

Cutinase Hydrolase: enzima per stickies, depositi grassi e contaminanti esterificati nel pulp & paper

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

La **Cutinase Hydrolase Enzyme for Pulp and Paper Industry** è un enzima idrolitico utile come coadiuvante di processo quando stickies, cere, grassi, cutina o residui esterificati interferiscono con la lavorazione della pasta e della carta. Nel pulp & paper, la sua funzione tecnica è favorire l'idrolisi di legami estere accessibili, rendendo alcuni contaminanti idrofobici meno adesivi, più disperdibili o più facili da gestire nel circuito acquoso.

Enzymes.bio fornisce questo prodotto per applicazioni industriali cartarie; non è un produttore né un laboratorio. Il prodotto è disponibile online in unità da **1 kg**; **CoA** e **SDS** accompagnano l'ordine.

Perché una cutinase è rilevante nella carta riciclata e nella cellulosa

Il settore pulp & paper usa sempre più fibre riciclate, flussi misti e materie prime secondarie, con benefici economici e ambientali ma anche con maggiore variabilità della composizione della pasta. La letteratura sul riciclo della carta sottolinea il valore del recupero di carta usata, ma la qualità del processo dipende dalla capacità di gestire inchiostri, adesivi, cariche, coating e contaminanti introdotti lungo la filiera del packaging e della stampa ^[1].

Questa variabilità è particolarmente evidente nei gradi da riciclo contenenti imballaggi complessi, carte patinate, etichette, nastri, adesivi hot-melt, residui di laminazione e materiali idrofobici. Gli studi sui flussi come i bicchieri o i materiali "polycup" mostrano che alcune frazioni di carta recuperata portano nel processo componenti non puramente cellulosici, inclusi rivestimenti e materiali resistenti all'acqua, che richiedono strategie dedicate di separazione e trattamento ^[2].

In questo contesto, la cutinase non va interpretata come un enzima generico per "pulire" la pasta, ma come una idrolasi mirata a una classe chimica precisa: materiali che contengono legami estere accessibili. Quando parte della frazione problematica è costituita da cere, grassi, cutina vegetale, esteri, coating idrolizzabili o superfici polimeriche sensibili all'acqua in presenza di biocatalisi, la cutinase può contribuire a ridurre adesività e persistenza dei depositi.

Che cos'è una cutinase idrolasi

Una **cutinase** è un enzima della famiglia funzionale delle esterasi/lipasi, noto per catalizzare la rottura di legami estere in presenza di acqua. La letteratura recente sulla cutinase si concentra anche sull'aumento della termostabilità, un tema rilevante per l'impiego industriale perché molte applicazioni richiedono enzimi capaci di mantenere attività e struttura in condizioni di processo più severe rispetto a un ambiente di laboratorio [3].

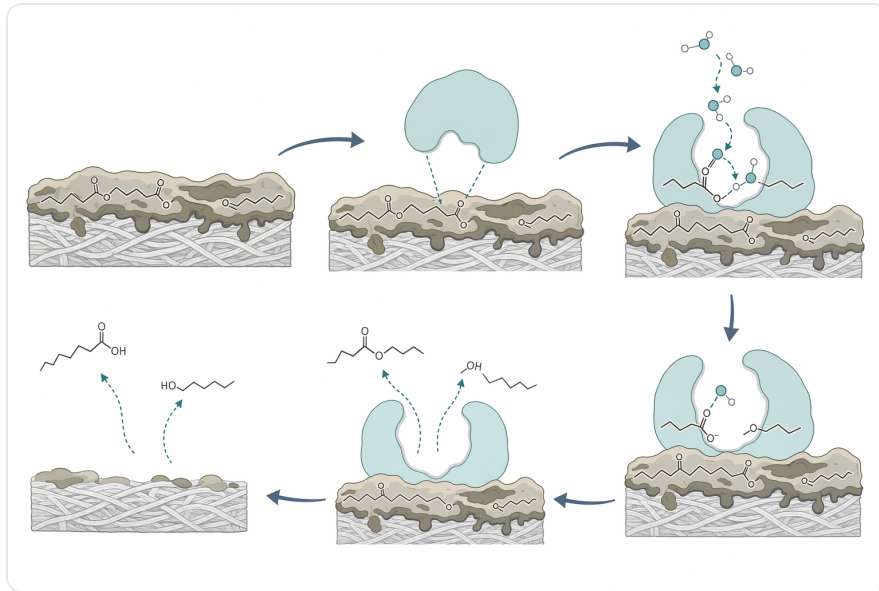


Figure 1. 큐티나아제는 물을 이용해 접근 가능한 에스터 결합을 가수분해하여, 소수성의 에스터가 풍부한 잔류물을 산과 알코올기를 지닌 더 극성인 조각으로 전환한다.

