

# 사료용 알칼리성 프로테아제: 발효 대두박(Fermented Soybean Meal) 단백질 가수분해 응용

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

사료용 알칼리성 프로테아제는 발효 대두박 제조에서 대두 단백질을 더 작은 펩타이드와 아미노산성 질소 형태로 전환하도록 돕는 단백질 분해 효소입니다. 이 효소의 핵심 가치는 “조단백 함량을 높이는 것”이 아니라, 대두박 내 큰 저장단백과 단백질성 항영양 요소를 동물이 이용하기 쉬운 형태로 바꾸는 데 있습니다. 효소 전처리와 발효를 결합한 대두박 연구들은 단백질 가수분해, 피틴산·사포닌 등 비단백 성분의 생물전환, 소화율 변화가 서로 연결된다는 점을 보여줍니다<sup>[1]</sup>.

Enzymes.bio의 **Feed Grade Alkaline Protease For Fermented Soybean Meal**은 발효 대두박, 식물성 단백질 전처리, 고소화성 사료 원료 개발에 쓰이는 사료 응용용 알칼리성 프로테아제입니다. Enzymes.bio는 제조사나 시험기관이 아니라 온라인 공급업체이며, 제품은 **1 kg 단위로 직접 구매**할 수 있고 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다.

## 발효 대두박에서 알칼리성 프로테아제가 필요한 이유

대두박은 양돈, 양계, 수산사료에서 널리 쓰이는 식물성 단백질 원료입니다. 하지만 대두박의 영양적 가치는 단순한 조단백 수치만으로 결정되지 않습니다. 대두 단백질이 큰 분자 형태로 남아 있거나, 섬유·비전분성 탄수화물 구조에 물리적으로 갇혀 있거나, 트립신 저해인자와 같은 단백질성 항영양인자가 충분히 낮아지지 않으면 실제 소화율은 기대보다 낮아질 수 있습니다. 어린 동물과 수산생물처럼 장 발달 단계나 소화효소 분비 능력이 제한적인 대상에서는 이러한 차이가 더 크게 나타날 수 있습니다<sup>[2]</sup>.

발효 대두박은 이러한 한계를 줄이기 위해 사용되는 생물공정 원료입니다. 미생물 발효는 대두박의 단백질, 탄수화물, 피틴산, 사포닌 등 여러 성분을 동시에 변화시키며, 효소 전처리와 결합하면 단백질 가수분해와 비단백 항영양 요소의 전환이 함께 일어날 수 있습니다<sup>[1]</sup>. 이때 알칼리성 프로테아제는 발효 전체를 대신하는 성분이 아니라, 발효 중 가장 중요한 전환 단계 중 하나인 **단백질 가수분해**를 강화하는 역할을 합니다.

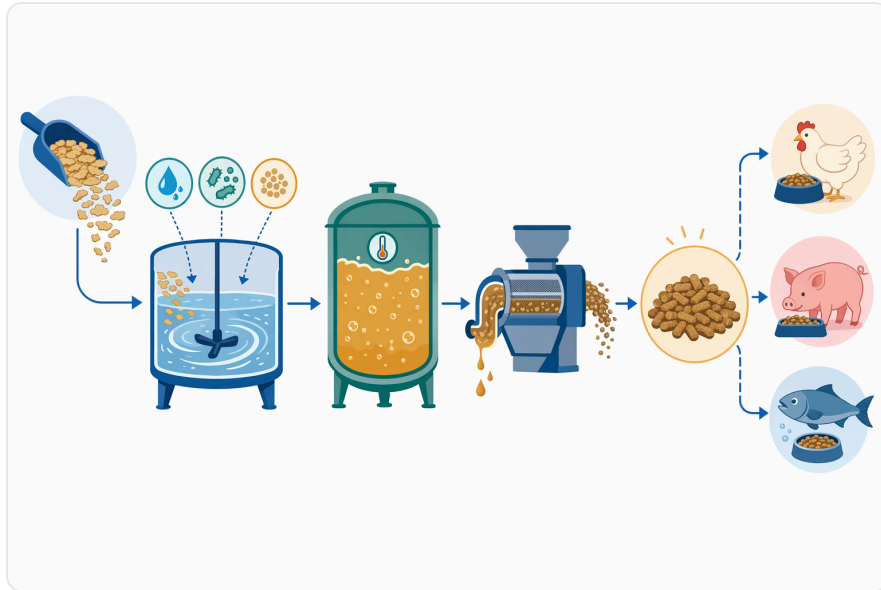
실무적으로는 발효균이 스스로 만드는 프로테아제만으로는 원료 배치 간 편차, 수분 분포, pH 변화, 발효 시간, 열 이력에 따라 단백질 분해 정도가 달라질 수 있습니다. 외부에서 투입되는 알칼리성 프로테아제는 미생물 발효가 시작되기 전 또는 발효 중 단백질을 더 작게 절단해 발효 가능한 질소원을 늘리고, 최종 발효 대두박의 펩타이드화를 돕는 보조 도구로 쓰입니다. 대두박 발효에서 중성 프로테아제 생산성을 높인 *Bacillus amyloliquefaciens* 연구와 그 적용 사례는, 프로테아제가 발효 대두박 영양 개선의 중심 효소균으로 다뤄지고 있음을 보여줍니다<sup>[3]</sup>.

