

피타아제(Phytase) 효소: 가금·돼지·반추동물 사료에서 피테이트 인 이용성을 높이는 사료 효소

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

피타아제는 옥수수, 밀, 대두박 등 식물성 사료 원료에 존재하는 피테이트를 단계적으로 가수분해해 결합 인을 더 이용 가능한 형태로 전환하는 사료 효소입니다. 가금과 돼지처럼 내인성 피테이트 분해 능력이 제한적인 단위동물 사료에서 특히 중요하며, 배합 조건에 따라 무기 인산염 의존도와 배설 인 부담을 낮추는 영양 설계 도구로 활용됩니다 [1].

Enzymes.bio의 피타아제 제품은 제조사 또는 실험실 생산품으로 안내되는 것이 아니라, 산업·B2B 사용자를 위한 온라인 공급 제품입니다. 제품은 1kg 단위로 직접 구매할 수 있으며, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다.

피타아제가 사료에서 해결하는 핵심 문제

가금·돼지·반추동물 사료의 주요 원료는 곡물, 유지종자박, 식물성 단백질원입니다. 이 원료들은 총 인을 포함하지만, 상당 부분이 피틴산 또는 피테이트 형태로 존재합니다. 피테이트는 식물 종자에서 인을 저장하는 분자이며, 동물의 소화관에서 쉽게 풀리지 않으면 "사료 안에는 인이 있지만 동물이 쓰지 못하는" 상태가 됩니다. 피타아제는 이 병목을 효소적으로 완화하기 위해 사용됩니다 [1].

특히 브로일러, 산란계, 칠면조, 돼지 같은 비반추동물은 피테이트를 충분히 분해할 수 있는 내인성 효소 활성이 제한적입니다. 그 결과 식물성 원료의 인이 흡수되지 않고 배설될 수 있으며, 사료 배합에서는 이를 보완하기 위해 무기 인산염을 추가하는 방식이 사용되어 왔습니다. 피타아제의 목적은 무기 인을 "대체"한다기보다, 피테이트에 묶인 기존 원료 인의 이용 가능성을 높여 배합의 인 설계를 더 정밀하게 만드는 것입니다 [2].

이 문제는 환경 관리와도 연결됩니다. 소화·흡수되지 않은 인은 분뇨로 배출되고, 농경지 살포나 축산 폐기물 관리 과정에서 수계 부영양화와 같은 환경 부담으로 이어질 수 있습니다. 최근 사료 배합 연구는 원료 선택과 영양소 이용률, 배설물 관리가 축산 시스템의 지속가능성과 직접적으로 연결된다고 설명합니다 [3].

피테이트와 피타아제의 작동 원리

피테이트는 myo-inositol 고리에 여러 인산기가 결합된 구조입니다. 이 구조는 인 저장에는 유리하지만, 소화관에서는 칼슘, 아연, 철, 마그네슘과 같은 양이온성 미네랄과 결합하거나 단백질과 상호작용해 영양소 이용성을 낮출 수 있습니다. 따라서 피테이트는 단순한 “소화되지 않는 인”이 아니라, 사료 내 다른 영양소의 이용성에도 영향을 줄 수 있는 항영양 인자로 취급됩니다 [4].

피타아제는 피테이트의 인산 에스터 결합을 절단하여 IP6에서 IP5, IP4, IP3 등 더 낮은 인산화 이노시톨 형태로 순차적으로 분해하고, 무기 인산을 방출합니다. 이 반응이 충분히 진행되면 피테이트가 미네랄을 강하게 붙잡는 능력이 줄어들고, 동물이 활용할 수 있는 인의 비율이 증가합니다. 여러 사료 원료를 대상으로 한 in vitro 연구에서도 피타아제 처리에 따라 피테이트 가수분해와 저인산화 이노시톨 인산 에스터 형성이 관찰됩니다 [4].

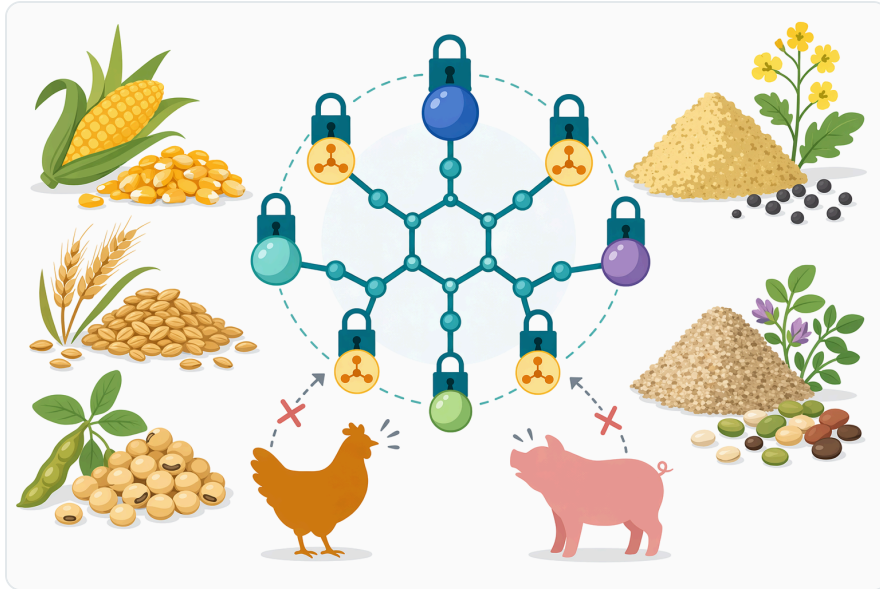


Figure 1. 식물성 사료 원료에는 피틴산 형태의 인이 포함될 수 있으며, 가금류와 기타 단위동물은 효소적 가수분해 없이는 이를 효율적으로 이용하기 어렵습니다.

