

Phytase w paszach i przetwórstwie roślinnym: enzym do uwalniania fosforu z fitynianu

Zespół badawczy Enzymes.bio · Wellington, Nowa Zelandia · June 19, 2026

Phytase to enzym rozkładający fitynian, czyli główną formę magazynową fosforu w wielu surowcach roślinnych, takich jak zboża, śruty oleistych nasion, otręby i rośliny strączkowe. W zastosowaniach B2B phytase jest najczęściej wykorzystywana w paszach dla zwierząt monogastrycznych, aby zwiększać dostępność fosforu i ograniczać jego straty środowiskowe; w przetwórstwie żywności roślinnej pomaga obniżać zawartość kwasu fitynowego i jego wpływ antyodżywczy ^[1].

Czym jest phytase i dlaczego jest ważna technologicznie?

Phytase należy do enzymów fosfatazowych: katalizuje stopniową hydrolizę kwasu fitynowego, znanego także jako fitynian lub mio-inozytolo-heksafosforan. Częsteczką fitynianu zawiera pierścień inozytoli oraz sześć reszt fosforanowych, dlatego może wiązać kationy mineralne i tworzyć trudno dostępne kompleksy z wapniem, cynkiem, żelazem, magnezem oraz innymi składnikami obecnymi w matrycy roślinnej ^[1].

Znaczenie phytase wynika z prostego faktu: rośliny magazynują dużą część fosforu w postaci fitynianu, ale wiele zwierząt gospodarskich — zwłaszcza drób i trzoda chlewna — nie dysponuje wystarczającą endogenną aktywnością enzymatyczną, aby efektywnie wykorzystać ten fosfor. W praktyce bez dodatku phytase część fosforu przechodzi przez przewód pokarmowy niewykorzystana, co zwiększa zapotrzebowanie na mineralne dodatki fosforowe i podnosi ilość fosforu wydalanego z odchodami ^[1].

W przetwórstwie żywności roślinnej ten sam mechanizm ma inne znaczenie: celem nie jest żywienie zwierzęcia, lecz modyfikacja składnika antyodżywczego w zbożach, strączkach, otrębach, mąkach pełnoziarnistych lub białkach roślinnych. Obniżenie poziomu fitynianu może poprawiać dostępność mineralną produktu, ponieważ zmniejsza zdolność matrycy do wiązania jonów metali w nierozpuszczalne lub słabo dostępne kompleksy ^[1].

Problem fitynianu: fosfor obecny, ale biologicznie „zamknięty”

Fitynian pełni w nasionach funkcję magazynu fosforu i jonów mineralnych, co jest korzystne biologicznie dla rośliny, ale problematyczne w żywieniu i przetwórstwie. W surowcach takich jak kukurydza, pszenica, jęczmień, soja, rzepak, otręby i rośliny strączkowe znaczna część fosforu występuje właśnie w tej związanej formie, a nie jako łatwo dostępny ortofosforan [1].

Antyodżywczy charakter fitynianu wynika nie tylko z „ukrycia” fosforu. Liczne reszty fosforanowe nadają cząsteczce silny ładunek ujemny, który sprzyja chelatowaniu kationów mineralnych oraz interakcjom z białkami i innymi składnikami pokarmowymi. W efekcie fitynian może ograniczać dostępność minerałów i wpływać na wykorzystanie składników odżywczych w matrycach bogatych w komponenty roślinne [1].

W paszach dla zwierząt monogastrycznych konsekwencja jest zarówno żywieniowa, jak i ekonomiczna. Jeżeli fosfor fitynianowy nie zostanie uwolniony, receptura paszy musi w większym stopniu opierać się na nieorganicznych źródłach fosforu; jednocześnie niewykorzystany fosfor zwiększa obciążenie odchodów, co ma znaczenie w gospodarce nawozowej i ryzyku eutrofizacji środowiska wodnego [1].