## 작동 기전: 큰 대두 단백질을 펩타이드로 절단하는 과정

알칼리성 프로테아제의 기전은 펩타이드 결합 절단입니다. 대두박의 주요 단백질은 긴 아미노산 사슬이 접힌 구조로 존재하는데, 프로테아제는 이 사슬 내부의 특정 결합을 가수분해해 분자량이 작은 펩타이드 조각을 만듭니다. 이 변화는 단백질을 “더 많이” 만드는 것이 아니라, 기존 단백질을 동물의 소화효소와 장 흡수 시스템이 접근하기 쉬운 형태로 바꾸는 것입니다. 외인성 사료 효소 리뷰에서도 프로테아제는 단위동물 사료에서 단백질 소화, 흡수, 영양소 이용성 개선과 관련된 주요 효소균으로 정리됩니다<sup>[4]</sup>.

발효 대두박 공정에서 이 절단 작용은 세 가지 의미를 가집니다. 첫째, 큰 저장단백이 펩타이드로 바뀌면서 소화효소가 공격할 수 있는 표면이 넓어집니다. 둘째, 일부 단백질성 항영양인자는 구조가 절단되면 본래의 저해 기능을 잃거나 약화될 수 있습니다. 셋째, 발효 미생물이 이용할 수 있는 질소원이 증가해 균 성장과 대사산물 형성에 유리한 환경을 만들 수 있습니다. 파파인 처리 대두박 가수분해물을 효모 배양 배지로 활용한 연구는, 효소 가수분해가 대두박 단백질을 미생물 이용 가능한 질소원으로 전환하는 접근임을 보여줍니다<sup>[5]</sup>.

알칼리성이라는 특성은 공정 적합성과 관련됩니다. 발효 대두박 제조 현장에서는 원료 전처리, 수분 조절, 가열 이력, 발효균 종류에 따라 pH가 달라질 수 있습니다. 알칼리성 프로테아제는 중성보다 높은 pH 영역에서의 단백질 절단을 염두에 두고 선택되는 효소균이므로, 산성 발효가 충분히 진행된 뒤보다는 전처리 또는 초기 발효 구간에서 더 의미 있게 설계되는 경우가 많습니다. 다만 특정 공정의 실제 효과는 pH, 수분, 온도, 접촉 시간, 원료 입도, 발효균 대사에 따라 달라질 수 있습니다.



**Figure 1.** 알칼리성 프로테아제는 수화된 대두박의 조절, 발효, 건조 및 완제품 사료 원료 취급 과정에서 가공 보조제의 하나로 작용한다.

## 발효 대두박의 영양 개선은 단백질만의 문제가 아니다

대두박의 낮은 이용성을 단백질 분해만으로 설명하면 불완전합니다. 대두박에는 단백질 외에도 비전분성 탄수화물, 세포벽 다당류, 피틴산, 사포닌 등 소화와 장 반응에 영향을 줄 수 있는 성분이 함께 존재합니다. 효소 전처리 대두박을 밉크 소화율과 연결해 평가한 연구는 비전분성 탄수화물, 단백질, 피틴산, 사포닌 생물전환을 함께 다루며, 대두박의 영양 개선이 다성분 문제라는 점을 분명히 보여줍니다<sup>[1]</sup>.

따라서 알칼리성 프로테아제는 발효 대두박 공정의 “단백질 축”을 담당하는 도구로 보는 것이 정확합니다. 피틴산 저감에는 피타아제, 세포벽 분해에는 자일라나아제·셀룰라아제·펙틴분해효소 같은 다른 효소군이 더 직접적입니다. 실제로 피타아제와 아라자임을 연속 처리한 대두박 연구는 피틴산 관련 전처리와 단백질 가수분해가 별개의 반응이면서도 공정상 연결될 수 있음을 보여줍니다<sup>[6]</sup>.

최근 대두박 펙틴의 난분해성을 다중효소 콕테일로 풀어내려는 연구도 같은 맥락입니다. 대두박은 단백질 원료로 인식되지만, 세포벽과 펙틴성 다당류가 단백질 접근성을 제한할 수 있으므로 단백질 분해효소만으로는 모든 구조적 장벽을 제거하기 어렵습니다<sup>[7]</sup>. 발효 대두박에서 알칼리성 프로테아제가 효과적이라면, 원료의 섬유 구조와 발효균의 탄수화물 분해 능력까지 함께 고려해야 합니다.

