

Xylanase enzyme w przetwarzaniu surowców roślinnych: zastosowania w paszach, żywności, biomasie i pulp & paper

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

Xylanase to enzym rozkładający ksylan i arabinoksylany — hemicelulozowe polisacharydy obecne w ścianach komórkowych roślin. W zastosowaniach B2B xylanase enzyme jest używana do obniżania lepkości mieszanin roślinnych, poprawy dostępności składników, wspomagania przetwarzania zbóż i pasz, produkcji ksylooligosacharydów oraz enzymatycznego wsparcia procesów celulozowo-papierniczych ^[1]. Enzymes.bio dostarcza xylanase online w jednostkach 1 kg; firma działa jako dostawca, nie jako producent ani laboratorium, a CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem.

Czym jest xylanase i dlaczego jest ważna technologicznie

Xylanase, najczęściej rozumiana jako endo- β -1,4-ksylanaza, należy do enzymów hydrolitycznych rozkładających ksylan — jeden z głównych składników hemicelulozy roślinnej. Ksylan tworzy łańcuch zbudowany z jednostek ksylozy połączonych wiązaniami β -1,4, a w surowcach roślinnych często występuje w formie rozgałęzionej, na przykład jako arabinoksylian obecny w zbożach. Z punktu widzenia technologii żywności, pasz i biomasy xylanase nie „trawi” całego materiału roślinnego, lecz selektywnie skraca frakcję hemicelulozową, która wpływa na lepkość, retencję wody, dostępność składników i zachowanie włókien ^[2].

Znaczenie xylanase wynika z powszechności ksylanu w biomasie lignocelulozowej. W praktyce przemysłowej frakcja hemicelulozowa może być zarówno problemem, jak i zasobem: problemem, gdy zwiększa lepkość, utrudnia filtrację lub ogranicza dostęp enzymów do skrobi, białka i celulozy; zasobem, gdy jest przekształcana w ksylooligosacharydy, cukry fermentowalne lub łatwiej przetwarzalne frakcje biomasy. Przeglądy dotyczące xylanase podkreślają jej znaczenie w wielu sektorach, w tym w paszach, żywności, przetwarzaniu lignocelulozy oraz procesach przemysłowych opartych na surowcach roślinnych ^[1].

W odróżnieniu od klasycznych zabiegów chemicznych xylanase działa katalitycznie i selektywnie. Oznacza to, że enzym może zmieniać funkcjonalność surowca bez konieczności agresywnego rozkładu całej matrycy. Takie podejście jest szczególnie istotne tam, gdzie celem nie jest pełna hydroliza biomasy,

ale kontrolowana modyfikacja właściwości: łatwiejsze mieszanie, niższa lepkość, poprawa ekstrakcji, większa dostępność składników odżywczych albo lepsza podatność włókien na dalszą obróbkę [3].

Mechanizm działania: hydroliza ksylanu i arabinoksylianów

Podstawowy mechanizm xylanase polega na przecinaniu wiązań w głównym łańcuchu ksylanu. Endoksylianazy działają wewnątrz łańcucha polisacharydowego, dzięki czemu szybko obniżają średnią długość cząsteczek i zmieniają właściwości reologiczne mieszaniny. W surowcach zbożowych szczególnie ważne są arabinoksyliany, które mogą silnie wiązać wodę i tworzyć lepkie układy; ich częściowa depolimeryzacja może poprawiać zachowanie ciasta, zacieru, paszy lub zawiesiny roślinnej [2].

Efekt działania xylanase nie jest jeden określony produkt, lecz mieszanina krótszych fragmentów, w tym ksylooligosacharydów. Długość tych fragmentów zależy od struktury ksylanu, stopnia rozgałęzienia, dostępności substratu, czasu reakcji oraz charakterystyki użytego enzymu. W kontekście produkcji XOS — czyli ksylooligosacharydów — badania nad kolbami kukurydzy i innymi odpadami rolniczymi pokazują, że xylanase może być wykorzystana nie tylko do obniżania lepkości, ale również do wytwarzania frakcji oligosacharydowych o potencjale funkcjonalnym [4].

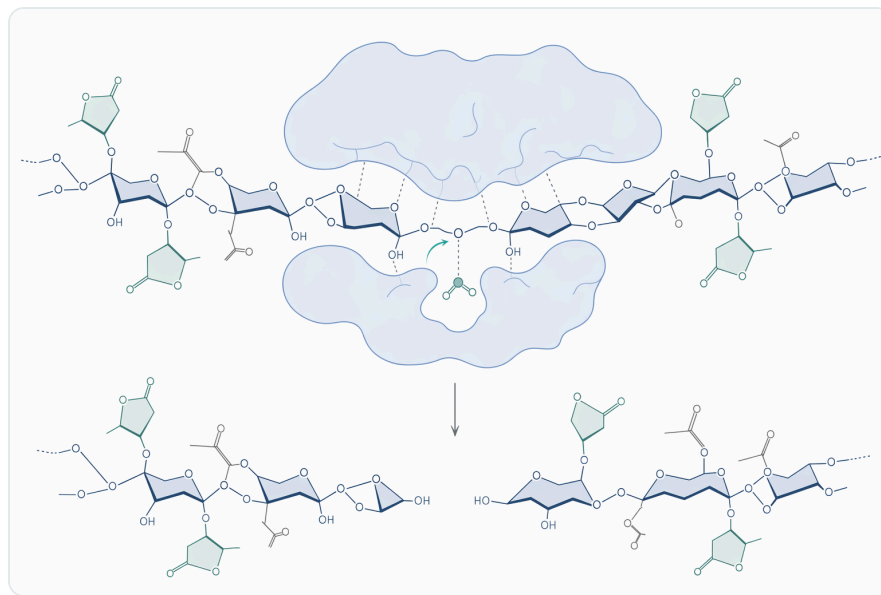


Figure 1. 자일라나아제는 자일란 주쇄의 내부 β -1,4 결합을 가수분해하여 더 짧은 자일로올리고당과 가용성 헤미셀룰로오스 조각을 형성한다.

