

# Wool Protease – 양모 방축·항필링 가공용 프로테아제 효소

Enzymes.bio 연구팀 · 뉴질랜드 웰링턴 · June 18, 2026

Wool Protease는 양모 표면의 케라틴성 스케일과 미세 돌출 섬유를 효소적으로 완화하여 세탁 중 축융(felting shrinkage)과 착용 중 필링(pilling) 경향을 줄이는 데 쓰이는 양모 후가공용 프로테아제입니다. 양모의 물성은 표면 스케일, 피질 구조, 케라틴 결합 상태가 함께 결정하므로, 이 효소의 핵심은 섬유 전체를 강하게 분해하는 것이 아니라 표면 반응을 제한적으로 일으켜 마찰과 얽힘을 낮추는 데 있습니다 [1]. Enzymes.bio는 이 제품을 제조사나 시험기관이 아닌 공급업체로서 1kg 단위 온라인 직접 판매 형태로 제공하며, CoA와 SDS는 주문 시 함께 제공됩니다.

## Wool Protease가 겨냥하는 양모 가공 문제

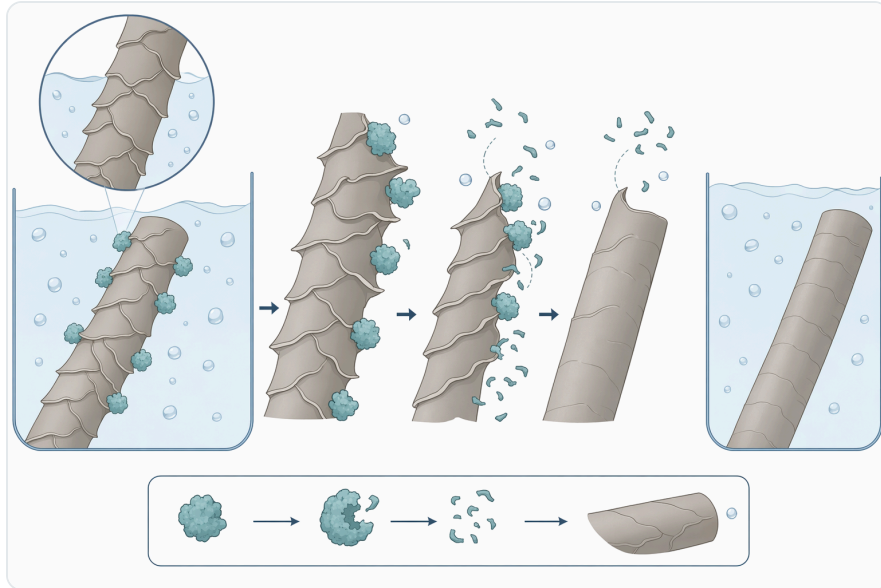
양모는 천연 단백질 섬유 중에서도 보온성, 탄성, 흡습성이 뛰어나지만, 세탁성과 표면 외관 관리가 까다롭습니다. 특히 양모 의류, 니트, 직물, 톱(top) 또는 원료 단계 섬유는 습윤 상태에서 마찰을 받으면 섬유가 한 방향으로 이동하고 서로 얽히며 직물이 수축하는 축융 현상을 보입니다. 이 현상은 단순한 치수 변화가 아니라 촉감 경화, 조직 조임, 외관 저하, 착용성 감소로 이어지기 때문에 “머신 워셔블 울”, 방축 울, 항필링 울 제품 개발에서 가장 중요한 품질 관리 대상입니다.

양모의 축융은 주로 표면 스케일의 방향성 마찰 효과와 관련됩니다. 양모 표면의 비늘형 큐티클은 건조 상태에서는 섬유 특유의 촉감과 벌키성을 만드는 요소이지만, 물과 세제, 기계적 교반이 결합되면 섬유 간 걸림을 증가시킵니다. 최근 양모 구조 연구는 양모의 계층적 구조가 물리적 성질에 직접 영향을 준다는 점을 강조하며, 표면 구조와 내부 케라틴 조직을 분리해서 볼 수 없음을 보여줍니다 [1].

필링은 축융과 다른 현상이지만, 원인은 일부 겹칩니다. 착용, 세탁, 마찰 중 표면 섬유가 빠져나와 보풀이 되고, 이 보풀이 얽혀 작은 구형 입자를 형성하면 필이 됩니다. 양모에서는 스케일 구조, 섬유 굵기, 섬유 길이, 방적 꼬임, 편직 또는 제직 밀도, 염색 및 후가공 이력까지 필링에 영향을 줍니다. 양모 직물의 항필링 개선을 위해 표면을 미세하게 용해하거나 구조를 조절하는 연구가 수행된 것도, 필링이 단순히 “섬유가 약해서” 생기는 문제가 아니라 표면 돌출과 마찰, 결속력의 균형에서 발생하기 때문입니다 [2].

