

Mannanase per mangimi, emicellulosa e produzione di manno-oligosaccaridi

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

La mannanase è un enzima emicellulolitico che idrolizza i legami β -mannanici presenti in mannani, galattomannani e glucomannani, trasformando frazioni vegetali complesse in catene più corte e, in condizioni adatte, in manno-oligosaccaridi. Nei mangimi, l'interesse principale è la gestione dei β -mannani come polisaccaridi non amidacei che possono ridurre l'efficienza nutrizionale; nei processi su biomasse vegetali, la mannanase supporta la valorizzazione di co-prodotti ricchi di emicellulosa.

Enzymes.bio fornisce online **Mannanase Feed Addition Hemicellulose Mannose Oligosaccharide Processing** in unità da **1 kg**. Enzymes.bio opera come fornitore, non come produttore né come laboratorio; **CoA e SDS sono forniti insieme all'ordine**.

Che cos'è la mannanase e quali substrati trasforma

La mannanase, più precisamente β -mannanase, appartiene al gruppo degli enzimi che degradano polisaccaridi della parete cellulare vegetale. Il suo bersaglio non è l'amido, ma una porzione dell'emicellulosa costituita da catene con unità di mannosio: mannani lineari, galattomannani con ramificazioni di galattosio, glucomannani contenenti anche glucosio e galattoglucomannani più complessi. La letteratura strutturale sulle β -mannanasi, inclusa quella sulle famiglie glicosidasi come GH26, descrive questi enzimi come strumenti biologici specializzati per riconoscere e rompere segmenti della catena mannanica ^[1].

Nel contesto dei mangimi e della lavorazione vegetale, questo significa intervenire su una frazione fibrosa che può essere abbondante in alcuni ingredienti o co-prodotti agroindustriali. Copra meal, palm kernel cake, residui di caffè e altre matrici vegetali sono esempi di materiali in cui la componente mannanica è stata studiata come substrato per idrolisi enzimatica o per ulteriore conversione biotecnologica ^[2]. L'obiettivo applicativo non è "digerire tutta la fibra", ma modificare una parte specifica della fibra non amidacea per ridurne l'effetto antinutrizionale o convertirla in molecole più piccole.

Il prodotto finale dell'azione enzimatica dipende dalla struttura del substrato. Un mannan puro e poco ramificato tende a generare frammenti diversi rispetto a un galattomannano con sostituzioni laterali; per questo motivo, in ricerca si osserva spesso che la composizione degli oligosaccaridi cambia in base alla matrice e all'enzima impiegato. Studi sulla produzione di manno-oligosaccaridi da copra meal mostrano proprio l'interesse industriale nel trasformare mannan vegetale in β -MOS funzionali attraverso mannanasi batteriche [3].

Perché i β -mannani sono rilevanti nella nutrizione animale

Nelle diete per animali, i β -mannani rientrano tra i polisaccaridi non amidacei. Non sono necessariamente tossici, ma possono comportarsi come componenti non nutritivi: aumentano la complessità della matrice alimentare, possono influenzare la viscosità del contenuto digerente e possono rendere meno accessibili nutrienti inglobati nella parete cellulare vegetale. Per questo la β -mannanase viene studiata come additivo funzionale nei mangimi destinati soprattutto a specie monogastriche, dove la capacità endogena di degradare certe emicellulose è limitata [4].

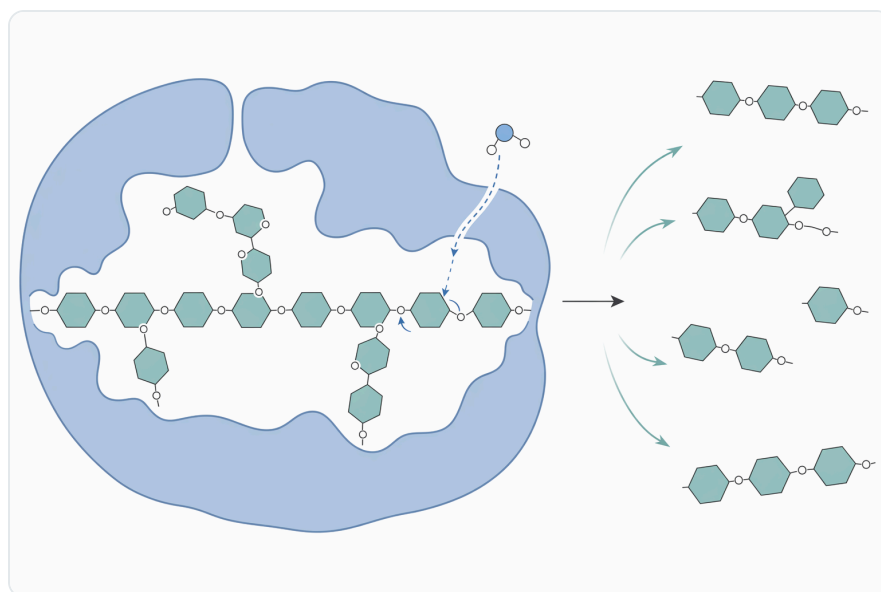


Figure 1. 엔도- β -만난분해효소는 만난 기반 헤미셀룰로오스의 내부 β -1,4 결합을 가수분해하여 만노스가 풍부한 더 짧은 올리고당을 생성한다.

