

Adhesive-Contaminant Control Enzyme per controllo stickies, carta riciclata, deinking e packaging industriale

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

Adhesive-Contaminant Control Enzyme è un ausilio enzimatico per ridurre la criticità dei contaminanti adesivi organici — spesso chiamati *stickies* nel settore carta — in flussi fibrosi, acque di processo e materiali riciclati. La sua funzione non è “sciogliere” indiscriminatamente colle e residui, ma modificare la tackiness, la coesione superficiale o la separabilità di frazioni adesive, così da renderle più gestibili dalle normali fasi di vagliatura, lavaggio, flottazione e pulizia meccanica. Enzymes.bio lo rende disponibile per acquisto diretto online in unità da **1 kg**, con **CoA** e **SDS** forniti insieme all'ordine.

Che cos'è Adhesive-Contaminant Control Enzyme

Adhesive-Contaminant Control Enzyme è una preparazione enzimatica destinata al controllo dei contaminanti adesivi organici presenti in sistemi industriali dove fibre, acqua, inchiostri, coating, etichette, adesivi e materiali da imballaggio entrano nello stesso circuito di processo. È particolarmente rilevante per carta riciclata, deinking, packaging e converting, cioè contesti in cui residui di colle, adesivi sensibili alla pressione, hot-melt, leganti organici, patine e particelle polimeriche possono generare depositi e difetti nel prodotto finito. Nel linguaggio cartario, queste particelle sono comunemente definite *stickies*: contaminanti deformabili e appiccicosi che possono aderire a fibre, rulli, tele, feltri, tubazioni e superfici metalliche.

Dal punto di vista funzionale, un trattamento enzimatico di questo tipo si colloca tra gli ausili di processo, non tra i solventi o i detergenti aggressivi. Gli enzimi sono catalizzatori biologici: accelerano trasformazioni selettive su substrati compatibili e operano spesso in condizioni più miti rispetto a molti trattamenti chimici convenzionali, un aspetto che spiega il loro interesse crescente nella biocatalisi industriale ^[1]. Nel controllo degli adesivi, l'obiettivo pratico è ridurre il comportamento appiccicoso o favorire la separazione fisica del contaminante, non promettere la completa degradazione di qualsiasi polimero presente nel flusso.

Enzymes.bio è un fornitore online del prodotto, non un produttore né un laboratorio di analisi. Le informazioni tecniche qui riportate sono quindi da leggere come guida educativa all'impiego industriale generale e non come sostituzione delle procedure operative interne dell'utilizzatore, delle valutazioni di sicurezza di sito o della documentazione che accompagna l'ordine. Il formato commerciale indicato è l'unità da **1 kg**, con evasione dopo pagamento online e documentazione CoA/SDS allegata all'ordine .

Perché i contaminanti adesivi sono difficili da controllare

Gli adesivi industriali non si comportano come particelle minerali rigide. Possono ammorbidirsi, deformarsi sotto taglio, aderire a superfici calde o umide, inglobare fibre fini e cariche minerali, frammentarsi in particelle più piccole e poi riagglomerarsi. Questa combinazione di deformabilità, idrofobicità e adesività rende gli stickies più problematici di molte impurità solide: una particella che attraversa un vaglio può depositarsi più avanti su un feltro, un cilindro o una zona di ricircolo, causando accumuli progressivi.

Nel riciclo della carta, le fonti più comuni includono etichette autoadesive, nastri, colle da imballaggio, adesivi hot-melt, release papers, patine, materiali laminati, residui di inchiostri e componenti plastificati provenienti dal packaging moderno. Fonti industriali specializzate nel controllo degli stickies collegano questi contaminanti a fermate macchina, difetti qualitativi, problemi di stampa e difficoltà nelle fasi successive di trasformazione della carta ^[2]. Il problema tende ad aumentare quando il macero contiene più materiali complessi o quando l'impianto cerca di valorizzare fibre riciclate con livelli di contaminazione più variabili.

