

# Wool Protease cho hoàn tất len: enzyme chống felting và hỗ trợ giảm pilling

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

**Wool Protease là enzyme protease dùng để biến đổi có kiểm soát bề mặt sợi len, nhằm giảm xu hướng co rút do đóng nỉ, làm dịu lớp vảy biểu bì và hỗ trợ bề mặt ít xù lông hơn.** Trong hoàn tất len, enzyme này không “phủ” lên sợi như nhựa hoàn tất, mà thủy phân chọn lọc các vùng protein/keratin dễ tiếp cận ở lớp ngoài, nhờ đó giảm ma sát định hướng giữa các sợi. Enzymes.bio cung cấp sản phẩm Wool Protease trực tuyến theo đơn vị 1 kg; CoA và SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng.

## Wool Protease là gì trong ngữ cảnh hoàn tất len?

Wool Protease là tên ứng dụng của một protease được dùng cho xử lý bề mặt len, đặc biệt trong các quy trình **anti-felting**, **anti-pilling**, biopolishing và cải thiện cảm giác tay. Về hóa sinh, protease xúc tác thủy phân liên kết peptide trong protein; với len, cơ chất liên quan là các vùng protein của lớp biểu bì/cuticle và keratin ở bề mặt sợi, nơi quyết định phần lớn hiện tượng ma sát, đóng nỉ và xù lông khi giặt hoặc mặc <sup>[1]</sup>.

Điểm cần hiểu đúng là Wool Protease không phải “hóa chất chống co” theo nghĩa tạo một lớp màng cơ học dày bao quanh sợi. Nó là tác nhân sinh học tác động vào cấu trúc bề mặt: làm giảm độ sắc của mép vảy, làm sạch hoặc làm mịn các thành phần protein dễ bị thủy phân, đồng thời có thể làm giảm lông tơ và đầu sợi nhô ra nếu quy trình được kiểm soát tốt. Các nghiên cứu về cải thiện chất lượng vải len bằng protease ghi nhận enzyme có thể ảnh hưởng đến tính chất vật lý và ngoại quan của vải, nhưng hiệu quả luôn phụ thuộc nền len và cách xử lý <sup>[2]</sup>.

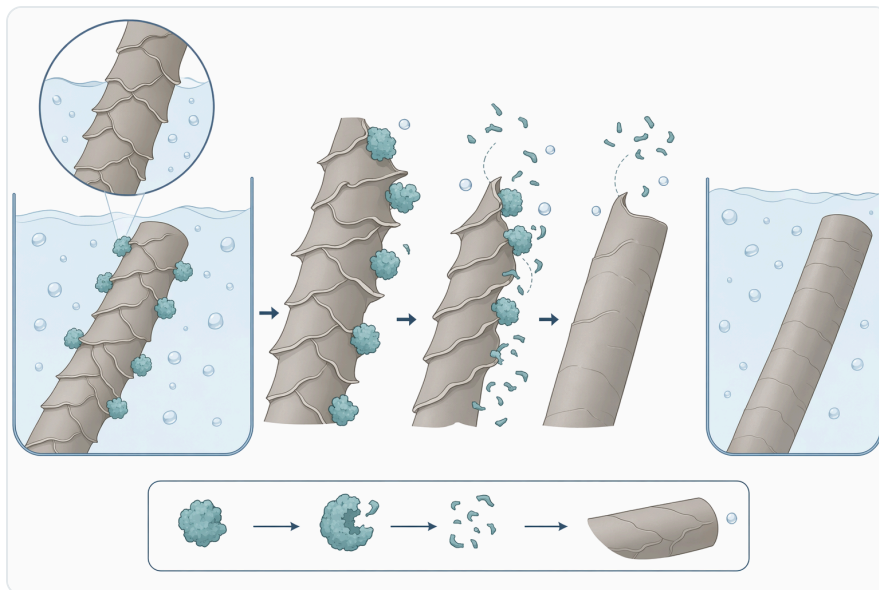
Trong chuỗi cung ứng, Enzymes.bio là **nhà cung cấp** Wool Protease cho khách hàng cần enzyme dùng trong hoàn tất len; Enzymes.bio không được trình bày như nhà sản xuất enzyme hoặc phòng thí nghiệm phát triển công nghệ. Sản phẩm được bán trực tiếp online theo đơn vị 1 kg, phù hợp với khách hàng cần tiếp cận enzyme cho quy trình xử lý, thử nghiệm nội bộ hoặc sản xuất theo điều kiện kiểm soát của chính họ; CoA và SDS đi kèm khi đặt hàng.

## Vì sao len dễ co rút, đóng nỉ và pilling?

Len có cấu trúc bề mặt đặc trưng gồm nhiều lớp vảy biểu bì chồng lên nhau theo chiều dọc sợi. Khi vải len chịu nước, nhiệt, ma sát và chuyển động cơ học, các mép vảy tạo nên **ma sát định hướng**: sợi dễ trượt theo một chiều hơn chiều ngược lại, từ đó dịch chuyển dần, móc vào nhau và tạo hiện tượng felting. Đây là nguyên nhân kỹ thuật cốt lõi khiến vải len có thể co rút mạnh trong giặt máy nếu không được hoàn tất chống co [3].

Cấu trúc vảy không chỉ gây co rút mà còn ảnh hưởng cảm giác tay. Mép vảy sắc, bề mặt xơ hoặc các lông tơ nhỏ làm vải có cảm giác ráp, ngứa hoặc kém mịn. Các nghiên cứu so sánh protease acid và protease kiềm trên len cho thấy xử lý enzyme được quan tâm chính vì nó có khả năng cải thiện cả handle và shrink resistance, tức vừa hướng tới độ mềm/cảm giác tay vừa hướng tới ổn định kích thước [4].

