/alkaline protease	Cắt peptide ở môi trường chua hoặc kiềm	Hữu ích khi quy trình vốn vận hành ở pH lệch mạnh	Có thể cần điều chỉnh pH trước/sau, không phải công thức nào cũng chịu được
Thủy phân acid/kiềm hóa học	Phá vỡ protein bằng điều kiện hóa học mạnh	Phản ứng mạnh, có thể tạo lượng acid amin cao	Ít chọn lọc hơn, dễ ảnh hưởng màu, vị và phụ phẩm nếu kiểm soát kém
Gia nhiệt/cơ học đơn thuần	Biến tính, phân tán hoặc phá cấu trúc vật lý	Dễ tích hợp vào thiết bị hiện có	Không tạo phổ peptide có kiểm soát như enzyme

Hướng xử lý	Cơ chế chính	Điểm mạnh trong chế biến protein	Giới hạn cần kiểm soát
Lên men	Vi sinh vật và enzyme nội sinh/ngoại bào cùng tác động	Có thể cải thiện hương, giảm một số yếu tố bất lợi và tăng giá trị nguyên liệu	Khó tách riêng tác động từng enzyme, phụ thuộc chủng và hệ lên men

So với xử lý hóa học, enzyme có ưu điểm ở tính chọn lọc và khả năng thiết kế mức thủy phân. Tuy nhiên, enzyme không thay thế hoàn toàn các bước khác; trong nhiều quy trình, neutral protease được dùng cùng nghiền, hydrat hóa, gia nhiệt nhẹ, điều chỉnh pH, lọc, cô đặc hoặc sấy để đạt đặc tính nguyên liệu cuối [2].

So với alkaline protease, neutral protease thường được cân nhắc khi công thức nhạy với kiềm hoặc khi nhà máy muốn tránh biến đổi mạnh về màu và vị do xử lý pH cao. Các tổng quan về alkaline protease cho thấy nhóm enzyme kiềm rất có giá trị trong nhiều ngành, nhưng điều kiện vận hành của chúng không phải lúc nào cũng phù hợp với mọi ma trận protein thực phẩm [5].

Bằng chứng nghiên cứu liên quan đến protein thực vật

Các tổng quan gần đây về enzymatic hydrolysis of plant proteins cho thấy thủy phân enzyme có thể điều chỉnh đặc tính protein thực vật theo nhiều hướng: tăng độ hòa tan, cải thiện chức năng nhũ hóa hoặc tạo bọt, tạo peptide có hoạt tính sinh học trong mô hình thử nghiệm, và mở rộng ứng dụng trong đồ uống, thực phẩm giàu protein, gia vị và thức ăn chăn nuôi [1].

Với đậu nành, nghiên cứu về neutral protease từ quả thể *Volvariella volvacea* đã đánh giá quá trình tiêu hóa enzyme trên soybean isolates, cho thấy neutral protease có thể được dùng như công cụ để biến đổi protein đậu nành và tạo sản phẩm thủy phân có đặc điểm khác với protein ban đầu [6]. Dù nguồn enzyme trong nghiên cứu này không phải *Bacillus subtilis*, kết quả vẫn hữu ích để hiểu nguyên lý trung tính: protease ở vùng pH gần trung tính có thể tác động trực tiếp lên soybean protein isolate.

Với hệ *Bacillus*, nghiên cứu về chủng *Bacillus subtilis* S4 trong ruột ấu trùng ruồi lính đen mô tả khả năng tham gia phân giải protein sinh học, cho thấy *B. subtilis* có thể đóng vai trò trong các quá trình phân hủy protein thông qua enzyme tiết ra và hoạt động trao đổi chất liên quan [3]. Đây không phải bằng chứng trực tiếp cho mọi chế phẩm thương mại, nhưng củng cố cơ sở sinh học rằng *Bacillus subtilis* là nguồn enzyme phân giải protein đáng chú ý.