Dal punto di vista meccanicistico, la cutinase agisce sul gruppo estere attraverso una catalisi idrolitica: il sito attivo orienta il substrato, attacca il carbonile dell'estere, forma un intermedio acil-enzima e lo risolve con acqua, generando estremità più polari come gruppi carbossilici e alcolici. Questo cambiamento non “dissolve” necessariamente il contaminante, ma può modificarne la superficie, ridurne la coesione o aumentarne la bagnabilità.

Il nome cutinase deriva dalla **cutina**, biopolimero ceroso presente nelle cuticole vegetali. La rilevanza per il pulp & paper nasce dal fatto che molti contaminanti industriali hanno una logica chimica simile dal punto di vista dell'idrolisi: non sono cutina pura, ma possono contenere esteri, poliesteri, cere o componenti idrofobici con legami suscettibili ad attacco enzimatico. La cautela è essenziale: un adesivo privo di legami idrolizzabili o fortemente reticolato può rispondere poco al trattamento.

Problemi di processo che la cutinase può aiutare a controllare

Stickies da adesivi, etichette e coating

Gli **stickies** sono particelle o agglomerati appiccicosi che derivano da adesivi pressure-sensitive, colle, nastri, etichette, leganti di patinatura, residui di packaging e additivi della carta recuperata. Possono restare dispersi nella sospensione fibrosa, aderire alle fibre o depositarsi su tele, feltri, cilindri, tubazioni e casse d'afflusso. Anche piccole quantità possono generare macchie, rotture, difetti superficiali e fermate per pulizia.

Una cutinase è tecnicamente interessante quando la parte adesiva o cerosa dello stickie contiene esteri accessibili. L'idrolisi può frammentare o polarizzare la superficie del contaminante, riducendo la tendenza ad agglomerare o ad aderire alle superfici della macchina. Questo effetto deve essere distinto dalla rimozione meccanica: l'enzima modifica la chimica del contaminante; screening, flottazione, lavaggio e controllo colloidale restano funzioni del sistema di processo.

Depositi grassi, cere e materiali idrofobici

Nel pulp & paper, i depositi idrofobici possono provenire sia dal legno sia dalla carta recuperata. Le frazioni pitch-like includono grassi, cere, acidi grassi, steroli, esteri e resine; la biotecnologia cartaria ha già descritto l'uso di enzimi come lipasi, xilanasi, cellulasi e altri biocatalizzatori per intervenire su componenti specifici della pasta o dei contaminanti ^[4].



Figure 2. 큐티나아제는 피치, 왁스, 스티키, 코팅 물질 또는 식물 표면 잔류물에 접근 가능한 가수분해성 에스터 결합이 포함되어 있을 때 가장 유용하다.

La cutinase si sovrappone in parte alla logica applicativa delle lipasi, ma non è identica. Le lipasi sono spesso associate all'idrolisi di trigliceridi e frazioni lipidiche; la cutinase è interessante quando il substrato è una superficie esterificata, cerosa o poliestere-like. In pratica, può essere utile su contaminanti in cui il problema non è solo la presenza di olio libero, ma la persistenza di particelle idrofobiche strutturate.

Residui vegetali cutinosi e contaminanti da materie prime fibrose

La cutina è presente nelle superfici protettive di molti tessuti vegetali. Nelle filiere che integrano fibre non legnose, residui agricoli o miscele fibrose alternative, la presenza di cuticole, cere naturali e componenti superficiali idrofobici può influenzare bagnabilità, dispersione e interazione con gli additivi di processo. Le review sulle fibre alternative per carta evidenziano l'interesse verso residui agricoli come fonti fibrose, ma tali materie prime richiedono attenzione alla loro composizione non cellulosica [\[5\]](#).

