

Keratinase cho thủy phân lông vũ và phụ phẩm giàu keratin trong thức ăn chăn nuôi

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

Keratinase là nhóm enzyme protease có khả năng phân giải keratin — protein cấu trúc rất bền trong lông vũ, tóc, lông, móng và sừng — bằng cách làm tăng khả năng cắt mạch peptide trong nền keratin khó tan. Trong ứng dụng B2B, keratinase được quan tâm nhất ở xử lý bột lông vũ, phụ phẩm gia cầm và dòng phụ phẩm giàu keratin để tạo peptide hoặc amino acid dễ sử dụng hơn trong thức ăn chăn nuôi, phân bón hữu cơ và các quy trình sinh học tuần hoàn ^[1]. Enzymes.bio cung cấp keratinase dạng bột cho ứng dụng xử lý keratin trong dinh dưỡng vật nuôi; sản phẩm được bán trực tiếp online theo đơn vị 1 kg, kèm CoA và SDS khi đặt hàng.

Keratinase là gì và vì sao enzyme này được dùng cho keratin?

Keratinase không phải là một enzyme đơn lẻ duy nhất, mà là tên gọi chức năng cho nhiều protease có khả năng thủy phân cơ chất keratin khó tan. Keratin là protein cấu trúc giàu cysteine, có mạng liên kết disulfide, liên kết hydro và tương tác kỵ nước làm cho sợi keratin bền cơ học, ít tan và khó tiếp cận với nhiều protease thông thường; đây là lý do lông vũ, tóc, lông động vật hoặc móng thường phân hủy chậm trong điều kiện tự nhiên ^[2].

Trong phân loại sinh hóa, nhiều keratinase thuộc các nhóm protease như serine protease, metalloprotease hoặc các hệ enzyme có tính keratinolytic khác nhau tùy nguồn vi sinh vật. Các tổng quan về keratinase nhấn mạnh rằng hoạt tính “keratinolytic” không chỉ là khả năng cắt protein nói chung, mà là khả năng tác động lên keratin đã được đóng gói chặt trong cấu trúc không tan, điều này tạo ra giá trị riêng của keratinase trong xử lý phụ phẩm lông vũ và chất thải keratin ^[1].

Từ góc nhìn công nghiệp, điểm quan trọng là keratinase giúp chuyển một nguyên liệu “giàu protein trên giấy” thành dạng có khả năng sử dụng sinh học cao hơn. Lông vũ có hàm lượng protein lớn, nhưng nếu keratin vẫn ở dạng nguyên vẹn, khả năng tiêu hóa và khả năng hòa tan protein bị hạn chế; thủy phân bằng enzyme có thể làm tăng tỷ lệ peptide nhỏ và amino acid tự do trong dịch thủy phân hoặc nguyên liệu đã xử lý ^[3].

Cấu trúc keratin: “ổ khóa” sinh học mà keratinase phải mở

Keratin tồn tại dưới nhiều dạng khác nhau, thường được mô tả theo cấu trúc giàu α -keratin hoặc β -keratin tùy mô sinh học; lông vũ gia cầm là cơ chất keratin điển hình được nghiên cứu nhiều vì có sản lượng lớn từ ngành chế biến gia cầm. Các đặc điểm như độ kết tinh, hàm lượng cysteine, mức độ liên kết chéo và sự bao bọc của lipid hoặc khoáng có thể làm thay đổi tốc độ thủy phân của enzyme trên từng loại phụ phẩm [2].

Cầu nối disulfide giữa các gốc cysteine là một trong những “khóa” chính của keratin. Khi những cầu nối này còn nguyên, chuỗi polypeptide bị giữ trong cấu trúc bền, ít trương nở và khó cho enzyme tiếp cận; vì vậy, phân giải keratin thường hiệu quả hơn khi quá trình cắt peptide đi kèm với các cơ chế làm suy yếu hoặc tái sắp xếp liên kết disulfide, dù cơ chế cụ thể phụ thuộc chủng vi sinh, hệ enzyme và điều kiện xử lý [4].