효소학적으로는 피타아제의 기원과 구조에 따라 작용 위치, pH 선호도, 소화관 내 안정성, 열 노출 후 잔존 기능이 달라질 수 있습니다. 예를 들어 *Escherichia coli* 유래 AppA 피타아제는 입체특이적 기질 인식과 관련된 구조적 특징이 연구되어 왔으며, 이러한 차이는 피테이트 분해 경로와 소화관 조건에서의 실효성 논의에 중요합니다 [5].

가금 사료에서의 적용: 브로일러와 산란계

가금 사료에서 피타아제의 가장 직접적인 응용은 브로일러와 산란계 배합에서 피테이트 결합 인을 활용하는 것입니다. 브로일러는 빠른 성장과 골격 형성이 동시에 진행되기 때문에 이용 가능한 인과 칼슘의 균형이 중요합니다. 산란계에서는 장기간 산란을 유지하면서 골격 저장 칼슘과 난각 형성을 관리해야 하므로, 무기질 설계의 정밀도가 생산성과 직결됩니다 [6].

브로일러 연구에서는 피타아제와 다른 효소 조합이 성장, 영양소 소화율, 경골 무기질화와 관련해 평가되어 왔습니다. 밀·대두박 기반 복합사료에서 효소제와 피타아제를 함께 적용한 연구는 성장 지표, 영양소 이용, 다리뼈 무기질화 등 생산·골격 관련 항목을 함께 검토했다는 점에서 실무적 의미가 있습니다 [7].

대두박 기반 가금 사료에서는 피타아제 보충이 인 생체이용성과 분변 인 배설에 미치는 영향도 오래전부터 평가되었습니다. 관련 연구는 피타아제가 사료 내 피테이트 결합 인을 더 이용 가능한 형태로 만들고, 배설되는 인의 흐름을 바꿀 수 있음을 보여주는 대표적 근거로 활용됩니다 [2].

다만 피타아제가 성장률을 항상 일정하게 끌어올린다고 해석해서는 안 됩니다. 가금의 반응은 원료의 피테이트 함량, 칼슘 수준, 입자도, 사료 형태, 사육 온도, 질병 압력, 기존 인 설계에 따라 달라집니다. 최근 가금 사료 연구에서도 생산성뿐 아니라 배설물과 환경 영향까지 함께 고려하는 방향으로 사료첨가제와 사료 형태의 효과를 평가하고 있습니다 [8].

돼지 사료에서의 적용: 이유자돈·육성돈·비육돈

돼지 사료도 옥수수·밀·대두박 등 식물성 원료 비중이 높아 피테이트 결합 인 문제가 큼니다. 이유자돈은 소화기관이 발달 중이고, 육성·비육돈은 사료 섭취량과 성장 속도에 따라 인 요구량과 배설량이 달라집니다. 피타아제는 이들 배합에서 식물성 원료의 실제 영양 가치를 높이고, 무기 인산염 보충 부담을 완화하는 수단으로 연구되어 왔습니다 [9].

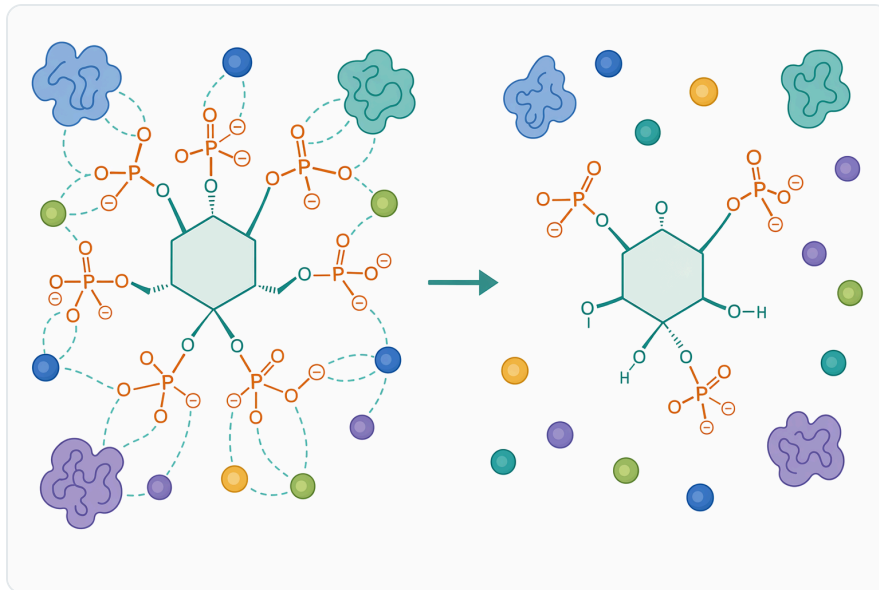


Figure 2. 온전한 피틴산은 미네랄과 단백질에 결합할 수 있지만, 탈인산화가 진행되면 전하 밀도와 미네랄 결합력이 감소합니다.

