

# Xilanasi (Xylanase Enzyme) per mosto: applicazioni in ammostamento, lautering e filtrazione nella birrificazione

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

La xilanasi, o endo-1,4- $\beta$ -xylanase, è un enzima che idrolizza xilani e arabinoxilani della parete cellulare dei cereali, riducendo la dimensione dei polisaccaridi che possono aumentare viscosità e resistenza alla filtrazione del mosto. In birrificazione è utile soprattutto con frumento, segale, avena, triticale e adjunct non maltati, dove la gestione degli arabinoxilani può migliorare lautering, chiarifica e prevedibilità del processo <sup>[1]</sup>.

**Xylanase Enzyme For Unlocking Wort Performance** è fornito online da Enzymes.bio in unità da 1 kg; Enzymes.bio è un fornitore, non un produttore né un laboratorio, e CoA e SDS sono forniti insieme all'ordine .

## Perché la xilanasi è rilevante nella performance del mosto

Nel mosto, la performance non dipende solo dalla conversione dell'amido in zuccheri fermentescibili. Una parte critica della lavorabilità è legata alla parete cellulare dei cereali, che contiene polisaccaridi non amidacei come  $\beta$ -glucani, xilani e arabinoxilani; questi composti influenzano la viscosità, la separazione solido-liquido e il comportamento del letto filtrante durante il lautering. L'interesse per enzimi specifici nelle ricette con cereali non maltati o parzialmente maltati nasce proprio dalla necessità di compensare matrici meno modificate rispetto al malto d'orzo tradizionale <sup>[2]</sup>.

La xilanasi non va interpretata come un enzima "generico" per aumentare l'estratto, ma come uno strumento mirato per depolimerizzare la frazione xilanica. Gli arabinoxilani sono costituiti da una dorsale di residui di xilosio legati  $\beta$ -1,4, spesso sostituita da arabinosio e, a seconda della materia prima, associata ad altri gruppi laterali. Tagliando internamente questa dorsale, l'endo-xilanasi accorcia catene lunghe e idratate che contribuiscono alla viscosità del liquido e alla formazione di strutture colloidali resistenti al flusso <sup>[1]</sup>.

In termini di processo birrario, l'effetto atteso è soprattutto reologico: un mosto meno viscoso scorre meglio, attraversa più facilmente il letto di trebbie e risulta più gestibile nelle fasi successive di separazione e filtrazione. Le review sulle xilanasi industriali descrivono l'enzima come un

biocatalizzatore rilevante per trasformare materiali vegetali ricchi di emicellulose, con applicazioni che includono alimenti, mangimi, carta, biocarburanti e processi su matrici cerealicole [3].

## Che cos'è l'enzima xilanasi

La denominazione biochimica più usata è **endo-1,4- $\beta$ -xylanase**. L'enzima catalizza l'idrolisi endo dei legami  $\beta$ -1,4-xilosidici dello xilano, generando xilooligosaccaridi e frammenti più corti. Questa modalità di azione è diversa da quella di enzimi eso-attivi che rimuovono unità terminali: la xilanasi endo-attiva rompe la catena in punti interni, riducendo rapidamente la lunghezza media dei polimeri e, di conseguenza, il loro contributo alla viscosità [4].

Nel mosto, il substrato più rilevante non è quasi mai uno xilano "puro", ma una famiglia di arabinoxilani con struttura variabile. Questa variabilità è importante: l'accessibilità dell'enzima dipende dalla solubilità della frazione, dal grado di sostituzione con arabinosio, dall'associazione con altri componenti della parete cellulare e dal modo in cui il cereale è stato maltato, macinato e ammostato. La letteratura sulla degradazione enzimatica dello xilano evidenzia infatti che la struttura del substrato condiziona il profilo degli oligosaccaridi formati e l'efficienza dell'idrolisi [4].