Pilling là vấn đề liên quan nhưng không hoàn toàn giống felting. Trong quá trình mặc và giặt, các đầu xơ, sợi lông tơ và đoạn xơ yếu nhô khỏi bề mặt bị ma sát kéo dài; chúng có thể cuộn lại thành hạt, bám bụi và làm bề mặt vải cũ nhanh. Với len dệt kim, len pha hoặc các cấu trúc có nhiều xơ tự do trên mặt, xu hướng xù lông - vón hạt có thể cao hơn, nên xử lý bề mặt bằng enzyme thường được xem là một phần của chiến lược biopolishing [5].



**Figure 1.** 양모 프로테아제는 양모 섬유 바깥 표면의 접근 가능한 케라틴이 풍부한 큐티클 물질을 표적으로 하여, 섬유 본체를 의도적으로 분해하지 않고 스케일의 거칠기를 줄인다.

## Cơ chế chống felting của Wool Protease

---

Cơ chế chính của Wool Protease là **thủy phân giới hạn ở lớp ngoài sợi len**. Khi enzyme tiếp cận lớp cuticle, nó cắt một phần protein ở các vùng dễ tiếp xúc, làm mép vảy bớt gồ ghề và giảm khả năng móc khóa giữa các sợi. Nếu mức xử lý phù hợp, bề mặt trở nên “êm” hơn về ma sát, nên khi giặt, sợi ít di chuyển một chiều và ít đóng nỉ hơn <sup>[1]</sup>.

Tuy nhiên, bề mặt len không phải protein trần hoàn toàn. Lớp ngoài có thành phần lipid kỵ nước, vùng giàu liên kết disulfide và cấu trúc keratin bền, khiến protease khó tác động nếu không có điều kiện thấm ướt hoặc tiền xử lý phù hợp. Vì vậy nhiều nghiên cứu kết hợp protease với chất khử nhẹ, chất oxy hóa nhẹ, plasma hoặc các tác nhân giúp “mở” bề mặt để enzyme làm việc tập trung hơn trên lớp vảy <sup>[6]</sup>.

Một hướng tiếp cận đáng chú ý là dùng hệ **L-cysteine/protease**. L-cysteine có tính khử, có thể tác động vào một phần liên kết disulfide trên bề mặt keratin, làm cấu trúc cuticle dễ tiếp cận hơn; sau đó protease thủy phân những vùng protein đã được mở. Nghiên cứu về công nghệ shrink-proof thân thiện môi trường dựa trên hệ L-cysteine/protease cho thấy logic công nghệ này nhằm thay thế hoặc giảm phụ thuộc vào xử lý khắc nghiệt hơn trong chống co len <sup>[3]</sup>.

Một hướng khác là kết hợp hợp chất thioglycolic với protease để loại bỏ vảy bề mặt hiệu quả hơn. Về cơ chế, tác nhân thioglycolic làm suy yếu một phần liên kết giàu cystine ở lớp ngoài, còn protease thực hiện bước thủy phân protein đã trở nên dễ tiếp cận; cách tiếp cận này được nghiên cứu trực tiếp cho hoàn tất chống felting thông qua việc loại bỏ vảy khỏi bề mặt len <sup>[7]</sup>.

## Cơ chế hỗ trợ anti-pilling và biopolishing

---

Anti-pilling bằng protease không nên hiểu là enzyme “ngăn mọi hạt pilling” trong mọi cấu trúc vải. Cách diễn giải chính xác hơn là protease có thể hỗ trợ **biopolishing bề mặt**: làm yếu hoặc loại bỏ một phần lông tơ, đầu xơ nhô ra và vùng protein dễ mài mòn, từ đó giảm nguyên liệu bề mặt có thể cuộn thành hạt. Điều này đặc biệt liên quan đến các mặt hàng len dệt kim, len mặc ngoài và vải có yêu cầu ngoại quan mịn <sup>[5]</sup>.

Khi lông tơ bề mặt bị thủy phân có kiểm soát, chúng dễ bị loại bỏ trong các bước giặt, xả hoặc hoàn tất tiếp theo. Kết quả mong muốn là mặt vải bớt “fuzzy”, phản xạ ánh sáng đều hơn và cảm giác tay mềm hơn. Các nghiên cứu về cải thiện chất lượng vải len bằng protease thường xem các thay đổi như độ mềm, độ sạch bề mặt, độ thấm và tính chất vật lý là nhóm chỉ tiêu liên quan đến hiệu quả hoàn tất <sup>[2]</sup>.



**Figure 2.** 제어된 양모 프로테아제 가공은 펠팅 수축, 필링과 잔털 발생, 거친 촉감, 젖음성 저해, 염색 균일성 문제를 개선하는 데 사용된다.

Dù vậy, pilling còn bị chi phối bởi độ xoắn sợi, chiều dài xơ, mật độ dệt/đan, thành phần pha, mức độ chải lông, hoàn tất mềm và điều kiện sử dụng. Vì vậy, Wool Protease là công cụ xử lý bề mặt có cơ sở khoa học cho anti-pilling, nhưng không nên được diễn đạt như một bảo đảm độc lập tách khỏi thiết kế vải và quy trình hoàn tất. Các công trình đánh giá tác động của protease lên tính chất vật lý vải len cho thấy cần đọc kết quả trong bối cảnh nền vật liệu cụ thể [8].

## Vì sao cần kiểm soát tác động của protease trên len?

Len là vật liệu protein có cấu trúc phân cấp: lớp vảy bên ngoài, vùng tế bào vỏ, phức hợp màng tế bào và nhiều vùng có mức liên kết khác nhau. Nếu protease chỉ tác động vừa đủ ở bề mặt, hiệu quả mong muốn là giảm felting, giảm xù và cải thiện cảm giác. Nhưng nếu enzyme thấm sâu hoặc xử lý quá mức, nó có thể gây mất khối lượng, giảm bền, xơ hóa hoặc làm thay đổi cảm giác tay theo hướng không mong muốn [9].

