

Pectinasi neutra E3100 industriale per industria cartaria: biopulping, trattamento fibre e acque bianche

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

Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 – Paper Industry Enzyme è una pectinasi di grado industriale destinata a processi cartari in cui pectine e materiali pectici influenzano accessibilità delle fibre, chimica delle acque bianche e stabilità colloidale. Il suo ruolo tecnico è degradare selettivamente componenti pectici della biomassa vegetale o dei flussi di processo, non sostituire in modo generico pulping, sbianca, depurazione o sistemi di additivazione. Enzymes.bio la rende disponibile come fornitore online in unità da **1 kg**; certificato di analisi e scheda di dati di sicurezza sono forniti insieme all'ordine .

Perché una pectinasi interessa alla produzione di carta e cellulosa

La pectina è una famiglia di polisaccaridi della parete cellulare vegetale, particolarmente associata alla lamella mediana, cioè la regione che contribuisce alla coesione tra cellule adiacenti. Nei materiali lignocellulosici usati per carta e cellulosa, la pectina non è il componente più abbondante rispetto a cellulosa, emicellulose e lignina, ma può avere un impatto sproporzionato sulla separazione fibrosa, sulla bagnabilità superficiale e sulla generazione di specie disciolte o colloidali cariche ^[1].

Una pectinasi è un enzima che interviene su questi polimeri pectici. In termini biochimici, la famiglia comprende attività diverse: le poligalatturonasi scindono legami glicosidici nelle regioni ricche di acido galatturonico; le pectato liasi e pectin liasi rompono la catena per eliminazione; le pectin metilesterasi modificano il grado di esterificazione, cambiando carica e suscettibilità della pectina ad altre attività enzimatiche. Questa combinazione di azioni spiega perché il termine “pectinase” venga spesso usato in senso industriale per indicare una miscela funzionale orientata alla degradazione o modifica della matrice pectica ^[2].

Nel settore cartario, l'interesse non nasce solo dalla chimica della fibra, ma anche dalla chimica dell'acqua. I circuiti chiusi o parzialmente chiusi di cartiera accumulano sostanze disciolte e colloidali, incluse frazioni anioniche che possono interferire con ritenzione, drenaggio, additivi cationici e

controllo del deposito. Le pectine e i derivati dell'acido poligalatturonico rientrano tra le sostanze che possono contribuire a questa domanda anionica quando vengono rilasciate dalla materia prima o da trattamenti alcalini e meccanici [3].

Che cosa significa “neutral pectinase” in un contesto industriale

La dicitura **neutral pectinase** indica un prodotto formulato per lavorare in condizioni prossime alla neutralità, cioè in ambienti meno estremi rispetto a processi fortemente acidi o fortemente alcalini. Questo è rilevante perché molte fasi cartarie — preparazione dell'impasto, trattamento di fibre riciclate o gestione di acque bianche — possono trovarsi in finestre operative moderate, dove un enzima neutro può essere più coerente con la chimica esistente rispetto a un enzima ottimizzato per condizioni molto diverse.

È importante non interpretare “neutro” come sinonimo di effetto universale. L'enzima resta una proteina catalitica: la sua efficacia dipende dalla presenza reale di substrati pectici, dal tempo di contatto, dalla dispersione nell'impasto o nel flusso, dalla compatibilità con la temperatura di processo e dalla presenza di sostanze che possono ridurre l'attività. La letteratura sugli enzimi microbici per carta e cellulosa mostra infatti che le prestazioni applicative sono sempre legate alla matrice fibrosa e alle condizioni di processo, non alla sola identità dell'enzima [4].