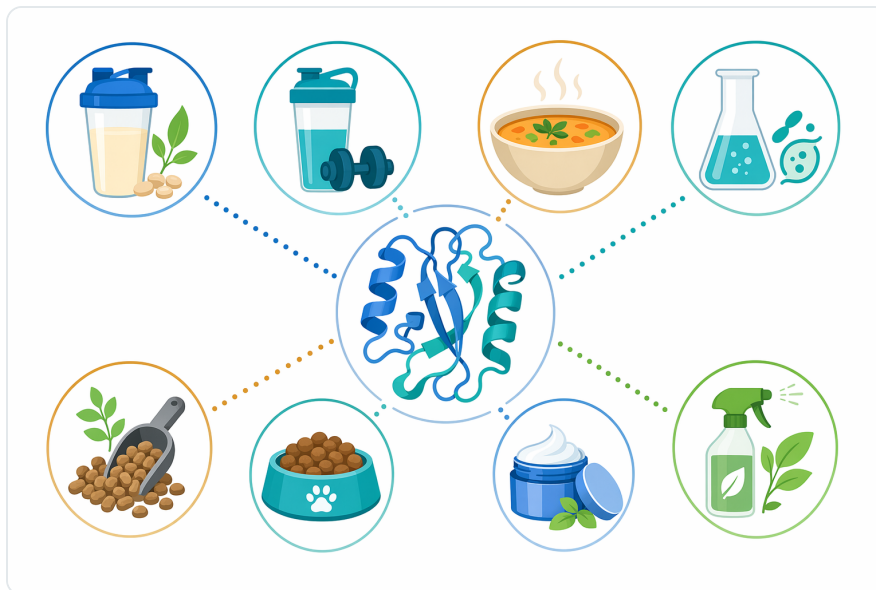


Figure 3. Protease trung tính từ *Bacillus* được dùng để sản xuất dịch thủy phân protein thực vật cho các ứng dụng dinh dưỡng, tạo hương vị, lên men, thức ăn chăn nuôi, thức ăn thú cưng, mỹ phẩm và chất kích thích sinh học.

Các nghiên cứu về protease từ *Bacillus subtilis* cũng mở rộng sang nhiều ứng dụng protein khác ngoài thực vật. Ví dụ, protease tiết bởi *Bacillus subtilis* LjM2 được nghiên cứu trong bối cảnh hoạt tính sinh học trên virus cúm, trong khi protease fibrinolytic từ một chủng *Bacillus subtilis* khác được tinh sạch và đánh giá hoạt tính in vitro [7]. Những công trình này không nên được diễn giải thành lợi ích sức khỏe cho sản phẩm protein hydrolysate, nhưng cho thấy tính đa dạng của protease do *B. subtilis* tạo ra [8].

Ở cấp độ sản xuất enzyme, các hệ điều hòa như DegS/DegU trong *Bacillus* có liên quan đến sinh tổng hợp protease và biểu hiện enzyme ngoại bào. Nghiên cứu transcriptomic trên *Bacillus licheniformis* về alkaline protease cho thấy sản xuất protease là kết quả của mạng điều hòa tế bào phức tạp, nhấn mạnh rằng đặc tính của mỗi chế phẩm phụ thuộc nguồn enzyme, quy trình lên men và công đoạn hoàn thiện sản phẩm [9].

Ứng dụng 1: tạo protein hydrolysate từ đậu nành, đậu Hà Lan và lúa mì

Ứng dụng trực tiếp nhất của neutral protease *Bacillus subtilis* là thủy phân protein thực vật để tạo hydrolysate. Trong thực tế, nguyên liệu có thể là protein isolate, protein concentrate, bột giàu đạm, gluten, meal đã tách dầu hoặc dịch chiết protein sau hydrat hóa; enzyme giúp cắt protein lớn thành peptide có kích thước phù hợp hơn với mục tiêu sản phẩm.

Với đậu nành, thủy phân có thể nhằm tăng độ hòa tan, giảm độ nhớt dịch protein, tạo nền peptide cho đồ uống hoặc chuẩn bị nguyên liệu cho gia vị thủy phân. Soy protein chứa nhiều phân đoạn có cấu trúc bền; việc cắt có kiểm soát giúp thay đổi tính chất bề mặt của phân tử, từ đó ảnh hưởng đến phân tán,

nhũ hóa và cảm giác miệng [6].

Với đậu Hà Lan, mục tiêu thường là cải thiện độ phân tán và giảm cảm giác bột trong sản phẩm đồ uống hoặc bột dinh dưỡng. Protein đậu Hà Lan có thể tạo lắng hoặc cảm giác khô miệng nếu phân tán kém; thủy phân một phần có thể giúp giảm kích thước cấu trúc protein và tăng tương tác với nước, nhưng nếu thủy phân quá sâu có thể làm thay đổi vị nền [1].

Với lúa mì, gluten là hệ protein có tính đàn hồi và mạng cấu trúc mạnh, hữu ích cho bánh nhưng khó dùng trong đồ uống hoặc hệ cần độ hòa tan cao. Protease có thể phá vỡ một phần mạng peptide, tạo hydrolysate thích hợp hơn cho gia vị, môi trường lên men hoặc nguyên liệu chức năng, miễn là quy trình kiểm soát được mức cắt để tránh sản phẩm quá đắng hoặc quá loãng về cấu trúc [1].

