

# Alkaline Protease 효소: 세제, 단백질 가수분해, 가죽·섬유 공정용 알칼리성 단백질 분해 효소

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

Alkaline Protease는 알칼리 조건에서 단백질의 펩타이드 결합을 절단해 큰 단백질을 더 작은 펩타이드로 바꾸는 효소군입니다. 산업적으로는 단백질 얼룩 제거, 단백질 원료 가수분해, 가죽 제모·bating, 섬유 전처리, 단백질성 부산물 처리에 사용되며, 특히 세제와 알칼리 세정 공정에서 연구 근거가 두껍습니다 <sup>[1]</sup>. Enzymes.bio는 제조사나 분석 실험실이 아니라 효소 공급업체이며, Alkaline Protease 제품은 1 kg 단위로 온라인 직접 구매할 수 있고 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다 .

## Alkaline Protease란 무엇인가: “알칼리 조건에서 작동하는 단백질 절단 효소”

Alkaline Protease, 즉 알칼리성 프로테아제는 단백질 사슬의 펩타이드 결합을 물로 절단하는 프로테아제 중에서도 중성보다 높은 pH 조건에서 기능하도록 선별·생산되는 효소를 가리킵니다. “alkaline protease enzyme”이라는 표현은 하나의 단일 분자를 뜻하기보다, 알칼리 환경에서 단백질 분해 기능을 수행하는 효소 제품군 또는 효소 계열을 뜻하는 실무적 명칭에 가깝습니다. 위키백과식의 짧은 정의로는 “알칼리에서 작동하는 단백질 분해효소”라고 설명할 수 있지만, 실제 산업 문서에서는 어떤 단백질 기질을 얼마나 잘 노출시키고, 세제·염·온도·공정 시간과 함께 어떻게 작동하는지가 더 중요합니다 <sup>[1]</sup>.

핵심 기능은 단순합니다. 혈액, 계란, 우유, 육류, 대두 단백질, 깃털 케라틴, 가죽의 비구조 단백질처럼 큰 단백질성 물질은 표면에 달라붙거나 물에 잘 분산되지 않을 수 있습니다. Alkaline Protease는 이 단백질의 사슬을 짧게 잘라 물, 계면활성제, 물리적 교반, 후속 여과 또는 세정 단계가 더 쉽게 처리할 수 있는 형태로 전환합니다. 그래서 alkaline protease uses를 검색하면 세제, 세정, 식품·사료 단백질 가수분해, 제혁, 섬유, 부산물 자원화가 반복적으로 등장합니다 <sup>[2]</sup>.

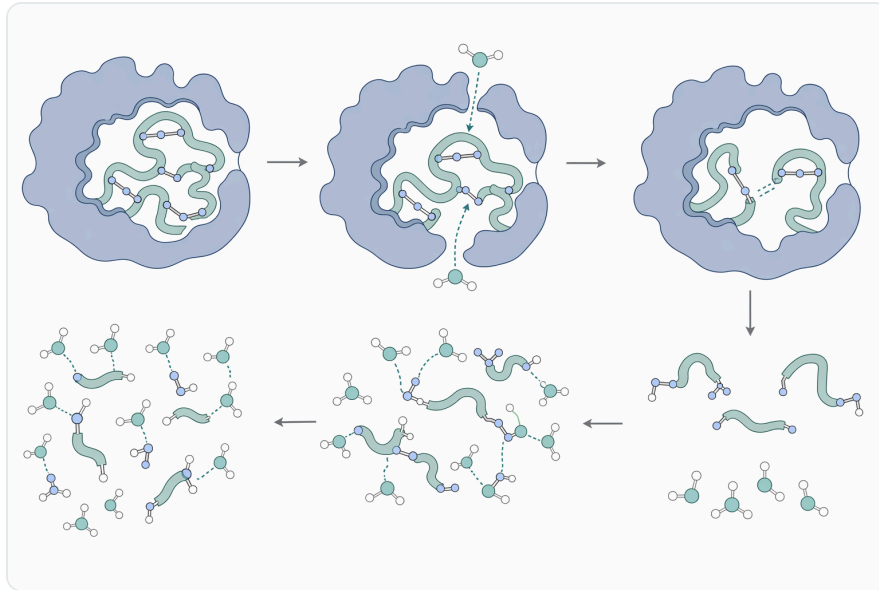
산업적으로 중요한 이유는 알칼리 조건 자체가 흔하기 때문입니다. 세탁세제와 산업 세정액은 대개 알칼리성을 띠고, 가죽 제모나 섬유 전처리에서도 높은 pH 조건이 사용될 수 있습니다. 일반적인 단백질은 알칼리 조건에서 부분적으로 펼쳐져 효소 접근성이 커질 수 있지만, 효소 자체가 그 조건에서 구조를 유지하지 못하면 의미가 없습니다. 알칼리성 프로테아제는 바로 이 간극, 즉 “단백질은 노출되지만 효소는 버티는” 공정 창을 활용하는 효소입니다 <sup>[3]</sup>.

