

Thermostable Phytase Enzyme Livestock CAS 9001-89-2: 가금·돼지 사료의 피틴태 인 방출을 위한 내열성 피타아제

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

Thermostable Phytase Enzyme Livestock CAS 9001-89-2는 식물성 사료 원료에 많은 피틴산염(phytate)을 단계적으로 가수분해해, 단위동물이 이용하기 어려운 피틴태 인을 더 흡수 가능한 인산 형태로 전환하는 축산 사료용 효소입니다. 내열성 피타아제는 펠릿화·컨디셔닝처럼 열이 수반되는 사료 공정에서 효소 기능 손실을 줄이기 위해 사용되며, 특히 옥수수·밀·대두박 기반의 가금 및 돼지 사료에서 인 이용률과 피틴산염 관리에 의미가 있습니다 [1]. Enzymes.bio는 이 제품의 제조사나 시험기관이 아니라 온라인 효소 공급 업체이며, 제품은 1kg 단위로 직접 판매되고 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다.

피타아제 CAS 9001-89-2가 축산 사료에서 의미하는 것

피타아제(phytase)는 피틴산 또는 피틴산염에 결합된 인산기를 절단하는 인산가수분해효소입니다. CAS 9001-89-2는 피타아제 효소군을 식별하는 데 쓰이는 등록번호로 이해할 수 있으며, 실제 산업 제품의 성능은 효소의 미생물 기원, 단백질 구조, 제형, 사료 가공 조건, 장내 pH 환경에 따라 달라집니다. 축산 사료에서 피타아제가 중요한 이유는 식물성 원료의 인이 상당 부분 피틴산염 형태로 저장되어 있고, 가금류와 돼지 같은 비반추동물은 이를 충분히 분해할 내인성 효소 능력이 제한적이기 때문입니다 [2].

피틴산염은 단순한 “인 저장 형태”가 아니라 사료 영양 설계에서 항영양 인자로 작동합니다. 피틴산 분자는 여러 개의 인산기를 가지므로 칼슘, 마그네슘, 철, 아연과 같은 다가 양이온과 결합할 수 있고, 단백질 또는 소화효소와도 상호작용할 수 있습니다. 이 결합은 사료 안에 영양소가 존재하더라도 동물이 실제로 흡수하는 양을 낮출 수 있으며, 그 결과 무기 인 보충 의존도와 배설 인 부담이 커질 수 있습니다 [1].

“Thermostable”이라는 표현은 사료 효소에서 특히 중요합니다. 일반적인 효소 단백질은 열, 수분, 전단력, 압력에 의해 입체구조가 변성될 수 있는데, 펠릿 사료 제조는 이러한 스트레스를 동시에 가합니다. 내열성 피타아제는 사료 원료와 혼합된 뒤 열처리 공정을 거쳐도 피틴산염 분해 기능을 더 잘

유지하도록 선택되거나 설계된 효소를 의미합니다. 최근 피타아제 공학 연구에서도 사료 효소의 열 내성을 개선하기 위한 단백질 연결부위 설계와 키메라 효소 접근이 다뤄지고 있습니다 [3].

피틴산염이 사료 효율을 낮추는 구체적 기전

식물 종자는 발아에 필요한 인을 피틴산 형태로 저장합니다. 옥수수, 밀, 대두박, 쌀겨, 유채박, 해바라기박 등 식물성 원료가 배합사료의 중심이 될수록 사료 내 피틴산염 부담도 커지는 경향이 있습니다. 문제는 동물의 총 인 요구량이 충족되어 보이더라도, 그중 상당 부분이 피틴태 인이라면 실제 흡수 가능 인은 부족할 수 있다는 점입니다. 칼슘과 인의 균형이 성장, 골격 형성, 산란, 대사 안정성과 밀접하게 연결되어 있기 때문에 피틴태 인은 단순한 원료 분석값 이상의 의미를 갖습니다 [1].

피틴산염의 항영양 효과는 세 층위에서 나타납니다. 첫째, 피틴산염에 결합된 인 자체가 잘 이용되지 않습니다. 둘째, 피틴산염은 칼슘·아연·철 등 양이온성 미네랄과 난용성 복합체를 형성해 흡수를 방해할 수 있습니다. 셋째, 단백질과 소화효소 주변의 전하 환경을 변화시켜 아미노산 소화율과 에너지 이용성에도 간접적인 영향을 줄 수 있습니다. 이 때문에 피타아제는 단순한 "인 방출 효소"를 넘어 피틴산염이 만드는 결합 네트워크를 느슨하게 하는 영양학적 도구로 평가됩니다 [4].