비육 전후의 돼지를 대상으로 한 연구에서는 피타아제 활성을 가진 효소가 성장, 영양소 이용, 사료 효율 관련 지표에 어떤 영향을 주는지 평가되었습니다. 이러한 연구들은 피타아제가 단순히 “인만 방출하는 효소”가 아니라, 피테이트 분해를 통해 에너지와 아미노산 이용성 논의에도 연결될 수 있음을 보여줍니다 [10].

최근에는 박테리아 유래 6-phytase 변이가 돼지의 에너지 및 아미노산 소화율, 생산 성과와 어떻게 연결되는지 평가하는 연구도 보고되었습니다. 이는 피타아제의 효과가 인 이용성에 국한되지 않고, 피테이트가 다른 영양소와 만드는 복합적 상호작용을 완화하는 방향으로 해석될 수 있음을 시사합니다 [11].

그러나 돼지 사료에서도 효과의 크기는 배합의 영양 마진에 크게 좌우됩니다. 이미 이용 가능한 인이 충분하고 피테이트 부담이 낮은 배합에서는 피타아제의 체감 효과가 제한적일 수 있습니다. 반대로 식물성 원료 비중이 높고 무기 인 설계를 정밀하게 조정하는 배합에서는 피타아제가 더 중요한 경제·환경적 의미를 가질 수 있습니다.

반추동물 사료에서의 위치: 가능하지만 더 조건부인 영역

제품 적용 범위에는 반추동물 사료가 포함될 수 있지만, 반추동물에서 피타아제의 의미는 가금·돼지와 다르게 해석해야 합니다. 소, 양, 염소 같은 반추동물은 반추위 미생물군이 피테이트 분해에 관여할 수 있어, 비반추동물보다 외인성 피타아제 의존도가 낮을 수 있습니다 [1].

그럼에도 반추동물 사료에서 피타아제 논의가 완전히 불필요한 것은 아닙니다. 고농도 곡물 배합, 특정 부산물 사용, 반추위 통과 속도, 사료 가공 조건, 인 배설 규제, 분뇨 관리 전략에 따라 피테이트 인 이용성은 여전히 관심 대상이 될 수 있습니다. 쇠고기 생산용 사료 배합에서도 원료의 환경 영향을 평가하고 배합 선택을 조정하려는 접근이 제시되고 있습니다 [12].

따라서 반추동물 사료에서 피타아제는 “항상 필요한 표준 첨가제”라기보다, 피테이트 함량이 높은 식물성 원료를 많이 쓰는 배합에서 인 이용성과 배설 인 관리를 검토할 때 고려될 수 있는 효소로 설명하는 것이 적절합니다. 이는 비반추동물에서의 비교적 직접적인 근거와 구분해 다루어야 합니다.

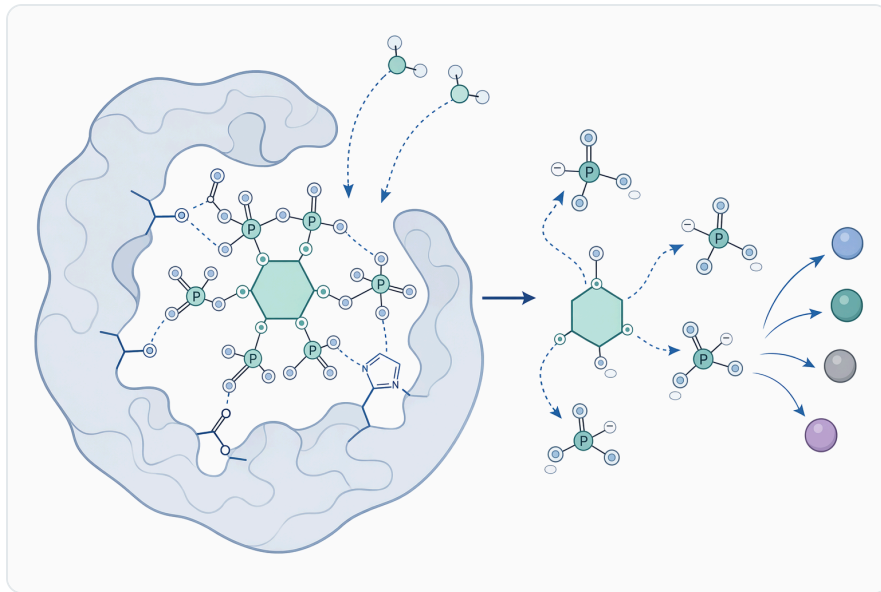


Figure 3. 피타아제는 피틴산의 인산 에스터 결합을 가수분해하여 무기 인산과 저분자 이노시톨 인산을 점진적으로 방출합니다.