Nei broiler alimentati con diete a base frumento, la supplementazione con β -mannanase, da sola o insieme a xilanasi e β -glucanasi, è stata associata a miglioramenti della performance di crescita, della degradazione dei polisaccaridi non amidacei e dell'ambiente gastrointestinale. Questo tipo di evidenza è importante perché mostra che l'effetto non va interpretato come semplice rilascio di zuccheri, ma come modifica di una rete di fattori: degradazione della fibra, disponibilità dei nutrienti, caratteristiche del digesta e risposta intestinale [4].

Una meta-analisi sull'impiego di β -mannanase in diete per broiler ha esaminato energia e utilizzo dei nutrienti, confermando che l'interesse pratico dell'enzima è legato alla capacità di migliorare l'efficienza con cui l'animale ricava valore nutrizionale dalla razione. In formulazione mangimistica, questo è particolarmente rilevante quando la dieta include ingredienti vegetali con una quota apprezzabile di emicellulose mannaniche [5].

L'interesse non è limitato al pollame. Una revisione sulla β -mannanase nei bovini da latte discute il possibile ruolo dell'enzima su nutrizione, performance e sostenibilità ambientale, collocandolo in una prospettiva più ampia di efficienza alimentare. Nei ruminanti, tuttavia, la presenza del microbiota ruminale rende il quadro diverso da quello dei monogastrici: l'effetto dell'enzima va interpretato alla luce della fermentazione e dell'interazione con la dieta complessiva [6].

Meccanismo d'azione: dalla catena mannanica agli oligosaccaridi

La β -mannanase agisce rompendo legami interni della catena mannanica. Per questo è spesso descritta come endo-enzima: non rimuove soltanto unità terminali, ma taglia il polimero in punti interni, riducendo rapidamente la lunghezza media della catena. Il risultato è una miscela di frammenti più corti, che può includere mannotriosio, mannotetraosio e altri manno-oligosaccaridi, a seconda della struttura del substrato e della selettività dell'enzima [7].

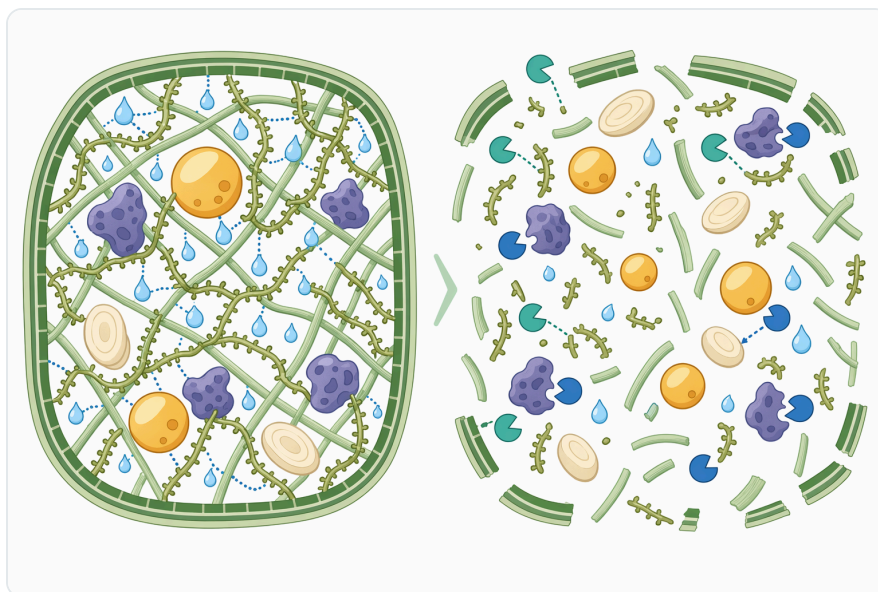


Figure 2. 긴 β -만난 사슬을 절단하면 사료 매트릭스가 느슨해져 섬유질이 많은 입자 안에 갇힌 영양소에 물리적으로 더 쉽게 접근할 수 있다.

La selettività è un aspetto tecnico importante. Uno studio di ingegnerizzazione su β -mannanase da *Aspergillus niger* ha avuto come obiettivo l'aumento della selettività verso manno-oligosaccaridi di lunghezza media, segnalando che non tutte le mannanasi producono lo stesso profilo di prodotti. In un

processo industriale, questo implica che “idrolisi del mannan” non è un risultato unico: può significare riduzione della viscosità, liberazione di frammenti fermentescibili, produzione di MOS o combinazioni diverse ^[7].

I galattomannani rappresentano un caso particolare perché le ramificazioni laterali possono ostacolare l'accesso dell'enzima alla catena principale. La degradazione incompleta è quindi frequente se si utilizza solo β -mannanase; studi sulla sinergia tra β -mannanase e α -galattosidasi indicano che la rimozione delle ramificazioni di galattosio può aumentare la produzione di prodotti di degradazione da galattomannano. Questo spiega perché, in matrici altamente ramificate, l'efficienza della mannanase dipende anche dall'architettura molecolare della fibra ^[8].