## 연구 근거: 대두박 효소 처리와 발효가 보여주는 방향성

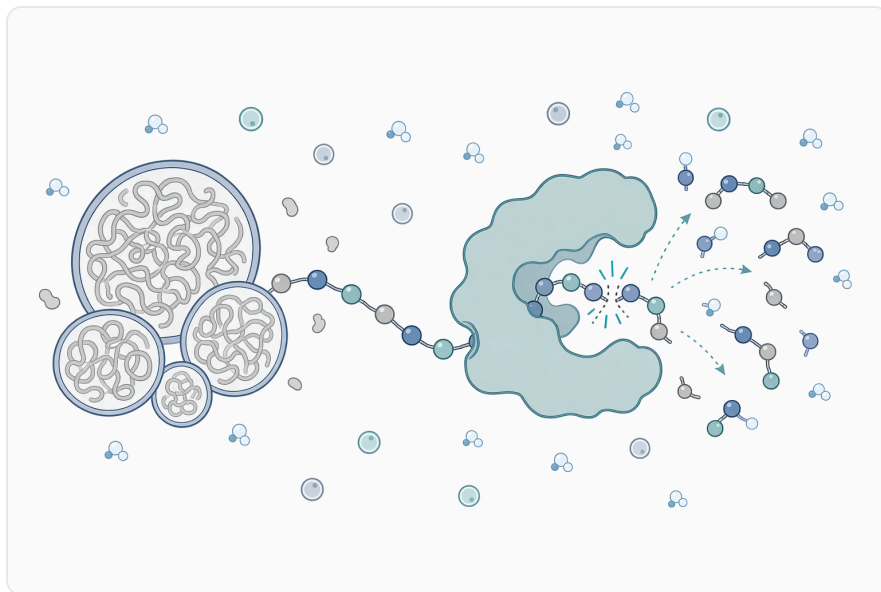
대두박 단백질의 효소 가수분해는 펩타이드 생성, 유리아미노산 증가, 소화 접근성 향상이라는 방향에서 꾸준히 연구되어 왔습니다. 대두박 단백질 농축물의 효소 가수분해를 수학적으로 모델링한 연구는, 단백질 가수분해가 무작위적인 현상이 아니라 시간과 조건에 따라 예측 가능한 반응으로 다뤄

질 수 있음을 보여줍니다<sup>[8]</sup>. 이는 산업 공정에서 프로테아제 사용을 “막연한 첨가”가 아니라 조절 가능한 생물전환 단계로 이해해야 한다는 점을 뒷받침합니다.

소형 펩타이드 생산을 목표로 대두박 효소 소화를 최적화한 연구도 있습니다. 해당 연구는 대두박의 단백질을 더 작은 펩타이드 분획으로 전환하는 효소적 접근이 사료·발효 원료 개발에서 독립적인 연구 주제가 될 만큼 중요하다는 점을 보여줍니다<sup>[9]</sup>. 작은 펩타이드는 단백질 소화 과정의 중간 산물이지만, 발효 대두박에서는 제품의 기능적 품질을 설명하는 지표로도 자주 다루집니다.

브로멜라인을 점토-카복시메틸셀룰로오스 복합체에 고정화해 대두박 영양가 개선에 활용한 연구는, 프로테아제의 형태와 전달 방식이 대두박 처리 효율에 영향을 줄 수 있음을 시사합니다<sup>[10]</sup>.

Enzymes.bio의 제품은 이러한 특정 연구용 고정화 시스템을 표방하는 것은 아니지만, 해당 연구는 대두박의 영양 개선에서 단백질분해효소가 다양한 방식으로 검토되고 있음을 보여주는 근거입니다.



**Figure 2.** 알칼리성 프로테아제는 대두의 큰 저장 단백질 내 펩타이드 결합을 절단하여 더 작은 펩타이드, 가용성 질소 분획 및 아미노산을 포함한 조각을 형성한다.

발효 측면에서도 프로테아제는 핵심 축입니다. 프로테아제가 강화된 *Streptomyces* 균주를 이용한 고체상 발효 연구는 대두박 영양가 개선을 직접 목표로 했으며, 발효균의 단백질 분해 능력이 발효 대두박 품질과 연결된다는 점을 보여줍니다<sup>[11]</sup>. 외부 알칼리성 프로테아제를 사용하는 접근은 이러한 미생물 자체 효소 생산에 의존하는 전략과 경쟁하기보다는, 원료 전처리 또는 발효 보조 단계에서 상호 보완적으로 이해할 수 있습니다.

## 동물 사료 응용에서 기대되는 효과

사료용 알칼리성 프로테아제의 최종 목적은 발효 탱크 안에서 단백질을 분해하는 데서 끝나지 않습니다. 궁극적으로는 단위동물이나 수산생물이 대두박 단백질을 더 잘 이용하도록 만드는 것입니다. 이유자돈에서 식이 프로테아제 보충이 성장 성적, 영양소 소화, 장 장벽, 면역 반응, 미생물 조성과 연결되어 개선 효과를 보였다는 연구는 외인성 프로테아제가 단순한 소화 보조제를 넘어 장 생태와도 관련될 수 있음을 보여줍니다<sup>[12]</sup>.

가금 사료에서도 효소는 배합 효율과 영양소 이용성을 높이는 도구로 검토됩니다. 가금 사료 제형에서 효소 활용을 다룬 리뷰는 단백질, 탄수화물, 인 이용성 등 여러 영양 축에서 효소가 배합 설계의 일부가 될 수 있음을 설명합니다<sup>[13]</sup>. 발효 대두박에 알칼리성 프로테아제를 적용하는 것은 이러한 넓은 사료 효소 활용 흐름 중 식물성 단백질의 이용성을 높이는 구체적 응용입니다.

수산사료에서는 식물성 단백질 대체가 중요한 과제입니다. 대두박 기반 사료를 급여한 어린 배그리드 메기에서 체내 시험관 단백질 소화율을 평가한 연구는, 어류에서 대두박 단백질 이용성을 검토할 때 소화율 평가가 핵심임을 보여줍니다<sup>[2]</sup>. 수산사료에서 효소 활용을 검토한 리뷰도 어종별 소화기관 특성과 원료 특성에 따라 외인성 효소의 의미가 달라진다는 점을 강조합니다<sup>[14]</sup>.