W ścianie komórkowej roślin ksylan jest powiązany z celulozą, ligniną i innymi polisacharydami, dlatego efekt xylanase zależy od dostępności hemicelulozy. W materiałach słabo rozdrobionych lub silnie zdrewniałych enzym może mieć ograniczony dostęp do substratu, natomiast w surowcach poddanych wcześniejszej obróbce mechanicznej, termicznej lub wodnej jego działanie może być wyraźniejsze. To

wyjaśnia, dlaczego w literaturze często analizuje się xylanase razem z innymi enzymami, takimi jak celulazy, mannanazy lub lakazy, szczególnie w procesach bielenia, przetwarzania pulpy i waloryzacji biomasy [5].

Główne obszary zastosowań xylanase

Poniższa tabela porównuje najważniejsze zastosowania xylanase z perspektywy użytkownika przemysłowego. Nie są to uniwersalne gwarancje efektu, lecz typowe kierunki technologiczne wynikające z działania enzymu na frakcję ksylanową.

Obszar zastosowania	Główny problem technologiczny	Rola xylanase	Typowy oczekiwany efekt
Pasze dla drobiu, trzody i innych zwierząt	Nieskrobiowe polisacharydy ograniczające dostępność składników	Depolimeryzacja arabinoksylianów i redukcja efektu lepkościowego	Lepsze wykorzystanie składników paszy, wsparcie trawienia surowców roślinnych
Piekarnictwo i przetwarzanie zbóż	Zmienność mąki, retencja wody, lepkość ciasta	Modyfikacja arabinoksylianów w mące	Poprawa właściwości ciasta i stabilniejsza obróbka
Napoje zbożowe i procesy zacierania	Wysoka lepkość, wolniejsza filtracja	Rozkład hemicelulozy zbożowej	Łatwiejsza filtracja i klarowanie układów zbożowych
Biomasa rolnicza i odpady agroprzemysłowe	Zamknięcie cukrów i składników w lignocelulozie	Ułatwienie hydrolizy frakcji hemicelulozowej	Lepsza podatność biomasy na dalsze przetwarzanie
Produkcja XOS	Potrzeba kontrolowanego rozkładu ksylanu	Wytwarzanie krótszych oligosacharydów z ksylanu	Fracje ksyloligosacharydowe o potencjale prebiotycznym
Pulp & paper	Ksylan utrudniający dostęp do ligniny i bielenie	Enzymatyczne „otwarcie” struktury włókien	Wsparcie bielenia i możliwość ograniczenia obciążenia chemicznego
Tekstylia i obróbka włókien	Hemicelulozy wpływające na właściwości powierzchni	Selektywna modyfikacja składników niecelulozowych	Łagodniejsza obróbka włókien roślinnych

Xylanase w paszach i żywieniu zwierząt

W paszach xylanase jest stosowana przede wszystkim do ograniczania negatywnego wpływu nieskrobiowych polisacharydów, zwłaszcza arabinoksylianów obecnych w zbożach i produktach ubocznych przemysłu roślinnego. U zwierząt monogastrycznych frakcje te mogą zwiększać lepkość treści pokarmowej, utrudniać kontakt enzymów trawiennych z substratami i ograniczać wykorzystanie energii oraz aminokwasów. Xylanase skraca łańcuchy hemicelulozowe, co może zmniejszać lepkość i poprawiać dostępność składników zamkniętych w strukturze ścian komórkowych [6].

Badania paszowe pokazują, że efekt enzymu zależy od receptury diety, gatunku zwierząt, wieku, warunków środowiskowych i składu surowców. W pracy dotyczącej brojlerów analizowano mieszaniny betainy, choliny, kwasu askorbinowego i xylanase w kontekście strawności składników, parametrów krwi oraz odpowiedzi na silny stres cieplny, co dobrze ilustruje, że xylanase bywa elementem szerszej strategii żywieniowej, a nie pojedynczym, izolowanym dodatkiem rozwiązującym wszystkie problemy paszy [7].

Z praktycznego punktu widzenia xylanase jest najbardziej uzasadniona w paszach, w których istotną część stanowią surowce bogate w arabinoksyliany lub inne hemicelulozy. W dietach opartych na pszenicy, życie, otrębach lub niektórych produktach ubocznych przetwórstwa roślinnego jej znaczenie może być większe niż w mieszankach, w których frakcja ksylanowa jest niska. Enzymes.bio oferuje xylanase również w kategorii związanej z żywieniem zwierząt, przy czym firma działa jako dostawca online, a nie producent ani laboratorium badawcze .