Nel mangime, il meccanismo può essere sintetizzato in quattro passaggi: il substrato mannanico è presente nella matrice vegetale; l'enzima entra in contatto con la frazione accessibile; la catena viene depolimerizzata; la minore dimensione dei frammenti modifica il comportamento fisico e biologico della fibra. L'effetto osservabile può quindi emergere come migliore degradazione dei polisaccaridi non amidacei, minore interferenza con la digestione o formazione di oligosaccaridi con potenziale funzione biologica ^[4].

Applicazioni nei mangimi per pollame

Nel pollame, la β -mannanase è utilizzata soprattutto per affrontare la variabilità degli ingredienti vegetali e l'effetto dei polisaccaridi non amidacei sulla disponibilità dei nutrienti. Le diete a base cereali e co-prodotti possono contenere frazioni di emicellulosa che non vengono pienamente sfruttate dall'animale; l'enzima aiuta a rendere parte di questa frazione più accessibile o meno interferente. Gli studi su broiler con diete a base frumento mostrano che l'integrazione enzimatica può migliorare crescita, degradazione dei NSP e condizioni gastrointestinali ^[4].

Un punto importante per la formulazione è che la β -mannanase può essere valutata sia in diete standard sia in diete con aggiustamenti nutrizionali. Uno studio su polli da carne alimentati con diete a contenuto proteico standard o moderatamente ridotto ha esaminato l'utilizzazione dei nutrienti e la crescita con e senza supplementazione di β -mannanase. Questo tipo di disegno sperimentale è utile perché riflette una domanda pratica: l'enzima può contribuire a mantenere prestazioni accettabili quando la formulazione viene ottimizzata per costo, proteina o sostenibilità ^[9].

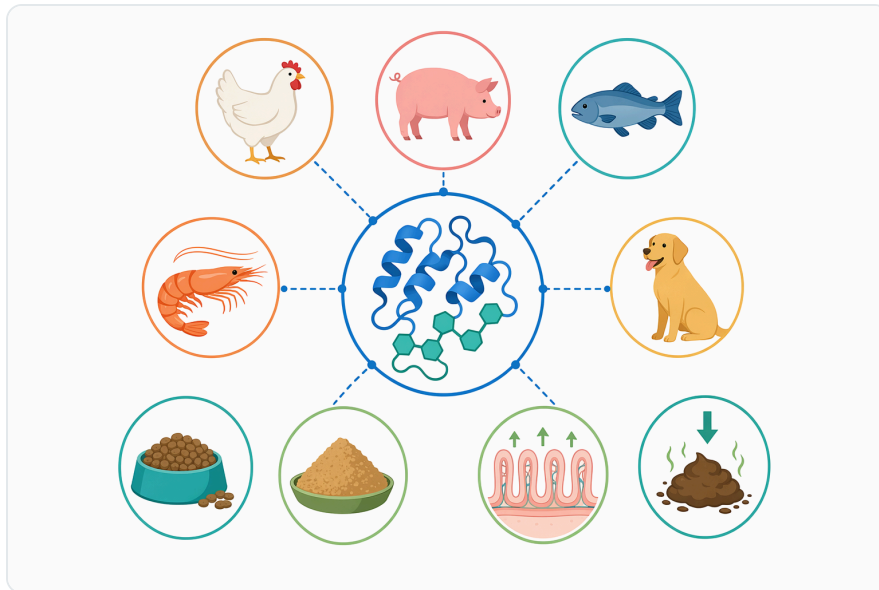


Figure 3. 만난분해효소는 접근 가능한 β -만난이 풍부한 식물성 원료가 점도 증가, 영양소 포집 또는 항영양 효과를 유발하는 경우 가금류, 돼지 및 기타 동물용 사료에서 특히 중요하다.

L'effetto non deve però essere interpretato come automatico. Se la dieta contiene pochi substrati mannanici, se la lavorazione termica o meccanica riduce la disponibilità dell'enzima, oppure se la matrice vegetale è poco accessibile, l'impatto può essere più limitato. La meta-analisi sui broiler è utile proprio perché aggrega dati su energia e nutrienti, evidenziando l'importanza di valutare la risposta in relazione alla composizione della dieta e al contesto produttivo [5].

Applicazioni in bovini da latte e altri sistemi zootecnici

Nei bovini da latte, la mannanase si colloca in un quadro diverso rispetto al pollame. Il rumine ospita una comunità microbica capace di degradare molte frazioni fibrose, ma l'efficienza della fermentazione dipende dalla composizione della dieta, dalla disponibilità dei substrati e dall'equilibrio tra energia, fibra e azoto. Una revisione recente sulla β -mannanase nei bovini da latte ha discusso benefici potenziali su nutrizione, performance e sostenibilità ambientale, indicando un interesse crescente oltre i monogastrici [6].

In questo ambito, l'obiettivo può essere migliorare l'uso di componenti vegetali ricchi di emicellulosa, non sostituire la funzione del rumine. La mannanase può contribuire a una pre-idrolisi parziale o a una maggiore accessibilità di frazioni mannaniche, ma il risultato finale dipende dalla fermentazione ruminale e dalla dieta totale. Per questo è più corretto parlare di supporto enzimatico mirato che di soluzione universale per la digestione della fibra [6].