발효 대두박 자체의 동물 적용 연구도 확대되고 있습니다. 육계에서 발효 대두박의 이화학적 특성과 대두박 대체 효과, 성장 및 장 발달을 조사한 연구는 발효 처리가 단순 원료 변환이 아니라 동물 반응까지 연결되는 주제임을 보여줍니다<sup>[15]</sup>. 산란오리에서는 복합 세균 발효 대두박이 산란 성적, 난질, 장내 미생물, 항산화 및 면역 기능과 관련해 개선 효과를 보였다는 연구도 보고되었습니다<sup>[16]</sup>.

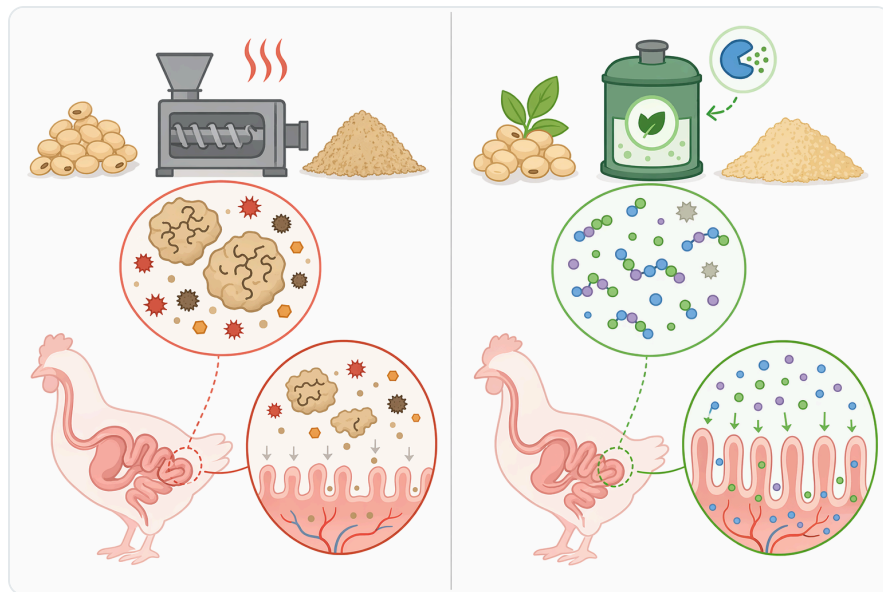
## 알칼리성 프로테아제와 다른 효소·발효 전략의 비교

발효 대두박 공정에서는 하나의 효소가 모든 문제를 해결하지 않습니다. 알칼리성 프로테아제는 단백질 절단에는 직접적이지만, 피틴산이나 세포벽 다당류를 표적으로 삼지는 않습니다. 아래 표는 발효 대두박에서 자주 논의되는 생물공정 전략을 기능 중심으로 비교한 것입니다.

전략	주 표적	발효 대두박에서의 역할	강점	한계
알칼리성 프로테아제	대두 저장단백, 일부 단백질성 항영양 요소	큰 단백질을 펩타이드와 아미노산성 질소로 전환	단백질 소화 접 근성 개선에 직접적	피틴산·섬유질 문제는 직접 해결하지 않음
발효균 자체 프로테아제	균주가 분비하는 단백질분해효소	발효 중 지속적 단백질 전환	균 성장, 대사산물 생성과 연결	균주·수분·온도·pH에 따른 편차 가능

전략	주 표적	발효 대두박에서의 역할	강점	한계
피타아제 병용	피틴산 결합 인	미네랄 이용성 및 피틴산 관련 항영양성 저감 보조	단백질 효소와 상보적	단백질 펩타이드화 자체는 제한적
탄수화물분해효소	세포벽, 비전분성 탄수화물, 펙틴	단백질을 둘러싼 구조 장벽 완화	원료 접근성 개선 가능	단독 사용 시 단백질 절단은 제한적
미생물 고체상 발효	단백질·탄수화물·대사산물 전반	복합적 영양 개선 및 기능성 성분 형성	다성분 전환 가능	공정 제어와 배치 균일성이 중요

피타아제와 단백질분해효소를 연속 적용한 대두박 연구는 위 표의 "상보성"을 잘 보여줍니다. 피틴산 관련 장벽과 단백질 가수분해는 서로 다른 효소 반응이지만, 실제 대두박에서는 두 문제가 동시에 존재하므로 순차 또는 병합 공정으로 설계될 수 있습니다<sup>[6]</sup>.



**Figure 3.** 산성, 중성 및 알칼리성 프로테아제는 주로 단백질 가수분해에 가장 유용한 발효 단계의 pH가 서로 다르다.

대두박 펙틴 난분해성을 다중효소 조합으로 풀어내려는 연구 역시, 대두박을 단순 단백질 기질이 아니라 복합 식물 조직으로 봐야 한다는 점을 강조합니다<sup>[7]</sup>. 따라서 사료용 알칼리성 프로테아제는 발효 대두박 공정의 중심 효소 중 하나이지만, 원료의 섬유성 장벽이나 미네랄 결합 문제를 모두 대체하는 만능 성분은 아닙니다.

