

# Kwaśna celulaza (Acid Cellulase) w dodatkach paszowych do poprawy wykorzystania włókna roślinnego

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

Kwaśna celulaza w dodatkach paszowych to enzymatyczne narzędzie do częściowego rozkładu celulozy w ścianach komórkowych roślin, szczególnie przydatne w paszach wysokowłóknistych, kiszonkach i recepturach opartych na surowcach ubocznych. Jej głównym celem nie jest „zastąpienie” prawidłowego bilansowania dawki, lecz zwiększenie dostępności składników odżywczych uwięzionych w strukturze włókna oraz wsparcie procesów fermentacyjnych lub trawiennych. W praktyce efekty zależą od surowca, gatunku zwierzęcia, warunków technologicznych i tego, czy celulaza działa sama, czy w układzie z innymi enzymami rozkładającymi ścianę komórkową.

## Czym jest Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives?

Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives to preparat enzymatyczny oparty na celulazach aktywnych w środowisku kwaśnym, przeznaczony do zastosowań paszowych, w których problemem jest ograniczona dostępność składników odżywczych z surowców roślinnych. Celulaza nie jest pojedynczym, jednofunkcyjnym enzymem: w literaturze opisuje się ją jako układ aktywności enzymatycznych obejmujący m.in. endoglukanazy, celobiohydrolazy oraz beta-glukozydazy, które wspólnie rozkładają celulozę do krótszych oligosacharydów, celobiozy i prostszych cukrów <sup>[1]</sup>.

Określenie „kwaśna” wskazuje na przydatność enzymu w środowiskach o obniżonym pH, co ma znaczenie w wielu procesach paszowych: podczas zakiszania, w fermentowanych komponentach paszowych oraz w odcinkach przewodu pokarmowego zwierząt monogastrycznych, gdzie pH może sprzyjać pracy enzymów o profilu kwaśnym. W kontekście dodatków paszowych ważniejsze od teoretycznej aktywności laboratoryjnej jest to, czy enzym zachowuje funkcjonalność w realnej matrycy paszy: przy danej wilgotności, strukturze cząstek, czasie kontaktu i obecności składników ograniczających dostęp do celulozy <sup>[2]</sup>.

Z punktu widzenia żywienia zwierząt kwaśna celulaza należy do szerszej kategorii enzymów egzogennych, czyli enzymów dodawanych do paszy w celu poprawy wykorzystania składników pokarmowych. W przeglądach dotyczących żywienia drobiu, trzody, przeżuwaczy i akwakultury enzymy

takie jak fitaza, ksylanaza, beta-glukanaza, proteaza, amylaza i celulaza są omawiane jako dodatki wspierające rozkład składników trudno dostępnych lub ograniczających strawność paszy <sup>[3]</sup>.

## Dlaczego celuloza ogranicza wartość paszy roślinnej?

---

Celuloza jest jednym z podstawowych polimerów strukturalnych ścian komórkowych roślin. W paszach roślinnych pełni funkcję „rusztowania”: wzmacnia tkanki, ale jednocześnie utrudnia dostęp enzymów trawiennych i mikroorganizmów do białka, skrobi, lipidów, minerałów oraz innych składników znajdujących się wewnątrz komórek. Sama zawartość składników odżywczych w analizie chemicznej surowca nie oznacza więc, że będą one w pełni dostępne biologicznie <sup>[1]</sup>.

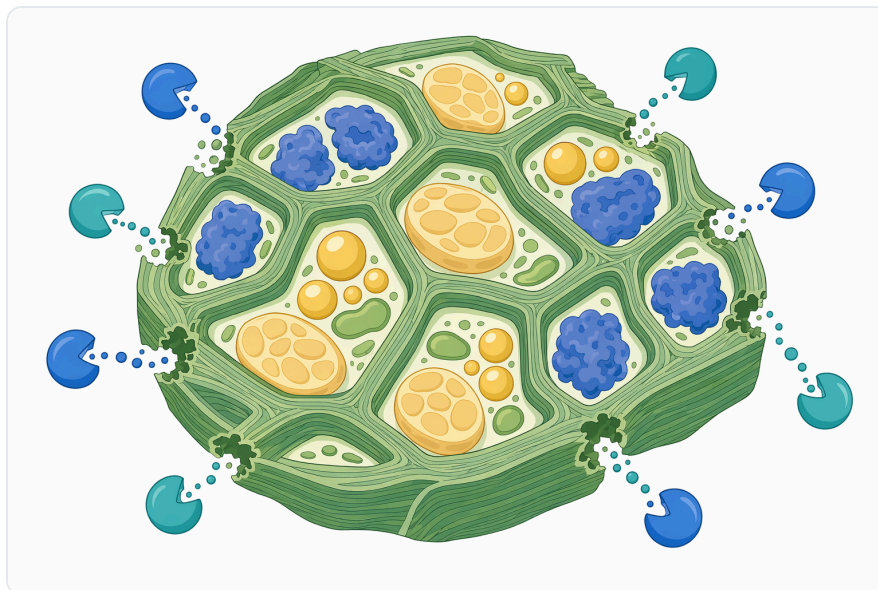
Problem nasila się w materiałach bogatych we włókno, takich jak słoma, trawy, łodygi kukurydzy, wysłodki, otręby, łuski, produkty uboczne przetwórstwa roślinnego czy niektóre komponenty wykorzystywane w żywieniu przeżuwaczy i ryb. W takich surowcach celuloza współwystępuje z hemicelulozami, pektynami i ligniną, tworząc strukturę lignocelulozową odporną na szybki rozkład. Lignina nie jest celem działania celulazy, ale może fizycznie ograniczać dostęp enzymu do celulozy i zmniejszać efektywność hydrolizy <sup>[4]</sup>.

