

중성 셀룰라아제: 데님 워싱 공정의 바이오스톤워싱·바이오폴리싱 효소

Enzymes.bio 연구팀 · 뉴질랜드 웰링턴 · June 17, 2026

중성 셀룰라아제는 데님 워싱에서 면섬유 표면의 셀룰로오스를 부분적으로 가수분해해 인디고 표면층의 미세 탈락, 보풀 감소, 촉감 개선을 유도하는 효소입니다. 전통적인 부석스톤워싱을 완전히 대체하거나 보완하는 방식으로 적용될 수 있으며, 효소 기반 섬유 가공은 화학·기계적 처리 부담을 줄이는 지속가능한 접근으로 연구되어 왔습니다 ^[1].

Enzymes.bio는 이 제품의 온라인 공급업체이며, 제품은 1kg 단위로 직접 구매할 수 있고 CoA와 SDS는 주문 시 함께 제공됩니다.

데님 워싱용 중성 셀룰라아제가 하는 일

데님은 일반적으로 인디고로 염색된 면 기반 능직물입니다. 완성된 청바지나 데님 재킷의 “워시드” 외관은 단순히 색을 빼는 작업이 아니라, 표면 셀룰로오스 섬유, 인디고 염료가 위치한 외층, 봉제 후 발생한 잔털, 기계적 마찰을 정밀하게 조합해 만드는 표면 개질 결과입니다. 중성 셀룰라아제는 이 중 표면 셀룰로오스에 작용하여 데님 표면을 생화학적으로 미세하게 깎아내는 역할을 합니다. 셀룰라아제가 데님 바이오스톤워싱에 관여한다는 점은 데님 바이오스톤워싱용 셀룰라아제를 생산하는 *Aspergillus* 분리주의 endo- β -1,4-glucanase 유전자 특성 연구에서도 확인되는 주제입니다 ^[2].

중성 셀룰라아제의 핵심 기질은 면섬유의 주성분인 셀룰로오스입니다. 셀룰로오스는 포도당 단위가 β -1,4 결합으로 연결된 선형 고분자이고, 면섬유 표면에는 제직·염색·봉제·세탁 중 생긴 미세 섬유와 돌출 섬유 말단이 존재합니다. 효소가 이 노출된 표면 사슬을 부분적으로 절단하면, 표면의 잔털이 짧아지거나 떨어지고, 인디고가 붙어 있던 얇은 표면층도 함께 탈락할 수 있습니다. 이 작용은 강한 산화 표백처럼 염료 분자를 직접 파괴하는 방식이 아니라, 염료가 위치한 셀룰로오스 표면을 선택적으로 약화시키는 방식입니다.

데님 워싱 현장에서 중성 셀룰라아제는 주로 세 가지 결과를 목표로 사용됩니다. 첫째, 인디고 표면층을 미세하게 제거해 자연스러운 페이딩을 형성합니다. 둘째, 원단 표면의 보풀과 잔털을 줄여 촉감과 표면 선명도를 개선합니다. 셋째, 부석에 의존하던 스톤워싱의 물리적 마모 부담을 줄입니다. 효소를 이용한 천연섬유 가공은 백색 생명공학의 한 영역으로 설명되며, 섬유의 물성 개선과 지속가능한 공정 전환을 함께 다루는 연구 분야로 자리 잡았습니다 ^[3].

왜 “중성” 셀룰라아제가 데님 워싱에 적합한가

셀룰라아제는 하나의 단일 효소가 아니라, endoglucanase, exoglucanase, β -glucosidase 등 여러 작용 양식을 포함하는 효소군입니다. 데님 워싱에서는 표면 섬유를 지나치게 깊게 분해하기보다, 눈에 보이는 표면층을 제어 가능한 수준에서 약화시키는 것이 중요합니다. 중성 셀룰라아제는 일반적으로 강산성 조건에 맞춘 셀룰라아제보다 원단과 염색 상태에 대한 공정 조정 여지가 크고, 다양한 후가공과 연결하기 쉬운 효소군으로 이해됩니다.