## 작동 기전: 펩타이드 결합을 잘라 단백질을 세정·가공 가능한 조각으로 만든다

단백질은 아미노산이 펩타이드 결합으로 연결된 고분자입니다. Alkaline Protease의 alkaline protease function은 이 결합의 카보닐 탄소를 표적으로 삼아 가수분해를 촉진하는 것입니다. 결과적으로 한 개의 긴 단백질 사슬은 여러 개의 짧은 펩타이드로 나뉘고, 표면에 붙어 있던 단백질성 오염은 응집력이 약해지며, 원료 단백질은 용해성·분산성·효소적 접근성이 달라질 수 있습니다 [4].

특히 많은 산업용 alkaline serine protease는 세린 잔기를 촉매 중심에 둡니다. 전형적인 세린 프로테아제에서는 활성부위의 세린이 펩타이드 결합의 카보닐 탄소를 공격해 사면체 중간체를 만들고, 이어 아실-효소 중간체가 형성됩니다. 그다음 물 분자가 들어와 중간체를 분해하면서 절단된 펩타이드가 방출됩니다. 이 반응은 단백질 전체를 무작위로 “녹이는” 것이 아니라, 효소의 기질 결합 포켓이 허용하는 위치에서 반복적으로 절단을 일으키는 방식입니다. *Penicillium chrysogenum* 유래 세린 알칼리성 프로테아제가 섬유 처리용 bio-additive로 특성화된 사례도 이러한 세린계 효소가 산업 응용 후보로 평가되는 배경을 보여줍니다 [4].

모든 알칼리성 프로테아제가 세린 프로테아제인 것은 아닙니다. 일부는 금속 이온을 촉매나 구조 안정화에 활용하는 metalloprotease 계열이고, 일부는 미생물 종과 발현 시스템에 따라 다른 구조적 특성을 보입니다. 따라서 “alkaline protease structure”를 볼 때는 제품명만으로 단정하지 말고, 알칼리 안정성을 뒷받침하는 표면 전하 분포, 염다리, 칼슘 결합 부위, 루프 유연성, 소수성 코어의 치밀성 같은 구조 요소를 함께 이해해야 합니다. 저온 적응성 알칼리성 프로테아제 변이를 분자동역학과 잔기 상호작용 네트워크로 분석한 연구는 활성과 안정성이 단순한 한 가지 요인보다 여러 구조 요소의 균형에 의해 결정됨을 보여줍니다 [5].



**Figure 1.** 알칼리성 프로테아제는 큰 단백질의 펩타이드 결합을 가수분해해 더 쉽게 분산되거나 용해되거나 떨어져 나가는 작은 펩타이드를 생성합니다.

## Alkaline Protease enzyme examples: 어떤 미생물이 생산하는가

알칼리성 프로테아제 연구에서 가장 자주 등장하는 alkaline protease producing bacteria는 *Bacillus* 계열입니다. *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* 등은 세포외 효소를 분비하고 산업 발효에 적합한 특성 때문에 protease 생산 연구에서 반복적으로 사용됩니다. *Bacillus licheniformis* 유래 안정 프로테아제는 생산 최적화, 동역학·열역학 특성화, 사용된 X-ray 필름에서는 회수 응용까지 검토된 바 있습니다 [6].

*Bacillus subtilis*도 대표적인 alkaline protease enzyme examples 중 하나입니다. *Bacillus subtilis* D9에서 유래한 알칼리성 프로테아제를 *Saccharomyces cerevisiae* OS303에서 발현한 연구는 효소 자체의 특성과 더불어, 생산 숙주를 바꾸어 발현시키는 접근이 가능함을 보여줍니다 [7]. 또한 *Bacillus subtilis* 균주에 농산업 부산물을 활용하거나 변이 처리와 발효 조건을 결합해 alkaline protease production을 높이려는 연구도 다수 보고되어, 생산 공정 최적화가 효소 성능만큼 중요한 연구 축임을 보여줍니다 [8].

*Bacillus* 이외에도 *Nocardopsis*, *Trichoderma*, *Penicillium* 같은 세균·방선균·진균이 알칼리성 프로테아제 생산원으로 연구되었습니다. Haloalkaliphilic actinobacteria인 *Nocardopsis alba* OM-4는 농업 폐기물을 활용한 고체상 발효에서 알칼리성 프로테아제 생산이 검토되었고, *Trichoderma longibrachiatum* 및 *Penicillium rubidurum*은 여러 농산업 부산물을 이용한 생물생산 연구에서 다루어졌습니다 [[17], [3]]. 이처럼 "alkaline protease production"은 단순히 균을 키우는 문제가 아니라, 저가 기질, 발효 방식, 분비 능력, 효소 안정성, 최종 응용성을 함께 맞추는 분야입니다.

## 주요 응용 분야 비교: 세정, 단백질 가공, 가죽, 섬유, 부산물 처리

아래 표는 alkaline protease application을 공정 관점에서 정리한 것입니다. 같은 알칼리성 프로테아제라도 응용 분야에 따라 기대 효과, 주요 기질, 고려해야 할 공정 변수가 달라집니다.

