

Xylanase per panificazione, mangimi, pulp & paper e bioraffineria: meccanismo, benefici e applicazioni industriali

Team di ricerca Enzymes.bio · Wellington, Nuova Zelanda · June 20, 2026

La **xylanase** è un enzima che idrolizza lo xylan e gli arabinosilani, componenti dell'emicellulosa presenti nelle pareti cellulari vegetali. Nei processi industriali è utile quando il limite tecnologico deriva da viscosità elevata, scarsa filtrabilità, bassa accessibilità dei nutrienti o necessità di modificare la frazione emicellulosica di cereali, biomasse e fibre cellulosiche ^[1].

In pratica, i principali **xylanase benefits** riguardano panificazione, mangimi, pulp & paper, birrificazione, trasformazione vegetale e bioraffineria: l'enzima non agisce in modo generico sulla materia organica, ma su legami specifici dello xylan. Enzymes.bio rende disponibile xylanase per uso professionale tramite acquisto online in unità da 1 kg; Enzymes.bio opera come fornitore e non come produttore o laboratorio, con CoA e SDS forniti insieme all'ordine .

Che cos'è la xylanase e perché è rilevante nei processi B2B

La xylanase è un gruppo di enzimi idrolitici che catalizza la rottura dello scheletro xilanico, in particolare dei legami β -1,4 tra unità di xilosio nello xylan. Lo xylan è una delle principali frazioni dell'emicellulosa delle pareti cellulari vegetali; nelle materie prime industriali raramente si presenta come polimero lineare puro, perché può contenere ramificazioni, sostituenti acetilati, residui di acido glucuronico e catene laterali con arabinosio ^[2].

Questa complessità spiega perché, in molte applicazioni, la xylanase sia descritta come parte di un sistema xilanolitico più ampio. Una endo-xylanase taglia la catena internamente e riduce rapidamente la dimensione media del polimero; altre attività enzimatiche possono rimuovere sostituenti laterali o convertire oligomeri in zuccheri più piccoli. Per l'utilizzatore industriale, però, il punto essenziale è il risultato funzionale: modificare la frazione xilanica per cambiare viscosità, accessibilità, filtrabilità o reologia ^[1].

Nei cereali, la forma più rilevante è spesso l'arabinoxilano, abbondante in frumento, segale, orzo e sottoprodotti ricchi di crusca. Gli arabinoxilani legano acqua, formano soluzioni viscosi e possono creare una barriera fisica tra enzimi digestivi, amidi, proteine e altri nutrienti. Questo meccanismo è centrale nella mangimistica, nella panificazione e nei processi liquidi come mosti e sospensioni cerealicole [3].

Chi confronta soluzioni commerciali cercando termini come “**danisco xylanase**” o “xylanase enzyme” di solito sta valutando lo stesso principio tecnologico: un enzima destinato a gestire lo xylan in una matrice vegetale. Le differenze tra prodotti commerciali possono riguardare origine enzimatica, profilo applicativo e compatibilità di processo, ma il razionale biochimico resta l'idrolisi controllata della frazione xilanica [1].

Meccanismo d'azione: dalla parete cellulare alla riduzione della viscosità

La parete cellulare vegetale può essere vista come una rete composta: la cellulosa fornisce resistenza strutturale, l'emicellulosa collega e riempie gli spazi tra le microfibrille, mentre lignina, pectine e composti fenolici modificano rigidità e accessibilità. Lo xylan, come frazione emicellulosica, contribuisce a trattenere acqua e a limitare l'accesso fisico a componenti interni della cellula vegetale [1].

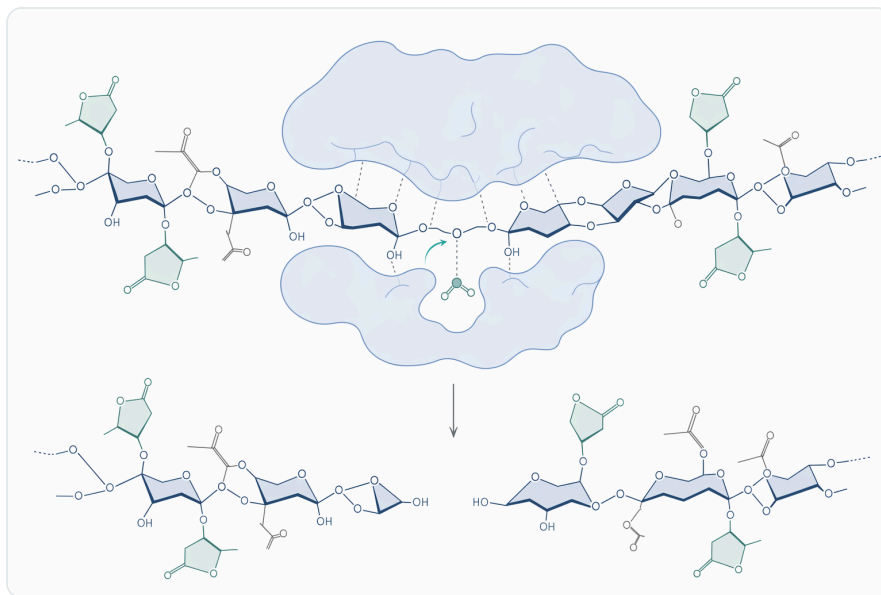


Figure 1. 자일라나아제는 자일란 주쇄의 내부 β -1,4 결합을 가수분해하여 더 짧은 자일로올리고당과 가용성 헤미셀룰로오스 조각을 형성한다.

