

Feed Grade Alkaline Protease For Fermented Soybean Meal — alkaliczna proteaza paszowa do fermentacji śrutu sojowej

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

Feed Grade Alkaline Protease For Fermented Soybean Meal to paszowa proteaza alkaliczna stosowana jako narzędzie technologiczne w przetwarzaniu śrutu sojowej, zwłaszcza w procesach fermentacji i hydrolizy białka. Jej główna rola polega na rozkładzie dużych białek soi do krótszych peptydów, co może wspierać poprawę strawności, ograniczenie wybranych białek antygenowych oraz zwiększenie wartości funkcjonalnej fermentowanej śrutu sojowej. Badania nad fermentacją i hydrolizą enzymatyczną śrutu sojowej pokazują, że proteoliza może zmieniać strukturę białek, profil peptydowy i dynamikę trawienia białka u zwierząt monogastrycznych ^[1].

Czym jest alkaliczna proteaza paszowa do fermentowanej śrutu sojowej?

Alkaliczna proteaza paszowa to enzym rozkładający wiązania peptydowe w białkach w warunkach obojętnych do zasadowych. W praktyce technologii paszowej oznacza to, że długie, zwarte białka obecne w śrucie sojowej mogą zostać pocięte na mniejsze frakcje peptydowe i aminokwasy, które są łatwiejsze do dalszego wykorzystania przez mikroorganizmy fermentacyjne lub układ pokarmowy zwierząt. W przeglądach dotyczących proteaz w żywieniu zwierząt podkreśla się, że enzymy te są stosowane w celu poprawy wykorzystania białka paszowego i ograniczenia strat składników azotowych ^[2].

W kontekście produktu **Feed Grade Alkaline Protease For Fermented Soybean Meal** najważniejsze jest słowo „fermented”: enzym nie jest tylko dodatkiem do mieszanki paszowej, lecz elementem przetwarzania surowca białkowego. Śruta sojowa jest wartościowym źródłem białka, ale zawiera też składniki ograniczające jej pełne wykorzystanie, w tym białka antygenowe, inhibitory enzymów trawiennych i frakcje strukturalne utrudniające dostęp enzymów trawiennych do białka. Połączenie fermentacji i hydrolizy enzymatycznej jest w literaturze opisywane jako sposób poprawy jakości białka oraz degradacji alergenów w śrucie sojowej ^[1].

Enzymes.bio występuje w tym łańcuchu jako **dostawca** produktu enzymatycznego, a nie jako producent enzymu ani laboratorium badawcze. Produkt jest sprzedawany bezpośrednio online w jednostkach 1 kg, a CoA oraz SDS są dostarczane wraz z zamówieniem. Taki opis zastosowania należy traktować jako dokument techniczno-edukacyjny dla użytkowników B2B, a nie jako gotowy projekt procesu fermentacji lub substytut walidacji receptury paszowej.

Dlaczego śruta sojowa wymaga obróbki enzymatycznej lub fermentacyjnej?

Śruta sojowa jest jednym z najczęściej używanych roślinnych źródeł białka w paszach dla drobiu, trzody, ryb i przeżuwaczy, ponieważ dostarcza wysokiego poziomu białka i korzystnego profilu aminokwasowego. Samo stężenie białka nie przesądza jednak o jego pełnej dostępności żywieniowej: część frakcji białkowych jest zamknięta w strukturach roślinnych, część występuje w postaci dużych białek magazynowych, a część może działać antyżywniowo lub antygenowo. Właśnie dlatego fermentacja, ogrzewanie i hydroliza enzymatyczna śruty sojowej są porównywane jako strategie poprawy wzrostu, strawności składników i mikrobioty jelitowej u prosiąt odsadzonych ^[3].

Najważniejsze białka antygenowe soi to glicynina i β -konglicynina. Są to duże białka magazynowe, często określane odpowiednio jako frakcje 11S i 7S, które mogą prowokować reakcje niepożądane w przewodzie pokarmowym młodych zwierząt, szczególnie wtedy, gdy bariera jelitowa i system enzymów trawiennych nie są w pełni dojrzałe. Badania nad połączeniem fermentacji i hydrolizy enzymatycznej pokazują, że takie przetwarzanie może poprawiać jakość białka i zmniejszać obecność alergenów w śrucie sojowej ^[1].

Drugą grupą problemów są czynniki antyżywniowe, takie jak inhibitory proteaz trawiennych, składniki ograniczające wykorzystanie minerałów czy oligosacharydy wpływające na fermentację jelitową. Nie każdy z tych składników jest bezpośrednim substratem proteazy, ale rozkład białek może zwiększać dostępność surowca dla mikroorganizmów fermentacyjnych i enzymów współwystępujących w procesie. Przeglądy dotyczące enzymów egzogennych w paszach dla zwierząt monogastrycznych wskazują, że proteazy są częścią szerszej strategii poprawy strawności i efektywności wykorzystania paszy, obok enzymów rozkładających węglowodany nieskrobiowe czy fitinyiany ^[4].

Mechanizm działania: od białka sojowego do krótszych peptydów

Proteaza działa poprzez hydrolizę wiązań peptydowych, czyli rozcinanie łańcuchów białkowych na krótsze odcinki. W śrucie sojowej oznacza to rozluźnianie dużych struktur białkowych, zmniejszanie masy cząsteczkowej frakcji białkowych i zwiększanie udziału peptydów, które mogą być łatwiej

wykorzystywane przez mikroorganizmy lub zwierzęta. W badaniu dotyczącym enzymatycznej hydrolizy śruty sojowej wykazano, że takie przetwarzanie zmienia strukturę materiału oraz dynamikę trawienia białka w warunkach modelujących żywienie świń [5].