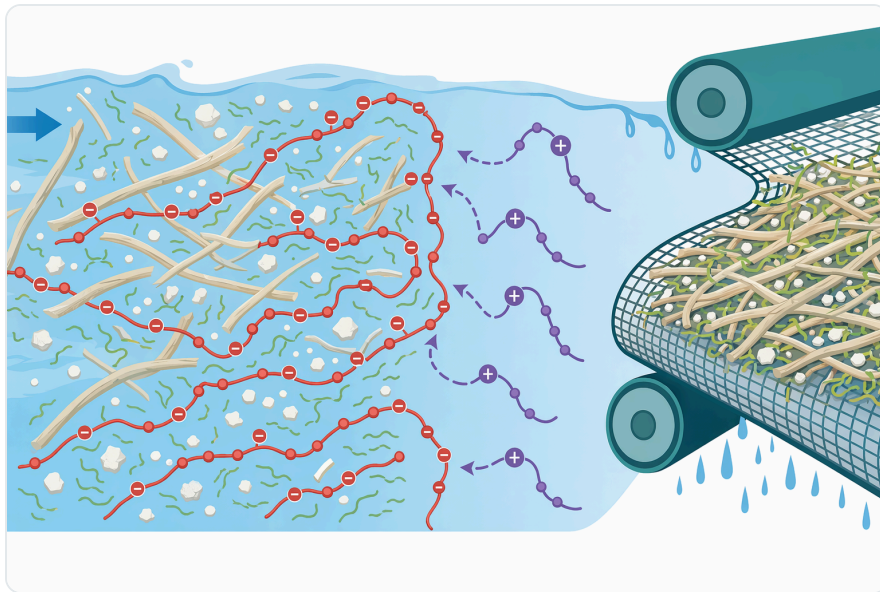


Figure 1. 용해된 펙틴성 고분자는 양이온성 습부 첨가제가 섬유, 미세분, 충전제와 상호작용하기 전에 먼저 소모시킬 수 있습니다.

Nel caso di **Industrial Grade Neutral Pectinase E3100**, il posizionamento corretto è quindi quello di un enzima specializzato per materiali pectici nella carta. Enzymes.bio non va intesa come produttore o laboratorio: il ruolo è la fornitura online del prodotto in confezione da 1 kg, con documentazione di

accompagnamento all'ordine .

Meccanismo d'azione: dalla pectina alla modifica della fibra

La pectina contiene regioni di omogalatturonano, ramnogalatturonano e catene laterali neutre; la parte più rilevante per la chimica di processo è spesso la frazione ricca di acido galatturonico, perché porta gruppi carbossilici che possono contribuire alla carica anionica. Quando una pectinasi rompe la catena o ne modifica l'esterificazione, riduce la dimensione molecolare, cambia la solubilità e altera l'interazione della pectina con fibre, filler, colloidi e additivi ^[1].

A livello fibroso, il punto chiave è la lamella mediana. La cellulosa costituisce la struttura portante della fibra, ma la separazione tra cellule vegetali e la pulizia della superficie dipendono anche da componenti non cellululosici. La degradazione parziale dei materiali pectici può allentare la matrice che lega o riveste la fibra, aumentando l'accessibilità delle superfici a trattamenti successivi. Questo non equivale a una delignificazione completa: la lignina richiede enzimi o chimiche differenti, mentre la pectinasi agisce principalmente sulla frazione pectica ^[4].

Nelle acque bianche, il meccanismo è diverso ma collegato. Le pectine solubilizzate possono comportarsi come polielettroliti anionici naturali; in presenza di additivi cationici, possono consumare carica prima che l'additivo raggiunga fibre, fini o cariche minerali. La frammentazione enzimatica può ridurre l'effetto colloidale e modificare la disponibilità dei siti anionici, contribuendo a una gestione più stabile della chimica di processo quando la pectina è una quota rilevante del problema ^[3].

Applicazioni principali della pectinasi E3100 nella filiera cartaria

Pretrattamento di fibre vegetali e materie prime non legnose

Le materie prime non legnose, come residui agricoli e fibre annuali, possono contenere quantità più significative di pectine, cere, estrattivi e componenti superficiali rispetto a molte paste legnose tradizionali. In questi casi la pectinasi è particolarmente pertinente perché interviene su uno dei componenti che contribuiscono alla coesione e alla resistenza iniziale della matrice vegetale. Gli studi su approcci xylano-pectinolitici per la paglia di frumento indicano che miscele enzimatiche contenenti attività pectinolitiche possono sostenere un pulping più selettivo per la produzione di carta di buona qualità ^[5].