## 공정 내 적용 위치: 전처리, 발효 보조, 후단 품질 설계

알칼리성 프로테아제는 주로 발효 전 전처리 또는 발효 초기 보조 단계에서 의미가 큼니다. 전처리 단계에서 대두박 단백질 일부를 먼저 절단하면 발효균이 이용할 수 있는 펩타이드와 아미노산성 질소가 늘어날 수 있습니다. 이는 발효균의 초기 정착과 대사 활성화에 유리할 수 있으며, 파파인으로 처리한 대두박 가수분해물을 효모 바이오매스 생산 배지로 활용한 연구와 같은 질소원 전환 개념과 연결됩니다<sup>[5]</sup>.

발효 중 보조제로 사용하는 경우에는 미생물의 자체 효소와 외부 프로테아제가 같은 기질을 두고 순차적으로 작용할 수 있습니다. *Bacillus subtilis*를 이용한 혐기 발효 대두박 연구는 발효가 대두박 자체뿐 아니라 닭 장내 미생물 군집과의 관계까지 연구 대상으로 확장되고 있음을 보여줍니다<sup>[17]</sup>. 이는 발효 중 단백질 분해가 단순한 원료 변화에 그치지 않고, 급여 후 장내 반응과 연결될 수 있음을 시사합니다.

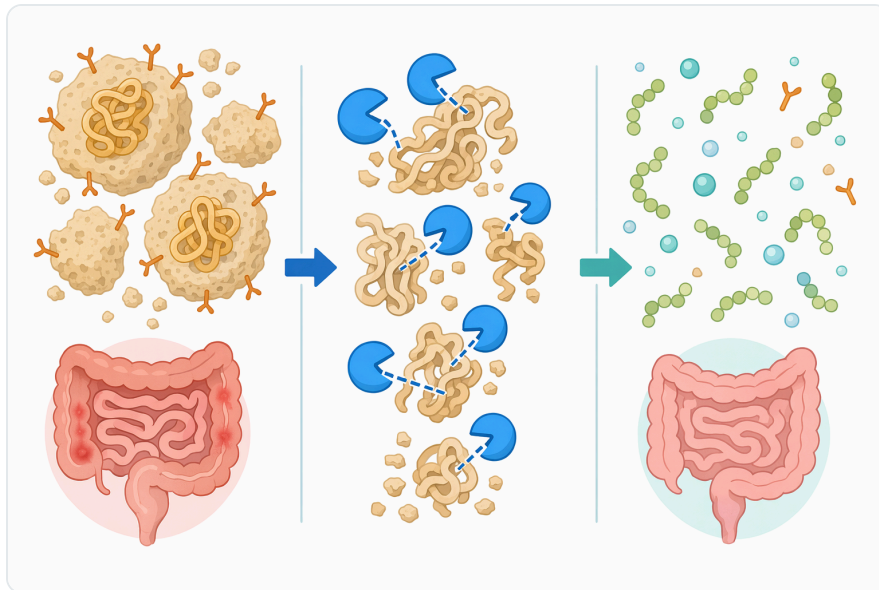
고체상 발효에서는 수분 분포와 원료 입자 구조가 특히 중요합니다. 초음파로 강화한 *Bacillus amyloliquefaciens* 고체상 발효 대두박에서 펩타이드 생산을 촉진한 연구는, 물리적 처리·미생물·효소 반응이 결합될 때 펩타이드 생성이 공정 설계의 핵심 지표가 될 수 있음을 보여줍니다<sup>[18]</sup>. 외부 알칼리성 프로테아제는 이러한 복합 공정 중 단백질 절단 반응을 보강하는 수단으로 이해할 수 있습니다.

후단 공정에서는 효소가 원하는 수준으로 작용한 뒤 건조나 가열 단계에 들어가는 경우가 많습니다. 효소는 단백질이므로 과도한 열 이력에서는 기능이 감소할 수 있습니다. 따라서 알칼리성 프로테아제는 “완제품 사료에 남아 계속 작동하는 성분”으로만 보기보다, 발효 대두박 제조 중 특정 구간에서 대두 단백질을 미리 전환시키는 공정 보조제로 보는 것이 더 정확합니다.

## 발효 대두박 품질에서 관찰할 수 있는 변화

알칼리성 프로테아제가 적절히 작용하면 가장 직접적으로 기대되는 변화는 단백질의 펩타이드화입니다. 큰 단백질이 줄고 작은 펩타이드와 아미노산성 질소가 늘어나는 방향의 변화는 발효 대두박의 소화 접근성과 관련됩니다. 소형 펩타이드 생산을 목표로 한 대두박 효소 소화 연구가 별도로 수행되는 이유도, 단백질 분해 정도가 발효 대두박의 기능적 품질과 밀접하기 때문입니다<sup>[9]</sup>.

또 다른 변화는 항영양 요소 부담의 완화 가능성입니다. 단백질성 항영양인자는 프로테아제 절단에 의해 구조가 변할 수 있지만, 피틴산이나 사포닌처럼 비단백 성분은 다른 효소나 미생물 대사에 더 의존합니다. 효소 전처리 대두박 연구가 단백질뿐 아니라 피틴산, 사포닌, 비전분성 탄수화물의 생물전환을 함께 평가한 것은, 발효 대두박 품질이 여러 성분의 동시 변화로 결정되기 때문입니다<sup>[11]</sup>.