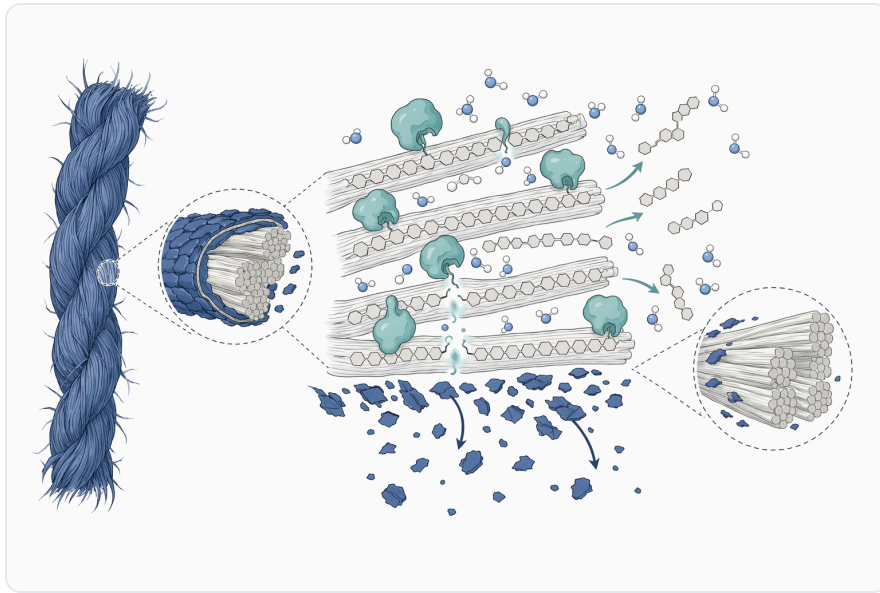


Figure 1. 중성 셀룰라아제는 데님 표면에 노출된 셀룰로오스 미세섬유를 가수분해하여 제어된 마모 효과와 인디고 제거를 유도합니다.

데님 워싱에서 “중성”이라는 표현은 특정 제품의 고정 공정 조건을 보장한다기보다, 중성 부근의 수계 워싱 조건에서 작용하도록 설계·선택된 셀룰라아제 계열이라는 의미에 가깝습니다. 실제 결과는 원단 조직, 인디고 염색 깊이, 실의 꼬임, 봉제 구조, 세탁기의 회전과 낙차, 욱비, 처리 시간, 온도, pH, 보조제, 후세정에 따라 달라집니다. 지속가능한 섬유 효소 공정에 관한 리뷰에서도 효소 적용은 기질, 공정 조건, 처리 목적의 조합으로 이해해야 하며, 하나의 효소명이 모든 결과를 결정하지 않는다는 점이 중요하게 다뤄집니다 [1].

중성 셀룰라아제는 특히 과도한 백화, 강도 저하, 염료 재부착을 줄이는 방향으로 공정을 설계하고자 할 때 검토됩니다. 다만 산성 셀룰라아제가 항상 부적합하거나 중성 셀룰라아제가 항상 우수하다는 뜻은 아닙니다. 데님 원단의 디자인 목표가 거친 빈티지 효과인지, 균일한 소프트 워시인지, 짙은 색감을 유지한 표면 정리인지에 따라 적합한 효소 시스템과 기계 조건은 달라질 수 있습니다.

작용 기전: 표면 셀룰로오스의 선택적 부분 가수분해

중성 셀룰라아제가 데님에서 만드는 효과는 “섬유 전체를 녹이는 것”이 아니라 “표면에 노출된 셀룰로오스 사슬을 제한적으로 절단하는 것”입니다. 면섬유 내부의 결정성 셀룰로오스는 비교적 접근성이 낮지만, 표면의 비정질 영역, 마찰로 솟은 섬유, 염색·가공 중 손상된 미세 섬유는 효소가 접근하기 쉽습니다. 효소가 이 부위의 β -1,4 결합을 절단하면 섬유 말단이 짧아지고, 기계적 회전 중 떨어져 나가며, 표면이 매끄럽게 정리됩니다.

데님 워싱에서는 이 생화학 반응이 기계적 마찰과 함께 일어납니다. 세탁기 내부에서 의류가 회전하고 서로 부딪히는 동안, 효소는 표면 셀룰로오스를 약화시키고 마찰은 약화된 미세 섬유를 제거합니다. 이때 인디고 염료가 표면 셀룰로오스층에 주로 위치하기 때문에, 섬유 표면이 미세하게 제거되면 색이 밝아진 것처럼 보입니다. 데님 바이오피니싱 연구는 셀룰라아제가 데님 원단의 표면 특성과 환경 영향을 함께 고려하는 효소로 연구되고 있음을 보여줍니다 [4].

이 작용은 크게 세 단계로 설명할 수 있습니다. 첫 단계는 효소의 흡착입니다. 셀룰라아제 단백질이 물속에서 면섬유 표면에 접근하고, 셀룰로오스 사슬이 노출된 부위에 결합합니다. 두 번째 단계는 가수분해입니다. 효소 활성 부위가 셀룰로오스의 β -1,4 결합을 물과 함께 절단해 사슬 길이를 줄입니다. 세 번째 단계는 탈락입니다. 짧아지고 약해진 표면 섬유가 워싱 중 마찰과 유동에 의해 떨어져 나가며, 그 결과 보풀 감소와 표면 페이딩이 나타납니다.