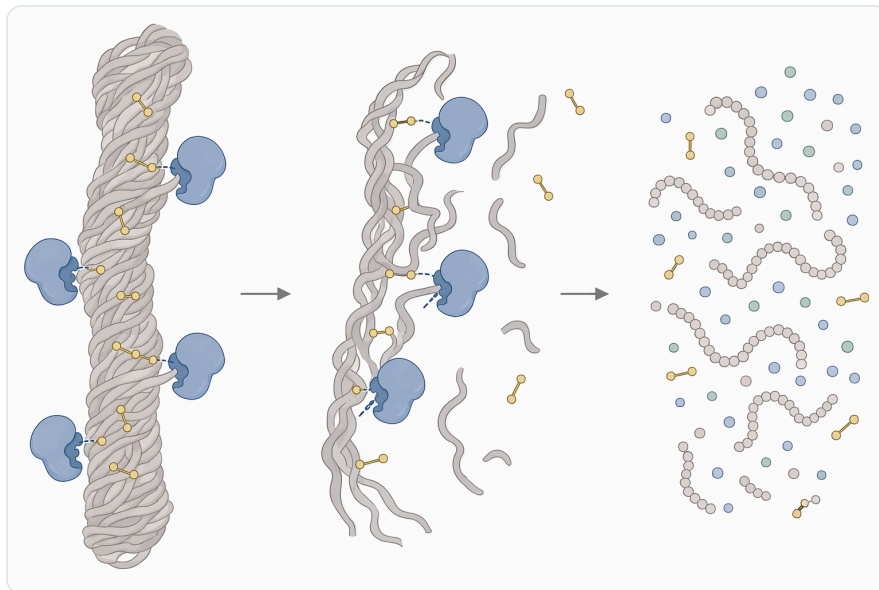


Figure 1. 케라티나아제는 노출된 표면에 흡착해 조밀한 구조를 약화시키고, 펩타이드 결합을 가수분해하여 더 작은 조각으로 분해함으로써 저항성이 강한 케라틴 섬유에 작용한다.

Điều này giải thích vì sao keratinase thường được mô tả khác với protease tiêu hóa phổ thông. Một protease thông thường có thể thủy phân casein, gelatin hoặc protein dễ tan, nhưng không nhất thiết phá vỡ được lông vũ hoặc tóc ở mức đáng kể; keratinase có lợi thế khi cơ chất là mạng protein không tan, xếp chặt và cần cả khả năng tiếp cận bề mặt lẫn cắt mạch protein bền [1].

Cơ chế hoạt động của keratinase trong thủy phân lông vũ

Ở mức phân tử, keratinase thủy phân liên kết peptide trong chuỗi keratin, tạo ra đoạn peptide ngắn hơn. Khi quá trình tiếp diễn, một phần peptide có thể tiếp tục bị phân cắt thành oligopeptide, dipeptide và amino acid; mức độ thủy phân cuối cùng phụ thuộc vào loại enzyme, thời gian tiếp xúc, trạng thái cơ chất và điều kiện của môi trường phản ứng [3].

Quá trình thủy phân lông vũ thường có thể hình dung theo ba pha. Trước hết, nước, nhiệt độ phù hợp và môi trường phản ứng làm cơ chất trương nở hoặc mềm hơn; tiếp theo, keratinase tấn công các vùng peptide có thể tiếp cận; cuối cùng, cấu trúc keratin bị phá vỡ dần, làm tăng độ hòa tan protein và giải phóng các phân đoạn peptide có giá trị hơn cho thức ăn, phân bón hoặc quy trình lên men [5].

Trong hệ vi sinh tự nhiên, phân giải keratin hiếm khi chỉ do một hoạt tính đơn độc. Nhiều nghiên cứu mô tả sự phối hợp giữa protease ngoại bào, các cơ chế khử disulfide, chất chuyển hóa chứa lưu huỳnh và thay đổi pH cục bộ; do đó, chế phẩm keratinase thương mại hoặc enzyme thô từ lên men có thể thể hiện hiệu quả khác nhau tùy vào phổ enzyme và thành phần nền đi kèm [4].

Một điểm thực tế là keratinase không “làm biến mất” keratin theo nghĩa hóa học đơn giản, mà chuyển nó từ dạng protein bền, không tan sang hỗn hợp có khối lượng phân tử nhỏ hơn. Với nguyên liệu thức ăn, điều người dùng quan tâm thường là khả năng tiêu hóa protein, độ hòa tan nitơ, mùi, tính đồng nhất và mức phù hợp với công thức; những chỉ tiêu này chịu ảnh hưởng bởi toàn bộ quy trình, không chỉ bởi tên enzyme [6].



Figure 2. 산성, 중성 및 알칼리성 프로테아제는 접근 가능한 단백질을 가수분해하는 반면, 케라티나아제는 깃털, 머리카락, 양모, 뿔과 같은 이황화 결합으로 강화된 케라틴 물질에 작용한다는 점에서 구별된다.

Nguồn vi sinh vật của keratinase và ý nghĩa đối với ứng dụng

Keratinase đã được ghi nhận ở nhiều nhóm vi sinh vật, đặc biệt là *Bacillus*, xạ khuẩn và nấm. Các chủng *Bacillus* được nghiên cứu nhiều vì tốc độ sinh trưởng nhanh, khả năng tiết protease ngoại bào và tiềm năng dùng phụ phẩm lông vũ làm cơ chất trong lên men; các nghiên cứu về *Bacillus subtilis* và các chủng liên quan cho thấy lông vũ có thể vừa là nguồn carbon/nitơ vừa là chất cảm ứng sản xuất enzyme [6].

Một số keratinase từ *Bacillus pumilus*, *Bacillus cereus* hoặc các chủng *Bacillus* khác được mô tả là có tính kiềm và chịu nhiệt tương đối tốt trong điều kiện nghiên cứu. Tuy nhiên, không nên suy rộng rằng mọi keratinase đều có cùng hồ sơ ổn định, vì tính chất enzyme phụ thuộc trình tự protein, ion kim loại, cấu trúc bậc ba, thành phần chế phẩm và điều kiện bảo quản [7].

Xạ khuẩn cũng là nguồn keratinase đáng chú ý. Các nghiên cứu sàng lọc actinobacteria, bao gồm chủng từ môi trường biển hoặc môi trường giàu chất hữu cơ, cho thấy nhóm này có thể sinh enzyme phân giải keratin và các protease ngoại bào khác, mở rộng lựa chọn sinh học cho xử lý chất thải keratin và phụ phẩm nông nghiệp [8].