**Figure 4.** 프로테아제를 활용한 발효는 온전한 글리시닌과  $\beta$ -콘글리시닌 구조를 분해하면서 더 작은 펩타이드 분획을 증가시킬 수 있다.

미생물 발효가 결합되면 기능성 대사산물도 관찰될 수 있습니다. 예를 들어 발효 대두박에서 서팩틴을 생산하는 *Bacillus subtilis* 균주를 분리하고, 그 프로바이오틱 잠재성과 항산화 활성을 평가한 연구는 발효 대두박이 단백질 분해물일 뿐 아니라 미생물 유래 기능성 성분의 매트릭스가 될 수 있음을 보여줍니다<sup>[19]</sup>. 알칼리성 프로테아제는 이러한 미생물 기능성을 직접 생산하는 성분은 아니지만, 미생물 성장과 단백질 기질 이용성을 지원하는 배경 역할을 할 수 있습니다.

## 축종별로 해석해야 하는 이유

발효 대두박의 효과는 축종과 성장 단계에 따라 달라집니다. 이유자돈처럼 장 장벽과 면역계가 민감한 단계에서는 단백질 소화 부담과 장내 미생물 변화가 성장 성적과 직접 연결될 수 있습니다. 프로테아제 보충이 이유자돈의 성장, 영양소 소화, 장 장벽, 면역 반응, 미생물 조성과 관련해 개선 효과를 보였다는 연구는 이 축종에서 단백질 가수분해 전략의 의미를 보여줍니다<sup>[12]</sup>.

육계와 산란오리에서는 발효 대두박이 성장, 장 발달, 산란 성적, 난질, 항산화·면역 기능과 연결되어 연구됩니다. 육계 연구는 발효 대두박의 이화학적 변화와 대두박 대체 효과를 함께 다루고, 산란오리 연구는 복합 세균 발효 대두박이 장내 미생물 및 건강 지표와 연동될 수 있음을 제시합니다<sup>[15]</sup><sup>[16]</sup>. 이는 발효 대두박이 단순히 “대두박보다 더 부드러운 단백질”이라는 수준을 넘어, 장 환경과 생산성에 영향을 줄 수 있는 원료로 평가된다는 의미입니다.

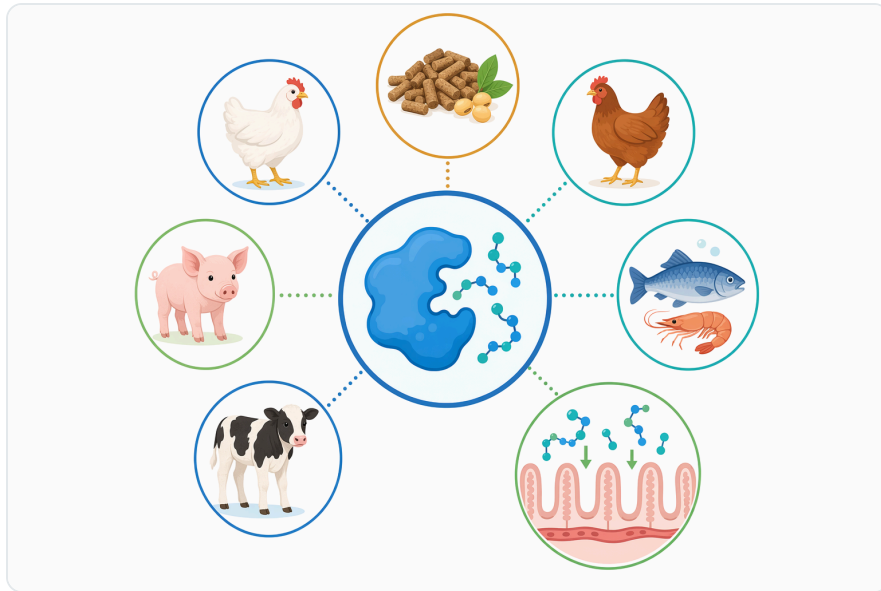
수산생물에서는 어종별 소화효소 체계와 식물성 단백질 내성 차이가 큼니다. 배그리드 메기 연구처럼 대두박 기반 식이를 급여하고 체내·시험관 단백질 소화율을 함께 보는 접근은, 발효 대두박이나 효소 처리 대두박을 평가할 때 단순 배합비보다 실제 소화 반응이 중요하다는 점을 보여줍니다<sup>[2]</sup>.

수산사료 효소 활용 리뷰도 어종별 차이를 고려해야 한다는 흐름과 맞닿아 있습니다<sup>[14]</sup>.

## 기대 이점과 현실적 한계

사료용 알칼리성 프로테아제를 발효 대두박에 적용할 때 기대할 수 있는 1차 이점은 대두 단백질의 펩타이드화입니다. 이는 단백질을 더 작은 조각으로 만들어 동물의 내인성 소화효소가 접근하기 쉬운 상태로 바꾸는 과정입니다. 대두박 단백질 가수분해 모델링 연구와 소형 펩타이드 생산 연구는 이 반응이 발효 대두박 품질 설계에서 중요한 기술 축임을 보여줍니다<sup>[8][9]</sup>.