Vấn đề cốt lõi là **tính định vị của enzyme**. Protease hòa tan có kích thước phân tử nhất định nhưng vẫn có thể xâm nhập qua vùng cuticle đã bị mở, đặc biệt khi có tiền xử lý mạnh hoặc thời gian tiếp xúc dài. Vì vậy các nghiên cứu mới tập trung vào “localization” — giữ enzyme hoạt động chủ yếu ở bề mặt — như trong thiết kế protease ba chức năng có khả năng khử, thủy phân và định vị cho xử lý chống felting [9].

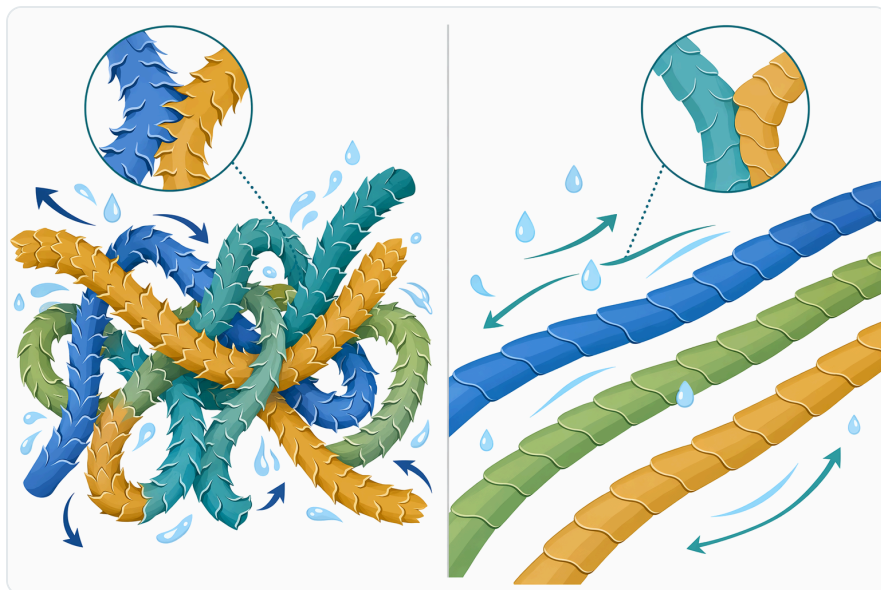
Các chiến lược hiện đại cũng bao gồm biến tính hoặc cố định enzyme để giảm khuếch tán không mong muốn. Nghiên cứu về protease biến tính polydopamine cho thấy mục tiêu của cách tiếp cận này là cải thiện tính chống co của sợi len thông qua tác động bề mặt có kiểm soát hơn, thay vì để protease tự do

thâm nhập sâu vào cấu trúc sợi [10].

## Bằng chứng nghiên cứu về protease trong hoàn tất len

Các nghiên cứu về protease trên len không chỉ dừng ở giả thuyết. Nhiều công trình đã đánh giá thay đổi tính chất vật lý, độ co, cảm giác tay, khả năng nhuộm và ngoại quan sau xử lý. Ví dụ, nghiên cứu so sánh protease tạo bởi *Bacillus subtilis* và enzyme thương mại trên vải len tập trung vào ảnh hưởng của xử lý enzyme đến các tính chất vật lý của vải, cho thấy đây là hướng có tính ứng dụng trong hoàn tất len [8].

Một nhóm nghiên cứu khác xem protease như giải pháp cải thiện chất lượng vải len, nhấn mạnh vai trò của enzyme trong việc thay đổi bề mặt và tính chất sử dụng. Dạng nghiên cứu này quan trọng vì nó chuyển câu hỏi từ “enzyme có phân giải protein không?” sang “xử lý enzyme có tạo ra cải thiện dệt may hữu ích mà vẫn giữ được tính chất vải không?” [2].



**Figure 3.** 펠팅 수축은 젖은 양모 섬유가 교반 과정에서 한 방향으로 이동하고, 큐티클 스케일의 마찰로 서로 맞물리면서 발생한다.

Protease kiềm có hoạt tính keratinolytic cũng được nghiên cứu cho felt-proofing lành tính. Cách tiếp cận này liên quan trực tiếp đến khả năng thủy phân keratin hoặc protein bề mặt để giảm đóng nỉ, nhưng cũng đặt ra yêu cầu kiểm soát vì protease quá mạnh có thể làm suy giảm sợi nếu không được giới hạn đúng mức [1].

Ngoài protease đơn lẻ, nhiều nghiên cứu tập trung vào hệ phối hợp. Protease kết hợp sodium alginate đã được dùng để tăng hiệu năng in phun bằng thuốc nhuộm hoạt tính trên vải len; điều này cho thấy xử lý enzyme không chỉ có ý nghĩa chống co mà còn có thể thay đổi độ thấm, khả năng tiếp nhận màu và tính đồng đều bề mặt trong các công đoạn giá trị gia tăng [11].