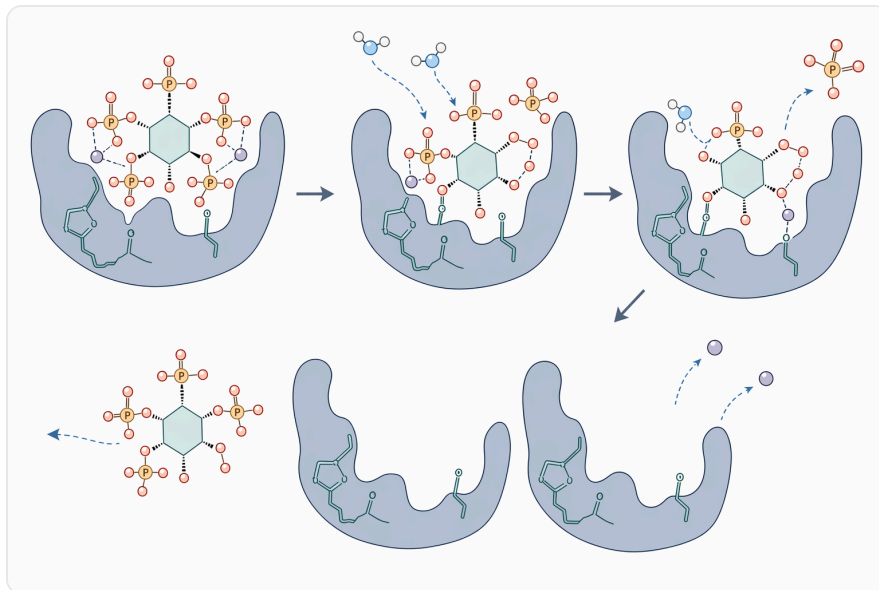


Figure 1. 피타아제는 피틴산을 단계적으로 가수분해하여 IP6를 더 낮은 이노시톨 인산으로 전환하는 동시에 유리 인산을 방출합니다.

Jak działa phytase: hydroliza IP6 do niższych fosforanów inozytoli

Mechanizm działania phytase polega na odłączaniu kolejnych grup fosforanowych od mio-inozytoloheksafosforanu, oznaczanego często jako IP6. W miarę postępu reakcji powstają niżej ufosforylowane pochodne inozytoli — IP5, IP4, IP3 i dalsze produkty — oraz uwalniany jest nieorganiczny fosforan,

który może być wykorzystany w układzie biologicznym lub technologicznie dostępny w produkcji ^[1].

Ten proces ma dwa równoległe skutki. Po pierwsze, zwiększa pulę fosforu w formie dostępnej dla organizmu lub procesu. Po drugie, obniża stopień ufosforylowania cząsteczki, a tym samym zmniejsza jej zdolność do wiązania minerałów. Dlatego efekt phytase nie sprowadza się wyłącznie do fosforu; enzym może pośrednio wpływać na dostępność innych składników mineralnych, jeżeli to fitynian był jednym z głównych czynników ich wiązania ^[1].

W literaturze wyróżnia się różne typy phytase, między innymi zależnie od miejsca pierwszego ataku enzymatycznego na cząsteczkę fitynianu. W praktyce przemysłowej ważniejsze od samej klasyfikacji akademickiej są jednak parametry użytkowe: zakres pH, odporność na temperaturę, aktywność w przewodzie pokarmowym lub matrycy żywnościowej, stabilność podczas przechowywania i podatność na inaktywację w procesach cieplnych ^[1].

Zastosowanie phytase w paszach dla drobiu i trzody chlewnej

Najsilniej udokumentowanym obszarem wykorzystania phytase jest żywienie zwierząt monogastrycznych, zwłaszcza drobiu i świń. W tych recepturach enzym jest dodawany do mieszanek opartych na zbożach, śrutach oleistych i innych komponentach roślinnych, aby hydrolizować fitynian w przewodzie pokarmowym i zwiększać wykorzystanie fosforu naturalnie obecnego w paszy ^[1].

