

Mannanase Digestive Enzyme: riduzione della viscosità per digestione, mangimi, alimenti e processi industriali

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

Mannanase Digestive Enzyme – Viscosity Reduction Enzyme è un enzima a base di β -mannanasi utilizzato quando mannani, galattomannani o glucomannani aumentano la viscosità di una matrice o riducono l'accessibilità dei nutrienti. La sua funzione tecnica è idrolizzare legami β -1,4-mannosidici nella catena del mannano, trasformando polisaccaridi ad alto peso molecolare in frammenti più piccoli e più gestibili. Enzymes.bio lo fornisce online in unità da 1 kg; CoA e SDS sono forniti insieme all'ordine.

Che cos'è la mannanasi e perché riduce la viscosità

La mannanasi, più precisamente endo- β -1,4-mannanasi, appartiene al gruppo degli enzimi che degradano emicellulose vegetali contenenti unità di mannosio. Il prefisso "endo" è importante: indica un'azione all'interno della catena polisaccaridica, non solo alle estremità. Questo comportamento produce una riduzione rapida della lunghezza media delle catene e, di conseguenza, può abbassare la viscosità di soluzioni o sospensioni in cui i mannani contribuiscono alla struttura reologica della matrice. Studi strutturali su β -1,4-mannanasi delle famiglie glicosidrolasiche GH113 e GH26 descrivono proprio il riconoscimento del substrato e il meccanismo catalitico alla base della scissione della catena mannanica [\[1\]\[2\]\[3\]](#).

I substrati più rilevanti sono mannani lineari, galattomannani e glucomannani. Nei galattomannani, una catena principale di mannosio può essere sostituita da unità laterali di galattosio; nei glucomannani, la catena contiene sia glucosio sia mannosio. Queste differenze strutturali influenzano l'accessibilità dell'enzima: una catena più ramificata può essere più difficile da degradare da una sola attività enzimatica, mentre combinazioni con altri enzimi, come α -galattosidasi, possono migliorare l'idrolisi di substrati vegetali complessi. Uno studio su una β -mannanasi termofila ha infatti valutato l'effetto sinergico con α -galattosidasi nell'idrolisi del palm kernel meal, una matrice ricca di polisaccaridi mannanici [\[4\]](#).

Dal punto di vista applicativo, la riduzione della viscosità non deriva da un “assottigliamento” fisico generico, ma da un cambiamento molecolare: le catene più lunghe trattengono acqua, si intrecciano e aumentano la resistenza al flusso; quando vengono tagliate in oligosaccaridi più corti, la rete polimerica perde continuità. Questo è il motivo per cui la mannanasi è rilevante in digestione, mangimi, alimenti, bevande, fermentazioni, lavorazioni della cellulosa e matrici tecniche contenenti gomme vegetali.

Meccanismo d’azione: dalla catena del mannano agli oligosaccaridi

La β -mannanasi idrolizza legami interni β -1,4 tra unità mannosidiche nella catena principale del mannano. Il sito attivo dell’enzima riconosce porzioni della catena polisaccaridica, posiziona il legame glicosidico in modo favorevole alla reazione e catalizza l’idrolisi, generando nuove estremità di catena. Studi di cristallografia e caratterizzazione su mannanasi GH113 hanno fornito indicazioni specifiche sulla relazione tra struttura dell’enzima, riconoscimento del substrato e catalisi [1][2].

L’effetto macroscopico dipende dal substrato. In una gomma ricca di galattomannani, pochi tagli interni possono ridurre sensibilmente la lunghezza media delle catene e quindi la viscosità. In una parete cellulare vegetale, invece, la mannanasi può contribuire a liberare o rendere più accessibili componenti intrappolati nella matrice emicellulosica, ma l’effetto complessivo dipende anche da cellulasi, xilanasi, pectinasi, proteasi e altre attività presenti o aggiunte. La ricerca su enzimi modulari con attività di rimozione dell’emicellulosa e attività LPMO mostra che la rimozione selettiva di componenti emicellulosici può aumentare l’accessibilità della cellulosa nel legno tenero [5].