In questi casi, la cutinase può contribuire a modificare superfici esterificate o cerose, migliorando la compatibilità della fibra con il mezzo acquoso. Non deve però essere presentata come enzima di raffinazione primaria della cellulosa: per la modifica diretta della parete cellulosica sono più pertinenti cellulasi, emicellulasi o sistemi enzimatici formulati per altri bersagli.

Meccanismo d'azione nel circuito cartario

Il meccanismo operativo può essere descritto in quattro fasi. Primo, l'enzima deve essere disperso in una zona del processo in cui incontri i contaminanti prima che diventino depositi stabili. Secondo, la superficie del contaminante deve esporre legami estere accessibili. Terzo, la cutinase catalizza l'idrolisi in ambiente acquoso. Quarto, il materiale modificato può diventare meno adesivo, più idratabile o più facilmente trasportabile verso le fasi di separazione.

La specificità è il punto chiave. Una particella di adesivo può contenere polimeri, tackifier, plastificanti, cariche minerali e componenti ossidati; solo una parte può essere effettivamente idrolizzabile. Per questo l'effetto osservato può essere una riduzione della tackiness o della deposizione, non una conversione completa del contaminante in sostanze solubili.

Gli studi su enzimi degradativi di polimeri esterei, inclusi quelli discussi per il PET e altri materiali poliestere, rafforzano il principio che l'idrolisi enzimatica dipende da struttura del polimero, accessibilità superficiale, cristallinità, temperatura e stabilità dell'enzima [\[6\]](#). Nel pulp & paper, questo principio si traduce in una valutazione pratica: la cutinase è più plausibile dove il contaminante è esterificato e accessibile, meno dove è inorganico, fortemente reticolato o chimicamente non idrolizzabile.

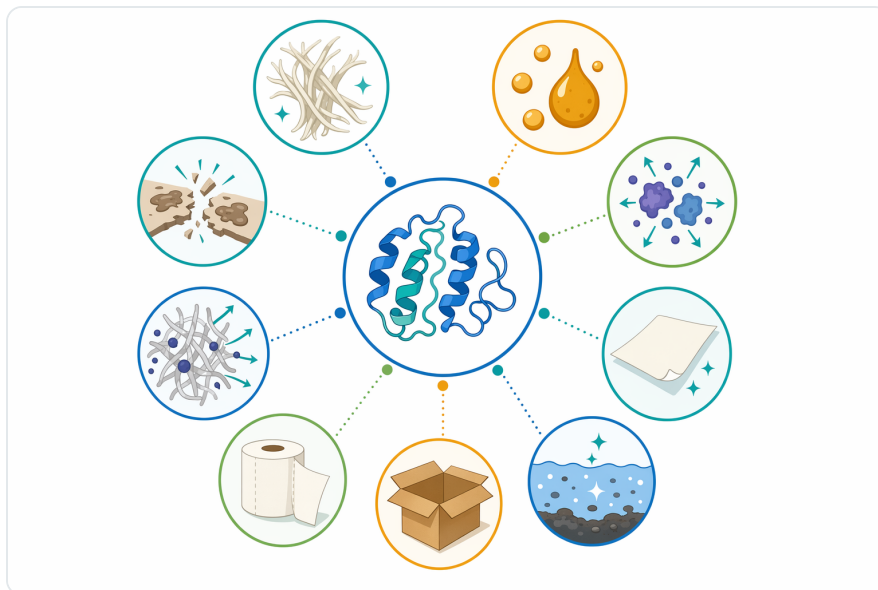


Figure 3. 펄프 및 제지 분야의 주요 적용 영역은 피치와 왁스 관리, 재활용 섬유의 스티키 대응 보조, 비목재 섬유 처리, 정련 공정의 청정도 지원, 그리고 물 또는 슬러지 컨디셔닝이다.

Cutinase rispetto ad altri enzimi cartari

Gli enzimi nel pulp & paper sono scelti in base al substrato, non in base a una funzione universale. La biotecnologia cartaria include xilanasi per bio-sbianca, cellulasi per modifica delle fibre e deinking, lipasi per pitch e grassi, pectinasi per componenti pectici, laccasi per sistemi ossidativi e combinazioni enzimatiche per obiettivi integrati ^[4].