Anche in altre specie, la logica rimane la stessa: l'enzima è più pertinente quando il substrato target è presente. In sistemi con ingredienti ad alto contenuto di co-prodotti vegetali, la β -mannanase può essere considerata parte di una strategia di gestione dei polisaccaridi non amidacei insieme ad altri enzimi carboidratici, sempre in funzione della matrice e dell'obiettivo nutrizionale [4].

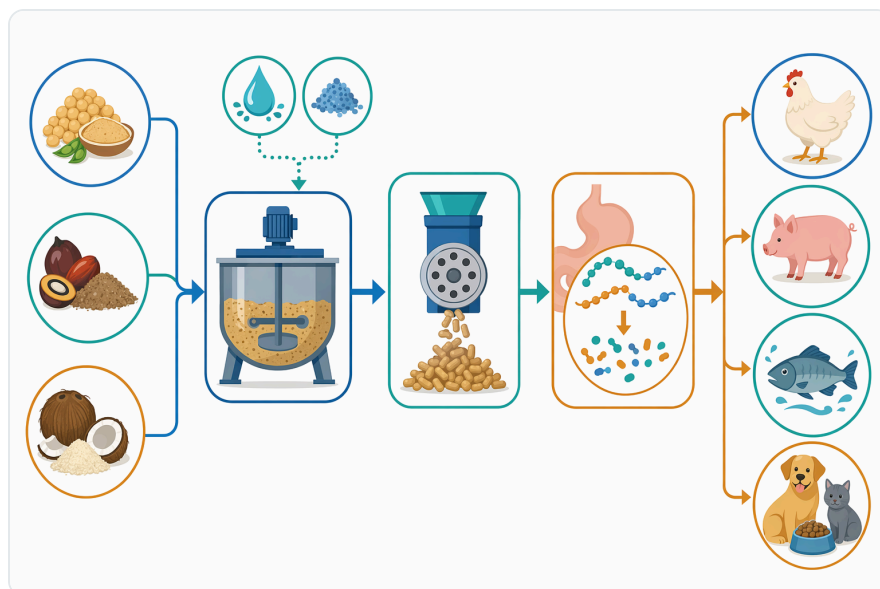


Figure 4. 팜커널박이나 압착박처럼 만nan이 풍부한 부산물에서는 만nan분해효소 사용을 물리적 접근성 향상에서 헤미셀룰로오스 가수분해, 영양소 방출 개선으로 이어지는 원료 업그레이드 과정으로 볼 수 있다.

Lavorazione di emicellulose e biomasse vegetali

Fuori dal mangime finito, la mannanase è rilevante nella lavorazione di biomasse ricche di emicellulosa. I residui vegetali possono contenere mannan, galattomannan o glucomannan come parte della parete cellulare; la loro idrolisi può generare frazioni più solubili, oligosaccaridi o substrati più facilmente utilizzabili in processi fermentativi. Uno studio sui fondi di caffè esausti ha valutato un pretrattamento alcalino seguito da mannanase da *Bacillus* per la produzione di oligosaccaridi, mostrando un esempio concreto di valorizzazione di residui agroindustriali [2].

Il palm kernel cake è un'altra matrice studiata per la presenza di carboidrati mannanici. In un lavoro sulla produzione di etanolo con *Geobacillus thermoglucosidasius*, il palm kernel cake è stato considerato feedstock rinnovabile dopo conversione in oligosaccaridi utilizzabili. Questo dimostra che la degradazione del mannan non interessa soltanto la nutrizione animale, ma anche la trasformazione di co-prodotti vegetali in intermedi biotecnologici [10].

La conversione di copra meal in β -MOS funzionali tramite mannanase batterica è un ulteriore esempio di valore aggiunto. Invece di considerare la frazione mannanica solo come fibra poco digeribile, l'approccio enzimatico la trasforma in una miscela di oligosaccaridi di interesse applicativo. Tale logica è coerente con la bioeconomia dei co-prodotti: ridurre lo scarto, aumentare la funzionalità e ottenere ingredienti più controllabili [3].

Produzione di manno-oligosaccaridi: cosa determina il profilo dei prodotti

I manno-oligosaccaridi, o MOS derivati da mannan, non sono una singola molecola. Sono una famiglia di frammenti con diverso grado di polimerizzazione, possibili ramificazioni e diversa solubilità. La β -mannanase determina la rottura della catena principale, ma il profilo finale dipende dal substrato di partenza, dalla presenza di gruppi laterali e dalla selettività dell'enzima. Gli studi di ingegnerizzazione enzimatica mostrano che è possibile orientare la produzione verso frazioni di lunghezza media, ma anche che questa selettività è una proprietà specifica dell'enzima e non una caratteristica generica di tutte le mannanasi [7].

Nei galattomannani, la presenza di galattosio laterale può ridurre l'idrolisi completa. La combinazione con α -galattosidasi può aumentare la degradazione perché rimuove ostacoli sterici lungo la catena principale, rendendo più accessibili i legami β -mannanici. Lo studio sulla sinergia tra β -mannanase e α -galattosidasi evidenzia proprio l'aumento dei prodotti di degradazione incompleta, un risultato industrialmente interessante quando si vuole generare oligosaccaridi invece di spingere verso una completa conversione in monosaccaridi [8].