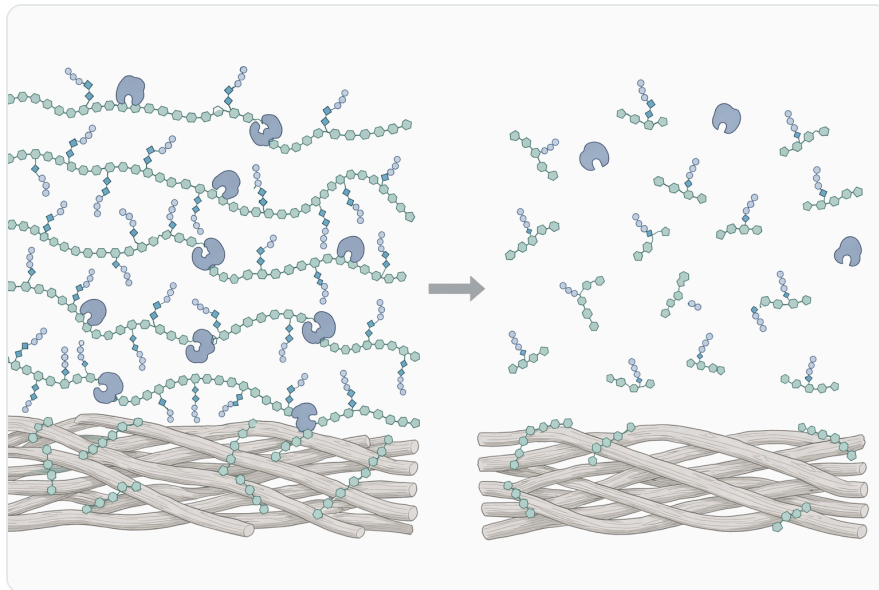


Figure 2. 중성 펙티나아제는 전하를 띤 긴 펙틴성 고분자를 더 짧은 조각으로 절단해 양이온 요구도에 미치는 영향을 낮춤으로써 펙틴 관련 간섭을 줄입니다.

La bagassa è un esempio utile perché rappresenta una materia prima fibrosa ricca di componenti non cellulose e spesso valutata per prodotti cartari. Studi sul trattamento con pectinasi della fibra di bagassa riportano modifiche della composizione e della morfologia superficiale, coerenti con la rimozione o riduzione di frazioni pectiche che limitano l'accesso alla struttura fibrosa. L'interpretazione industriale è prudente: l'enzima può facilitare la preparazione del materiale, ma il risultato dipende dalla materia prima e dalla sequenza di processo [6].

Biopulping e riduzione della severità del trattamento

Nel biopulping, gli enzimi vengono usati per rendere il materiale lignocelluloso più trattabile prima o durante fasi chimiche e meccaniche. La pectinasi ha un ruolo diverso da xilanasi, cellulasi o perossidasi: non mira principalmente alla rimozione dell'emicellulosa strutturale, alla fibrillazione della cellulosa o alla modifica ossidativa della lignina, ma alla degradazione dei leganti pectici e della matrice interfibra. Questa specificità può essere utile quando si cerca un intervento selettivo senza aggredire direttamente la frazione cellulosa utile alla resistenza del foglio [4].

Nei processi più sostenibili, l'enzima va considerato come un ausilio, non come una scorciatoia. La letteratura sulle applicazioni enzimatiche in carta e cellulosa indica che gli enzimi possono ridurre la dipendenza da alcune condizioni chimiche aggressive, ma solo quando sono inseriti in una strategia coerente con il substrato e con le fasi successive. Per la pectinasi, questa strategia è più plausibile dove il collo di bottiglia è la pectina: fibre vegetali giovani, materie prime agricole, paste con elevata frazione di sostanze disciolte o flussi ricchi di composti anionici [5].

Gestione delle acque bianche e dell'“anionic trash”

Le acque bianche contengono fini, filler, additivi residui e sostanze organiche disciolte. Nei circuiti con elevato riciclo interno, la concentrazione di materiali colloidali può aumentare e modificare il comportamento del sistema di ritenzione. La pectina rilasciata dalla fibra può contribuire al cosiddetto **anionic trash**, cioè un insieme di sostanze anioniche che consumano additivi cationici e rendono meno prevedibile la risposta del processo ^[3].



Figure 3. 산성 지향, 중성, 알칼리성 펙티나아제 개념은 주로 공정 pH 적합성과 펙틴 분해 활성이 유용한 펄프 또는 바이오매스 환경에서 차이가 납니다.

In questo scenario, una pectinasi neutra può essere valutata come strumento per intervenire sulla frazione pectica del carico anionico. L'obiettivo tecnico non è “depurare” completamente l'acqua, ma ridurre o modificare un gruppo specifico di polimeri organici che interferiscono con la chimica della cartiera. Questo punto è importante perché trattamenti come ozonazione, membrane o sistemi fisico-chimici hanno finalità molto più ampie nel trattamento dei reflui industriali, mentre la pectinasi ha un bersaglio biochimico più ristretto ^[7].