La xylanase interviene tagliando legami interni dello xylan o degli arabinoxilani. Quando una catena lunga viene spezzata in frammenti più corti, diminuisce la capacità del polimero di aumentare la viscosità della fase acquosa. Questo è uno dei motivi per cui l'enzima è usato in impasti, mosti, mangimi

e slurry lignocellulosici: non “scioglie” tutta la biomassa, ma riduce l’effetto strutturante di una parte specifica della parete cellulare ^[4].

In una matrice cerealicola, la riduzione della lunghezza degli arabinoxilani può liberare acqua precedentemente trattenuta e modificare la distribuzione dell’umidità tra fibra, amido e proteine. In panificazione questo può influenzare estensibilità dell’impasto, gestione meccanica e struttura della mollica; in mangimistica può ridurre l’effetto viscosizzante dei polisaccaridi non amidacei nel tratto digerente, con conseguenze sull’accessibilità dei nutrienti ^[3].

Nelle biomasse lignocellulosiche, invece, lo xylan può ostacolare l’accesso della cellulasi alla cellulosa. La xylanase rimuove o modifica una parte della barriera emicellulosica, creando condizioni più favorevoli per l’idrolisi della cellulosa e per la liberazione di zuccheri fermentabili. Per questo la letteratura descrive spesso xylanase e cellulasi come enzimi complementari nei processi di valorizzazione di residui agroindustriali ^[5].

Dove la xylanase crea valore industriale

Panificazione, farine e prodotti da forno

Nella panificazione, la xylanase agisce soprattutto sugli arabinoxilani della farina. Questi polisaccaridi possono essere solubili o insolubili, legare quantità importanti di acqua e interferire con la formazione di una struttura omogenea durante impastamento, lievitazione e cottura. Una modifica controllata degli arabinoxilani può migliorare la distribuzione dell’acqua e rendere l’impasto più gestibile nei processi meccanizzati ^[1].

L’effetto non va interpretato come un semplice “rinforzo” dell’impasto. La xylanase non sostituisce il glutine, non è una proteasi e non svolge la funzione di un ossidante; interviene invece sulla frazione emicellulosica. Se la modifica è adeguata alla farina e al processo, può contribuire a volume, morbidezza e regolarità della mollica; se l’idrolisi è eccessiva rispetto alla formulazione, l’impasto può diventare troppo cedevole o appiccicoso ^[4].

Nei prodotti integrali e ad alto contenuto di fibra, la rilevanza della xylanase aumenta perché crusca e frazioni periferiche del chicco apportano più pareti cellulari e più arabinoxilani. In questi sistemi la sfida non è soltanto sviluppare glutine, ma gestire una matrice in cui acqua, fibra, amido e proteine competono durante l’impastamento. La xylanase può quindi essere parte di una strategia formulativa mirata, non un correttivo universale ^[1].

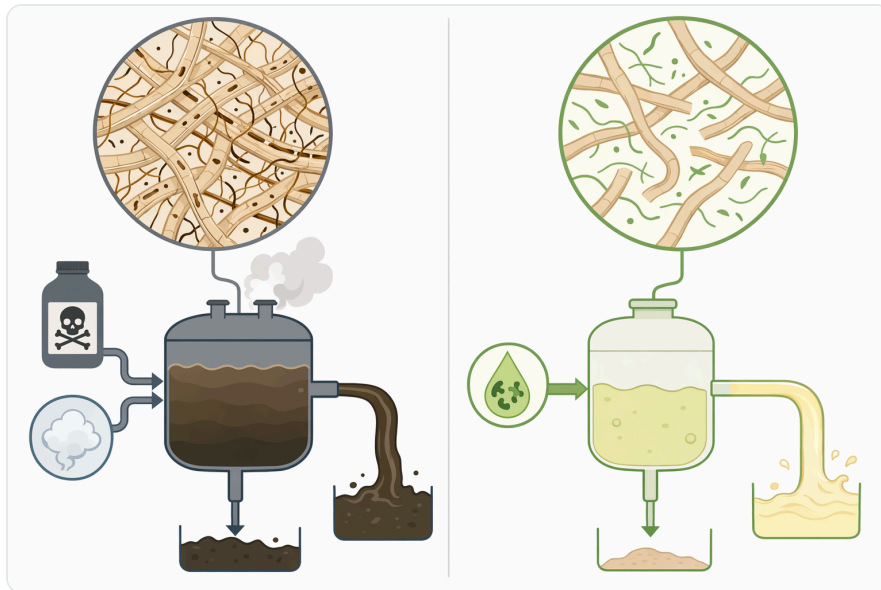


Figure 2. GH10 자일라나아제는 일반적으로 치환된 자일란을 수용할 수 있는 더 넓은 활성 부위 홈을 가지는 반면, GH11 자일라나아제는 대개 더 작은 효소로 접근 가능한 자일란 주쇄에 효율적으로 작용한다.