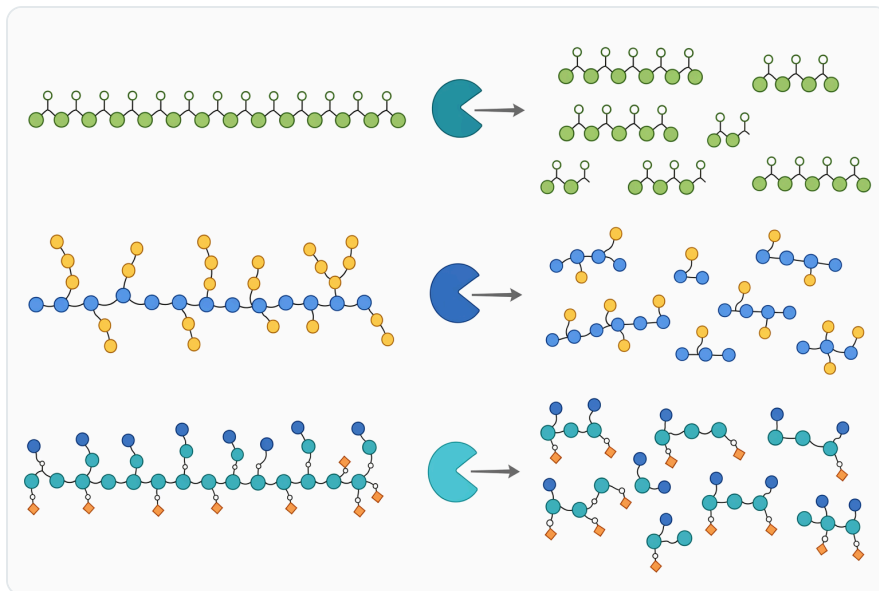


Figure 5. 만nan분해효소가 생성하는 올리고당 혼합물은 가지 형성과 치환 패턴을 포함한 원래 만nan 구조에 따라 달라진다.

Per applicazioni feed, la produzione di MOS può avere implicazioni sulla fermentazione intestinale e sull'interazione con il microbiota, ma gli effetti biologici dipendono dalla specie animale e dalla composizione della miscela. Per applicazioni di processo, invece, il punto principale è la trasformazione controllata della frazione emicellulosica in molecole più solubili e gestibili. In entrambi i casi, la matrice reale è più importante del concetto astratto di “mannan” [3].

Tabella comparativa: applicazioni della mannanase e risultati attesi

Ambito applicativo	Substrato o matrice tipica	Meccanismo tecnico principale	Risultato atteso realistico	Evidenza utile
Mangimi per broiler	Diete vegetali con polisaccaridi non amidacei	Idrolisi di β -mannani e riduzione della complessità della fibra	Miglioramento della degradazione dei NSP, supporto a crescita e ambiente gastrointestinale	Studi su diete a base frumento con β -mannanase sola o combinata [4]
Formulazioni con proteina moderatamente ridotta	Diete per polli da carne con obiettivi di ottimizzazione nutrizionale	Maggiore accessibilità dei nutrienti e minore interferenza della fibra	Supporto all'utilizzazione dei nutrienti in formulazioni ottimizzate	Studio su diete standard o moderatamente ridotte in proteina [9]
Bovini da latte	Razioni con componenti vegetali fibrose	Supporto alla degradazione di frazioni mannaniche in un sistema dominato dalla fermentazione ruminale	Possibili benefici su nutrizione, performance e sostenibilità, da contestualizzare	Revisione su β -mannanase nei bovini da latte [6]
Biomasse e residui agroindustriali	Fondi di caffè esausti, co-prodotti vegetali	Pretrattamento e idrolisi enzimatica dell'emicellulosa mannanica	Produzione di oligosaccaridi e valorizzazione della biomassa	Studio su fondi di caffè e mannanase da <i>Bacillus</i> [2]
Produzione di β -MOS	Copra meal e matrici ricche di mannan	Depolimerizzazione controllata del mannan	Conversione in manno-oligosaccaridi funzionali	Studio su copra meal e mannanase batterica [3]
Galattomannani ramificati	Gomma o farine ricche di galattomannano	Azione combinata su catena principale e ramificazioni	Aumento di prodotti di degradazione e miglior accessibilità della catena	Sinergia β -mannanase/ α -galattosidasi [8]

Fattori che influenzano la risposta enzimatica

Il primo fattore è la presenza del substrato. Una mannanase ha senso quando la matrice contiene una quota rilevante di mannan, galattomannan o glucomannan accessibile. Se il substrato è scarso, fortemente protetto dalla struttura della parete cellulare o già degradato da altri passaggi di processo, l'effetto osservabile può essere ridotto. Gli studi su copra meal e fondi di caffè dimostrano che la valorizzazione funziona quando la matrice contiene effettivamente una frazione mannanica trasformabile [2].

Il secondo fattore è la ramificazione. I galattomannani non sono semplici catene lineari: le sostituzioni laterali possono impedire o rallentare l'accesso della β -mannanase. Per questo, nelle applicazioni più tecniche, l'interazione con enzimi complementari può modificare il profilo dei prodotti. La sinergia con α -galattosidasi è un esempio documentato di come la rimozione di gruppi laterali favorisca la degradazione del galattomannano [8].