피타아제의 영양 효과를 구체적으로 이해하기

피타아제의 1차 효과는 피테이트 결합 인을 방출하는 것입니다. 이 효과가 나타나면 사료 배합에서 이용 가능한 인 수준을 재평가할 수 있고, 칼슘과 인의 균형도 함께 조정 대상이 됩니다. 브로일러 원료별 칼슘·인 소화율 연구에서는 석회석 존재 여부와 피타아제 적용이 개별 원료의 무기질 소화율 해석에 영향을 줄 수 있음을 보여줍니다 [6].

2차 효과는 피테이트의 항영양 작용 완화입니다. 피테이트가 단백질이나 미네랄과 결합하면 소화효소 접근성과 흡수 가능한 영양소 풀이 달라질 수 있습니다. 피타아제는 피테이트 구조를 낮은 인산화 형태로 분해함으로써 이러한 결합력을 낮추고, 일부 영양소 이용성 개선 가능성을 만듭니다 [4].

3차 효과는 배설 인 저감 가능성입니다. 동물이 사료 속 인을 더 많이 활용하면, 같은 총 인 섭취량에서도 배설되는 인의 비율이 줄어들 수 있습니다. 가금 분뇨와 피타아제 효소, 무기 인 비료를 비교한 토양·식물 상호작용 연구는 축산 분뇨와 인 관리가 농업 생태계에서 중요한 논점임을 보여줍니다 [13].

사료 가공과 효소 안정성

피타아제는 단백질성 효소이므로 사료 제조 과정의 열, 수분, 압력, 보관 조건에 영향을 받을 수 있습니다. 특히 펠릿 사료 제조에서는 가열·수분·기계적 압축이 동시에 작용하기 때문에, 효소가 사료가 동물에게 도달하기 전 기능을 얼마나 유지하는지가 중요합니다. 가금 완전사료에서 가열 온도와 피타아제 종류에 따라 효소 활성, 칼슘·인 수준이 달라질 수 있음을 평가한 연구도 있습니다 [14].

이러한 이유로 사료용 피타아제는 단순히 “피테이트를 분해할 수 있는가”만이 아니라, 실제 사료 공정과 소화관 조건을 거친 뒤에도 기능을 발휘할 수 있는지가 중요합니다. 저 pH 조건에서 피테이트 분해를 개선하기 위한 교차결합 피타아제 응집체 연구처럼, 소화관 초기 조건에서의 안정성과 기능을 높이려는 기술적 접근도 보고되고 있습니다 [15].

다만 제품 설명에서 구체적인 활성 단위, 분석법, 단위 정의, 특정 공정 온도 한계 등을 일반 문서에 단정적으로 제시하는 것은 적절하지 않습니다. Enzymes.bio는 제조사나 실험실이 아니라 공급업체이며, 본 문서는 피타아제의 적용 배경과 기전을 설명하는 기술 정보입니다. 주문 시 제공되는 CoA와 SDS는 해당 공급 제품의 문서 확인과 취급 참고에 사용됩니다.

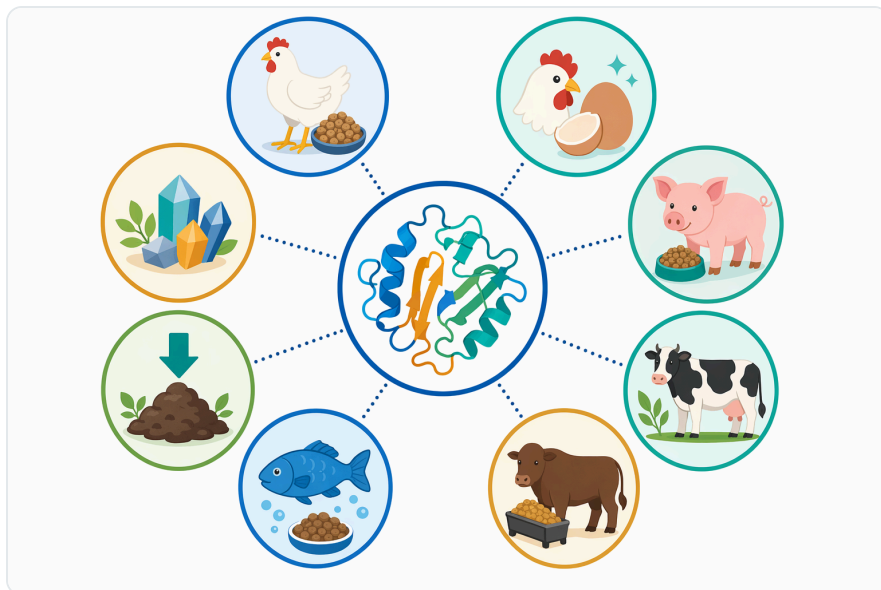


Figure 4. 곡류와 유지종자박 기반 사료에는 피틴산이 포함되어 있고 조류는 내인성 피타아제 활성이 제한적이기 때문에, 가금류는 피타아제 활용이 가장 잘 확립된 사례입니다.