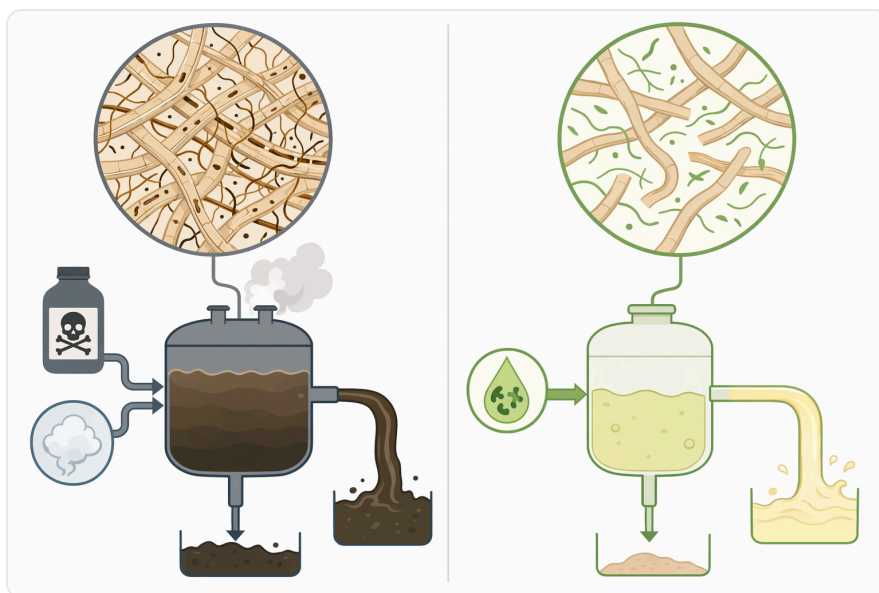


Figure 2. GH10 자일라나아제는 일반적으로 치환된 자일란을 수용할 수 있는 더 넓은 활성 부위 틈을 가지는 반면, GH11 자일라나아제는 대개 더 작은 효소로 접근 가능한 자일란 주쇄에 효율적으로 작용한다.

Piekarnictwo, mąka pszenna i przetwarzanie zbóż

W piekarnictwie arabinoksylany są technologicznie istotne, ponieważ wpływają na wiązanie wody, lepkość fazy ciekłej ciasta i zachowanie glutenu podczas mieszania oraz fermentacji. Część arabinoksylanów jest rozpuszczalna, a część nierozpuszczalna; obie frakcje mogą wpływać na objętość, strukturę miękiszu i stabilność procesu. Xylanase, przez kontrolowaną hydrolizę tych polisacharydów, może zmieniać dostępność wody i właściwości reologiczne ciasta ^[2].

W zastosowaniach zbożowych kluczowa jest kontrola stopnia hydrolizy. Zbyt słabe działanie może nie dawać zauważalnego efektu, natomiast zbyt intensywna depolimeryzacja hemiceluloz może prowadzić do nadmiernego rozluźnienia struktury. Dlatego w praktyce xylanase jest traktowana jako narzędzie do precyzyjnej korekty funkcjonalności mąki, a nie jako uniwersalny zamiennik prawidłowo dobranych parametrów technologicznych. Badania nad przetwarzaniem mąki pszennej metodami enzymatycznymi, ekstruzją i rozwiązaniami hybrydowymi potwierdzają, że warunki procesu silnie wpływają na skład i właściwości technofunkcjonalne rozwijanych produktów mącznych ^[8].

W przetwarzaniu zbóż xylanase enzyme bywa również istotna poza samym piekarnictwem. W zacieraniu, produkcji napojów zbożowych i obróbce frakcji bogatych w otręby jej działanie może ograniczać lepkość i poprawiać oddzielanie faz. Jest to szczególnie ważne w układach, w których arabinoksylany utrudniają filtrację lub powodują niestabilne zachowanie zawiesiny ^[1].

Biomasa rolnicza, odpady agroprzemysłowe i biorafinerie

Jednym z najważniejszych kierunków badań nad xylanase jest waloryzacja pozostałości rolniczych i agroprzemysłowych. Słoma, kolby kukurydzy, otręby, łuski i inne materiały lignocelulozowe zawierają znaczną ilość hemiceluloz, które mogą być przekształcane w cukry, oligosacharydy lub bardziej podatne na dalszą hydrolizę frakcje. Badania nad *Aspergillus tubingensis* FS7Y52 analizowały optymalizację warunków fermentacji wytwarzania xylanase oraz zastosowanie enzymu do degradacji odpadów rolniczych, co pokazuje bezpośredni związek między charakterystyką enzymu a przetwarzaniem biomasy ^[9].

W literaturze często pojawia się również fermentacja w stanie stałym z wykorzystaniem tanich pozostałości agroprzemysłowych jako podłoża do pozyskiwania enzymów. Takie prace są istotne nie dlatego, że opisują działalność konkretnego dostawcy, lecz dlatego, że pokazują, jak silnie xylanase jest związana z gospodarką obiegu surowców roślinnych. Badania nad produkcją xylanase przez *Aspergillus* na pozostałościach agroprzemysłowych oraz nad jej właściwościami biochemicznymi wpisują się w ten kierunek ^[10].

Dla użytkownika przemysłowego najważniejszy wniosek jest prosty: xylanase ma największy sens tam, gdzie ograniczeniem procesu jest struktura hemicelulozowa. Jeśli biomasa jest oporna głównie z powodu ligniny, krystalicznej celulozy lub niedostatecznego rozdrobnienia, sama xylanase może nie wystarczyć. Jeśli jednak celem jest osłabienie frakcji ksylanowej i zwiększenie podatności surowca na dalszą obróbkę, enzym może być istotnym elementem procesu [11].