Il terzo fattore è il contesto biologico o tecnologico. Nel broiler, l'enzima opera in una finestra digestiva definita da tempo di transito, pH gastrointestinale, umidità e composizione del digesta. Nel trattamento di biomasse, invece, contano accessibilità fisica, pretrattamenti, durata del contatto e natura della fibra. La differenza spiega perché un risultato ottenuto in un processo su biomassa non può essere trasferito automaticamente a una dieta animale, e viceversa [4].

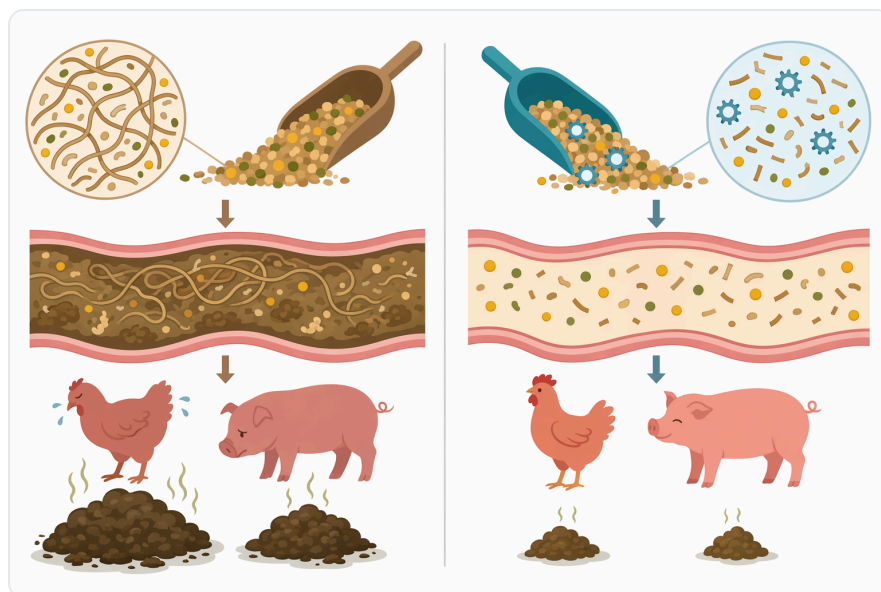


Figure 6. 만난분해효소는 피틴산, 아라비노자일란, β -글루칸 또는 단백질이 아니라 β -만난 헤미셀룰로오스를 표적으로 하므로 다른 사료 효소와 상호 보완적으로 작용한다.

Il quarto fattore è la combinazione con altri enzimi. Le diete vegetali contengono più classi di polisaccaridi non amidacei: xylani, glucani, pectine, cellulosa e mannani. Studi su broiler hanno valutato β -mannanase anche insieme a xilanasi e β -glucanase, con l'obiettivo di intervenire su più componenti della parete cellulare. Questo approccio è coerente con la struttura reale delle materie prime vegetali, che raramente presentano un solo tipo di fibra isolata ^[4].

Benefici potenziali in un contesto B2B

Per un formulatore di mangimi, il beneficio più diretto è la gestione dei β -mannani come frazione antinutrizionale o poco utilizzabile. La mannanase può contribuire a rendere più prevedibile il comportamento di ingredienti vegetali variabili, in particolare quando si impiegano co-prodotti o materie prime con quota fibrosa significativa. La meta-analisi sui broiler supporta l'interesse verso energia e utilizzo dei nutrienti come endpoint tecnici rilevanti ^[5].

Per chi lavora su ingredienti o co-prodotti, il beneficio è diverso: trasformare una frazione di emicellulosa in oligosaccaridi o intermedi più solubili. Gli esempi su fondi di caffè esausti, copra meal e palm kernel cake mostrano che il mannan può essere considerato una risorsa da convertire, non soltanto una fibra di scarto. In questo senso, la mannanase è uno strumento di valorizzazione della biomassa ^[10].

Per lo sviluppo di ingredienti funzionali, l'interesse riguarda i β -MOS. La produzione enzimatica da copra meal indica una via per ottenere manno-oligosaccaridi da una materia prima vegetale ricca di mannan. Tuttavia, la funzionalità del prodotto ottenuto dipende dal profilo degli oligosaccaridi, non solo dalla presenza generica di mannosio o di catene mannaniche ^[3].

Limiti tecnici e interpretazione corretta dei risultati

La mannanase non sostituisce una formulazione corretta. Se la dieta è sbilanciata per energia, amminoacidi, minerali o qualità delle materie prime, l'enzima non compensa automaticamente tali limiti. Il suo ruolo è mirato: degradare una parte della frazione mannanica e contribuire a migliorare l'accessibilità o la gestione dei polisaccaridi non amidacei. Gli studi su broiler mostrano benefici, ma sempre all'interno di diete e condizioni sperimentali definite ^[9].