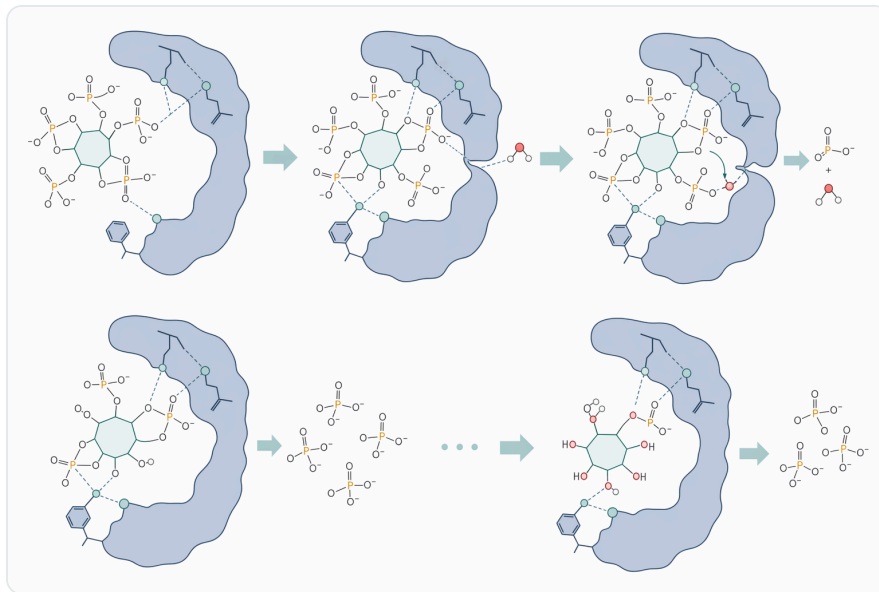


Figure 1. 피타아제는 피테이트의 인산 에스터 결합을 가수분해하여 IP6를 더 낮은 단계의 이노시톨 인산으로 전환하고 무기 인산을 방출한다.

피타아제가 작동하면 피틴산의 인산기가 순차적으로 떨어져 나가며, 고도로 인산화된 이노시톨 인산이 더 낮은 인산화 단계의 중간체로 전환됩니다. 이 과정에서 무기 인산이 방출되고, 피틴산염이 미네랄·단백질을 붙잡는 힘이 줄어듭니다. 효소 반응이 소화관 초기에 충분히 진행될수록 피틴산염이 장내 영양소와 결합할 시간이 줄어들기 때문에, 사료 효율 관점에서는 "어디서 얼마나 빠르게 작

동하는가”도 중요합니다. 상업용 재조합 피타아제 연구에서 기질인 피틴산염이 효소 활성화와 관련된 반응 양상에 영향을 줄 수 있다는 보고도 있어, 피타아제 성능은 단순 투입 여부가 아니라 기질 환경과 효소 구조의 상호작용으로 이해해야 합니다 [5].

내열성 피타아제가 필요한 사료 공정 조건

축산 사료 제조에서 펠릿화는 취급성, 균일성, 섭취성, 분진 감소 측면에서 널리 쓰입니다. 그러나 펠릿화 전 컨디셔닝 단계의 열과 수분, 펠릿 다이를 통과할 때의 압력과 마찰은 효소 단백질에 스트레스를 줍니다. 내열성 피타아제는 이 조건에서 완전한 불활성화를 피하고, 동물이 섭취할 때까지 기능을 유지하도록 의도된 형태입니다. 열 안정성은 사료 효소 개발의 반복적인 목표이며, 피타아제와 자일라네이스를 결합하거나 연결부위를 조정해 열 내성을 개선하려는 연구가 보고되어 있습니다 [3].

다만 “내열성”은 무제한적인 열 안정성을 뜻하지 않습니다. 동일한 피타아제라도 사료의 수분, 지방 수준, 미네랄 조성, 펠릿 체류 시간, 저장 온도, 다른 첨가제와의 상호작용에 따라 가공 후 기능 유지 정도가 달라질 수 있습니다. 효소는 단백질이므로 구조가 보존되어야 활성 부위가 기질을 인식하고 인산 결합을 절단할 수 있습니다. 따라서 내열성 피타아제의 가치는 고온 공정에서 효소 손실 위험을 줄이는 데 있으며, 모든 공정 조건에서 동일한 결과를 보장한다는 의미로 해석해서는 안 됩니다 [6].