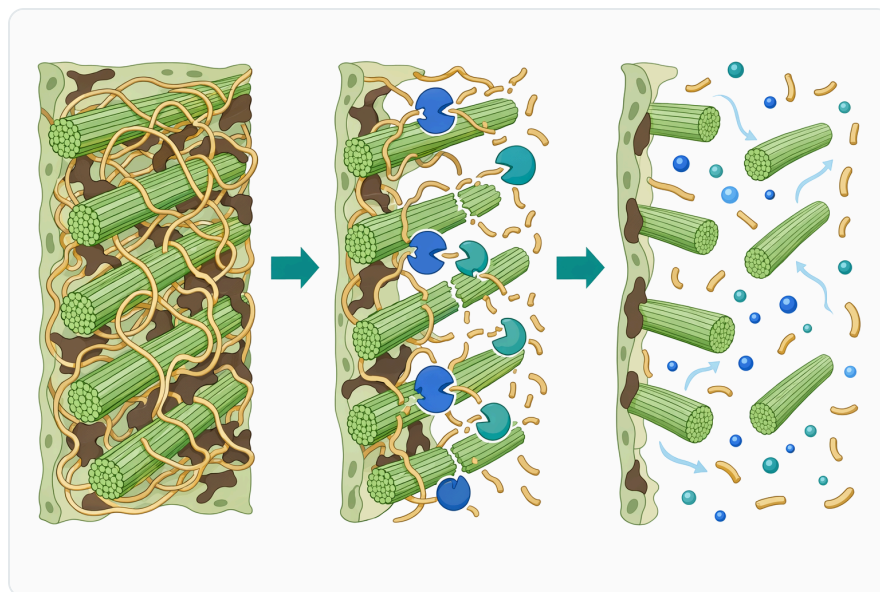


Figure 3. 엔도 자일라나아제는 셀룰로오스, 리그닌 함유 영역, 영양소 또는 가용성 추출물에 대한 접근을 제한하는 자일란 사슬을 짧게 만들어 식물성 물질을 느슨하게 한다.

Produkcja ksylooligosacharydów i potencjał prebiotyczny

Kontrolowana hydroliza ksylanu może prowadzić do powstawania ksylooligosacharydów, czyli krótkich fragmentów ksylanowych określanych skrótem XOS. Są one badane jako składniki o potencjale prebiotycznym, ponieważ mogą być wykorzystywane przez wybrane mikroorganizmy jelitowe. W badaniach nad wytwarzaniem XOS z odpadów rolniczych przy użyciu komercyjnych mieszanin enzymatycznych oceniano zarówno potencjał prebiotyczny, jak i antyoksydacyjny otrzymanych frakcji [12].

W nowszych pracach analizowano produkcję XOS z kolb kukurydzy z użyciem wysokowydajnej xylanase z *Trichoderma harzianum* 4FR8. Takie badania pokazują, że xylanase nie jest wyłącznie enzymem „obniżającym lepkość”, ale może być narzędziem do projektowania produktów oligosacharydowych z surowców niskowartościowych lub ubocznych [4].

Z technologicznego punktu widzenia produkcja XOS wymaga bardziej kontrolowanego podejścia niż zwykła redukcja lepkości. Istotne są: struktura surowca, stopień rozgałęzienia ksylanu, czas kontaktu enzymu z substratem oraz to, czy celem jest dominacja krótkich oligosacharydów, czy szersza mieszanina fragmentów hemicelulozowych. Badania nad zimnoadaptowaną xylanase Xyl-L wyrażaną w *Pichia pastoris* wskazują, że właściwości enzymu mogą być dobierane pod kątem przygotowania XOS w określonych warunkach procesu [13].

Pulp & paper: enzymatyczne wsparcie bielenia i obróbki włókien

W przemyśle celulozowo-papierniczym xylanase jest stosowana jako enzym wspomagający obróbkę pulpy, zwłaszcza przed etapami bielenia. Podczas procesu roztwarzania i dalszej obróbki ksylan może redeponować na powierzchni włókien lub tworzyć barierę ograniczającą dostęp chemikaliów do ligniny. Częściowa hydroliza ksylanu zwiększa podatność pulpy na dalsze etapy, co może wspierać efektywność bielenia [5].

Nowe strategie biologicznego bielenia często łączą kilka enzymów, ponieważ lignoceluloza jest strukturą wieloskładnikową. Badanie dotyczące połączonego działania lakazy, xylanase i mannanazy w bieleniu pulpy kraft z drewna iglastego wskazuje na synergiczny efekt enzymów, co jest logiczne: xylanase modyfikuje frakcję hemicelulozową, mannanaza oddziałuje na mannanowe składniki hemicelulozy, a lakaza uczestniczy w przemianach związków fenolowych związanych z ligniną [5].

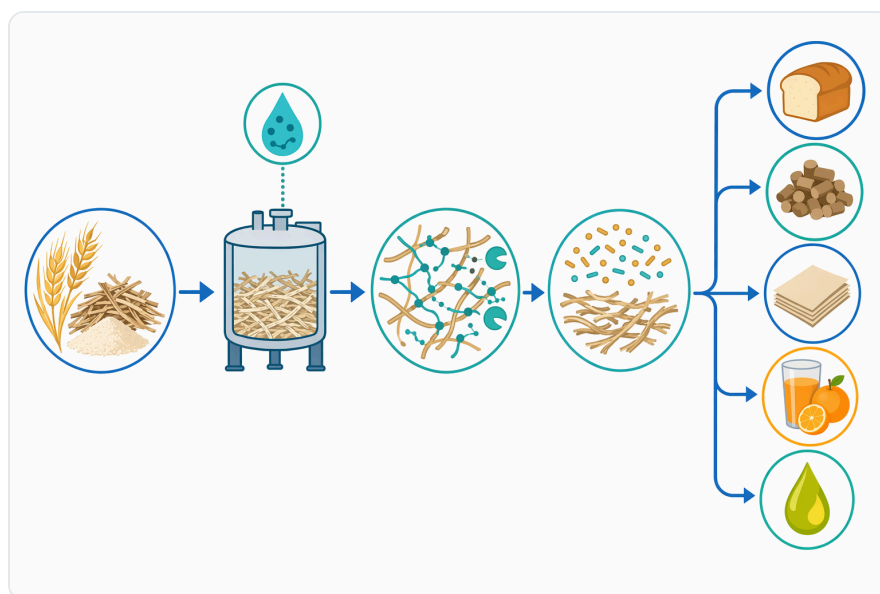


Figure 4. 펄프 예비 표백 과정에서 자일라나아제는 섬유 표면에 재침착된 자일란을 부분적으로 제거하여 표백 화학물질이 섬유 안으로 더 효과적으로 침투하고 리그닌 유래 발색단이 빠져나가도록 돕는다.