W badaniach paszowych efektywność phytase ocenia się zwykle przez parametry produkcyjne i wskaźniki mineralizacji kości, ponieważ fosfor i wapń mają bezpośrednie znaczenie dla rozwoju układu kostnego. Przykładowo praca z 2024 roku badała wariant bakteryjnej 6-phytase w dietach dla brojlerów prowadzonych do 42. dnia życia, przy czym analizowano m.in. wzrost i popiół kostny w warunkach diet silnie ograniczonych pod względem minerałów, aminokwasów strawnych i energii ^[2].

Z punktu widzenia formulacji paszy phytase nie jest jedynie dodatkiem „do fosforu”. Jej zastosowanie wymaga bilansowania całej receptury: fosforu dostępnego, wapnia, stosunku wapnia do fosforu, źródeł białka roślinnego, udziału zbóż oraz warunków technologicznych przygotowania paszy. Jeżeli receptura jest zbyt konserwatywna, potencjał enzymu może nie zostać w pełni wykorzystany; jeżeli jest zbyt agresywnie zredukowana pod względem składników mineralnych, ryzyko niedoborów wzrasta ^[1].

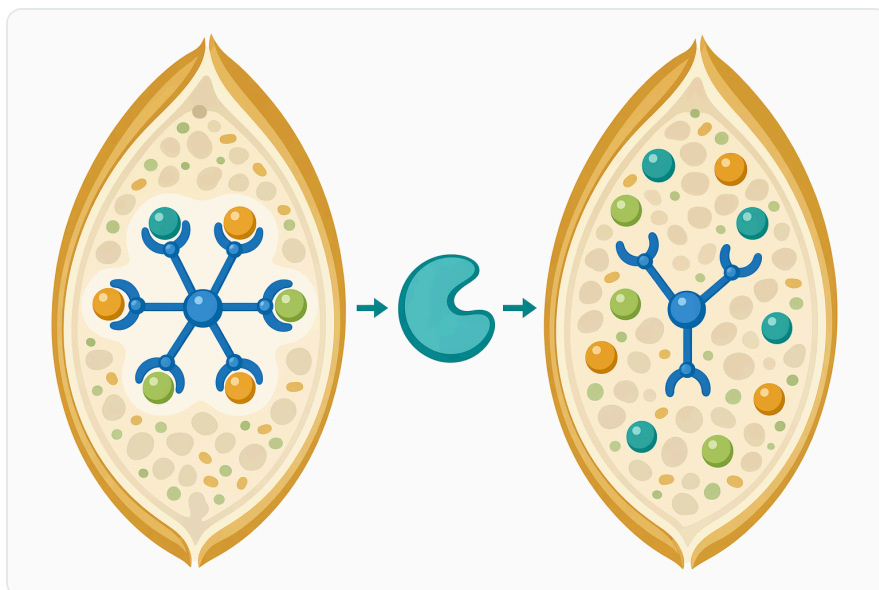


Figure 2. 온전한 피테이트는 무기질 양이온과 결합할 수 있지만, 피타아제에 의한 탈인산화는 이러한 결합 경향을 줄입니다.

Ważnym elementem praktycznym jest forma paszy. Granulowanie, kondycjonowanie i inne etapy ciepłno-mechaniczne mogą obniżyć aktywność enzymów, jeżeli preparat nie jest dostosowany do takich warunków. Dlatego w zastosowaniach paszowych często zwraca się uwagę na określenia takie jak „thermostable phytase” — nie jako obietnicę pełnej odporności na każdy proces, lecz jako wskazanie, że stabilność cieplna jest istotną cechą użytkową enzymu przeznaczonego do pasz .

Znaczenie środowiskowe: mniej fosforu niewykorzystanego przez zwierzę

W systemach produkcji zwierzęcej fosfor jest składnikiem krytycznym: zbyt niski poziom pogarsza mineralizację i wyniki produkcyjne, a nadmiar zwiększa wydalanie i obciążenie środowiska. Phytase pomaga przesunąć część fosforu z puli „związanej w fitynie” do puli dostępnej biologicznie, co może ograniczać konieczność stosowania dodatkowych fosforanów mineralnych ^[1].