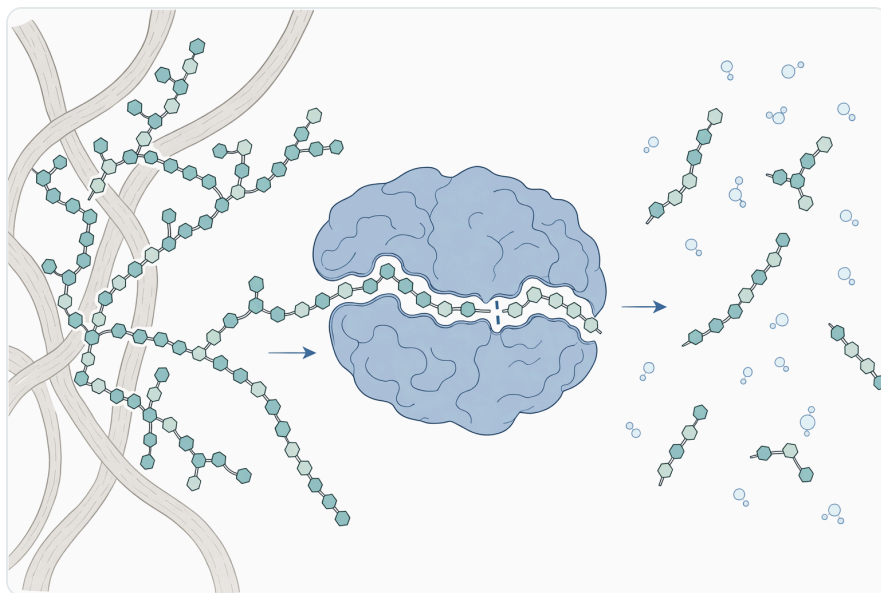


Figure 1. 만난분해효소는 β -만난 주쇄의 내부 β -1,4 결합을 가수분해하여, 물을 붙잡는 긴 고분자를 더 짧은 조각으로 전환합니다.

La produzione di mannooligosaccaridi è un altro risultato della stessa reazione di idrolisi. Una β -mannanasi GH5 acidofila da *Trichoderma asperellum* è stata studiata per produrre mannooligosaccaridi da galattomannani, confermando che il controllo dell'idrolisi può essere orientato non solo alla fluidificazione, ma anche alla generazione di frazioni oligosaccaridiche funzionalmente diverse dal polimero originale [6].

Dove i mannani creano problemi tecnici

I mannani sono comuni in molte materie prime vegetali. Possono comparire in semi, legumi, sottoprodotti oleaginosi, caffè, cocco, palm kernel meal, gomme industriali e alcune frazioni lignocellulosiche. Nei semi di *Coffea arabica*, l'attività endo- β -mannanasi è stata studiata in relazione a strutture del seme e condizioni di lavorazione e asciugatura, segnalando il ruolo biologico e tecnologico di questi polisaccaridi nelle matrici vegetali [7].

In applicazioni digestive e mangimistiche, i mannani rientrano tra i polisaccaridi non amidacei. Questi componenti non sono necessariamente "negativi" in senso assoluto, ma possono diventare limitanti quando aumentano la viscosità del contenuto intestinale, ostacolano la diffusione degli enzimi digestivi o intrappolano nutrienti nella parete cellulare. La mannanasi non aggiunge energia o proteina alla dieta: modifica una frazione fibrosa specifica, rendendo più accessibile ciò che è già presente nella matrice.

In applicazioni alimentari e industriali, il problema è spesso operativo. Una sospensione viscosa richiede più energia per essere miscelata o pompata, può filtrare lentamente, può concentrare in modo inefficiente e può causare variabilità tra lotti. Nei sistemi contenenti gomme galattomannaniche, come guar o carruba, la catena mannanica è parte centrale della funzionalità viscosizzante; per questo la sua idrolisi è un modo mirato per modificare la reologia.

Applicazioni digestive e mangimistiche

Nel contesto "digestive enzyme", la mannanasi è utile quando la formulazione contiene materie prime vegetali con frazioni mannaniche. Ingredienti come farine e panelli vegetali possono contribuire alla viscosità del digesta e alla ridotta disponibilità dei nutrienti. La β -mannanasi agisce riducendo la dimensione dei polisaccaridi mannanici e può quindi sostenere una migliore accessibilità agli enzimi endogeni e agli altri enzimi aggiunti nella formulazione.

Un caso rilevante è il palm kernel meal, materia prima con contenuto significativo di mannani e galattomannani. Lo studio su una β -mannanasi termofila con stabilità in ampio intervallo di pH ha evidenziato l'interesse della combinazione con α -galattosidasi per idrolizzare questa matrice, perché la

rimozione delle ramificazioni di galattosio può facilitare l'accesso alla catena principale del mannano [4]. Questo chiarisce un punto tecnico importante: la mannanasi è molto specifica, ma in matrici complesse la massima efficacia può dipendere dalla complementarità con altre attività enzimatiche.