Nấm sợi như *Aspergillus*, *Penicillium* và các nấm có nguồn gốc biển cũng được quan tâm vì khả năng tiết enzyme ngoại bào mạnh. Một số nghiên cứu về nấm công nghiệp cho thấy chúng có tiềm năng sản xuất enzyme bản địa hoặc enzyme dị hợp, trong khi các nghiên cứu mới hơn về keratinase nấm nhấn mạnh sự đa dạng về cơ chất và khả năng thay đổi đặc tính enzyme theo điều kiện pH hoặc quá trình tự phân [9].

Bảng so sánh: keratinase, protease thông thường và xử lý nhiệt–hóa học

Cách xử lý	Cơ chế chính	Điểm mạnh trong phụ phẩm keratin	Giới hạn cần hiểu đúng
Keratinase	Cắt liên kết peptide trong keratin; trong nhiều hệ có sự hỗ trợ của cơ chế làm suy yếu liên kết disulfide	Phù hợp với lông vũ, tóc, lông, móng và cơ chất keratin khó tan; có thể tạo peptide và amino acid trong điều kiện sinh học nhẹ hơn [1]	Hiệu quả phụ thuộc cơ chất, pH, nhiệt độ, độ ẩm, thời gian và thành phần nền; không phải mọi chế phẩm đều giống nhau [5]
Protease thông thường	Thủy phân protein dễ tiếp cận hoặc protein hòa tan	Hữu ích cho nhiều nguyên liệu protein mềm, gelatin, casein hoặc protein đã biến tính	Có thể không đủ để phá vỡ keratin nguyên vẹn do cấu trúc không tan và mạng disulfide bền [2]

Cách xử lý	Cơ chế chính	Điểm mạnh trong phụ phẩm keratin	Giới hạn cần hiểu đúng
Xử lý nhiệt-hóa học	Biến tính protein, phá cấu trúc bằng nhiệt, áp suất hoặc hóa chất	Có thể làm mềm cơ chất và tăng khả năng tiếp cận của enzyme nếu được thiết kế phù hợp	Điều kiện mạnh có thể làm giảm chất lượng dinh dưỡng, tạo mùi, tiêu hao năng lượng hoặc gây khó kiểm soát sản phẩm cuối ^[4]
Quy trình kết hợp	Tiền xử lý vật lý/hóa lý vừa phải, sau đó thủy phân enzyme	Tận dụng lợi thế của cả phá cấu trúc ban đầu và cắt peptide chọn lọc hơn	Cần tối ưu theo nguyên liệu thực tế; thay đổi một biến có thể ảnh hưởng toàn bộ hiệu suất ^[10]

Ứng dụng chính: thức ăn chăn nuôi và bột lông vũ

Trong thức ăn chăn nuôi, lông vũ và bột lông vũ hấp dẫn vì chứa nhiều protein, nhưng hạn chế lớn là keratin tự nhiên khó tiêu hóa. Keratinase được dùng với mục tiêu thủy phân một phần cấu trúc keratin, làm tăng khả năng tiếp cận của enzyme tiêu hóa trong đường ruột hoặc cải thiện đặc tính của nguyên liệu trước khi phối trộn vào công thức thức ăn ^[6].

Các nghiên cứu lên men với lông vũ cho thấy phụ phẩm này có thể được chuyển đổi thành dịch thủy phân giàu peptide, đồng thời giảm tính bền của sợi lông. Trong bối cảnh này, keratinase không chỉ là phụ gia “thêm vào”, mà là công cụ sinh học giúp nâng cấp một phụ phẩm khó sử dụng thành nguồn đạm tiềm năng hơn, đặc biệt khi chi phí nguyên liệu protein truyền thống biến động ^[3].

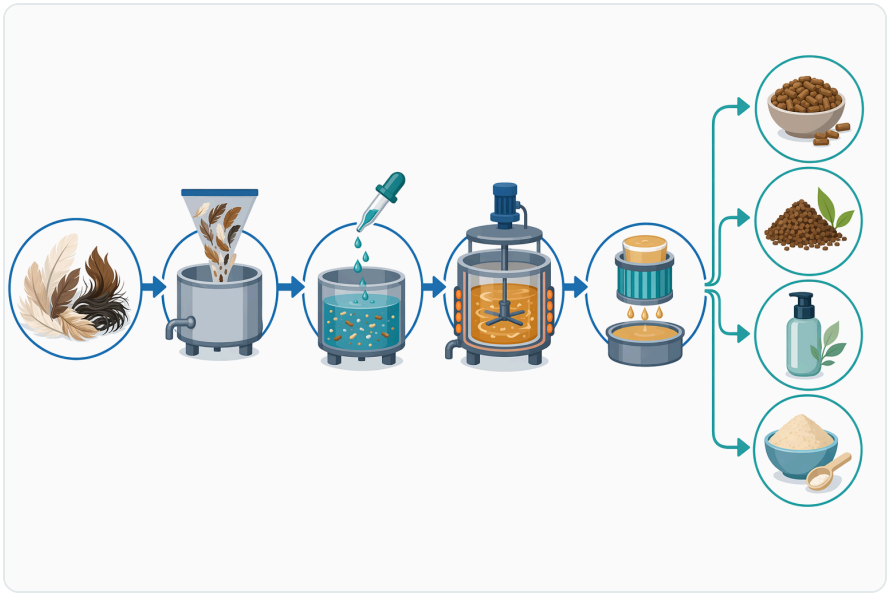


Figure 3. 깃털 분말 처리에서는 수화된 케라틴 풍부 물질을 케라티나아제와 혼합한 뒤 가수분해가 일어나도록 유지하여, 사료 제조에 사용할 펩타이드 풍부 원료를 생산한다.