## Bảng so sánh các hướng xử lý len liên quan đến Wool Protease

| Hướng xử lý                       | Cơ chế kỹ thuật chính  | Lợi ích kỳ vọng  | Điểm cần kiểm soát   |
|-----------------------------------|--|--|--|
| Protease đơn lẻ                   | Thủy phân một phần protein/cuticle ở bề mặt  | Giảm độ gồ ghề của vảy, cải thiện cảm giác, hỗ trợ chống felting | Tránh xử lý quá mức gây mất bền hoặc mất khối lượng <sup>[8]</sup>   |
| L-cysteine + protease             | Khử nhẹ liên kết disulfide rồi thủy phân vùng protein để tiếp cận                            | Tăng hiệu quả chống co theo hướng thân thiện môi trường hơn      | Cân bằng giữa mở bề mặt và bảo toàn cấu trúc sợi <sup>[3]</sup>      |
| Thioglycolic compounds + protease | Làm yếu lớp vảy giàu cystine, sau đó protease loại bỏ vùng protein bề mặt                    | Loại bỏ vảy rõ hơn cho anti-felting                              | Kiểm soát tác động lên màu, độ bền và cảm giác tay <sup>[7]</sup>    |
| Plasma + enzyme                   | Plasma tăng thấm ướt và hoạt hóa bề mặt, enzyme xử lý protein/cuticle                        | Tăng khả năng tiếp cận bề mặt, giảm nhu cầu xử lý hóa học mạnh   | Tránh làm bề mặt quá hoạt hóa hoặc không đồng đều <sup>[6]</sup>     |
| Acid protease + transglutaminase  | Protease điều chỉnh bề mặt, transglutaminase hỗ trợ tái liên kết/cải thiện tính chất protein | Hướng tới len giặt máy với cân bằng chống co và cơ tính          | Tối ưu trình tự, mức độ enzyme và điều kiện hoàn tất <sup>[12]</sup> |
| Protease biến tính/định vị        | Giới hạn protease chủ yếu ở bề mặt sợi   | Giảm nguy cơ enzyme thấm sâu gây tổn thương                      | Cần phù hợp với nền len và quy trình hoàn tất <sup>[10]</sup>        |

### Protease acid, neutral và alkaline: khác nhau thế nào trong hoàn tất len?

Không phải mọi protease đều giống nhau. Protease acid, neutral và alkaline khác nhau về vùng pH hoạt động, cấu trúc enzyme, tính đặc hiệu cơ chất và mức độ phù hợp với các công đoạn dệt nhuộm khác nhau. Nghiên cứu so sánh protease acid và protease kiềm trên len cho thấy cả hai nhóm đều có thể liên quan đến cải thiện handle và shrink resistance, nhưng tác động lên sợi và điều kiện vận hành không thể xem là tương đương <sup>[4]</sup>.

Protease kiềm thường được chú ý vì nhiều enzyme thuộc nhóm này có khả năng thủy phân protein bền và có thể thể hiện hoạt tính keratinolytic. Điều đó hữu ích cho chống felting, nhưng cũng làm tăng yêu cầu kiểm soát để tránh làm sợi bị suy yếu. Nghiên cứu về protease kiềm ưa nhiệt có tính keratinolytic cho felt-proofing minh họa tiềm năng của nhóm enzyme này trong xử lý len, đồng thời cho thấy cơ chế liên quan trực tiếp đến keratin bề mặt <sup>[1]</sup>.

Protease acid có thể phù hợp hơn trong một số hệ xử lý cần môi trường nhẹ hơn đối với thuốc nhuộm hoặc nền vải nhạy cảm. Gần đây, nghiên cứu ứng dụng đồng thời acid protease và transglutaminase trên len nhằm đạt tiêu chuẩn machine washable cho thấy xu hướng không chỉ chọn “protease mạnh”, mà thiết kế tổ hợp enzyme để cân bằng giữa chống co, độ bền và chăm sóc sau giặt [12].

Neutral protease hoặc protease hoạt động ở điều kiện trung tính cũng được quan tâm trong các nền pha hoặc vải liên kết với xơ khác. Chẳng hạn, nghiên cứu trên vải wool/cotton union fabric đánh giá tiền xử lý bằng alkaline và neutral protease rồi theo sau bằng các xử lý hoàn tất, phản ánh nhu cầu chọn enzyme theo cả thành phần sợi lẫn chuỗi công đoạn [13].

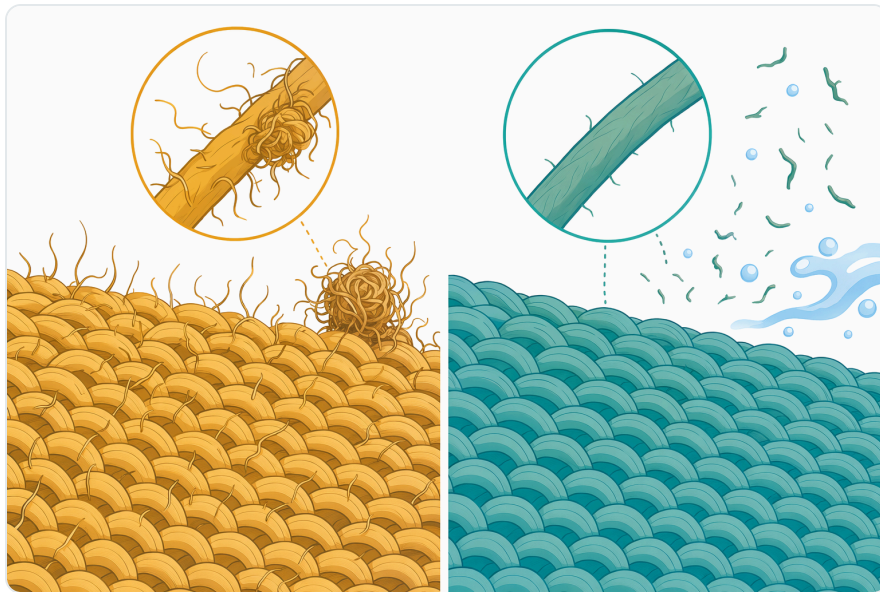


Figure 4. 항필링 프로테아제 처리는 노출된 표면 미세섬유를 약화시키고, 보풀이 오래 남는 데 기여하는 스케일 관련 걸림을 줄일 수 있다.