## 효소 기반 양모 방축·항필링 가공의 위치

Wool Protease는 양모 후가공에서 표면 단백질을 조절하는 도구입니다. 프로테아제는 단백질의 펩타이드 결합을 절단하는 효소이므로, 양모의 케라틴성 표면층에 작용할 수 있습니다. 양모 산업에서 효소 기술은 염색·가공 공정의 환경 부담을 낮추고, 더 온화한 조건에서 표면 개질을 얻기 위한 접근으로 오래 연구되어 왔습니다 [3].



**Figure 1.** 울 프로테아제는 울 섬유 외부 표면에서 접근 가능한 케라틴이 풍부한 큐티클 물질을 표적으로 하여, 섬유 내부를 의도적으로 분해하지 않고 스케일의 거칠기를 줄인다.

전통적인 방축 가공은 강한 산화 또는 수지 처리에 의존해 왔습니다. 이런 공정은 효과가 분명한 경우가 많지만, 섬유 축감 변화, 폐수 부담, 공정 안전성, 소비자 친화성 측면에서 대체 기술 요구가 꾸준히 제기되어 왔습니다. 양모와 실크의 친환경 습식가공을 다룬 연구들은 효소와 같은 생물학적 요소가 기존 화학 처리의 일부를 대체하거나 보완할 수 있는 방향으로 검토되고 있음을 보여줍니다 [4].

효소 공정의 장점은 “강하게 깎아내는 것”이 아니라 “선택적으로 표면을 완화하는 것”입니다. 그러나 이 장점은 동시에 한계이기도 합니다. 프로테아제는 양모 표면의 스케일을 낮추는 데 기여할 수 있지만, 반응이 지나치면 내부 케라틴 또는 세포막 복합체에 영향을 주어 강도 저하, 축감 변화, 염색물의 색상 변화 같은 문제가 발생할 수 있습니다. 따라서 Wool Protease는 방축제 또는 항필링제로 단순히 투입되는 첨가제라기보다, 양모 표면 반응을 설계하는 효소적 가공 수단으로 이해해야 합니다.

# 양모 표면에서 Wool Protease가 작동하는 방식

## 1. 스케일 돌출을 낮추어 방향성 마찰을 줄임

양모 섬유 표면의 스케일은 마치 지붕 기와처럼 겹친 구조를 갖습니다. 습윤 상태에서 마찰이 생기면 섬유가 스케일 방향에 따라 서로 다른 저항을 보이며 움직입니다. 이 차이가 반복되면 섬유들이 한 방향으로 밀려 들어가고, 서로 얽혀 펠트화됩니다. Wool Protease의 목표는 이 스케일을 완전히 제거하는 것이 아니라, 돌출된 가장자리와 케라틴성 표면층을 부분적으로 완화하여 섬유 간 걸림을 줄이는 것입니다.

프로테아제 처리와 양모 수축 저항성의 관계는 최근에도 다양한 방식으로 연구되고 있습니다. 예를 들어 폴리도파민으로 변성한 프로테아제를 이용해 양모 섬유의 shrink-resist 특성을 개선하려는 연구는, 단순한 효소 활성보다 표면에서의 효소 위치와 작용 제어가 중요하다는 점을 보여줍니다 [5].

## 2. 미세 돌출 섬유를 정돈하여 보풀 형성을 억제

필링은 먼저 보풀이 생기고, 그 보풀이 마찰로 꼬이며, 충분히 떨어져 나가지 못하고 표면에 남을 때 심해집니다. Wool Protease는 표면의 케라틴성 미세 돌출부를 완화하여 보풀의 시작점을 줄이는 방향으로 작용할 수 있습니다. 이때 과도한 처리로 섬유가 약해지면 오히려 더 많은 섬유 단편이 빠져나올 수 있으므로, 항필링 가공에서는 표면 정돈과 섬유 손상 사이의 균형이 중요합니다.



**Figure 2.** 제어된 울 프로테아제 가공은 펠팅 수축, 보풀 및 잔털 발생, 거친 촉감, 습윤 장벽, 염색 균일성 문제를 개선하는 데 사용된다.

양모 항필링 연구에서는 효소 외에도 표면 미세용해, 물 구조 조절, 고분자 코팅 같은 여러 접근이 검토되었습니다. 티오우레아 디옥사이드 기반 표면 미세용해 연구와 engineered water nanostructures를 이용한 양모 니트 항필링 연구는 서로 다른 기술이지만, 공통적으로 표면 마찰과

돌출 섬유 제어가 항필링 성능의 핵심임을 시사합니다 [2], [6].