Mangimi per pollame, suini e diete ricche di cereali

Nei mangimi, l'interesse per la xylanase deriva soprattutto dai polisaccaridi non amidacei presenti in cereali come frumento, segale e orzo. Gli arabinosilani possono aumentare la viscosità del contenuto intestinale e intrappolare nutrienti, riducendo l'efficienza con cui l'animale accede ad amido, proteine e lipidi. Studi sui broiler descrivono meccanismi diretti e indiretti con cui la xylanase influenza la digestione dell'amido, attraverso la modifica della matrice della parete cellulare e della viscosità ^[3].

L'azione diretta riguarda l'idrolisi degli arabinosilani e la riduzione della loro capacità di formare reti viscosi. L'azione indiretta riguarda l'aumento dell'accessibilità degli enzimi digestivi ai nutrienti incapsulati nella parete cellulare vegetale. In altre parole, la xylanase non "aggiunge" nutrienti al mangime, ma può rendere più utilizzabile una quota di nutrienti già presenti nella materia prima ^[3].

La letteratura recente sulla silage di stocchi di mais ha esaminato l'impiego combinato di **Lactobacillus plantarum**, cellulasi e xylanase, evidenziando l'interesse per questi enzimi nella modifica della qualità nutrizionale e della struttura microbica di matrici foraggiere lignocellulosiche. Questo conferma che la xylanase è rilevante anche oltre i mangimi cerealicoli concentrati, in sistemi in cui la parete vegetale limita fermentescibilità e accessibilità ^[6].

Pulp & paper, bio-sbianca e riciclo della carta

Nel settore pulp & paper, la xylanase è utilizzata come pretrattamento enzimatico per modificare lo xylan associato alle fibre cellulose. Durante la produzione della pasta, una parte dello xylan può essere presente sulla superficie delle fibre e influenzare la penetrazione degli agenti di sbianca. L'idrolisi enzimatica controllata può facilitare le fasi successive, riducendo la severità richiesta ad alcuni trattamenti chimici [7].

L'impiego di xylanasi in bio-sbianca della pasta kraft è stato studiato anche con enzimi provenienti da microrganismi estremofili, proprio perché i processi industriali della carta possono richiedere enzimi compatibili con condizioni operative impegnative. Il punto tecnico non è rimuovere indiscriminatamente l'emicellulosa, ma modificare una frazione sufficiente a migliorare accessibilità, drenaggio o risposta alla sbianca senza compromettere la qualità della fibra [7].

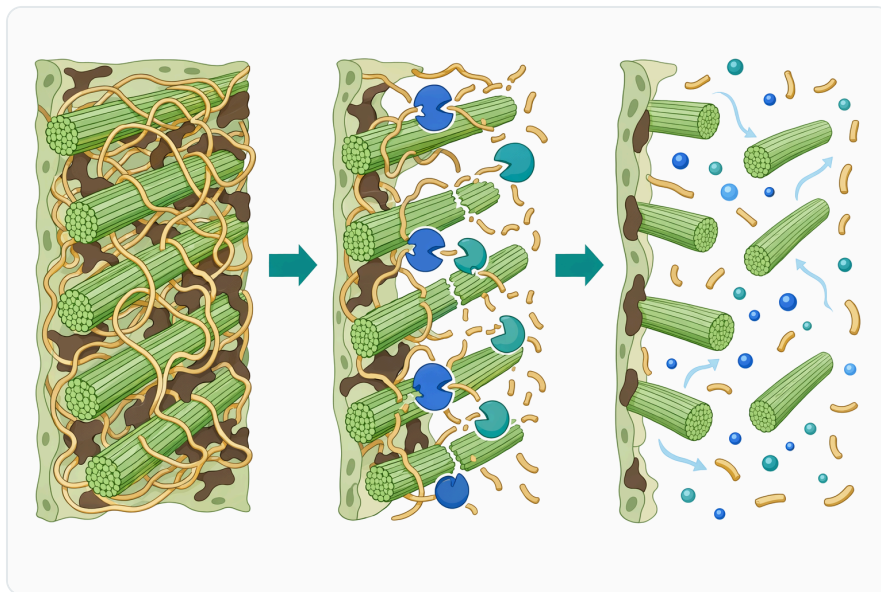


Figure 3. 엔도 자일라나아제는 셀룰로오스, 리그닌 함유 영역, 영양소 또는 가용성 추출물에 대한 접근을 제한하는 자일란 사슬을 짧게 만들어 식물 소재를 느슨하게 한다.

La xylanase è rilevante anche nei processi di deinking e riciclo. Studi su combinazioni di enzimi fungini per la rimozione dell'inchiostro da carta da macero mostrano come carboidrasi, incluse xylanasi e cellulasi, possano contribuire alla separazione di componenti indesiderati e alla valorizzazione degli effluenti. In questo contesto, l'enzima rientra in strategie di processo orientate a migliorare il recupero di fibre e la gestione dei residui [8].

Bioraffineria, biofuel e valorizzazione di residui agroindustriali

La biomassa lignocellulosica contiene cellulosa, emicellulosa e lignina in proporzioni variabili. Lo xylan è una parte importante dell'emicellulosa di molte biomasse agricole; se non viene modificato, può limitare l'accesso agli zuccheri strutturali e ridurre l'efficienza della conversione. La xylanase è quindi studiata sia come enzima per liberare oligosaccaridi e zuccheri pentosi, sia come supporto all'azione delle cellulasi ^[5].