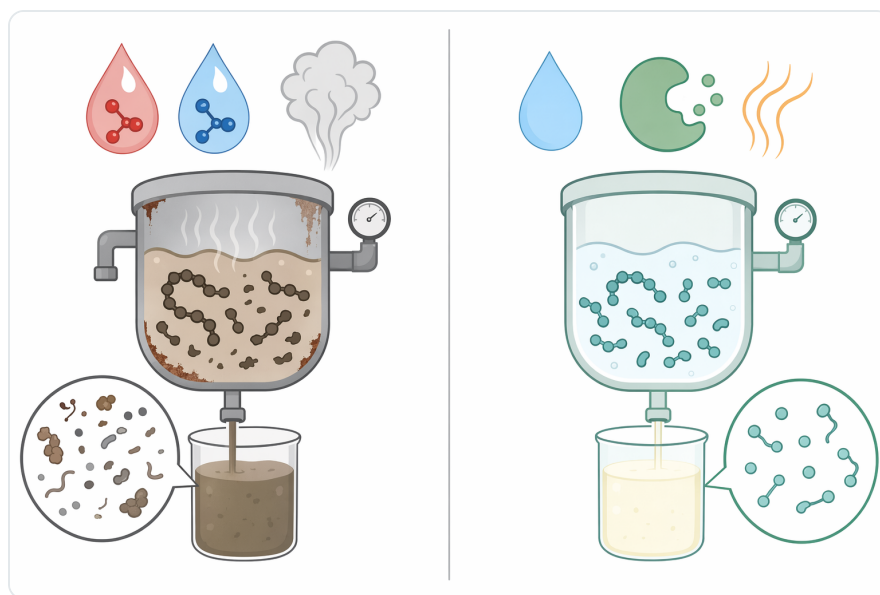


Figure 4. So với thủy phân bằng axit hoặc kiềm, xử lý bằng protease trung tính mang lại điều kiện nhẹ hơn và tạo peptide sạch hơn cho dịch thủy phân protein thực vật.

Ứng dụng 2: gia vị thủy phân, nền vị umami và nguyên liệu lên men

Protein hydrolysate thực vật thường được dùng làm nền vị trong súp, nước xốt, snack, sản phẩm chay, analog thịt và nhiều công thức cần vị mặn-ngọt-umami tự nhiên hơn. Protease tạo peptide và acid amin tự do; trong đó, một số acid amin và peptide ngắn góp phần vào vị umami, vị ngọt hậu, độ đầy miệng hoặc hiệu ứng “kokumi” tùy hệ công thức [2].

Neutral protease có thể là bước đầu trong hệ enzyme phối hợp. Khi mục tiêu là hương vị, nhà phát triển công thức có thể kết hợp protease với enzyme khác như peptidase hoặc enzyme chuyển hóa acid amin để điều chỉnh tỷ lệ peptide ngắn, acid amin tự do và hợp chất tạo vị; cách tiếp cận này phù hợp

với xu hướng enzyme technology trong công nghiệp thực phẩm hiện đại ^[2].

Trong lên men, nguồn nitơ hòa tan là yếu tố quan trọng cho vi sinh vật. Thủy phân protein trước hoặc trong quá trình lên men có thể giải phóng peptide và acid amin dễ sử dụng hơn, hỗ trợ tốc độ phát triển và tạo chất chuyển hóa; tuy nhiên, tác động thực tế còn phụ thuộc chủng lên men, thành phần carbohydrate, muối, pH và xử lý nhiệt ^[1].

Ứng dụng 3: đồ uống protein, thực phẩm plant-based và nguyên liệu dinh dưỡng

Trong đồ uống protein, vấn đề thường gặp là độ hòa tan thấp, lắng cặn, cảm giác sạn, độ nhớt không ổn định và vị đậu hoặc vị ngũ cốc rõ. Thủy phân enzyme không phải là giải pháp duy nhất cho tất cả vấn đề cảm quan, nhưng có thể giúp giảm kích thước protein và tăng tương tác với nước, qua đó cải thiện khả năng phân tán trong một số hệ công thức ^[1].

Trong sản phẩm plant-based như sữa hạt, đồ uống giàu protein, thịt thực vật hoặc nước cốt giàu đạm, mức thủy phân cần được lựa chọn theo chức năng mong muốn. Nếu protein cần tạo gel, giữ nước hoặc tạo cấu trúc xơ, thủy phân quá sâu có thể làm yếu mạng cấu trúc; nếu protein cần hòa tan và uống được, mức thủy phân cao hơn có thể có lợi nhưng phải kiểm soát vị đắng ^[1].