## Tiền xử lý bề mặt: chìa khóa để enzyme làm đúng nơi cần làm

Bề mặt len có tính kỵ nước tương đối do lớp lipid ngoài, đồng thời chứa cấu trúc keratin giàu cystine. Vì vậy, nếu đưa protease vào mà bề mặt không thấm ướt hoặc enzyme không tiếp cận được vùng mục tiêu, hiệu quả có thể thấp; ngược lại, nếu mở bề mặt quá mạnh, enzyme có thể xâm nhập sâu. Sự cân bằng này là lý do các nghiên cứu thường ghép protease với tiền xử lý có kiểm soát [14].

Plasma là một ví dụ. Xử lý plasma có thể thay đổi năng lượng bề mặt, tăng tính ưa nước và tạo điều kiện để enzyme tiếp cận protein len đồng đều hơn. Nghiên cứu về xử lý kết hợp plasma và enzyme trên sợi len cho thấy cách tiếp cận này nhằm điều chỉnh bề mặt và cải thiện hiệu năng mà không chỉ dựa vào hóa chất ướt truyền thống [6].

Chiếu UV cũng được nghiên cứu trong quan hệ với protease, đặc biệt trên xơ alpaca — một loại xơ protein có cấu trúc bề mặt tương tự về nhiều mặt với len nhưng có đặc điểm riêng. Nghiên cứu về ảnh hưởng của chiếu UV và protease lên cấu trúc vảy của xơ alpaca cho thấy nguyên tắc chung: biến đổi vật lý bề mặt có thể làm thay đổi cách enzyme tác động lên lớp vảy [15].

Các hệ khử nhẹ như L-cysteine hoặc hợp chất thioglycolic có vai trò khác: chúng tác động vào liên kết disulfide, làm vùng cuticle bớt “khóa” về mặt hóa học. Khi kết hợp với protease, bước thủy phân có thể tập trung hơn vào vảy bề mặt, tạo hiệu quả chống felting rõ hơn so với chỉ dùng enzyme trong điều kiện bề mặt quá khó tiếp cận [3].

## Ứng dụng của Wool Protease trong sản xuất và hoàn tất len

Ứng dụng trực tiếp nhất là hỗ trợ sản xuất len có khả năng chăm sóc dễ hơn, đặc biệt là hàng hướng tới giặt máy hoặc giảm co sau giặt. Trong các quy trình này, Wool Protease đóng vai trò xử lý bề mặt để giảm ma sát định hướng và hạn chế sợi móc vào nhau trong quá trình giặt. Nghiên cứu tối ưu acid protease kết hợp transglutaminase cho mục tiêu machine washable care claim phản ánh nhu cầu công nghiệp đối với loại hoàn tất này [12].

Ứng dụng thứ hai là biopolishing cho vải len dệt kim, vải len mặc ngoài, khăn, phụ kiện và các mặt hàng cần mặt vải mịn. Protease có thể giúp giảm lông tơ, làm dịu cảm giác cọ xát và cải thiện ngoại quan. Bằng sáng chế về Wool Protease được dùng cho anti-felting và anti-pilling cho thấy định hướng ứng dụng này đã được mô tả ở cấp quy trình hoàn tất, không chỉ ở nghiên cứu cơ bản [5].



**Figure 5.** 프로테아제 종류는 처리속 적합성, 케라틴 표면에 대한 작용성, 처리가 지나치게 강할 때 발생할 수 있는 과도한 중량 또는 강도 손실 위험에서 차이가 있다.

Ứng dụng thứ ba là xử lý len đã nhuộm hoặc len cần in/nhuộm sau hoàn tất. Protease có thể thay đổi độ thấm ướt và khả năng tương tác với thuốc nhuộm; khi phối hợp sodium alginate, xử lý protease được nghiên cứu để tăng hiệu năng in phun thuốc nhuộm hoạt tính trên vải len. Điều này hữu ích cho các nhà hoàn tất quan tâm đến cả ổn định kích thước lẫn chất lượng màu/in [11].

Ứng dụng thứ tư là nền pha, chẳng hạn wool/nylon hoặc wool/cotton. Với nền pha, enzyme chỉ tác động mạnh lên thành phần protein hoặc vùng dễ tiếp cận của len, trong khi xơ tổng hợp hoặc cellulose có hành vi khác. Nghiên cứu về ảnh hưởng của protease lên tính chất vật lý và khả năng nhuộm của vải wool/nylon với thuốc nhuộm tự nhiên cho thấy xử lý enzyme có thể liên quan đến cả bề mặt len và hệ nhuộm của vật liệu pha [16].

## So sánh Wool Protease với các hướng hoàn tất chống co khác

| Tiêu chí        | Wool Protease   | Chlorination/Hercosett truyền thống                       | Polymer/nhựa hoàn tất                                     | Công nghệ lai: plasma, khử nhẹ, enzyme phối hợp            |
|-----------------|---|---|---|--|
| Nguyên lý       | Thủy phân có kiểm soát protein/cuticle bề mặt             | Oxy hóa/biến đổi mạnh lớp vảy rồi phủ polymer             | Tạo lớp màng hoặc liên kết giúp hạn chế mọc vảy           | Tăng thấm, mở bề mặt, định vị enzyme hoặc phục hồi cơ tính |
| Mục tiêu chính  | Giảm felting, hỗ trợ biopolishing, cải thiện cảm giác     | Tạo len chống co hiệu quả cao                             | Ổn định kích thước và cảm giác theo lớp phủ               | Cân bằng chống co, độ bền, màu và môi trường               |
| Ưu điểm         | Điều kiện tương đối nhẹ, có tính chọn lọc sinh học        | Hiệu quả công nghiệp đã quen thuộc                        | Có thể cho hiệu quả nhanh, dễ tích hợp ở một số quy trình | Linh hoạt, có thể giảm xử lý hóa học mạnh                  |
| Rủi ro kỹ thuật | Quá xử lý có thể giảm bền hoặc mất khối lượng             | Quan ngại môi trường và ảnh hưởng bề mặt                  | Có thể làm thay đổi tay vải, độ thoáng hoặc độ rủ         | Cần tối ưu nhiều biến số [17]                              |
| Phù hợp khi     | Cần xử lý bề mặt sinh học và giảm phụ thuộc hóa chất mạnh | Cần hiệu quả chống co rất cao theo quy trình truyền thống | Cần chức năng hoàn tất dạng màng                          | Cần hiệu năng cao nhưng kiểm soát tác động lên sợi [6]     |