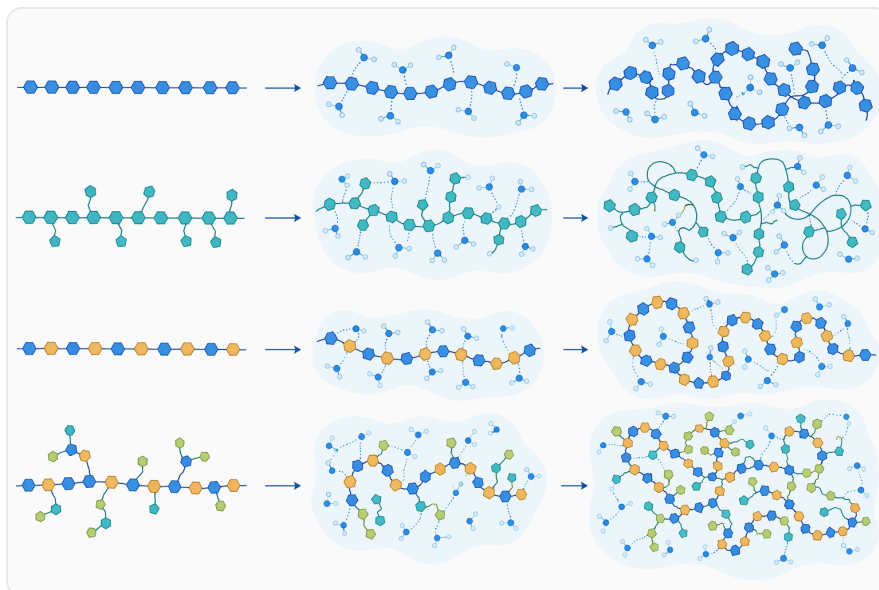


Figure 2. 서로 다른 β -만난 구조는 주쇄의 접근성과 수화된 고분자가 만들어낼 수 있는 점도의 정도에 영향을 줍니다.

La ricerca su enzimi bifunzionali provenienti dal ruminante ha mostrato anche comportamenti non convenzionali, come il rilascio preferenziale di oligosaccaridi con alto grado di polimerizzazione da substrati ramificati. Questo suggerisce che non tutte le mannanasi generano lo stesso profilo di prodotti e che struttura dell'enzima, architettura del substrato e presenza di ramificazioni influenzano la distribuzione degli oligosaccaridi ottenuti [8].

Applicazioni alimentari e bevande

Nei processi alimentari, la mannanasi è impiegabile quando la viscosità limita la lavorabilità. L'esempio del caffè è particolarmente pertinente: studi storici sull'azione della mannanasi da *Rhizopus niveus* su mannano del caffè hanno analizzato il ruolo dell'enzima nel trattamento dei chicchi e nella modifica della frazione mannannica [9]. Anche la presenza di attività endo- β -mannanasi nelle strutture dei semi di *Coffea arabica* conferma che il mannano è una componente importante nelle trasformazioni biochimiche del seme [7].

In bevande e preparazioni a base frutta, la viscosità può interferire con chiarifica, filtrazione e stabilità del processo. Una mannanasi termostabile e acidofila da *Bacillus mojavensis* è stata studiata con produzione sostenibile su fondi di caffè esausti e applicazione nella lavorazione del succo d'uva,

mostrando l'interesse della mannanasi anche in matrici liquide acide e ricche di componenti vegetali [10].

La produzione di mannooligosaccaridi da galattomannani è un'altra area alimentare o ingredientistica. La β -mannanasi GH5 acidofila da *Trichoderma asperellum* ND-1 è stata valutata proprio per convertire galattomannani in mannooligosaccaridi, un'applicazione diversa dalla semplice riduzione della viscosità ma basata sullo stesso principio di idrolisi controllata [6].

Applicazioni in biomasse, fermentazioni e bioraffineria

Nella lavorazione di biomasse lignocellulosiche, i mannani sono parte dell'emicellulosa e possono limitare l'accesso alla cellulosa. Una β -mannanasi ricombinante da *Trichoderma asperellum* è stata studiata per la degradazione sinergica di biomassa lignocellulosica, indicando che l'attività mannanolitica può contribuire a rendere più efficiente la scomposizione della parete vegetale quando integrata con altre attività enzimatiche [11].

