

Cellulasi acida per additivi per mangimi: applicazioni in alimentazione animale, silaggi, foraggi fibrosi e sottoprodotti agricoli

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

La cellulasi acida è un enzima esogeno usato negli additivi per mangimi per favorire l'idrolisi parziale della cellulosa presente nelle pareti cellulari vegetali. Nelle applicazioni feed, il suo interesse principale riguarda foraggi, silaggi, sottoprodotti agricoli e diete ricche di fibra, dove può aumentare l'accessibilità della matrice vegetale e supportare i processi fermentativi o digestivi. Le evidenze disponibili indicano benefici potenziali, ma dipendenti da specie animale, formulazione, tipo di fibra, umidità, pH e combinazione con altre carboidrasi come xilanasi e β -glucanasi ^[1].

Che cos'è una cellulasi acida per additivi mangimistici

La cellulasi è un gruppo funzionale di enzimi che catalizzano la degradazione della cellulosa, il polisaccaride strutturale più abbondante nelle pareti cellulari vegetali. Nel linguaggio applicativo, "cellulasi acida" indica una preparazione enzimatica selezionata per lavorare in condizioni acide o moderatamente acide, rilevanti in diversi contesti mangimistici: tratto gastrointestinale di animali monogastrici, fermentazione dei silaggi, trattamento di sottoprodotti fibrosi e preparazione di ingredienti vegetali più accessibili ^[2].

Dal punto di vista biochimico, la cellulosa è formata da catene lineari di glucosio unite da legami β -1,4. Queste catene si aggregano in microfibrille cristalline e semicristalline, inserite in una rete che comprende emicellulose, pectine, lignina e proteine strutturali. La cellulasi non agisce quindi su una molecola isolata, ma su una matrice vegetale complessa: l'efficienza dipende dall'accessibilità fisica della cellulosa, dal grado di lignificazione e dalla presenza di altre frazioni di carboidrati non amidacei ^[3].

Nel settore degli additivi per mangimi, le cellulasi rientrano nella categoria più ampia delle carboidrasi, insieme a xilanasi, β -glucanasi, mannanasi e altre attività che degradano polisaccaridi strutturali o antinutrizionali. Una revisione recente sugli enzimi carboidrato-attivi nel feed sottolinea che questi

enzimi sono impiegati per migliorare l'utilizzazione dei nutrienti e modulare l'effetto della fibra nelle diete animali, soprattutto quando le materie prime vegetali contengono componenti poco digeribili ^[1].

Perché la fibra vegetale limita la valorizzazione del mangime

La fibra è necessaria in molte formulazioni, ma non tutta la fibra ha lo stesso valore nutrizionale. Nei ruminanti, una parte della cellulosa può essere fermentata dal microbiota ruminale; nei monogastrici, invece, l'assenza di una fermentazione pre-gastrica estesa limita la capacità di utilizzare cellulosa e altri polisaccaridi strutturali. In entrambi i casi, la parete cellulare può intrappolare amido, proteine, lipidi e minerali, riducendo l'accessibilità dei nutrienti durante la digestione ^[1].

Il problema è particolarmente evidente nei foraggi maturi, nei residui colturali e nei sottoprodotti agroindustriali. La lignificazione rende la cellulosa meno accessibile, mentre l'associazione con emicellulose e lignina ostacola il contatto tra enzima e substrato. Per questo la cellulasi acida è più utile quando viene inserita in una strategia tecnica che considera la natura della fibra, la granulometria, l'umidità, il tempo di contatto e l'eventuale presenza di enzimi complementari ^[4].

Nei mangimi per animali monogastrici, l'interesse per le carboidrasi è legato anche alla riduzione della viscosità intestinale, al rilascio di nutrienti intrappolati e alla possibile modulazione della fermentazione nel tratto distale. Le cellulasi non sostituiscono enzimi più mirati quando il substrato principale è arabinoxilano, β -glucano o mannanano, ma possono contribuire quando la frazione cellulosica è rilevante o quando il prodotto è parte di una miscela enzimatica più ampia ^[1].

Meccanismo d'azione: come la cellulasi acida modifica la matrice fibrosa

Una preparazione cellulolitica può includere attività che agiscono in modo complementare. Le endoglucanasi tagliano legami interni nelle regioni più accessibili della cellulosa, creando nuove estremità di catena; le cellobioidrolasi o esoglucanasi rimuovono unità più corte dalle estremità; le β -glucosidasi convertono cellobiosio e oligosaccaridi in glucosio. Nelle applicazioni pratiche, l'effetto osservato non è una "digestione totale" della cellulosa, ma un indebolimento parziale della struttura fibrosa ^[5].