Với nguyên liệu dinh dưỡng, peptide nhỏ thường được quan tâm vì có thể dễ phân tán và tiêu hóa hơn so với protein nguyên vẹn. Tuy nhiên, không nên biến nhận định công nghệ này thành tuyên bố điều trị hoặc tuyên bố sức khỏe trực tiếp nếu chưa có bằng chứng trên sản phẩm cuối và khung pháp lý phù hợp ^[2].

Ứng dụng 4: feed processing, aquafeed và nguyên liệu đậm để tiêu hóa hơn

Trong thức ăn chăn nuôi và aquafeed, protein thực vật giúp giảm chi phí và thay thế một phần protein động vật, nhưng thường bị giới hạn bởi yếu tố kháng dinh dưỡng, protein khó tiêu và biến động chất lượng nguyên liệu. Protease có thể hỗ trợ phân giải một phần protein, tăng nitơ hòa tan và tạo peptide dễ tiếp cận hơn cho hệ tiêu hóa của vật nuôi ^[1].

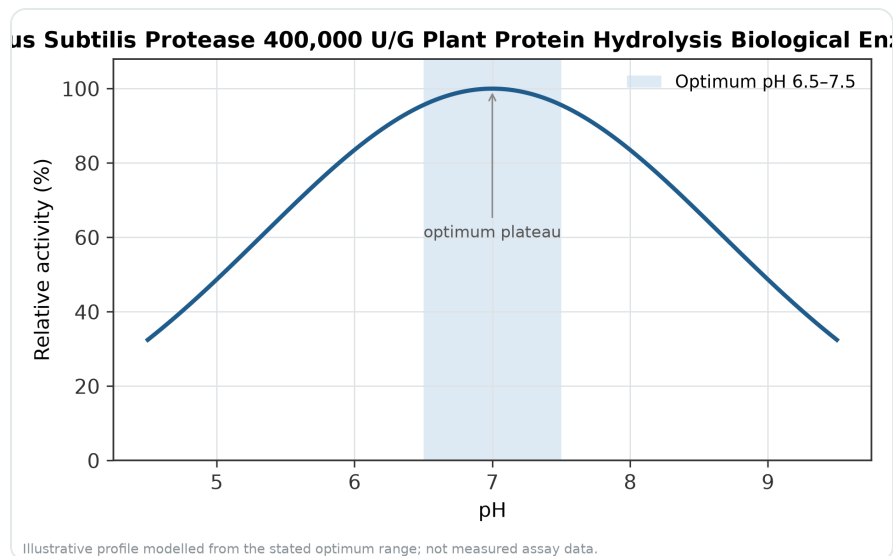


Figure 5. Hoạt tính tương đối của enzyme sinh học Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 400.000 U/g dùng cho thủy phân protein thực vật theo pH, cho thấy vùng tối ưu ở pH 6,5–7,5.

Các nghiên cứu về probiotic hoặc vi sinh vật trong thủy sản cho thấy sức khỏe ruột, hệ vi sinh và khả năng sử dụng dinh dưỡng có liên quan chặt chẽ đến thành phần thức ăn và xử lý nguyên liệu. Dù nghiên cứu probiotic không tương đương với bổ sung enzyme ngoại sinh, nó cho thấy bối cảnh ứng dụng rộng hơn của công nghệ sinh học trong tối ưu hóa tăng trưởng và sức khỏe đường ruột ở cá nuôi [10].

Với soybean meal hoặc các meal thực vật khác, protease thường được xem là một phần của chiến lược xử lý kết hợp cùng lên men, gia nhiệt, ép đùn hoặc bổ sung enzyme khác. Mục tiêu là giảm tác động của protein khó tiêu, cải thiện khả năng sử dụng acid amin và tạo nguyên liệu có tính ổn định hơn cho công thức feed [1].

Ứng dụng 5: brewing, distillation và chiết xuất thực vật

Trong brewing và đồ uống lên men, protein có thể vừa là nguồn dinh dưỡng cho men vừa là tác nhân gây đục hoặc làm tăng tải lọc. Neutral protease có thể hỗ trợ cắt protein gây haze hoặc giải phóng peptide/nitơ hòa tan, nhưng cần kiểm soát để không làm mất các protein có lợi cho bọt hoặc cảm quan của sản phẩm.