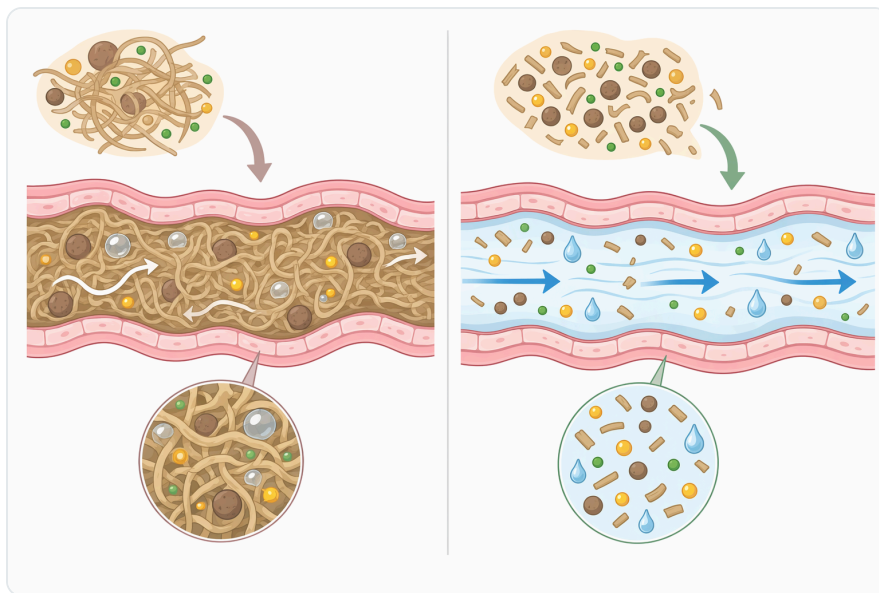


Figure 3. 만난분해효소는 자일라나아제, β -글루카나아제, 셀룰라아제, 펙티나아제와 구별되며, 각 효소는 서로 다른 식물 다당류 계열을 표적으로 합니다.

Il concetto di sinergia è centrale: la cellulosa è spesso protetta da emicellulose e lignina; rimuovere parte dell'emicellulosa può aumentare l'accessibilità della cellulosa alle cellulasi. Lavori recenti su enzimi da funghi e su sistemi modulari per legno tenero mostrano che il miglioramento dell'idrolisi dell'emicellulosa può aumentare l'efficienza di conversione degli zuccheri e ridurre i costi di produzione in contesti di bioraffineria [5][12].

Anche i cocktail enzimatici termofili per la degradazione dei galattomannani sono rilevanti per processi a temperatura moderatamente elevata, dove stabilità e compatibilità con la matrice sono essenziali. La ricerca su cocktail termofili specifici per galattomannani ha evidenziato il valore di combinare attività complementari per degradare substrati ramificati, piuttosto che affidarsi a una sola attività catalitica [13].

Applicazioni in carta, cellulosa e materiali fibrosi

Le mannanasi sono state studiate nella lavorazione della pasta kraft e delle fibre cellulosiche. Una β -1,4-mannanasi multidominio da *Caldibacillus cellulovorans* è stata caratterizzata anche per la sua azione su pasta kraft, collegando la rimozione di emicellulose alla modifica della fibra [14]. In un altro lavoro, l'azione di xilanasi e mannanasi è stata localizzata nelle fibre kraft, fornendo indicazioni sul modo in cui questi enzimi interagiscono con la struttura fibrosa [15].

L'interesse industriale nasce dal fatto che le emicellulose, inclusi mannani e xylani, influenzano rigonfiamento, accessibilità chimica e comportamento della fibra. La mannanasi può contribuire a modificare selettivamente la frazione mannanica senza essere, di per sé, un enzima cellulolitico. Questa distinzione è importante: un trattamento mirato sull'emicellulosa può essere desiderabile quando si vuole modificare la matrice senza degradare eccessivamente la cellulosa.

La produzione di cocktail enzimatici da specie di *Aspergillus* coltivate su scarti dell'industria cartaria è stata studiata come approccio biotecnologico per valorizzare rifiuti di processo e ottenere attività enzimatiche applicabili su substrati lignocellulosici [16]. Questo non significa che tutte le mannanasi siano equivalenti per carta e cellulosa, ma conferma che l'attività mannanolitica è una componente riconosciuta nelle strategie di trattamento delle fibre.