Określenie „alkaliczna” jest istotne, ponieważ proteazy różnią się zakresem środowiska, w którym zachowują wysoką aktywność. Proteaza alkaliczna jest zwykle dobierana tam, gdzie proces technologiczny lub naturalne właściwości surowca nie odpowiadają warunkom typowym dla proteaz kwaśnych. Nie chodzi wyłącznie o wartość pH jako pojedynczy parametr, lecz o kompatybilność enzymu z wilgotnością masy, temperaturą procesu, mikroflorą fermentacyjną i czasem kontaktu z substratem. W badaniach nad produkcją proteaz z wykorzystaniem odpadów agroprzemysłowych pH i temperatura są traktowane jako główne czynniki kształtujące wydajność procesu enzymatycznego [6].

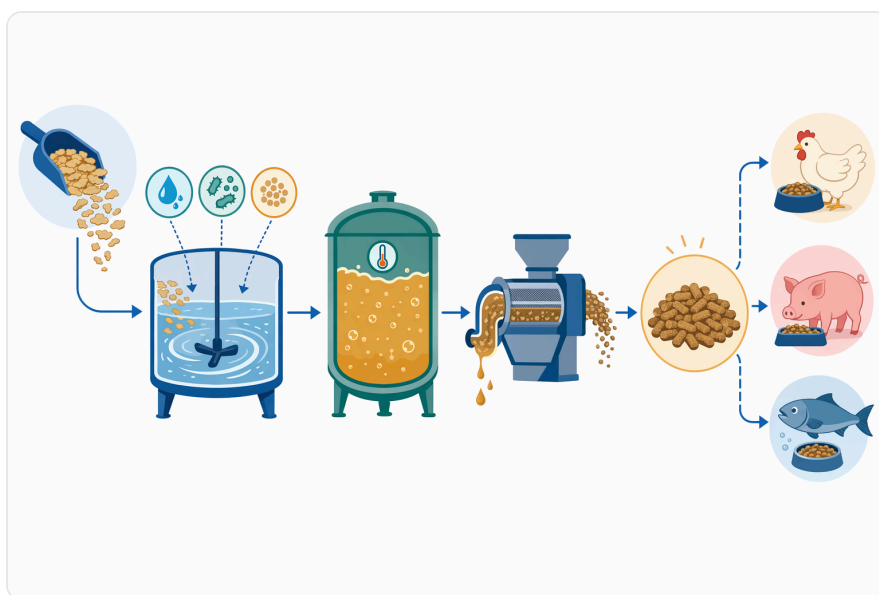


Figure 1. 알칼리성 프로테아제는 수화된 대두박의 컨디셔닝, 발효, 건조 및 완제품 사료 원료 취급 과정에서 사용되는 가공 보조제 중 하나로 기능합니다.

W fermentowanej śrutce sojowej proteaza zewnętrzna może działać równolegle z enzymami wytwarzanymi przez mikroorganizmy. Szczepy z rodzaju *Bacillus* są często badane w tym kontekście, ponieważ wytwarzają enzymy proteolityczne i mogą przekształcać białko soi w peptydy o potencjalnej aktywności biologicznej. Praca nad fermentowaną śrutą sojową z użyciem proteolitycznych szczepów *Bacillus* izolowanych z tradycyjnego produktu kinema pokazała, że taki proces może prowadzić do powstawania bioaktywnych peptydów [7].

Fermentacja stała i hydroliza enzymatyczna: dwie uzupełniające się strategie

Fermentacja stała śruty sojowej polega na prowadzeniu aktywności mikroorganizmów przy ograniczonej ilości wolnej wody, w środowisku zbliżonym do wilgotnego surowca paszowego. W takim układzie mikroorganizmy nie tylko zużywają część składników odżywczych, ale też wydzielają enzymy rozkładające białka, węglowodany i inne frakcje roślinne. Badanie produkcji enzymów metodą fermentacji stałej na śrucie sojowej potwierdza, że sam surowiec może być podłożem do powstawania enzymów istotnych technologicznie [8].

Hydroliza enzymatyczna jest bardziej bezpośrednim podejściem: do surowca wprowadza się enzym, który ma wykonać określone zadanie biochemiczne, w tym przypadku proteolizę białek. W praktyce oba podejścia mogą się uzupełniać, ponieważ fermentacja zapewnia aktywność mikrobiologiczną, a proteaza zewnętrzna pomaga ukierunkować rozkład białka. W badaniach nad bezpośrednią hydrolizą enzymatyczną wysokotemperaturowej śruty sojowej wykorzystano proteinazę wytworzoną w procesie fermentacji mikrobiologicznej, co pokazuje praktyczne powiązanie obu strategii [9].

Dla technologii paszowej ważne jest, aby nie mylić „większej ilości peptydów” z „większą ilością białka” w sensie chemicznym. Proteaza nie dodaje azotu do surowca; ona zmienia postać istniejącego białka. Efektem może być większa rozpuszczalność frakcji białkowych, lepszy dostęp enzymów trawiennych do substratu, zmniejszenie udziału dużych białek antygenowych i inny profil smakowo-zapachowy. Badanie zmienności enzymów zewnątrzkomórkowych i goryczy śruty sojowej podczas fermentacji stałej z udziałem *Bacillus subtilis* pokazuje, że proteoliza ma znaczenie nie tylko żywieniowe, lecz także sensoryczne [10].

Co zmienia proteaza w fermentowanej śrucie sojowej?

Rozkład białek antygenowych

Jednym z najlepiej uzasadnionych celów stosowania proteaz przy śrucie sojowej jest zmniejszenie udziału dużych białek antygenowych. Glicynina i β -konglicynina mogą być odporne na niepełne trawienie i wywoływać niekorzystne reakcje u wrażliwych zwierząt, dlatego ich degradacja jest ważnym wskaźnikiem jakości przetwarzania. Połączenie fermentacji i hydrolizy enzymatycznej jest opisywane jako metoda poprawy jakości białka oraz degradacji alergenów w śrucie sojowej [1].