Famiglia enzimatica	Bersaglio principale nel pulp & paper	Applicazioni tipiche	Differenza rispetto alla cutinase
Cutinase	Legami estere in cutina, cere, grassi, materiali esterificati o superfici poliestere-like	Controllo di stickies compatibili, depositi grassi, residui cerosi, contaminanti esterificati	Mirata alla trasformazione idrolitica di superfici esterificate e idrofobiche
Lipasi	Trigliceridi, grassi, oli, pitch lipidico	Riduzione del pitch, gestione di contaminanti grassi	Più focalizzata su lipidi classici; la cutinase può essere più interessante su superfici esterificate solide
Xilanasi	Xilani ed emicellulose associate alla lignina	Pre-sbianca, riduzione del carico chimico in bleaching	Non è un enzima per stickies; agisce sulla matrice emicellulosica della fibra

Famiglia enzimatica	Bersaglio principale nel pulp & paper	Applicazioni tipiche	Differenza rispetto alla cutinase
Cellulasi	Cellulosa superficiale e microfibrille	Deinking, drenaggio, modifica fibra, raffinazione assistita	Può alterare fibre; la cutinase punta ai contaminanti esterificati
Pectinasi	Pectine e polisaccaridi acidi	Miglioramento di drenaggio e lavorabilità in alcune paste	Bersaglio carboidratico, non lipidico/estere polimerico
Laccasi	Composti fenolici e ligninici tramite ossidazione	Delignificazione assistita, trattamenti ossidativi	Enzima ossidativo; la cutinase è idrolitica

Le xilanasi sono tra gli esempi più consolidati di uso enzimatico nel settore cartario: le review sulle xilanasi termostabili descrivono il loro impiego nella bio-sbianca, dove modificano la frazione xilanica e facilitano la rimozione di lignina residua, con potenziale riduzione del fabbisogno di chimici sbiancanti ^[7]. Questa applicazione non è sovrapponibile alla cutinase, ma dimostra l'importanza di selezionare l'enzima in funzione del substrato reale.

Anche gli approcci a cocktail enzimatici sono studiati per il biobleaching, perché diversi enzimi possono agire in modo complementare su componenti differenti della pasta. L'uso integrato di enzimi è particolarmente rilevante quando la matrice è complessa e un singolo meccanismo non è sufficiente a produrre l'effetto desiderato ^[8].

Dove può essere integrata nel processo

Una cutinase per pulp & paper trova più senso in punti del processo in cui la sospensione fibrosa è ben miscelata e i contaminanti non sono ancora depositati stabilmente su superfici critiche. L'obiettivo è massimizzare contatto e tempo utile tra enzima e substrato, mantenendo condizioni compatibili con la stabilità proteica. Temperature e pH estremi, ossidanti aggressivi, biocidi non compatibili o chimiche fortemente denaturanti possono ridurre l'efficacia di molti enzimi.

Nei sistemi a fibra riciclata, l'integrazione può essere concettualmente collocata a monte delle sezioni più sensibili alla deposizione, in combinazione con pulper, chest, screening, flottazione, lavaggio, controllo colloidale e gestione delle acque bianche. Non è una sostituzione di questi passaggi: è un intervento biochimico che può rendere alcuni contaminanti più trattabili dal sistema esistente.