Diversi lavori hanno analizzato la produzione di xylanase mediante fermentazione su residui agroindustriali, confermando l'interesse dell'enzima in un'economia circolare basata sulla valorizzazione delle biomasse. Ricerche su substrati come scarti agricoli, residui lignocellulosici e biomasse di processo mostrano che la xylanase è al centro di molte strategie di bioconversione, anche quando l'obiettivo finale non è l'enzima in sé ma la trasformazione più efficiente della materia prima ^[9].

La saccharificazione di rifiuti agroindustriali con enzimi prodotti da **Aspergillus oryzae** e altri microrganismi evidenzia un principio applicativo importante: la xylanase lavora meglio quando il processo è progettato attorno alla struttura reale della biomassa. Lignina residua, pretrattamento, contenuto di emicellulosa e combinazione con altre carboidrasi determinano il risultato finale più del semplice fatto di "aggiungere xylanase" ^[5].

Birrificazione, bevande e chiarificazione di matrici vegetali

In birrificazione e in alcune bevande a base vegetale, gli arabinoxilani possono aumentare la viscosità dei mosti e rallentare filtrazione o separazione. Questo è particolarmente rilevante quando si usano cereali ricchi di emicellulosa o ingredienti con frazioni di crusca. La xylanase può ridurre la lunghezza degli arabinoxilani, favorendo flusso, chiarificazione e gestione della fase liquida ^[1].

Lo stesso principio può applicarsi a succhi, estratti vegetali e trasformazioni in cui la parete cellulare limita il rilascio di liquidi o composti solubili. In questi casi la xylanase può essere impiegata insieme a pectinasi, cellulasi o altre carboidrasi, perché le pareti cellulari non sono costituite da un solo polimero. La scelta di usare xylanase è giustificata quando la frazione xilanica contribuisce in modo significativo al problema tecnologico ^[4].

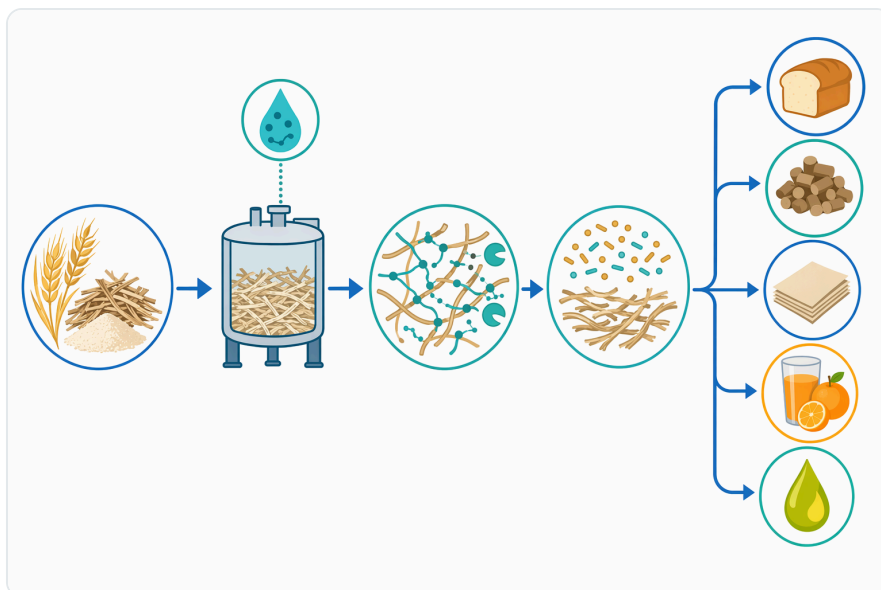


Figure 4. 펄프 예비 표백 과정에서 자일라나아제는 표면에 재침착된 자일란을 부분적으로 제거하여 표백 화학물질이 섬유에 더 효과적으로 침투하고 리그닌 유래 발색단이 빠져나갈 수 있게 한다.

Tabella comparativa: applicazioni, substrati e risultato tecnico atteso

Area applicativa	Substrato tipico	Ruolo della xylanase	Beneficio industriale atteso	Attenzione tecnica
Panificazione	Farine di frumento, formulazioni integrali, farine ricche di fibra	Modifica degli arabinoxilani e redistribuzione dell'acqua	Migliore lavorabilità dell'impasto, texture più regolare, possibile contributo al volume	L'idrolisi eccessiva può indebolire l'impasto
Mangimi	Frumento, segale, orzo, sottoprodotti fibrosi	Riduzione della viscosità dei polisaccaridi non amidacei	Maggiore accessibilità dei nutrienti e migliore uso della dieta	L'effetto dipende dalla composizione del mangime e dalla specie animale [3]
Pulp & paper	Pasta kraft, fibre cellulosiche, carta da riciclo	Modifica dello xylan associato alla fibra	Supporto alla bio-sbianca, drenaggio o deinking	Serve equilibrio tra modifica enzimatica e qualità della fibra [7]
Bioraffineria	Residui agricoli, stocchi, biomasse lignocellulosiche	Rimozione parziale della barriera emicellulosica	Migliore accessibilità per cellulasi e conversione in zuccheri	Pretrattamento e lignina residua influenzano il risultato [5]