W praktyce procesowej oznacza to, że celem nie jest całkowite „zniszczenie” białka, lecz kontrolowane pocięcie wybranych frakcji. Zbyt mała proteoliza może pozostawić znaczną część dużych białek, natomiast zbyt intensywna może zwiększać udział wolnych aminokwasów i małych peptydów wpływających na smak, zapach oraz podatność surowca na dalsze reakcje technologiczne. Badania nad

lotnymi związkami smakowymi i metabolitami odżywczymi po różnych technikach hydrolizy enzymatycznej śrutu sojowej potwierdzają, że sposób proteolizy wpływa również na profil sensoryczny surowca [11].

Większa dostępność białka dla trawienia

Hydroliza enzymatyczna zmienia fizyczną i chemiczną strukturę białek, przez co enzymy trawienne zwierzęcia mogą mieć łatwiejszy dostęp do miejsc cięcia. W żywieniu świń ma to znaczenie szczególnie u młodych zwierząt, u których zdolność trawienia białka roślinnego jest ograniczona w okresie okołoodsadzeniowym. Badanie porównujące ogrzewanie, fermentację i hydrolizę enzymatyczną śrutu sojowej u prosiąt odsadzonych wskazuje, że sposób przetwarzania surowca może wpływać na wyniki wzrostowe, strawność składników pokarmowych i mikrobiotę jelitową [3].

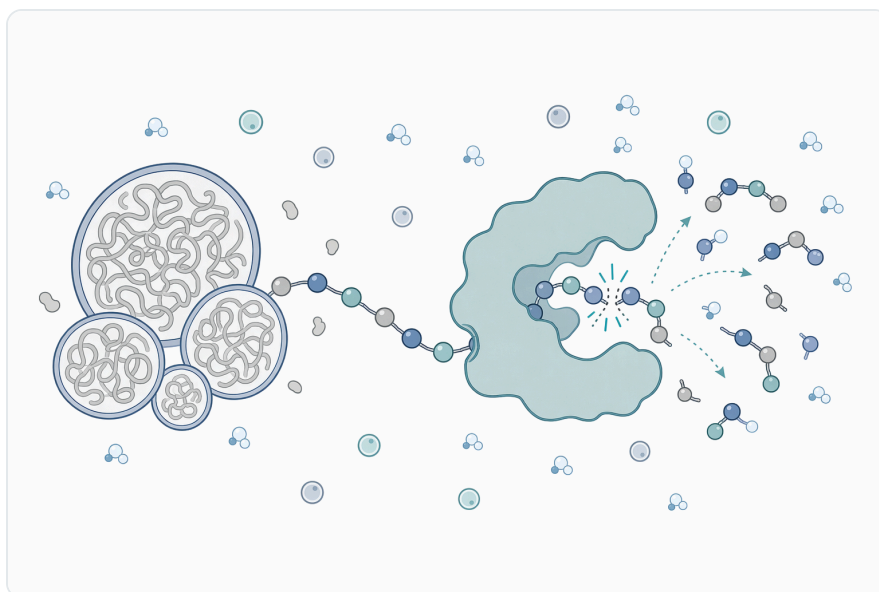


Figure 2. 알칼리성 프로테아제는 대두의 큰 저장 단백질에 있는 펩타이드 결합을 절단해 더 작은 펩타이드, 가용성 질소 분획, 아미노산을 포함한 조각을 형성합니다.

Warto podkreślić, że efekt proteazy nie kończy się w momencie zakończenia fermentacji. Jeśli białko zostało wcześniej częściowo rozłożone, zwierzę otrzymuje materiał o innej strukturze niż konwencjonalna śruta sojowa: mniej zwarte białka, więcej krótszych peptydów i inny stopień dostępności substratu dla enzymów jelitowych. Praca dotycząca enzymatycznie hydrolizowanej śrutu sojowej wykazała, że takie przetwarzanie zmienia przebieg trawienia białka w modelu związanym z żywieniem świń [5].

Modyfikacja smaku, zapachu i akceptacji paszy

Fermentacja śruty sojowej może poprawiać lub pogarszać cechy sensoryczne, zależnie od mikroorganizmów, czasu procesu, stopnia proteolizy i powstających metabolitów. Krótkie peptydy bywają korzystne żywieniowo, ale niektóre frakcje peptydowe mogą wносить gorycz, co ma znaczenie przy formulacji pasz dla zwierząt wrażliwych na smak. Badanie nad fermentacją stałą śruty sojowej przez *Bacillus subtilis* bezpośrednio analizowało zmienność enzymów zewnątrzkomórkowych i goryczy surowca, pokazując związek między aktywnością enzymatyczną a cechami sensorycznymi [10].

Nie oznacza to, że proteaza jest problemem smakowym; oznacza to, że stopień hydrolizy powinien być kontrolowany technologicznie. W procesach dobrze zaprojektowanych celem jest uzyskanie korzystnego kompromisu: zmniejszenia białek antygenowych i poprawy dostępności białka bez nadmiernego nagromadzenia niepożądanych frakcji smakowych. Badania nad naturalnymi związkami aromatycznymi w ekstrakcie ze śruty sojowej fermentowanej przez *Bacillus subtilis* pokazują, że fermentacja może być również narzędziem kształtowania profilu aromatycznego i potencjału biologicznego produktu [12].