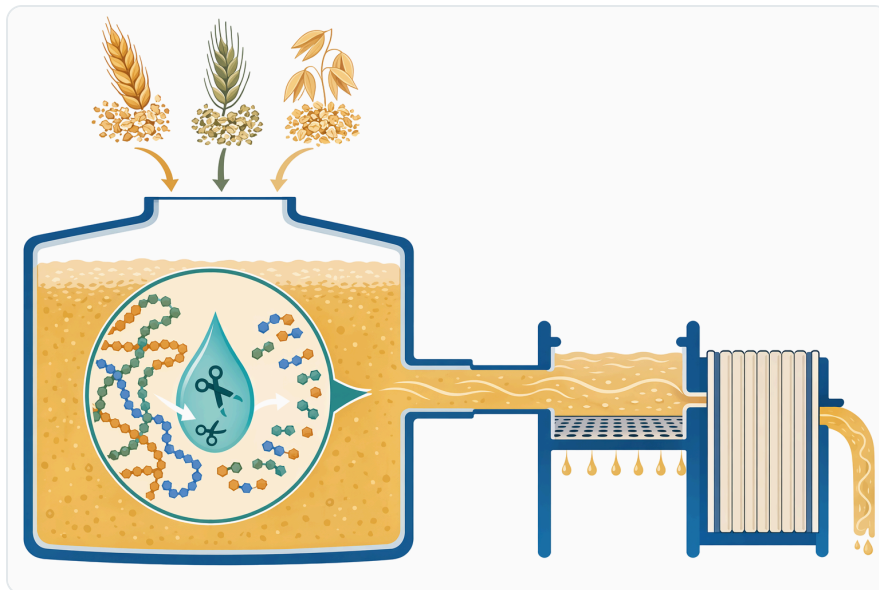


Figure 1. 자일라나아제는 아라비노자일란이 점도와 분리 공정의 부담을 높이는 곡물 맥즙 공정에서 공정 보조제로 활용됩니다.

Le xilanasi industriali possono provenire da diverse fonti microbiche e appartengono a famiglie glicosidasi differenti, tra cui GH10 e GH11. Le GH11, spesso citate per la loro specificità verso lo xilano, possono mostrare modalità d'azione diverse anche quando appartengono alla stessa famiglia, con effetti complementari sullo stesso substrato. Questo spiega perché, in ambito applicativo, il risultato non dipende solo dal nome "xilanasi", ma anche dal profilo dell'enzima e dal contesto di processo [4].

## Come gli arabinoxilani influenzano il mosto

---

Gli arabinoxilani sono polisaccaridi della parete cellulare presenti in frumento, segale, orzo, avena, triticale e altri cereali. Quando vengono estratti durante l'ammestamento, possono aumentare la viscosità del mosto perché trattengono acqua e formano soluzioni o dispersioni ad alto peso molecolare. Nei processi di birrificazione con cereali non maltati, l'aggiunta di preparazioni enzimatiche viene studiata proprio per gestire componenti strutturali che il cereale non ha già degradato durante la maltazione <sup>[2]</sup>.

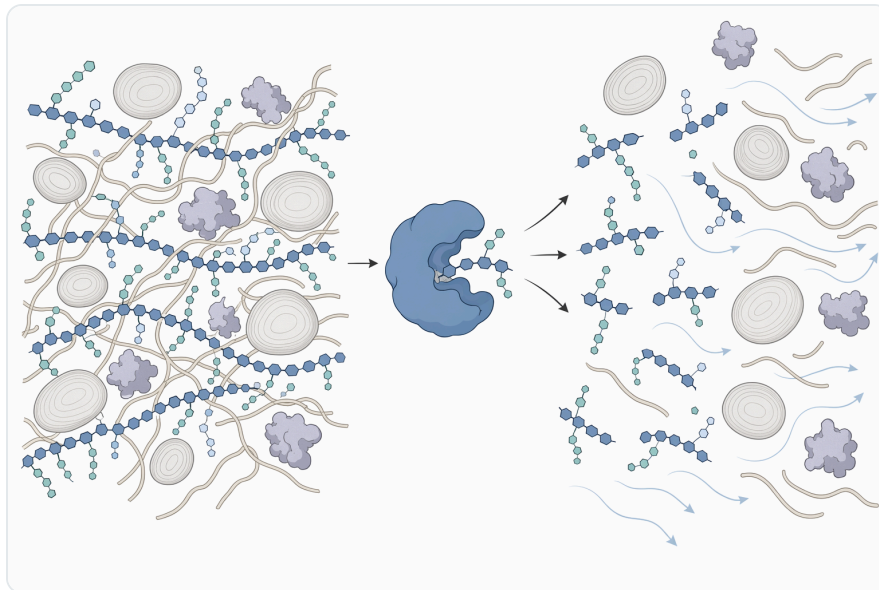
L'impatto pratico degli arabinoxilani è particolarmente evidente in ricette con frumento e segale. Il frumento contribuisce a corpo e schiuma, ma può aumentare la complessità colloidale del mosto; la segale è nota per produrre mosti più densi e difficili da drenare. Quando la matrice contiene una quota elevata di cereali ricchi di polisaccaridi non amidacei, il collo di bottiglia non è necessariamente la conversione dell'amido: spesso è la capacità del sistema di separare rapidamente liquido e solidi senza compattare eccessivamente il letto filtrante <sup>[2]</sup>.