2차 이점은 발효 공정의 영양적 균일성 개선 가능성입니다. 발효균이 원료 단백질을 자체 효소만으로 분해할 때는 배치 편차가 생길 수 있는데, 외부 프로테아제를 사용하면 초기 단백질 절단을 더 명확한 공정 단계로 설계할 수 있습니다. 프로테아제가 강화된 *Streptomyces* 고체상 발효 연구와 *Bacillus* 계열 발효 대두박 연구들은 발효균의 단백질분해 능력이 발효 대두박의 영양 개선과 밀접하다는 점을 보여줍니다<sup>[11][17]</sup>.



**Figure 5.** 프로테아제 처리로 보조된 발효 대두박은 소화 가능한 식물성 단백질과 감소된 온전한 항원성 단백질을 중시하는 사료 분야와 관련이 있다.

하지만 한계도 분명합니다. 알칼리성 프로테아제는 단백질에 작용하는 효소이므로, 피틴산, 섬유질, 펙틴성 다당류, 사포닌 같은 비단백 성분을 직접 분해하는 효소는 아닙니다. 따라서 원료의 주요 제한 요인이 세포벽 구조나 피틴산 결합 인이라면 탄수화물분해효소나 피타아제, 적절한 발효균 전략이 함께 고려되어야 합니다. 대두박 펙틴 난분해성을 다중효소 접근으로 해결하려는 연구는 이러한 한계를 잘 보여줍니다<sup>[7]</sup>.

또한 발효 대두박의 동물 성적은 공정 조건만으로 보장되지 않습니다. 원료 대두박의 열처리 이력, 단백질 변성 정도, 수분, 발효균, 건조 조건, 배합사료 내 다른 원료와의 상호작용이 모두 영향을 줍니다. 따라서 알칼리성 프로테아제는 “모든 발효 대두박을 동일하게 개선하는 첨가제”가 아니라, 단백질 전환을 강화하는 공정 도구로 이해하는 것이 현실적입니다.

## Enzymes.bio 제품의 위치와 구매 방식

Enzymes.bio의 **Feed Grade Alkaline Protease For Fermented Soybean Meal**은 발효 대두박 공정에서 대두 단백질 가수분해를 지원하기 위한 사료 응용용 알칼리성 프로테아제입니다. Enzymes.bio는 이 제품의 제조사나 분석 실험실이 아니라 온라인 공급업체이며, 제품은 **1 kg 단위로 직접 구매**할 수 있습니다. 주문이 완료되면 제품과 함께 CoA 및 SDS가 제공되어 입고 확인과 안전 취급에 필요한 문서를 확보할 수 있습니다.

이 제품은 발효 대두박 제조, 대두박 효소 전처리, 식물성 단백질 원료의 펩타이드화, 고소화성 사료 원료 개발과 같은 응용에 적합한 효소 선택지입니다. 연구 문헌이 보여주는 핵심은 명확합니다. 대두박의 영양 개선은 발효균, 단백질분해효소, 비단백 성분 전환, 동물 장 반응이 함께 얻힌 결과이며, 알칼리성 프로테아제는 그중 단백질 가수분해를 담당하는 직접적인 도구입니다<sup>[4]</sup>.

## 핵심 정리

사료용 알칼리성 프로테아제는 발효 대두박에서 큰 대두 단백질을 펩타이드와 아미노산성 질소 형태로 전환해 단백질 이용성을 높이는 데 쓰입니다. 효소 전처리 대두박 연구, 피타아제-프로테아제 연속 처리 연구, 발효균 기반 대두박 연구는 모두 단백질 가수분해가 발효 대두박 품질 개선의 중심 반응임을 보여줍니다<sup>[6][1][11]</sup>.

다만 발효 대두박은 단백질만으로 설명되는 원료가 아닙니다. 피틴산, 사포닌, 비전분성 탄수화물, 펙틴성 세포벽 구조, 발효균 대사, 건조 조건이 함께 작용하므로 알칼리성 프로테아제는 전체 공정 중 단백질 전환을 강화하는 역할로 배치해야 합니다. 이러한 관점에서 Enzymes.bio의 Feed Grade Alkaline Protease For Fermented Soybean Meal은 발효 대두박의 펩타이드화와 단백질 소화 접근성 개선을 목표로 하는 사료 원료 공정에 사용할 수 있는 실용적 효소 옵션입니다.