사료 산업에서 내열성은 위장관 안정성과도 연결됩니다. 효소가 펠릿 공정을 통과하더라도 위산, 담즙, 내인성 단백질분해효소 환경에서 너무 빨리 변성되면 피틴산염 분해가 제한될 수 있습니다. 일부 피타아제 연구는 알칼리성 또는 산성 조건에서의 안정성, 열 내성, 동물 사료 보충제로서의 적용 가능성을 평가하며, 피타아제가 실제 사료 효소로 쓰이기 위해서는 기질 분해능뿐 아니라 공정 및 소화관 환경 적합성이 필요하다는 점을 보여줍니다 [7].

일반 피타아제와 내열성 피타아제의 실무적 차이

구분	일반 피타아제	내열성 피타아제
핵심 목적	피틴산염 가수분해와 인 방출	피틴산염 가수분해 기능을 유지하면서 열 공정 적합성 강화
주요 리스크	펠릿화·컨디셔닝 중 효소 구조 변성 가능성	극단적 열·수분·장시간 노출에서는 여전히 기능 저하 가능
적합한 사료 환경	저온 혼합, 후첨 공정, 열 스트레스가 낮은 배합	펠릿 사료, 열처리 배합, 공정 안정성이 필요한 축산 사료

구분	일반 피타아제	내열성 피타아제
기대 효과	피틴태 인 방출, 항영양 효과 완화	동일한 영양 목적에 더해 가공 후 기능 유지 가능성 강화
해석상 주의	효소별 pH 범위와 안정성 차이 큼	"내열성"은 제품별·공정별 조건에서 해석해야 함

이 표의 차이는 효소 분류를 단순화한 것입니다. 실제 제품 선택에서 가장 중요한 것은 "피틴산염을 분해하는가"와 "사료 공정 및 소화관 조건을 지나 기능을 유지하는가"라는 두 질문입니다. 연구적으로도 피타아제 생산 미생물, 발효 조건, 효소 특성화, 안정성 개선은 별개의 과제가 아니라 산업 적용을 위해 함께 다뤄지는 요소입니다 [4].

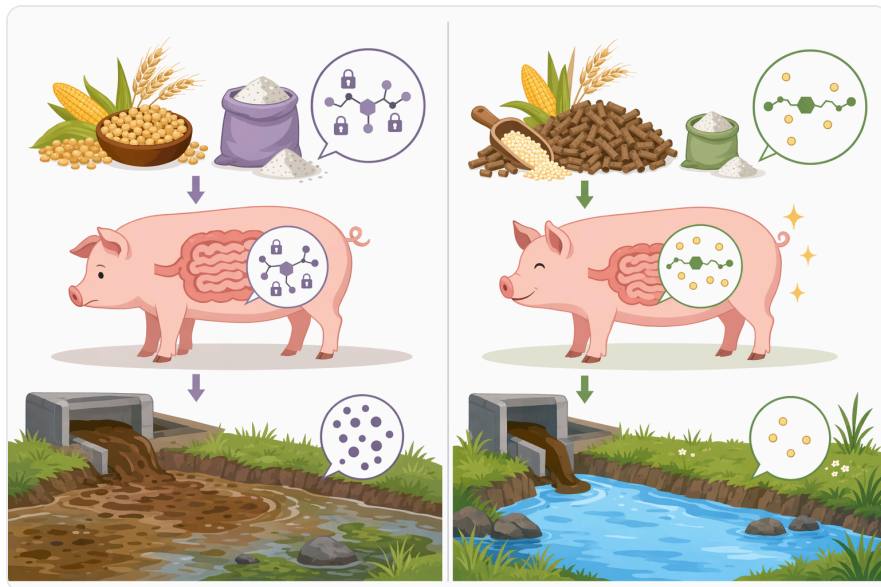


Figure 2. 온전한 피테이트는 인을 묶어 두고 미네랄을 킬레이트화하지만, 피타아제로 처리한 사료에는 흡수 가능한 인산과 전하가 낮은 이노시톨 인산이 더 많이 포함된다.

가금 사료에서의 적용 논리

가금 사료는 옥수수·밀·대두박을 중심으로 구성되는 경우가 많고, 빠른 성장 또는 산란 생산을 위해 칼슘과 인 균형이 정밀하게 관리됩니다. 피틴산염이 많으면 사료의 총 인 함량만으로는 이용 가능한 인을 정확히 설명하기 어렵습니다. 피타아제는 피틴태 인을 방출해 무기 인 공급원 의존도를 낮추는데 활용될 수 있으며, 동시에 피틴산염이 미네랄과 단백질을 묶는 항영양 효과를 줄이는 방향으로 작동합니다 [2].