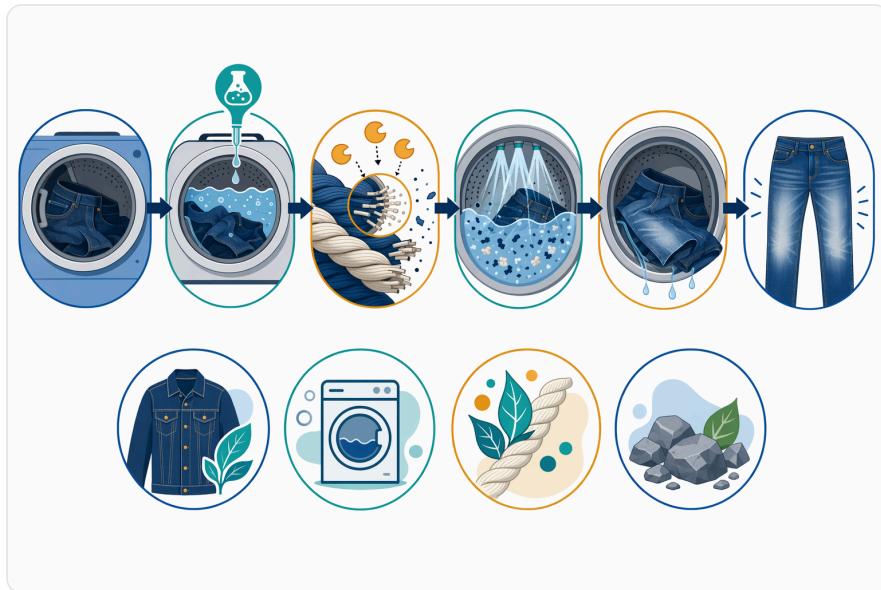


Figure 2. 데님 워싱에서 중성 셀룰라아제는 부석 마모 공정을 일부 또는 전부 대체하여 제어된 페이딩 효과와 더 부드러운 원단 촉감을 제공합니다.

따라서 중성 셀룰라아제 워싱은 “화학적 탈색”보다 “효소 보조 표면 마모”에 가깝습니다. 이 차이는 공정 설계에서 중요합니다. 산화 표백은 염료 자체의 발색 구조를 변화시키지만, 셀룰라아제는 염료가 붙어 있는 셀룰로오스 표면을 제거합니다. 그래서 셀룰라아제는 자연스러운 마모감, 부드러운 촉

감, 표면 클린업에는 적합하지만, 강한 전면 탈색이나 폐수 속 염료 분해를 주목적으로 하는 효소는 아닙니다.

기존 스톤워싱과 비교한 효소 워싱의 위치

전통적인 데님 스톤워싱은 부석의 물리적 마찰을 이용해 인디고 표면층을 벗겨내는 방식입니다. 이 방식은 강한 대비와 빈티지 외관을 만들 수 있지만, 의류 손상, 봉제부 마모, 기계 내부 마모, 부석 분진과 슬러지 발생, 배수 관리 부담을 동반합니다. 중성 셀룰라아제는 이러한 물리적 마모를 효소 반응으로 보완하거나 일부 대체하는 데 사용됩니다. 환경 친화적 데님 처리 기술을 다룬 연구에서는 물 사용과 기존 공정 부담을 낮추는 다양한 데님 가공 접근이 논의되어 왔습니다 [5].

구분	주된 작용 방식	데님 외관에 미치는 영향	장점	한계
부석 스톤워싱	돌과 의류의 직접 마찰	강한 국부 마모, 빈티지 효과	시각적 효과가 뚜렷함	기계 마모, 의류 손상, 슬러지 발생
중성 셀룰라아제 워싱	표면 셀룰로오스의 부분 가수분해	자연스러운 페이딩, 보풀 감소, 부드러운 촉감	제어 가능한 표면 개질, 부석 저감 가능	조건 과다 시 강도 저하 가능
산화 표백	염료 발색 구조의 산화 변화	빠른 탈색, 밝은 색상	강한 색 변화 가능	섬유 손상·폐수 부담 관리 필요
일반 소프트닝	섬유 표면 윤활·유연화	촉감 개선 중심	후가공과 결합 쉬움	인디고 표면 마모 효과는 제한적

중성 셀룰라아제의 가치는 부석 효과를 단순히 "약하게" 만드는 데 있지 않습니다. 효소는 섬유 표면의 접근 가능한 셀룰로오스에 선택적으로 작용하므로, 기계적 마찰만으로는 불균일하게 나타날 수 있는 표면 잔털과 미세 섬유를 생화학적으로 정리할 수 있습니다. 이 때문에 데님 바이오스톤워싱과 바이오폴리싱은 서로 겹치는 영역을 가집니다. 하나는 페이딩과 마모감을 강조하고, 다른 하나는 표면 정리와 촉감을 강조하지만, 두 경우 모두 셀룰라아제의 표면 가수분해가 핵심입니다.

데님 바이오폴리싱에서의 역할

바이오폴리싱은 면섬유 표면의 돌출 섬유를 줄여 원단 표면을 매끄럽게 만드는 효소 가공입니다. 데님에서는 표면 잔털이 많으면 색상이 탁해 보이고, 반복 착용 후 보풀이 증가하며, 손으로 만졌을 때 거칠게 느껴질 수 있습니다. 중성 셀룰라아제는 이 잔털을 부분적으로 절단해 세탁 중 제거되도록 도와줍니다. 섬유 산업에서 효소는 정련, 데사이징, 바이오폴리싱, 워싱 등 여러 단계에서 지속가능한 공정 도구로 검토되어 왔습니다 [6].



Figure 3. 중성 셀룰라아제는 데님 페이딩, 면 바이오폴리싱, 보풀 제거, 필링 방지 및 의류의 부드러움 개선에 사용됩니다.