W praktyce oznacza to możliwość projektowania bardziej precyzyjnych receptur paszowych, w których większa część fosforu pochodzi z surowców roślinnych już obecnych w mieszance. Z perspektywy środowiskowej ma to znaczenie, ponieważ fosfor wydalany z odchodami może trafiać do gleby i wód, a nadmierna akumulacja związków fosforu sprzyja eutrofizacji ekosystemów wodnych ^[1].

Nie należy jednak interpretować phytase jako samodzielnego rozwiązania wszystkich problemów gospodarki fosforowej. Rzeczywisty efekt zależy od receptury, gatunku zwierząt, wieku, zdrowotności stada, zawartości fitynianu w surowcach, warunków przetwarzania paszy oraz strategii bilansowania mineralnego. Enzym jest narzędziem precyzyjnego żywienia, a nie zamiennikiem kontroli receptury ^[1].

Phytase w przetwórstwie zbóż, piekarnictwie i żywności roślinnej

Drugim istotnym obszarem jest przetwórstwo żywności pochodzenia roślinnego. Zboża pełnoziarniste, otręby, mąki, rośliny strączkowe oraz frakcje białek roślinnych mogą zawierać znaczące ilości fitynianu, który wiąże minerały i wpływa na wartość odżywczą produktu końcowego. Phytase może być używana tam, gdzie proces zapewnia dostęp enzymu do substratu: w środowisku uwodnionym, podczas fermentacji, dojrzewania ciasta, mieszania zawiesin lub obróbki surowców roślinnych [1].

W piekarnictwie szczególnie istotne są produkty pełnoziarniste i wysokobłonnikowe, ponieważ frakcje zewnętrzne ziarna są bogatsze w fitynian niż oczyszczona mąka. Jeżeli warunki ciasta — wilgotność, czas fermentacji i temperatura — pozwalają na działanie enzymu, phytase może obniżać poziom fitynianu przed utwaleniem struktury produktu przez wypiek [1].

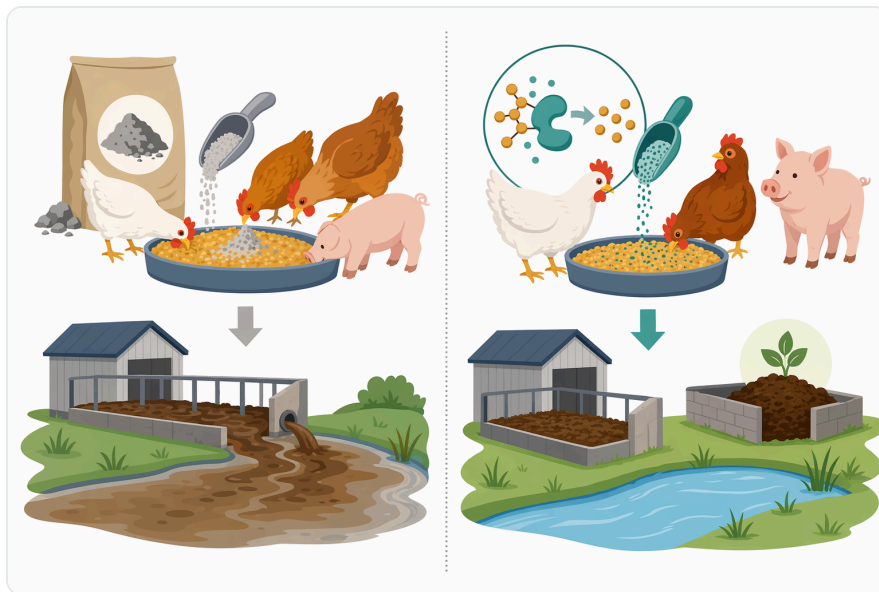


Figure 3. 피타아제가 작용하기 전에는 더 많은 인이 피테이트에 결합된 상태로 남아 있지만, 작용 후에는 더 많은 인산이 방출되고 무기질 결합이 감소합니다.