Xylanase może być również istotna w zagospodarowaniu strumieni ubocznych przemysłu celulozowego. Praca dotycząca ekstrakcji ligniny wysokiej czystości z ługu czarnego po procesie kraft opisuje użycie odpornej na warunki alkaliczne xylanase i celulazy w enzymatycznym procesie oczyszczania, co pokazuje, że enzymy hemicelulolityczne są rozważane nie tylko w bieleniu włókien, ale także w odzysku i rafinacji składników złożonych strumieni przemysłowych [14].

Zastosowania tekstylne i obróbka włókien roślinnych

Xylanase ma również potencjał w obróbce tekstyliów i włókien roślinnych, gdzie pożądana jest selektywna modyfikacja składników niecelulozowych. Włókna pochodzenia roślinnego zawierają nie tylko celulozę, ale także hemicelulozy, pektyny i inne substancje wpływające na zwilżalność, miękkość, barwienie oraz dalsze wykończenie. Enzymatyczna modyfikacja hemiceluloz może być łagodniejszą alternatywą dla części zabiegów chemicznych [15].

Badania nad xylanase z *Trichoderma longibrachiatum* KT693225 obejmowały charakterystykę termodynamiczną i potencjalne zastosowania tekstylne. Tego typu prace są ważne, ponieważ sektor tekstylny często wymaga enzymów działających w konkretnych zakresach temperatury, pH i obecności substancji pomocniczych. Nie każdy preparat xylanase będzie właściwy dla takiego zastosowania, ale mechanizm — hydroliza hemicelulozy — pozostaje spójny z technologiczną potrzebą modyfikacji powierzchni włókien [15].

Stabilność enzymu i dopasowanie do warunków procesu

Właściwości xylanase mogą się znacząco różnić w zależności od źródła enzymu, jego struktury białkowej i środowiska działania. W literaturze opisuje się enzymy alkaliczne, termostabilne, kwasowe, halotolerancyjne, zimnoadaptowane oraz takie, które zachowują aktywność w specyficznych warunkach przemysłowych. Praca nad ekspresją ulepszanego, termostabilnego wariantu alkalicznej xylanase w *Pichia pastoris* pokazuje, że stabilność i wydajność są aktywnymi kierunkami rozwoju biotechnologicznego [16].

Termostabilność jest ważna w procesach, w których surowce są obrabiane w podwyższonej temperaturze, na przykład w zacieraniu, przetwarzaniu biomasy lub niektórych etapach obróbki włókien. Enzymy termofilne i enzymy pochodzące z mikroorganizmów termotolerancyjnych są szeroko badane w biotechnologii przemysłowej, ponieważ wyższa tolerancja temperaturowa może zwiększać użyteczność enzymu w realnych warunkach procesowych [3].

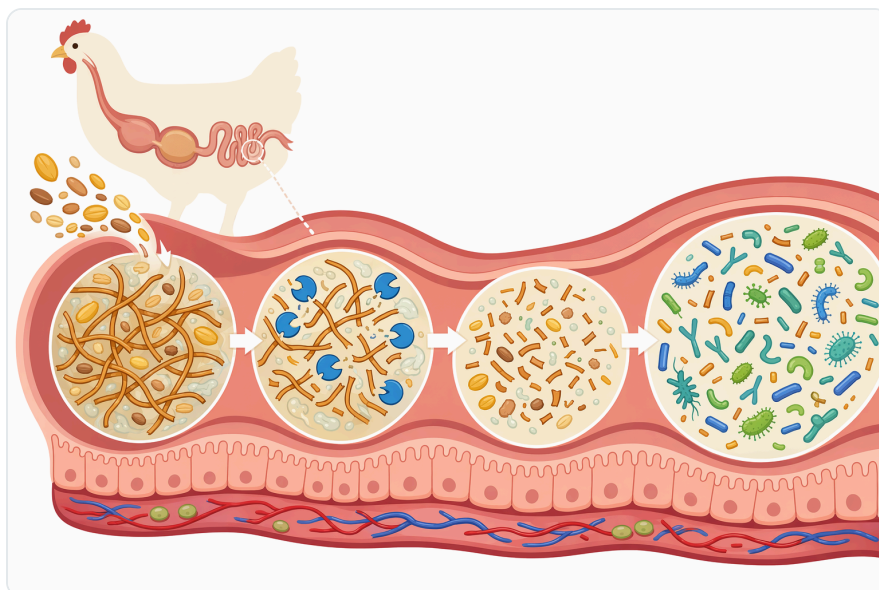


Figure 5. 사료에서 자일라나아제는 아라비노자일란 장벽을 줄이고, 이후 미생물 발효에 영향을 미칠 수 있는 자일란 유래 조각을 생성할 수 있다.

Z drugiej strony, niektóre zastosowania wymagają aktywności w niższych temperaturach, na przykład gdy celem jest ograniczenie zużycia energii lub ochrona składników wrażliwych na ciepło. Badania nad xylanase kwaśną, halotolerancyjną i zimnoadaptowaną pochodzącą z metagenomu żwacza wielbłąda oraz wydzielaną przez zmodyfikowane *Saccharomyces cerevisiae* pokazują, że poszukuje się enzymów dopasowanych do bardzo różnych nisz procesowych [17].