### 3. 표면 반응을 내부 손상으로 확장하지 않는 것이 핵심

프로테아제가 양모에 유용한 이유는 케라틴을 분해할 수 있기 때문이고, 위험한 이유도 바로 그 때문입니다. 양모 섬유는 표면 큐티클만으로 구성된 것이 아니라, 내부 피질과 세포막 복합체, 이황화 결합으로 안정화된 케라틴 네트워크를 포함합니다. 산성 가스 오염이 양모 케라틴 섬유 구조에 미치는 영향을 다룬 연구처럼, 양모 케라틴은 화학적 환경 변화에 따라 구조와 물성이 달라질 수 있는 민감한 단백질 재료입니다 [7].

따라서 Wool Protease의 이상적인 작용은 “짧고 표면적인 단백질 절단”에 가깝습니다. 효소가 섬유 내부로 깊이 침투하거나 반응 시간이 과도하게 길어지면 표면 개질이 아니라 섬유 약화가 될 수 있습니다. 이 때문에 최근 연구들은 효소를 표면에 국소화하거나, 고분자 또는 나노소재와 결합하거나, 환원·산화·코팅 공정과 조합해 효소 반응 범위를 제한하는 방향으로 발전하고 있습니다.

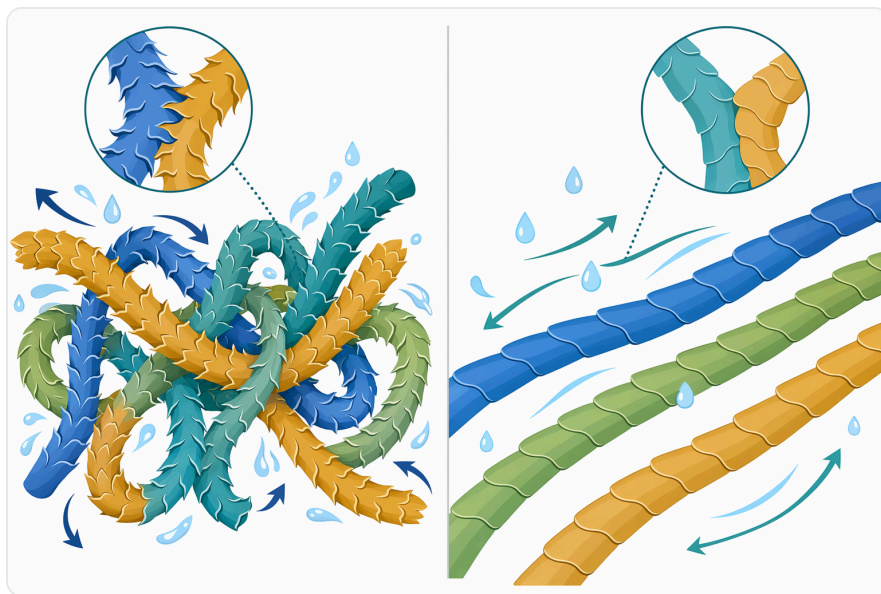
## 항필링과 항필링에서 프로테아제가 갖는 장점과 한계

아래 표는 Wool Protease를 중심으로 양모 표면개질 기술을 비교한 것입니다. 각 접근은 목적이 유사해 보이지만, 실제로는 표면을 “깎는지”, “완화하는지”, “덮는지”, “마찰을 바꾸는지”에 따라 결과와 리스크가 다릅니다.

접근 방식	양모 표면에서의 주요 작용	기대 효과	관리해야 할 한계	관련 연구 흐름
Wool Protease 기반 효소 처리	케라틴성 스케일과 미세 돌출 섬유의 제한적 가수분해	방축성 개선, 표면 정돈, 필링 경향 완화	과분해 시 강도·촉감·색상 변화 가능	양모 염색·가공의 바이오효소 기술 연구 [3]
변성 또는 표면국소화 프로테아제	효소 작용을 섬유 표면에 더 가깝게 제한	수축 저항성 개선과 손상 저감의 균형	공정 설계가 복잡해질 수 있음	폴리도파민 변성 프로테아제의 shrink-resist 연구 [5]
표면 미세용해 처리	표면층을 화학적으로 부드럽게 용해 또는 완화	항필링성 개선, 표면 거칠기 감소	처리 균일성 및 섬유 손상 관리 필요	티오우레아 디옥사이드 기반 항필링 연구 [2]
물 구조 또는 물리적 표면 조절	마찰과 표면 배열을 조절	니트류 항필링 개선 가능성	적용 설비와 공정 재현성 고려	engineered water nanostructures 연구 [6]
고분자 grafting·코팅	표면을 얇게 덮거나 기능기 부여	항필링, 촉감, 기능성 마감 가	촉감, 통기성, 내구성 변화	키토산 UV-grafting 양모 다기능 마감 [8]