W przetwarzaniu strączków i białek roślinnych enzym może wspierać redukcję fitynianu w koncentratkach, izolatach lub masach roślinnych, w których minerały i białka występują w złożonej matrycy. Efekt technologiczny zależy jednak od rozdrobnienia, uwodnienia, dostępności substratu, czasu reakcji i tego, czy późniejszy etap cieplny nie przerwie procesu zbyt wcześnie [1].

Porównanie zastosowań phytase w różnych matrycach

Obszar zastosowania	Główny substrat fitynianowy	Cel technologiczny	Kluczowe zmienne procesu	Poziom udokumentowania
Pasze dla drobiu	Zboża, śruty oleiste, komponenty roślinne	Uwolnienie fosforu, wsparcie mineralizacji, ograniczenie fosforu wydalanego	Bilans Ca:P, forma paszy, obróbka cieplna, wiek zwierząt	Bardzo wysoki w żywieniu monogastryków ^[1]
Pasze dla trzody chlewnej	Zboża i śruty bogate w fitynian	Zwiększenie dostępności fosforu, optymalizacja dodatków mineralnych	Skład receptury, strawność, pH przewodu pokarmowego, czas pasażu	Wysoki ^[1]
Piekarnictwo pełnoziarniste	Otręby, mąki razowe, frakcje zewnętrzne ziarna	Redukcja fitynianu przed wypiekami	Uwodnienie, fermentacja, temperatura, czas dojrzewania ciasta	Umiarkowany do wysokiego, zależny od procesu ^[1]
Przetwarzanie strączków	Fasola, groch, soja, soczewica i ich frakcje	Ograniczenie wpływu antyodżywczego fitynianu	Namaczanie, rozdrobnienie, pH, obróbka cieplna	Umiarkowany, silnie zależny od matrycy ^[1]
Izolaty i koncentraty białek roślinnych	Frakcje białkowe zawierające związany fitynian	Poprawa profilu mineralnego i funkcjonalności matrycy	Dostępność substratu, zawiesina wodna, czas reakcji	Rozwijający się obszar aplikacyjny ^[1]

Tabela pokazuje, że phytase działa według tego samego mechanizmu w różnych branżach, ale wynik technologiczny zależy od tego, czy enzym rzeczywiście ma dostęp do fitynianu. Najbardziej przewidywalne efekty obserwuje się tam, gdzie matryca, pH, temperatura i czas kontaktu są dobrze kontrolowane, a cel zastosowania jest jasno powiązany z redukcją fitynianu lub uwolnieniem fosforu ^[1].

Czynniki, które decydują o skuteczności phytase

Pierwszym czynnikiem jest pH. Różne phytase mają różne profile działania, a w zastosowaniach paszowych ważne jest, aby enzym zachowywał aktywność w warunkach przewodu pokarmowego zwierzęcia. W żywności roślinnej kluczowe jest natomiast dopasowanie enzymu do pH ciasta, zawiesiny, namaczanej masy lub procesu fermentacyjnego ^[1].

Drugim czynnikiem jest temperatura. Enzymy przyspieszają reakcje tylko w zakresie, w którym ich struktura pozostaje funkcjonalna; zbyt wysoka temperatura może prowadzić do denaturacji. W paszach problemem jest zwłaszcza ekspozycja na ciepło podczas granulowania, natomiast w piekarnictwie lub gotowaniu należy pamiętać, że większość działania enzymatycznego musi zajść przed etapem intensywnej obróbki cieplnej.

Trzecim czynnikiem jest dostępność wody i struktura matrycy. Fitynian zamknięty w nierozdrobnionych komórkach roślinnych lub suchym materiale jest dla enzymu mniej dostępny niż fitynian w dobrze uwodnionej, rozdrobnionej i wymieszanej zawieszynie. Dlatego namaczanie, rozdrabnianie, mieszanie i fermentacja mogą znacząco wpływać na realny efekt procesu [1].