Kwaśna celulaza działa w tym układzie jako enzym rozluźniający część włóknistej bariery. Endoglukanazy nacinają łańcuchy celulozy w miejscach wewnętrznych, celobiohydrolazy uwalniają krótsze fragmenty z końców łańcuchów, a beta-glukozydazy rozkładają produkty pośrednie do prostszych cukrów. Taka współpraca nie usuwa całej frakcji włókna, ale może zwiększyć dostępność powierzchni roślinnej dla mikroorganizmów, enzymów przewodu pokarmowego i procesów fermentacyjnych <sup>[1]</sup>.

## Mechanizm działania kwaśnej celulazy w paszy

---

Mechanizm działania celulazy w paszy można opisać w trzech etapach. Najpierw enzym musi uzyskać fizyczny kontakt z włóknem, co zależy od rozdrobnienia surowca, obecności wody i tego, czy włókno nie jest nadmiernie chronione przez ligninę lub związki fenolowe. Następnie kompleks celulaz rozcina wiązania w celulozie i skraca długie łańcuchy polimeru. Na końcu powstające krótsze frakcje mogą stać się łatwiejszym substratem dla mikrobioty lub innych enzymów działających w przewodzie pokarmowym bądź podczas fermentacji paszy <sup>[2]</sup>.



**Figure 1.** 산성 셀룰라아제는 셀룰로오스가 풍부한 식물 세포벽을 약화시켜 사료 조직에 이미 존재하는 영양소가 더 쉽게 이용될 수 있도록 합니다.

W praktyce paszowej celulaza rzadko działa w izolacji od innych procesów. W żwaczu przeżuwaczy współdziała z mikroorganizmami fibrolytycznymi, w kiszonce może zwiększać dostępność cukrów dla bakterii kwasu mlekowego, a w mieszankach dla drobiu lub trzody może uzupełniać działanie enzymów rozkładających polisacharydy nieskrobiowe. Dlatego ocena skuteczności kwaśnej celulazy powinna odnosić się do całej receptury i technologii przygotowania paszy, a nie wyłącznie do obecności enzymu jako składnika [3].

Ważną konsekwencją tego mechanizmu jest ograniczenie oczekiwań. Celulaza nie przekształca niskiej jakości materiału lignocelulozowego w paszę o wartości ziarna zbóż i nie zastępuje odpowiedniego bilansowania energii, białka, aminokwasów, minerałów ani włókna efektywnego. Jej realistyczna rola polega na częściowym zwiększeniu dostępności składników i poprawie wykorzystania surowców, które z natury są trudniejsze do trawienia [4].

## Gdzie kwaśna celulaza ma największe uzasadnienie technologiczne?

Najsilniejsze uzasadnienie dla stosowania kwaśnej celulazy pojawia się tam, gdzie ograniczeniem jest struktura ściany komórkowej roślin. Dotyczy to pasz objętościowych, kiszonek, produktów ubocznych rolnictwa i przemysłu spożywczego, a także receptur, w których zwiększony udział komponentów roślinnych obniża strawność lub dostępność energii. Przeglądy dotyczące enzymów paszowych podkreślają, że enzymy egzogenne są szczególnie interesujące w dietach opartych na surowcach o dużej zmienności składu i ograniczonej strawności [5].

W paszach dla przeżuwaczy celulaza może wspierać wykorzystanie materiałów takich jak trawy, słoma, kiszonki, łodygi kukurydzy czy produkty uboczne bogate w włókno. Badanie nad zastosowaniem wyłoków z trzciny cukrowej traktowanych m.in. celulazą, melasą i *Lactobacillus casei* TH14 u krów rasy Holstein pokazuje, że enzymatyczno-mikrobiologiczne podejście do surowców wysokowłóknistych jest badane w kontekście wykorzystania paszy, ekologii żywca i produkcji mleka <sup>[6]</sup>.