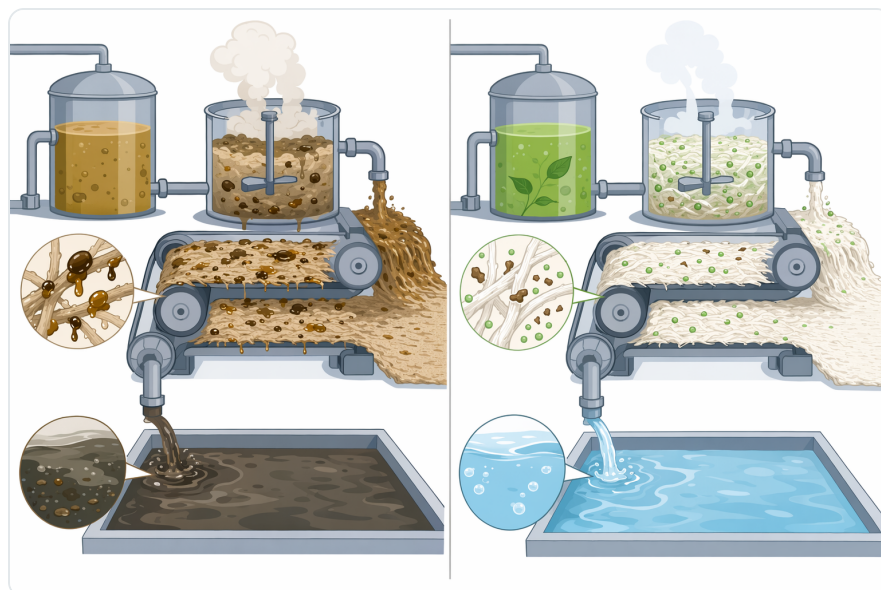


Figure 4. 큐티나아제는 자일라나아제, 셀룰라아제, 라카아제, 펙티나아제, 리파아제와 달리, 실제 역할이 섬유, 리그닌 또는 다당류의 광범위한 변형이 아니라 표적 에스터 가수분해에 초점을 둔다.

Per le paste vergini o miste, l'interesse è più legato a frazioni pitch-like, cere naturali, estrattivi esterificati o residui di materie prime non legnose. Le review sulle tecnologie biologiche per la lavorazione della cellulosa indicano che enzimi diversi possono essere impiegati in più fasi del processo, ma l'efficacia dipende sempre da condizioni operative, composizione della pasta e obiettivo applicativo ^[4].

Evidenze tecniche: cosa è ben supportato e cosa va interpretato con cautela

È ben supportato che gli enzimi abbiano un ruolo nel pulp & paper. La letteratura tecnica riporta applicazioni in bio-sbianca, modifica delle fibre, deinking, riduzione del pitch e miglioramento di alcune proprietà di processo, con una logica comune: sostituire o affiancare interventi chimici più generici con biocatalizzatori selettivi ^[4].

È altrettanto ben documentata la centralità delle xilanasi nella bio-sbianca. Studi sulla produzione di xilanasi e sulla loro efficienza in pulp & paper mostrano l'interesse industriale verso enzimi che migliorano la lavorabilità della pasta e riducono la dipendenza da trattamenti chimici più intensivi ^[9]. Questa evidenza non prova direttamente l'efficacia della cutinase sugli stickies, ma conferma che l'impiego di enzimi selettivi in cartiera è una pratica tecnicamente fondata.

Per la cutinase, l'evidenza specifica più pertinente riguarda il razionale di idrolisi di materiali esterificati e la necessità di stabilità in condizioni industriali. Gli studi recenti di ingegnerizzazione enzimatica mostrano che la termostabilità della cutinase è un parametro oggetto di miglioramento mediante

evoluzione diretta e progettazione assistita, segno che l'enzima è considerato rilevante per applicazioni dove la robustezza operativa è importante [3].

L'interpretazione prudente è quindi questa: la cutinase è razionalmente indicata per contaminanti esterificati, grassi, cerosi o cutinosi, ma la risposta dipende dalla chimica reale dello stickie o del deposito. Una matrice industriale non è un substrato modello: contiene fibre, cariche minerali, inchiostri, colloidali, polimeri, additivi e residui di processo che possono mascherare o limitare l'accesso dell'enzima.

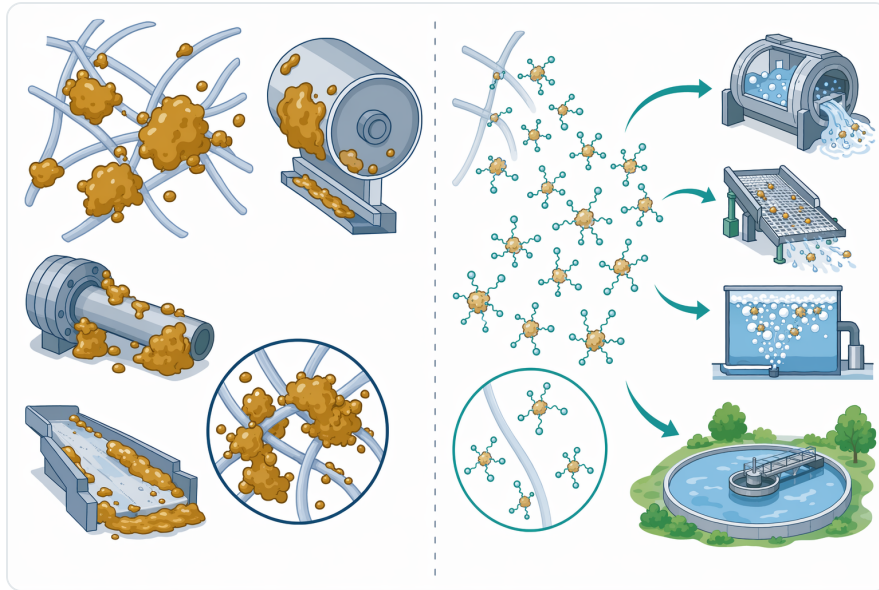


Figure 5. 성공적인 처리는 침전물 전체를 반드시 용해시키기보다는 응집성, 점착성, 섬유 부착성을 낮춰 오염물의 거동을 변화시킨다.