응용 분야	주요 단백질 기질	Alkaline Protease의 역할	공정상 기대 효과	연구 근거의 성격
세제·산업 세정	혈액, 계란, 우유, 체액, 식품 단백질	표면에 붙은 단백질을 짧은 펩타이드로 절단	단백질 얼룩 제거 보조, 계면활성제 세정성 보완	Bacillus 계열 프로테아제의 세제 안정성·세정 적용 연구가 활발함 [3]
단백질 가수분해	대두, 육류, 유제품, 식물성·동물성 단백질	큰 단백질을 펩타이드로 전환	용해성, 분산성, 후속 가공성 개선 가능	미생물·진균 유래 효소 생산 및 기질 활용 연구가 축적됨 [9]
가죽 공정	털 주변 단백질, 비구조 단백질	제모와 bating 단계에서 단백질성 결합 약화	강한 화학 처리 부담 완화 가능	제모용 효소 제형 및 친환경 공정 연구가 보고됨 [10]
섬유 처리	단백질성 잔류물, 천연섬유 표면 불순물	표면 단백질 제거 또는 전처리 보조	촉감·염색·세정 공정 개선 가능	Penicillium 유래 세린 알칼리성 프로테아제의 섬유 bio-additive 연구가 있음 [4]
부산물 자원화	깃털, 어류 부산물, 농산업 단백질 잔사	난분해성 단백질을 가수분해	폐기물 감소, 펩타이드 기반 원료화 가능	깃털 분해 및 농산업 폐기물 기반 생산 연구가 증가함 [2]
특수 소재·필름 처리	젤라틴, 단백질 코팅층	단백질층을 선택적으로 분해	X-ray 필름 은 회수 등 특수 처리	Bacillus licheniformis 유래 효소 응용 연구가 있음 [6]

## 세제와 알칼리 세정: alkaline protease detergent 응용의 핵심

세제 분야에서 alkaline protease detergent라는 검색어가 자주 쓰이는 이유는 명확합니다. 세탁물과 산업 표면에서 제거하기 어려운 오염 중 상당수가 단백질성 오염이기 때문입니다. 혈액은 혈장 단백질과 헤모글로빈을 포함하고, 계란과 우유는 열이나 건조 과정에서 표면에 강하게 부착될 수 있습니다. 계면활성제는 지방과 입자 오염을 분산시키는 데 효과적이지만, 변성된 단백질 덩어리를 펩타이드 수준으로 쪼개는 작용은 프로테아제가 담당합니다 [3].



**Figure 2.** 산성, 중성, 알칼리성 프로테아제는 단백질 가수분해 활성이 가장 유용하게 작용하는 공정의 pH 환경에 따라 구분됩니다.

알칼리 세정액에서는 단백질이 팽윤하거나 부분 변성되어 효소 접근성이 커질 수 있습니다. 이때 알칼리성 프로테아제는 계면활성제와 경쟁하는 것이 아니라 역할을 나눕니다. 효소는 단백질 사슬을 절단하고, 계면활성제는 잘라진 조각과 함께 지방·입자를 분산시키며, 알칼리 빌더는 pH와 이온 환경을 유지합니다. 따라서 alkaline protease solution 역할은 “단독 세정제”라기보다 단백질성 오염을 화학적 세정 시스템이 처리하기 쉬운 형태로 바꾸는 생촉매 역할입니다.

최근 *Bacillus weizmannii* B2 균주는 알칼리, 열, 산화제, 계면활성제에 안정한 protease 생산 균주로 보고되었고, detergency 측면에서도 효율성이 강조되었습니다 [3]. *Bacillus* 내생균을 선별해 protease 생산과 깃털 분해, bio-detergent additive 응용을 함께 검토한 연구도 있습니다 [2]. 이러한 연구들은 세제용 알칼리성 프로테아제에서 단백질 절단 활성만큼 중요한 요소가 세제 조성에 대한 내성임을 보여줍니다.

## 단백질 원료 가공: 가수분해물의 물성과 공정성을 바꾸는 효소

식품·사료·발효 원료 분야에서 Alkaline Protease는 단백질을 펩타이드로 부분 가수분해하는 데 사용됩니다. 단백질 가수분해는 단순한 분해가 아니라 물성 조절입니다. 큰 단백질이 짧은 펩타이드로 바뀌면 용해도, 점도, 침전성, 유화성, 쓴맛, 여과성, 열 안정성 등이 달라질 수 있습니다. 따라서 단백질 원료 가공에서 alkaline protease application은 “더 많이 분해”가 아니라 “목표 물성에 맞게 절단 정도를 조절”하는 접근에 가깝습니다 [9].