접근 방식	양모 표면에서의 주요 작용	기대 효과	관리해야 할 한계	관련 연구 흐름
		능	가능	
프로테아제와 기능성 나노소재 조합	표면 단백질 조절과 기능성 부여 병행	마찰, 정전기, 향균 특성 동시 조절 가능	복합 소재의 균일성 및 후 가공 영향	은 나노입자 포함 프로테아제 처리 연구 [9]

이 비교에서 Wool Protease의 위치는 명확합니다. 이 제품은 표면을 물리적으로 덮는 코팅제가 아니라, 양모 자체의 케라틴 표면을 효소적으로 조절하는 가공제입니다. 따라서 결과는 원단 조직, 섬유 손상 이력, 염색 상태, 습윤성, 교반 강도, 후세척 조건에 따라 달라질 수 있습니다. 반대로 적절히 제어되면 양모 고유의 촉감과 벌키성을 크게 잃지 않으면서 방축·항필링 목표에 접근할 수 있습니다.



**Figure 3.** 펠팅 수축은 젖은 상태에서 교반된 울 섬유가 한 방향으로 이동하며 큐티클 스케일 간 마찰로 서로 맞물릴 때 발생한다.

## 양모 구조를 이해해야 효소 처리를 제어할 수 있다

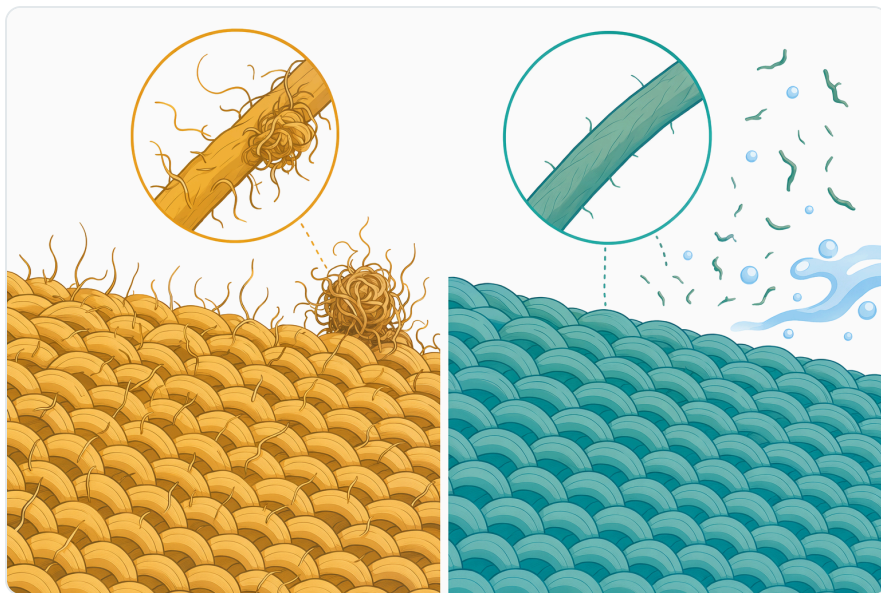
양모는 단일한 단백질 덩어리가 아니라 여러 층위가 결합된 계층 구조입니다. 표면에는 큐티클 스케일이 있고, 그 아래에는 세포막 복합체와 피질 세포가 있으며, 내부 케라틴은 이황화결합과 수소결합 등으로 안정화됩니다. Hu sheep wool의 구조와 특성을 다룬 연구처럼, 양모의 물성은 품종과 섬유 구조에 따라 달라질 수 있으며, 같은 “양모”라도 표면 반응성이 동일하다고 가정하기 어렵습니다 [10].

이 구조적 차이는 실제 가공에서 중요합니다. 가는 메리노 울 니트와 거친 방모 직물, 염색된 정장용 원단과 미염색 톱은 모두 효소 반응의 체감 결과가 다를 수 있습니다. 섬유가 가늘수록 표면적이 커지고, 니트처럼 조직이 느슨한 제품은 마찰 중 섬유 이동이 더 두드러질 수 있습니다. 반대로 고밀도 직물에서는 표면 돌출 섬유의 길이와 결속력, 후가공 이력이 항필링 결과를 더 강하게 좌우할 수 있습니다.