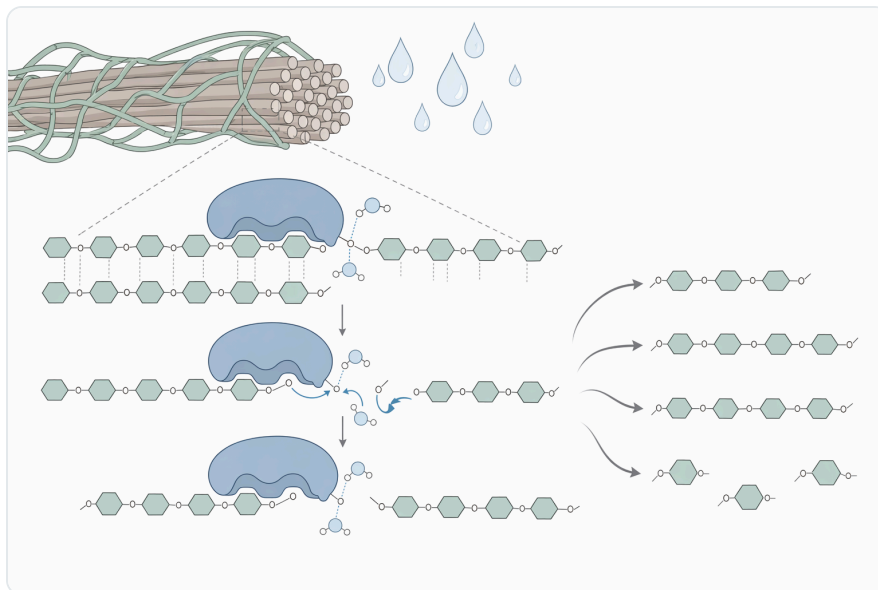
W żywieniu drobiu i trzody głównym problemem bywa nie tylko sama celuloza, ale cała frakcja polisacharydów nieskrobiowych, która może utrudniać dostęp enzymów trawiennych do składników pokarmowych i wpływać na właściwości treści pokarmowej. Przeglądy dotyczące drobiu opisują enzymy egzogenne jako element strategii poprawy wykorzystania składników paszy, przy czym dobór enzymu musi odpowiadać składowi surowcowemu diety <sup>[3]</sup>.

W akwakulturze rosnące wykorzystanie roślinnych źródeł białka i energii zwiększa zainteresowanie enzymami paszowymi, ponieważ wiele gatunków ryb i skorupiaków ma ograniczoną zdolność do samodzielnego rozkładu komponentów roślinnych. Przegląd zastosowania enzymów w akwakulturze wskazuje, że enzymy egzogenne są badane jako sposób poprawy strawności, wykorzystania paszy i ograniczania wpływu czynników antyżywnościowych obecnych w surowcach roślinnych <sup>[7]</sup>.

## Zastosowanie w kiszonkach i fermentowanych komponentach paszowych

---

Kiszonki są jednym z najbardziej logicznych obszarów zastosowania kwaśnej celulazy, ponieważ proces zakiszania opiera się na kontrolowanej fermentacji w środowisku stopniowo zakwaszanym przez bakterie kwasu mlekowego. Celulaza może zwiększać dostępność cukrów fermentujących poprzez częściowy rozkład ściany komórkowej, co sprzyja pracy bakterii fermentacyjnych i stabilizacji materiału roślinnego <sup>[6]</sup>.



**Figure 2.** 셀룰라아제 시스템은 엔도셀룰라아제가 사슬 내부의 절단 부위를 열고, 엑소셀룰라아제가 셀로덱스트린을 방출하며,  $\beta$ -글루코시다아제가 셀로비오스를 포도당으로 전환하는 방식으로 협동적으로 작용합니다.

W badaniach nad różnymi materiałami roślinnymi celulaza jest często oceniana nie jako samodzielny dodatek, lecz w połączeniu z bakteriami kwasu mlekowego lub innymi komponentami technologii kiszenia. Takie podejście ma uzasadnienie biologiczne: enzym rozluźnia strukturę roślinną, a mikroorganizmy wykorzystują uwolnione lub łatwiej dostępne substraty do produkcji kwasów organicznych. Efekt końcowy zależy jednak od rodzaju rośliny, zawartości suchej masy, naturalnej mikrobioty, dostępności cukrów i warunków przechowywania [3].

Celulaza może być również elementem fermentacji stałej lub wstępnej obróbki surowców wysokowłóknistych. W takich procesach celem nie jest pełna hydroliza celulozy, lecz poprawa strawności, zmniejszenie oporności strukturalnej materiału i zwiększenie dostępności składników dla zwierzęcia lub mikrobioty. Literatura dotycząca synergii enzymów wskazuje, że rozkład lignocelulozy jest zwykle skuteczniejszy, gdy celulaza działa razem z enzymami ukierunkowanymi na hemicelulozy, takimi jak ksylanazy [8].