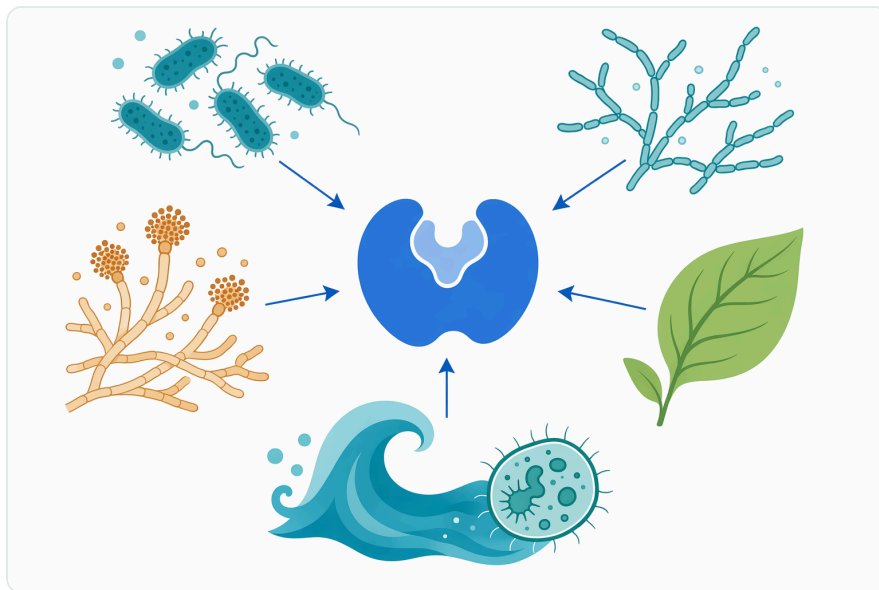
대두, 유제품, 육류 부산물, 어류 부산물, 식물성 단백질 같은 원료는 각기 구조가 다릅니다. 글로불린이 많은 식물성 단백질, 콜라겐성 단백질이 섞인 동물성 부산물, 고염 환경의 발효 원료는 효소 접근성과 반응성이 다릅니다. *Trichoderma longibrachiatum* 및 *Penicillium rubidurum*을 이용해 다양

한 농산업 산물에서 알칼리성 프로테아제를 생물생산한 연구는, 효소 생산과 단백질성 자원 활용이 서로 연결된 분야임을 보여줍니다 [9].

농산업 폐기물을 활용한 protease production 연구도 중요합니다. Bacillus subtilis IAS01을 이용한 고체상 발효 최적화 연구, Bacillus subtilis M-9의 변이 처리와 농산업 폐기물 활용 연구, 브라질 농산업 폐기물의 효소 합성 가치화 연구는 모두 단백질 분해 효소를 더 지속가능한 공급망과 연결하려는 흐름에 속합니다 [[22], [24]]. 다만 이러한 연구는 특정 제품의 동일 성능을 보장한다기보다, 미생물·기질·발효 조건을 조합해 알칼리성 프로테아제를 생산할 수 있음을 보여주는 생산 기술 근거로 읽는 것이 정확합니다.

## 가죽과 섬유: 강한 화학 처리의 일부를 효소 반응으로 대체 또는 보완

가죽 공정에서 제모와 bating은 단백질 분해 반응이 핵심입니다. 전통적으로 강알칼리와 황화물계 화학물질이 사용될 수 있지만, 이는 폐수 부하와 작업 환경 문제를 유발할 수 있습니다. Alkaline Protease는 털 주변의 단백질성 결합과 비구조 단백질을 선택적으로 약화시켜 제모를 보조하고, 가죽 조직을 지나치게 손상시키지 않는 방향의 공정 설계에 기여할 수 있습니다 [10].



**Figure 3.** 알칼리성 프로테아제는 세균, 방선균, 곰팡이, 식물 및 해양 관련 생물에서 보고된 기능성 효소 범주입니다.

감자 껍질 기반 배지를 활용해 nano-silver alkaline protease bio-conjugate 제모 제형을 개발한 연구는, 알칼리성 프로테아제가 친환경 제모 공정의 후보로 계속 검토되고 있음을 보여줍니다 [10]. 여기서 중요한 점은 효소 제모가 “화학물질을 전혀 쓰지 않는 마법 같은 대체”라기보다, 단백질 절단 반응을 활용해 특정 화학 처리의 강도나 시간을 낮추는 방향으로 평가된다는 점입니다. 실제 가죽 품질은 원피 상태, 털 종류, pH, 온도, 기계적 작용, 후속 공정에 의해 크게 달라집니다.

섬유 분야에서는 단백질성 잔류물 제거, 천연섬유 표면 처리, 세정 전처리, bio-additive 적용이 주요 맥락입니다. *Penicillium chrysogenum* strain X5에서 생산된 세린 알칼리성 프로테아제는 섬유 처리용 우수 bio-additive로 특성화된 바 있습니다 [4]. 또한 hemp fibre bio-composites 분야의 리뷰에서도 섬유 처리와 지속가능한 구조 소재를 연결하는 효소적·화학적 처리의 중요성이 논의됩니다 [11]. 알칼리성 프로테아제는 셀룰로오스를 직접 절단하는 cellulase가 아니므로, 섬유소 자체를 분해하기보다 단백질성 불순물이나 표면 성분을 처리하는 역할로 이해해야 합니다.