피타아제 적용 효과에 영향을 주는 주요 변수

피타아제의 반응은 사료 원료의 종류에서 시작됩니다. 옥수수, 밀, 보리, 대두박, 채종박, 해바라기박, 곡물 부산물은 피테이트 함량과 피테이트의 접근성이 서로 다릅니다. 같은 총 인 함량을 가진 원료라도 피테이트 인의 비율과 세포벽 구조, 가공 이력에 따라 효소 접근성이 달라질 수 있습니다 [4].

칼슘 수준도 중요합니다. 칼슘이 높으면 피테이트와 불용성 복합체를 형성해 피타아제의 기질 접근성을 낮추거나, 소화관 내 인 흡수 균형에 영향을 줄 수 있습니다. 브로일러 원료 연구에서 석회석과 피타아제의 존재 여부를 함께 평가한 것은 칼슘 공급원과 피타아제 효과가 독립적으로만 작용하지 않는다는 점을 보여줍니다 [6].

동물의 성장 단계 역시 반응을 바꿉니다. 어린 동물은 소화관 발달과 섭취량, 미네랄 요구량이 빠르게 변하기 때문에 피타아제 반응이 더 민감하게 나타날 수 있습니다. 반면 성숙한 동물에서는 기존 배합의 영양 마진, 사료 섭취량, 생산 단계가 효과 해석에 더 큰 비중을 차지합니다.

마지막으로 사료 공정이 중요합니다. 분쇄 입자도, 혼합 균일성, 펠릿 처리, 보관 습도, 다른 첨가제와의 조합은 모두 효소가 기질과 만나는 방식에 영향을 줍니다. 고체발효 기반 사료 생산과 같은 기술도 사료 원료의 영양소 가용성과 효소적 변화를 활용하는 방향으로 검토되고 있습니다 [16].

가금·돼지·반추동물에서 기대 효과 비교

적용 동물군	피타아제의 주요 목적	근거가 강한 영역	해석 시 주의점
브로일러·산란계	피테이트 인 방출, 칼슘·인 균형 보조, 배설 인 저감 가능성	식물성 원료 기반 배합, 골격·난각 관련 무기질 설계	성장 개선을 보장하는 첨가제가 아니라 배합 조건에 따라 반응
돼지	피테이트 인 이용성 개선, 무기 인 산염 부담 완화, 영양소 이용성 보조	옥수수·대두박 중심 배합, 이유·육성·비육 단계 연구	기존 인 수준과 원료 피테이트 함량에 따라 효과 차이
반추동물	특정 배합에서 피테이트 인 관리 가능성	고곡물·식물성 부산물 배합, 환경 인 관리 논의	반추위 미생물의 피테이트 분해가 있어 비반추동물보다 조건부
전체 축종	배설 인 부담 저감과 사료 지속가능성 기여 가능성	영양소 이용률과 환경 영향 연결	농장 분뇨 관리, 배합 설계, 지역 규제에 따라 실제 효과 변화

이 표에서 핵심은 피타아제의 기능은 동일하지만, 축종별 생리와 사료 체계가 달라 기대 효과의 해석이 달라진다는 점입니다. 비반추동물에서는 내인성 피테이트 분해 한계가 분명하기 때문에 피타아제 적용 근거가 더 직접적입니다. 반추동물에서는 사료 조건과 미생물 발효 환경을 함께 고려해야 합니다 [1].

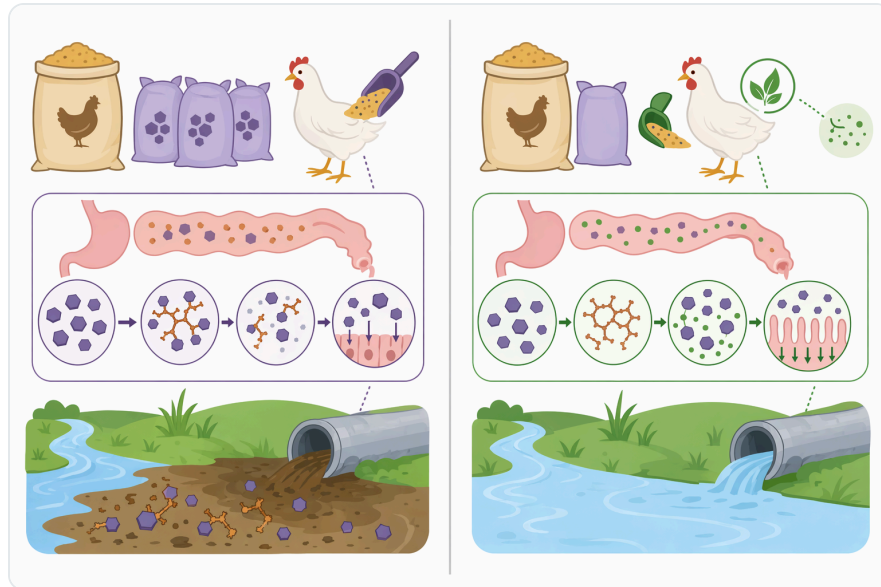


Figure 5. 반추동물에서는 반추위 미생물이 하부 장관 소화 전에 이미 식물성 피틴산을 변형할 수 있으므로, 피타아제 사용은 반추동물보다 단위동물에서 더 직접적인 효과를 보입니다.