Tabella comparativa delle principali applicazioni

Area applicativa	Substrato o problema principale	Ruolo della mannanasi	Evidenza scientifica pertinente
Digestione e mangimi vegetali	Mannani e galattomannani in materie prime vegetali	Riduce la lunghezza delle catene mannaniche e può diminuire la viscosità del digesta	Idrolisi del palm kernel meal migliorata da sinergia con α -galattosidasi [4]

Area applicativa	Substrato o problema principale	Ruolo della mannanasi	Evidenza scientifica pertinente
Ingredienti alimentari	Galattomannani e glucomannani viscosizzanti	Modifica la reologia tramite depolimerizzazione mirata	Produzione di mannoooligosaccaridi da galattomannani con β -mannanasi GH5 [6]
Caffè	Mannano nei semi e negli estratti	Degrada la frazione mannanica, utile per processabilità e trasformazione	Azione di mannanasi su mannano del caffè e studi su semi di <i>Coffea arabica</i> [9][7]
Succhi e bevande	Matrici vegetali liquide con frazioni polisaccaridiche	Supporta lavorazioni in condizioni acide quando l'enzima è compatibile	Applicazione di mannanasi acidofila nella lavorazione del succo d'uva [10]
Biomasse lignocellulosiche	Emicellulose che limitano accesso alla cellulosa	Aumenta l'accessibilità della biomassa insieme ad altre attività	Degradazione sinergica della biomassa e miglioramento dell'idrolisi del legno tenero [11][12]
Pasta kraft e fibre	Emicellulose in fibre cellulosiche	Modifica selettiva della frazione mannanica nelle fibre	Azione su pasta kraft e localizzazione nelle fibre [14][15]
Substrati ramificati complessi	Galattomannani con catene laterali	Richiede spesso sinergia enzimatica per idrolisi efficiente	Cocktail termofili per degradazione di galattomannani [13]

Differenze tra mannanasi: famiglia enzimatica, stabilità e specificità

Non esiste una sola “mannanasi” valida per ogni contesto. Le β -mannanasi possono appartenere a diverse famiglie di glicosidrolasi, tra cui GH5, GH26 e GH113, e possono differire per architettura del sito attivo, preferenza di substrato, tolleranza a pH, temperatura, salinità e resistenza alla matrice. Studi su GH113 hanno approfondito il meccanismo catalitico e il riconoscimento del substrato, mentre una GH26 da *Enterobacter aerogenes* B19 è stata espressa, caratterizzata e analizzata strutturalmente come endo- β -1,4-mannanasi [1][2][3].



Figure 4. 사료 및 소화 관련 만난분해효소의 활용은 β -만난이 소화물의 점도를 높이거나 영양소 접근성을 낮출 수 있는 식물 유래 원료에 초점을 둡니다.

La stabilità è rilevante perché l'enzima deve rimanere funzionale durante il tempo di contatto utile. Una mannanasi alcalina espressa in *Pichia pastoris* è stata studiata per applicazioni in condizioni alcaline, mentre una endo-1,4- β -mannanasi da *Bacillus subtilis* WD23 è stata descritta come termostabile e tollerante al sale ^{[17][18]}. Questi esempi mostrano che la scelta applicativa non dipende soltanto dal nome dell'enzima, ma dal profilo funzionale rispetto alla matrice.

Anche la ramificazione del substrato può modificare il risultato. Se le catene laterali ostacolano l'accesso alla catena principale, la sola mannanasi può produrre idrolisi parziale; l'aggiunta o la presenza di attività accessorie può liberare siti di taglio. La sinergia con α -galattosidasi nel palm kernel meal e i cocktail termofili per galattomannani sono esempi chiari di questa logica ^{[4][13]}.

Benefici tecnici attesi e limiti realistici

Il beneficio più diretto è la riduzione della viscosità in sistemi in cui la viscosità è effettivamente sostenuta da mannani, galattomannani o glucomannani. Se la viscosità deriva invece da amidi gelatinizzati, pectine, proteine denaturate o altri polisaccaridi non mannanici, la mannanasi da sola può avere un effetto limitato. L'accuratezza dell'applicazione dipende quindi dalla composizione della matrice, non solo dall'aggiunta dell'enzima.