바이오폴리싱 효과는 단순한 부드러움 이상의 의미가 있습니다. 표면 잔털이 줄면 인디고 색상의 대비가 더 선명해지고, 완제품의 외관 균일성이 좋아질 수 있습니다. 또한 마찰에 의해 다시 보풀이 형성되는 경향이 낮아질 수 있어, 제품의 착용 중 외관 유지에도 도움이 됩니다. 다만 이는 원단 구조와 처리 강도에 따라 달라지며, 효소 처리가 과하면 표면만 정리되는 것이 아니라 원단 자체의 중량과 강도에도 영향을 줄 수 있습니다.

데님에서 바이오폴리싱은 종종 소프트 워시, 라이트 페이드, 스톤 리듀스 공정과 연결됩니다. 강한 빈티지 효과를 만들 때도 표면 잔털을 정리하면 디자인 대비가 더 뚜렷해질 수 있고, 진한 색을 유지하는 제품에서도 잔털만 줄여 깔끔한 촉감을 만들 수 있습니다. 이처럼 중성 셀룰라아제는 “밝게 만드는 효소”라기보다, 데님 표면을 설계하는 효소로 보는 편이 정확합니다.

지속가능한 섬유 가공 관점에서의 의미

데님 산업은 물 사용, 에너지 사용, 염료와 보조화학물질, 폐수 관리가 모두 중요한 산업입니다. 효소 기반 가공은 특정 기질에 선택적으로 작용하기 때문에, 일부 강한 화학 처리나 과도한 물리적 마찰을 줄이는 기술로 연구되어 왔습니다. 지속가능한 섬유 효소 적용에 관한 문헌은 효소가 데사이징, 스커어링, 표면개질, 워싱 등 다양한 공정에서 친환경 가공을 지원할 수 있다고 설명합니다 ^[1].

중성 셀룰라아제는 이 중에서도 면 기반 데님 표면개질에 직접 연결됩니다. 부식 사용량을 줄일 수 있다면 부식 파편, 슬러지, 기계 부품 마모, 의류 손상에 따른 재작업 부담도 낮아질 수 있습니다. 또한 표면 가수분해를 통해 원하는 워싱 효과를 더 온화한 조건에서 얻을 수 있다면, 공정 전체의 에너

지와 화학물질 사용을 줄이는 방향으로 설계할 수 있습니다. 다만 효소 자체가 모든 환경 문제를 해결하는 것은 아닙니다. 워싱 공정의 물 사용량, 린스 조건, 염료와 보조제, 폐수 처리 체계가 함께 관리되어야 지속가능성 개선이 실제로 나타납니다.

섬유 폐기물의 생물공학적 가치화 연구에서도 셀룰라아제를 포함한 효소 처리는 면·혼방 섬유의 셀룰로오스 성분을 다루는 핵심 도구로 다뤄집니다 [7]. 이는 데님 워싱과 직접 동일한 공정은 아니지만, 셀룰라아제가 섬유 산업에서 셀룰로오스 기반 소재를 개질·분해·재활용하는 중심 효소군임을 보여줍니다. 데님 워싱용 중성 셀룰라아제의 실무적 의미도 이 연장선에 있습니다. 즉, 원단을 과격하게 손상시키는 대신, 표면 셀룰로오스를 목표 수준에서 조절하는 생물공정 도구입니다.



Figure 4. 부석만을 사용한 마모 공정과 비교했을 때, 중성 셀룰라아제를 이용한 데님 워싱은 원단 손상이 적고 고형 폐기물이 줄어들며 더 제어된 페이딩 효과를 제공합니다.

중성 셀룰라아제와 다른 섬유 효소의 차이

섬유 가공에는 셀룰라아제 외에도 아밀라아제, 펙티나아제, 리파아제, 프로테아제, 락카아제 등이 사용될 수 있습니다. 각 효소는 작용 기질이 다르므로 데님 워싱에서의 역할도 다릅니다. 아밀라아제는 전분 호제를 제거하는 데 쓰이며, 펙티나아제는 면섬유의 불순물 제거와 정련에 관여할 수 있습니다. 락카아제와 같은 산화효소는 특정 염료 구조나 폐수 처리와 더 밀접하게 연결됩니다. 반면 셀룰라아제는 면섬유 자체의 셀룰로오스 표면을 개질합니다.

이 차이를 혼동하면 제품 기대치가 잘못 설정될 수 있습니다. 중성 셀룰라아제는 염료 폐수를 직접 탈색하는 효소가 아니라, 데님 원단 표면의 셀룰로오스층을 부분적으로 가수분해하는 효소입니다. 그러므로 데님 의류의 자연스러운 페이딩, 보풀 감소, 촉감 개선, 스톤워싱 보완에는 적합하지만, 폐

수 속 인디고나 기타 염료를 분해하는 주효소로 설명하는 것은 정확하지 않습니다. 섬유 산업에서 생명공학적인 효소 활용은 효소별 기질 특이성을 바탕으로 공정 목적에 맞게 구분되어야 합니다 [6].