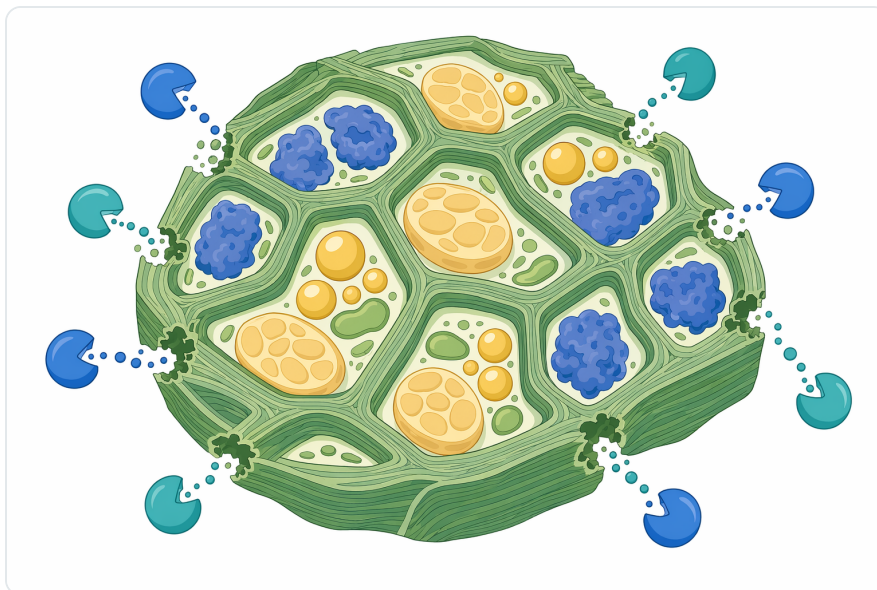


Figure 1. 산성 셀룰라아제는 셀룰로오스가 풍부한 식물 세포벽을 약화시켜 사료 조직에 이미 존재하는 영양소가 더 쉽게 이용될 수 있도록 한다.

Questo indebolimento può avere tre conseguenze rilevanti per il feed. Primo, una parte della parete cellulare diventa più porosa, facilitando l'accesso di microrganismi e altri enzimi. Secondo, si possono liberare zuccheri o oligosaccaridi fermentescibili, utili nei processi di insilamento o nella fermentazione ruminale. Terzo, la matrice vegetale può rilasciare nutrienti precedentemente intrappolati nella parete cellulare, migliorando la disponibilità potenziale della razione ^[3].

La specificità “acida” è importante perché molti ambienti feed non sono neutri: il proventricolo e il ventriglio degli avicoli, lo stomaco dei suini, i silaggi in fermentazione e alcune miscele umide hanno pH acidi o tendenti all'acido. Un enzima con profilo adatto a queste condizioni ha maggiori probabilità di mantenere funzione durante la finestra operativa in cui il substrato è disponibile. Tuttavia, la risposta finale dipende anche da temperatura, tempo di esposizione, umidità e composizione del mangime ^[6].

Applicazioni principali negli additivi per mangimi

Pollame: supporto nelle diete vegetali ricche di fibra

Nei broiler e nelle ovaiole, la cellulasi acida può essere considerata quando la dieta include ingredienti vegetali con pareti cellulari resistenti, sottoprodotti o quote più elevate di fibra. La letteratura sugli enzimi esogeni nel pollame evidenzia che l'effetto dipende dal tipo di cereale, dalla presenza di polisaccaridi non amidacei, dall'età dell'animale e dall'interazione con altre carboidrasi ^[1].

Un lavoro del 2024 ha valutato l'aggiunta di cellulasi da *Trichoderma reesei* in diete per broiler durante un periodo di 21 giorni, mostrando che la cellulasi è oggetto di studio specifico anche in formulazioni avicole moderne ^[7]. Questo non significa che ogni dieta per broiler tragga lo stesso beneficio dalla sola cellulasi: se la limitazione principale è data da arabinoxilani del frumento, per esempio, la xilanasi può avere un ruolo più diretto, mentre la cellulasi può contribuire all'effetto complessivo in una miscela multienzimatica.