또한 양모 표면에는 가공유, 염료, 잔류 계면활성제, 수지, 실리콘계 유연제 등이 존재할 수 있습니다. 이런 물질은 효소가 케라틴 표면에 접근하는 정도를 바꿉니다. Wool Protease의 작용은 단백질 기질에 대한 접근성에 의존하므로, 같은 효소라도 표면 오염물이나 전처리 상태에 따라 효과가 달라 집니다. 이 때문에 효소 양모 가공은 "효소를 넣으면 끝나는 공정"이 아니라, 표면 상태를 읽고 반응을 조절하는 습식가공 기술로 봐야 합니다.

## 환원, 표면 제한, 복합 마감과의 관계

양모 케라틴은 이황화결합을 포함하므로, 표면 스케일이 매우 안정적입니다. 일부 연구에서는 환원성 처리나 표면 미세용해가 스케일층을 완화한 뒤 항필링 또는 방축 효과를 높이는 방향으로 검토되었습니다. 티오우레아 디옥사이드 매개 표면 미세용해 연구는 양모 항필링 가공에서 표면층을 통제된 방식으로 약화시키는 접근을 보여줍니다 [2].



**Figure 4.** 항필링 프로테아제 처리는 노출된 표면 미세섬유를 약화시키고, 필링이 지속되는 데 기여하는 스케일 관련 걸림을 줄일 수 있다.

프로테아제와 다른 표면개질 기술의 조합은 두 가지 목적을 갖습니다. 첫째, 프로테아제가 접근해야 할 표면 영역을 열어 주어 더 낮은 강도의 반응으로도 효과를 얻는 것입니다. 둘째, 효소가 너무 깊이 들어가지 않도록 표면에서만 반응하도록 제한하는 것입니다. 폴리도파민 변성 프로테아제 연구

는 효소 자체를 변형해 shrink-resist 특성을 개선하려는 사례로, 양모 효소 가공에서 “반응성”뿐 아니라 “위치 제어”가 중요하다는 점을 보여줍니다 [5].

복합 마감은 항필링 이상의 기능을 목표로 할 수도 있습니다. 프로테아제 처리에 은 나노입자를 결합한 연구는 양모 섬유의 마찰, 대전 방지, 항균 특성에 대한 영향을 다루며, 표면 단백질 조절이 기능성 마감과 연결될 수 있음을 보여줍니다 [9]. 다만 Wool Protease 자체는 항균제나 코팅제가 아니라 프로테아제 효소이므로, 이런 복합 기능은 별도의 후가공 설계와 함께 해석해야 합니다.

## Wool Protease 적용이 적합한 산업 분야

### 머신 워셔블 울과 방축 니트

가장 직접적인 적용 분야는 세탁 안정성이 필요한 양모 니트와 의류 원단입니다. 니트류는 조직이 유연하고 섬유 이동이 쉬워 세탁 중 축융과 치수 변화가 두드러질 수 있습니다. Wool Protease는 스케일 돌출과 표면 마찰을 낮추는 방식으로, 세탁 중 섬유가 서로 걸려 들어가는 경향을 완화하는 데 사용할 수 있습니다.

### 양모 직물의 항필링 후가공

정장용 원단, 코트용 직물, 혼방 양모 원단에서는 표면 보풀과 필링이 상품 외관을 크게 좌우합니다. 효소 처리의 목적은 표면을 지나치게 매끈하게 만들어 양모 특유의 촉감을 없애는 것이 아니라, 마찰 중 쉽게 돌출되는 미세 섬유와 거친 스케일 가장자리를 완화하는 것입니다. 양모 항필링 연구에서 표면 미세용해와 물리적 표면 조절이 함께 검토된 사실은, 필링 개선이 표면 단위의 정밀한 조절 문제임을 잘 보여줍니다 [2], [6].



Figure 5. 프로테아제 종류에 따라 처리용 적합성, 케라틴 표면에 대한 활성, 처리가 지나치게 강할 경우 과도한 중량 또는 강도 손실 위험이 다르다.

## 염색·후가공 공정과의 통합

양모 염색과 후가공에서 효소 기술은 염색성, 촉감, 표면 품질을 함께 고려하는 방향으로 연구되어 왔습니다. 양모 텍스타일 염색·가공에 대한 바이오효소 기술 적용 연구는 효소가 단독 공정이 아니라 전체 습식가공 흐름 안에서 사용될 수 있음을 보여줍니다 [3].