Porównanie: konwencjonalna śruta sojowa, fermentowana śruta sojowa i proteaza w procesie fermentacji

Cecha technologiczna lub żywieniowa	Konwencjonalna śruta sojowa	Fermentowana śruta sojowa	Fermentacja wspierana alkaliczną proteazą
Postać białka	Duży udział nienaruszonych białek magazynowych, w tym glicyny i β -konglicyny	Częściowa degradacja białek przez enzymy mikroorganizmów	Ukierunkowana proteoliza wspierająca rozkład dużych białek do peptydów
Białka antygenowe	Mogą ograniczać tolerancję surowca, szczególnie u młodych zwierząt	Zwykle niższy udział po prawidłowej fermentacji	Potencjalnie większa kontrola degradacji frakcji antygenowych [1]
Dostępność białka	Zależna od jakości surowca i wcześniejszej obróbki cieplnej	Zmieniona przez aktywność mikrobiologiczną	Zmieniona przez hydrolizę enzymatyczną i fermentację, co może wpływać na dynamikę trawienia [5]
Profil sensoryczny	Typowy dla śruty sojowej	Zależny od szczepów i metabolitów fermentacji	Wymaga kontroli, ponieważ proteoliza może wpływać na gorycz i lotne związki smakowe [10]

Cecha technologiczna lub żywieniowa	Konwencjonalna śruta sojowa	Fermentowana śruta sojowa	Fermentacja wspierana alkaliczną proteazą
Zastosowanie paszowe	Standardowe źródło białka roślinnego	Składnik pasz o podwyższonej funkcjonalności	Narzędzie do projektowania bardziej strawnych komponentów białkowych
Główne ograniczenie	Czynniki antyżywniowe i białka antygenowe	Zmienność procesu i jakości końcowej	Konieczność dopasowania enzymu do procesu, surowca i mikroflory fermentacyjnej

Zastosowanie w żywieniu drobiu

W paszach dla drobiu fermentowana śruta sojowa jest badana jako składnik poprawiający wykorzystanie białka roślinnego, szczególnie tam, gdzie celem jest ograniczenie negatywnych skutków czynników antyżywniowych. Z perspektywy brojlerów istotne są strawność aminokwasów, morfologia jelit, tempo wzrostu i współczynnik wykorzystania paszy. Badanie kombinacji proteazy, fitazy i ksylanazy u brojlerów wykazało poprawę masy ciała, wykorzystania paszy, strawności jelitowej i morfologii jelit, co potwierdza znaczenie enzymów jako narzędzi wspierających efektywność pasz ^[13].

Fermentowana śruta sojowa jest również rozpatrywana w dietach niosek. W badaniu dotyczącym zastąpienia śruty sojowej równoważną ilością paszy fermentowanej oceniano wydajność produkcyjną oraz jakość jaj i mięsa u kur w późnym okresie nieśności. Takie prace są istotne, ponieważ pokazują, że fermentowane komponenty białkowe są analizowane nie tylko u szybko rosnących brojlerów, ale również w dłuższych cyklach produkcyjnych niosek ^[14].

Dla producenta pasz praktyczny wniosek jest następujący: proteaza nie zastępuje prawidłowego bilansowania aminokwasów, energii i minerałów. Może jednak pomóc w przygotowaniu surowca, którego białko jest bardziej dostępne i mniej obciążone frakcjami antygenowymi. W przeglądzie dotyczącym dodatków paszowych w dietach niosek podkreśla się, że nowoczesne dodatki działają przez konkretne mechanizmy biologiczne, a ich efekt zależy od całej receptury i warunków produkcji ^[15].

Zastosowanie w żywieniu trzody chlewnej

U prosiąt odsadzonych problemy ze śrutą sojową są szczególnie widoczne, ponieważ okres odsadzenia łączy stres, zmianę diety, niedojrzałość przewodu pokarmowego i większą wrażliwość na białka antygenowe. Częściowa hydroliza białka soi przed podaniem może ograniczać obciążenie trawienne i

zmieniać sposób, w jaki białko jest rozkładane w jelicie. Badania nad ogrzewaniem, fermentacją i hydrolizą enzymatyczną śruty sojowej u prosiąt odsadzonych oceniały właśnie wpływ takich form przetwarzania na wzrost, strawność i mikrobiotę jelitową [3].

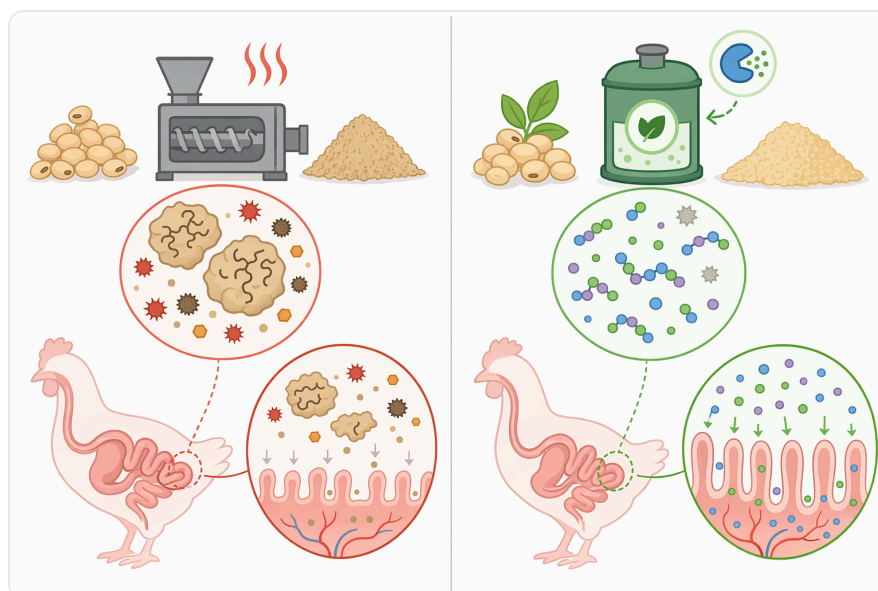


Figure 3. 산성, 중성 및 알칼리성 프로테아제는 주로 단백질 가수분해에 가장 유용하게 작용하는 발효 단계의 pH에 따라 구분됩니다.