육계에서는 성장 속도가 빠르기 때문에 초기 장관에서의 인 이용률이 중요합니다. 피타아제가 작동하면 피틴산염에 결합된 인이 무기 인산 형태로 방출되고, 칼슘과의 복합체 형성도 줄어들 수 있습니다. 산란계에서는 난각 형성에 칼슘과 인 대사가 연결되므로, 피틴산염 관리가 무기질 영양 설계

와 관련됩니다. 다만 피타아제가 산란율, 난각 품질, 체중 증가를 일정하게 보장한다고 표현하는 것은 과도합니다. 실제 성과는 사료 조성, 칼슘 수준, 비타민 D 상태, 원료 품질, 농장 관리에 따라 달라 집니다 [1].

가금 사료에서 내열성이라는 특성은 펠렛 또는 크럼블 사료 제조와 직접 연결됩니다. 효소를 혼합한 뒤 열처리를 거치는 배합에서는 가공 후 잔존 기능이 중요하며, 내열성 피타아제는 이 리스크를 줄 이기 위한 선택지입니다. Enzymes.bio의 Thermostable Phytase Enzyme Livestock CAS 9001-89-2 도 축산 사료에서 열 공정 적합성을 염두에 둔 피타아제 제품으로 제시되어 있습니다 .

돼지 사료에서의 적용 논리

돼지도 가금과 마찬가지로 비반추동물이기 때문에 식물성 피틴산염 인을 충분히 이용하기 어렵습 니다. 이유자돈, 육성돈, 비육돈 사료에는 곡물과 식물성 단백질원이 많이 쓰이며, 피틴산염은 인 이 용률뿐 아니라 미네랄 균형과 단백질 이용성에도 영향을 줄 수 있습니다. 피타아제는 돼지 사료에서 피틴산염을 분해해 인을 방출하고, 피틴산염이 결합하고 있던 영양소의 접근성을 높이는 방향으로 작동합니다 [1].

돼지에서는 칼슘과 인의 비율이 피타아제 반응 해석에 특히 중요합니다. 칼슘이 과도하면 피틴산염 과 칼슘의 복합체 형성이 증가해 효소 접근성이 낮아질 수 있고, 반대로 인 이용률 개선을 고려하지 않은 무기 인 보충은 배설 부담을 키울 수 있습니다. 따라서 피타아제의 영양학적 가치는 단독 첨가 제 효과라기보다 전체 미네랄 매트릭스와 함께 나타납니다. 피타아제 관련 리뷰들은 칼슘·인 대사와 사료 효소의 상호작용을 장기간 축산 영양 연구의 핵심 주제로 다루고 있습니다 [1].

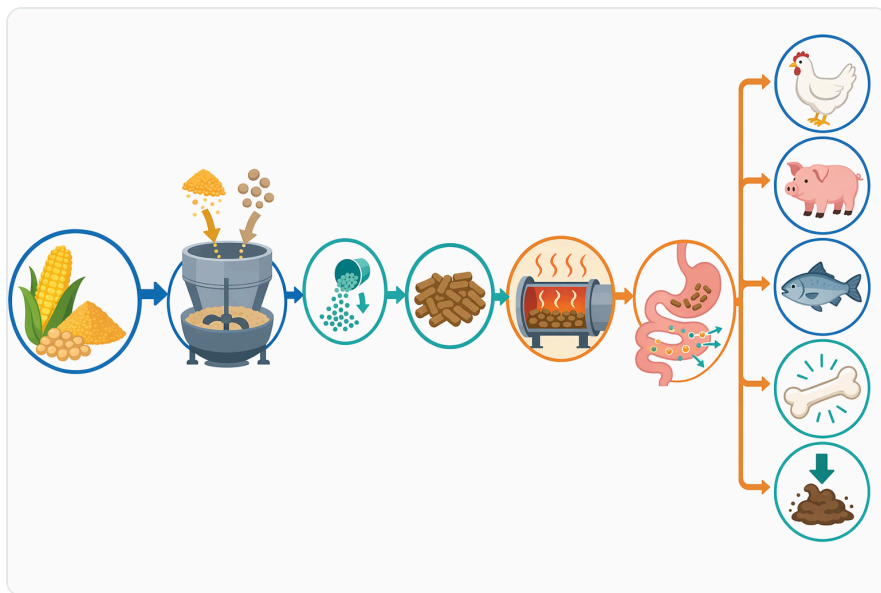


Figure 3. 피테이트 인의 효과적인 방출은 효소가 접근 가능한 피테이트와 접촉하는지, 활성이 지속되는지, 그리고 사료의 수화와 소화 과정이 진행되는지에 달려 있다.