Coraz częściej do identyfikacji enzymów przemysłowych wykorzystuje się również narzędzia bioinformatyczne i uczenie maszynowe. Praca dotycząca metagenomowego wyszukiwania xylanase o określonej zależności temperaturowej wskazuje, że dobór enzymu do temperatury procesu jest na tyle ważny, iż staje się przedmiotem ukierunkowanych metod obliczeniowych [18].

Czynniki wpływające na skuteczność xylanase w praktyce

Skuteczność xylanase zależy od tego, czy w surowcu występuje dostępny ksylan lub arabinoksylan. W mące pszennej, otrębach, słodzie, śrutach roślinnych, słomie czy pulpach drzewnych frakcja hemicelulozowa jest obecna, ale jej dostępność może być bardzo różna. Rozdrobnienie, uwodnienie, wcześniejsza obróbka cieplna, obecność ligniny oraz stopień rozgałęzienia ksylanu decydują o tym, jak szybko enzym dotrze do wiązań, które może hydrolizować [9].

Drugim czynnikiem jest środowisko procesu: pH, temperatura, czas kontaktu, stężenie suchej masy, mieszanie oraz obecność substancji mogących stabilizować lub hamować białko enzymatyczne. Badania optymalizacyjne nad produkcją i właściwościami xylanase, prowadzone dla różnych mikroorganizmów,

pokazują, że warunki kultury i parametry działania enzymu są ściśle powiązane z jego końcową użytecznością technologiczną [19].

Trzecim czynnikiem jest cel procesu. Inaczej ocenia się xylanase w paszy, gdzie ważna jest redukcja wpływu NSP na trawienie, inaczej w piekarnictwie, gdzie liczy się równowaga między strukturą ciasta a uwalnianiem wody, a jeszcze inaczej w produkcji XOS, gdzie kluczowa jest kontrola profilu oligosacharydów. Dlatego ten sam mechanizm biochemiczny może prowadzić do różnych wskaźników sukcesu w różnych branżach [1].

Korzyści biznesowe: gdzie xylanase tworzy realną wartość

Najbardziej bezpośrednią korzyścią procesową jest redukcja lepkości układów bogatych w arabinoksylany. Niższa lepkość może oznaczać łatwiejsze pompowanie, mieszanie, filtrację i oddzielanie faz. W procesach zbożowych i paszowych przekłada się to na bardziej przewidywalne zachowanie surowca, natomiast w biomasie może zwiększać podatność materiału na dalsze etapy hydrolizy lub ekstrakcji [2].

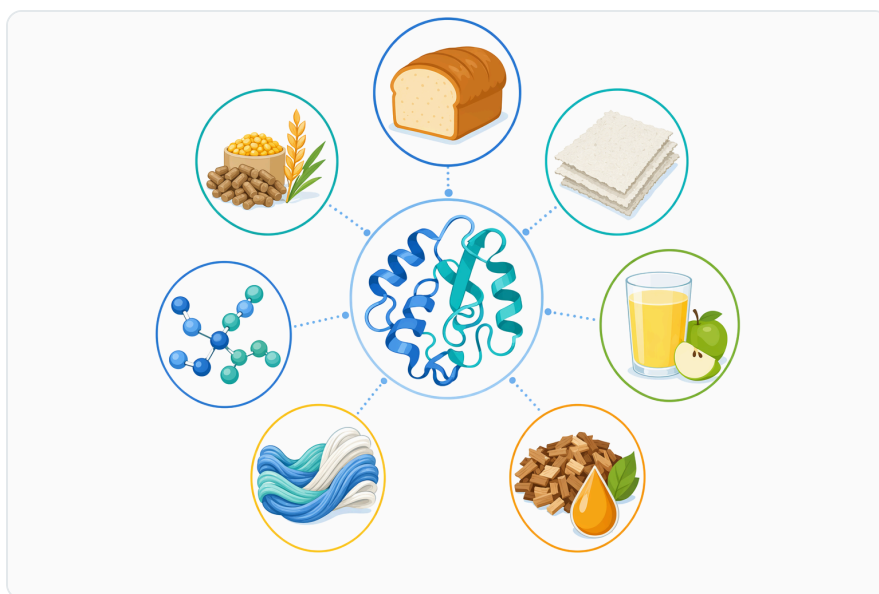


Figure 6. 식품 및 곡물 분야의 응용은 자일라나아제가 반죽의 수분 분포, 점도, 추출, 여과, 결합 화합물의 방출에 미치는 아라비노자일란의 영향을 조절하는데 달려 있다.

Drugą korzyścią jest lepsze wykorzystanie surowca. Xylanase może uwalniać składniki zamknięte w ścianach komórkowych lub ułatwiać innym enzymom dostęp do substratów. W biorafineriach i przetwarzaniu odpadów rolniczych ma to znaczenie ekonomiczne, ponieważ wartość procesu często zależy od tego, jaka część biomasy może zostać przekształcona w użyteczne frakcje [20].

Trzecią korzyścią jest możliwość łagodniejszej obróbki. W pulp & paper enzymatyczne wsparcie bielenia jest interesujące, ponieważ może ograniczać intensywność niektórych etapów chemicznych. W tekstyliach podobna logika dotyczy modyfikacji włókien bez nadmiernego uszkodzenia celulozowego rdzenia. W obu przypadkach xylanase działa jako narzędzie selektywnej korekty struktury materiału, a nie jako agresywny środek degradowujący całość [5].

Ograniczenia i odpowiedzialne oczekiwania

Xylanase nie jest rozwiązaniem dla każdego problemu z surowcem roślinnym. Jeśli ograniczeniem procesu jest głównie skrobia, białko, tłuszcz, pektyny, lignina albo zanieczyszczenia mikrobiologiczne, sam enzym ksylanolityczny może mieć niewielki wpływ. Najlepsze rezultaty są oczekiwane tam, gdzie ksylan lub arabinoksylany rzeczywiście odpowiadają za lepkość, blokowanie składników albo ograniczoną podatność materiału na dalszą obróbkę [1].