Znaczenie ma też struktura białka po obróbce. Enzymatyczna hydroliza nie tylko zmniejsza rozmiar cząsteczek białkowych, ale może odsłaniać nowe miejsca trawienia i zmieniać tempo uwalniania peptydów w przewodzie pokarmowym. W badaniu dotyczącym enzymatycznie hydrolizowanej śruty sojowej wskazano, że proces ten zmienił strukturę materiału i jego dynamikę trawienia białka w modelu świńskim [5].

W praktyce recepturowej fermentowana lub enzymatycznie wspierana śruta sojowa może być rozpatrywana jako bardziej zaawansowany składnik białkowy dla mieszanek prestarterowych i starterowych. Nie oznacza to jednak automatycznego efektu w każdej recepturze. Skuteczność zależy od jakości śruty wyjściowej, stopnia przetworzenia, udziału produktu w mieszance i pozostałych składników diety.

Zastosowanie u przeżuwaczy: białko chronione i efektywność azotu

U przeżuwaczy cel obróbki śruty sojowej jest częściowo inny niż u zwierząt monogastrycznych. Ważne jest nie tylko zwiększenie strawności, lecz także kontrola tempa degradacji białka w żwaczu oraz ilości aminokwasów dostępnych po przejściu do jelita cienkiego. Badania nad fermentowaną śrutą sojową chronioną przed rozkładem w żwaczu analizują jej charakterystykę degradacji z perspektywy wykorzystania w żywieniu przeżuwaczy [16].

W przypadku krów mlecznych fermentowana śruta sojowa po dodatkowej obróbce cieplnej była badana pod kątem produkcji mleka i efektywności wykorzystania azotu. To ważne, ponieważ w żywieniu bydła mlecznego strata azotu oznacza nie tylko niższą efektywność ekonomiczną, ale także większe obciążenie środowiskowe. Badanie dotyczące zastąpienia śruty sojowej fermentowaną śrutą po obróbce cieplnej wykazało, że takie przetwarzanie może wpływać na produkcję mleka i efektywność azotową ^[17].

Proteaza alkaliczna w takim zastosowaniu powinna być postrzegana jako element przygotowania surowca, nie jako samodzielna gwarancja białka chronionego. O końcowym zachowaniu białka u przeżuwaczy decydują fermentacja, późniejsza obróbka, struktura peptydów i matryca całego komponentu paszowego. Przegląd technologii mikroenkapsulacji enzymów w paszach dla przeżuwaczy pokazuje, że dostarczanie enzymów do układu żwacza wymaga osobnego podejścia technologicznego, gdy celem jest aktywność w konkretnym odcinku przewodu pokarmowego ^[18].

Zastosowanie w akwakulturze i alternatywach dla białka zwierzęcego

Akwakultura intensywnie poszukuje roślinnych źródeł białka, które mogą częściowo zastępować surowce zwierzęce bez pogorszenia wzrostu, zdrowia jelit i odporności. Śruta sojowa jest atrakcyjna ekonomicznie, ale jej ograniczenia są dobrze znane: białka antygenowe, czynniki antyżywniowe i możliwe reakcje zapalne jelit u niektórych gatunków ryb. Badanie nad fermentowanym białkiem kukurydzianym jako zamiennikiem śruty sojowej u młodego sumy kanałowego pokazuje, że w akwakulturze ocenia się nie tylko wzrost, ale też zdrowie jelit i odporność na choroby ^[19].

Choć to badanie dotyczyło innego surowca fermentowanego, wnioski technologiczne jest podobny: fermentacja i enzymatyczne przetwarzanie białek roślinnych są używane do przesunięcia ich z kategorii „tani wypełniacz białkowy” do kategorii „funkcjonalny składnik paszowy”. Dla śruty sojowej proteaza alkaliczna może wspierać redukcję dużych frakcji białkowych i tworzenie peptydów, co jest istotne przy projektowaniu pasz dla gatunków wrażliwych na surowe białko soi. Badania nad bioaktywnymi peptydami powstającymi w fermentowanej śrucie sojowej potwierdzają, że proces proteolizy może nadawać surowcowi nowe właściwości biologiczne ^[7].

Wpływ na mikrobiotę i środowisko jelitowe

Proteaza działa chemicznie na białko, ale jej konsekwencje są biologiczne. Mniejsze peptydy, mniej białek antygenowych i zmieniony profil składników fermentujących mogą wpływać na mikrobiotę przewodu pokarmowego. U młodych zwierząt jest to szczególnie ważne, ponieważ niecałkowicie strawione białko może trafiać do dalszych odcinków jelita i sprzyjać niepożądanym fermentacjom

białkowej. Badanie nad różnymi sposobami przetwarzania śruty sojowej u prosiąt odsadzonych obejmowało ocenę mikrobioty jelitowej, co pokazuje, że efekt nie jest ograniczony do samej strawności [3].