Area applicativa	Substrato tipico	Ruolo della xylanase	Beneficio industriale atteso	Attenzione tecnica
Birrificazione e bevande	Mosti cerealicoli, estratti vegetali	Riduzione di arabinoxilani viscosizzanti	Filtrazione più agevole e migliore gestione della fase liquida	Spesso lavora in sinergia con altri enzimi della parete cellulare ^[1]

Benefici della xylanase: cosa aspettarsi realisticamente

I benefici più solidi della xylanase derivano dalla sua specificità verso lo xylan. Quando una matrice contiene una frazione xilanica rilevante, l'enzima può ridurre la viscosità, modificare la ritenzione idrica e migliorare l'accessibilità di nutrienti, zuccheri o fibre. Questi effetti sono coerenti con le applicazioni industriali descritte in alimenti, mangimi, carta e bioconversione ^[1].

Il beneficio sulla processabilità è spesso il primo osservato: sospensioni meno viscosi si miscelano, pompano o filtrano più facilmente. Nei mosti e negli estratti vegetali questo può tradursi in una gestione più stabile della fase liquida; nelle biomasse può migliorare il contatto tra enzima e substrato; nella carta può supportare la penetrazione dei trattamenti successivi. Il meccanismo comune è la riduzione della dimensione e dell'effetto fisico degli arabinoxilani ^[4].

Un secondo beneficio riguarda la valorizzazione delle materie prime. Residui agroindustriali, biomasse fibrose e sottoprodotti vegetali contengono spesso carboidrati strutturali non facilmente accessibili. La xylanase può contribuire a rendere queste frazioni più disponibili per fermentazione, digestione, estrazione o ulteriori trattamenti enzimatici. Studi su produzione e applicazione di xylanasi in bioprocessi da scarti agroindustriali confermano il ruolo strategico dell'enzima in questa direzione ^[10].

Un terzo beneficio riguarda la qualità del prodotto finale, ma va formulato con cautela. In panificazione, la qualità dipende da farina, glutine, idratazione, fermentazione e processo termico; la xylanase interviene su una sola parte di questo sistema. Nei mangimi, l'effetto dipende da dieta, specie, età animale e composizione della fibra. Nella carta, dipende da pasta, pretrattamenti e obiettivi di sbianca. Per questo è più corretto parlare di miglioramento potenziale e processo-dipendente, non di risultato automatico ^[3].

Fattori di processo che influenzano l'efficacia

L'efficacia della xylanase dipende prima di tutto dal substrato. Se il problema non è legato a xylan o arabinoxilani, l'enzima può avere un effetto limitato. Una farina povera di frazioni emicellulosiche, una biomassa già fortemente pretrattata o una sospensione in cui la viscosità deriva da pectine o amidi

possono richiedere altri enzimi o una combinazione enzimatica diversa [11].

Temperatura e pH influenzano attività e stabilità dell'enzima. La letteratura su identificazione e caratterizzazione computazionale di xylanasi industriali mostra che la dipendenza dalla temperatura è un tema rilevante nella selezione di enzimi per processi specifici. In termini applicativi, ciò significa che la xylanase deve essere inserita in una fase in cui le condizioni del processo consentano all'enzima di agire prima di eventuali inattivazioni termiche o chimiche [12].

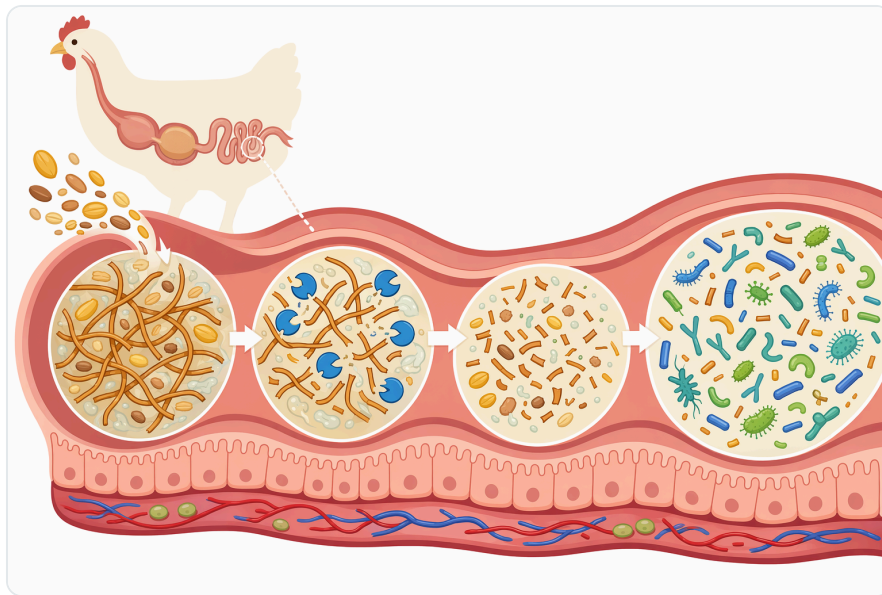


Figure 5. 사료에서 자일라나아제는 아라비노자일란 장벽을 줄이고, 이후 미생물 발효에 영향을 미치는 자일란 유래 조각을 생성할 수 있다.