Il triticale è un caso interessante perché combina caratteristiche agronomiche e compositive di frumento e segale. Studi recenti hanno valutato il triticale nativo come possibile sostituto del malto d'orzo nel processo birrario e hanno affrontato il tema della sua trasformazione in sistemi di ammostamento, indicando che l'uso di cereali alternativi richiede attenzione alla disponibilità enzimatica e alla gestione della matrice <sup>[5]</sup>. In questi scenari, la xilanasi è coerente con l'obiettivo di rendere più controllabile la frazione emicellulosica.

## Meccanismo: dalla catena lunga all'oligosaccaride più gestibile

---

La xilanasi agisce come un enzima di taglio interno: riconosce porzioni della dorsale xilanica e rompe legami  $\beta$ -1,4 tra unità di xilosio. L'effetto molecolare è la conversione di polimeri lunghi in oligosaccaridi più corti, che hanno minore capacità di aumentare la viscosità rispetto alle catene originarie. La ricerca sul meccanismo di idrolisi enzimatica dello xilano mostra che l'azione dell'enzima non è semplicemente una "dissoluzione" del materiale, ma una depolimerizzazione selettiva che dipende dalla struttura del substrato e dall'accessibilità dei legami <sup>[1]</sup>.



**Figure 2.** 자일라나아제는 아라비노자일란의 자일란 골격을 가수분해하여, 물을 많이 붙잡는 긴 고분자를 점도에 미치는 영향이 더 작은 짧은 조각으로 전환합니다.

Nel mosto, questa depolimerizzazione può modificare la reologia senza alterare direttamente la funzione delle amilasi o delle proteasi. Le amilasi lavorano sull'amido, le proteasi sulle proteine e le  $\beta$ -glucanasi sui  $\beta$ -glucani; la xilanasi interviene invece sulla frazione xilanica e arabinoxilanica. La distinzione è importante perché due mosti con la stessa densità zuccherina possono avere comportamenti di filtrazione molto diversi se differiscono nel contenuto e nella dimensione dei polisaccaridi non amidacei [3].

Le xilanasi possono anche mostrare sinergie con altri enzimi della parete cellulare. In applicazioni su biomasse lignocellulosiche, combinazioni di xilanasi con enzimi come laccasi, mannanasi o  $\beta$ -glucanasi vengono studiate per aumentare l'accessibilità della matrice e migliorare la rimozione o trasformazione di componenti strutturali [6]. In birrificazione, il principio è analogo ma più circoscritto: l'obiettivo non è degradare completamente la biomassa, bensì ridurre la resistenza idrodinamica del mosto e delle trebbie.

## Dove la xilanasi può aiutare in birrificio

### Ammostamento con cereali ad alta viscosità

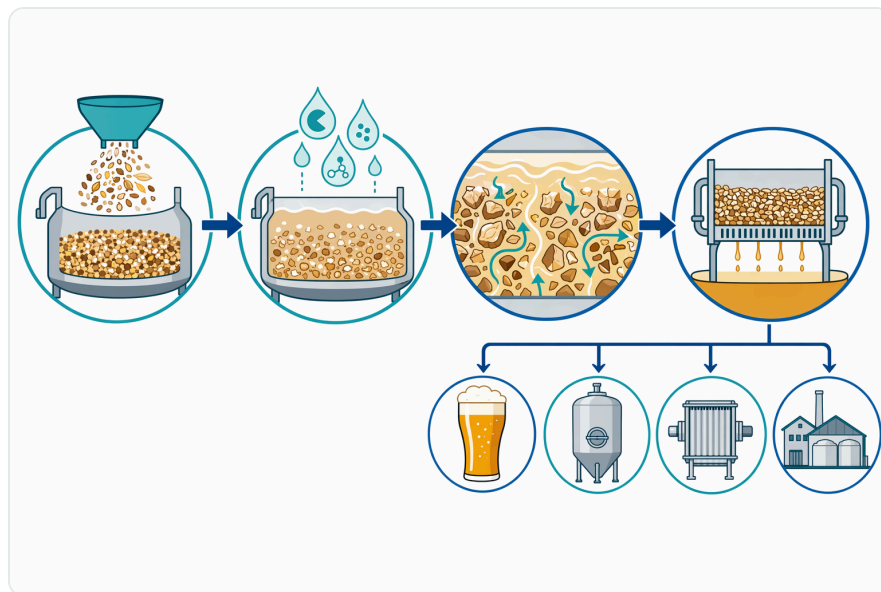
Durante l'ammostamento, temperatura, pH, macinazione e composizione del grist determinano quanta parete cellulare viene solubilizzata e quanto rapidamente. Se il grist contiene frumento, segale, avena o adjunct non maltati, la frazione arabinoxilanica può diventare un fattore limitante per il trasferimento

di massa e per la separazione successiva. Le ricerche sull'uso di cereali non maltati con preparazioni enzimatiche in brewing indicano che questi ingredienti possono richiedere supporto enzimatico per ottenere un processo più efficiente e riproducibile [2].