Czwartym czynnikiem jest czas kontaktu. Hydroliza fitynianu jest procesem sekwencyjnym: od IP6 do niższych fosforanów inozytolu. Krótki czas może wystarczyć do częściowej redukcji IP6, ale niekoniecznie do głębokiego obniżenia wszystkich form wysoko ufosforylowanych, które nadal mogą wiązać minerały [1].



Figure 4. 피타아제는 주로 피테이트를 함유한 식물성 원료 기반의 가금류, 돼지 및 수산양식 사료에 사용됩니다.

Piątym czynnikiem jest bilans mineralny, zwłaszcza obecność wapnia. Wysokie poziomy wapnia mogą sprzyjać tworzeniu kompleksów z fitynianem, a to może zmieniać dostępność substratu dla enzymu oraz wpływać na równowagę mineralną receptury. W paszach oznacza to konieczność traktowania phytase jako elementu systemu żywieniowego, a nie izolowanego dodatku [1].

Phytase a inne strategie redukcji fitynianu

Phytase może działać samodzielnie lub uzupełniać naturalne procesy, które również redukują fitynian. Namaczanie, kiełkowanie, fermentacja zakwasowa i obróbka mikrobiologiczna mogą aktywować endogenne enzymy surowca lub enzymy mikroorganizmów, ale ich skuteczność jest zmienna i zależy od surowca oraz procesu. Dodatek kontrolowanej phytase pozwala bardziej bezpośrednio ukierunkować reakcję na hydrolizę fitynianu ^[1].

W paszach alternatywą dla uwalniania fosforu z fitynianu jest zwiększenie udziału fosforu mineralnego. Taka strategia jest prosta recepturowo, ale nie rozwiązuje problemu niewykorzystanego fitynianu i może zwiększać ilość fosforu wydalanego. Phytase jest więc szczególnie użyteczna tam, gdzie celem jest efektywne wykorzystanie fosforu obecnego już w komponentach roślinnych ^[1].

W żywności roślinnej redukcję fitynianu można osiągać również przez dobór surowców, frakcjonowanie, fermentację lub procesy hydrotermiczne. Enzymatyczna hydroliza ma tę zaletę, że działa specyficznie na wiązania fosforanowe fitynianu, ale wymaga warunków sprzyjających aktywności enzymu przed końcowym utrwaleniem produktu ^[1].

Korzyści biznesowe: gdzie phytase tworzy wartość B2B?

Najbardziej bezpośrednią korzyścią w paszach jest możliwość lepszego wykorzystania fosforu zawartego w surowcach roślinnych. Dla producentów pasz oznacza to większą elastyczność formułacji i możliwość ograniczania zależności od fosforanów mineralnych, o ile receptura jest prawidłowo zbilansowana i potwierdzona w danym systemie produkcyjnym ^[1].

Drugą korzyścią jest wpływ na cele środowiskowe. Ograniczenie wydalania niewykorzystanego fosforu wpisuje się w presję regulacyjną i rynkową dotyczącą bardziej zrównoważonej produkcji zwierzęcej. W praktyce enzym może wspierać zarówno ekonomikę receptury, jak i redukcję obciążenia środowiskowego wynikającego z nadmiaru fosforu w odchodach ^[1].



Figure 5. 효과적인 피타아제 작용에는 활성 효소, 접근 가능한 피테이트 기질, 충분한 수분, 적절한 pH, 그리고 충분한 접촉 시간이 필요합니다.

Trzecią korzyścią jest poprawa wartości technologiczno-odżywczej produktów roślinnych. W sektorze żywnościowym rosnący udział białek roślinnych, pełnych ziaren i produktów wysokobłonnikowych zwiększa znaczenie kontroli fitynianu jako składnika wpływającego na biodostępność minerałów. Phytase odpowiada na ten trend mechanistycznie, ponieważ bezpośrednio rozkłada związek odpowiedzialny za chelatowanie ^[1].