돼지 사료에서도 생산성 지표는 조심스럽게 설명해야 합니다. 피타아제 사용으로 인 이용률이 개선될 수 있다는 근거는 강하지만, 성장률, 사료요구율, 아미노산 소화율 같은 지표는 효소 종류와 사료 조건에 따라 달라집니다. 따라서 제품 설명에서는 “돼지 사료에서 피틴태 인 방출과 피틴산염 항영양성 완화를 지원한다”는 표현이 가장 정확하며, 모든 배합에서 동일한 성능 개선을 전제해서는 안 됩니다 [2].

수산·대체 단백질 사료에서의 확장 가능성

축산용 내열성 피타아제의 주된 응용은 가금과 돼지 사료이지만, 식물성 단백질 사용이 증가하는 수산 사료에서도 피틴산염 관리는 중요한 주제가 되고 있습니다. 어분 대체를 위해 대두박, 곡물 부산물, 식물성 농축단백을 많이 사용할수록 피틴산염이 미네랄과 단백질 이용성을 제한할 수 있습니다. 피타아제는 이러한 식물성 원료 기반 사료에서 피틴산 감소와 인 이용률 개선을 위한 기술로 연구되고 있습니다 [7].

다만 수산 사료는 축산 펠릿과 다른 조건을 가집니다. 압출 온도, 수분, 부상성, 수중 안정성, 어종별 소화관 pH, 사육 수온이 효소 기능에 영향을 줄 수 있습니다. 따라서 축산용 내열성 피타아제를 수산 사료에 적용한다고 해도, 동일한 결과가 자동으로 이어지는 것은 아닙니다. 원리는 동일하게 피틴산염 가수분해이지만, 실제 적용성은 어종과 사료 공정에 따라 다르게 해석해야 합니다 [7].

미생물 기원과 효소 공학이 성능을 좌우하는 이유

피타아제는 곰팡이, 세균, 효모, 식물 등 다양한 생물에서 발견되며, 산업용 효소는 주로 미생물 유래 단백질을 기반으로 개발됩니다. 미생물마다 분비하는 피타아제의 pH 선호성, 열 안정성, 기질 친화성, 프로테아제 저항성이 다를 수 있습니다. 고체발효 조건을 최적화해 피타아제 생산을 높이는 연구가 계속되는 것도, 산업 적용에 필요한 효소량과 안정성을 확보하는 일이 단순하지 않기 때문입니다 [4].

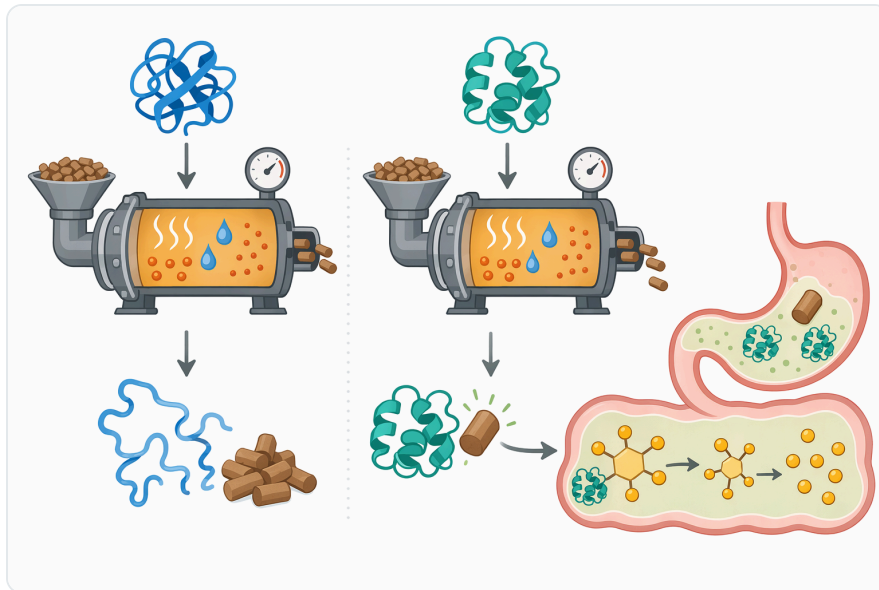


Figure 4. 열안정성은 사료 가공 중 발생하는 스트레스 속에서도 피타아제의 구조를 보존해 소화 과정에서 활성이 유지될 수 있도록 돕는다.

최근에는 단백질 공학 접근도 활발합니다. 특정 피타아제의 표면 전하, 유연한 루프, 연결 부위, 도메인 구조를 조정하면 열 안정성이나 작동 pH 범위를 바꿀 수 있습니다. 키메라 자일라네이스-피타아제 연구는 사료 효소에서 다기능성과 열 내성을 동시에 개선하려는 시도의 예입니다 [3]. 이는 내열성 피타아제가 단순히 “고온에서 버티는 효소”가 아니라, 사료 공정과 장내 기능을 동시에 고려한 단백질 설계의 결과물일 수 있음을 보여줍니다.