### Feed Grade Alkaline Protease For Fermented Soybean Meal 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.

[Feed Grade Alkaline Protease For Fermented Soybean Meal 구매하기 →](#)

## 참고문헌

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

1. Jacobsen, H. J., Kousoulaki, K., Sandberg, A., Carlsson, N., Ahlstrøm, Ø., & Oterhals, Å. (2018). Enzyme pre-treatment of soybean meal: Effects on non-starch carbohydrates, protein, phytic acid, and saponin biotransformation and digestibility in mink (Neovison vison). *Animal Feed Science and Technology*, 236, 1-13.
2. Rahmah, S., Aliyu-Paiko, M., & Hashim, R. (2016). In vivo and in vitro protein digestibility in juvenile bagrid catfish *Mystus nemurus* (Cuvier and Valenciennes 1840) fed soybean meal-based diets. *Aquaculture Research*, 47, 1392-1401.
3. Zhu, Y., Huang, X., Han, T., Wang, J., Yu, X., & Ma, Z. (2025). Improvement of neutral protease activity of *Bacillus amyloliquefaciens* LX-6 by combined ribosome engineering and medium optimization and its application in soybean meal fermentation. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 26, 805 - 812.
4. Sureshkumar, S., Song, J., Sampath, V., & Kim, I. (2023). Exogenous Enzymes as Zootechnical Additives in Monogastric Animal Feed: A Review. *Agriculture*.
5. Pantaya, D., Pamungkas, D., Wulandari, S., & Utami, M. (2022). Fermentation of soybean meal-hydrolysates as the medium that treated by papain enzyme with *Saccharomyces cerevisiae* for biomass production. *IOP Conference Series: Earth and Environment*, 980.
6. Zi, P., Kim, I., Shin, D., Lee, J., Yeom, E., & Choi, Y. (2011). Consecutive treatment with phytase and arzyme influence protein hydrolysis of soybean meal. *African Journal of Biotechnology*, 10, 7868-7873.
7. Plouhinec, L., Zhang, L., Pillon, A., Haon, M., Grisel, S., Navarro, D., Black, I. M., ... et al. (2025). Unlocking soybean meal pectin recalcitrance using a multi-enzyme cocktail approach. *Scientific Reports*, 15.
8. Pretto, C. D., Miranda, L. C., Siqueira, P. F., Ribeiro, M. P., Tardioli, P., Giordano, R., Giordano, R. C., ... et al. (2021). Mathematical modeling of enzymatic hydrolysis of soybean meal protein concentrate. *Chemical Engineering Communications*, 209, 338 - 350.
9. Zhang, X., He, Q., Li, J., Zhang, Y., Yuan, J., Zang, C., & Li, F. (2026). Box–Behnken Optimization of Soybean Meal Enzymatic Digestion for Small-Peptide Production. *Foods*, 15.
10. Pimcharoen, K., Opaprakasit, P., Yingchutrakul, Y., Simanon, N., Butkinaree, C., Yuttayong, D., Hompa, R., ... et al. (2024). Bromelain Immobilized onto Clay-Carboxymethylcellulose Composites for Improving Nutritive Value of Soybean Meal. *ACS Applied Bio Materials*, 7, 5211 - 5221.
11. Lu, D., Zhang, M., Wang, F., Dai, Z., Li, Z., Ni, J., Wen-Feng, ... et al. (2025). Nutritional value improvement of soybean meal through solid-state fermentation by proteases-enhanced *Streptomyces* sp. SCUT-3. *International Journal of Biological Macromolecules*, 140035 .
12. Liu, T., Ma, W., Wang, J., Wei, Y., Wang, Y., Luo, Z., Zhang, Y., ... et al. (2024). Dietary Protease Supplementation Improved Growth Performance and Nutrients Digestion via Modulating Intestine Barrier, Immunological Response, and Microbiota Composition in Weaned Piglets. *Antioxidants*, 13.

13. Sijid, S. A., Hafsan, H., & Khudaer, F. (2024). Harnessing Enzymes for Optimal Poultry Feed Formulations (Mini Review). *Sainsmat*.
14. Maser, W., Muhtadi, A., Ritonga, A., Almira, D., Panjaitan, F., Sari, N., Sinurat, R. R. R., ... et al. (2025). review of the enzymes utilization in the feed for indigenous Indonesian fish. *AQUACOASTMARINE Journal of Aquatic and Fisheries Sciences*.
15. Zhao, M., Chen, X., Li, S., Liu, G., Chen, Z., Yang, P., Meng, K., ... et al. (2025). The investigation into the physicochemical properties of fermented soybean meal and its effects as a substitute for soybean meal on the growth performance and intestinal development of broiler chickens. *Poultry Science*, 104.
16. Zhou, H., Chi, C., Li, C., Zhang, F., Peng, S., Zhao, M., Zhong, L., ... et al. (2025). Duck-derived compound bacteria-fermented soybean meal improved laying performance and egg quality of laying ducks by modulating intestinal microbiota and health, antioxidant and immunological functions. *Poultry Science*, 105.
17. Liu, W., Wang, W., Li, J., Li, H., Gao, T., & Zhu, B. (2024). Anaerobic fermentation of soybean meal by Bacillus subtilis ED-3-7 and its effect on the intestinal microbial community of chicken. *Poultry Science*, 104.
18. Wang, Y., Li, Y., Zhu, J., Liu, D., Ouyang, N., Wang, Y., Yang, X., ... et al. (2025). Promotion of Peptides Production of Solid-State Fermented Soybean Meal by Ultrasound-Enhanced Bacillus Amyloliquefaciens: Optimization of Ultrasound Conditions and Scale-up Test. *Food and Bioprocess Technology*, 18, 4617 - 4631.
19. Dai, C., Shu, Z., Ma, C., Yan, P., Huang, L., He, R., & Ma, H. (2024). Isolation of a surfactin-producing strain of Bacillus subtilis and evaluation of the probiotic potential and antioxidant activity of surfactin from fermented soybean meal. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.


## 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