## 특수 응용: X-ray 필름, 깃털, 생분해성 플라스틱 연구

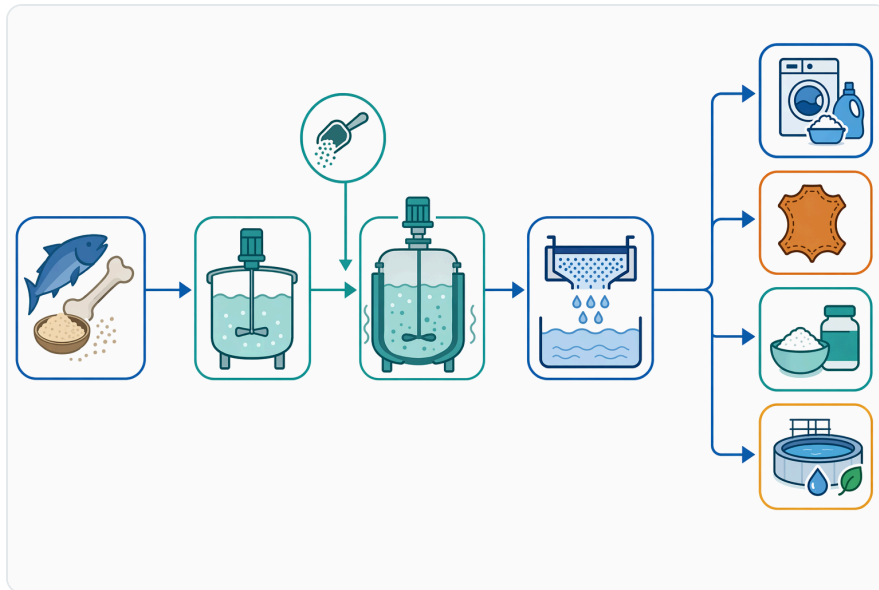
Alkaline Protease는 단백질성 층을 선택적으로 제거해야 하는 특수 공정에도 사용될 수 있습니다. 사용된 X-ray 필름에는 은을 포함한 젤라틴층이 존재하며, 이 젤라틴은 단백질입니다. *Bacillus licheniformis*-MA1 유래 안정 protease 연구는 생산 최적화와 특성화뿐 아니라, 사용된 X-ray 필름에서 은 회수 응용을 함께 다루었습니다 [6]. 이는 “단백질층을 효소로 제거하고 무기 성분을 회수한다”는 점에서 매우 명확한 응용 논리를 갖습니다.

깃털 분해도 많이 연구됩니다. 깃털의 케라틴은 구조적으로 강하고 난분해성이지만, protease와 keratinase 계열 효소가 접근하면 펩타이드화될 수 있습니다. *Bacillus* spp. 내생균을 대상으로 protease 생산을 선별하고 feather degradation 및 bio-detergent additive 적용을 평가한 연구는, 단백질성 폐기물 처리와 세제 응용이 서로 겹치는 지점을 보여줍니다 [2].

최근에는 세린 프로테아제를 이용한 polylactic acid, 즉 PLA 분해 메커니즘 연구도 보고되었습니다 [12]. 다만 이 분야는 단백질 분해라는 전통적 alkaline protease function과는 다른 고분자 분해 연구이므로, 세제·가죽·단백질 가수분해처럼 곧바로 일반화하기는 어렵습니다. 특정 serine protease가 PLA의 에스터 결합에 작용하는 사례가 있다고 해서 모든 alkaline protease solution이 생분해성 플라스틱 처리에 적합하다고 볼 수는 없습니다.

## 효소 안정성과 공정 적합성: pH만 맞으면 충분하지 않다

알칼리성 프로테아제의 이름 때문에 pH만 맞추면 된다고 생각하기 쉽지만, 실제 성능은 더 복잡적입니다. 세제에는 음이온·비이온 계면활성제, 빌더, 표백 성분, 향료, 킬레이트제, 염이 섞일 수 있고, 산업 세정액에는 금속 이온과 산화성 성분이 존재할 수 있습니다. 효소는 단백질이므로 이러한 성분이 활성부위나 전체 접힘 구조를 흔들면 성능이 떨어질 수 있습니다 [3].



**Figure 4.** 세제 세정에서는 알칼리성 팽윤, 프로테아제에 의한 절단, 계면활성제 작용, 교반, 헹굼이 함께 작용해 단백질성 얼룩과 막을 제거합니다.

고온 안정성도 마찬가지입니다. 온도가 올라가면 반응 속도는 빨라질 수 있지만, 효소가 변성되면 오히려 작동 시간이 짧아집니다. 반대로 저온 세탁이나 저온 공정에서는 구조가 너무 단단한 효소가 충분한 유연성을 확보하지 못해 반응 속도가 낮을 수 있습니다. 알칼리성 프로테아제 변이의 cold-adaptation을 분자동역학으로 분석한 연구가 있는 이유도, 저온 활성이 효소 구조의 유연성과 안정성 균형에 달려 있기 때문입니다 [5].