Trong distillation và sản xuất ethanol từ nguyên liệu giàu protein, thủy phân protein có thể giúp cải thiện khả năng tiếp cận dinh dưỡng cho vi sinh vật lên men và giảm hiện tượng bám cặn hoặc độ nhớt do protein. Tác dụng này phụ thuộc mạnh vào ma trận nguyên liệu, quy trình nghiền, hồ hóa, enzyme carbohydrate đang dùng và thiết kế lên men [2].

Trong chiết xuất thực vật, protein có thể làm tăng độ đục, giữ nước, tạo bọt hoặc làm nghẽn lọc. Việc dùng protease để cắt một phần protein giúp giảm kích thước cấu trúc gây cản trở, hỗ trợ tách pha và lọc trong một số quy trình botanical extraction hoặc plant extraction .

Các biến số quy trình quyết định kết quả

Hiệu quả của neutral protease phụ thuộc trước hết vào mức hydrat hóa và phân tán của nguyên liệu. Protein càng tiếp xúc tốt với nước và enzyme thì phản ứng càng đồng đều; nếu bột protein vón cục, còn nhiều vùng khô hoặc bị bao bọc bởi chất xơ và tinh bột, enzyme khó tiếp cận liên kết peptide cần cắt ^[1].

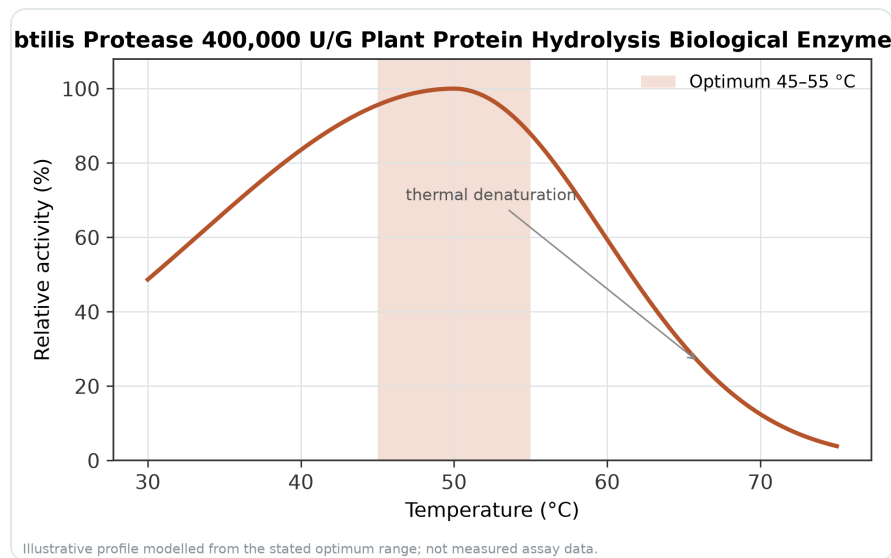


Figure 6. Hoạt tính tương đối của enzyme sinh học Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 400.000 U/g dùng cho thủy phân protein thực vật theo nhiệt độ, với mức tối ưu ở 45–55 °C và sự suy giảm đặc trưng do biến tính nhiệt khi vượt quá vùng tối ưu.

pH là biến số trung tâm vì nó ảnh hưởng đến điện tích protein, cấu trúc bậc cao và trạng thái ion hóa tại trung tâm hoạt động của enzyme. Với neutral protease, quy trình thường được thiết kế quanh vùng gần trung tính, nhưng điểm phù hợp nhất vẫn phải cân bằng giữa hoạt tính enzyme, độ hòa tan protein và yêu cầu cảm quan của sản phẩm ^[4].

Nhiệt độ ảnh hưởng đồng thời đến tốc độ phản ứng và độ bền enzyme. Nhiệt cao có thể làm protein mở cấu trúc giúp enzyme tiếp cận tốt hơn, nhưng nếu vượt quá khả năng chịu nhiệt của enzyme thì hoạt tính giảm; vì vậy nhiệt độ xử lý cần được xem như điểm cân bằng giữa biến tính cơ chất và ổn định enzyme ^[2].

Thời gian thủy phân quyết định phổ peptide. Xử lý ngắn có thể tạo thay đổi chức năng nhẹ; xử lý dài hơn làm tăng peptide ngắn và acid amin tự do nhưng cũng tăng rủi ro vị đắng, mất độ nhớt mong muốn hoặc giảm khả năng tạo gel [1].

Thành phần nền cũng quan trọng. Muối, đường, polyphenol, chất béo, chất bảo quản, ion kim loại, chất tạo phức và enzyme khác có thể ảnh hưởng đến cấu trúc protein hoặc hoạt tính protease; một số nghiên cứu về protease thích nghi muối cho thấy điều kiện muối là biến số đáng chú ý trong thực phẩm lên men mặn, nhưng không thể giả định mọi protease đều chịu muối giống nhau [11].