Un secondo beneficio è l'aumento dell'accessibilità. Nelle biomasse e nei mangimi, i mannani possono contribuire alla barriera fisica della parete cellulare; la loro idrolisi può favorire l'azione di altri enzimi o la liberazione di nutrienti. Gli studi su enzimi modulari per legno tenero e su degradazione sinergica

della lignocellulosa confermano che rimuovere emicellulose può migliorare l'accesso alla cellulosa e agli zuccheri fermentescibili [5][11].

Un terzo beneficio è la generazione di oligosaccaridi. In alcuni processi, l'obiettivo non è solo fluidificare, ma produrre frazioni manno-oligosaccaridiche con caratteristiche diverse dal polimero iniziale. La produzione di mannooligosaccaridi da galattomannani tramite β -mannanasi acidofila è un esempio documentato [6].

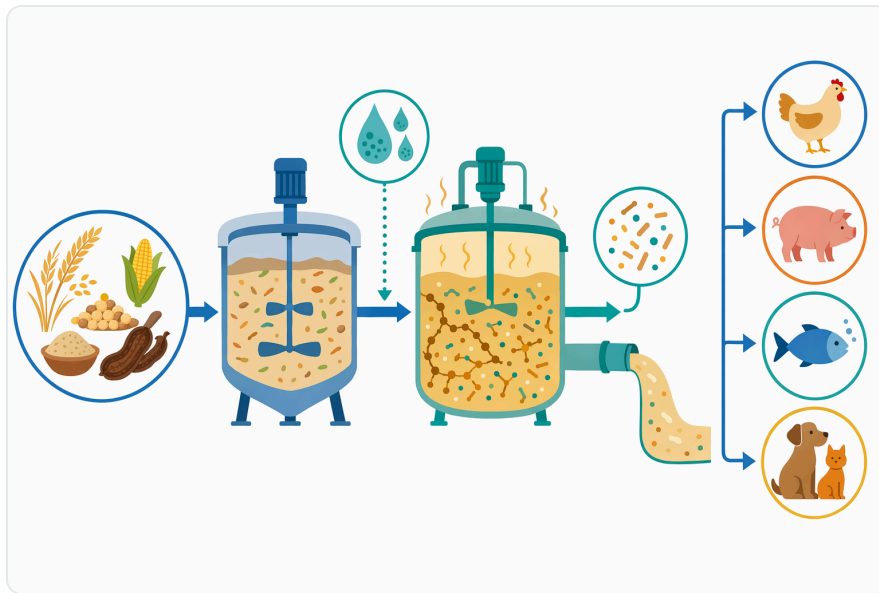


Figure 5. 수화된 식물성 원료 가공에서 만난분해효소 처리는 이후의 혼합, 펄핑, 여과, 분리 또는 제형화 공정 전에 만난 고분자를 짧게 만들 수 있습니다.

Il limite principale è la specificità. La mannanasi non sostituisce cellulasi, xilanasi, proteasi, amilasi o pectinasi. Funziona quando il substrato mannanico è presente e accessibile. Inoltre, in matrici complesse, eventuali inibitori naturali o prodotti di degradazione dei carboidrati possono influenzare l'attività enzimatica; la letteratura ha discusso derivati della degradazione dei polimeri carboidratici come possibili inibitori naturali della mannanasi [19].

Uso tecnico: condizioni che influenzano la performance

La performance della mannanasi dipende da pH, temperatura, tempo di contatto, idratazione del substrato, miscelazione e presenza di co-substrati o sostanze interferenti. Non è necessario interpretare questi fattori come parametri rigidi e universali: enzimi diversi possono avere profili molto differenti. La ricerca include mannanasi acidofile, alcaline, termostabili e tolleranti al sale, proprio perché le condizioni reali variano molto tra digestione, alimenti, biomasse e fibre [17][10][18].

Il tempo di contatto è particolarmente importante nei sistemi viscosi. La mannanasi agisce su catene idratate e accessibili; se il substrato è poco disperso o protetto da una matrice insolubile, la velocità apparente del processo può ridursi. Nei processi con galattomannani ramificati, la presenza di attività accessorie può aumentare l'efficienza perché rimuove ostacoli sterici e rende la catena principale più disponibile al taglio ^{[13][4]}.

In applicazioni digestive, la matrice cambia rapidamente: idratazione, pH, proteolisi, transito e interazioni con altri ingredienti possono influenzare l'attività. In applicazioni industriali, invece, la sfida è spesso mantenere l'enzima attivo abbastanza a lungo da ottenere la riduzione di viscosità desiderata senza degradare eccessivamente la struttura del prodotto. Per questo la mannanasi va considerata uno strumento tecnico mirato, non un additivo generico.