Un'altra area di interesse è l'uso di preparazioni ottenute da fermentazione solida o miscele pro-enzimatiche in diete a base di frumento. Uno studio recente su broiler alimentati con dieta wheat-based ha riportato benefici su performance di crescita, salute e microbiota intestinale con supplementazione di pro-enzimi da fermentazione solida, confermando l'interesse per sistemi enzimatici complessi nelle diete ricche di componenti vegetali strutturali ^[8].

Suini: gestione della fibra e sottoprodotti vegetali

Nei suini, l'uso di cellulasi acida è più rilevante nelle formulazioni che includono crusche, coprodotti della soia, residui vegetali o ingredienti alternativi con frazioni fibrose meno digeribili. I suini possono fermentare parte della fibra nel grosso intestino, ma l'energia ottenuta da questa via è meno efficiente rispetto alla digestione enzimatica di amido e grassi; ridurre la barriera fisica della parete vegetale può quindi aiutare a rendere più accessibili alcuni nutrienti ^[9].

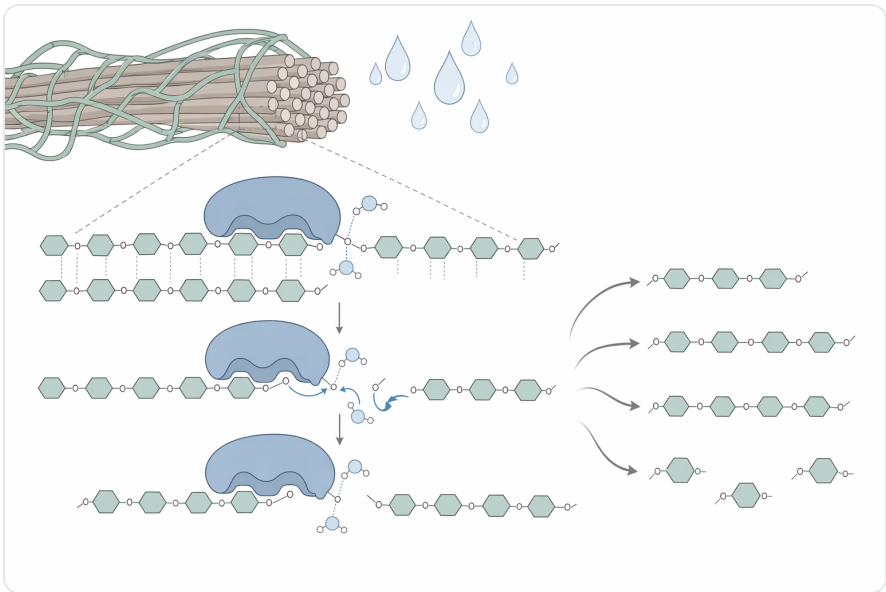


Figure 2. 셀룰라아제 시스템은 협동적으로 작용하여 엔도셀룰라아제가 사슬 내부의 절단 부위를 열고, 엑소셀룰라아제가 셀로덱스트린을 방출하며, β -글루코시다아제가 셀로비오스를 포도당으로 전환한다.

I coprodotti della soia, ad esempio, sono considerati interessanti per l'alimentazione suina, ma presentano benefici e limiti legati a valore nutrizionale, sicurezza e impatto ambientale. In questi casi, una carboidrasi come la cellulasi non va letta come soluzione isolata, ma come parte di una formulazione che bilancia energia, aminoacidi, fibra, fattori antinutrizionali e digeribilità complessiva [9].

Ruminanti: foraggi, rumine e pretrattamento della razione

Nei ruminanti, la cellulasi acida può essere impiegata con due logiche diverse: come supporto al pretrattamento di foraggi e razioni fibrose, oppure come componente di miscele enzimatiche aggiunte alla dieta. Il rumine possiede già una popolazione microbica cellulolitica, ma l'aggiunta di enzimi esogeni può modificare l'accessibilità iniziale del substrato e influenzare la cinetica di fermentazione [10].

Uno studio su una dieta ad alto contenuto di foraggio pretrattata con una miscela di cellulasi e xilanasi ha valutato digeribilità e fermentazione ruminale, evidenziando l'interesse pratico della combinazione tra enzimi che agiscono su cellulosa ed emicellulosa [11]. Questo è coerente con la struttura reale della parete vegetale: raramente la cellulosa è esposta da sola, mentre più spesso è associata ad arabinoxilani, glucuronoxilani e lignina.

Le meta-analisi sugli enzimi esogeni nei bovini da carne indicano che performance, digeribilità e parametri di fermentazione ruminale sono gli endpoint più studiati, ma anche che le risposte possono variare in modo marcato tra prove, diete e condizioni di allevamento [10]. Per questo una cellulasi acida va interpretata come strumento tecnico per razioni specifiche, non come additivo universale con effetto costante.