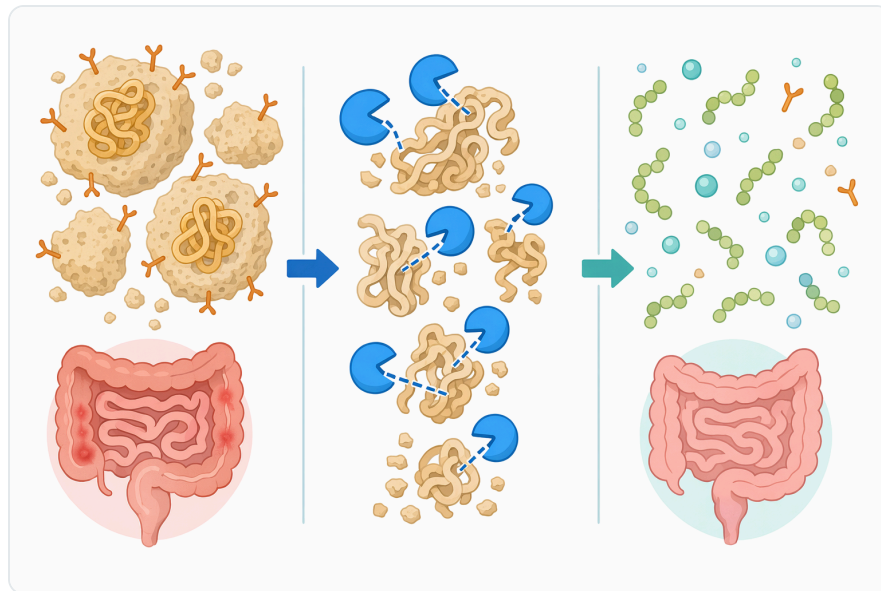


Figure 4. 프로테아제를 활용한 발효는 온전한 글리시닌과 β -콘글리시닌 구조를 분해하는 동시에 더 작은 펩타이드 분획을 증가시킬 수 있습니다.

W szerszym ujęciu enzymy paszowe pomagają ograniczać ilość składników niewykorzystanych przez zwierzę. Jeśli białko jest lepiej trawione, mniej azotu może przechodzić do wydaliny, choć skala efektu zależy od bilansu aminokwasów i całej diety. Przeglądy enzymów paszowych dla monogastrycznych podkreślają, że dodatki enzymatyczne są narzędziem poprawy efektywności żywienia, a nie zamiennikiem prawidłowej formulacji [4].

Znaczenie doboru mikroorganizmów i prowadzenia fermentacji

W fermentowanej śrucie sojowej mikroorganizm jest równie ważny jak enzym. *Bacillus subtilis*, inne gatunki *Bacillus*, bakterie kwasu mlekowego i drożdże mogą wytwarzać różne zestawy enzymów oraz metabolitów, dlatego końcowy produkt może znacząco różnić się profilem peptydowym, zapachem, kwasowością i stabilnością. Badania nad śrutą sojową fermentowaną z udziałem *Bacillus subtilis* pokazują, że aktywność enzymów zewnątrzkomórkowych zmienia się w czasie i wpływa na cechy surowca [10].

Zastosowanie alkalicznej proteazy może pomóc ujednoczyć etap proteolizy, ale nie eliminuje potrzeby kontroli procesu. Kluczowe są wilgotność masy, równomierne wymieszanie, czas kontaktu enzymu z białkiem, temperatura procesu, aktywność mikroorganizmów oraz sposób zatrzymania lub utrwalenia

fermentacji. W literaturze dotyczącej produkcji enzymów i fermentacji surowców agroprzemysłowych parametry takie jak temperatura i pH są stale wskazywane jako czynniki determinujące przebieg procesu [6].

W praktyce B2B oznacza to, że proteaza powinna być włączana do istniejącego procesu technologicznego jako składnik ukierunkowanej biokonwersji białka. Nie ma jednego uniwersalnego schematu dla każdej śruty sojowej, ponieważ surowce różnią się historią obróbki cieplnej, wilgotnością, rozdrobnieniem, poziomem rozpuszczalności białka i ładunkiem mikrobiologicznym. Badanie wpływu różnych fizycznych wstępnych obróbek na hydrolizę enzymatyczną i cechy smakowe wysokotemperaturowej śruty sojowej potwierdza, że wcześniejsze przygotowanie surowca zmienia rezultat enzymatyczny [20].

Alkaliczna proteaza a inne enzymy paszowe

Proteaza nie działa na wszystkie ograniczenia śruty sojowej. Rozkłada białka, ale nie jest głównym enzymem do rozbijania ścian komórkowych, pektyn, hemiceluloz czy fitynianów. Dlatego w wielu rozwiązaniach paszowych proteazy są łączone z fitazami, ksylanazami, celulazami lub innymi enzymami, zależnie od celu procesu. Praca nad wieloenzymatycznym podejściem do odpornej pektyny śruty sojowej pokazuje, że matryca sojowa wymaga często działania kilku klas enzymów, a nie wyłącznie proteolizy [21].

W paszach dla drobiu połączenia enzymów są dobrze znanym kierunkiem rozwoju. Proteaza może poprawiać dostępność białka, fitaza wspiera wykorzystanie fosforu z fitynianów, a ksylanaza lub inne enzymy rozkładające polisacharydy mogą obniżyć lepkość treści pokarmowej i uwalniać składniki z matrycy roślinnej. Badanie kombinacji proteazy, fitazy i ksylanazy u brojlerów wskazało na korzystny wpływ takiego podejścia na masę ciała, wykorzystanie paszy, strawność jelitową i morfologię przewodu pokarmowego [13].

Nie oznacza to, że każdy proces fermentowanej śruty sojowej wymaga koktajlu enzymatycznego. Jeśli głównym problemem są białka antygenowe i dostępność białka, proteaza alkaliczna może być centralnym narzędziem. Jeśli natomiast celem jest również zwiększenie dostępności energii z frakcji włóknistych lub rozkład składników ściany komórkowej, warto rozumieć proteazę jako część szerszego systemu enzymatycznego.

Ograniczenia dowodów i realistyczna interpretacja wyników

Najmocniejsze dowody dotyczą mechanizmu: proteazy rozkładają białka, fermentacja zmienia matrycę śruty sojowej, a połączenie tych procesów może obniżyć udział wybranych białek antygenowych i modyfikować frakcje peptydowe. Bardziej ostrożnie należy interpretować konkretne efekty produkcyjne, takie jak tempo wzrostu, produkcja mleka, jakość jaj czy odporność, ponieważ zależą od gatunku, wieku, składu diety i poziomu włączenia komponentu. Przegląd zastosowania proteaz w suplementacji pasz podkreśla, że wyniki zależą od technologii enzymu, substratu i warunków żywienia [2].