Anche il tempo di contatto è determinante. In panificazione, l'azione avviene in una finestra relativamente breve durante impastamento e fermentazione; in biomassa e pulp & paper, il trattamento può essere progettato come fase dedicata; nei mangimi, l'effetto riguarda la trasformazione della matrice durante il passaggio nel tratto digestivo. L'obiettivo non è sempre massimizzare l'idrolisi, ma ottenere la modifica sufficiente per il parametro industriale desiderato [4].

La presenza di inibitori o di componenti interferenti può modificare il risultato. La letteratura sugli inibitori della xylanase nelle piante evidenzia che le interazioni tra enzima e matrice vegetale possono essere complesse e avere implicazioni nei processi agroindustriali. Questo è un motivo ulteriore per non trasferire meccanicamente risultati da una materia prima all'altra [11].

Xylanase rispetto ad altri enzimi industriali

La xylanase è spesso usata insieme ad altri enzimi, ma non è intercambiabile con essi. L'amilasi idrolizza amido, la proteasi modifica proteine, la cellulasi agisce sulla cellulosa, la pectinasi sulle pectine. La xylanase è invece mirata alla frazione xilanica dell'emicellulosa; la sua scelta è razionale quando arabinosilani o xylan contribuiscono a viscosità, barriera fisica o limitata accessibilità ^[1].

Nelle biomasse lignocellulosiche, la combinazione con cellulasi è particolarmente importante. La cellulasi può essere ostacolata dall'emicellulosa residua; la xylanase può aprire la struttura rendendo più esposte le fibre cellulosiche. Studi sulla produzione concomitante di xylanasi e cellulasi da funghi selezionati per deinking e conversione di rifiuti cartacei mostrano proprio l'interesse industriale di sistemi enzimatici combinati ^[13].

In trasformazioni vegetali complesse, pectinasi, cellulasi e xylanase possono contribuire a obiettivi diversi: liberare succo, ridurre viscosità, migliorare filtrazione o aumentare il rilascio di solidi solubili. La formulazione enzimatica più adatta dipende dalla composizione della parete cellulare e dal risultato richiesto. La xylanase diventa centrale quando lo xylan, non la pectina o l'amido, è il principale collo di bottiglia ^[4].

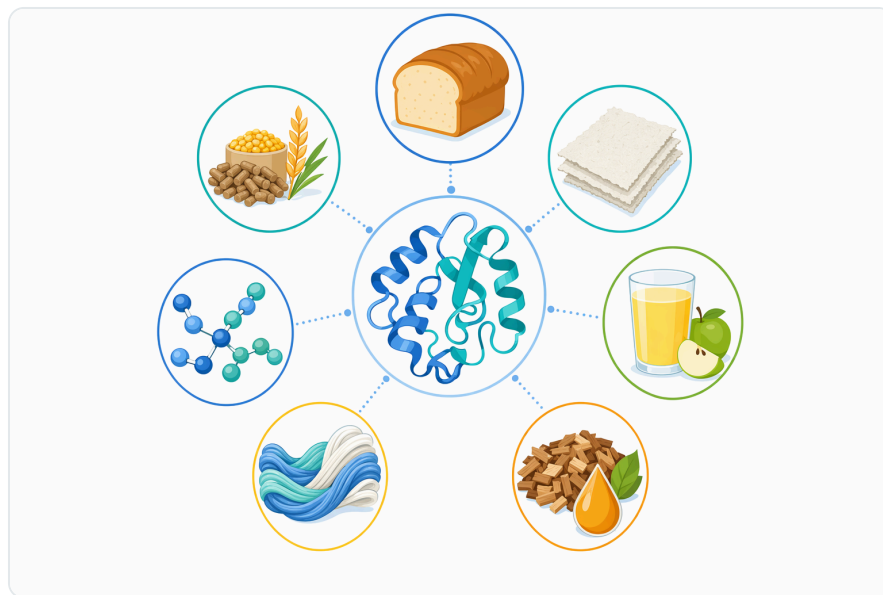


Figure 6. 식품 및 곡물 분야에서의 활용은 자일라나아제가 반죽의 수분 분포, 점도, 추출, 여과 및 결합 화합물의 방출에 미치는 아라비노자일란의 영향을 조절하는 데 달려 있다.

Produzione biotecnologica e rilevanza industriale della xylanase

Molti studi scientifici sulla xylanase riguardano la produzione mediante microrganismi e l'uso di residui agroindustriali come substrati di fermentazione. Sono stati studiati generi fungini come **Aspergillus**, **Trichoderma** e altri microrganismi in processi solid-state o sommersi, con l'obiettivo di ottenere enzimi adatti a specifiche applicazioni industriali ^[14].

Queste ricerche non vanno confuse con le caratteristiche di un prodotto commerciale specifico, ma aiutano a spiegare perché la xylanase sia così diffusa: lo xylan è abbondante nelle biomasse vegetali e la sua trasformazione ha valore in più filiere. Studi su **Aspergillus niger** e altri organismi hanno esaminato l'ottimizzazione della produzione di xylanase da biowaste agroindustriali, confermando il legame tra enzima, economia circolare e valorizzazione di residui ^[15].