Nie należy też zakładać, że wszystkie xylanase są wymienne. Enzymy różnią się stabilnością, preferencją substratową, tolerancją temperatury, zachowaniem w kwaśnym lub alkalicznym środowisku oraz podatnością na składniki matrycy. Bibliometryczna analiza badań nad enzymami termostabilnymi pokazuje, że stabilność enzymów pozostaje jednym z kluczowych tematów rozwoju biotechnologii przemysłowej [21].

W praktyce przemysłowej ważne jest również to, że surowce naturalne są zmienne. Ta sama receptura może zachowywać się inaczej przy zmianie partii mąki, rodzaju otrąb, pochodzenia słomy, gatunku drewna czy stopnia dojrzałości materiału roślinnego. Dlatego xylanase powinna być rozumiana jako narzędzie procesowe działające w określonym oknie technologicznych warunków, a nie jako substancja dająca identyczny efekt niezależnie od matrycy [11].

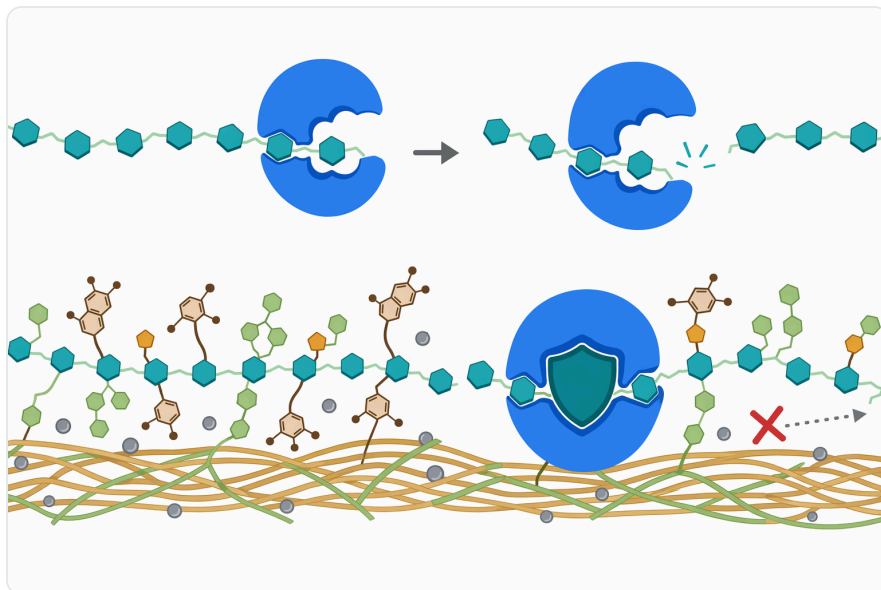


Figure 7. 식물 자일라나아제 억제제와 복잡한 원료 조성 때문에 효소 성능은 정제된 자일란과 실제 곡물 또는 농업 기질에서 다르게 나타날 수 있다.

Xylanase od Enzymes.bio: rola dostawcy i dokumentacja

Enzymes.bio udostępnia xylanase jako produkt sprzedawany online w jednostkach 1 kg, przeznaczony do zastosowań B2B w obszarach związanych z przetwarzaniem surowców roślinnych, paszami i procesami przemysłowymi. Firma pełni rolę dostawcy — nie jest producentem enzymu ani laboratorium badawczym — dlatego nie należy interpretować oferty jako deklaracji prowadzenia produkcji enzymatycznej lub badań analitycznych przez Enzymes.bio .

CoA oraz SDS są dostarczane wraz z zamówieniem, co wspiera prawidłowe zarządzanie produktem w środowisku technologicznym i magazynowym. Informacje te są istotne dla klientów B2B, ponieważ enzymy są materiałami procesowymi, które powinny być używane zgodnie z przeznaczeniem, dokumentacją i wymaganiami obowiązującymi w danym zakładzie.

Podsumowanie techniczne

Xylanase jest jednym z najważniejszych enzymów do selektywnej modyfikacji hemicelulozy w surowcach roślinnych. Jej główna wartość polega na hydrolizie ksylanu i arabinoksyfanów, co może obniżać lepkość, ułatwiać filtrację, poprawiać dostępność składników i wspierać dalszą obróbkę biomasy. Zastosowania obejmują pasze, piekarnictwo, napoje zbożowe, odpady agroprzemysłowe, produkcję XOS, pulp & paper oraz wybrane procesy tekstylne ^[2].

Najlepsze efekty uzyskuje się wtedy, gdy problem technologiczny rzeczywiście wynika z obecności frakcji ksylanowej. Właściwości enzymu, warunki procesu i charakter surowca mają kluczowe znaczenie, dlatego xylanase należy traktować jako precyzyjne narzędzie biokatalityczne, a nie uniwersalny dodatek do każdego materiału roślinnego. Enzymes.bio dostarcza xylanase online w jednostkach 1 kg, z CoA i SDS dołączanymi do zamówienia, działając jako dostawca dla klientów wykorzystujących enzymy w zastosowaniach technologicznych i przemysłowych.