La xilanasi può essere inserita nella logica dell'ammestamento per agire quando gli arabinoxilani sono idratati e accessibili. Il punto chiave è che la sua azione riguarda la dimensione molecolare della frazione xilanica, non la "correzione" indiscriminata di qualunque problema di mash. Se la viscosità deriva soprattutto da  $\beta$ -glucani, proteine aggregate, macinazione eccessivamente fine o gestione inadeguata del letto filtrante, la xilanasi può contribuire solo in parte.

### Lautering e separazione solido-liquido

Il lautering è una fase sensibile alla viscosità del mosto e alla permeabilità del letto di trebbie. Le catene lunghe di arabinoxilani aumentano la resistenza al flusso e possono rendere più lenta la separazione. Riducendone la lunghezza, la xilanasi mira a migliorare la scorrevolezza del liquido, rendendo il processo meno dipendente da variazioni impreviste della materia prima [1].



**Figure 3.** 자일라나아제의 실제 효과는 여과조 여과와 여과 같은 맥즙 분리 단계 전에 효소가 수화된 곡물 원료와 얼마나 잘 접촉하느냐에 달려 있습니다.

Questo non significa che l'enzima sostituisca una corretta impostazione meccanica. La qualità della macinazione, la distribuzione delle trebbie, la gestione del ricircolo e la ricetta rimangono determinanti. Tuttavia, quando il problema ha una componente polisaccaridica, la depolimerizzazione degli arabinoxilani può ridurre una delle cause strutturali della resistenza alla filtrazione.

## Filtrazione e chiarifica del mosto

Dopo la separazione primaria, la filtrazione è ancora influenzata da colloidali e polisaccaridi solubili. Le xilanasi sono impiegate in varie industrie alimentari proprio per modificare la frazione emicellulosica e migliorare lavorabilità, chiarificazione o rilascio di componenti solubili, a seconda della matrice <sup>[7]</sup>. Nel mosto, l'obiettivo principale è ridurre l'effetto di polimeri ad alto peso molecolare che rallentano il passaggio attraverso sistemi di filtrazione.

È utile mantenere aspettative realistiche: la xilanasi non chiarifica il mosto come un agente di fining e non sostituisce centrifugazione, filtrazione o gestione termica. Lavora a monte, sulla struttura dei polisaccaridi, contribuendo a creare condizioni più favorevoli per le fasi fisiche successive.

### Tabella comparativa: problemi di mosto e contributo della xilanasi

Area del processo	Fattore critico	Ruolo degli arabinoxilani	Contributo realistico della xilanasi
Ammostamento con frumento o segale	Mosto denso e difficile da movimentare	Catene solubili che trattengono acqua e aumentano viscosità	Depolimerizzazione della frazione xilanica in oligomeri più corti <sup>[1]</sup>
Ricette con adjunct non maltati	Minore contributo enzimatico naturale rispetto al malto	Pareti cellulari meno modificate e polisaccaridi più persistenti	Supporto mirato alla degradazione degli arabinoxilani, da integrare con la strategia enzimatica complessiva <sup>[2]</sup>
Lautering	Letto filtrante lento o instabile	Maggiore resistenza al flusso del liquido	Riduzione di una componente della viscosità che ostacola il drenaggio <sup>[3]</sup>
Filtrazione del mosto	Colloidi e polimeri solubili	Molecole ad alto peso molecolare che peggiorano la filtrabilità	Migliore gestibilità reologica prima della separazione fisica
Cereali alternativi, inclusi triticale e miglio	Composizione diversa dal malto d'orzo standard	Parete cellulare e disponibilità enzimatica variabili	Utile come enzima di processo quando la frazione xilanica limita la lavorabilità <sup>[5]</sup>

## Xilanasi e cereali non tradizionali: frumento, segale, avena, triticale

L'aumento dell'uso di cereali alternativi e adjunct nasce da obiettivi sensoriali, economici e di sostenibilità, ma introduce variabilità tecnologica. Una review sul brewing con cereali non maltati sottolinea che l'impiego di preparazioni enzimatiche può compensare limiti di processo quando

l'ingrediente non porta con sé il profilo enzimatico tipico del malto ben modificato [2]. In questo quadro, la xilanasi è particolarmente pertinente quando l'ostacolo è l'emicellulosa della parete cellulare.

Nel frumento, gli arabinoxilani contribuiscono alla struttura del mosto e possono influenzare viscosità e torbidità. Nella segale, la presenza di polisaccaridi non amidacei è spesso associata a mosti più viscosi. Nell'avena, l'interazione tra  $\beta$ -glucani, arabinoxilani e lipidi può rendere la matrice particolarmente complessa. La xilanasi non elimina questa complessità, ma affronta una componente definita: la dorsale xilanica degli arabinoxilani.