Sản phẩm keratinase dạng bột của Enzymes.bio được mô tả cho ứng dụng trong dinh dưỡng vật nuôi và xử lý keratin trong bột lông vũ hoặc phụ phẩm gia cầm. Enzymes.bio là nhà cung cấp, không phải nhà sản xuất hay phòng thí nghiệm; các tài liệu CoA và SDS đi kèm khi đặt hàng hỗ trợ lưu hồ sơ chất lượng, an toàn và truy xuất trong môi trường B2B .

Điều cần nhấn mạnh là keratinase không tự động đảm bảo cải thiện hiệu quả chăn nuôi trong mọi công thức. Kết quả thực tế còn phụ thuộc loài vật nuôi, tuổi, khẩu phần nền, mức xử lý nguyên liệu, sự có mặt của enzyme khác, độ biến tính protein trước đó và quy định sử dụng tại từng thị trường ^[5].

Xử lý phụ phẩm gia cầm và chất thải keratin trong kinh tế tuần hoàn

Lông vũ, lông động vật, tóc và móng là các dòng phụ phẩm giàu keratin có tốc độ phân hủy tự nhiên chậm. Nếu không được quản lý tốt, chúng có thể gây mùi, chiếm diện tích lưu trữ và làm tăng tải hữu cơ trong hệ thống xử lý; keratinase vì vậy được nghiên cứu như một giải pháp sinh học để giảm áp lực môi trường và tạo dòng sản phẩm có giá trị hơn ^[4].

Trong mô hình kinh tế tuần hoàn, mục tiêu không chỉ là “xử lý chất thải” mà là tái định vị phụ phẩm keratin thành nguyên liệu. Dịch thủy phân keratin có thể được định hướng cho thức ăn chăn nuôi, nguồn nitơ hữu cơ, phân bón, chất dinh dưỡng lên men hoặc nguyên liệu peptide, tùy tiêu chuẩn chất lượng và yêu cầu pháp lý của từng ngành ^[3].

Các tổng quan gần đây cũng chỉ ra rằng thương mại hóa quy trình keratinase còn gặp thách thức: tính không đồng nhất của phụ phẩm, chi phí tiền xử lý, kiểm soát mùi, độ ổn định enzyme, quy mô vận hành và biến động trong thành phần sản phẩm thủy phân. Vì vậy, keratinase nên được xem như một mô-đun trong quy trình xử lý tổng thể, không phải giải pháp độc lập cho mọi dòng thải ^[5].

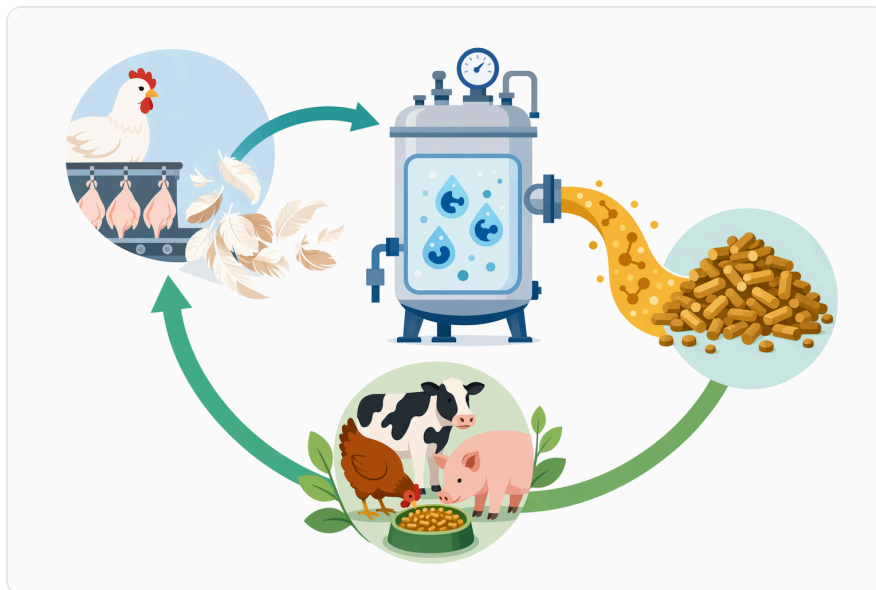


Figure 4. 케라티나아제는 가금류 깃털 폐기물을 단순 폐기물이 아니라 가수분해물로 전환함으로써 순환형 단백질 회수를 지원한다.