Benefici attesi con aspettative realistiche

Il beneficio più diretto è il supporto al **controllo degli stickies** quando questi includono componenti esterificati idrolizzabili. L'idrolisi superficiale può ridurre la tackiness, limitare l'agglomerazione o rendere il contaminante più compatibile con la dispersione acquosa. Questo può contribuire alla pulizia del circuito e alla stabilità della macchina, ma non elimina la necessità di un buon controllo meccanico e chimico del sistema.

Un secondo beneficio riguarda i **depositi grassi e cerosi**. Se il deposito contiene frazioni estere accessibili, la cutinase può trasformare la superficie idrofobica in una forma più polare. In termini pratici, questo può ridurre la tendenza all'accumulo e facilitare la rimozione indiretta tramite flusso, lavaggio o separazione successiva. L'effetto è spesso più realistico come mitigazione del problema che come rimozione completa.

Un terzo vantaggio è la **selettività**. Rispetto a trattamenti chimici generici, un enzima agisce su strutture specifiche; ciò può aiutare a intervenire su un contaminante senza aggredire indiscriminatamente tutte le componenti della pasta. Questa selettività è la stessa logica che rende interessanti xilanasi, cellulasi, lipasi e laccasi in applicazioni distinte del pulp & paper ^[4].

Infine, un trattamento enzimatico può inserirsi in strategie di processo più circolari, dove l'obiettivo è migliorare l'utilizzo di fibre riciclate e ridurre problemi operativi associati alla variabilità della materia prima. Le analisi sul riciclo della carta evidenziano benefici economici e sociali del recupero, ma tali benefici richiedono processi capaci di mantenere qualità e continuità produttiva nonostante l'eterogeneità dei flussi ^[1].

Limiti tecnici da considerare

La cutinase non è un detergente universale. Non agisce su particelle minerali, sabbia, cariche inorganiche, metalli, pigmenti non esterificati o polimeri privi di legami idrolizzabili. Anche quando il contaminante contiene esteri, la reazione può essere limitata se il legame è fisicamente inaccessibile, se il materiale è molto cristallino, se è inglobato in una matrice idrofobica o se è già reticolato e ossidato.

Un altro limite riguarda la competizione tra substrati. In una sospensione cartaria, la cutinase può incontrare molti materiali organici diversi; non tutti contribuiscono allo stesso modo al problema di deposizione. Se l'enzima viene consumato o adsorbito su superfici non critiche, l'effetto sullo stickie problematico può diminuire. Per questo il punto di applicazione e il contatto con il contaminante sono determinanti.