**Figure 4.** 밀, 호밀, 귀리, 맥아화하지 않은 곡물, 보조 곡물이 많이 포함된 배합은 아라비노자일란 관리가 맥즙 취급에 도움이 될 수 있는 일반적인 사례입니다.

Il triticale merita attenzione perché è stato studiato come materia prima birraria e come base per biocatalizzatori amilolitici destinati al miglioramento degli zuccheri del mosto [8]. Anche se l'amido rimane centrale per la fermentescibilità, la lavorabilità di questi cereali dipende dall'intero sistema strutturale. La xilanasi può quindi affiancare, non sostituire, altri enzimi quando la formulazione richiede una gestione più fine delle pareti cellulari.

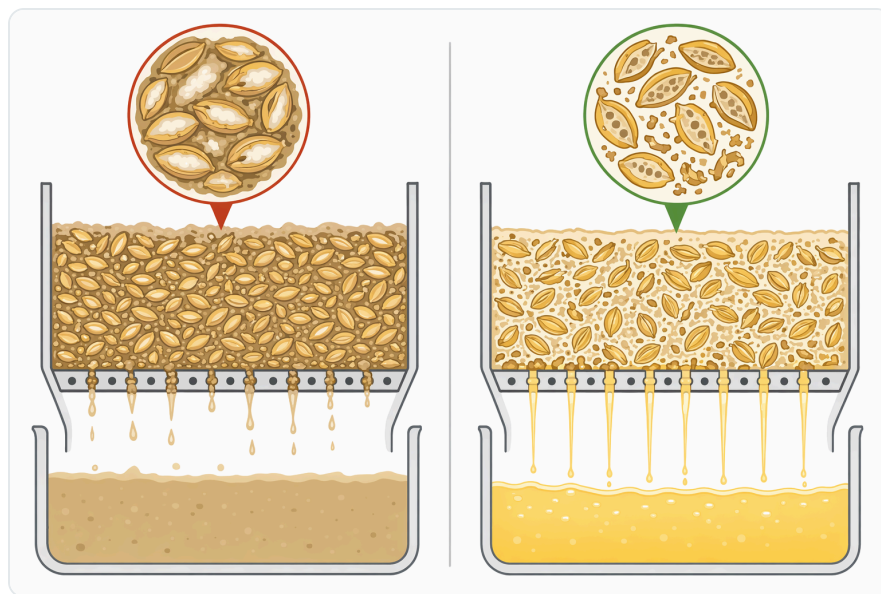
Anche cereali come il miglio africano o altre materie prime locali stanno entrando in programmi di ricerca per applicazioni birrarie. Studi sulla maltazione di *Eleusine coracana* evidenziano come germinazione e kilning influenzino la qualità del malto per brewing industriale [9]. Questi lavori confermano un principio generale: quando si esce dal malto d'orzo standard, la combinazione tra composizione del cereale e attività enzimatica diventa più critica.

## Differenza tra xilanasi, $\beta$ -glucanasi, amilasi e proteasi

La xilanasi lavora su xilani e arabinoxilani; la  $\beta$ -glucanasi lavora su  $\beta$ -glucani; le amilasi idrolizzano l'amido; le proteasi frammentano proteine e peptidi. Questa distinzione è essenziale per evitare aspettative errate. Se un mosto è viscoso per eccesso di  $\beta$ -glucani, una xilanasi da sola non affronta il substrato principale; se il problema è la bassa fermentescibilità, la xilanasi non sostituisce un sistema amilolitico adeguato [3].

In molte applicazioni alimentari e cerealicole, le preparazioni enzimatiche combinano più attività proprio perché la matrice vegetale è multifattoriale. Le valutazioni EFSA su enzimi alimentari contenenti cellulasi, endo- $\beta$ -glucanasi ed endo- $\beta$ -xilanasi mostrano che combinazioni di attività su parete cellulare sono considerate in diversi processi alimentari, inclusi contesti in cui la trasformazione della matrice vegetale è rilevante [10].

Per il birraio, la domanda tecnica non è “quale enzima è migliore”, ma quale substrato sta limitando il processo. La xilanasi è appropriata quando gli arabinoxilani sono una causa plausibile di viscosità o filtrazione lenta. In una ricetta con alta percentuale di avena, ad esempio, può essere necessario considerare anche la componente  $\beta$ -glucanica; in una ricetta con adjunct amidacei poco modificati, la conversione dell'amido richiede attenzione separata.