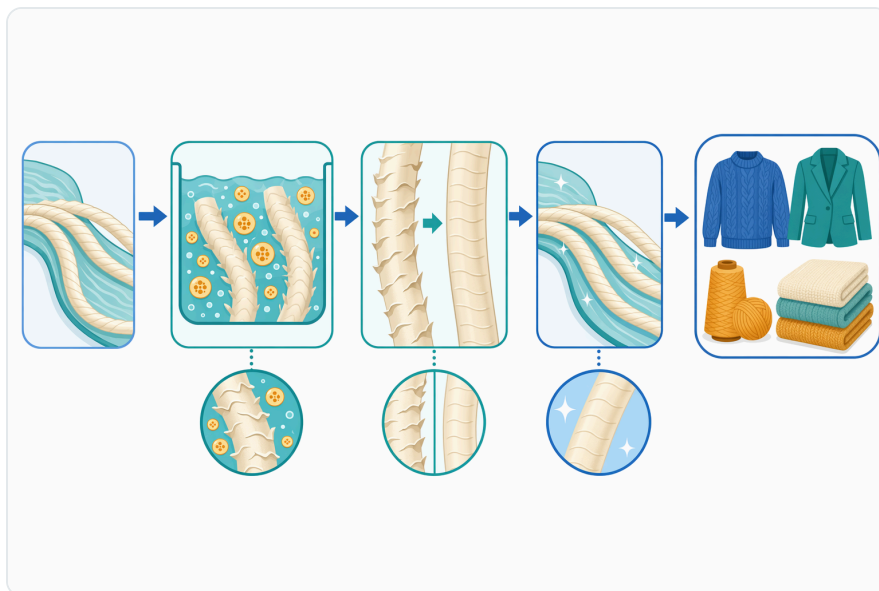
## Lợi ích kỹ thuật khi dùng Wool Protease

Lợi ích đầu tiên là khả năng giảm xu hướng felting thông qua xử lý đúng nguyên nhân bề mặt: lớp vảy và ma sát định hướng. Thay vì chỉ che phủ sợi, protease tác động vào protein bề mặt để làm giảm khả năng móc khóa giữa các sợi, từ đó hỗ trợ ổn định kích thước khi giặt. Các nghiên cứu phát triển công nghệ shrink-proof dựa trên protease cho thấy hướng tiếp cận này có cơ sở trong hoàn tất len thân thiện hơn [3].

Lợi ích thứ hai là cải thiện cảm giác tay và ngoại quan. Khi lông tơ, mép vảy và các vùng protein bề mặt được điều chỉnh, vải có thể bớt ráp, ít xù và có bề mặt gọn hơn. Nghiên cứu về cải thiện chất lượng vải len bằng protease xem những thay đổi này là một phần của hiệu quả hoàn tất chứ không chỉ là phản ứng enzyme trong phòng thí nghiệm [2].

Lợi ích thứ ba là tính linh hoạt trong quy trình. Wool Protease có thể được tích hợp sau giặt sạch, sau một số tiền xử lý bề mặt, trước hoặc sau các công đoạn hoàn tất khác tùy mục tiêu của nhà máy. Việc protease được nghiên cứu cùng sodium alginate, plasma, transglutaminase, L-cysteine và các chất khử khác cho thấy enzyme này phù hợp với tư duy thiết kế quy trình hơn là một công thức đơn lẻ [11].

Lợi ích thứ tư là hỗ trợ định hướng bền vững. Các xử lý chống co truyền thống có thể hiệu quả nhưng tạo áp lực môi trường, trong khi enzyme hoạt động có chọn lọc hơn và có thể giảm nhu cầu dùng điều kiện hóa học khắc nghiệt. Nghiên cứu về xử lý shrink resist dựa trên biomaterial cho vải len phản ánh xu hướng tìm kiếm công nghệ bền vững hơn cho hoàn tất len [17].



**Figure 6.** 복합 양모 가공 공정에서는 흔히 프로테아제 처리 전에 가벼운 표면 개방 단계를 사용하여 효소가 스케일 구조에 더 효과적으로 도달하도록 한다.

## Giới hạn và rủi ro cần hiểu đúng

---

Wool Protease không phải giải pháp “càng nhiều càng tốt”. Nếu xử lý quá mạnh, enzyme có thể tấn công sâu hơn vào sợi, làm giảm độ bền kéo, giảm độ bền nổ, tăng mất khối lượng hoặc làm bề mặt xơ hóa. Các nghiên cứu về protease định vị và protease biến tính xuất hiện chính vì bài toán quan trọng là giữ hoạt tính enzyme ở nơi cần thiết — lớp ngoài — thay vì để enzyme lan vào cấu trúc nội sợi [19].

Ngoài ra, hiệu quả anti-pilling không thể tách khỏi thiết kế hàng dệt. Một vải len dệt kim lỏng, sợi xoắn thấp và nhiều xơ ngắn sẽ có nguy cơ pilling khác với vải dệt thoi chặt, sợi chải kỹ và bề mặt đã được ổn định. Protease có thể giảm nguồn lông tơ bề mặt, nhưng nếu cấu trúc sợi tiếp tục giải phóng xơ trong sử dụng, pilling vẫn có thể hình thành [5].