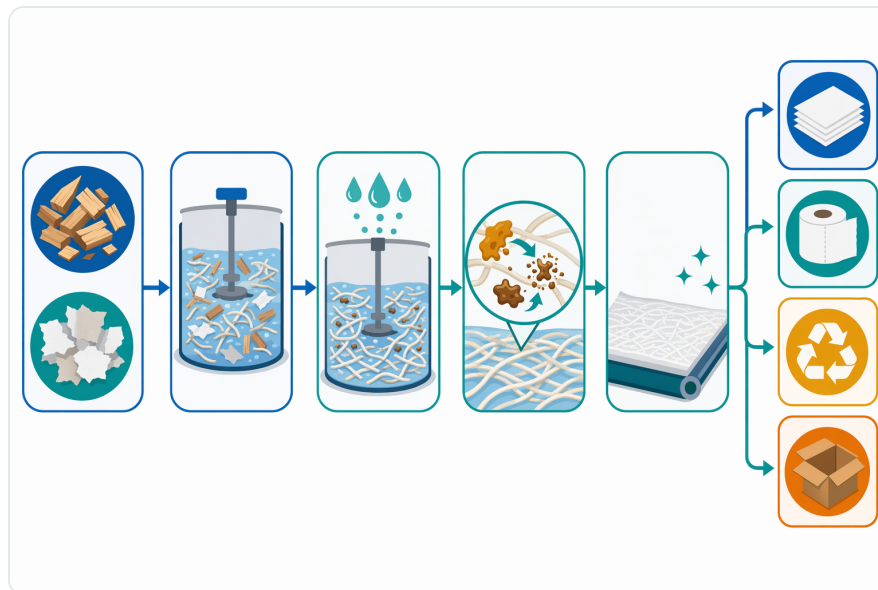


Figure 6. 큐티나아제는 재활용 섬유 준비, 펄프 슬러리 전처리, 브로크 처리, 비목재 섬유 처리, 그리고 일부 물 또는 슬러리 컨디셔닝 단계처럼 습윤 상태이고 접근성이 좋은 공정 구역에 가장 적합하다.

La stabilità è un ulteriore fattore. Le condizioni operative del pulp & paper possono includere calore, shear, variazioni di pH, agenti ossidanti, tensioattivi, biocidi e polielettroliti. La ricerca sulla termostabilità della cutinase conferma che la robustezza enzimatica è un tema tecnico importante per rendere questi biocatalizzatori più adatti a contesti industriali ^[3].

Compatibilità con strategie enzimatiche integrate

In molte cartiere, la cutinase può essere pensata come parte di una strategia più ampia, non come intervento isolato. Per esempio, xilanasi e sistemi di bio-sbianca sono pertinenti quando l'obiettivo è migliorare la risposta della pasta al bleaching; cellulasi ed emicellulasi possono essere rilevanti per deinking o modifica delle fibre; lipasi e cutinase sono più vicine al controllo di grassi, cere, pitch e stickies esterificati.

Gli studi sull'approccio integrato alla bio-sbianca evidenziano che combinare enzimi può essere utile quando più componenti della pasta influenzano il risultato finale ^[8]. Tuttavia, l'integrazione deve essere basata sul problema reale: combinare enzimi senza un bersaglio chimico coerente può aumentare complessità senza migliorare la prestazione.

Nel caso della cutinase, l'abbinamento concettuale più naturale è con programmi di controllo stickies, gestione del pitch, dispersione contaminanti e trattamento di fibre secondarie. La sua funzione è più mirata alla trasformazione di superfici esterificate che al miglioramento diretto della resistenza del foglio o alla rimozione della lignina.

Posizionamento del prodotto Enzymes.bio

Nel contesto Enzymes.bio, **Cutinase Hydrolase Enzyme for Pulp and Paper Industry** è un prodotto fornito per applicazioni cartarie in cui la gestione di stickies, depositi grassi, cutina e contaminanti esterificati è rilevante. Enzymes.bio presenta una categoria di enzimi industriali per pulp & paper, coerente con l'uso di biocatalizzatori specifici per funzioni come trattamento della pasta, gestione dei contaminanti e supporto ai processi cartari.

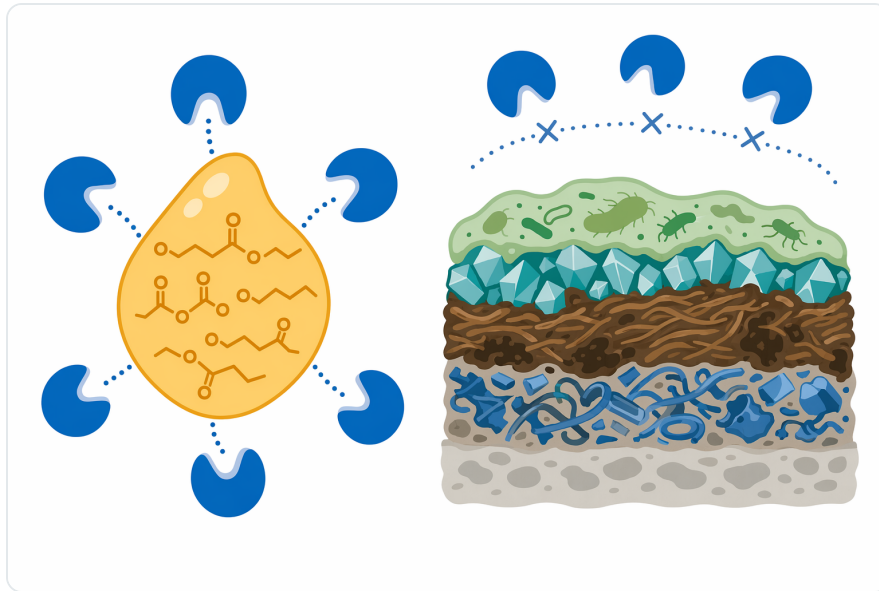


Figure 7. 효과는 신선하거나 분산된 에스터가 풍부한 잔류물에서 가장 현실적으로 기대할 수 있으며, 경화된 혼합 침전물과 비에스터 물질에는 다른 제어 방법이 필요하다.