환경 측면에서의 의미

피타아제는 환경 첨가제가 아니라 사료 효소입니다. 그러나 피테이트 인의 이용성을 높이면 사료 내 총 인 투입과 배설 인 흐름을 조절할 수 있어 환경 관리와 연결됩니다. 피타아제를 사용한 가금 사료 연구와 분변 인 배설 연구는 이 효소가 영양 효율뿐 아니라 배설물 인 관리 측면에서도 논의될 수 있음을 보여줍니다 [2].

축산업의 지속가능성은 단순히 사료 가격을 낮추는 문제가 아닙니다. 원료의 환경 발자국, 영양소 과잉 공급, 분뇨 배출, 토양 인 축적, 수계 유출 가능성까지 포함합니다. 사료 배합 기술을 지속가능한 시스템과 연결하려는 최근 연구 흐름은 효소와 같은 영양소 이용률 개선 도구가 왜 중요해지는지 설명합니다 [3].

다만 “피타아제가 환경 문제를 해결한다”는 식의 표현은 과장입니다. 실제 환경 효과는 사료 내 총 인 설계, 무기 인 조정 여부, 동물의 흡수율, 분뇨 처리 방식, 농경지 살포 기준에 의해 결정됩니다. 피타아제는 이 중 사료 단계에서 인 이용성을 높이는 하나의 도구로 보는 것이 정확합니다.

피타아제와 다른 사료첨가제의 차이

피타아제는 프로바이오틱스, 유기산, 식물추출물, 항생제, 미네랄 프리믹스와 목적이 다릅니다. 프로바이오틱스는 살아 있는 미생물을 통해 장내 미생물 균형을 조절하려는 접근이고, 식물성 첨가제는 생리활성 성분을 통해 섭취, 항산화, 장 건강 등에 영향을 줄 수 있습니다. 최근 비반추동물 영양 리뷰는 식물성 사료첨가제가 생산성, 장 건강, 환경 문제와 관련해 폭넓게 연구되고 있음을 정리합니다 [17].

반면 피타아제의 중심 기능은 명확합니다. 기질은 피테이트이고, 반응은 인산 에스터 결합의 가수분해이며, 1차 결과는 무기 인산 방출과 피테이트 항영양성 완화입니다. 따라서 피타아제를 장 건강 제품이나 면역 제품처럼 설명하는 것은 정확하지 않습니다.

항생제 저감 흐름 속에서 효소가 관심을 받는 것은 사실이지만, 피타아제는 항생제 대체제가 아닙니다. 질병을 치료하거나 병원체를 직접 억제하는 물질로 표현해서는 안 됩니다. 피타아제의 가치는 사료 영양소 이용률을 높여 전체 사양관리 체계를 더 효율적으로 만드는 데 있습니다.



Figure 6. 사료용 피타아제가 피틴산과 접촉해 인산을 방출하려면, 혼합, 취급, 가공, 섭취 및 장내 조건을 거치는 동안 활성을 유지해야 합니다.

연구 개발 동향: 미생물 유래 피타아제와 구조 개선

사료용 피타아제는 다양한 미생물에서 유래할 수 있으며, 박테리아와 곰팡이 유래 효소 모두 연구되어 왔습니다. 가금 사료 적용 가능성을 위해 세포외 피타아제를 생산하는 박테리아 분리주를 선발하고 in vitro 특성을 평가한 연구는 새로운 효소 자원 탐색이 계속되고 있음을 보여줍니다 [18].

또한 피타아제의 구조와 표면공학, 저 pH 안정성, 열 안정성을 개선하려는 연구도 활발합니다. Escherichia coli 표면에 AppA 피타아제를 표시해 기능을 분석한 연구는 효소의 발현 방식과 세포 표면 제시가 피타아제 기능 평가에 활용될 수 있음을 보여줍니다 [19].

식물 자체가 피타아제 관련 형질을 갖도록 하는 접근도 논의되어 왔습니다. 유전자변형 피타아제 작물에 관한 리뷰는 식물·동물 영양과 생태적 지속가능성 관점에서 피테이트 인 이용성을 개선하려는 장기적 방향을 다룹니다 [20]. 다만 이러한 연구 개발 동향은 사료용 효소 공급 제품의 현재 사용 설명과 구분해 이해해야 합니다.

책임 있는 제품 설명에 적합한 표현

피타아제를 설명할 때 가장 신뢰성 있는 문장은 “식물성 원료의 피테이트 결합 인을 가수분해해 인 이용성을 높이는 데 사용되는 사료 효소”입니다. 이 표현은 효소의 기질, 작용, 적용 목적을 모두 포함하며, 과장 없이 기능을 전달합니다 [1].