Supporto alla lavorabilità dell'impasto

La presenza di pectine può influenzare idratazione, dispersione, interazioni con polimeri di processo e comportamento dei fini. Se la pectinasi riduce la viscosità locale o modifica la frazione colloidale pectica, può contribuire a rendere l'impasto più prevedibile nelle fasi successive. Questo effetto è particolarmente rilevante quando la difficoltà non è la fibra lunga in sé, ma la matrice di sostanze estratte dalla materia prima durante spapolamento, raffinazione o ricircolo dell'acqua ^[3].

La lavorabilità dell'impasto non dipende però da un solo parametro. Filler minerali, additivi di ritenzione, amidi, polielettroliti, pitch, estrattivi e fini cellulose interagiscono tra loro. Le ricerche sui filler cartari mostrano quanto le proprietà superficiali delle cariche e la loro interazione con la fibra siano decisive per qualità e processo; la pectinasi può aiutare solo sulla parte legata ai materiali pectici, non sostituire la progettazione complessiva della chimica di bagnato ^[8].

Pectinasi rispetto ad altri enzimi usati nella carta

Una pectinasi industriale per carta va capita nel panorama più ampio degli enzimi cartari. La tabella seguente distingue le principali famiglie enzimatiche per bersaglio e applicazione, evitando di attribuire alla pectinasi funzioni che appartengono ad altri enzimi.

Famiglia enzimatica	Bersaglio principale	Uso cartario tipico	Differenza rispetto alla pectinasi
Pectinasi	Pectine, acido poligalatturonico, matrice pectica	Pretrattamento fibre vegetali, controllo di composti pectici, supporto alla gestione delle acque bianche	Agisce su materiali pectici e cariche anioniche correlate; non è un enzima primario per lignina o cellulosa
Xilanasi	Xilani ed emicellulose	Pre-sbianca, aumento dell'accessibilità della lignina, miglioramento della risposta chimica	Rimuove o modifica emicellulose, spesso per facilitare sbianca; non è specifica per pectina ^[9]
Cellulasi	Cellulosa amorfa o superfici cellulose	Deinking, drenaggio, modifica della fibrillazione, riciclo carta	Può influenzare direttamente la fibra cellulosa; richiede controllo per evitare perdita di resistenza ^[10]
Perossidasi e ossidoreduttasi	Composti fenolici, lignina, coloranti	Modifica ossidativa, supporto a sbianca o trattamento di cromofori	Bersaglio ossidativo diverso: non degrada selettivamente la pectina ^[11]
Lipasi/esterasi	Trigliceridi, esteri, pitch	Controllo di pitch e depositi organici	Rilevanti per sostanze idrofobiche, non per polisaccaridi pectici ^[4]

Questa distinzione è essenziale per decidere dove collocare **Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 – Paper Industry Enzyme**. Se il problema dominante è la lignina residua, una pectinasi da sola non è l'enzima centrale; se il problema è la pectina rilasciata da fibre agricole o la domanda cationica

attribuibile a poligalatturonati, la pertinenza tecnica aumenta. L'uso corretto nasce dalla corrispondenza tra substrato presente e specificità enzimatica [4].