Anche la letteratura su **Trichoderma longiflorum** e scarti cartacei mostra la possibilità di produrre cellulasi e xylanase simultaneamente usando feedstock di recupero. Questo approccio è coerente con le applicazioni in deinking, riciclo e bioconversione, dove l'obiettivo è sfruttare attività enzimatiche complementari per modificare matrici ricche di cellulosa ed emicellulosa ^[16].

Limiti e interpretazione corretta delle evidenze

Le evidenze sul meccanismo della xylanase sono solide: l'enzima idrolizza lo xylan e modifica gli arabinoxilani. Più variabili sono invece gli effetti quantitativi sul prodotto finale, perché dipendono da materia prima, processo, umidità, composizione della fibra, condizioni operative e presenza di altri enzimi. Una stessa xylanase può dare risultati diversi in farine, mangimi o biomasse con contenuto simile di fibra ma struttura xilanica differente ^[11].

È inoltre importante distinguere tra applicazioni consolidate e risultati specifici di laboratorio. Studi su nuove xylanasi, enzimi estremofili o sistemi metagenomici ampliano le possibilità applicative, ma non implicano che ogni prodotto commerciale abbia le stesse proprietà. Le ricerche sulla dipendenza dalla temperatura, ad esempio, mostrano l'importanza di selezionare enzimi compatibili con il processo, non l'esistenza di una xylanase universale per ogni condizione ^[12].

In ambito B2B, quindi, la xylanase va considerata uno strumento di processo mirato. Il suo impiego è razionale quando esiste una relazione chiara tra problema industriale e frazione xilanica: viscosità elevata da arabinoxilani, filtrazione lenta di mosti cerealicoli, accessibilità ridotta in biomasse, limitazioni nutrizionali da polisaccaridi non amidacei o necessità di pretrattamento nella cellulosa ^[1].

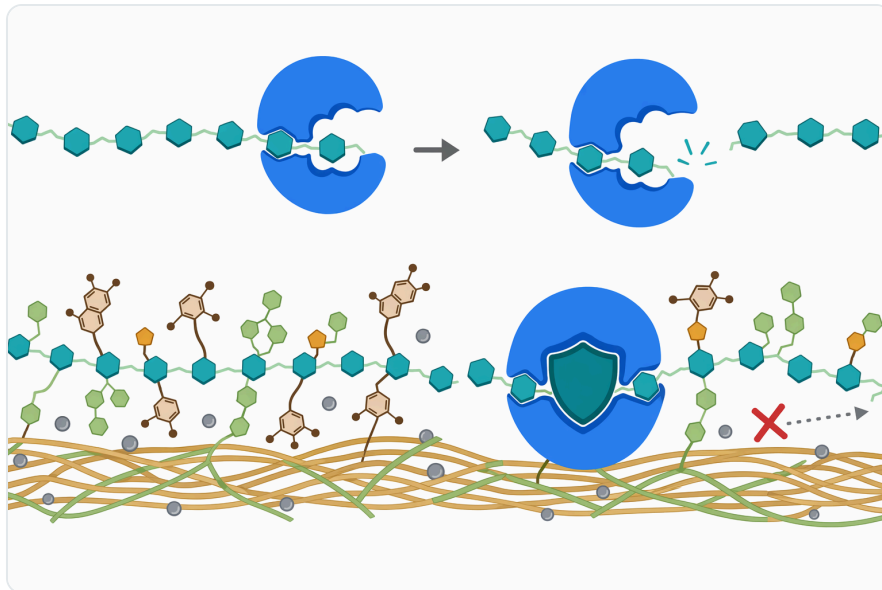


Figure 7. 식물 자일라나아제 저해제와 복잡한 원료 조성 때문에 효소 성능은 정제된 자일란과 실제 곡물 또는 농업 기질에서 서로 다르게 나타날 수 있다.

Disponibilità tramite Enzymes.bio

Enzymes.bio fornisce xylanase per clienti professionali tramite vendita diretta online in unità da 1 kg. Il ruolo di Enzymes.bio è quello di fornitore: non viene presentato come produttore né come laboratorio di analisi. La documentazione di accompagnamento, inclusi Certificato di Analisi e Scheda di Sicurezza, è fornita insieme all'ordine .

Per l'utilizzatore industriale, il valore pratico è poter integrare la xylanase in processi in cui lo xylan rappresenta un fattore tecnico rilevante. Le aree applicative comprendono panificazione, mangimi, pulp & paper, biofuel, birrificazione e trasformazioni vegetali, coerentemente con gli impieghi riportati dalla letteratura sulle xylanasi industriali ^[1].

Conclusiones

La xylanase è un enzima industriale specializzato nella modifica dello xylan e degli arabinoxilani. I suoi benefici principali riguardano riduzione della viscosità, miglioramento dell'accessibilità dei nutrienti o degli zuccheri, supporto alla lavorabilità degli impasti, pretrattamento nella bio-sbianca della cellulosa e valorizzazione di biomasse lignocellulosiche ^[1].