염 내성과 삼투압 내성도 실제 공정에서 중요합니다. *Bacillus amyloliquefaciens* BKHE는 동부 네팔의 kinema에서 분리된 열내성·삼투압 내성 균주로서 알칼리성 프로테아제 생산이 평가되었습니다 [13]. *Nocardiopsis alba* OM-4처럼 haloalkaliphilic actinobacteria를 이용한 연구도 높은 염과 알칼리 조건을 함께 고려하는 산업적 필요와 맞닿아 있습니다 [14]. 즉 “알칼리성”이라는 한 단어가 곧 “모든 가혹 조건에 안정”을 의미하지는 않습니다.

## 생산 연구의 방향: *Bacillus* 조절 시스템과 농산업 부산물 활용

Alkaline protease research paper를 살펴보면, 생산 연구는 크게 두 방향으로 나뉩니다. 첫째는 균주와 조절 시스템입니다. *Bacillus licheniformis* 2709의 transcriptomic analysis 연구는 DegS/DegU two-component system이 알칼리성 프로테아제 생합성 조절에 관여하는 분자 메커니즘을 다루었습니다 [15]. 이는 효소 생산량이 단순히 배지 조성만으로 결정되는 것이 아니라, 세포의 신호전달·전사 조절·분비 시스템과 연결된다는 점을 보여줍니다.

둘째는 저가 기질과 폐자원 활용입니다. Taguchi experimental design을 이용해 다양한 agro-industrial wastes에서 알칼리성 프로테아제를 선별·생산한 연구, 고체상 발효를 통한 생산 최적화 연구, 농산업 부산물 기반 효소 합성 가치화 연구는 모두 비용과 지속가능성을 동시에 겨냥합니다

[[38], [22]]. 산업용 효소에서 생산 비용은 최종 alkaline protease price와 공급 안정성에 영향을 줄 수 있으므로, 폐기물 기반 발효나 배지 최적화는 단순한 학술 주제가 아니라 공급망 관점에서도 의미가 있습니다.

다만 Enzymes.bio의 제품 페이지를 읽을 때는 연구 논문과 상업 제품을 구분해야 합니다. 논문은 특정 균주, 특정 배지, 특정 실험 조건에서 얻은 결과이고, 상업 효소 제품은 공급 가능한 효소 원료로서 공정 적용을 전제로 합니다. Enzymes.bio는 제조사나 실험실이 아니라 공급업체이며, 온라인 제품 페이지에서 1 kg 단위 제품을 직접 판매하고 주문 시 CoA와 SDS를 제공합니다.

## Alkaline Protease solution과 분말 원료를 이해하는 방식

“alkaline protease solution”을 검색하는 사용자는 보통 액상으로 바로 투입 가능한 효소를 찾거나, 수용액에서 효소가 어떤 역할을 하는지 알고 싶어 합니다. 용액에서의 역할은 단백질 기질과 접촉해 펩타이드 결합을 절단하는 것입니다. 그러나 실제 제품 형태는 공급처와 제품 페이지에 따라 다를 수 있고, 분말 원료를 공정액에 분산·용해해 사용하는 경우도 있습니다. 중요한 것은 형태가 아니라 공정액에서 효소가 안정하게 분산되고, 단백질 기질에 접근하며, 목표 시간 동안 반응을 유지할 수 있느냐입니다.



**Figure 5.** 알칼리성 프로테아제의 주요 응용 분야에는 세제 및 알칼리 세정, 식품·사료 단백질 변형, 가죽 가공, 단백질이 풍부한 폐기물 처리 등이 포함됩니다.

액상 세제나 세정액에서는 효소가 장기간 조성물 안에 머무를 수 있으므로 보존 안정성이 중요합니다. 반면 단백질 가수분해 공정에서는 투입 후 일정 시간 반응하고 가열, pH 조정, 여과 등 후속 단계로 넘어가는 경우가 많습니다. 가죽·섬유 공정에서는 표면 접근성, 침투성, 교반, 기계적 힘이 효소 반응과 함께 작동합니다. 따라서 alkaline protease solution 역할은 “효소가 물에 들어갔다”가 아니라 “공정액 속에서 단백질 표면을 만나 절단 반응을 지속한다”로 해석하는 것이 정확합니다.

## Enzymes.bio에서의 제품 이해: 1 kg 온라인 구매와 문서 제공

---

Enzymes.bio는 Alkaline Protease를 포함한 효소 원료를 온라인으로 제공하는 공급업체입니다. 제조사나 분석 실험실처럼 특정 균주 생산, 활성 단위 정의, 분석법 검증을 이 문서에서 설명하지 않으며, 제품은 1 kg 단위로 온라인 직접 구매하는 방식입니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되므로, 사용자는 수령 문서를 통해 해당 로트의 기본 품질 문서와 안전 정보를 확인할 수 있습니다.