다만 염색된 양모에 프로테아제를 적용할 때는 색상 유지가 중요합니다. 표면 단백질이 변하면 염료가 결합한 영역이나 빛 반사 특성이 달라질 수 있고, 과도한 처리에서는 색상 깊이와 균일성이 영향을 받을 수 있습니다. 따라서 염색 후 적용에서는 방축·항필링 효과뿐 아니라 색상, 촉감, 강도, 수축률을 함께 평가하는 공정 설계가 필요합니다.

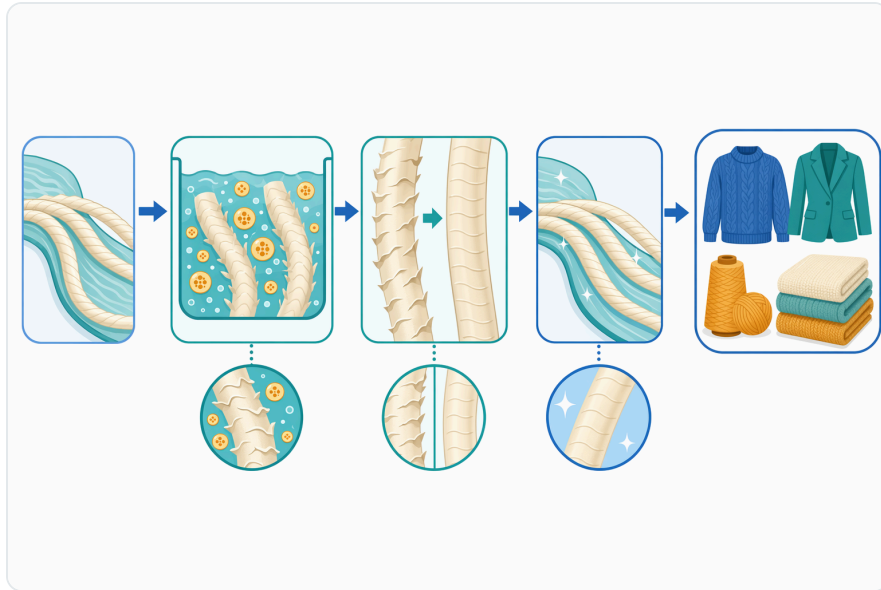
## 기능성 마감 전 표면 준비

양모 표면이 지나치게 소수성이거나 스케일 돌출이 강하면 일부 후가공제가 균일하게 작용하기 어렵습니다. Wool Protease를 이용한 온화한 표면개질은 이후 고분자, 유연제, 기능성 마감제가 섬유 표면에 더 균일하게 접근하도록 돕는 전처리 개념으로 활용될 수 있습니다. 키토산 UV-grafting을 이용한 양모 다기능 마감 연구는, 양모 표면 조절이 단순 방축을 넘어 기능성 부여와도 연결될 수 있음을 보여줍니다 [8].

## 기대할 수 있는 품질 변화

Wool Protease를 적절히 적용하면 첫째, 세탁 중 축융 경향을 낮추는 방향의 효과를 기대할 수 있습니다. 이는 스케일 돌출과 방향성 마찰이 줄어들어 섬유가 서로 얽혀 들어가는 현상이 완화되기 때문입니다. 둘째, 표면 미세 섬유가 정돈되어 보풀과 필링의 초기 형성이 줄어들 수 있습니다. 셋째, 과도한 화학적 공격 없이 양모 표면을 조절할 수 있어, 친환경 습식가공 또는 저부담 후가공 전략의 일부로 고려할 수 있습니다 [4].

하지만 기대 효과를 과장해서는 안 됩니다. 항필링 성능은 효소 하나만으로 결정되지 않습니다. 섬유 길이가 짧거나, 방적 꼬임이 낮거나, 편직 조직이 느슨하거나, 혼방 섬유 간 강도 차이가 큰 경우에는 표면 효소 처리만으로 필링 문제를 완전히 해결하기 어렵습니다. 반대로 매우 강한 효소 처리로 필링을 줄이려 하면 섬유 강도가 낮아져 마모와 탈락이 증가할 수 있습니다.



**Figure 6.** 복합 울 가공 공정에서는 효소가 스케일 구조에 더 효과적으로 도달하도록, 프로테아제 처리 전에 완만한 표면 개방 단계를 흔히 사용한다.

방축성도 마찬가지입니다. Wool Protease는 스케일 마찰을 낮추는 데 도움이 될 수 있지만, 세탁 조건, 기계적 교반, 원단 조직, 후가공 수지 또는 유연제의 존재, 건조 방식에 따라 최종 치수 안정성은 달라집니다. 따라서 이 효소는 “양모 수축을 무조건 없애는 물질”이 아니라, 양모 표면을 효소적으로 조절하여 축융 경향을 낮추는 가공 도구로 이해하는 것이 정확합니다.