Phân bón hữu cơ và nông nghiệp: chuyển keratin thành nguồn nitơ chậm hơn

Khi keratin được thủy phân thành peptide và amino acid, sản phẩm có thể đóng vai trò nguồn nitơ hữu cơ cho phân bón hoặc chất cải tạo đất. So với keratin nguyên vẹn, phân đoạn thủy phân thường dễ được vi sinh vật đất tiếp cận hơn, từ đó có thể hỗ trợ chu trình khoáng hóa nitơ trong hệ đất-cây, tùy điều kiện đất và công thức sản phẩm ^[3].

Ứng dụng này đặc biệt phù hợp với phụ phẩm tại chỗ từ gia cầm, da lông hoặc chế biến nông sản, nơi việc vận chuyển chất thải càng kèngh là một chi phí lớn. Nếu được thiết kế đúng, thủy phân keratin bằng enzyme có thể góp phần giảm khối lượng phụ phẩm khó xử lý và tạo nguyên liệu đầu vào cho sản phẩm nông nghiệp có giá trị hơn ^[4].

Tuy nhiên, sản phẩm thủy phân dùng trong nông nghiệp cần được đánh giá theo mục tiêu cụ thể như hàm lượng nitơ hữu cơ, độ mặn, mùi, tạp chất, kim loại nặng, vi sinh vật và quy định địa phương. Keratinase hỗ trợ chuyển đổi protein, nhưng không thay thế các yêu cầu kiểm soát chất lượng và an toàn của sản phẩm phân bón hoàn chỉnh ^[5].

Ứng dụng ngoài thức ăn: dệt may, da thuộc, chất tẩy rửa và xử lý đặc thù

Trong dệt may, keratinase được nghiên cứu cho các công đoạn cần biến đổi sợi protein, loại bỏ tạp chất hoặc xử lý bề mặt vật liệu có nguồn gốc keratin. Một nghiên cứu về cố định keratinase trên nền chitosan ghép β -cyclodextrin cho thấy hướng tiếp cận cố định enzyme có thể cải thiện một số đặc tính vận hành, đồng thời thảo luận ứng dụng của keratinase tự do trong ngành dệt ^[11].

Trong ngành da thuộc, enzyme phân hủy lông được quan tâm như lựa chọn giảm sử dụng hóa chất mạnh ở công đoạn tẩy lông. Nghiên cứu biểu hiện dị hợp gen keratinase trong *Bacillus subtilis* đã mô tả một enzyme tẩy lông tiềm năng, cho thấy keratinase có thể tham gia vào quy trình làm sạch lông trên da khi được kiểm soát để hạn chế phá hủy collagen nền [12].

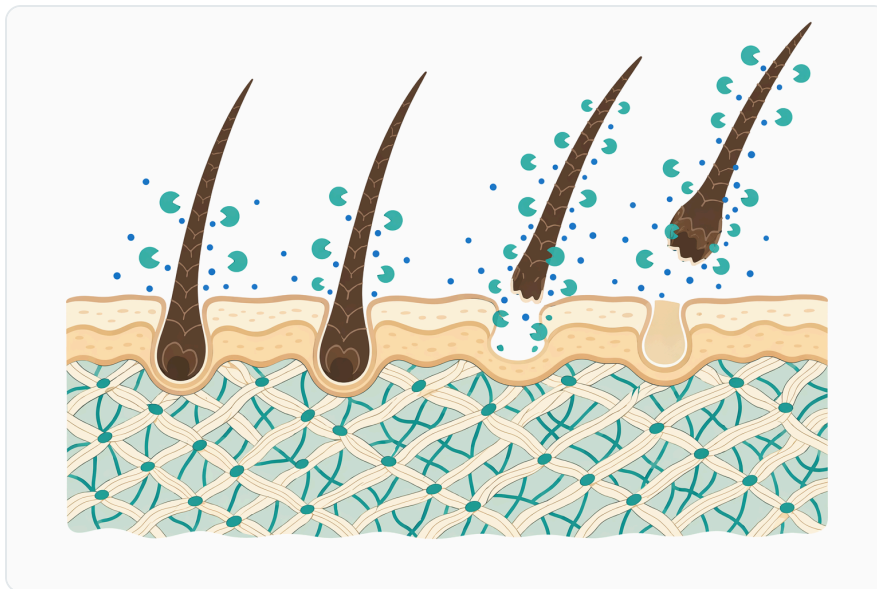


Figure 5. 가죽 제모에는 모발 구조의 케라틴을 분해하면서도 콜라겐이 풍부한 원피 기질의 손상을 제한하는 과정이 필요하다.

Trong chất tẩy rửa, keratinase có thể hỗ trợ loại bỏ vết bẩn protein bền, đặc biệt là thành phần từ da, tóc hoặc keratin bị biến tính. Một nghiên cứu về keratinase thô kết hợp với chất tẩy rửa cho thấy tiềm năng làm sạch vải, nhưng ứng dụng thực tế phụ thuộc độ tương thích với chất hoạt động bề mặt, chất oxy hóa, pH và nhiệt độ giặt [13].