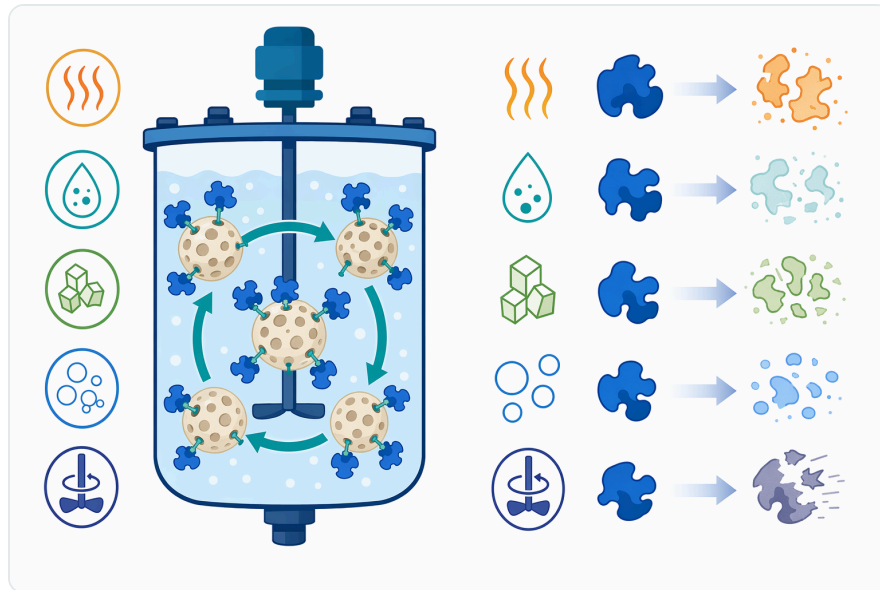
Alkaline protease sigma, alkaline protease wikipedia, alkaline protease price 같은 검색어로 정보를 찾는 사용자는 연구용 시약, 백과사전식 정의, 상업 효소 원료를 혼동하기 쉽습니다. 연구용 시약은 실험실 비교와 분석 목적에 맞춰 설명되는 경우가 많고, 백과사전 정의는 산업 공정의 계면활성제·온도·염·기질 접근성 문제를 충분히 담지 못합니다. Enzymes.bio의 Alkaline Protease는 산업 및 식품 가공 관련 용도의 효소 원료로 이해하는 것이 적절하며, 인체 섭취용 일반 소매 제품으로 해석해서는 안 됩니다.

가격을 확인하려는 경우에도 "견적 요청"이나 "대량 주문 상담"이 아니라, 온라인 제품 페이지에서 판매 단위와 구매 조건을 확인하는 구조입니다. 이 문서는 조달 체크리스트가 아니라, 사용자가 알칼리성 프로테아제의 기능과 응용 근거를 정확히 이해하도록 돕는 기술 설명입니다.

## 적용 시 해석해야 할 한계: 단백질 전용 효소라는 점

---

Alkaline Protease는 단백질 분해 효소입니다. 따라서 지방 얼룩에는 lipase, 전분 오염에는 amylase, 섬유소성 오염에는 cellulase, 펙틴성 물질에는 pectinase가 더 직접적인 효소일 수 있습니다. 단백질·지방·전분이 혼합된 식품 오염에서는 알칼리성 프로테아제 단독보다 다른 효소 또는 계면활성제와의 조합이 더 적합할 수 있습니다. 이 점을 놓치면 프로테아제를 범용 세정제처럼 과대평가하게 됩니다 [1].



**Figure 6.** 고정화는 선택된 알칼리성 프로테아제 시스템이 기질과의 접촉을 유지하면서 재사용성을 높이고 공정 스트레스에 대한 저항성을 개선하는 데 도움이 될 수 있습니다.

또한 단백질 기질이 모두 같은 속도로 분해되는 것도 아닙니다. 우유 단백질, 혈액 단백질, 콜라겐, 케라틴, 젤라틴, 식물성 저장 단백질은 접힘 구조와 가교, 표면 노출 정도가 다릅니다. 깃털처럼 구조가 치밀한 기질은 일반 단백질 얼룩보다 더 강한 전처리나 긴 반응 조건을 요구할 수 있고, 가죽처럼 최종 물성이 중요한 원료에서는 과분해가 품질 문제로 이어질 수 있습니다 [2].

마지막으로 연구 논문에서 확인된 특정 균주 효소의 안정성은 모든 상업용 alkaline protease에 자동으로 적용되지 않습니다. *Bacillus swezeyi* B2의 산화제·계면활성제 안정성, *Bacillus amyloliquefaciens* BKHE의 열·삼투압 내성, *Nocardioopsis alba* OM-4의 haloalkaliphilic 특성은 각각의 균주와 효소에 관한 근거입니다 [[20], [5]]. 따라서 실무적으로는 "알칼리성 프로테아제라는 기능 범주"와 "개별 제품의 공정 적합성"을 구분해서 읽어야 합니다.

## 결론: 알칼리 공정에서 단백질을 다루는 핵심 생촉매

Alkaline Protease는 알칼리 조건에서 단백질을 펩타이드로 절단하는 효소균이며, 세제·산업 세정, 단백질 가수분해, 가죽 제모·bating, 섬유 처리, 단백질성 부산물 자원화에서 실용적 가치가 큼니다. 작동 원리는 단백질 표면을 단순히 씻어내는 것이 아니라 펩타이드 결합을 실제로 절단해 오염물이나 원료의 물성을 바꾸는 데 있습니다 [4].