셀룰라아제 내부에서도 작용 양식은 다릅니다. Endoglucanase는 셀룰로오스 사슬 내부를 절단해 표면 섬유를 약화시키는 데 중요하고, exoglucanase는 사슬 말단에서 작용하며, β -glucosidase는 더 작은 당으로 분해하는 단계에 관여합니다. 데님 워싱에서는 완전한 당화보다 표면 섬유의 제어된 약화가 목적이므로, 실제 성능은 효소 조성, 안정화, 공정 조건의 균형에 좌우됩니다. 데님 바이오스톤 워싱 셀룰라아제와 관련된 endo- β -1,4-glucanase 연구가 의미 있는 이유도 이 표면 절단 작용이 데님 가공 결과와 밀접하기 때문입니다 [2].

공정에서 결과를 좌우하는 변수

중성 셀룰라아제의 결과는 효소 하나만으로 결정되지 않습니다. 같은 효소라도 진한 인디고 데님과 가벼운 중량의 라이트 데님에서 외관이 다르게 나타날 수 있습니다. 원단의 밀도, 실의 굵기, 꼬임, 방적 방식, 염색 깊이, 전처리 이력은 효소 접근성과 마찰 반응을 바꿉니다. 특히 표면에 노출된 셀룰로오스가 많거나 이미 기계적으로 손상된 원단은 효소 반응이 더 빠르게 외관 변화로 이어질 수 있습니다.

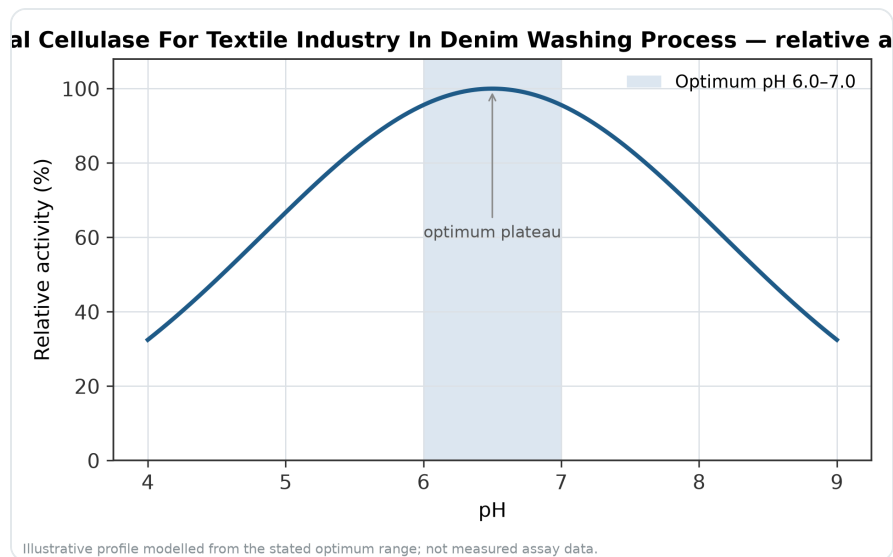


Figure 5. pH에 따른 데님 워싱 공정용 섬유 산업 중성 셀룰라아제의 상대 활성으로, pH 6.0-7.0에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

세탁 설비의 기계적 작용도 중요합니다. 드럼의 낙차, 회전 패턴, 적재량, 의류 간 마찰은 효소가 약화시킨 표면 섬유를 실제로 제거하는 힘입니다. 효소 반응이 충분해도 마찰이 너무 약하면 페이딩이 기대보다 적을 수 있고, 반대로 기계적 마찰이 강하면 효소 처리와 결합해 과마모가 발생할 수 있습니다. 물리적 작용과 생화학 반응의 균형이 데님 워싱 품질을 좌우합니다.

공정 조건 역시 민감합니다. 중성 셀룰라아제는 일반적으로 중성 부근의 수계 조건에서 고려되지만, 실제 운전은 제품 사양과 공정 설계에 따라 달라집니다. 온도, pH, 시간, 욕비, 염분이나 계면활성제, 소프트너와의 순서, 후세정 방식은 효소의 표면 작용과 반응 종료에 영향을 줍니다. 효소 기반 천연 섬유 가공 연구는 이러한 공정 변수의 제어가 섬유 손상 저감과 원하는 물성 확보에 중요하다는 점을 반복적으로 보여줍니다 [3].

기대할 수 있는 품질 효과

중성 셀룰라아제를 적절히 적용하면 데님 표면의 잔털이 감소하고, 촉감이 더 부드러워지며, 인디고 페이딩이 더 자연스럽게 나타날 수 있습니다. 특히 부석만 사용할 때보다 표면 처리의 균일성을 높일 수 있고, 디자인에 따라 부석 사용량을 줄이는 방향으로 공정을 구성할 수 있습니다. 데님 원단을 대상으로 한 지속가능한 바이오피니싱 연구도 셀룰라아제가 환경 영향 저감과 표면 품질 개선을 함께 겨냥할 수 있는 효소임을 보여주는 흐름에 속합니다 [4].

외관 측면에서는 하이라이트 부위의 색상 변화, 봉제선 주변의 자연스러운 마모, 전체 표면의 클린업, 거친 보풀의 감소가 주요 결과입니다. 촉감 측면에서는 표면 섬유가 정리되면서 손에 걸리는 느낌이 줄고, 착용감이 부드러워질 수 있습니다. 생산 측면에서는 부석 처리 후 청소, 기계 마모, 배수 부담, 의류 손상에 따른 불량률을 낮추는 방향으로 효소 공정이 검토될 수 있습니다.