È importante mantenere chiaro il ruolo commerciale: **Enzymes.bio è un fornitore**, non un produttore e non un laboratorio di analisi. Il prodotto è acquistabile direttamente online in unità da **1 kg**; il **certificato di analisi** e la **scheda di dati di sicurezza** sono forniti insieme all'ordine.

Conclusioni

La **Cutinase Hydrolase Enzyme for Pulp and Paper Industry** è un coadiuvante enzimatico selettivo per sistemi cartari in cui stickies, cere, grassi, cutina o contaminanti esterificati incidono su pulizia del circuito e continuità operativa. Il suo valore tecnico deriva dall'idrolisi di legami estere accessibili, con possibile riduzione dell'adesività, migliore dispersione e minore tendenza alla deposizione.

Le evidenze più robuste riguardano l'uso consolidato degli enzimi nel pulp & paper e la logica di selettività dei biocatalizzatori per substrati specifici ^[4]. Per la cutinase, il razionale è forte quando il contaminante contiene esteri idrolizzabili; resta invece necessaria cautela quando la composizione

degli stickies è ignota, non idrolizzabile o scarsamente accessibile.

In sintesi, la cutinase è più utile quando viene considerata per ciò che è: non una soluzione universale, ma un enzima idrolitico mirato per la gestione di contaminanti grassi, cerosi, cutinosi ed esterificati nel pulp & paper, soprattutto nei processi con fibre riciclate e materiali adesivi compatibili con idrolisi enzimatica.

Ordina Cutinase Hydrolase Enzyme For Pulp And Paper Industry 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 Cutinase Hydrolase Enzyme For Pulp And Paper Industry →](#)

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. Kumar, V., Gupta, S., & Sharma, B. (2023). The Economic and Social Benefits of Recycling Used Paper. *Proceedings of the 2nd Pamir Transboundary Conference for Sustainable Societies*.
2. Gangwar, A. K. (2016). Benefits of Polycups Stock over Other Waste Paper Grades in Paper Recycling. *Bioresources*, 11, 5658-5659.
3. Chen, S., Wang, L., Kong, D., Wei, Z., Ling, X., Deng, Z., Zhang, F., ... et al. (2025). Iterative enhancement of cutinase thermostability by multiple strategies based on combined directed evolution and computationally assisted design. *Bioresource Technology*, 132882 .
4. Bajpai, P. (2018). Biotechnology for Pulp and Paper Processing. *Biotechnology for Pulp and Paper Processing*.
5. Otieno, J. O., Okumu, T. N., Adalla, M., Ogutu, F., & Oure, B. (2021). Agricultural Residues as an Alternative Source of Fibre for the Production of Paper in Kenya-A Review. *Asian Journal of Chemical Sciences*.
6. Aboh, M., Erezi, E., Irhodia, K. J., Sanusi, H. T., & Abioke, U. B. (2026). Environmental Implications of Plastic-degrading Bacterial Enzymes in Polyethylene Terephthalate Bioremediation. *Journal of global ecology and environment*.
7. Kumar, V., Marín-Navarro, J., & Shukla, P. (2016). Thermostable microbial xylanases for pulp and paper industries: trends, applications and further perspectives. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 32.
8. Angural, S., Jassal, S., Warmoota, R., Rana, M., Puri, N., & Gupta, N. (2023). An integrated approach for pulp biobleaching: application of cocktail of enzymes. *Environmental science and pollution research international*, 30, 57155-57163.

9. Sridevi, A., Narasimha, G., & Devi, P. (2019). PRODUCTION OF XYLANASE BY PENICILLIUM SP. AND ITS BIOBLEACHING EFFICIENCY IN PAPER AND PULP INDUSTRY.

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.