Một số ứng dụng hẹp hơn, như hỗ trợ làm sạch tổ yến ăn được, cũng đã được nghiên cứu bằng dạng enzyme cố định hoặc kết tụ enzyme liên kết chéo. Ví dụ này cho thấy keratinase có thể được điều chỉnh cho quy trình tinh sạch vật liệu protein đặc thù, nhưng không nên suy rộng kết quả đó sang thức ăn chăn nuôi hoặc xử lý lông vũ nếu chưa có đánh giá riêng [14].

Những yếu tố quy trình ảnh hưởng mạnh đến hiệu quả keratinase

Cơ chất là yếu tố đầu tiên. Lông vũ thô, bột lông vũ đã xử lý nhiệt, tóc, lông động vật hoặc hỗn hợp phụ phẩm gia cầm có độ bền và thành phần rất khác nhau; kích thước hạt, mức độ nghiền, độ ẩm và hàm lượng dầu mỡ đều ảnh hưởng đến khả năng enzyme tiếp cận bề mặt keratin [2].

Môi trường phản ứng cũng quyết định hiệu quả. Nhiều keratinase vi sinh vật hoạt động tốt trong vùng trung tính đến kiềm và ở điều kiện ấm đến nóng, nhưng phạm vi phù hợp của từng chế phẩm không nên giả định từ tài liệu chung; enzyme là protein xúc tác nên có thể mất hoạt tính khi gặp nhiệt quá cao, pH không phù hợp hoặc hóa chất gây biến tính [1].

Thời gian tiếp xúc cần đủ để enzyme thủy phân cơ chất không tan, nhưng kéo dài quá mức có thể không còn lợi ích kinh tế nếu cơ chất dễ tiếp cận đã bị phân giải. Trong quy trình công nghiệp, quyết định vận hành thường là cân bằng giữa mức thủy phân mong muốn, chi phí năng lượng, thời gian bồn phản ứng, mùi, độ nhớt và yêu cầu sản phẩm cuối [5].

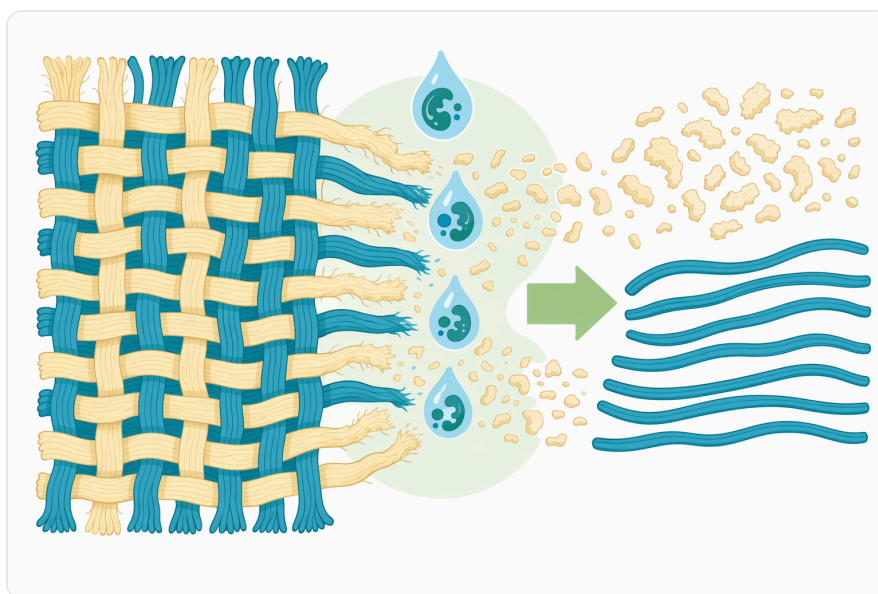


Figure 6. 케라티나아제는 섬유 분야에서 양모 케라틴을 변형하거나 양모와 폴리에스터 혼방 소재를 분리하는 데 활용될 수 있다.

Thành phần nền của phụ phẩm cũng quan trọng. Muối, chất hoạt động bề mặt, chất bảo quản, kim loại, chất oxy hóa hoặc dư lượng hóa chất từ công đoạn trước có thể ảnh hưởng đến enzyme; trong một số trường hợp, ion kim loại hoặc chất khử có thể hỗ trợ hệ keratinolytic, nhưng cũng có thể gây bất lợi tùy loại enzyme [10].

Xu hướng cải tiến: cố định enzyme, kỹ thuật protein và hệ enzyme phối hợp

Một hướng phát triển là cố định keratinase lên vật liệu mang để tăng khả năng tái sử dụng hoặc cải thiện độ ổn định vận hành. Nghiên cứu cố định trên chitosan ghép β -cyclodextrin minh họa cách vật liệu sinh học có thể được dùng để thay đổi môi trường vi mô quanh enzyme, từ đó ảnh hưởng đến độ bền và hiệu quả trong một số ứng dụng công nghiệp [11].

Một hướng khác là tạo kết tụ enzyme liên kết chéo hoặc cấu trúc enzyme cố định không cần chất mang lớn. Cách tiếp cận này được nghiên cứu trong làm sạch tổ yến ăn được, cho thấy các dạng cố định có thể hữu ích khi cần tách enzyme khỏi sản phẩm hoặc vận hành lặp lại, dù tính khả thi kinh tế phải được đánh giá theo từng quy trình [14].