다만 “효소 워싱 = 항상 원단 손상 없음”은 아닙니다. 셀룰라아제는 실제로 셀룰로오스를 절단하는 효소이므로, 처리 강도가 높거나 시간이 길거나 기계적 마찰이 강하면 중량 감소, 인장강도 저하, 봉제부 약화, 과도한 백화가 나타날 수 있습니다. 효소 공정의 장점은 무조건 강하게 작용하는 데 있는 것이 아니라, 원하는 외관에 필요한 수준까지만 표면을 제어하는 데 있습니다.

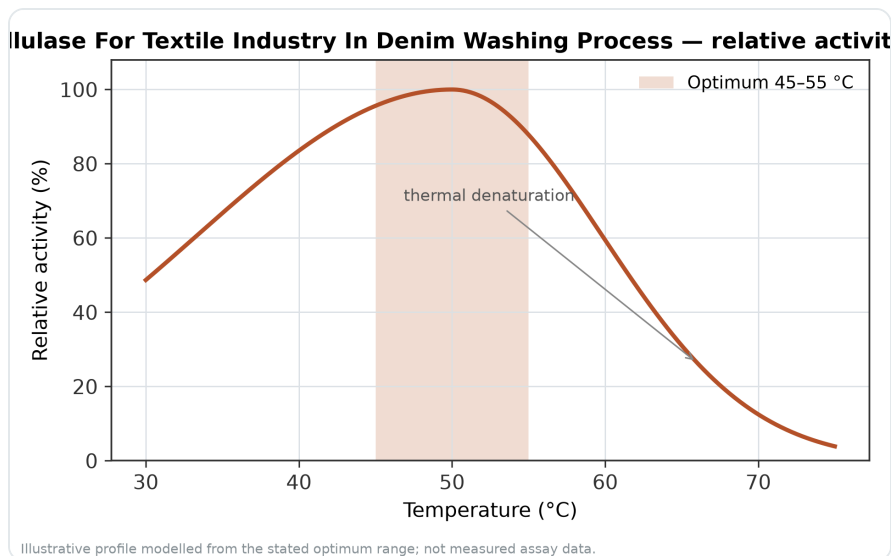


Figure 6. 온도에 따른 데님 워싱 공정용 섬유 산업 중성 셀룰라아제의 상대 활성으로, 45–55°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열변성으로 인한 특징적인 활성 저하가 나타납니다.

폴리에스터/면 혼방 데님에서의 고려점

데님 제품에는 순면뿐 아니라 폴리에스터/면 혼방, 엘라스테인 함유 스트레치 데님도 많습니다. 중성 셀룰라아제는 셀룰로오스에 작용하므로, 폴리에스터 자체를 분해하거나 엘라스테인 성분을 목표로 작용하지 않습니다. 따라서 혼방 데님에서 효소 효과는 면 성분이 표면에 얼마나 노출되어 있는지, 염색과 가공이 어느 섬유상에 주로 존재하는지에 따라 달라집니다.

폴리에스터/면 혼방 섬유 폐기물을 셀룰라아제 처리 후 재사용하는 연구는 셀룰라아제가 혼방 소재에서도 셀룰로오스 성분을 선택적으로 다루는 데 활용될 수 있음을 보여줍니다 [8]. 데님 워싱에서는 이 선택성이 장점이 될 수 있습니다. 면 표면만 부분적으로 개질해 촉감과 페이딩을 조절하면서, 합성섬유 성분은 상대적으로 효소 반응의 직접 대상이 되지 않기 때문입니다. 그러나 스트레치 데님에서는 기계적 마찰, 온도, 후가공이 탄성 회복과 치수 안정성에 영향을 줄 수 있으므로, 셀룰라아제 효과만 따로 떼어 보기는 어렵습니다.

혼방 데님에서 색상 변화가 순면 데님보다 약하거나 다르게 보일 수 있는 이유도 여기에 있습니다. 면 함량이 낮거나 폴리에스터가 표면을 많이 차지하면 셀룰라아제가 접근할 셀룰로오스 표면이 줄어듭니다. 반대로 면섬유가 표면에 많이 노출된 혼방 구조라면 셀룰라아제의 표면 정리 효과가 비교적 뚜렷할 수 있습니다.

한계: 중성 셀룰라아제가 해결하지 않는 문제

중성 셀룰라아제는 데님 워싱에 유용하지만, 모든 가공 문제의 단일 해법은 아닙니다. 첫째, 염료 분해 효소가 아닙니다. 인디고 색을 밝게 보이게 할 수는 있지만, 그 기전은 염료 분자 산화가 아니라 표면 셀룰로오스 제거입니다. 폐수 탈색이나 염료 분해를 목표로 한다면 다른 효소 또는 폐수 처리 기술이 별도로 검토되는 영역입니다.