적절한 설명은 다음과 같은 방향입니다. 피타아제는 곡물·대두박 기반 가금 및 돼지 사료에서 피테이트 인 이용성을 높이는 데 도움을 줄 수 있습니다. 배합 조건에 따라 무기 인산염 보충 부담과 배설 인을 낮추는 전략에 포함될 수 있습니다. 효과는 원료 조성, 동물 종, 성장 단계, 칼슘·인 균형, 사료 가공 조건에 따라 달라질 수 있습니다.

피해야 할 표현도 분명합니다. 피타아제를 질병 예방제, 항생제 대체제, 성장 보장제, 열 스트레스 해결책, 모든 축종에서 동일하게 작동하는 만능 효소로 표현해서는 안 됩니다. 특히 반추동물에서는 반추위 미생물의 역할 때문에 비반추동물과 같은 방식으로 효과를 단정하기 어렵습니다.

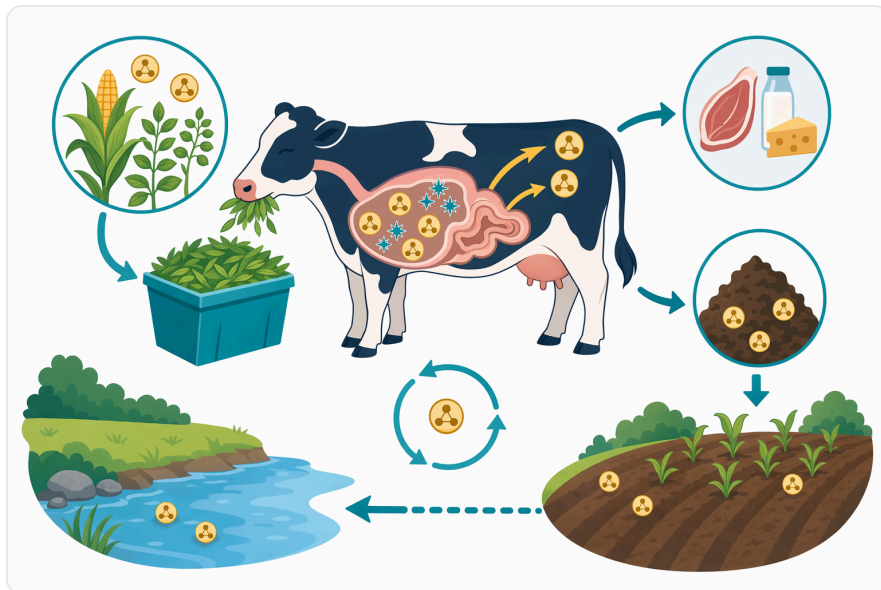


Figure 7. 방출된 식물성 인을 기준으로 사료를 배합하면, 피타아제는 소화되지 않은 인이 분변으로 배출되는 양을 줄일 수 있습니다.

Enzymes.bio 공급 제품으로서의 위치

Enzymes.bio의 피타아제는 가금·돼지·반추동물 사료 적용을 검토하는 산업 사용자를 위한 효소 공급 제품입니다. Enzymes.bio는 제조사나 실험실이 아니며, 제품은 온라인에서 1kg 단위로 직접 구매하는 방식으로 제공됩니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되므로, 구매자는 제품 문서와 취급 정보를 주문 단위에서 확인할 수 있습니다.

이 문서는 조달 체크리스트나 시험법 안내서가 아니라, 피타아제가 사료에서 어떤 문제를 해결하고 어떤 기전으로 작동하는지 설명하는 기술 문서입니다. 따라서 구체적 활성 단위, 등급 수치, 분석법, 단위 정의, 배합 처방을 제시하지 않습니다. 실제 적용은 사료 배합 설계, 축종, 원료 구성, 공정 조건에 맞춰 해석되어야 합니다.

결론: 피타아제는 사료 속 “잠긴 인”을 활용하는 효소

피타아제는 식물성 사료 원료에 존재하는 피테이트를 분해해 결합 인을 더 이용 가능한 형태로 전환하는 효소입니다. 가금과 돼지 사료에서는 피테이트 분해 능력의 생리적 한계가 뚜렷하기 때문에, 피타아제가 인 이용성 개선과 무기 인산염 부담 완화, 배설 인 관리에 중요한 역할을 할 수 있습니다 [2].

반추동물 사료에서도 피테이트 인 관리 관점에서 적용 가능성이 있지만, 반추위 미생물 발효와 배합 조건을 고려해야 하므로 효과는 더 조건부로 해석하는 것이 적절합니다. 모든 축종에서 공통적으로 중요한 점은 피타아제가 질병 치료제나 성장 보장제가 아니라, 피테이트라는 특정 항영양 기질을 분해하는 영양 효율화 효소라는 사실입니다.

Enzymes.bio의 피타아제 제품은 1kg 단위로 온라인 구매 가능한 공급 제품이며, 주문 시 CoA와 SDS가 제공됩니다. 사료 제조, 프리믹스, 농장 자가배합, 동물 영양 검토에서 피테이트 인 이용성 개선을 목표로 할 때, 피타아제는 과학적 기전이 분명하고 산업적 적용 가치가 높은 사료 효소로 이해할 수 있습니다.

Phytase Enzyme For Poultry Feed - Livestock Ruminant Animals Feed Enzymes 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.