Kiểm soát mức thủy phân mà không làm mất chất lượng cảm quan

Mức thủy phân thường được hiểu là mức độ protein đã bị cắt thành peptide nhỏ hơn. Trong sản xuất, mức này không chỉ liên quan đến hiệu suất cắt mà còn liên quan trực tiếp đến vị, mùi, độ trong, độ nhớt, khả năng tạo bọt, nhũ hóa và ổn định sản phẩm cuối [1].

Một rủi ro phổ biến là vị đắng do peptide kỵ nước ngắn hình thành trong quá trình thủy phân. Vị đắng không phải lúc nào cũng xuất hiện, nhưng thường tăng khi protein chứa nhiều vùng kỵ nước bị cắt sâu; điều này đặc biệt đáng chú ý với một số protein đậu, đậu nành và gluten [1].

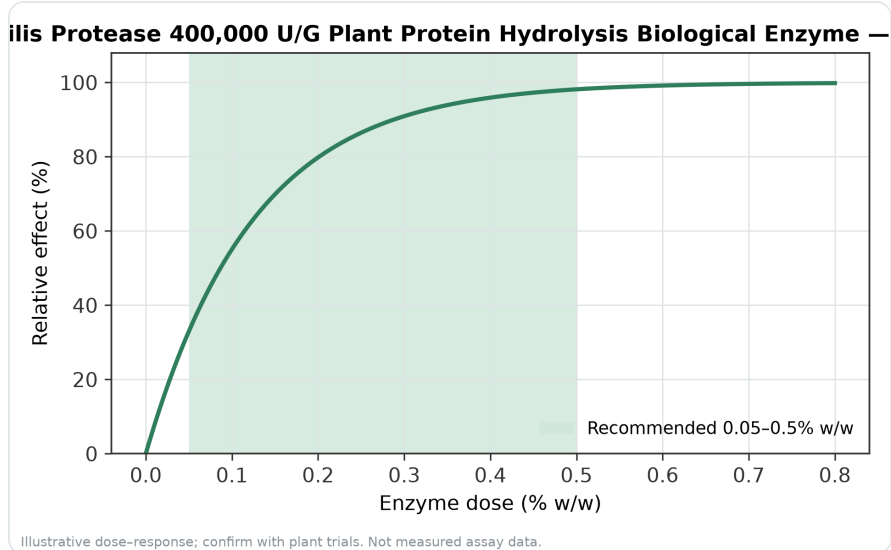


Figure 7. Đường đáp ứng theo liều minh họa của enzyme sinh học Neutral Protease *Bacillus Subtilis* Protease 400.000 U/g dùng cho thủy phân protein thực vật trong khoảng sử dụng khuyến nghị (0,05–0,5% khối lượng/khối lượng).

Cách tiếp cận thực tế là xác định “cửa sổ xử lý” phù hợp với từng ứng dụng. Với đồ uống, ưu tiên có thể là độ hòa tan và cảm giác miệng; với gia vị, ưu tiên có thể là nền vị và acid amin tự do; với feed, ưu tiên có thể là khả năng tiêu hóa và chi phí xử lý; với brewing, ưu tiên có thể là cân bằng giữa giảm haze và giữ chất lượng bọt [2].

Sau khi đạt đặc tính mong muốn, phản ứng thường cần được dừng hoặc làm chậm bằng điều kiện quy trình phù hợp. Nếu enzyme tiếp tục hoạt động trong bảo quản hoặc các bước sau, sản phẩm có thể thay đổi thêm về vị, độ nhớt hoặc tính chức năng, đặc biệt trong hệ lỏng hoặc bán lỏng ^[1].

Giới hạn cần hiểu đúng khi dùng neutral protease

Neutral protease không phải giải pháp “một enzyme cho mọi protein”. Cùng một chế phẩm có thể cho kết quả khác nhau trên soy protein isolate, pea protein concentrate, wheat gluten, soybean meal hoặc dịch chiết thực vật vì cấu trúc protein, mức biến tính, tạp chất và khả năng hydrat hóa rất khác nhau ^[1].

Enzyme cũng không tự động loại bỏ mọi vấn đề cảm quan của protein thực vật. Mùi đậu, mùi cỏ, vị chất hoặc vị kim loại có thể đến từ lipid oxy hóa, polyphenol, saponin, hợp chất bay hơi hoặc khoáng, không chỉ từ protein; protease có thể thay đổi nền peptide nhưng không thay thế hoàn toàn các giải pháp khử mùi, chọn nguyên liệu hoặc công nghệ phối hương ^[2].