Vacche da latte: miscele enzimatiche e qualità della razione

Nelle vacche in lattazione, l'interesse per gli enzimi esogeni riguarda l'efficienza di utilizzazione dei foraggi, la fermentazione ruminale e la performance produttiva. Uno studio su vacche Jersey in lattazione ha valutato l'impiego di una miscela di enzimi esogeni nella dieta, considerando fermentazione ruminale in vivo e in vitro, performance produttiva, qualità del latte e salute animale [12].

Anche in questo caso, la cellulasi acida è più plausibile quando la razione contiene foraggi o sottoprodotti con una frazione cellulosica significativa. Il suo ruolo può essere rafforzato dalla presenza di xilanasi, perché la degradazione dell'emicellulosa può esporre ulteriormente la cellulosa all'attacco enzimatico. La letteratura sulla sinergia cellulasi-xilanasi descrive questa complementarità come un principio ricorrente nelle biotecnologie industriali applicate alla biomassa lignocellulosica [4].

Silaggi e fermentazione: dove la cellulasi acida ha un razionale forte

Il silaggio è una delle applicazioni più coerenti per la cellulasi acida, perché combina substrati vegetali fibrosi, umidità, ambiente progressivamente acido e attività microbica. Durante l'insilamento, i batteri lattici trasformano zuccheri fermentescibili in acido lattico, riducendo il pH e stabilizzando la massa. Se il materiale ha pochi zuccheri disponibili o una fibra molto strutturata, la cellulasi può contribuire a liberare substrati fermentescibili dalla parete cellulare ^[13].

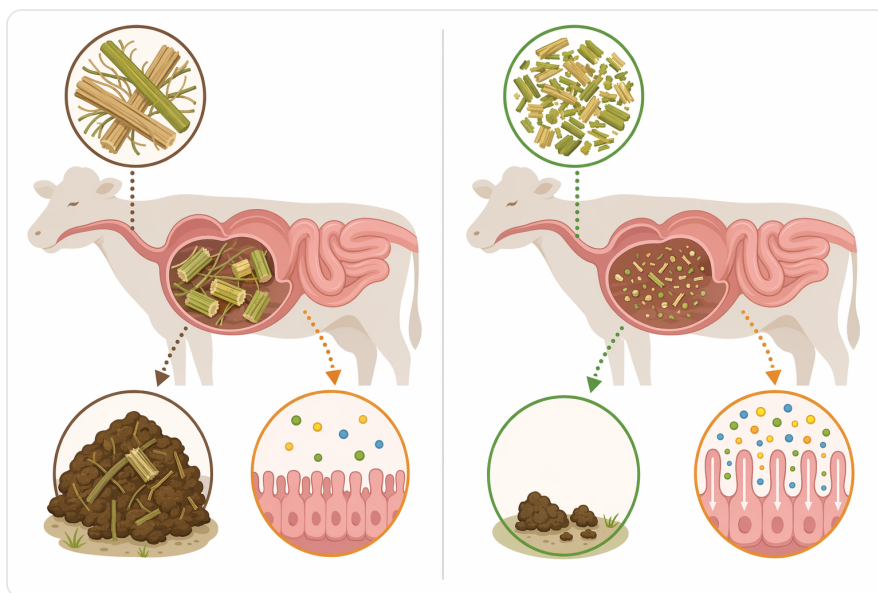


Figure 3. 사료 효소는 작용하는 기질에 따라 다르며, 셀룰라아제는 셀룰로오스를 표적으로 하는 반면 자일라나아제, β -글루카나아제, 피타아제, 프로테아제는 사료의 다른 제한 요인을 개선한다.

Nel caso della bagassa di canna da zucchero, una matrice fibrosa abbondante ma difficile da valorizzare, la combinazione di *Lactobacillus*, cellulasi e melassa è stata studiata per migliorare la qualità come alimento per ruminanti ^[13]. Questo esempio mostra bene il ruolo della cellulasi: non è semplicemente un “digestore” di fibra, ma un fattore che può interagire con fonti di zuccheri, microrganismi lattici e condizioni di fermentazione.