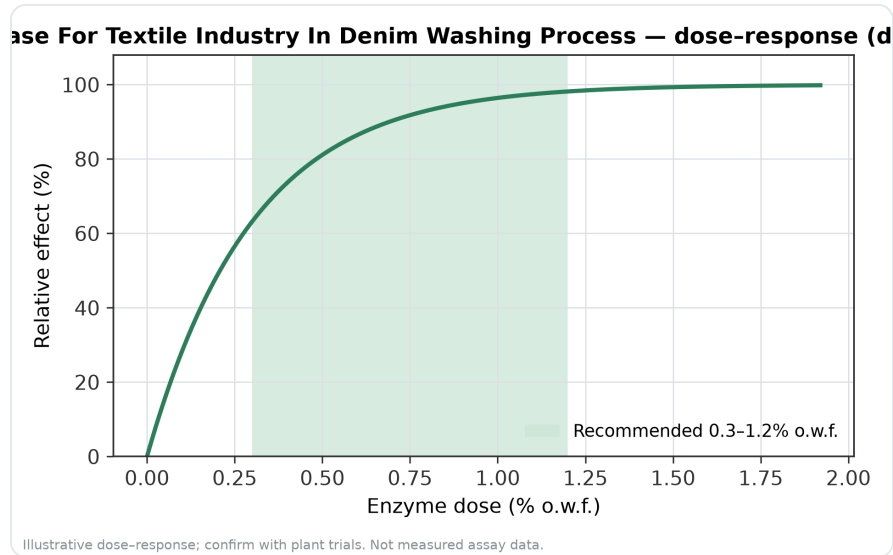


Figure 7. 권장 사용 범위(원단 중량 대비 0.3–1.2%)에서 데님 워싱 공정용 섬유 산업 중성 셀룰라아제의 예시적 용량-반응 관계입니다.

둘째, 강도 손상 위험을 완전히 없애지 않습니다. 셀룰라아제는 면섬유의 주성분을 기질로 삼기 때문에, 과도한 처리에서는 표면을 넘어 원단 물성에 영향을 줄 수 있습니다. 셋째, 모든 데님 디자인에서 동일한 페이딩을 보장하지 않습니다. 동일한 효소라도 원단, 염색, 봉제, 기계 조건, 물성, 후처리가 다르다면 결과가 달라집니다. 섬유 효소 적용 연구에서는 이러한 조건 의존성이 효소 공정의 중요한 특성으로 다뤄집니다 [1].

넷째, 효소만으로 부식 효과를 항상 완전히 대체할 수 있는 것은 아닙니다. 어떤 디자인은 강한 국부 마모와 불규칙한 빈티지 대비를 요구하며, 이 경우 제한적 물리 마찰과 효소 처리를 조합하는 방식이 더 적합할 수 있습니다. 반대로 부드러운 소프트 워시나 균일한 라이트 페이드가 목표라면 효소 중심 공정이 더 적절할 수 있습니다.

Enzymes.bio 제품 정보와 구매 방식

Enzymes.bio의 **Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process**는 데님 워싱 공정에서 표면 미세 마모, 바이오스톤워싱, 바이오폴리싱, 촉감 개선, 부식 사용량 저감 등을 목적으로 사용할 수 있는 중성 셀룰라아제 제품입니다. Enzymes.bio는 제조사나 시험·분석 실험실이 아니라 온라인 공급업체입니다. 제품은 1kg 단위로 온라인에서 직접 구매할 수 있으며, CoA와 SDS는 주문 시 함께 제공됩니다.

이 제품은 데님 의류 워싱 업체, 면 기반 원단 후가공 업체, 부식 의존도를 낮추려는 가공 라인, 표면 잔털과 촉감을 개선하려는 생산팀이 검토할 수 있는 효소 기반 소재입니다. 제품의 핵심 가치는 강한 화학 표백을 대신한다는 점이 아니라, 면섬유 표면에 선택적으로 작용해 데님 외관과 촉감을 조절하는 데 있습니다. 셀룰라아제의 섬유 산업 적용은 데님, 면섬유 표면 개질, 천연섬유 가공, 지속가능한 섬유 공정이라는 여러 연구 흐름과 연결됩니다 [9].

구매 후 실제 적용에서는 각 공장의 원단과 설비 조건에 따라 결과가 달라질 수 있습니다. 따라서 이 제품은 특정 색상, 특정 마모 패턴, 특정 강도 유지 수치를 자동으로 보장하는 완제품 공정 패키지가 아니라, 데님 워싱 설계에 투입되는 효소 원료로 이해하는 것이 적절합니다. 원하는 외관이 자연스러운 페이딩인지, 진한 색상 유지와 표면 정리인지, 부서져 저감인지에 따라 효소 처리의 위치와 강도는 달라집니다.