Màu sắc và khả năng nhuộm cũng cần được xem xét. Protease có thể làm thay đổi độ thấm, diện tích tiếp xúc và trạng thái bề mặt, từ đó ảnh hưởng đến bắt màu hoặc độ đồng đều màu trong một số quy trình. Nghiên cứu trên wool/nylon với thuốc nhuộm tự nhiên và nghiên cứu về in phun thuốc nhuộm hoạt tính cho thấy xử lý enzyme có liên quan trực tiếp đến dyeability, vì vậy cần đánh giá trong bối cảnh hệ màu cụ thể [16].

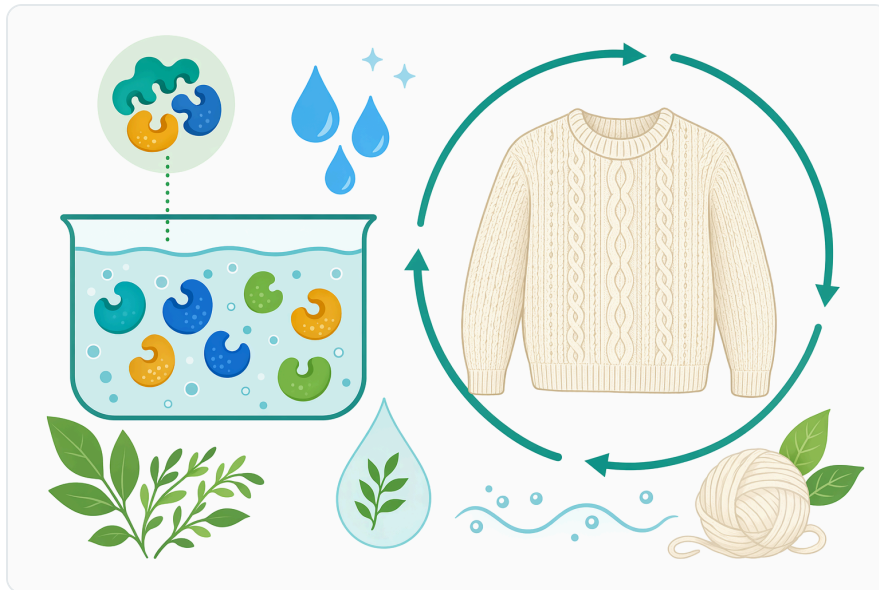
Cuối cùng, nền len khác nhau phản ứng khác nhau. Len mịn, len thô, len đã tẩy, len đã nhuộm, alpaca, len pha nylon hoặc len pha cotton đều có cấu trúc bề mặt và lịch sử xử lý riêng. Nghiên cứu về alpaca dưới ảnh hưởng của UV và protease là ví dụ cho thấy kết quả trên một loại xơ protein không nên tự động áp dụng nguyên xi cho mọi loại len khác [15].

## Cách tích hợp Wool Protease vào tư duy quy trình

---

Trong thực tế, Wool Protease thường nên được xem là một “module” trong chuỗi hoàn tất: làm sạch và thấm ướt, điều chỉnh bề mặt nếu cần, xử lý enzyme, dừng hoạt tính enzyme, xả sạch, rồi hoàn tất mềm hoặc hoàn tất chức năng khác. Trình tự này giúp tách bạch vai trò của enzyme: enzyme tạo biến đổi sinh học trên bề mặt, còn các bước sau ổn định cảm giác tay và loại bỏ phần protein/lông tơ đã bị làm yếu [13].

Nếu mục tiêu chính là anti-felting, quy trình thường ưu tiên giảm mép vảy và ma sát định hướng. Nếu mục tiêu chính là anti-pilling, cần chú ý nhiều hơn đến lông tơ bề mặt, độ bền của xơ nhô ra và sự tương thích với hoàn tất mềm. Nếu mục tiêu là in/nhuộm, cần xem xét tác động của enzyme lên độ thấm và tương tác thuốc nhuộm [11].



**Figure 7.** 효소 기반 양모 가공은 환경 부담을 낮추는 공정 목표를 지원하며, 펠팅과 필링에 대한 저항성을 높여 의류 수명을 연장할 수 있다.

Trong các quy trình cao cấp hơn, protease có thể được phối hợp với enzyme hoặc công nghệ khác. Acid protease kết hợp transglutaminase hướng tới cân bằng giữa xử lý bề mặt và duy trì/cải thiện tính chất protein; plasma kết hợp enzyme hướng tới tăng khả năng tiếp cận bề mặt; protease biến tính polydopamine hướng tới giới hạn hoạt tính ở bề mặt sợi <sup>[12]</sup>.

## Vai trò của Enzymes.bio với Wool Protease

Enzymes.bio cung cấp **Wool Protease – Anti-Felting & Anti-Pilling Enzyme For Wool Finishing** cho khách hàng B2B cần enzyme dùng trong hoàn tất len. Nội dung kỹ thuật ở đây nhằm giải thích cơ chế, ứng dụng và giới hạn của protease trong xử lý len; không nên hiểu là Enzymes.bio sản xuất enzyme, vận hành phòng thí nghiệm phát triển công thức hoặc xác nhận một quy trình hoàn tất cụ thể cho mọi nền vải.

Sản phẩm được bán trực tiếp online theo đơn vị 1 kg. CoA và SDS được cung cấp kèm theo khi đặt hàng, giúp khách hàng có tài liệu đi kèm cho tiếp nhận hàng, lưu hồ sơ chất lượng và quản lý an toàn hóa chất trong nội bộ. Việc tối ưu quy trình hoàn tất — bao gồm nền vải, tiền xử lý, điều kiện enzyme và hoàn tất sau enzyme — thuộc về hệ thống sản xuất hoặc R&D ứng dụng của đơn vị sử dụng.