대장균 AppA 피타아제와 같은 특정 효소는 표면 표시, 재조합 발현, 기능 분석의 모델로도 연구됩니다. 이러한 연구는 피타아제의 활성 부위가 기질에 접근하는 방식, 세포 표면 또는 분비 환경에서 효소가 기능하는 방식, 산업적 발현 시스템에서 효소 특성이 어떻게 나타나는지를 이해하는 데 도움을 줍니다 [8]. 상업 제품 설명에서는 세부 연구 결과를 과장해 특정 제품 성능으로 연결해서는 안 되지만, 피타아제 기술이 미생물학·단백질공학·동물영양학이 만나는 분야라는 점은 분명합니다.

피타아제 사용으로 기대할 수 있는 이점

가장 직접적인 이점은 피틴태 인 방출입니다. 식물성 원료에 존재하던 난이용성 인을 효소 반응으로 풀어주면, 동물이 흡수할 수 있는 인의 비율이 높아질 수 있습니다. 이 효과는 무기 인 공급원 사용량을 줄이는 사료 설계와 연결될 수 있으며, 배설 인 부담 완화라는 환경적 이점으로도 이어질 수 있습니다. 칼슘과 인의 영양학적 관계를 다룬 최근 리뷰들은 피타아제가 인 흡수와 사료 내 미네랄 이용성 관리에서 중요한 역할을 한다고 정리합니다 [2].

두 번째 이점은 항영양 효과 완화입니다. 피틴산염이 분해되면 미네랄과 단백질을 결합하던 구조가 약해져, 사료 내 다른 영양소의 접근성이 개선될 가능성이 있습니다. 이 효과는 단순히 인 수치만으로 설명되지 않으며, 사료 원료의 식물성 비율이 높거나 미네랄 결합 문제가 큰 배합에서 더 의미 있

게 나타날 수 있습니다 [1].

세 번째 이점은 공정 적합성입니다. 내열성 피타아제는 효소를 펠릿 사료에 적용할 때 발생하는 열 손실 문제를 줄이는 데 목적이 있습니다. 가공 전 첨가가 가능해지면 혼합 균일성이나 공정 운용 측면에서 유리할 수 있지만, 실제 적합성은 사료 제조 조건에 따라 달라집니다. 따라서 내열성은 “가공 리스크를 낮추는 특성”이지 “모든 열 조건에서 완전한 안정성을 보장하는 표현”은 아닙니다 [6].

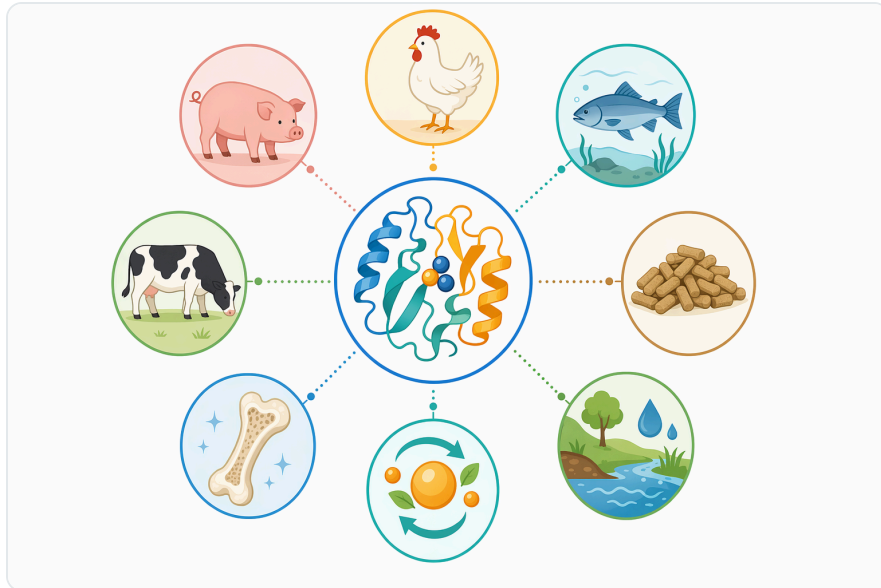


Figure 5. 피타아제는 피테이트가 풍부한 식물성 원료를 포함하고 내인성 피테이트 분해가 제한적인 가금류, 돼지 및 양식 동물 사료와 관련이 있다.