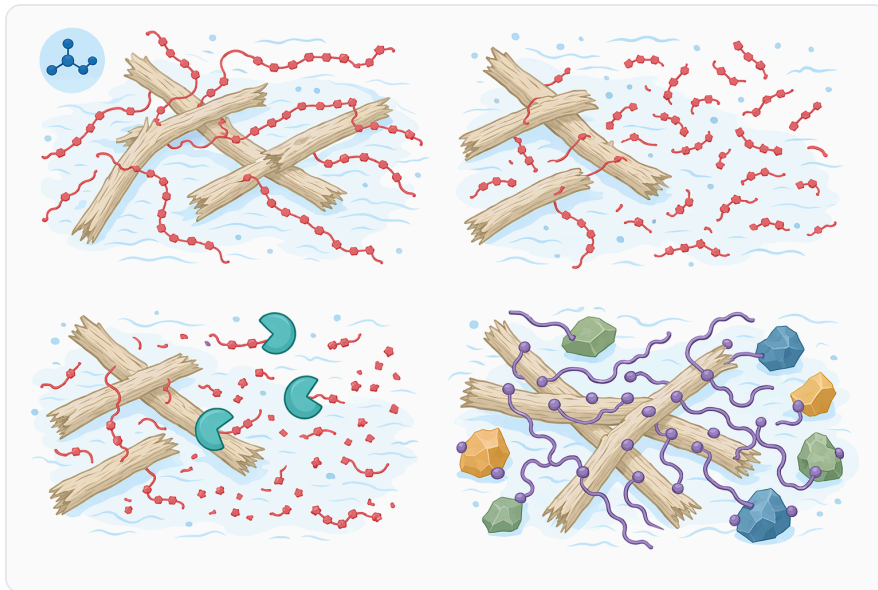


Figure 4. 발표된 과산화물 표백 열기계펄프 연구에서는 펙티나아제 처리가 양이온 요구도를 낮추고 양이온성 고분자의 성능을 향상시키는 것과 관련이 있음을 보여줍니다.

Benefici tecnici realistici

Degradazione selettiva dei materiali pectici

Il primo beneficio è il più diretto: la pectinasi degrada o modifica pectine e derivati pectici. Questo può ridurre l'effetto "collante" della pectina nella matrice vegetale e rendere più accessibili superfici o porzioni di fibra precedentemente schermate. La specificità è un vantaggio perché consente di intervenire su componenti non cellulose senza impostare l'azione enzimatica sulla degradazione della cellulosa strutturale [1].

Migliore accessibilità della fibra

Quando la pectina contribuisce alla compattezza della parete o alla coesione interfibra, la sua modifica può facilitare la penetrazione di acqua, chimici o altri enzimi. Questo è il motivo per cui i pretrattamenti pectinolitici sono studiati soprattutto su materie prime vegetali dove la struttura superficiale è ricca di componenti non cellulose. Gli studi su bagassa trattata con pectinasi sono coerenti con questa logica perché osservano cambiamenti superficiali e compositivi collegati alla rimozione parziale di frazioni pectiche [6].

Riduzione dell'interferenza colloidale da pectine

Nei circuiti di cartiera, una parte del valore della pectinasi riguarda la fase acquosa. Se i composti pectici sono presenti come colloidali anionici, possono consumare polimeri cationici o destabilizzare equilibri di ritenzione. La degradazione enzimatica non elimina tutti i colloidali, ma può ridurre il contributo specifico dei polimeri pectici alla domanda anionica del sistema ^[3].

Supporto a strategie di processo più selettive

Gli enzimi sono spesso introdotti per aumentare la selettività: agiscono su legami o substrati specifici, mentre un trattamento chimico non selettivo può modificare simultaneamente più componenti. Nel caso della pectinasi, la selettività verso pectina e poligalatturonati può aiutare a ridurre la severità di alcune fasi preparatorie o a rendere più efficaci trattamenti successivi. La letteratura su preparazioni xylano-pectinolitiche nella paglia di frumento supporta l'idea di processi più eco-compatibili quando l'enzima viene integrato correttamente nel pulping ^[5].

Limiti tecnici da considerare senza sovrappromesse

La pectinasi non è una soluzione universale per ogni problema cartario. Non sostituisce automaticamente un sistema di sbianca, non rimuove da sola la lignina in modo completo, non controlla tutti i depositi organici e non equivale a un impianto di trattamento reflui. Il suo campo è più preciso: pectine, frazioni poligalatturoniche e conseguenze fisico-chimiche dei materiali pectici ^[4].



Figure 5. E3100은 펙틴이 관련된 경우 펄프 처리, DCS 감소, 보류제 효율 지원, 미세분 및 충전제 보류, 탈수 지원, 박피 또는 칩 처리, 정련 보조 용도로 포지셔닝됩니다.

Il risultato applicativo può variare molto tra fibre legnose, fibre non legnose, carta riciclata e flussi d'acqua di cartiera. Un impasto da fibre vergini kraft, una miscela con bagassa, una pasta meccanica e un circuito di acque bianche ricco di filler hanno chimiche diverse. Anche nel kraft, la gestione degli scarti e dei flussi inorganici è un tema complesso e distinto dalla funzione di un singolo enzima; ciò conferma che la pectinasi va integrata in una visione di processo, non trattata come intervento isolato [12].