## Kết luận

Wool Protease là enzyme hoàn tất len có cơ sở kỹ thuật rõ ràng: nó thủy phân có kiểm soát protein/cuticle ở bề mặt sợi, làm giảm tác động móc khóa của vảy len, hỗ trợ chống felting và góp phần giảm xù lông – pilling thông qua biopolishing. Bằng chứng nghiên cứu cho thấy protease có thể được

dùng đơn lẻ hoặc phối hợp với L-cysteine, thioglycolic compounds, plasma, sodium alginate, transglutaminase hoặc các chiến lược định vị enzyme để đạt cân bằng giữa chống co, cảm giác tay, ngoại quan và độ bền [3].

Cách dùng hợp lý là xem Wool Protease như một công cụ sinh học trong thiết kế quy trình hoàn tất len, không phải một giải pháp tuyệt đối độc lập với cấu trúc vải. Khi được kiểm soát đúng mức, protease có thể giúp tạo bề mặt len mịn hơn, ít đóng nỉ hơn và dễ chăm sóc hơn; khi xử lý quá mức hoặc không phù hợp nền vải, rủi ro giảm bền và thay đổi màu/cảm giác vẫn cần được tính đến [9].

## Đặt mua Wool Protease – Anti-Felting & Anti-Pilling Enzyme For Wool Finishing 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 Wool Protease – Anti-Felting & Anti-Pilling Enzyme For Wool Finishing →](#)

## 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. Ismail, S., Taleb, M. A., Emran, M. A., Mowafi, S., Hashem, A., & El-sayed, H. (2020). Benign Felt-proofing of Wool Fibers Using a Keratinolytic Thermophilic Alkaline Protease. *Journal of Natural Fibers*, 19, 3697 - 3709.
2. Sharma, E., & Fatima, N. (2014). Quality Improvement of Wool Fabric Using Protease Enzyme. *Environment and Ecology Research*, 2, 301-310.
3. Li, B., Li, J., Shen, Y., Wu, H., Sun, Y., Zhang, P., & Yang, M. (2022). Development of Environmentally Friendly Wool Shrink-Proof Finishing Technology Based on L-Cysteine/Protease Treatment Solution System. *International Journal of Molecular Sciences*, 23.
4. Raja, A., & Thilagavathi, G. (2010). Comparative study on the effect of acid and alkaline protease enzyme treatments on wool for improving handle and shrink resistance. *The Journal of The Textile Institute*, 101, 823 - 834.
5. En. *Google*.
6. Ghasemian, R., Barani, H., & Khazaei, F. (2025). Surface modification and performance of wool fibers after combined plasma and enzyme treatments. *Scientific Reports*, 15.
7. Li, R., Zhu, Q., Zhou, M., Xu, B., Wang, P., Wang, Q., & Yu, Y. (2025). Effective removal of scales from wool surface through the combination of thioglycolic acid compounds and proteases for anti-felting finishing. *International Journal*

of *Biological Macromolecules*, 141698 .

8. Demirkan, E., Kut, D., Sevgi, T., Doğan, M., & Baygın, E. (2020). Investigation of effects of protease enzyme produced by *Bacillus subtilis* 168 E6-5 and commercial enzyme on physical properties of woolen fabric. *Journal of the Textile Institute*, 111, 26 - 35.
9. Mei, J., Zhang, N., Yu, Y., Wang, Q., Yuan, J., Wang, P., Cui, L., ... et al. (2018). A novel “trifunctional protease” with reducibility, hydrolysis, and localization used for wool anti-felting treatment. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102, 9159 - 9170.
10. Pu-Zhao, Xu, P., Zhang, X., Du, Y., Lei, J., & Xu, S. (2024). Effect of polydopamine-modified protease on shrink-resist properties of wool fiber. *Journal of the Textile Institute*, 116, 2253 - 2260.
11. An, F., Fang, K., Liu, X., Yang, H., & Qu, G. (2019). Protease and sodium alginate combined treatment of wool fabric for enhancing inkjet printing performance of reactive dyes. *International Journal of Biological Macromolecules*.
12. Punit, P., Mad, S., & Chakraborty, J. (2024). Simultaneous Application of Acid Protease and Transglutaminase on Wool and its Optimisation to Achieve Machine Washable Care Claim. *AATCC Journal of Research*, 11, 376 - 385.
13. Ammayappan, L., Moses, J., Senthil, K., & Lam, J. (2011). Effect of Alkaline and Neutral Protease Enzyme Pretreatment Followed by Finishing Treatments on Performance Properties of Wool/Cotton Union Fabric: A Comparative Study. *Journal of Natural Fibers*, 8, 272 - 288.
14. Smith, E., & Shen, J. (2012). Surface Treatment of Wool to Achieve Hydrophilic Fibre and the Effect on Subsequent Dyeing and Protease Treatment. *Advanced Materials Research*, 441, 249 - 254.
15. Wang, H., Farha, F. I., & Memon, H. (2020). Influence of Ultraviolet Irradiation and Protease on Scale Structure of Alpaca Wool Fibers. *Autex Research Journal*, 20, 476 - 483.
16. WalyA., I. (2016). Effect of Protease Treatment on the Physical Properties and Dyeability of Wool/Nylon Blend to Catch Natural Dye.
17. Kadam, V., Rani, S., Jose, S., Shakyawar, D., & Shanmugam, N. (2021). Biomaterial based shrink resist treatment of wool fabric: A sustainable technology. *Sustainable Materials and Technologies*, 29.

## 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