Không nên diễn giải protein hydrolysate như sản phẩm có tác dụng điều trị. Một số peptide thủy phân có thể thể hiện hoạt tính sinh học trong thử nghiệm in vitro hoặc mô hình nghiên cứu, nhưng việc chuyển thành tuyên bố sức khỏe cần bằng chứng sản phẩm cuối, liều dùng, đối tượng sử dụng và tuân thủ quy định pháp lý ^[1].

Cuối cùng, cần phân biệt bằng chứng khoa học chung với hiệu suất của một sản phẩm thương mại cụ thể trong nhà máy cụ thể. Các nghiên cứu về neutral protease, *Bacillus subtilis* hoặc protein thực vật cho thấy cơ sở công nghệ vững chắc, nhưng kết quả sản xuất vẫn phụ thuộc thiết bị, nguyên liệu, công thức, trình tự bổ sung và kiểm soát quy trình ^[4].

Ghi chú về sản phẩm Enzymes.bio và tài liệu đi kèm

Neutral Protease *Bacillus subtilis* do Enzymes.bio cung cấp được định vị cho khách hàng B2B trong các ứng dụng thủy phân protein thực vật và xử lý sinh học liên quan. Cách mô tả phù hợp là “Enzymes.bio cung cấp sản phẩm enzyme”, không phải “Enzymes.bio sản xuất enzyme” hay “Enzymes.bio thực hiện thử nghiệm trong phòng thí nghiệm” .

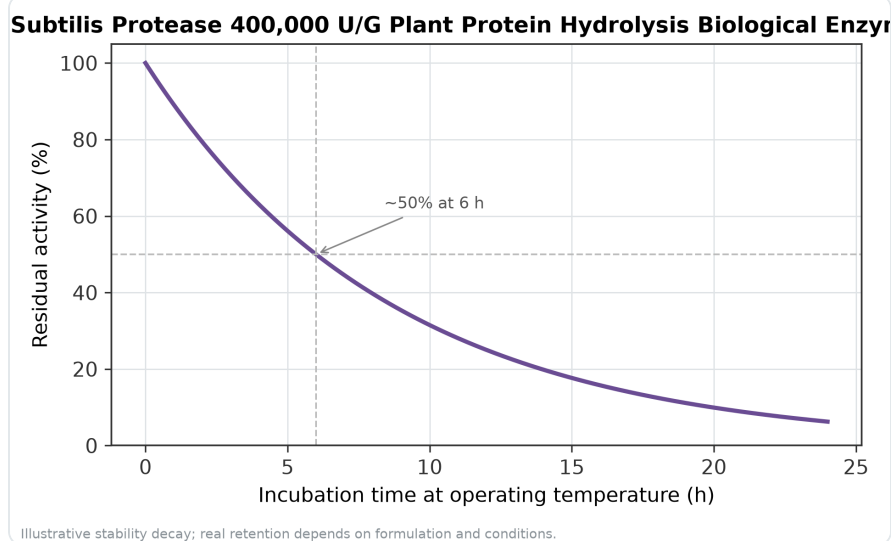


Figure 8. Sự suy giảm độ bền nhiệt minh họa của enzyme sinh học Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 400.000 U/g dùng cho thủy phân protein thực vật — hoạt tính còn lại giảm dần theo thời gian ở nhiệt độ vận hành.

Sản phẩm được bán trực tiếp online theo đơn vị 1 kg, phù hợp với khách hàng cần đặt hàng qua kênh thương mại điện tử thay vì quy trình yêu cầu báo giá riêng. Khi đặt hàng, CoA và SDS được cung cấp kèm theo để hỗ trợ hồ sơ chất lượng và an toàn trong vận hành nội bộ.

Trong tài liệu kỹ thuật nội bộ, doanh nghiệp nên mô tả enzyme theo chức năng: protease trung tính dùng để thủy phân protein, tạo peptide và hỗ trợ cải thiện tính chất công nghệ của nguyên liệu. Không nên xem thông số thương mại trên nhãn là yếu tố duy nhất quyết định kết quả, vì hiệu quả thực tế còn phụ thuộc vào cơ chất, pH, nhiệt độ, thời gian, phối trộn và mục tiêu sản phẩm ^[1].