## 품질 리스크: 과분해, 촉감 변화, 색상 영향

프로테아제 기반 양모 가공의 가장 큰 리스크는 과분해입니다. 과분해가 일어나면 표면만 정돈되는 것이 아니라 섬유 내부 결합이 약해져 인장 특성, 마모 저항성, 촉감이 변할 수 있습니다. 특히 고급 양모 원단에서는 작은 촉감 변화도 상품성에 영향을 주므로, 표면 반응의 범위와 강도를 조절하는 것이 중요합니다.

두 번째 리스크는 촉감 변화입니다. 양모의 부드러움과 벌키성은 표면 스케일과 섬유 탄성의 균형에서 나옵니다. 스케일 돌출을 지나치게 낮추면 마찰은 줄어들 수 있지만, 양모 특유의 풍성한 촉감이 약해질 수 있습니다. 반대로 처리가 부족하면 방축·항필링 효과가 충분하지 않을 수 있습니다. 효소가공의 실무적 난점은 바로 이 좁은 균형점을 찾는 데 있습니다.

세 번째 리스크는 염색물의 색상 변화입니다. 프로테아제가 직접 염료를 분해하지 않더라도, 염료가 결합한 단백질 표면이나 빛 반사 구조가 바뀌면 색상 깊이와 광택이 달라질 수 있습니다. 양모 케라틴 구조가 화학적 환경 변화에 민감하다는 연구들은, 효소 처리 역시 단백질 섬유 구조 변화의 관점에서 신중히 다루어야 함을 보여줍니다 [7].

## Enzymes.bio 공급 제품으로서의 이해

Enzymes.bio의 Wool Protease – Anti-Felting & Anti-Pilling Enzyme For Wool Finishing은 양모 방축·항필링 가공을 위한 B2B 효소 공급 제품입니다. Enzymes.bio는 이 제품을 제조사나 분석 실험실로 설명하지 않으며, 제품은 1kg 단위로 온라인에서 직접 판매됩니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되어, 제품 취급과 내부 문서화에 필요한 기본 자료를 확인할 수 있습니다.

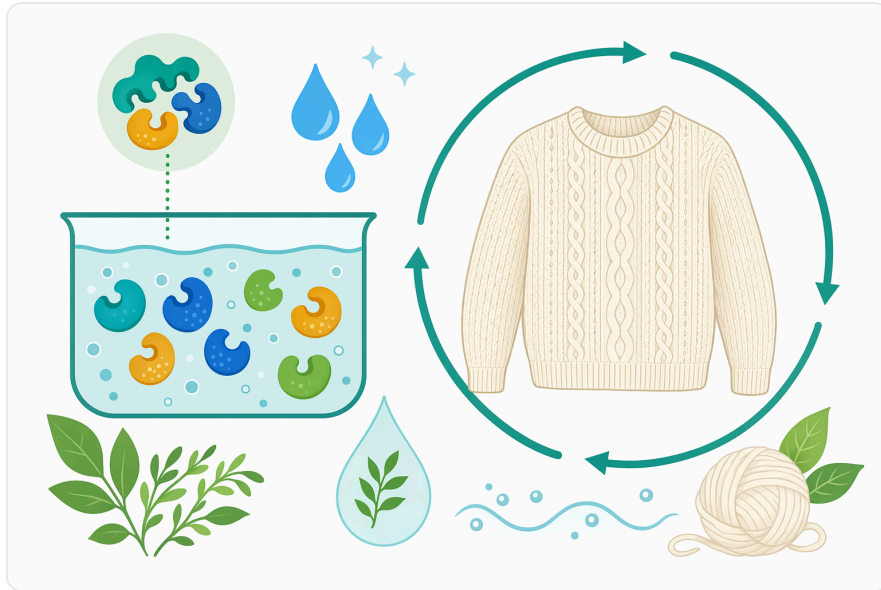


Figure 7. 효소 기반 울 가공은 저영향 공정 목표를 뒷받침하며, 펠팅과 필링에 대한 저항성을 높여 의류 수명을 연장할 수 있다.

이 문서의 목적은 특정 활성 단위, 분석법, 등급, 제조 조건을 제시하는 것이 아니라, Wool Protease가 어떤 양모 가공 문제를 해결하기 위해 쓰이며 어떤 과학적 원리로 작용하는지 설명하는 것입니다. 제품의 가치는 “프로테아제”라는 이름 자체보다, 양모 표면 케라틴을 제한적으로 조절해 축융과 필링의 물리적 원인을 낮추는 데 있습니다.