Un altro limite riguarda l'interazione con gli additivi. Polielettroliti, amidi, resine, coadiuvanti di ritenzione e cariche minerali possono modificare la disponibilità del substrato o l'effetto percepito dell'enzima. Gli studi sulle proprietà di resistenza della carta in presenza di complessi polielettrolitici mostrano che la chimica della fibra e delle cariche ha un impatto diretto sul foglio finale; qualunque intervento enzimatico deve quindi essere coerente con il sistema di additivazione già presente [13].

Dove può inserirsi nel processo

Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 può essere concettualmente collocata in fasi dove il substrato pectico è disponibile: pretrattamento di fibre vegetali, preparazione dell'impasto, circuiti di acque bianche o punti di processo in cui si accumulano sostanze pectiche disciolte. La scelta del punto di inserimento deve rispettare la logica dell'enzima: serve contatto con la pectina e condizioni non denaturanti per la proteina catalitica [4].

Nel pretrattamento fibroso, l'obiettivo è aprire o indebolire selettivamente la matrice pectica prima di fasi meccaniche o chimiche. In questo contesto, la pectinasi lavora sulla struttura vegetale e può aiutare a rendere la fibra più accessibile. Nei flussi acquosi, invece, l'obiettivo è modificare frazioni pectiche solubilizzate che partecipano alla domanda anionica o alla stabilità colloidale [3].

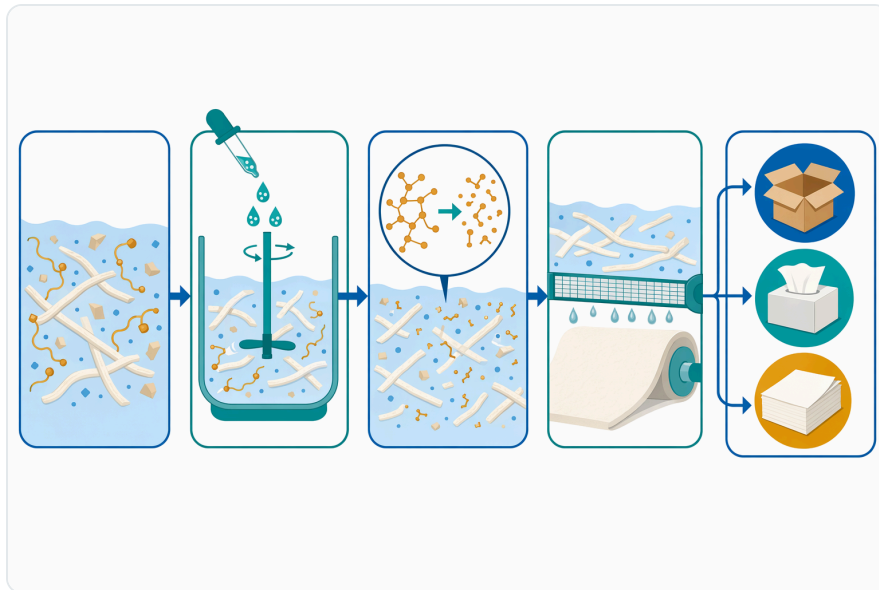


Figure 6. 효과적인 사용을 위해서는 효소가 지원하려는 습부 화학 처리 전에 충분한 체류 시간을 가지고 펙틴 함유 수상과 접촉할 수 있는 위치에 첨가해야 합니다.

La distinzione tra questi due scenari è utile anche per le aspettative: sul materiale fibroso si cercano modifiche di superficie e accessibilità; nelle acque bianche si cercano effetti sulla chimica colloidale. In entrambi i casi, la pectinasi non opera come additivo strutturale del foglio, ma come catalizzatore che modifica un componente della matrice prima che questo influenzi le fasi successive.

Relazione con sostenibilità, acqua ed energia

La sostenibilità nella carta non dipende da un singolo enzima, ma da una combinazione di energia, acqua, chimica, resa fibrosa, qualità del prodotto e gestione dei residui. Gli studi techno-economici su industrie ad alta intensità energetica, inclusa carta e cellulosa, evidenziano quanto il recupero di calore e l'efficienza energetica siano temi centrali per il settore; l'enzima interviene su un piano diverso, cioè sulla selettività del trattamento della biomassa e dei flussi di processo ^[14].