[Phytase Enzyme For Poultry Feed - Livestock Ruminant Animals Feed Enzymes 구매하기 →](#)

참고문헌

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

1. Shanmugam, G. (2018). Characteristics of Phytase Enzyme and its Role in Animal Nutrition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7, 1006-1013.
2. Martins, B., Borgatti, L. M. O., Souza, L. W., Robassini, S. L. D. A., & Albuquerque, R. (2013). Bioavailability and poultry fecal excretion of phosphorus from soybean-based diets supplemented with phytase. *Revista Brasileira De Zootecnia*, 42, 174-182.
3. Akintan, O., Gebremedhin, K. G., & Uyeh, D. (2024). Animal Feed Formulation—Connecting Technologies to Build a Resilient and Sustainable System. *Animals*, 14.
4. Hirvonen, J., Liljavirta, J., Saarinen, M., Lehtinen, M., Ahonen, I., & Nurminen, P. (2019). Effect of Phytase on In Vitro Hydrolysis of Phytate and the Formation of myo-Inositol Phosphate Esters in Various Feed Materials. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
5. Acquistapace, I., Thompson, E., Kühn, I., Bedford, M., Brearley, C., & Hemmings, A. (2022). Insights to the Structural Basis for the Stereospecificity of the Escherichia coli Phytase, AppA. *International Journal of Molecular Sciences*, 23.
6. Venter, K., Angel, R., Fourie, J., Plumstead, P., Li, W., Enting, H., Dersjant-Li, Y., ... et al. (2024). Determination of Calcium and Phosphorus Digestibility of Individual Feed Ingredients as Affected by Limestone, in the Presence and Absence of Phytase in Broilers. *Animals*, 14.
7. Amiranashvili, E., Yadrishchenskaya, O., Selina, T., Basova, E., & Shpynova, S. (2024). Influence of complex enzyme drug and phytase on growth, digestibility and use of nutrients of wheat and soya compound feed and mineralization of the drumstick in broiler chickens. *Kormlenie sel'skhozjajstvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo (Feeding of agricultural animals and feed production)*.
8. Attia, Y., Addeo, N. F., Bovera, F., Asiry, K. A., Alhotan, R., Suliman, G., Al-Banoby, M., ... et al. (2025). Feed form and probiotic supplementation improve egg production and reduce environmental impact in laying hens. *Animal Production Science*.
9. Mikhaylova, L., Lavrentev, A., & Kostomakhin, N. (2023). Enzyme with phytase activity in compound feed for young pigs on fattening. *Kormlenie sel'skhozjajstvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo (Feeding of agricultural animals and feed production)*.
10. Mikhailova, L., & Lavrentiev, A. (2024). Use of an enzyme with phytase activity in fattening young pigs. *Innovations and Food Safety*.
11. Vinyeta, E., Velayudhan, D., Aymerich, P., Remus, J., & Dersjant-Li, Y. (2025). PSII-14 Effect of a consensus bacterial 6-phytase variant (PhyG) on energy and amino acid digestibility and the impact on production performance in pigs. *Journal of Animal Science*.
12. Ruiz-Colmenero, M., Bàllega, A., Ramírez, A., Rancaño, V., & Devant, M. (2025). PSII-21 Evaluating the environmental impact of feed ingredients in beef feed formulation. *Journal of Animal Science*.

13. Poblete-Grant, P., Parra-Almuna, L., Pontigo, S., Rumpel, C., Mora, M. L., & Cartes, P. (2025). Mechanisms Involved in Soil–Plant Interactions in Response to Poultry Manure and Phytase Enzyme Compared to Inorganic Phosphorus Fertilizers. *Agronomy*.
14. Sobur, S., Tafsin, M., & Julianti, E. (2024). Differences in Heating Temperature and Type of Phytase Enzyme on Enzyme Activity, Calcium and Phosphorus Levels in Complete Poultry Feed. *Jurnal Agripet*.
15. Henninger, C., Hoferer, M., Ochsenreither, K., & Eisele, T. (2023). Cross-linked phytase aggregates for improved phytate degradation at low pH in animal feed. *European Food Research and Technology*, 249, 2377-2386.
16. Betchem, G., Monto, A. R., Lu, F., Billong, L. F., & Ma, H. (2024). Prospects and Application of Solid-State Fermentation in Animal Feed Production – A Review. *Annals of Animal Science*, 24, 1123 - 1137.
17. Biswas, S., & Kim, I. (2025). A thorough review of phytogenic feed additives in non-ruminant nutrition: production, gut health, and environmental concerns. *Journal of Animal Science and Technology*, 67, 497 - 519.
18. Mussa, L. A., Yadetie, D. M., Temesgen, E. A., Tefera, A., & Gemed, M. (2023). Isolation and in-vitro characterization of extracellular phytase producing bacterial isolates for potential application in poultry feed. *BMC Microbiology*, 23.
19. 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.
20. Reddy, C. S., Kim, S., & Kaul, T. (2017). Genetically modified phytase crops role in sustainable plant and animal nutrition and ecological development: a review. *3 Biotech*, 7, 2015 - 766.


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