Nei silaggi e nei trattamenti di foraggi, l'associazione cellulasi-xilanasi è particolarmente rilevante perché la parete vegetale non è composta da sola cellulosa. Le xilanasi possono agire sulle emicellulose, riducendo l'effetto schermante intorno alle microfibrille cellulose; le cellulasi possono poi accedere meglio ai punti vulnerabili della cellulosa. La sinergia tra questi due gruppi enzimatici è documentata come principio tecnico in diversi processi biotecnologici su biomasse vegetali ^[4].

Sottoprodotti agricoli e feed sostenibile

La pressione sui costi delle materie prime e la necessità di ridurre sprechi agroindustriali rendono sempre più interessante la valorizzazione di sottoprodotti fibrosi. Bucce, bagasse, residui di cereali, coprodotti della soia e frazioni lignocellulosiche possono entrare nelle diete animali solo se gestiti con attenzione, perché fibra e lignina possono diluire energia e ridurre la digeribilità ^[9].

La produzione di enzimi da substrati agroindustriali è a sua volta un tema di economia circolare. Uno studio del 2024 ha descritto la produzione di amilasi e cellulasi da *Bacillus subtilis* usando scarti di patata trattati, un esempio di come residui vegetali possano essere convertiti in biocatalizzatori di interesse industriale ^[14]. Per gli utilizzatori feed, questo non modifica direttamente la formulazione, ma conferma la convergenza tra biotecnologie enzimatiche e valorizzazione dei flussi agricoli secondari.

Dal punto di vista ambientale, gli enzimi per mangimi devono essere valutati nel quadro complessivo della formulazione. I modelli di formulazione multi-obiettivo per suini e broiler mostrano che la riduzione degli impatti ambientali al cancello dell’azienda dipende da scelte integrate su ingredienti, nutrienti, performance e vincoli produttivi ^[15]. La cellulasi acida può contribuire a questa strategia quando permette un uso più efficiente di ingredienti fibrosi, ma il beneficio ambientale non va presunto senza considerare l’intera razione.

Tabella comparativa delle applicazioni della cellulasi acida nel feed

Area applicativa	Substrato o dieta tipica	Ruolo tecnico della cellulasi acida	Evidenza disponibile	Interpretazione pratica
Broiler e pollame	Diete vegetali con cereali, sottoprodotti o fibra strutturale	Rende più accessibile parte della parete cellulare; può integrarsi con altre carboidrasi	Cellulasi da <i>Trichoderma reesei</i> valutata in diete broiler per 21 giorni ^[7]	Utile soprattutto in formulazioni dove la fibra limita l’accesso ai nutrienti
Suini	Coprodotti vegetali, crusche, ingredienti fibrosi	Supporto alla gestione della fibra e al rilascio di nutrienti intrappolati	Interesse documentato per benefici e limiti dei coprodotti della soia nelle diete suine ^[9]	Da considerare dentro una formulazione bilanciata, non come correzione isolata

Area applicativa	Substrato o dieta tipica	Ruolo tecnico della cellulasi acida	Evidenza disponibile	Interpretazione pratica
Bovini da carne	Razioni ad alto foraggio	Pretrattamento della fibra e possibile modulazione della fermentazione ruminale	Meta-analisi su enzimi esogeni in bovini da carne; studio su miscela cellulasi-xilanasi in dieta high-forage [[5], [12]]	Più promettente quando la frazione fibrosa è elevata e accessibile
Vacche da latte	Foraggi, insilati, razioni miste	Supporto a degradazione fibrosa e fermentazione ruminale	Miscela di enzimi esogeni valutata in vacche Jersey in lattazione [12]	L'effetto dipende da qualità del foraggio, razione e microbiota ruminale
Silaggi e foraggi trattati	Bagassa, foraggi fibrosi, residui colturali	Libera zuccheri fermentescibili e indebolisce la parete vegetale	Bagassa di canna migliorata con <i>Lactobacillus</i> , cellulasi e melassa [13]	Applicazione con forte razionale quando fermentazione e fibra sono fattori critici
Miscele multienzimatiche	Cellulosa + emicellulose	Sinergia con xilanasi e altre carboidrasi	Sinergia cellulasi-xilanasi descritta nelle biotecnologie industriali [4]	Spesso più realistica della sola cellulasi in matrici vegetali complesse

Differenza tra cellulasi acida, xilanasi e altre carboidrasi

La cellulasi acida ha come bersaglio principale la cellulosa. La xilanasi agisce invece sugli xilani, una famiglia di emicellulose abbondante in cereali, paglie e pareti secondarie. Le β -glucanasi degradano β -glucani presenti in orzo e avena, mentre le mannanasi agiscono su mannani e galattomannani, rilevanti in alcune farine e coprodotti. Questa distinzione è importante perché un enzima funziona solo se il suo substrato è presente e accessibile [1].