## Porównanie zastosowań kwaśnej celulazy w różnych typach pasz

| Obszar zastosowania                           | Typowy problem technologiczny lub żywieniowy                                | Rola kwaśnej celulazy                                                                          | Najważniejsze ograniczenie interpretacyjne                                              |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Kiszonki z traw, kukurydzy i innych roślin    | Część cukrów i składników pokarmowych jest zamknięta w ścianach komórkowych | Częściowe rozluźnienie włókna i wsparcie fermentacji kwasu mlekowego                           | Efekt zależy od suchej masy, naturalnych cukrów, rozdrobnienia i mikrobioty materiału   |
| Pasze objętościowe dla przeżuwaczy            | Wysoka zawartość włókna ogranicza strawność i tempo rozkładu                | Wsparcie degradacji frakcji celulozowej oraz dostępności substratów dla mikroorganizmów żwacza | Lignina i stopień zdrewnienia mogą silnie ograniczać efekt enzymu                       |
| Produkty uboczne rolnictwa                    | Zmienna jakość, dużo włókna, niska dostępność energii                       | Poprawa podatności surowca na fermentację lub trawienie                                        | Celulaza nie kompensuje niedoborów białka, aminokwasów ani minerałów                    |
| Pasze dla drobiu i trzody                     | Polisacharydy nieskrobiowe ograniczają wykorzystanie składników             | Uzupełnienie enzymów rozkładających frakcje ściany komórkowej                                  | W dietach monogastrycznych często potrzebny jest układ wieloenzymatyczny                |
| Pasze akwakulturowe z komponentami roślinnymi | Ograniczona zdolność wielu gatunków do trawienia włókna                     | Wsparcie trawienia surowców roślinnych i redukcja efektu barier strukturalnych                 | Reakcja zależy od gatunku, temperatury wody, receptury i poziomu komponentów roślinnych |

Tabela pokazuje, że kwaśna celulaza ma najbardziej logiczne zastosowanie tam, gdzie barierą jest fizyczna struktura materiału roślinnego. Nie jest to jednak dodatek o jednakowym działaniu w każdej mieszance: w jednym układzie może wspierać fermentację kiszonki, w innym poprawiać dostępność włókna dla mikroorganizmów żwacza, a w jeszcze innym pełnić funkcję pomocniczą obok ksylanazy, beta-glukanazy lub proteazy <sup>[8]</sup>.

### Synergia celulazy z ksylanazą, beta-glukanazą i mikroorganizmami

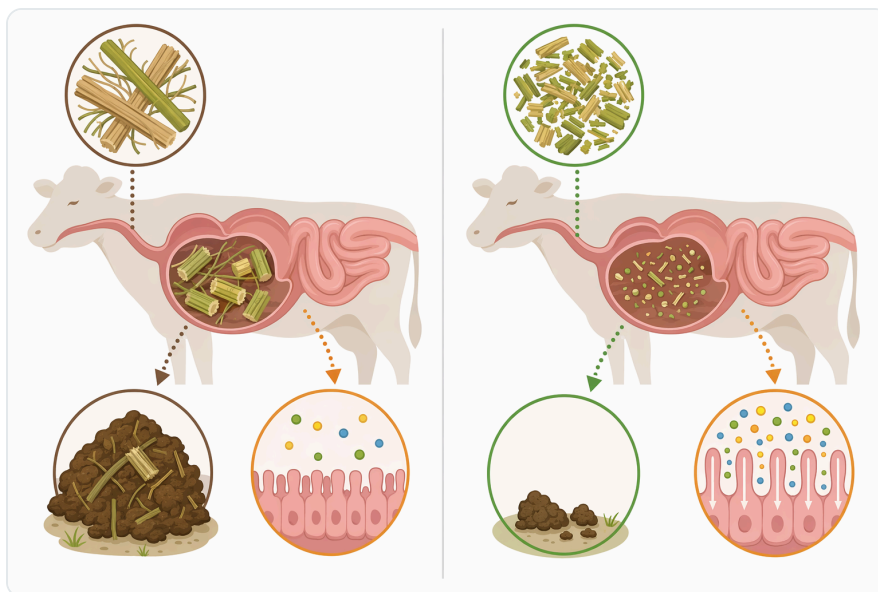
Ściana komórkowa roślin nie składa się wyłącznie z celulozy. Obok niej występują hemicelulozy, pektyny, lignina i różne związki fenolowe. Dlatego w praktyce technologicznej celulaza często działa skuteczniej jako element układu enzymatycznego, a nie jako jedyny czynnik rozkładu włókna. Szczególnie dobrze opisano synergię celulazy i ksylanazy, ponieważ ksylany należą do głównych hemiceluloz ograniczających dostęp do włókien celulozowych <sup>[8]</sup>.