**Figure 5.** 자일라나아제, 베타-글루카나아제, 아밀라아제, 프로테아제, 피타아제는 각각 다른 당화 원료 기질에 작용하므로 서로 다른 양조 공정 문제를 해결합니다.

## Evidenze scientifiche sulla xilanasi come biocatalizzatore industriale

---

Le xilanasi sono tra gli enzimi industriali più studiati perché lo xilano è una delle principali emicellulose della biomassa vegetale. Le review sulla produzione e sulle applicazioni industriali descrivono impieghi in alimenti, mangimi, panificazione, chiarificazione di succhi, lavorazione della carta e valorizzazione di biomasse lignocellulosiche <sup>[3]</sup>. Questa ampiezza d'uso non equivale a una garanzia di performance in ogni mosto, ma conferma che il meccanismo dell'enzima è ben caratterizzato.

Studi più recenti mostrano che la specificità e la modalità d'azione delle xilanasi possono determinare effetti diversi sullo stesso substrato. Nel caso di xilanasi GH11 da *Aspergillus niger*, sono state descritte modalità d'azione differenti e potenziali effetti sinergici, evidenziando che la degradazione dello xilano non è un fenomeno uniforme <sup>[4]</sup>. Per un'applicazione birraria, questo significa che la funzione dichiarata "xilanasi" va collegata al risultato pratico atteso: riduzione della lunghezza degli arabinoxilani e migliore scorrevolezza del mosto.

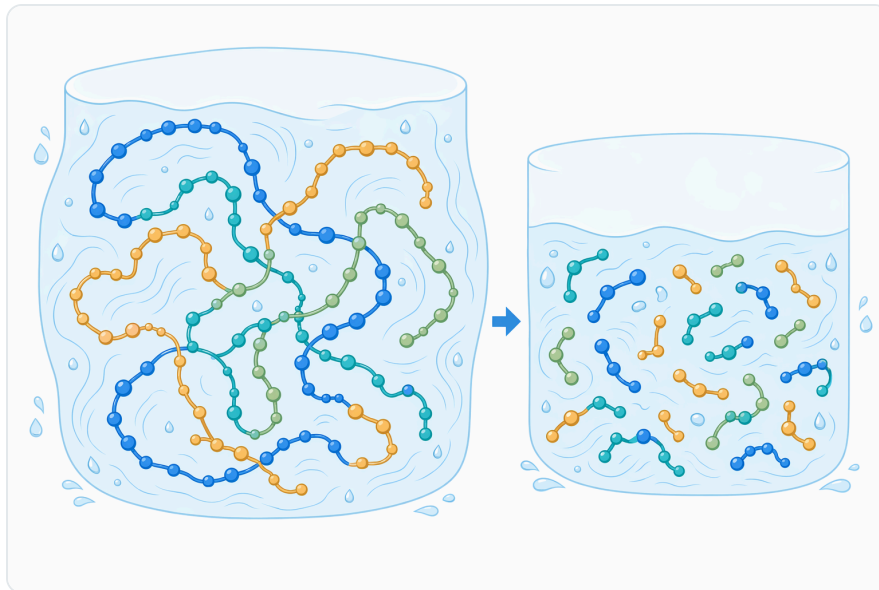
La ricerca su xilanasi microbiche e vegetali continua anche in aree non birrarie, come biobleaching e chiarificazione, perché la trasformazione selettiva dell'emicellulosa può migliorare l'accessibilità o la separabilità della matrice <sup>[11]</sup>. Queste evidenze sono utili per comprendere il razionale tecnico, pur senza trasferire automaticamente risultati di un settore all'altro.

## Sicurezza alimentare e valutazioni regolatorie della classe enzimatica

---

Le xilanasi destinate ad alimenti e bevande sono state oggetto di diverse valutazioni da parte dell'EFSA, incluse preparazioni di endo-1,4- $\beta$ -xylanase prodotte da ceppi di *Trichoderma reesei* e altri microrganismi. In più pareri, l'EFSA ha valutato composizione, processo produttivo, dati tossicologici e usi previsti, arrivando in specifici casi alla conclusione che non sussistevano motivi di preoccupazione per la sicurezza alle condizioni d'uso valutate <sup>[12]</sup>.

Altre valutazioni EFSA hanno riguardato enzimi con attività combinate di  $\beta$ -glucanasi e  $\beta$ -xilanasi, oppure preparazioni contenenti cellulasi, endo- $\beta$ -glucanasi ed endo- $\beta$ -xilanasi. Questi documenti sono rilevanti perché mostrano che la xilanasi è una classe enzimatica già esaminata in contesti alimentari, ma ogni preparazione commerciale deve essere considerata in relazione alla propria documentazione e all'uso previsto <sup>[13]</sup>.