Kỹ thuật protein và cải biến chủng cũng đang được nghiên cứu để nâng cao độ ổn định, phổ cơ chất hoặc khả năng biểu hiện keratinase. Các tổng quan về chiến lược cải biến keratinase trong nông nghiệp và công nghiệp nhấn mạnh rằng đột biến, biểu hiện dị hợp, tối ưu trình tự và thiết kế hệ enzyme có thể giúp mở rộng ứng dụng, nhưng khoảng cách từ phòng thí nghiệm đến quy trình thương mại vẫn cần dữ liệu vận hành thực tế [15].

Tuy vậy, các xu hướng này không đồng nghĩa rằng mọi sản phẩm thương mại đều dùng enzyme đã biến đổi hoặc cố định. Đối với người dùng B2B, điều quan trọng là hiểu bản chất ứng dụng: enzyme cần phù hợp với cơ chất, điều kiện vận hành và tiêu chuẩn đầu ra; thông tin chất lượng đi kèm đơn hàng giúp đối chiếu lô hàng, nhưng không thay thế đánh giá quy trình nội bộ [10].

Cách hiểu đúng về keratinase dạng bột trong mua bán B2B

Keratinase dạng bột thuận tiện cho lưu kho, cân định lượng và phối trộn vào quy trình xử lý nguyên liệu. Tuy nhiên, dạng bột không nói lên toàn bộ hiệu quả; thành phần mang, độ ẩm, độ ổn định, điều kiện bảo quản và khả năng phân tán trong nước đều có thể ảnh hưởng đến hiệu suất khi đưa vào bồn thủy phân hoặc hệ trộn nguyên liệu [5].



Figure 7. 케라티나아제의 응용 분야에는 사료 및 깃털 분말 가수분해, 깃털 폐기물 고부가가치화, 가죽 제모, 양모 및 섬유 가공, 케라틴이 풍부한 단백질 잔류물 세척이 포함된다.

Enzymes.bio cung cấp sản phẩm keratinase trực tuyến theo đơn vị 1 kg, phù hợp với nhu cầu đặt hàng rõ ràng, tiêu chuẩn hóa đơn vị thương mại và lưu hồ sơ trong môi trường B2B. Enzymes.bio không phải nhà sản xuất hay phòng thí nghiệm phân tích; CoA và SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng để hỗ trợ thông tin chất lượng và an toàn của lô sản phẩm .

Tài liệu kỹ thuật về keratinase nên tránh diễn giải sản phẩm như thuốc, chất điều trị hoặc sản phẩm tiêu dùng trực tiếp. Trong ứng dụng thức ăn, enzyme là công cụ xử lý nguyên liệu hoặc hỗ trợ công thức, còn việc công bố trên nhãn, sử dụng cho loài vật nuôi cụ thể và tuân thủ quy định cần phù hợp với thị trường đích ^[5].

Lợi ích và giới hạn cần trình bày cân bằng

Lợi ích rõ nhất của keratinase là nâng cấp nguồn protein khó tiêu hóa. Khi keratin trong lông vũ hoặc phụ phẩm gia cầm được thủy phân một phần, nguyên liệu có thể có đặc tính dinh dưỡng và công nghệ tốt hơn so với dạng keratin nguyên vẹn, đặc biệt trong những hệ thống muốn tận dụng phụ phẩm giàu protein thay cho việc thải bỏ ^[6].

Lợi ích thứ hai là hỗ trợ giảm áp lực môi trường. Phân giải keratin bằng enzyme có thể giúp chuyển phụ phẩm bền thành dòng sản phẩm dễ xử lý hơn, góp phần giảm tích tụ chất thải lông vũ, lông hoặc tóc trong các ngành chế biến; đây là lý do keratinase thường được nhắc đến trong các tài liệu về quản lý chất thải sinh học và kinh tế tuần hoàn ^[4].

Giới hạn chính là tính phụ thuộc quy trình. Hai cơ sở dùng cùng một tên enzyme nhưng với cơ chất khác nhau, mức nghiền khác nhau, độ ẩm khác nhau hoặc thời gian tiếp xúc khác nhau có thể cho kết quả rất khác; vì vậy, mọi nhận định về hiệu quả nên gắn với cơ chất, điều kiện vận hành và mục tiêu đầu ra cụ thể ^[5].



Figure 8. 케라티나아제 효소 제품은 산업 위생 관행과 제공된 안전 문서에 따라 취급해야 한다.

Một giới hạn khác là yêu cầu kiểm soát sản phẩm thủy phân. Nếu mục tiêu là thức ăn chăn nuôi, cần quan tâm khả năng tiêu hóa, cân bằng amino acid, mùi, độ ổn định và an toàn nguyên liệu; nếu mục tiêu là phân bón, cần quan tâm đặc tính nông học và quy định phân bón; nếu mục tiêu là dệt may hoặc da thuộc, cần quan tâm tác động lên vật liệu nền ^[10].

Kết luận

Keratinase là nhóm enzyme protease có giá trị cao trong xử lý lông vũ và phụ phẩm giàu keratin vì có khả năng tác động lên một loại protein cấu trúc vốn rất bền, ít tan và khó tiêu hóa. Cơ chế cốt lõi là thủy phân liên kết peptide trong keratin, thường được hỗ trợ bởi các yếu tố làm suy yếu cấu trúc disulfide và tăng khả năng tiếp cận bề mặt cơ chất ^[1].