W połączeniu z bakteriami kwasu mlekowego celulaza może pełnić funkcję „otwierającą” strukturę rośliny, natomiast bakterie odpowiadają za fermentację dostępnych cukrów do kwasów organicznych. W badaniach nad surowcami paszowymi, takimi jak wytloki z trzciny cukrowej, analizuje się właśnie takie kombinacje: enzym, inokulant mikrobiologiczny i źródło łatwo fermentującego substratu, aby poprawić wykorzystanie materiału wysokowłóknistego [6].

Synergia ma także znaczenie w dietach monogastrycznych. U drobiu i trzody celulaza może uzupełniać działanie enzymów ukierunkowanych na polisacharydy nieskrobiowe, które wpływają na lepkość treści pokarmowej, dostępność energii i kontakt enzymów trawiennych z substratem. Przeglądy paszowe podkreślają, że efektywność enzymów egzogennych jest zależna od składu surowcowego dawki, ponieważ enzym musi mieć odpowiedni substrat, aby wykazać działanie [3].

## Znaczenie źródła mikrobiologicznego i oceny bezpieczeństwa

Celulazy paszowe są zwykle enzymami pochodzenia mikrobiologicznego, otrzymywanymi z grzybów lub bakterii zdolnych do wytwarzania enzymów rozkładających celulozę. W literaturze opisuje się m.in. produkcję celulaz przez drobnoustroje takie jak *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Bacillus* i inne organizmy celulolityczne, przy czym znaczenie przemysłowe wynika z możliwości uzyskiwania stabilnych preparatów enzymatycznych do różnych zastosowań [1].



**Figure 3.** 사료 효소는 작용하는 기질에 따라 다르며, 셀룰라아제는 셀룰로오스를 표적으로 하는 반면 자일라나아제,  $\beta$ -글루카나아제, 피타아제, 프로테아제는 사료의 다른 제한 요인을 해결합니다.



W przypadku dodatków do żywności i pasz ważne jest nie tylko działanie enzymu, ale również charakterystyka organizmu produkcyjnego. Europejski system QPS, czyli Qualified Presumption of Safety, dotyczy oceny bezpieczeństwa wybranych biologicznych czynników celowo dodawanych do żywności lub pasz; jego aktualizacje podkreślają znaczenie identyfikacji taksonomicznej i braku niepożądanych cech u organizmów stosowanych przemysłowo <sup>[9]</sup>.

Nie wszystkie mikroorganizmy wykorzystywane w produkcji enzymów mają automatycznie status QPS, dlatego w ocenie bezpieczeństwa znaczenie ma także potencjalna toksynotwórczość i dokładna charakterystyka szczepu. EFSA opisywała potrzebę baz danych dotyczących mikroorganizmów używanych do przemysłowej produkcji enzymów i dodatków paszowych, które nie mają rekomendacji QPS, co pokazuje, że bezpieczeństwo enzymu paszowego jest zagadnieniem regulacyjnym, a nie wyłącznie technologicznym <sup>[10]</sup>.

## Co mówią badania o celulazach mikrobiologicznych?

---

Badania nad celulazami mikrobiologicznymi obejmują zarówno ich produkcję, jak i potencjalne zastosowania w paszach, bioprzemysłe i przetwarzaniu biomasy. Przeglądy wskazują, że mikrobiologiczne celulazy są szeroko badane ze względu na zdolność do rozkładu celulozy, dostępność różnych organizmów produkcyjnych i możliwość dopasowania właściwości enzymów do konkretnych procesów przemysłowych <sup>[1]</sup>.

Przykładem kierunku badań paszowych jest izolowanie bakterii celulolitycznych z odpadów rolniczych, takich jak bagassa trzcinowa, oraz optymalizacja ich aktywności celulazowej pod kątem zastosowań w żywieniu zwierząt. Takie prace pokazują, że odpady lignocelulozowe są jednocześnie substratem badań i potencjalnym celem zastosowania enzymów, ponieważ zawierają frakcje włókna o ograniczonej strawności <sup>[11]</sup>.

Inny nurt obejmuje wykorzystanie odpadów spożywczych jako substratów do produkcji enzymów, np. celulazy i amylazy przez nowo izolowane szczepy *Bacillus subtilis* z użyciem przetworzonych odpadów ziemniaczanych. Z perspektywy gospodarki paszowej jest to istotne, ponieważ łączy produkcję enzymów z waloryzacją surowców ubocznych i poszukiwaniem bardziej zrównoważonych procesów biotechnologicznych <sup>[12]</sup>.

## Ograniczenia: kiedy kwaśna celulaza może nie dać oczekiwanego efektu?

---

Pierwszym ograniczeniem jest dostęp enzymu do substratu. Jeżeli celuloza jest silnie związana z ligniną lub zamknięta w bardzo zdrewniałych strukturach, sama celulaza może działać tylko powierzchniowo. Badania nad hydrolizą lignocelulozy pokazują, że produkty degradacji i składniki towarzyszące mogą



ograniczać efektywność przemysłowych celulaz, co ma znaczenie także przy interpretacji ich działania w złożonych matrycach paszowych [4].