Czwartą korzyścią jest precyzja działania. W przeciwieństwie do wielu ogólnych metod obróbki, enzym działa na określony typ wiązań chemicznych, co pozwala projektować proces wokół konkretnego celu: uwolnienia fosforanu i obniżenia stopnia ufosforylowania inozytolu. Ta specyficzność jest jednym z powodów, dla których phytase stała się jednym z najbardziej rozpoznawalnych enzymów paszowych ^[1].

Ograniczenia i realistyczne oczekiwania

Phytase nie działa skutecznie w każdych warunkach. Jeżeli proces jest zbyt suchy, zbyt krótki, zbyt gorący albo pH znajduje się poza zakresem działania enzymu, hydroliza fitynianu może być ograniczona. Podobnie w matrycach o słabym rozdrobieniu lub niskiej dostępności substratu enzym może nie dotrzeć do wszystkich cząsteczek fitynianu ^[1].

Nie każdy efekt można też przenosić bezpośrednio między gatunkami zwierząt lub typami surowców. Wyniki uzyskane w diecie brojlerów nie muszą automatycznie odzwierciedlać efektów w paszy dla świń, ryb, przeżuwaczy lub w produkcie żywnościowym. Różnice dotyczą fizjologii trawienia, czasu pasażu, pH, składu mikrobioty oraz tego, jak fitynian jest rozmieszczony w danej matrycy ^[2].

W żywności roślinnej należy unikać nadmiernych obietnic zdrowotnych. Redukcja fitynianu może poprawiać potencjalną biodostępność składników mineralnych, ale rzeczywisty efekt żywieniowy zależy od całej diety, statusu mineralnego konsumenta, obecności innych inhibitorów lub promotorów wchłaniania oraz warunków przetwarzania produktu końcowego [1].

Enzymes.bio jako dostawca phytase dla zastosowań przemysłowych

Enzymes.bio udostępnia phytase jako produkt dla klientów B2B w sprzedaży online, w jednostkach 1 kg. Firma pełni rolę dostawcy, a nie producenta ani laboratorium badawczego; dokumenty CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem, co wspiera podstawową dokumentację operacyjną po stronie użytkownika przemysłowego .

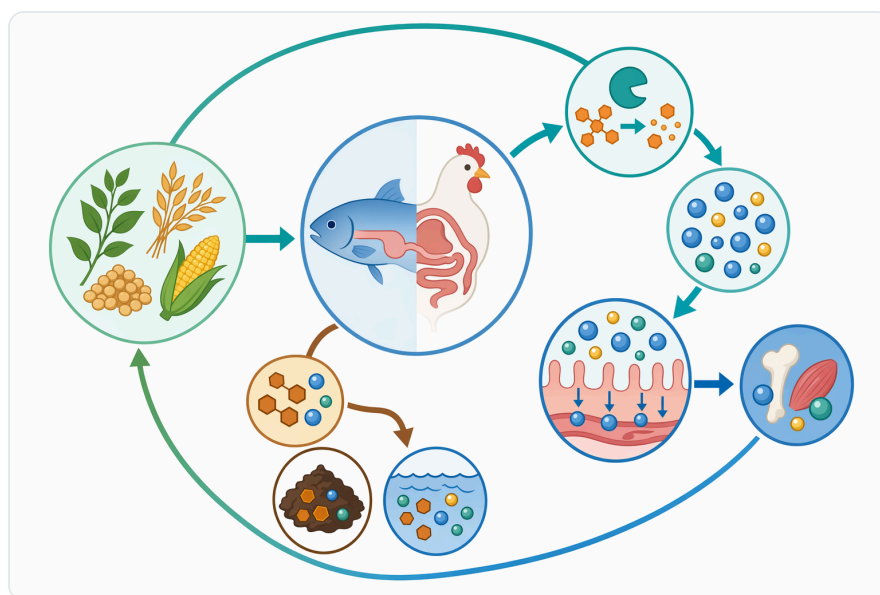


Figure 6. 피타아제는 피테이트에서 인산을 방출함으로써 인 이용률을 높이고 사료 시스템에서 사용되지 않은 인의 손실을 줄일 수 있습니다.