L'efficacia non dipende dal nome commerciale o da una promessa generica, ma dalla corrispondenza tra enzima, substrato e processo. Quando la criticità industriale è legata alla frazione xilanica, la xylanase può essere uno strumento tecnico ad alto valore; quando il limite deriva da amido, proteine, pectine o altre componenti, può essere necessario un approccio enzimatico diverso o combinato ^[4].

Enzymes.bio rende disponibile xylanase online in confezioni da 1 kg per uso professionale, con CoA e SDS forniti insieme all'ordine. In un contesto B2B, l'approccio corretto è considerare la xylanase come un enzima mirato per processi vegetali e lignocellulosici, da applicare dove la modifica controllata dell'emicellulosa può generare un beneficio tecnico misurabile.

Ordina Xylanase online

Venduto in unità da 1 kg, disponibile a magazzino e pronto per la spedizione. Ordina direttamente dal nostro store: paga online e noi elaboriamo il tuo ordine. Un Certificato di Analisi e una Scheda Dati di Sicurezza sono inclusi in ogni ordine.

[Acquista Xylanase →](#)

Riferimenti

Numerati in ordine di prima citazione. Fonti open access, ciascuna verificata come raggiungibile al momento della pubblicazione; i numeri di citazione nel testo rimandano qui.

1. Basit, A., Jiang, W., & Rahim, K. (2020). Xylanase and Its Industrial Applications. *Biotechnological Applications of Biomass*.
2. Debeire, P., Priem, B., Strecker, G., & Vignon, M. (1990). Purification and properties of an endo-1,4-xylanase excreted by a hydrolytic thermophilic anaerobe, Clostridium thermolacticum. A proposal for its action mechanism on larchwood 4-O-methylglucuronoxylan. *European Journal of Biochemistry*, 187 3, 573-80 .
3. Lee, S., Wiseman, J., O'Neill, H. M., Scholey, D., Burton, E., & Hill, S. (2017). Understanding the direct and indirect mechanisms of xylanase action on starch digestion in broilers.
4. Sharma, S., Sharma, V., Nargotra, P., & Bajaj, B. (2020). Bioprocess development for production of a process-apt xylanase with multifaceted application potential for a range of industrial processes. *SN Applied Sciences*, 2.
5. 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.
6. Liu, J., Liu, M., Sheng, P., Song, C., Ma, W., Bai, B., Zhao, J., ... et al. (2025). Biotechnological Effects of Lactobacillus plantarum, Cellulase, and Xylanase on Nutritional Quality and Microbial Community Structure of Corn Stover Silage Fermentation.
7. Almeida, N., Meyer, V., Burnet, A., Boucher, J., Talens-Perales, D., Pereira, S. R., Ihalainen, P., ... et al. (2022). Use of a Novel Extremophilic Xylanase for an Environmentally Friendly Industrial Bleaching of Kraft Pulps. *International Journal of Molecular Sciences*, 23.

8. Mondal, S., Biswal, D., Pal, K., Rakshit, S., Halder, S. K., Mandavgane, S., Bera, D., ... et al. (2022). Biodeinking of waste papers using combinatorial fungal enzymes and subsequent production of butanol from effluent.. *Bioresource Technology*, 127078 .
9. 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.
10. Singh, A., Bajar, S., Devi, A., & Bishnoi, N. (2021). Adding value to agro-industrial waste for cellulase and xylanase production via solid-state bioconversion. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13, 7481 - 7490.
11. Tundo, S., Mandalà, G., Sella, L., Favaron, F., Bedre, R., & Kalunke, R. M. (2022). Xylanase Inhibitors: Defense Players in Plant Immunity with Implications in Agro-Industrial Processing. *International Journal of Molecular Sciences*, 23.
12. 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.
13. Chutani, P., & Sharma, K. K. (2016). Concomitant production of xylanases and cellulases from Trichoderma longibrachiatum MDU-6 selected for the deinking of paper waste. *Bioprocess and biosystems engineering (Print)*, 39, 747-758.
14. Monclaro, A., Fontes, P. R., Recalde, G. L., Silva, F., & Filho, E. (2022). Evaluation of endoglucanase and xylanase production by Aspergillus tamaris cultivated in agro-industrial lignocellulosic biomasses. *Folia Microbiologica (Prague)*, 67, 721 - 732.
15. Abdelaliem, Y. F., Mahmoud, M., Elkassem, N. A., Mansour, S., Ramadan, M., & Mohdaly, A. (2023). Utilization of agro-industrial biowastes to produce xylanase using Aspergillus niger AUMC 14230: optimization of production parameters. *Rendiconti Lincei SCIENZE FISICHE E NATURALI*, 34, 941-951.
16. Dong, M., Wang, S., Xu, F., Xiao, G., & Bai, J. (2021). Efficient utilization of waste paper as an inductive feedstock for simultaneous production of cellulase and xylanase by Trichoderma longiflorum. *Journal of Cleaner Production*.

Contatta Enzymes.bio

Hai domande su un ordine? Il nostro team è lieto di aiutarti.

EMAIL wholesale@enzymes.bio

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

[Contattaci →](#)



400+ Clienti B2B



60+ partner di ricerca universitari



54 serviti in tutto il mondo

© 2026 Enzymes.bio · Fornitura di enzimi industriali e per la lavorazione alimentare · Non destinato al consumo umano né alla vendita al dettaglio.