Drugim ograniczeniem jest niedopasowanie enzymu do receptury. Jeśli pasza zawiera niewiele celulozy podatnej na hydrolizę, dodatek celulazy nie będzie miał wystarczającego substratu. Jeżeli natomiast głównym problemem są fityniany, nadmiar niestrawnego białka, wysoka lepkość pochodząca z arabinoksylianów albo niedobory aminokwasów, bardziej adekwatne mogą być inne enzymy lub korekty żywieniowe [3].

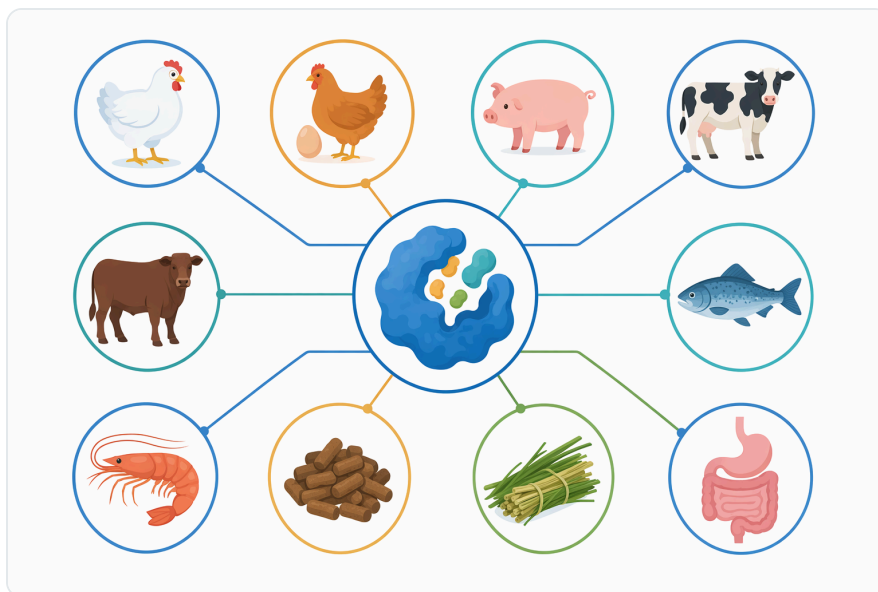


Figure 4. 셀룰라아제는 닭, 옥수수대, 조사료, 겨, 겉질, 곡물 부산물, 발효된 식물 잔사와 같은 섬유질 기질에 가장 적합합니다.

Trzecim ograniczeniem jest mylenie efektu technologicznego z produkcyjnym. Celulaza może poprawić wybrane parametry fermentacji, obniżyć część frakcji włókna lub zwiększyć strawność in vitro, ale nie oznacza to automatycznie identycznego wzrostu przyrostów, produkcji mleka, nieśności czy współczynnika wykorzystania paszy w każdym gospodarstwie. Przeglądy dotyczące dodatków paszowych u świń pokazują, że reakcja na dodatki zależy od wielu czynników, w tym składu diety, wieku zwierząt i warunków produkcji [5].

## Praktyczne kryteria technologicznego dopasowania enzymu

Przy projektowaniu zastosowania kwaśnej celulazy najważniejsze jest dopasowanie jej do konkretnej funkcji: wsparcia zakiszania, obróbki surowca wysokowłóknistego, poprawy dostępności składników w mieszance paszowej albo uzupełnienia układu wieloenzymatycznego. To rozróżnienie jest istotne, ponieważ w kiszonce enzym ma czas na działanie w wilgotnym, fermentującym materiale, natomiast w suchej mieszance jego kontakt z substratem i czas reakcji mogą być zupełnie inne [6].

Znaczenie ma również forma surowca. Rozdrobnienie zwiększa powierzchnię kontaktu enzymu z włóknem, a odpowiednia wilgotność ułatwia dyfuzję enzymu i produktów hydrolizy. Zbyt zdrewniały materiał, niski poziom dostępnej wody lub krótki czas kontaktu ograniczają praktyczną skuteczność, nawet jeśli sam enzym jest biochemicznie zdolny do hydrolizy celulozy <sup>[4]</sup>.

W systemach wieloenzymatycznych warto patrzeć na celulazę jako część szerszego rozkładu ściany komórkowej. Ksyłanaza może ułatwiać dostęp do celulozy przez hydrolizę hemiceluloz, beta-glukanaza działa na inne frakcje polisacharydowe, a proteaza lub fitaza odpowiadają za zupełnie inne ograniczenia żywieniowe. Badania nad synergizmem celulazy i ksyłanazy wskazują, że jednoczesne działanie na różne elementy lignocelulozy może być bardziej efektywne niż ukierunkowanie tylko na jeden polimer <sup>[8]</sup>.