W ofercie Enzymes.bio znajduje się między innymi phytase opisywana jako enzym do zastosowań paszowych, w tym wariant określany jako termostabilny dla pasz zwierzęcych. Takie pozycjonowanie jest zgodne z najczęstszym rynkowym zastosowaniem enzymu, czyli hydrolizą fitynianu w mieszankach opartych na komponentach roślinnych .

Dla użytkownika B2B najważniejsze jest dopasowanie funkcji enzymu do procesu: w paszach będzie to uwalnianie fosforu i ograniczanie wpływu fitynianu, a w żywności roślinnej — redukcja składnika antyodżywczego w warunkach umożliwiających aktywność enzymatyczną. Phytase należy więc traktować jako narzędzie technologiczne zależne od matrycy, a nie jako uniwersalny dodatek działający identycznie w każdej recepturze [1].

Podsumowanie techniczne

Phytase rozkłada fitynian, czyli IP6, przez sekwencyjne odłączanie grup fosforanowych i tworzenie niżej ufosforylowanych form inozytolu. Dzięki temu uwalnia fosforan i zmniejsza zdolność fitynianu do wiązania minerałów, co tłumaczy jej znaczenie w paszach, zbożach, produktach pełnoziarnistych, strączkach i białkach roślinnych ^[1].

Najmocniejsze zastosowanie przemysłowe dotyczy pasz dla drobiu i trzody chlewnej, gdzie phytase wspiera wykorzystanie fosforu naturalnie obecnego w surowcach roślinnych oraz może ograniczać wydalanie fosforu. Badania paszowe, w tym doświadczenia na brojlerach prowadzone do 42. dnia życia, pokazują, że efekty enzymu ocenia się nie tylko przez samą dostępność fosforu, ale także przez wzrost i wskaźniki mineralizacji kości ^[2].

W przetwórstwie żywności roślinnej phytase jest użyteczna wtedy, gdy proces zapewnia enzymowi wodę, czas, odpowiednie pH i temperaturę przed etapem utrwalania cieplnego. Jej wartość polega na specyficznej redukcji fitynianu, ale końcowy rezultat zawsze zależy od surowca, struktury matrycy, warunków procesu i celu technologicznego ^[1].

Zamów Phytase online

Sprzedawany w jednostkach 1 kg, dostępny z magazynu i gotowy do wysyłki. Zamów bezpośrednio w naszym sklepie — zapłać online, a my przetworzymy Twoje zamówienie. Do każdego zamówienia dołączamy Certyfikat Analizy i Kartę Charakterystyki.

[Kup Phytase →](#)

Bibliografia

Ponumerowano według kolejności pierwszego cytowania. Źródła open access, każde zweryfikowane jako dostępne w momencie publikacji; numery cytowań w tekście prowadzą tutaj.

1. [Pmc10581959](#). *PubMed Central*.
2. Sobotik, E., House, G., Stiewert, A., Bello, A., Dersjant-Li, Y., Marchal, L., & Archer, G. (2024). [Effects of a Novel Consensus Bacterial 6-Phytase Variant on Growth Performance and Bone Ash of Broilers Fed Complex Diets Highly Deficient in Minerals, Digestible Amino Acids and Energy through 42 Days of Age](#). *Animals*, 14.

Skontaktuj się z Enzymes.bio


Masz pytania dotyczące zamówienia? Nasz zespół chętnie pomoże.

E-MAIL wholesale@enzymes.bio

TELEFON (USA) **+1 (507) 428-6057**

[Skontaktuj się z nami →](#)

 **400+** klientów B2B

 **60+** partnerów badawczych z uczelni

 **54** obsługiwanych na całym świecie

© 2026 Enzymes.bio · Dostawy enzymów przemysłowych i do przetwórstwa żywności · Nie do spożycia przez ludzi ani sprzedaży detalicznej.