Posizionamento del prodotto Enzymes.bio

Mannanase Digestive Enzyme – Viscosity Reduction Enzyme è fornito da Enzymes.bio per clienti B2B che necessitano di un enzima orientato alla degradazione dei mannani e alla gestione della viscosità in applicazioni digestive, mangimistiche, alimentari o di processo. Enzymes.bio opera come fornitore online: non è un produttore e non è un laboratorio di analisi. Il prodotto è venduto direttamente online in unità da **1 kg**; il certificato di analisi e la scheda di dati di sicurezza sono forniti insieme all'ordine .

Il valore pratico del prodotto è collegato alla chiarezza del problema applicativo. Quando la matrice contiene mannani, galattomannani o glucomannani che aumentano viscosità, ostacolano la lavorabilità o riducono l'accessibilità dei nutrienti, la mannanasi è una scelta coerente con il meccanismo biochimico documentato. Quando il problema deriva da altri polimeri, può essere necessario un diverso approccio enzimatico o una combinazione di enzimi.



Figure 6. 부분 가수분해는 개별 당으로 완전히 전환하지 않고도 만난올리고당과 더 짧은 조각을 생성할 수 있습니다.

Questo articolo ha finalità tecnico-educative e non sostituisce la documentazione fornita con l'ordine. Le informazioni scientifiche riportate servono a spiegare perché la β -mannanasi è rilevante per la riduzione della viscosità e per la trasformazione di matrici vegetali contenenti mannani.

Conclusion

La mannanasi è un enzima specifico per la degradazione della catena β -1,4-mannanica. Il suo effetto principale è la depolimerizzazione di mannani, galattomannani e glucomannani, con conseguente riduzione della viscosità e possibile aumento dell'accessibilità dei nutrienti o della biomassa. Studi strutturali su GH113 e GH26, applicazioni su galattomannani, caffè, succo d'uva, palm kernel meal, biomasse lignocellulosiche e fibre kraft confermano la solidità del razionale tecnico [\[1\]\[6\]\[4\]](#).

Per applicazioni digestive e mangimistiche, la mannanasi è più sensata quando la formulazione contiene materie prime vegetali ricche di frazioni mannaniche. Per applicazioni alimentari e industriali, è utile quando la viscosità o la processabilità sono influenzate da gomme o emicellulose a base di mannano. In entrambi i casi, il risultato dipende dalla presenza del substrato, dall'accessibilità della catena e dalla compatibilità dell'enzima con la matrice.

Mannanase Digestive Enzyme – Viscosity Reduction Enzyme di Enzymes.bio si colloca quindi come supporto enzimatico mirato per la gestione di sistemi contenenti mannani. L'approccio corretto è realistico: la mannanasi non è una soluzione universale, ma è uno strumento tecnicamente fondato quando il problema è la viscosità o la bassa accessibilità legata a polisaccaridi mannanici.

Ordina Mannanase Digestive Enzyme - Viscosity Reduction Enzyme 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 Mannanase Digestive Enzyme - Viscosity Reduction Enzyme →](#)