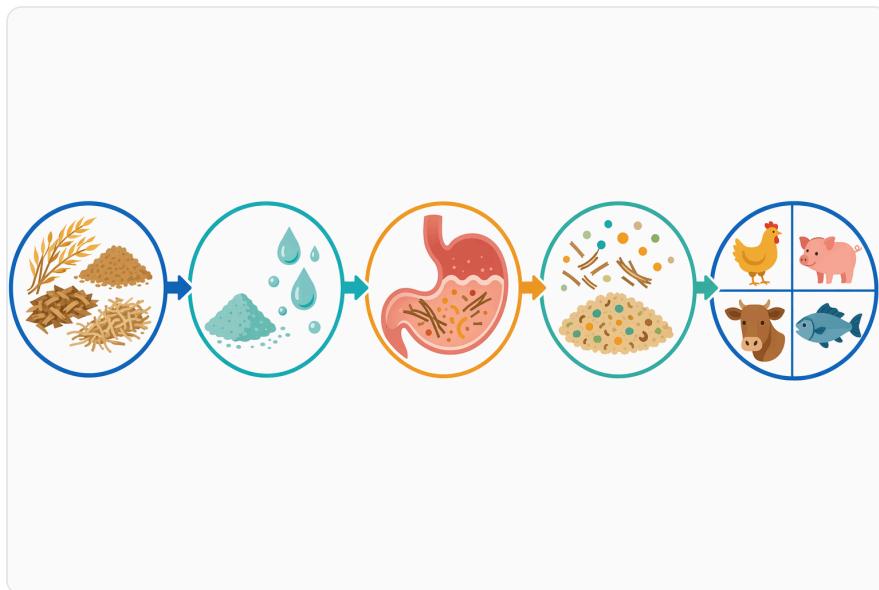
## Acid Cellulase w kontekście Enzymes.bio

---

Enzymes.bio dostarcza enzymy klientom B2B w różnych sektorach zastosowań, w tym w obszarach przemysłowych i paszowych. Firma nie powinna być traktowana jako producent enzymu ani laboratorium badawcze; jej rola polega na dostarczaniu produktów enzymatycznych dostępnych online dla odbiorców biznesowych .

Produkt Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives jest oferowany online w jednostkach 1 kg. Dokumenty CoA oraz SDS są dostarczane wraz z zamówieniem, co jest istotne dla wewnętrznej dokumentacji jakościowej, bezpieczeństwa pracy i zgodności procesowej po stronie użytkownika końcowego. Informacje produktowe dotyczące celulazy dostępnej w ofercie Enzymes.bio wskazują na jej przeznaczenie do zastosowań technicznych i przemysłowych, a nie do bezpośredniej konsumpcji przez ludzi .

W praktyce B2B taki produkt powinien być oceniany w kontekście konkretnej technologii paszowej: rodzaju surowców, etapu dodania, oczekiwanego czasu kontaktu, warunków przechowywania i wymogów regulacyjnych obowiązujących na danym rynku. Ponieważ dodatki paszowe podlegają przepisom krajowym i regionalnym, użytkownik końcowy odpowiada za zgodność zastosowania z lokalnymi regulacjami dotyczącymi pasz, etykietowania i gatunków docelowych <sup>[9]</sup>.



**Figure 5.** 사일리지에서 셀룰라아제는 섬유질 바이오매스로부터 수용성 탄수화물을 방출할 수 있으며, 젖산균은 이를 보존을 위한 산으로 전환합니다.

## Najważniejsze korzyści w ujęciu realistycznym

Najbardziej bezpośrednią korzyścią kwaśnej celulazy jest częściowe rozluźnienie struktury włókna roślinnego. Może to zwiększać dostępność składników odżywczych zamkniętych w komórkach roślinnych, ułatwiać działanie mikroorganizmów fermentacyjnych i poprawiać podatność surowca na dalsze procesy trawienne lub technologiczne <sup>[1]</sup>.

Drugą korzyścią jest wsparcie wykorzystania lokalnych i ubocznych surowców rolniczych. W warunkach presji kosztowej oraz rosnącego zainteresowania zrównoważonym żywieniem zwierząt enzymy mogą pomagać w zwiększaniu wartości paszowej materiałów, które bez obróbki mają ograniczoną strawność. Dotyczy to szczególnie frakcji lignocelulozowych i komponentów o wysokiej zmienności jakościowej <sup>[11]</sup>.