현실적 한계와 정확한 해석

피타아제는 사료비, 영양 효율, 환경 부담을 동시에 고려할 수 있는 강력한 효소이지만, 만능 첨가제는 아닙니다. 효과는 사료 내 피틴산염 수준, 칼슘·인 비율, 비타민 D 상태, 원료 입자도, 위장관 pH, 동물 연령, 장 건강, 다른 효소와의 병용 여부에 따라 달라집니다. 특히 칼슘이 높거나 피틴산염이 낮은 배합에서는 피타아제의 상대적 효과가 다르게 나타날 수 있습니다 [1].

또한 피타아제의 반응은 기질 접근성에 좌우됩니다. 피틴산염이 섬유질 매트릭스 안에 갇혀 있거나 미네랄과 강하게 결합해 있으면 효소가 기질에 접근하기 어렵습니다. 이 때문에 일부 배합에서는 자일라네이스, 베타글루카네이스, 프로테아제와 같은 다른 사료 효소와 함께 사용되는 경우가 있습니다. 다만 효소 병용은 항상 상승효과를 보장하지 않으며, 각 효소가 작동하는 기질과 조건이 맞아야 의미가 있습니다 [3].

내열성 역시 상대적 개념입니다. 열 안정성이 개선된 효소라도 고온·고습·장시간 노출, 과도한 기계적 압력, 부적절한 보관 조건에서는 구조 손상을 받을 수 있습니다. 효소 단백질이 변성되면 활성 부위의 입체구조가 무너지고, 피틴산염의 인산 결합을 정확히 인식해 절단하는 능력이 줄어듭니다. 따

라서 내열성 피타아제의 가치는 공정 조건과 함께 해석해야 하며, 단어 자체만으로 절대적 안정성을 판단해서는 안 됩니다 [6].

Enzymes.bio에서의 제품 포지셔닝

Thermostable Phytase Enzyme Livestock CAS 9001-89-2는 Enzymes.bio에서 축산 사료용 내열성 피타아제 제품으로 제공됩니다. Enzymes.bio는 효소 제조사나 실험실 분석기관이 아니라 온라인 공급업체이며, 제품은 1kg 단위로 직접 판매됩니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되므로, 구매자는 제품과 함께 제공되는 문서에서 해당 배치의 기본 품질 및 안전 정보를 확인할 수 있습니다 .

Enzymes.bio의 피타아제 카테고리는 사료 및 관련 산업 응용에서 피틴산염 분해를 목적으로 하는 효소 제품군을 소개합니다. 이 맥락에서 Thermostable Phytase Enzyme Livestock CAS 9001-89-2는 식물성 원료 기반 배합사료, 펠릿 사료, 가금 및 돼지 사료에서 피틴태 인 방출을 지원하는 효소로 이해할 수 있습니다 .

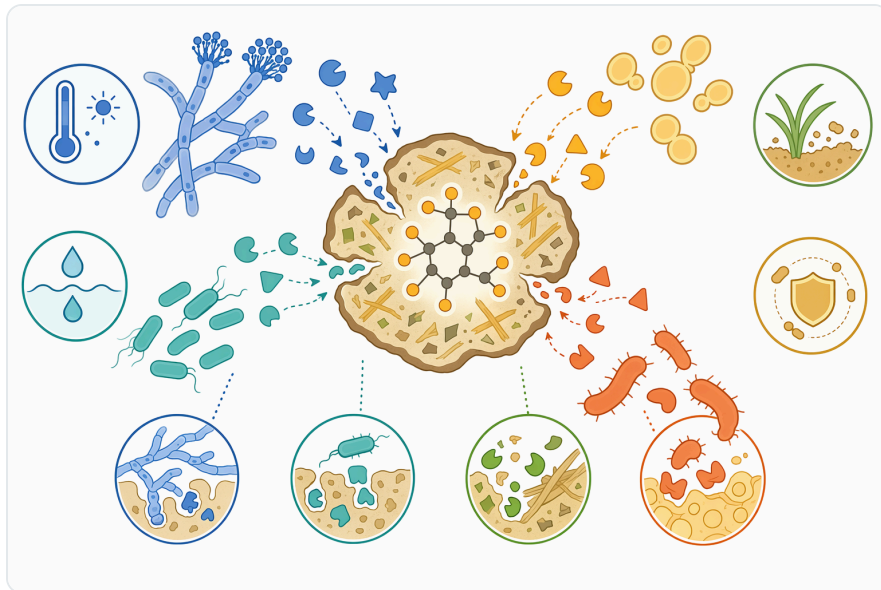


Figure 6. 상업용 및 실험용 피타아제는 안정성과 pH 반응 특성이 서로 다른 다양한 미생물에서 유래한다.