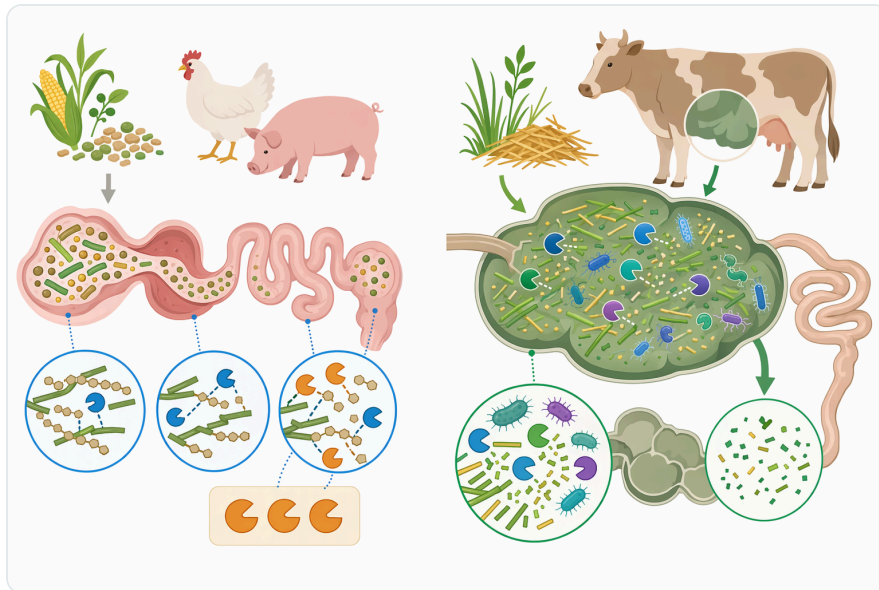


Figure 7. 외인성 만난분해효소는 단위동물에서의 실제 활용 맥락이 반추동물과 다르다. 반추동물에서는 반추위 미생물군이 이미 상당한 섬유 분해 능력을 제공하기 때문이다.

Non tutte le matrici ricche di fibra sono ricche di mannan. Una dieta può essere fibrosa perché contiene arabinosilani, cellulosa o pectine, ma avere una quota mannanica modesta. In questi casi, una xilanasi, una β -glucanasi o un'altra carboidrasi può essere più pertinente della mannanase. L'evidenza sulle combinazioni enzimatiche nei broiler conferma che la scelta dell'enzima deve seguire il substrato prevalente e non una categoria generica di "fibra" [4].

Anche la produzione di oligosaccaridi richiede cautela interpretativa. La presenza di mannanase non garantisce un profilo specifico di MOS: lunghezza delle catene, ramificazioni e proporzione tra frammenti dipendono dall'enzima e dal substrato. Lo studio sull'ingegnerizzazione della β -mannanase da *Aspergillus niger* è utile proprio perché dimostra che la selettività verso oligosaccaridi di media lunghezza è una proprietà da ottimizzare, non un esito universale [7].

Integrazione con la sicurezza e la documentazione del prodotto

Gli enzimi in polvere devono essere gestiti con attenzione perché possono generare polveri e richiedono pratiche di manipolazione coerenti con la documentazione di sicurezza. Le linee guida di settore sulla manipolazione sicura degli enzimi sottolineano l'importanza di limitare l'esposizione, controllare la dispersione e seguire le istruzioni riportate nella documentazione del prodotto [11].

Per **Mannanase Feed Addition Hemicellulose Mannose Oligosaccharide Processing**, Enzymes.bio fornisce CoA e SDS insieme all'ordine. Questo consente all'utilizzatore di consultare la documentazione associata al lotto e alla gestione sicura del materiale, senza attribuire a Enzymes.bio un ruolo di

produttore o laboratorio analitico .

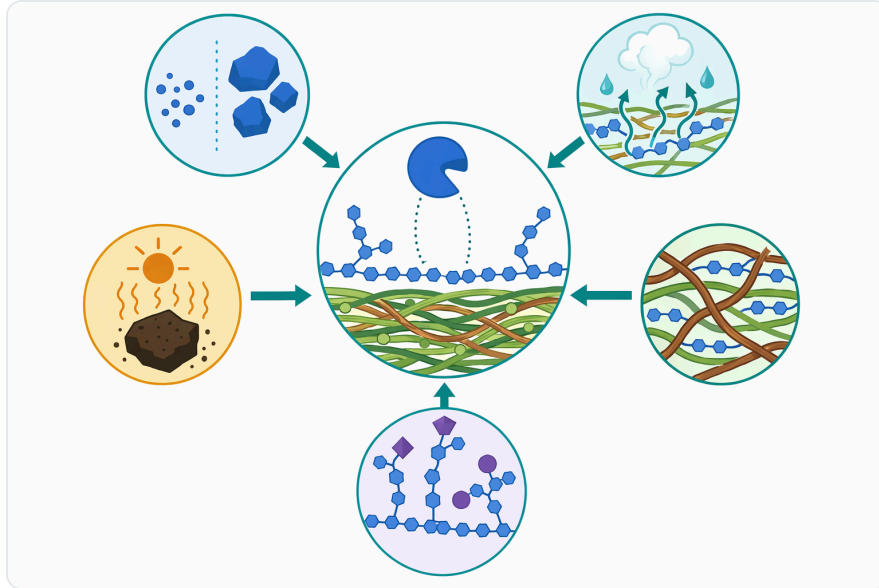


Figure 8. 만난분해효소의 성능은 기질 접근성에 좌우되며, 이는 입자 구조, 열과 수분 처리 이력, 리그닌과의 결합, 헤미셀룰로오스의 화학적 치환에 영향을 받을 수 있다.