Trzecią korzyścią jest możliwość pracy w układach skojarzonych. Kwaśna celulaza może wspierać bakterie kwasu mlekowego w kiszonkach, współdziałać z ksylanazą i innymi karbohydrazami albo być elementem strategii fermentacji surowców wysokowłóknistych. Taki model jest zgodny z biologiczną strukturą ściany komórkowej, która wymaga działania wielu aktywności enzymatycznych, a nie jednego enzymu o uniwersalnym działaniu <sup>[8]</sup>.

## Podsumowanie techniczne

Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives to kwaśna celulaza przeznaczona do zastosowań paszowych, w których celem jest częściowy rozkład celulozy i zwiększenie dostępności składników odżywczych z surowców roślinnych. Największe uzasadnienie ma w paszach wysokowłóknistych, kiszonkach, produktach ubocznych rolnictwa oraz systemach wieloenzymatycznych wspierających rozkład ściany komórkowej <sup>[1]</sup>.

Dowody naukowe dobrze wspierają mechanizm działania celulazy oraz jej znaczenie w przetwarzaniu materiałów lignocelulozowych, natomiast efekty produkcyjne u zwierząt są zależne od gatunku, receptury, jakości surowca i warunków technologicznych. Odpowiedzialne użycie kwaśnej celulazy polega więc na traktowaniu jej jako narzędzia wspierającego wykorzystanie paszy, a nie jako uniwersalnego rozwiązania wszystkich ograniczeń żywieniowych <sup>[5]</sup>.

W ofercie Enzymes.bio produkt jest dostępny online w jednostkach 1 kg dla klientów B2B, a dokumenty CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem. Enzymes.bio pełni rolę dostawcy, nie producenta ani laboratorium, dlatego końcowa ocena zastosowania powinna uwzględniać technologię paszową, wymagania prawne i wewnętrzne procedury jakościowe użytkownika .

### Zamów Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives 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 Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives →](#)

## Bibliografia

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

1. Sutaoney, P., Rai, S., Sinha, S., Choudhary, R., Gupta, A., Singh, S. K., & Banerjee, P. (2024). Current perspective in research and industrial applications of microbial cellulases. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130639 .
2. Sohail, M., Barzkar, N., Michaud, P., Jahromi, S. T., Babich, O., Sukhikh, S., Das, R., ... et al. (2022). Cellulolytic and Xylanolytic Enzymes from Yeasts: Properties and Industrial Applications. *Molecules*, 27.

3. Awais, A., & Iqbal, W. (2026). Organic Acids and Exogenous Enzymes in Poultry Nutrition: A Comprehensive Review. *Applied Animal Science Bulletin*.
4. Jing, X., Zhang, X., & Bao, J. (2009). Inhibition Performance of Lignocellulose Degradation Products on Industrial Cellulase Enzymes During Cellulose Hydrolysis. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 159, 696-707.
5. Rao, Z., Tokach, M., Woodworth, J., DeRouchey, J., Goodband, R., & Gebhardt, J. (2023). Effects of Various Feed Additives on Finishing Pig Growth Performance and Carcass Characteristics: A Review. *Animals*, 13.
6. So, S., Wanapat, M., & Cherdthong, A. (2021). Effect of sugarcane bagasse as industrial by-products treated Lactobacillus casei TH14, cellulase, and molasses on feed utilization, ruminal ecology and milk production of mid-lactating Holstein Friesian cows. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.
7. Liang, Q., Yuan, M., Xu, L., Lio, E., Zhang, F., Mou, H., & Secundo, F. (2022). Application of enzymes as a feed additive in aquaculture. *Marine Life Science & Technology*, 4, 208 - 221.
8. Bajaj, P., & Mahajan, R. (2019). Cellulase and xylanase synergism in industrial biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 8711 - 8724.
9. Ricci, A., Allende, A., Bolton, D., Chemaly, M., Davies, R., Girones, R., Herman, L., ... et al. (2017). Scientific Opinion on the update of the list of QPS-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 15.
10. Benito, A., Ibáñez, C., Moncho, W., Martínez, D., Vettorazzi, A., & Ceráin, A. D. (2017). Database on the taxonomical characterisation and potential toxigenic capacities of microorganisms used for the industrial production of food enzymes and feed additives, which do not have a recommendation for Qualified Presumption of Safety. *EFSA Supporting Publications*, 14.
11. Ramadhani, S. I., Ardyati, T., & Sjoftan, O. (2023). Screening of Cellulolytic Bacteria from Sugarcane Waste (Bagasse) and Optimization of Cellulase Activity as Animal Feed. *Journal of Tropical Life Science*.
12. Mushtaq, Q., Ishtiaq, U., Joly, N., Qazi, J., & Martin, P. (2024). Amylase and Cellulase Production from Newly Isolated Bacillus subtilis Using Acid Treated Potato Peel Waste. *Microorganisms*, 12.

## Skontaktuj się z Enzymes.bio

Masz pytania dotyczące zamówienia? Nasz zespół chętnie pomoże.

E-MAIL [wholesale@enzymes.bio](mailto: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.