제품 설명에서 중요한 점은 과장된 생산성 보장이 아니라 기전의 정확성입니다. 이 효소의 핵심 기능은 피틴산염의 인산 결합을 가수분해해 인 이용성을 높이고, 피틴산염이 만드는 항영양 결합을 완화하는 것입니다. 내열성은 사료 제조 공정에서 효소 기능 손실을 줄이기 위한 특성이며, 실제 효과는 배합, 공정, 동물 조건에 영향을 받습니다 [2].

사료 설계 관점에서 보는 핵심 요약

내열성 피타아제는 식물성 원료 중심 사료에서 가장 명확한 의미를 갖습니다. 옥수수·밀·대두박·쌀겨처럼 피틴산염이 많은 원료가 많을수록, 사료의 총 인 함량과 실제 이용 가능한 사이의 차이가 커질 수 있습니다. 피타아제는 이 차이를 줄이는 방향으로 작동하며, 특히 비반추동물 사료에서 실무적 가치가 큼니다 [1].

가금 사료에서는 성장과 산란에 필요한 칼슘·인 균형 관리, 돼지 사료에서는 골격 형성 및 성장 단계별 인 요구량 충족과 연결됩니다. 수산 또는 대체 단백질 사료에서도 원리는 동일하지만, 공정과 어종별 소화 환경이 달라 별도의 해석이 필요합니다. 피타아제의 기전은 분명하지만, 적용 결과는 사료 매트릭스와 동물 생리에 의해 조절됩니다 [7].

결론적으로 Thermostable Phytase Enzyme Livestock CAS 9001-89-2는 피틴산염 관리, 피틴태 인 방출, 무기 인 의존도 완화 가능성, 펠릿 사료 공정 적합성을 중심으로 설명하는 것이 가장 정확합니다. Enzymes.bio는 해당 효소를 1kg 단위로 온라인 공급하며, 제조사나 시험기관이 아닌 공급업체로서 주문 제품과 함께 CoA 및 SDS를 제공합니다 .

Thermostable Phytase Enzyme Livestock Cas 9001-89-2 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.

[Thermostable Phytase Enzyme Livestock Cas 9001-89-2 구매하기 →](#)

참고문헌

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

1. Adabi, S. G., Raei, H., Ceylan, N., Torshizi, M., & Yavaş, İ. (2024). Long Story From Past to Present: Calcium, Phosphorus, and Phytase –A Review. *Annals of Animal Science*, 25, 929 - 943.
2. Kananykhina, O., & Turpurova, T. (2025). PHYTASE AS A FACTOR IN PHOSPHORUS ABSORPTION. *Grain Products and Mixed Fodder's*.
3. Patel, D., Rawat, R., Sharma, S., Shah, K., Borsadiya, N., & Dave, G. (2023). Linker-assisted engineering of chimeric xylanase-phytase for improved thermal tolerance of feed enzymes. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 42, 8114 - 8124.
4. Elkhateeb, Y., & Fadel, M. (2022). Bioinformatic Studies, Experimental Validation of Phytase Production and Optimization of Fermentation Conditions for Enhancing Phytase Enzyme Production by Different

Microorganisms under Solid-State Fermentation. *Open Microbiology Journal*.

5. Naghdi, E., Moosavi-Nejad, Z., Goudarzi, B. G., & Soudi, M. (2023). Phytate-Induced Dose-Response Auto-Activation of Enzyme in Commercial Recombinant Phytase From Escherichia coli. *Iranian Journal of Biotechnology*, 21, e3315 - e3315.
6. Onem, H., Çiçek, S., & Nadaroğlu, H. (2016). Immobilization of a thermostable phytase from Pinar melkior (Lactarius piperatus) onto magnetite chitosan nanoparticles. *CyTA - Journal of Food*, 14, 74 - 83.
7. Boyadzhieva, I., Berberov, K., Atanasova, N., Krumov, N., & Kabaivanova, L. (2025). Isolation, Purification and In Vitro Characterization of a Newly Isolated Alkalophilic Phytase Produced by the Halophile Cobetia marina Strain 439 for Use as Animal Food Supplement. *Fermentation*.
8. Muñoz-Muñoz, P. L. A., Terán-Ramírez, C., Mares-Alejandre, R. E., Márquez-González, A. B., Madero-Ayala, P. A., Meléndez-López, S. G., & Ramos-Ibarra, M. A. (2024). Surface Engineering of Escherichia coli to Display Its Phytase (AppA) and Functional Analysis of Enzyme Activities. *Current Issues in Molecular Biology*, 46, 3424 - 3437.

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