Il prodotto è venduto direttamente online in unità da **1 kg**. In un contesto B2B, ciò lo rende adatto a operatori che hanno già definito la propria applicazione e intendono integrare la mannanase in attività di formulazione, lavorazione di ingredienti o trasformazione di matrici vegetali, nel rispetto delle normative e delle procedure interne applicabili .

Conclusion

La mannanase è un enzima mirato alla degradazione di mannani, galattomannani e altre emicellulose contenenti mannosio. Nei mangimi, il suo valore tecnico risiede nella gestione dei β -mannani e dei polisaccaridi non amidacei; nella lavorazione di biomasse, supporta la conversione di co-prodotti vegetali in oligosaccaridi o frazioni più solubili. Le evidenze su broiler, bovini da latte, copra meal, palm kernel cake e residui di caffè mostrano un campo applicativo ampio ma sempre dipendente dalla matrice ^[2].

L'interpretazione corretta è quindi specifica: la mannanase è utile quando il substrato mannanico è presente, accessibile e rilevante per l'obiettivo del processo o della dieta. Può contribuire a migliorare la degradazione dei NSP, sostenere l'utilizzazione dei nutrienti e favorire la produzione di manno-oligosaccaridi, ma non produce risultati identici in ogni formulazione o biomassa ^[5].

Enzymes.bio fornisce **Mannanase Feed Addition Hemicellulose Mannose Oligosaccharide Processing** online in unità da **1 kg**, con CoA e SDS inclusi insieme all'ordine. L'impiego più solido è quello basato su una corrispondenza chiara tra enzima, substrato e obiettivo tecnico: mangime con β -mannani da gestire, ingrediente vegetale da valorizzare o processo orientato alla produzione di oligosaccaridi mannanici.

Ordina Mannanase Feed Addition Hemicellulose Mannose Oligosaccharide Processing 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 Feed Addition Hemicellulose Mannose Oligosaccharide Processing →](#)

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. Bågenholm, V., Wiemann, M., Reddy, S. K., Bhattacharya, A., Rosengren, A., Logan, D., & Stålbbrand, H. (2019). [A surface-exposed GH26 \$\beta\$ -mannanase from *Bacteroides ovatus*: Structure, role, and phylogenetic analysis of BoMan26B](#). *Journal of Biological Chemistry*, 294, 9100 - 9117.
2. Wongsiridetchai, C., Chiangkham, W., Khlahiran, N., Sawangwan, T., Wongwathanarat, P., Charoenrat, T., & Chantorn, S. (2018). [Alkaline pretreatment of spent coffee grounds for oligosaccharides production by mannanase from *Bacillus* sp. GA2\(1\)](#). *Agriculture and Natural Resources*.
3. Cuong, N. C., Haltrich, D., Min, T., Nguyen, T., & Yamabhai, M. (2024). [Value creation of copra meal mannan into functional manno-oligosaccharides \(\$\beta\$ -MOS\) using the mannanase *Bacillus man B* \(BIMan26B\)](#). *Scientific Reports*, 14.
4. Kim, E., Choct, M., Fickler, A., Pasquali, G., Hall, L., Crowley, T. M., & Sharma, N. K. (2025). [Supplementation of \$\beta\$ -mannanase alone or in combination with xylanase and \$\beta\$ -glucanase enhanced growth performance, non-starch polysaccharide degradation, and gastrointestinal environment of broilers offered wheat-based diets](#). *Animal Nutrition*, 23, 429 - 437.
5. Kim, H. W., Lee, J. H., Lee, J., & Kil, D. (2024). [PSII-17 Effect of dietary \$\beta\$ -mannanase supplementation on energy and nutrient utilization in diets fed to broiler chickens: A meta-analysis](#). *Journal of Animal Science*.
6. Onche, E., Habeeb, T., Denen, F., & Omale, S. (2025). [Exploring the benefits of \$\beta\$ -mannanase supplementation in dairy cattle nutrition, performance, and a sustainable environment](#). *Journal of Central European Agriculture*.
7. Arunrattanamook, N., Wansuksri, R., Uengwetwanit, T., & Champreda, V. (2020). [Engineering of \$\beta\$ -mannanase from *Aspergillus niger* to increase product selectivity towards medium chain length mannoooligosaccharides](#). *Journal of*

Bioscience and Bioengineering.

8. Yang, L., Shi, G., Tao, Y., Lai, C., Li, X., Zhou, M., & Yong, Q. (2020). The Increase of Incomplete Degradation Products of Galactomannan Production by Synergetic Hydrolysis of β -Mannanase and α -Galactosidase. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 193, 405 - 416.
9. Barekatin, R., Hall, L., Chrystal, P., & Fickler, A. (2024). Nutrient utilisation and growth performance of broiler chickens fed standard or moderately reduced dietary protein diets with and without β -mannanase supplementation. *Animal Nutrition*, 19, 131 - 138.
10. Raita, M., Ibenegbu, C., Champreda, V., & Leak, D. (2016). Production of ethanol by thermophilic oligosaccharide utilising *Geobacillus thermoglucosidasius* TM242 using palm kernel cake as a renewable feedstock. *Biomass & Bioenergy*, 95, 45-54.
11. Amfep Safe Handling Guide 2023.Pdf. *Amfep.*

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.