Nelle materie prime reali, le pareti cellulari contengono più polisaccaridi intrecciati. Per questo le formulazioni enzimatiche feed spesso combinano attività diverse. La cellulasi può aprire porzioni cellulosiche, mentre la xilanasi riduce la componente emicellulosica che circonda la cellulosa. La sinergia non è un concetto generico: deriva dal fatto che la rimozione di un componente della parete aumenta l'accesso dell'altro enzima al proprio substrato [4].

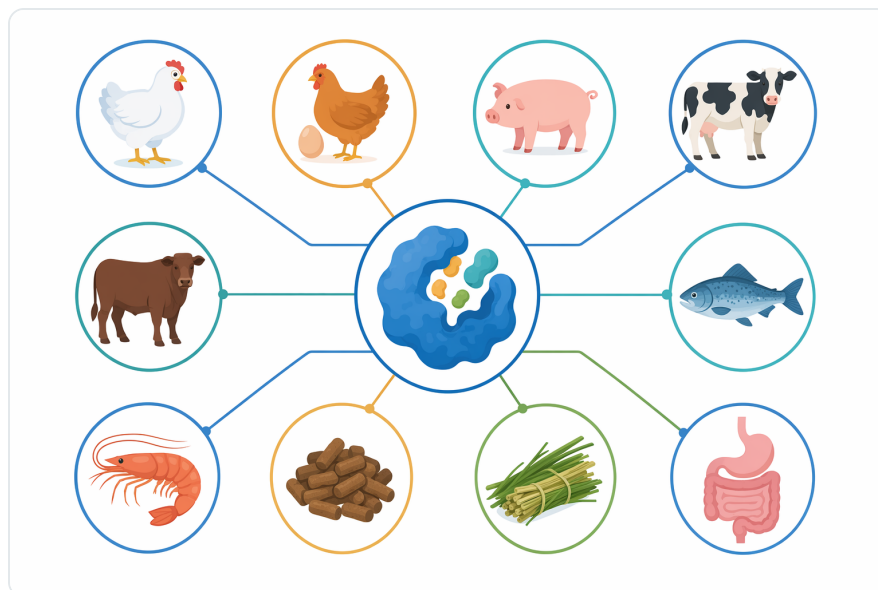


Figure 4. 셀룰라아제는 벼짚, 옥수수대, 조사료, 밀기울류, 껍질류, 곡물 부산물, 발효 식물 잔사와 같은 섬유질 기질에 가장 적합하다.

La fitasi, spesso citata insieme agli enzimi feed, ha invece una funzione diversa: libera fosforo dal fitato. Proteasi e lipasi agiscono su proteine e lipidi. La cellulasi acida appartiene quindi alla famiglia degli enzimi per la fibra, non agli enzimi per minerali, proteine o grassi. Questa classificazione aiuta a evitare aspettative scorrette: il suo contributo principale riguarda la matrice vegetale strutturale ^[1].

Fattori che influenzano la risposta in mangime

La prima variabile è la composizione della dieta. Una cellulasi acida ha poco margine d'azione in una razione con bassa frazione cellulosica o con cellulosa fortemente lignificata e poco accessibile. Al contrario, può avere maggiore razionale in foraggi, silaggi, bagasse, residui colturali e diete che includono ingredienti vegetali con pareti cellulari integre ^[3].

La seconda variabile è il contesto biologico. Nei monogastrici, l'obiettivo è spesso aumentare l'accessibilità dei nutrienti prima che la fibra arrivi al tratto fermentativo distale. Nei ruminanti, l'enzima deve interagire con una fermentazione microbica già intensa, e il risultato dipende dal rapporto tra effetto enzimatico diretto, colonizzazione microbica della fibra e dinamica del rumine ^[10].

La terza variabile è la compatibilità con il processo. Calore, umidità, tempo di contatto, pH e distribuzione uniforme nel materiale influenzano l'efficacia. Le cellulasi industriali sono oggetto di ricerca anche per stabilità, specificità e robustezza applicativa, ma non tutte le preparazioni hanno lo stesso profilo. Le revisioni sulla produzione e caratterizzazione delle cellulasi fungine mostrano un'ampia diversità di proprietà tra fonti microbiche e condizioni operative ^[5].