**Figure 6.** 아라비노자일란 사슬 길이를 줄이면 용해된 다당류 물질이 완전히 제거되지 않더라도 맥즙의 거동을 개선할 수 있습니다.

È importante non generalizzare: una valutazione positiva di una specifica xilanas, ottenuta da un determinato ceppo e per determinati impieghi, non equivale a un'approvazione universale di tutte le xilanas. Per l'utilizzatore B2B, la distinzione corretta è tra la solidità del razionale scientifico della classe enzimatica e la documentazione specifica del prodotto acquistato, che accompagna l'ordine sotto forma di CoA e SDS nel caso del prodotto fornito da Enzymes.bio .

## Informazioni pratiche su Xylanase Enzyme For Unlocking Wort Performance

**Xylanase Enzyme For Unlocking Wort Performance** è presentato da Enzymes.bio come enzima per supportare la lavorazione del mosto, con focus su riduzione della viscosità, lautering e filtrazione in ricette dove gli arabinoxilani possono diventare un fattore limitante. Il prodotto è acquistabile direttamente online in unità da 1 kg; Enzymes.bio opera come fornitore online e non come produttore né come laboratorio di prova .

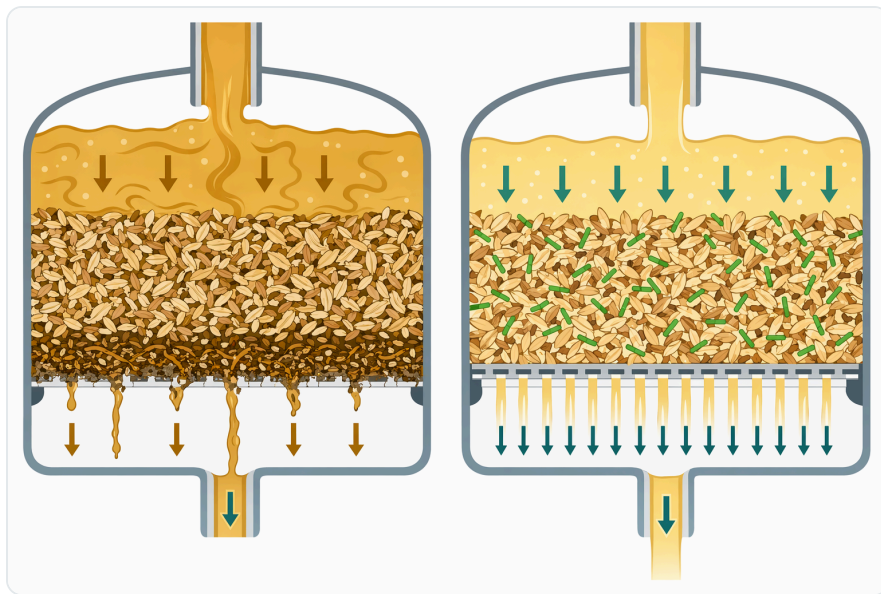
La documentazione associata all'ordine comprende certificato di analisi e scheda di sicurezza. Questi documenti sono strumenti pratici per l'identificazione del lotto e la gestione sicura del materiale, ma non trasformano il fornitore in un laboratorio di validazione di processo. La validazione dell'impiego nel proprio impianto resta legata alla ricetta, al profilo di ammostamento, alla qualità delle materie prime e agli obiettivi di processo.

Il prodotto rientra nella più ampia categoria delle xilanas disponibili per applicazioni industriali e alimentari, ma l'uso in birrificio deve essere formulato in modo realistico: non promette di correggere qualsiasi problema di filtrazione, non sostituisce la progettazione del grist e non elimina la necessità di

controllare macinazione, temperatura, pH operativo e separazione meccanica. Il suo contributo è specifico: rendere più gestibile la frazione arabinoxilica del mosto .

## Benefici attesi e limiti tecnici

Il beneficio più diretto è la riduzione della viscosità associata agli arabinoxilani. Quando catene lunghe vengono convertite in frammenti più corti, il mosto può opporre meno resistenza al flusso. Questo può tradursi in lautering più regolare, minore rischio di rallentamenti e maggiore prevedibilità quando si lavorano grist complessi [1].



**Figure 7.** 아라비노자일란이 액체 점도에 기여하는 정도를 낮춤으로써, 자일라 나아제는 여과조 여과와 여과 저항을 일으키는 한 가지 원인을 줄일 수 있습니다.

Un secondo beneficio è la possibilità di ampliare la flessibilità formulativa. Birre con frumento, segale, avena o cereali alternativi possono offrire profili sensoriali distintivi, ma richiedono maggiore controllo della matrice. L'uso di preparazioni enzimatiche nel brewing con cereali non maltati è studiato proprio per rendere più gestibili materie prime che non hanno subito la stessa modificazione del malto tradizionale [2].