Nel trattamento delle acque, tecnologie come membrane a osmosi inversa e ozonazione vengono studiate per recupero, rimozione di contaminanti e riduzione del carico inquinante. La pectinasi non compete con queste tecnologie: può semmai agire a monte o in parallelo su un sottoinsieme di composti organici pectici, mentre i sistemi di trattamento acque affrontano miscele molto più ampie di contaminanti e solidi disciolti ^[15].

Anche il riuso di residui e scarti della filiera carta è un tema separato ma collegato. La letteratura sul riutilizzo di rifiuti della pasta e carta come input agricoli mostra che la valorizzazione dei residui richiede attenzione a composizione, sicurezza e destinazione d'uso. Una pectinasi può contribuire a

processi più selettivi nella fase produttiva, ma non determina da sola la sostenibilità complessiva del ciclo [16].

Profilo commerciale corretto di Enzymes.bio

Enzymes.bio deve essere descritto correttamente come **fornitore online**, non come produttore, laboratorio di analisi o sviluppatore di processo. Per **Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 – Paper Industry Enzyme**, la disponibilità online in unità da **1 kg** è il punto pratico rilevante per l'acquisto diretto. La documentazione associata all'ordine include certificato di analisi e scheda di dati di sicurezza .

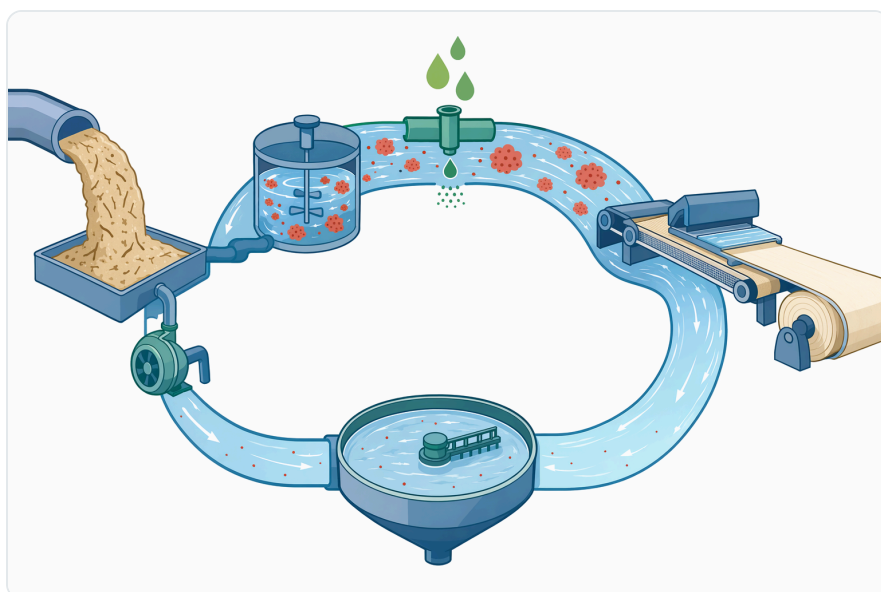


Figure 7. 펙틴 유래 DCS가 주요 간섭 요인일 때, 효소적 탈중합은 양이온 요구도 감소, 더 깨끗한 순환수, 그리고 더 예측 가능한 보류 및 탈수 반응을 지원할 수 있습니다.

Questa impostazione è coerente con un prodotto destinato a utilizzatori tecnici che conoscono il proprio processo e vogliono integrare una pectinasi industriale dove la pectina è un fattore critico. Non è necessario presentare il prodotto come soluzione su misura o come servizio di sviluppo: il valore informativo sta nel chiarire il meccanismo, le applicazioni documentate e i limiti reali dell'enzima.

Sintesi tecnica per decisori di cartiera

La pectinasi neutra E3100 è rilevante nella carta quando il problema di processo coinvolge pectine: coesione della matrice vegetale, accessibilità della fibra, rilascio di poligalatturonati, domanda anionica o interferenze colloidali nelle acque bianche. Il meccanismo è specifico e concreto: scissione o modifica di polimeri pectici, con conseguenze sulla superficie fibrosa e sulla chimica della fase acquosa [1].