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. You, X., Qin, Z., Yan, Q., Yang, S., Li, Y., & Jiang, Z. (2018). Structural insights into the catalytic mechanism of a novel glycoside hydrolase family 113 β -1,4-mannanase from *Amphibacillus xylanus*. *Journal of Biological Chemistry*, 293, 11746 - 11757.
2. Xia, W., Lu, H., Xia, M., Cui, Y., Bai, Y., Qian, L., Shi, P., ... et al. (2016). A Novel Glycoside Hydrolase Family 113 Endo- β -1,4-Mannanase from *Alicyclobacillus* sp. Strain A4 and Insight into the Substrate Recognition and Catalytic Mechanism of This Family. *Applied and Environmental Microbiology*, 82, 2718 - 2727.
3. Hui-Liu, Liu, J., & Cui, T. (2020). Expression, Characterization and Structure Analysis of a New GH26 Endo- β -1, 4-Mannanase (Man26E) from *Enterobacter aerogenes* B19. *Applied Sciences*.
4. Xie, J., Pan, L., He, Z., Liu, W., Zheng, D., Zhang, Z., & Wang, B. (2020). A novel thermophilic β -mannanase with broad-range pH stability from *Lichtheimia ramosa* and its synergistic effect with α -galactosidase on hydrolyzing palm kernel meal. *Process Biochemistry*, 88, 51-59.
5. Forsberg, Z., Tuveng, T. R., & Eijsink, V. (2024). A modular enzyme with combined hemicellulose-removing and LPMO activity increases cellulose accessibility in softwood. *The FEBS Journal*, 292, 75 - 93.
6. Zheng, F., Basit, A., Wang, J., Zhuang, H., Chen, J., & Zhang, J. (2023). Biochemical analyses of a novel acidophilic GH5 β -mannanase from *Trichoderma asperellum* ND-1 and its application in mannoooligosaccharides production from galactomannans. *Frontiers in Microbiology*, 14.
7. Ferreira, V. F., Ricaldoni, M. A., Rosa, S., Figueiredo, M. A., Coelho, S., & Fantazzini, T. B. (2018). Endo- β -mannanase enzyme activity in the structures of *Coffea arabica* L. seeds under different types of processing and drying. *Ciência Rural*.
8. Li, N., Han, J., Zhou, Y., Zhang, H., Xu, X., He, B., Liu, M., ... et al. (2024). A rumen-derived bifunctional glucanase/mannanase uncanonically releases oligosaccharides with a high degree of polymerization preferentially from branched substrates. *Carbohydrate Polymers*, 330, 121828 .
9. Studies on the Enzyme Treatment of Coffee Beans Part I. Purification of Mannanase of *Rhizopus niveus* and Its Action on Coffee Mannan. *Semantic Scholar* (2008).

10. Cilmeli, S., Doruk, T., Könen-Adigüzel, S., & Adigüzel, A. O. (2022). A thermostable and acidophilic mannanase from *Bacillus mojavensis*: its sustainable production using spent coffee grounds, characterization, and application in grape juice processing. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14, 3811 - 3825.
11. Zheng, F., Basit, A., Zhang, Z., Zhuang, H., Chen, J., & Zhang, J. (2023). Improved production of recombinant β -mannanase (TaMan5) in *Pichia pastoris* and its synergistic degradation of lignocellulosic biomass. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11.
12. Waals, J. H., O'Callahan, D., Campion, S., Widsten, P., Thumm, A., Murton, K., West, M., ... et al. (2025). Boosting softwood hemicellulose Hydrolysis: Enzymes from a new fungi *Penicillium rotoruae* remarkably Improve CTec-2 hydrolysis efficiency and reduce sugar production costs. *Bioresource Technology*, 133486 .
13. Aulitto, M., Fusco, F., Fiorentino, G., Bartolucci, S., Contursi, P., & Limauro, D. (2018). A thermophilic enzymatic cocktail for galactomannans degradation. *Enzyme and Microbial Technology*, 111, 7-11 .
14. Sunna, A., Gibbs, M., Chin, C. W. J., Nelson, P., & Bergquist, P. (2000). A Gene Encoding a Novel Multidomain β -1,4-Mannanase from *Caldibacillus cellulovorans* and Action of the Recombinant Enzyme on Kraft Pulp. *Applied and Environmental Microbiology*, 66, 664 - 670.
15. Suurnäkki, A., Heijnesson, A., Buchert, J., Tenkanen, M., Viikari, L., & Westermark, U. (1996). Location of xylanase and mannanase action in kraft fibres.
16. Pasin, T., Scarcella, A. S. A., Oliveira, T. B., Lucas, R. C., Cereia, M., Betini, J. A., & Polizeli, M. (2020). Paper Industry Wastes as Carbon Sources for *Aspergillus* Species Cultivation and Production of an Enzymatic Cocktail for Biotechnological Applications. *Industrial Biotechnology*, 16, 56 - 60.
17. Zhu, T., Sun, H., Li, P., Xue, Y., Li, Y., & Ma, Y. (2014). Constitutive expression of alkaline β -mannanase in recombinant *Pichia pastoris*. *Process Biochemistry*, 49, 2025-2029.
18. Li, H., Liu, Z., Wang, C., Huang, S., & Zhao, M. (2015). Secretory expression and characterization of a novel thermostable, salt-tolerant endo-1,4- β -mannanase of *Bacillus subtilis* WD23 by *Pichia pastoris*. *European Food Research and Technology*, 240, 671-677.
19. Fülöp, L. (2024). Carbohydrate polymer degradation derivatives as possible natural mannanase inhibitors. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132033 .

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