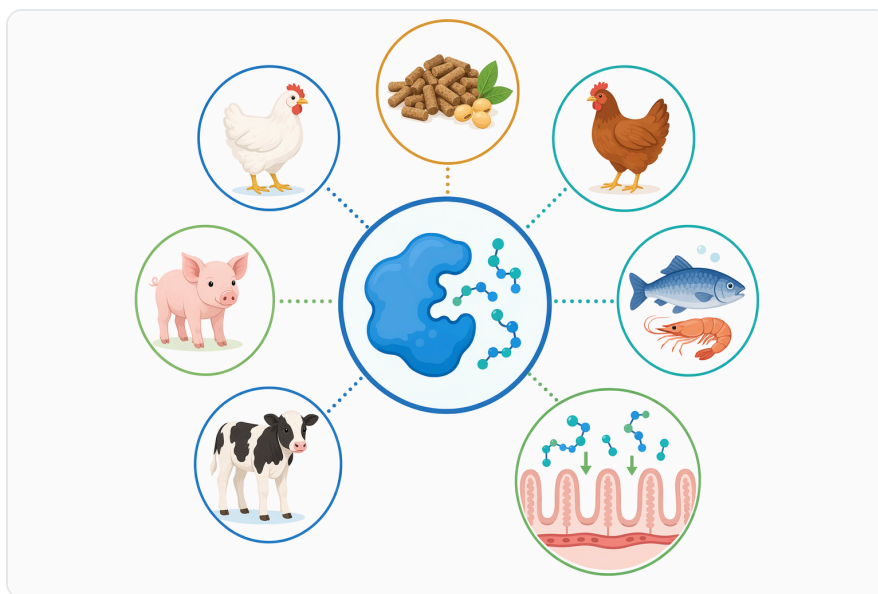


Figure 5. 프로테아제 처리로 보완된 발효 대두박은 소화가 쉬운 식물성 단백질과 온전한 항원성 단백질을 감소시키는 사료 분야와 관련이 있습니다.

Drugim ograniczeniem jest zmienność samej śruty sojowej. Surowiec wysokotemperaturowy, niskotemperaturowy, o różnym stopniu denaturacji białka lub różnej zawartości frakcji włóknistej będzie inaczej reagował na hydrolizę. Badania nad bezpośrednią hydrolizą wysokotemperaturowej śruty sojowej pokazują, że nawet materiał trudniejszy technologicznie może być przetwarzany enzymatycznie, ale rezultat zależy od zaprojektowania procesu [9].

Trzecim ograniczeniem jest sensoryka. Intensywna proteoliza może poprawiać dostępność białka, ale równocześnie zwiększać obecność małych peptydów o niepożądanym smaku. W technologiach paszowych ma to znaczenie praktyczne, ponieważ akceptacja paszy wpływa na pobranie, a pobranie na wyniki produkcyjne. Zależność między fermentacją, enzymami zewnątrzkomórkowymi i goryczą śruty sojowej została wykazana w badaniach nad fermentacją stałą z udziałem *Bacillus subtilis* [10].

Informacja produktowa Enzymes.bio

Feed Grade Alkaline Protease For Fermented Soybean Meal jest oferowana przez Enzymes.bio jako produkt enzymatyczny do zastosowań paszowych i technologicznych związanych z fermentowaną śrutą sojową. Enzymes.bio jest dostawcą, nie producentem ani laboratorium, dlatego dokumentacja produktu powinna być rozumiana jako informacja handlowa i techniczna towarzysząca zakupowi, a nie jako wynik indywidualnych badań procesu klienta. Produkt jest dostępny online w jednostkach 1 kg, a CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem .

Dla użytkownika przemysłowego najważniejsze jest prawidłowe umiejscowienie enzymu w procesie: proteaza alkaliczna wspiera proteolizę białka sojowego, lecz końcowy efekt zależy od surowca, mikroflory fermentacyjnej, parametrów procesu i receptury paszowej. Wdrożenie powinno uwzględniać lokalne wymagania regulacyjne, specyfikę gatunku zwierząt oraz wewnętrzne standardy jakości gotowej paszy.

Podsumowanie techniczne

Alkaliczna proteaza paszowa do fermentowanej śruty sojowej jest narzędziem biotechnologicznym ukierunkowanym na rozkład białka, a nie uniwersalnym dodatkiem rozwiązującym wszystkie ograniczenia surowca. Jej praktyczna wartość wynika z możliwości przekształcania dużych białek soi w krótsze peptydy, wspierania degradacji białek antygenowych oraz zwiększania funkcjonalności fermentowanej śruty sojowej. Badania nad połączeniem fermentacji i hydrolizy enzymatycznej wskazują, że takie podejście może poprawiać jakość białka i ograniczać alergeny obecne w śrucie sojowej ^[1].

Najbardziej uzasadnione zastosowania obejmują produkcję fermentowanych komponentów białkowych dla drobiu, trzody, akwakultury i — przy odpowiednim przetworzeniu — przeżuwaczy. Efekty żywieniowe powinny być oceniane w kontekście całej receptury, ponieważ stopień hydrolizy, dobór mikroorganizmów i warunki fermentacji decydują o końcowej strawności, sensoryce i stabilności produktu. W tym sensie **Feed Grade Alkaline Protease For Fermented Soybean Meal** jest precyzyjnym narzędziem do projektowania bardziej wartościowej fermentowanej śruty sojowej, a nie prostym zamiennikiem prawidłowej formułacji paszowej.