Benefici attesi e limiti da interpretare correttamente

Il beneficio più diretto è l'aumento dell'accessibilità della fibra vegetale. Questo può tradursi in una maggiore disponibilità di substrati fermentescibili nei silaggi, in un migliore contatto tra microbi ruminali e foraggio, o in una riduzione dell'effetto barriera delle pareti cellulari nei mangimi per monogastrici. La letteratura sulle biomasse lignocellulosiche descrive questo effetto come conseguenza dell'idrolisi parziale dei polisaccaridi strutturali ^[3].

Un secondo beneficio è la valorizzazione di ingredienti meno convenzionali. Residui agricoli e coprodotti possono ridurre la dipendenza da materie prime più costose, ma richiedono attenzione perché la fibra può abbassare la densità energetica e modificare la digeribilità. In questo scenario, una cellulasi acida può essere una leva tecnica per migliorare l'uso di frazioni vegetali complesse, soprattutto se combinata con fermentazione o altre carboidrasi ^[13].

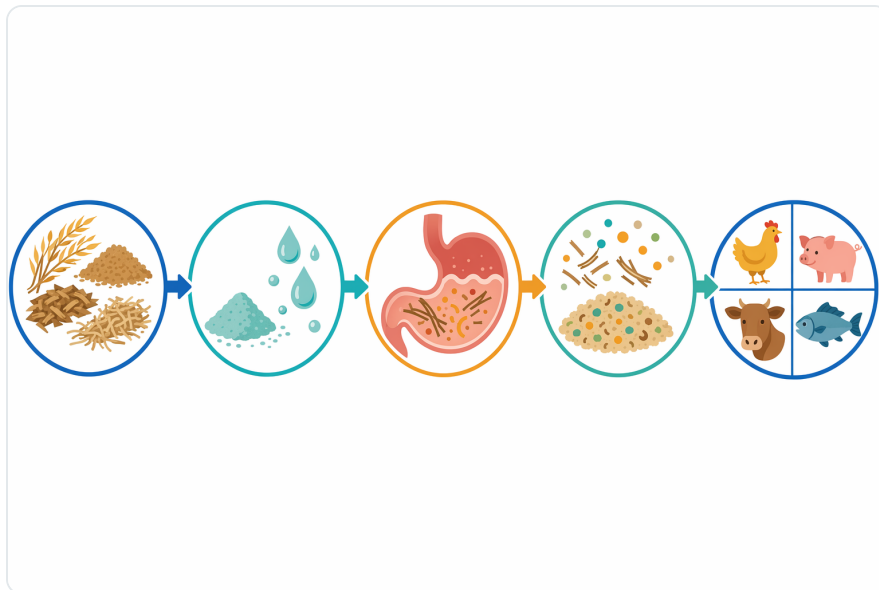


Figure 5. 사일리지에서 셀룰라아제는 섬유질 바이오매스로부터 수용성 탄수화물을 방출할 수 있으며, 젖산균은 이를 보존에 필요한 산으로 전환한다.

Il limite principale è la variabilità. Gli enzimi esogeni non producono effetti identici in tutte le specie, diete e condizioni produttive. Le evidenze su bovini, broiler e miscele enzimatiche confermano l'interesse applicativo, ma anche la necessità di interpretare i risultati in base al substrato e al sistema alimentare specifico ^[10].

Posizionamento di Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives di Enzymes.bio

Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives è una cellulasi acida destinata ad applicazioni professionali negli additivi per mangimi, nella gestione di ingredienti fibrosi e nei processi collegati alla valorizzazione di matrici vegetali. Enzymes.bio opera come fornitore online del prodotto: non è un produttore e non è un laboratorio analitico .

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, così da accompagnare l'utilizzatore con la documentazione essenziale di prodotto e sicurezza .

Per gli operatori B2B, il valore pratico della cellulasi acida è maggiore quando l'applicazione è coerente con il suo substrato: foraggi, silaggi, mangimi fibrosi, sottoprodotti vegetali e razioni in cui la parete cellulare rappresenta una barriera alla disponibilità dei nutrienti. La cellulasi acida non deve essere considerata un correttivo universale, ma un ingrediente funzionale da integrare in una formulazione tecnicamente fondata ^[1].

Conclusione

La cellulasi acida per additivi per mangimi è un enzima progettato per intervenire sulla frazione cellulosica delle materie prime vegetali. Il suo ruolo è particolarmente rilevante in foraggi, silaggi, sottoprodotti agricoli e diete ad alto contenuto di fibra, dove può contribuire a rendere la matrice vegetale più accessibile e a supportare fermentazione o digestione ^[3].