가장 근거가 두꺼운 응용은 알칼리 세제와 단백질성 오염 제거입니다. *Bacillus* 계열을 포함한 다양한 alkaline protease producing bacteria와 진균·방선균 효소가 연구되어 왔고, 세제 안정성, 깃털 분해, 가죽 제모, X-ray 필름 젤라틴층 처리 같은 응용도 문헌에서 확인됩니다 [[2], [20]]. 다만 모든 알칼리 조건, 모든 계면활성제, 모든 단백질 기질에서 동일하게 작동한다고 일반화해서는 안 됩니다.

Enzymes.bio의 Alkaline Protease는 제조사 또는 실험실 서비스가 아니라 온라인으로 구매 가능한 효소 원료입니다. 제품은 1 kg 단위로 제공되며, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다. 산업 사용자는 이 효소를 "알칼리 조건에서 단백질을 선택적으로 분해하는 생축매"로 이해하고, 세정·가공·표면 처리에서 단백질 문제가 실제 병목인지부터 판단하는 것이 가장 정확합니다.

## Alkaline Protease 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.

[Alkaline Protease 구매하기 →](#)

## 참고문헌

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

1. Sharma, M., Gat, Y., Arya, S., Kumar, V., Panghal, A., & Kumar, A. (2019). A Review on Microbial Alkaline Protease: An Essential Tool for Various Industrial Approaches. *Industrial Biotechnology*, 15, 69 - 78.
2. Mankge, M. E., Maela, M. P., Abrahams, A. M., & Serepa-Dlamini, M. H. (2024). Screening of Bacillus spp. bacterial endophytes for protease production, and application in feather degradation and bio-detergent additive. *Heliyon*, 10.
3. Elhamdi, M., Ghorbel, S., & Hmidet, N. (2023). Bacillus Swezeyi B2 Strain: A Novel Alkaliphilic Bacterium Producer of Alkaline-, Thermal, Oxidant-, and Surfactant-Stable Protease, Extremely Efficient in Detergency. *Current Microbiology*, 80, 1-11.
4. Benmrاد, M. O., Moujehed, E., Elhoul, M. B., Mechri, S., Bejar, S., Zouari, R., Baffoun, A., ... et al. (2018). Production, purification, and biochemical characterization of serine alkaline protease from Penicillium chrysogenum strain X5 used as excellent bio-additive for textile processing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 119, 1002-1016 .
5. Huang, A., Lu, F., & Liu, F. (2023). Exploring the molecular mechanism of cold-adaption of an alkaline protease mutant by molecular dynamics simulations and residue interaction network. *Protein Science*, 32.
6. Abdella, M. A. A., & Ahmed, S. A. (2025). Stable protease from Bacillus licheniformis-MA1 strain: statistical production optimization, kinetic and thermodynamic characterization, and application in silver recovery from used X-ray films. *Microbial Cell Factories*, 24.
7. Alqosaibi, A., Mahmoud, A., Kotb, E., Huang, Y., Al-Dhuayan, I., Alhazmi, S., Bahloul, A., ... et al. (2022). Saccharomyces cerevisiae OS303 expression of an alkaline protease from a newly isolated Bacillus subtilis D9. *Brazilian Journal of Biology*.

8. Javed, S., Meraj, M., Bukhari, S., Irfan, R., & Mahmood, S. (2013). Hyper-production of Alkaline Protease by Mutagenic Treatment of Bacillus subtilis M-9 using Agroindustrial Wastes in Submerged Fermentation. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 5, 074-080.
9. Behera, B., Sethi, B., Mohapatra, S., Thatoi, H., & Mishra, R. (2021). Bio-production of alkaline protease by Trichoderma longibrachiatum and Penicillium rubidurum using different agro-industrial products. *Novel Research in Microbiology Journal*.
10. Joshi, N., Kocher, G., Kalia, A., & Banga, H. S. (2020). Development of nano-silver alkaline protease bio-conjugate depilating eco-benign formulation by utilizing potato peel based medium. *International Journal of Biological Macromolecules*.
11. Laktim, M. C., & Formisano, A. (2025). Hemp Fibre Treatments in Bio-Composites: A Review for Sustainable and Resilient Structures. *Buildings*.
12. Zhang, W., Li, C., Liang, H., & Wang, Z. (2025). Enzymatic degradation of polylactic acid using a serine protease from Amycolatopsis orientalis: characterization and degradation mechanism. *International Journal of Biological Macromolecules*, 144410 .
13. Pandey, G., Shrestha, A., Karki, T., Neupane, S., Ojha, S., Koirala, P., & Timilsina, P. M. (2022). Screening and Identification of Thermotolerant and Osmotolerant Bacillus amyloliquefaciens BKHE Isolated from Kinema of Eastern Nepal for Alkaline Protease Production. *International Journal of Microbiology*, 2022.
14. Thakrar, F., Goswami, D., & Singh, S. P. (2020). Production of an Alkaline Protease From Nocardiopsis Alba Om-4, a Haloalkaliphilic Actinobacteria in Solid-State Fermentation Using Agricultural Waste Products. *Social Science Research Network*.
15. 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 .


## 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