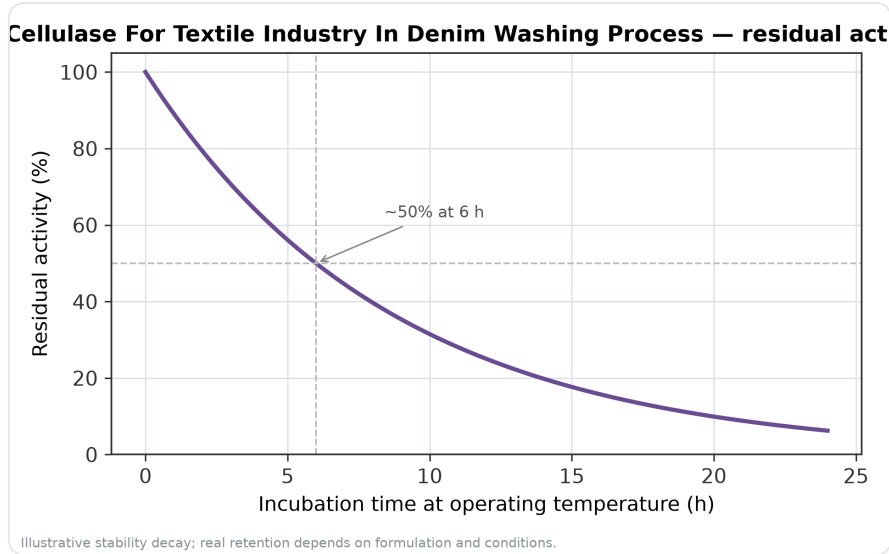


Figure 8. 데님 워싱 공정용 섬유 산업 중성 셀룰라아제의 예시적 열안정성 감소 곡선으로, 작업 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

결론: 데님 표면을 정밀하게 다루는 효소 도구

중성 셀룰라아제는 데님 워싱에서 면섬유 표면의 셀룰로오스를 부분적으로 가수분해하여 인디고 표면층의 미세 탈락, 보풀 감소, 촉감 개선, 바이오스톤워싱 효과를 만드는 효소입니다. 기존 부서져 스톤워싱의 강한 물리 마찰을 보완하거나 줄일 수 있으며, 지속가능한 섬유 가공에서 셀룰라아제는 데님과 면섬유 표면개질의 핵심 효소군으로 연구되어 왔습니다 [2].

가장 중요한 점은 중성 셀룰라아제가 "염료를 직접 표백하는 화학제"가 아니라 "셀룰로오스 표면을 제어해 워싱 외관을 만드는 효소"라는 것입니다. 이 차이를 이해하면 제품의 장점과 한계를 명확히 볼 수 있습니다. 자연스러운 페이딩, 표면 클린업, 부드러운 촉감, 부서져 저감에는 적합하지만, 모든 데님에서 동일한 결과를 보장하거나 폐수 염료를 직접 분해하는 용도로 설명해서는 안 됩니다.

Enzymes.bio는 이 중성 셀룰라아제를 1kg 단위로 온라인 공급하며, 주문 시 CoA와 SDS를 함께 제공합니다. 데님 워싱 공정에서 효소 기반 표면개질을 도입하려는 사용자는 이 제품을 부서져, 소프트닝, 후세정, 기타 가공 단계와 함께 설계되는 실용적인 효소 소재로 이해할 수 있습니다.

Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process 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.

[Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process 구매하기 →](#)

참고문헌

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

1. Kabir, S. M. M., & Koh, J. (2021). Sustainable Textile Processing by Enzyme Applications. *Biodegradation [Working Title]*.
2. Ahmed, J., Asma-Ul-Taslim, J., Raihan, T., Shohag, M., Hasan, M., Suhani, S., Qadri, F., ... et al. (2022). Characterization of an endo-beta-1,4 glucanase gene from paper-degrading and denim bio-stoning cellulase producing Aspergillus isolates. *Biotechnology and applied biochemistry*, 70, 1057 - 1071.
3. Shahid, M., Mohammad, F., Chen, G., Tang, R., & Xing, T. (2016). Enzymatic processing of natural fibres: white biotechnology for sustainable development. *Green Chemistry*, 18, 2256-2281.
4. Demirkan, E., Kut, D., Karakaya, E., Yıldırım, İ., Liaqat, F., & Khazi, M. I. (2026). Sustainable bio-finishing of denim fabric using a novel thermostable cellulase from mutant Bacillus subtilis IE3 for reduced environmental impact. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151223 .
5. Samanta, K. K., Basak, S., & Chattopadhyay, S. (2017). Environmentally friendly denim processing using water-free technologies.
6. Adeel, S., Kamal, S., Ahmad, T., Bibi, I., Rehman, S., Kamal, A., & Saleem, A. (2020). Biotechnology: An Eco-friendly Tool of Nature for Textile Industries.
7. Zangelmi, E., Antonelli, N., Rocca, J. L., Broggin, G., Pollegioni, L., & Rosini, E. (2025). A biotechnological platform for the valorization of textile waste blend. *Bioresource Technology*, 133781 .
8. Darwesh, O., Al-Balakocy, N., Ghanem, A., & Matter, I. (2023). Application of microalgal-ZnO-NPs for reusing polyester/cotton blended fabric wastes after modification by cellulases enzymes. *Waste Disposal & Sustainable Energy*, 5, 471 - 482.
9. Kizmaz, K., Emire, Z., & Uğraş, S. (2025). Characterization of cellulase by Cellvibrio polysaccharolyticus and assessment of its application in the textile industry. *Journal of the Textile Institute*, 117, 785 - 796.


Enzymes.bio 문의

주문에 관해 궁금한 점이 있으신가요? 기꺼이 도와드리겠습니다.


이메일 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