Le evidenze più pertinenti provengono dalla letteratura sugli enzimi microbici per carta e cellulosa, dagli studi su miscele xylano-pectinolitiche in materie prime agricole e dai lavori su fibre come bagassa, dove la pectinasi è collegata a cambiamenti compositivi e morfologici. Queste evidenze supportano un uso tecnico mirato, ma non giustificano promesse universali su sbianca, delignificazione, resistenza del foglio o trattamento completo dei reflui [5].

In un impianto cartario, **Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 – Paper Industry Enzyme** va quindi considerata come un catalizzatore specializzato per la gestione dei materiali pectici. Il suo contributo migliore si ottiene quando la pectina è effettivamente una variabile di processo: in fibre vegetali ricche di componenti non cellulosici, in pretrattamenti orientati alla maggiore accessibilità o in acque bianche dove i composti pectici partecipano all'“anionic trash”. Enzymes.bio la fornisce online in formato da 1 kg con CoA e SDS inclusi nell'ordine, mantenendo il ruolo di fornitore e non di produttore o laboratorio .

Ordina Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 – Paper Industry 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 Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 – Paper Industry 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. Kango, N., Jana, U. K., & Choukade, R. (2019). Fungal Enzymes: Sources and Biotechnological Applications. *Advancing Frontiers in Mycology & Mycotechnology*.
2. Ahmed, N. E., & Rahman, H. (2021). OPTIMIZING THE PRODUCTION OF PECTINASE OF ORANGE PEEL WASTE BY PENICILLIUM CHRYSOGENUM MF318506 USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY IN SUBMERGED FERMENTATION. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*.
3. Miao, Q., Huang, L., & Chen, L. (2012). Advances in the Control of Dissolved and Colloidal Substances Present in Papermaking Processes: A Brief Review. *Bioresources*, 8, 1431-1455.
4. Yakubu, A., Saikia, U., & Vyas, A. (2019). Microbial Enzymes and Their Application in Pulp and Paper Industry. *Recent Advancement in White Biotechnology Through Fungi*.
5. Varghese, L. M., Agrawal, S., Nagpal, R., Mishra, O., Bhardwaj, N., & Mahajan, R. (2020). Eco-friendly pulping of wheat straw using crude xylano-pectinolytic concoction for manufacturing good quality paper. *Environmental science and*

pollution research international, 27, 34574 - 34582.

6. Effects Of Pectinase Treatment On Pulping Properties And The Morphology And Structure Of Bagasse Fiber. *Ncsu*.
7. Leontieff, D. A., Ikehata, K., Inanaga, Y., & Furukawa, S. (2025). Ozone for Industrial Wastewater Treatment: Recent Advances and Sector Applications. *Processes*.
8. Shen, J., Song, Z., Qian, X., & Liu, W. (2009). Modification of papermaking grade fillers: A brief review. *BioResources*.
9. Bajpai, P. (2014). Industrial Applications of Xylanases.
10. Yakubu, A., & Vyas, A. (2023). INDUSTRIAL APPLICATION OF ALKALINE CELLULASE ENZYMES IN PULP AND PAPER RECYCLING: A REVIEW. *Cellulose Chemistry and Technology*.
11. Sahinkaya, M., Colak, D. N., Ozer, A., Çanakçı, S., Deniz, I., & Belduz, A. (2018). Cloning, characterization and paper pulp applications of a newly isolated DyP type peroxidase from Rhodococcus sp. T1. *Molecular Biology Reports*, 46, 569 - 580.
12. Quina, M., & Pinheiro, C. (2020). Inorganic Waste Generated in Kraft Pulp Mills: The Transition from Landfill to Industrial Applications. *Applied Sciences*, 10, 2317.
13. Gärdlund, L., Forsström, J., Andréasson, B., & Wågberg, L. (2005). Influence of polyelectrolyte complexes on the strength properties of papers from unbleached kraft pulps with different yields. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 20, 36 - 42.
14. Zuberi, M., Hasanbeigi, A., & Morrow, W. (2023). Techno-economic evaluation of industrial heat pump applications in US pulp and paper, textile, and automotive industries. *Energy Efficiency*, 16, 1-27.
15. Chen, X., Meng, X., Si, C., & Fu, Y. (2025). Recovery of wastewater from the pulp and paper industry by cellulose acetate reverse osmosis membrane.. *International Journal of Biological Macromolecules*, 139862 .
16. Justo, L. F., & Faria, L. C. D. (2025). Use of industrial pulp and paper waste as agricultural inputs: A systematic literature review. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi*.

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.