## 핵심 정리

Wool Protease는 양모 표면의 스케일과 미세 돌출 섬유를 효소적으로 완화하여 방축성과 항필링성을 개선하는 데 활용되는 양모 후가공용 프로테아제입니다. 양모의 축융과 필링은 표면 스케일, 마찰, 섬유 이동, 보풀 형성, 조직 구조가 함께 만드는 현상이므로, 효소 처리의 핵심은 섬유 전체를 강하게 분해하는 것이 아니라 표면 반응을 필요한 범위로 제한하는 것입니다 [1].

연구 흐름은 프로테아제 처리, 변성 프로테아제, 표면 미세용해, 물리적 표면 조절, 고분자 grafting, 나노소재 결합 등 다양한 방식으로 양모 표면을 정밀하게 제어하는 방향으로 발전해 왔습니다 [5], [9]. Wool Protease는 이러한 흐름 속에서 염소계 또는 강한 화학 처리 의존도를 낮추고, 양모의 세탁 안정성과 외관 품질을 개선하려는 실무자에게 유용한 효소적 표면개질 선택지입니다.

## Wool Protease – Anti-Felting & Anti-Pilling Enzyme For Wool Finishing 온라인 주문

1kg 단위로 판매되며 재고 보유, 즉시 출고됩니다. 온라인 스토어에서 바로 결제하시면 주문을 처리해 드립니다. 모든 주문에는 시험성적서(CoA)와 물질안전보건자료(SDS)가 포함됩니다.

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

## 참고문헌

최초 인용 순서로 번호를 매겼습니다. 모든 출처는 발행 시점에 접근 가능 여부를 확인한 오픈 액세스 자료이며, 본문의 인용 번호가 이곳으로 연결됩니다.

1. Tribe, S. R. F., Lee, P. X., Czibula, C., Simões, M. G., Bleher, R., Duncan, K., Thoman, M., ... et al. (2025). The Hierarchical Structure of Sheep Wool and Its Impact on Physical Properties. *Advanced Functional Materials*, 35.
2. Zhang, N., Zhang, N., Zhang, J., Wang, Q., Zhou, M., Wang, P., & Yu, Y. (2022). Eco-friendly and controlled anti-pilling finishing of wool fabric by thiourea dioxide-mediated surface micro-dissolution. *International Journal of Clothing Science and Technology*.
3. Xue, Z. (2008). Application of bioenzyme technology in wool textile dyeing and finishing. *Wool textile journal*.
4. El-sayed, H., El-Fiky, A. F., & Mowafi, S. (2022). Extremozymes as Future Appropriate Benign Elements for Eco-friendly Wet Processing of Wool and Silk. *Journal of Natural Fibers*, 19, 15035 - 15044.
5. 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.
6. Zhu, L., Ding, X., & Wu, X. (2020). A novel method for improving the anti-pilling property of knitted wool fabric with engineered water nanostructures. *Journal of materials research and technology*, 9, 3649-3658.
7. Jiang, Z., Bai, R., Zhang, J., Li, E., Cui, Y., Zhang, N., Zhang, N., ... et al. (2022). The Effect of the Acidic Gas Pollutant on Wool Keratin Fiber Structure. *Journal of Natural Fibers*, 19, 10513 - 10525.
8. Periolatto, M., Ferrero, F., Vineis, C., & Rombaldoni, F. (2013). Multifunctional finishing of wool fabrics by chitosan UV-grafting: an approach. *Carbohydrate Polymers*, 98 1, 624-9 .
9. Memon, H., Wang, H., Yasin, S., & Halepoto, A. (2018). Influence of Incorporating Silver Nanoparticles in Protease Treatment on Fiber Friction, Antistatic, and Antibacterial Properties of Wool Fibers. *Journal of chemistry*.
10. Sun, M., Chen, M., Li, S., Dai, C., & Chen, Y. (2022). Study on Structure and Properties of Hu Sheep Wool. *Journal of Natural Fibers*, 20.


## Enzymes.bio 문의


주문에 관해 궁금한 점이 있으신가요? 기꺼이 도와드리겠습니다.


이메일 [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

전화 (미국) **+1 (507) 428-6057**

[문의하기 →](#)

 **400+** B2B 고객사

 **60+** 대학 연구 파트너

 **54** 전 세계 54개국 공급

© 2026 Enzymes.bio · 산업용 및 식품 가공용 효소 공급 · 인체 섭취 또는 소매 판매용이 아님