Le evidenze più solide non suggeriscono un effetto automatico in ogni razione, ma confermano un razionale tecnico chiaro: gli enzimi carboidrato-attivi sono strumenti utili per gestire polisaccaridi strutturali e migliorare l'utilizzazione delle materie prime vegetali quando substrato, processo e specie animale sono coerenti ^[1]. In questo quadro, Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives di Enzymes.bio si posiziona come opzione per utilizzatori professionali che lavorano con ingredienti fibrosi e cercano una cellulasi acida disponibile online in confezione da 1 kg, con CoA e SDS forniti insieme all'ordine.

Ordina Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives 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 Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives →](#)

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. Plouhinec, L., Neugnot, V., Lafond, M., & Berrin, J. (2023). Carbohydrate-active enzymes in animal feed. *Biotechnology Advances*, 108145 .
2. Maravi, P., & Kumar, A. (2021). Cellulase: Distribution, Production, Characterization and Industrial Applications. *Biotechnology Journal International*.
3. Singh, A., Ujla, K., & Shrivastava, S. (2025). Lignocellulosic Biomass and Enzymes: Fundamentals, Emerging Technologies, and Applications. *Catalysis Research*.
4. Bajaj, P., & Mahajan, R. (2019). Cellulase and xylanase synergism in industrial biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 8711 - 8724.
5. Singh, A., Bajar, S., Devi, A., & Pant, D. (2021). An overview on the recent developments in fungal cellulase production and their industrial applications. *Bioresource Technology Reports*, 14, 100652.
6. Dadwal, A., Sharma, S., & Satyanarayana, T. (2021). Thermostable cellulose saccharifying microbial enzymes: Characteristics, recent advances and biotechnological applications. *International Journal of Biological Macromolecules*.
7. Santos Perim, F., Silva, W. J., Souza, D. O., Ulhoa, C. J., Rezende, C. F., Santos, L. F., Santos, F. R., ... et al. (2024). Effects of the Addition of Trichoderma reesei Cellulase to Broiler Chicken Diets for a 21-Day Period. *Animals*, 14.
8. Li, J., Bai, G., Gao, Y., Gao, Q., Zhong, R., Chen, L., Wang, Y., ... et al. (2024). Solid-state fermentation pro-enzymes supplementation benefits growth performance, health, and intestinal microbiota of broiler chickens fed wheat-based diet. *Animal Research and One Health*, 3, 432 - 444.
9. Yang, Z., Urriola, P., & Shurson, G. (2024). 112 Nutritional, feed safety, and environmental benefits and limitations of using soybean co-products in swine diets. *Journal of Animal Science*.
10. Ferreira, I. M., Mantovani, H., Vedovatto, M., Cardoso, A. S., Rodrigues, A. A., Homem, B. G. C., Abreu, M. J. I. J. I., ... et al. (2025). Impact of dietary exogenous feed enzymes on performance, nutrient digestibility, and ruminal fermentation parameters in beef cattle: a meta-analysis. *Animal*, 19 5, 101481 .

11. Selzer, K., Hassen, A., Akanmu, A. M., & Salem, A. (2021). Digestibility and rumen fermentation of a high forage diet pre-treated with a mixture of cellulase and xylanase enzymes. *South African Journal of Animal Science*, 51, 399-406.
12. Vitt, M. G., Brunetto, A. L., Leal, K., Deolindo, G. L., Corrêa, N. G., Silva, L. E. L., Wagner, R., ... et al. (2025). Use of a Blend of Exogenous Enzymes in the Diet of Lactating Jersey Cows: Ruminal Fermentation In Vivo and In Vitro, and Its Effects on Productive Performance, Milk Quality, and Animal Health. *Fermentation*.
13. So, S., Cherdthong, A., & Wanapat, M. (2020). Improving sugarcane bagasse quality as ruminant feed with Lactobacillus, cellulase, and molasses. *Journal of Animal Science and Technology*, 62, 648 - 658.
14. Mushtaq, Q., Ishtiaq, U., Joly, N., Qazi, J., & Martin, P. (2024). Amylase and Cellulase Production from Newly Isolated Bacillus subtilis Using Acid Treated Potato Peel Waste. *Microorganisms*, 12.
15. Méda, B., Garcia-Launay, F., Dusart, L., Ponchant, P., Espagnol, S., & Wilfart, A. (2021). Reducing environmental impacts of feed using multiobjective formulation: What benefits at the farm gate for pig and broiler production?. *Animal*, 15 1, 100024 .

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.