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

Bibliografia

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

1. Yang, H., Qu, Y., Li, J., Xianqi, L., Wu, R., & Wu, J. (2020). Improvement of the protein quality and degradation of allergens in soybean meal by combination fermentation and enzymatic hydrolysis. *Lwt - Food Science and Technology*, 128, 109442.
2. Oliveira Sousa, T., Silva, N. A., Melo Oliveira, V., Silva Ramos, A. V., Filho, J. P. M. B., Batista, J. M. S., Costa, R. M. P. B., ... et al. (2025). Use of proteases for animal feed supplementation: scientific and technological updates. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 55, 797 - 809.
3. Tang, J., Li, W., Zhou, Q., Fang, Z., Lin, Y., Xu, S., Feng, B., ... et al. (2023). Effect of heating, microbial fermentation and enzymatic hydrolysis of soybean meal on growth performance, nutrient digestibility and intestinal microbiota of weaned piglets. *Journal of Animal Science*.
4. Sureshkumar, S., Song, J., Sampath, V., & Kim, I. (2023). Exogenous Enzymes as Zootechnical Additives in Monogastric Animal Feed: A Review. *Agriculture*.
5. Wang, D., Du, H., Dang, X., Zhao, Y., Zhang, J., Liu, R., Ge, Z., ... et al. (2024). Enzymatic hydrolysis processing of soybean meal altered its structure and in vitro protein digestive dynamics in pigs. *Frontiers in Veterinary Science*, 11.
6. López-Trujillo, J., Mellado-Bosque, M., Ascacio-Valdés, J., Prado-Barragán, L., Hernández-Herrera, J. A., & Aguilera-Carbó, A. (2023). Temperature and pH Optimization for Protease Production Fermented by *Yarrowia lipolytica* from Agro-Industrial Waste. *Fermentation*.
7. Kumari, R., Sharma, N., Sharma, S., Samurailatpam, S., Padhi, S., Singh, S. P., & Rai, A. K. (2023). Production and characterization of bioactive peptides in fermented soybean meal produced using proteolytic *Bacillus* species isolated from kinema. *Food Chemistry*, 421, 136130 .
8. Salim, A. A., Grbavčić, S. Ž., Šekuljica, N., Vukašinić-Sekulić, M., Jovanovic, J., Tanasković, S. J., Luković, N., ... et al. (2019). Enzyme production by solid-state fermentation on soybean meal: A comparative study of conventional and ultrasound-assisted extraction methods. *Biotechnology and applied biochemistry*, 66.
9. Zhu, J., Liu, D., Lu, F., Liu, X., Wang, Y., & Ma, H. (2024). A novel approach to produce soy protein isolate: Direct enzymatic hydrolysis of high-temperature soybean meal using proteinase produced by microbial solid-state fermentation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135598 .

10. Yin, H., Jia, F., & Huang, J. (2019). The variation of two extracellular enzymes and soybean meal bitterness during solid-state fermentation of *Bacillus subtilis*. *Grain & Oil Science and Technology*.
11. Yan, Y., Fan, X., Hua, D., Liu, X., Li, C., Li, Z., Bai, M., ... et al. (2024). Effects of different enzymatic hydrolysis techniques on volatile flavor compounds and nutritional metabolites of soybean meal yogurt. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*, 105 2, 1312-1323 .
12. Abd-Alrahman, A. M., Ramadan, M. M., Maraay, M. F., Salem, R., Saleh, F. M., Hashim, M. A., Zhernyakova, A., ... et al. (2024). Production of natural flavor compounds using *Bacillus subtilis*-fermented soybean meal extract and their biological potential: a comprehensive in vitro study. *Frontiers in Nutrition*, 10.
13. Rodríguez-Soriano, F. A., López-Coello, C., Ávila-González, E., Arce-Menocal, J., Fascina, V., & Chárraga-Aguilar, S. (2025). Sfericase protease, phytase, and xylanase combination improves body weight, feed conversion rate, ileal digestibility, and gut morphology in broilers. *Frontiers in Animal Science*.
14. Miao, Z., Zhang, L., Li, L., Pei, J., Shi, S., Zhu, Z., Huang, Q., ... et al. (2025). Effects of replacing soybean meal with an equivalent amount of fermented feed on the production performance and egg and meat quality of laying hens during the late laying period. *Archives Animal Breeding*.
15. Oketch, E. O., & Heo, J. M. (2025). Prospects of feed additive incorporation in laying hen diets: a narrative review of principal biological effects and recent developments. *Journal of Animal Science and Technology*, 68, 50 - 71.
16. Li, C., Ji, H., Kong, F., Dai, D., Wang, S., Long, S., Fu, Q., ... et al. (2025). Rumen Degradation Characteristics of Rumen-Protected Fermented Soybean Meal Investigated Using the Nylon Bag and In Vitro Gas Production Method. *Fermentation*.
17. Kyung, J., Lee, J., Jeong, J., Oh, J., Ranaweera, K. K. D. S., Kim, S. Y., Im, S., ... et al. (2026). Dietary replacement of soybean meal with heat-treated fermented soybean meal affects milk production and nitrogen efficiency in lactating dairy cows. *Animal bioscience*, 39.
18. Almassri, N., Trujillo, F. J., & Terefe, N. S. (2024). Microencapsulation technology for delivery of enzymes in ruminant feed. *Frontiers in Veterinary Science*, 11.
19. Yamamoto, F. Y., Huang, J., Suarez-Barazeta, C. C., Craig, S. R., Older, C. E., Richardson, B. M., Santana, T. M., ... et al. (2024). Exploring the nutritional value of corn fermented protein as a replacement for soybean meal in diets for juvenile channel catfish (*Ictalurus punctatus*): Impacts on production performance, intestinal health, and disease resistance. *Aquaculture*.
20. Zhu, X. Q., Zhang, S. L., Duan, J. W., Ding, Y., Zhang, T. H., & Dong, Z. Y. (2025). The influence of different physical pretreatments on the enzymatic hydrolysis effect and flavor characteristics of high-temperature soybean meal. *Food Chemistry*, 495 Pt 3, 146549 .
21. 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.

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.