Zamów Xylanase 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 Xylanase →](#)

Bibliografia

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

1. Kaur, D., Joshi, A., Sharma, V., Batra, N., & Sharma, A. (2023). [An insight into microbial sources, classification, and industrial applications of xylanases: A rapid review](#). *Biotechnology and applied biochemistry*, 70, 1489 - 1503.
2. Hazra, A., Saha, D., Banik, S., Banik, S., Das, S., & Maity, M. (2023). [INDUSTRIALLY IMPORTANT XYLANASE FROM MICROBIAL SOURCES AND THEIR APPLICATIONS](#). *Journal of Survey in Fisheries Sciences*.
3. Gomes, E., Souza, A. R., Orjuela, G., Silva, R., Oliveira, T., & Rodrigues, A. (2016). [Applications and Benefits of Thermophilic Microorganisms and Their Enzymes for Industrial Biotechnology](#).
4. Chaiyates, R., Sawaengkaew, J., & Mahakhan, P. (2025). [Production of xylo-oligosaccharides from corncob using high efficiency xylanase from Trichoderma harzianum 4FR8](#). *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15, 19175 - 19187.
5. Guo, W., Hui, L., Song, F., Qu, Y., Wang, Q., Zhang, Y., Xin, J., ... et al. (2025). [A new strategy for biological enzyme bleaching: combined effects of laccase, xylanase, and mannanase in the bleaching of softwood kraft pulp – a synergistic effect of enzymes](#). *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 40, 465 - 476.
6. Ming, Y. (2006). [Studies on medium conditions for feed xylanase production by brewer's grains fermentation and enzyme properties of xylanase](#). *China Brewing*.
7. Farooq, U., Khalid, M. F., & Hussain, J. (2022). [Effect of blends of Betaine, Choline, Ascorbic Acid and Xylanase Enzyme on nutrient digestibility, hemato-serological properties and response to severe heat in broilers](#). *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*.

8. Lewko, P., Wójtowicz, A., & Rudaś, M. (2025). Effect of Processing Conditions of Enzymatic, Extrusion, and Hybrid Treatment Methods on Composition and Selected Technofunctional Properties of Developed Wheat Flour. *International journal of food Science*, 2025.
9. Wang, T., Ma, J., Zhong, Y., Liu, S., Cui, W., Liu, X., & Fan, G. (2026). Study of Fermentation Conditions Optimization for Xylanase Production by *Aspergillus tubingensis* FS7Y52 and Application in Agricultural Wastes Degradation. *Foods*, 15.
10. Lima, A. K. R., Batista, R. D., Araújo, L. P., Silva, S. R., Vieira-Almeida, E., & Almeida, A. (2021). Production of xylanase by *Aspergillus* sp. ART500.1 on agroindustrial residues and its biochemical properties. *Scientia Plena*.
11. Khanahmadi, M., Arezi, I., Amiri, M., & Miranzadeh, M. (2018). Bioprocessing of agro-industrial residues for optimization of xylanase production by solid- state fermentation in flask and tray bioreactor. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 13, 272-282.
12. Ávila, P. F., Martins, M., Costa, F., & Goldbeck, R. (2020). Xylooligosaccharides production by commercial enzyme mixture from agricultural wastes and their prebiotic and antioxidant potential. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 24, 100234.
13. Rodríguez, S., González, C., Reyes-Godoy, J. P., Gasser, B., Andrews, B., & Asenjo, J. A. (2025). Expression and characterization of cold-adapted xylanase Xyl-L in *Pichia pastoris* for xylooligosaccharide (XOS) preparation. *Microbial Cell Factories*, 24.
14. Xie, Y., Ji, X., Tian, Z., Wang, Y., Mo, X., Zhang, F., & Zhou, J. (2025). Extraction of high-purity lignin from the kraft pulping black liquor by enzyme purification process with alkaline-resistant xylanase and cellulase. *International Journal of Biological Macromolecules*, 139574 .
15. Aty, A. A. E., Saleh, S. A. A., Eid, B., Ibrahim, N., & Mostafa, F. (2018). Thermodynamics characterization and potential textile applications of *Trichoderma longibrachiatum* KT693225 xylanase. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 14, 129-137.
16. Lu, Y., Fang, C., Wang, Q., Zhou, Y., Zhang, G., & Ma, Y. (2016). High-level expression of improved thermo-stable alkaline xylanase variant in *Pichia Pastoris* through codon optimization, multiple gene insertion and high-density fermentation. *Scientific Reports*, 6.
17. Vangah, S. J., Kermani, A. A., Vali, H., Noghabi, K. A., & Zahiri, H. (2025). Engineering *Saccharomyces cerevisiae* for the secretion of an acidic, halotolerant, and cold-adapted xylanase derived from the camel rumen metagenome: Enzyme characterization and strain assessment. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148805 .
18. Shahraki, M., Farhadyar, K., Kavousi, K., Azarabad, M. H., Boroomand, A., Ariaeenejad, S., & Salekdeh, G. (2020). A generalized machine-learning aided method for targeted identification of industrial enzymes from metagenome: A xylanase temperature dependence case study. *Biotechnology and Bioengineering*, 118, 759 - 769.
19. Huilong, J., Xin, G., Wenxuan, W., Zhuang, M., & Qing, Q. (2021). Isolation of Xylanase Producing Strains, Optimization of Fermentation Conditions and Research on Enzymatic Properties. *Journal of Biology and Life Science*, 12, 1.
20. Carvalho, M. S., Menezes, L. H. S., Pimentel, A. B., Costa, F. S., Oliveira, P. C., Santos, M. M. O., Carvalho Tavares, I. M., ... et al. (2022). Application of Chemometric Methods for the Optimization Secretion of Xylanase by *Aspergillus oryzae* in Solid State Fermentation and Its Application in the Saccharification of Agro-industrial Waste. *Waste and Biomass Valorization*, 14, 3183 - 3193.

21. Hussian, C. H. A. C., & Leong, W. Y. (2023). Thermostable enzyme research advances: a bibliometric analysis. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 21.

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.