Il limite principale è la specificità del substrato. La xilanasi non risolve problemi causati da amido non convertito, proteine eccessive,  $\beta$ -glucani predominanti o impostazioni meccaniche non adeguate. In questi casi, può essere parte di una strategia più ampia, ma non l'unico intervento. La letteratura sulle xilanasi industriali conferma che l'efficacia dipende da substrato, condizioni di processo e compatibilità con la matrice [3].

## Conclusion

---

La xilanasi è un enzima tecnicamente ben fondato per migliorare la lavorabilità del mosto quando xilani e arabinoxilani contribuiscono a viscosità, filtrazione lenta e difficoltà di separazione. Il suo meccanismo è specifico: idrolizza legami  $\beta$ -1,4 della dorsale xilanica, riducendo la lunghezza dei polisaccaridi della parete cellulare e rendendo il sistema più scorrevole <sup>[1]</sup>.

In birrificazione, l'applicazione è particolarmente coerente con frumento, segale, avena, triticale e adjunct non maltati, cioè matrici dove la parete cellulare può limitare la performance del mosto. **Xylanase Enzyme For Unlocking Wort Performance** di Enzymes.bio va quindi considerato come un enzima di supporto al processo: utile per migliorare ammostamento, lautering e filtrazione quando la frazione arabinoxilanica è rilevante, ma da integrare con una corretta gestione del grist e delle condizioni operative .

### Ordina Xylanase Enzyme For Unlocking Wort Performance 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 Enzyme For Unlocking Wort Performance →](#)

## 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. Moreira, L., & Filho, E. X. F. (2016). Insights into the mechanism of enzymatic hydrolysis of xylan. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100, 5205-5214.
2. Loiko, S., Romanova, Z., Zheplinska, M., Romanov, M., & Vasylyv, V. (2024). Use of unmalted cereals with enzyme preparations in brewing. *Animal Science and Food Technology*.
3. Tyagi, D., & Sharma, D. (2021). Production and Industrial Applications of Xylanase: A Review.
4. Zhang, S., Zhao, S., Shang, W., Yan, Z., Wu, X., Li, Y., Chen, G., ... et al. (2021). Synergistic mechanism of GH11 xylanases with different action modes from *Aspergillus niger* An76. *Biotechnology for Biofuels*, 14.
5. Pribić, M., Mejic, L., Despotović, S., Špirović-Trifunović, B., Bulut, S., & Pejin, J. (2024). Is malting an absolute must? Native triticale as a stand-in for barley malt in the brewing process. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.

6. 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.
7. Tuncay, F. O., Cakmak, U., & Kolcuoğlu, Y. (2023). Aqueous two-phase extraction and characterization of thermotolerant alkaliphilic *Cladophora hutchinsiae* xylanase: biochemical properties and potential applications in fruit juice clarification and fish feed supplementation. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 54, 553 - 563.
8. Girón-Orozco, D., Mariezcurrena-Berasain, M. D., Heredia-Olea, E., & Vargas-Flores, O. R. (2025). Development of a Triticale-Based Amyolytic Biocatalyst for Starch Hydrolysis With Applications in Brewing Wort Sugar Enhancement. *Food Bioengineering*.
9. Belihu, T. M., Abera, A. A., Tesema, E. A., & M, R. D. (2025). Impact of germination and kilning parameters on Eleusine coracana malting for industrial brewing applications. *Scientific Reports*, 15.
10. Lambré, C., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Coconcelli, P., Crebelli, R., Gott, D., Grob, K., ... et al. (2022). Safety evaluation of the food enzyme containing cellulase, endo-1,3(4)- $\beta$ -glucanase and endo-1,4- $\beta$ -xylanase activities from the non-genetically modified *Trichoderma reesei* strain AR-256. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 20.
11. Rehman, K., Abdelrahman, E. A., Albalawi, K., Alissa, M., Alghamdi, A., Alghamdi, S. A., Alhegaili, A. S., ... et al. (2025). Thermostable Xylanase from *Chenopodium album*: Thermodynamic and Kinetic Characterization with Sustainable Application in Agro-Industrial Biobleaching. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
12. Silano, V., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Coconcelli, P., Crebelli, R., Gott, D., Grob, K., ... et al. (2020). Safety evaluation of the food enzyme endo-1,4- $\beta$ -xylanase from the genetically modified *Trichoderma reesei* strain RF5427. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 18.
13. Silano, V., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Coconcelli, P., Crebelli, R., Gott, D., Grob, K., ... et al. (2020). Safety evaluation of the food enzyme with  $\beta$ -glucanase and  $\beta$ -xylanase activities from the *Trichoderma reesei* strain DP-Nya67. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 18.

## Contatta Enzymes.bio

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


EMAIL [wholesale@enzymes.bio](mailto: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.