Trong B2B, ứng dụng nổi bật nhất của keratinase là thủy phân bột lông vũ, phụ phẩm gia cầm và các dòng chất thải keratin để tạo nguyên liệu dễ sử dụng hơn trong thức ăn chăn nuôi, phân bón hữu cơ và quy trình sinh học tuần hoàn. Các ứng dụng trong dệt may, da thuộc, chất tẩy rửa và xử lý vật liệu đặc thù cho thấy phạm vi kỹ thuật rộng, nhưng hiệu quả luôn phụ thuộc cơ chất và điều kiện vận hành ^[3].

Enzymes.bio cung cấp keratinase dạng bột cho ứng dụng xử lý keratin trong môi trường B2B, bán trực tiếp online theo đơn vị 1 kg và cung cấp CoA cùng SDS khi đặt hàng. Khi triển khai, nên xem keratinase như một công cụ sinh học trong quy trình tổng thể: mạnh nhất khi được ghép đúng với nguyên liệu, mục tiêu thủy phân và yêu cầu chất lượng đầu ra .

Đặt mua Keratinase 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 Keratinase →

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. Su, C., Gong, J., Qin, J., Li, H., Li, H., Xu, Z., & Jin-Shi (2020). The tale of a versatile enzyme: Molecular insights into keratinase for its industrial dissemination. *Biotechnology Advances*, 107655 .
2. Moktip, T., Salaipeth, L., Cope, A., Taherzadeh, M., Watanabe, T., & Phitsuwan, P. (2025). Current Understanding of Feather Keratin and Keratinase and Their Applications in Biotechnology. *Biochemistry Research International*, 2025.
3. Mpaka, L., Nnolim, N., & Nwodo, U. (2025). Microbial Keratinolysis: Eco-Friendly Valorisation of Keratinous Waste into Functional Peptides. *Microorganisms*, 13.
4. Chaudhary, L., Siddiqui, M. H., Vimal, A., & Bhargava, P. (2021). Biological Degradation of Keratin by Microbial Keratinase for Effective Waste Management and Potent Industrial Applications. *Current protein and peptide science*.
5. Enciso-Tenorio, V., Vargas-León, E. A., Castillo-Minjarez, J. M. A., Quezada-Cruz, M., & Martínez-Valdez, F. (2025). Advances and challenges in keratinase-driven bioprocessing of keratinous waste. *Biocatalysis and Biotransformation*, 43, 569 - 594.
6. Singh, S., Masih, H., Jeyakumar, E., Lawrence, R., & Ramteke, P. (2017). Optimization of Fermentative Production of Keratinase by Bacillus subtilis Strain S1 in Submerged State Fermentation Using Feather Waste. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6, 1499-1510.
7. Abdel-Naby, M., El-Refai, H., & Ibrahim, M. (2017). Structural characterization, catalytic, kinetic and thermodynamic properties of Keratinase from Bacillus pumilus FH9. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105 Pt 1, 973-980 .
8. Avdiyuk, K. V., Ivanytsia, V. A., & Varbanets, L. (2021). Screening of Enzyme Producers with Keratinase Activity among Marine Actinobacteria. *Mikrobiolohichnyi zhurnal*.
9. Kumar, A. (2020). Aspergillus nidulans: A Potential Resource of the Production of the Native and Heterologous Enzymes for Industrial Applications. *International Journal of Microbiology*, 2020.
10. Pei, X., Jiao, D., Zhou, Z., He, Y., Chen, G., Zhang, C., Zheng, X., ... et al. (2025). Revolutionizing keratinase science: Biocatalytic advances, sustainable innovation, and industrial perspectives. *Biotechnology Advances*, 108657 .

11. Srivastava, B., Singh, H., Khatri, M., Singh, G., & Arya, S. (2020). Immobilization of keratinase on chitosan grafted- β -cyclodextrin for the improvement of the enzyme properties and application of free keratinase in the textile industry. *International Journal of Biological Macromolecules*.
12. Cao, S., Li, D., Ma, X., Xin, Q., Song, J., Lu, F., & Li, Y. (2019). A novel unhairing enzyme produced by heterologous expression of keratinase gene (kerT) in *Bacillus subtilis*. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 35.
13. Paul, T., Das, A., Mandal, A., Halder, S., Jana, A., Maity, C., DasMohapatra, P. K., ... et al. (2014). An efficient cloth cleaning properties of a crude keratinase combined with detergent: towards industrial viewpoint. *Journal of Cleaner Production*, 66, 672-684.
14. Ramli, A. N. M., Badruzaman, S. Z. S., Munir, N., & Sugiharto, S. (2026). Enhancing Edible Bird Nest Cleaning Process by Immobilizing Cross-Linked Enzyme Aggregates (CLEAs) of Keratinase. *Food Bioengineering*.
15. Yan, M., Chen, Y., Feng, Y., Saeed, M., Fang, Z., Zhen, W., Ni, Z., ... et al. (2024). Perspective on Agricultural Industrialization: Modification Strategies for Enhancing the Catalytic Capacity of Keratinase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.

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.