Kết luận

Neutral protease từ *Bacillus subtilis* là công cụ enzyme hữu ích cho thủy phân protein thực vật, đặc biệt khi quy trình cần biến đổi protein trong điều kiện gần trung tính. Bằng cách cắt liên kết peptide, enzyme tạo peptide nhỏ hơn, có thể hỗ trợ tăng độ hòa tan, cải thiện phân tán, giảm độ nhớt, tạo nền vị, cung cấp nitơ hòa tan cho lên men hoặc nâng khả năng sử dụng protein trong feed tùy thiết kế quy trình ^[2].

Cơ sở khoa học của ứng dụng này đến từ hiểu biết rộng về protease, nghiên cứu thủy phân protein thực vật và các công trình liên quan đến neutral protease hoặc protease từ hệ *Bacillus*. Tuy nhiên, kết quả không nên được khái quát quá mức: mỗi nguyên liệu và sản phẩm cuối cần một cửa sổ xử lý riêng để cân bằng giữa mức thủy phân, tính chức năng và cảm quan ^[1].

Với vai trò nhà cung cấp trực tuyến, Enzymes.bio cung cấp neutral protease *Bacillus subtilis* theo đơn vị 1 kg, kèm CoA và SDS khi đặt hàng. Đối với nhà sản xuất thực phẩm, đồ uống, gia vị, feed, brewing hoặc chiết xuất thực vật, cách sử dụng hợp lý là xem enzyme này như một thành phần xử lý sinh học trong quy trình kiểm soát được, chứ không phải một công thức cố định cho mọi hệ protein .

Đặt mua Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 400,000 U/G Plant Protein Hydrolysis Biological Enzyme 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 Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 400,000 U/G Plant Protein Hydrolysis Biological Enzyme →

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. Gasparre, N., Rosell, C. M., & Boukid, F. (2024). Enzymatic Hydrolysis of Plant Proteins: Tailoring Characteristics, Enhancing Functionality, and Expanding Applications in the Food Industry. *Food and Bioprocess Technology*, 18, 3272 - 3287.
2. Siddiquey, F., Jahan, M. I., Hormoni, Hasan, M., Nishi, N. J., Hasan, S., Rahman, N., ... et al. (2025). Enzyme Technology in the Food Industry: Molecular Mechanisms, Applications, and Sustainable Innovations. *Food Science & Nutrition*, 13.
3. Gao, B., Ao, Y., Zhao, Z., Wang, Z., Yang, C., Cai, M., & Yu, C. (2024). Characteristics and biological mechanism of protein degradation by the black soldier fly (Hermetia illucens L.) larvae gut strain Bacillus subtilis S4. *Food Chemistry*, 464 Pt 3, 141791 .
4. Ekpenyong, M., & Antai, S. (2024). Statistical versus neural network-embedded swarm intelligence optimization of a metallo-neutral-protease production: activity kinetics and food industry applications. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 54, 1132 - 1146.
5. Uba, G., Yakubu, A., Kabir, A., & Abdullahi, S. A. (2023). Biotechnological Significance and Applications of Alkaline Protease: A Review. *Journal of Environmental Bioremediation and Toxicology*.
6. Xu, B., Li, Z., Guo, Q., Zha, L., Li, C., Yu, P., Chen, M., ... et al. (2025). The Purification and Characterization of a Novel Neutral Protease from Volvariella volvacea Fruiting Bodies and the Enzymatic Digestion of Soybean Isolates. *Journal of Fungi*, 11.
7. Li, J., Cui, H., Yao, Y., Niu, J., Zhang, J., Zheng, X., Cui, M., ... et al. (2024). Anti-influenza activity of CPAVM1 protease secreted by Bacillus subtilis LjM2. *Antiviral Research*, 105919 .

8. Sompalli, B., & Malaviya, A. (2024). Purification and evaluating in vitro activity of a fibrinolytic protease produced by a mangrove isolate Bacillus subtilis AIBL_AMSB2_M7E32. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*.
9. Zhou, C., Kong, Y., Zhang, N., Zhang, X., Qin, W., Zhang, L., Zhang, H., ... et al. (2025). Transcriptomic analysis of Bacillus licheniformis 2709 reveals the molecular mechanism of alkaline protease biosynthesis regulated by the DegS/DegU two-component system. *International Journal of Biological Macromolecules*, 140868 .
10. Zhang, Y., Xu-Liang, He, S., Feng, H., & Li, L. (2021). Dietary supplementation of exogenous probiotics affects growth performance and gut health by regulating gut microbiota in Chinese Perch (Siniperca chuatsi). *Aquaculture*.
11. Hou, J., Zhang, Q., Zhang, R., Li, S., Liu, Y., & Cui, H. (2024). A hyperstable, low-salt adapted protease from halophilic archaeon with potential applications in salt-fermented foods. *Food Research International*, 191, 114738 .

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.