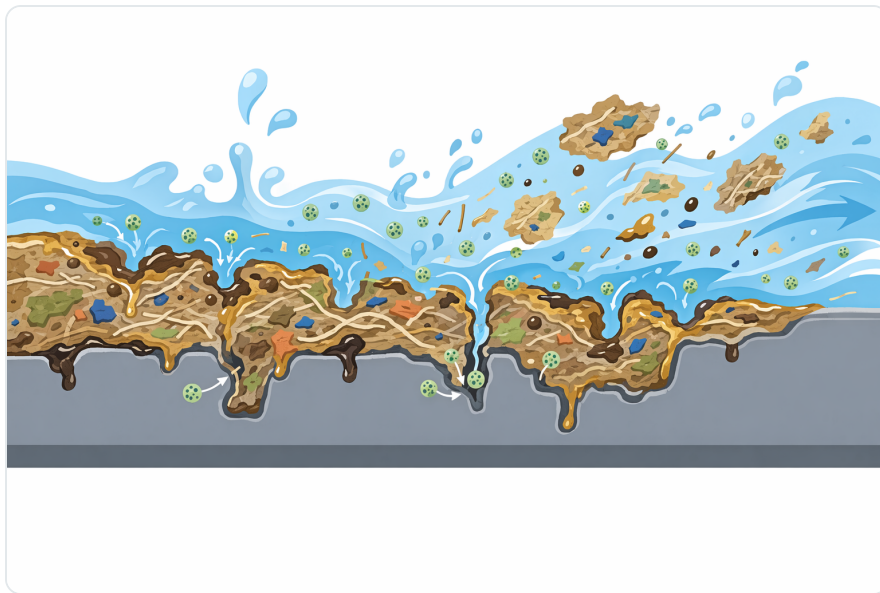


Figure 1. 접착성 오염물 제어는 표면에서 작용하는 공정 보조 방식으로, 혼합 유기 잔류물을 약화시켜 일반 세척과 분리 공정에서 더 효과적으로 제거되도록 한다.

Le conseguenze operative possono essere rilevanti: depositi su rulli e tele, intasamenti locali, maggiore frequenza di pulizia, difetti visibili nel foglio, punti appiccicosi nel prodotto finito e perdita di efficienza nelle fasi di separazione. In un impianto continuo, anche una piccola quota di contaminanti adesivi può diventare critica se si concentra nei circuiti d'acqua o in zone dove temperatura, turbolenza e contatto superficiale favoriscono l'adesione. Per questo motivo, la gestione degli stickies richiede quasi sempre una strategia integrata: rimozione meccanica, controllo dei circuiti, gestione chimico-fisica e, dove compatibile, supporto enzimatico.

Come agisce un enzima per il controllo dei contaminanti adesivi

Il razionale tecnico dell'Adhesive-Contaminant Control Enzyme si basa sulla capacità degli enzimi di catalizzare trasformazioni mirate su componenti organiche accessibili. A differenza di un solvente, un enzima non agisce semplicemente per dissoluzione fisica; riconosce determinate strutture chimiche e può idrolizzare, ossidare o modificare porzioni suscettibili del contaminante, a seconda della natura della preparazione e del materiale presente. La letteratura sulle applicazioni industriali degli enzimi microbici sottolinea proprio questa combinazione di specificità catalitica, impiego in condizioni relativamente moderate e possibilità di integrare la biocatalisi in processi esistenti ^[3].

Nel caso degli adesivi, il risultato più utile può essere la **detackificazione**: la particella non scompare necessariamente, ma diventa meno appiccicosa. Una riduzione della tackiness superficiale può diminuire l'adesione a fibre, feltri, rulli o tubazioni e rendere il contaminante più compatibile con le fasi fisiche di rimozione. Questo è importante perché, nei sistemi cartari, non è sempre necessario mineralizzare o degradare completamente il contaminante: spesso è sufficiente impedirgli di depositarsi, agglomerarsi o generare difetti nel foglio.

Un secondo meccanismo possibile è la **modifica della struttura organica superficiale**. Se l'adesivo contiene legami o componenti accessibili all'azione enzimatica — per esempio frazioni esterificate, componenti proteinacee, polisaccaridiche o altri domini organici suscettibili — la superficie può cambiare bagnabilità, coesione o interazione con le fibre. Le review su proteasi e altri enzimi idrolitici mostrano come l'idrolisi selettiva di legami specifici sia ampiamente sfruttata in contesti industriali e ambientali; il principio è trasferibile solo quando il contaminante contiene substrati compatibili, non a qualunque materiale polimerico indistintamente ^[4].

Un terzo contributo riguarda la **rimozione fisica successiva**. Un contaminante meno appiccicoso, più disperso o meno incline ad aderire alle superfici può essere intercettato meglio da vagli, pulitori, flottazione o lavaggi. In questa logica, l'enzima non sostituisce gli apparati meccanici: li aiuta a lavorare

su particelle con comportamento più favorevole. Le applicazioni industriali riportate nel settore stickies descrivono infatti il trattamento enzimatico come strumento per detackificare e favorire la rimozione, non come soluzione isolata separata dal processo cartario [2].

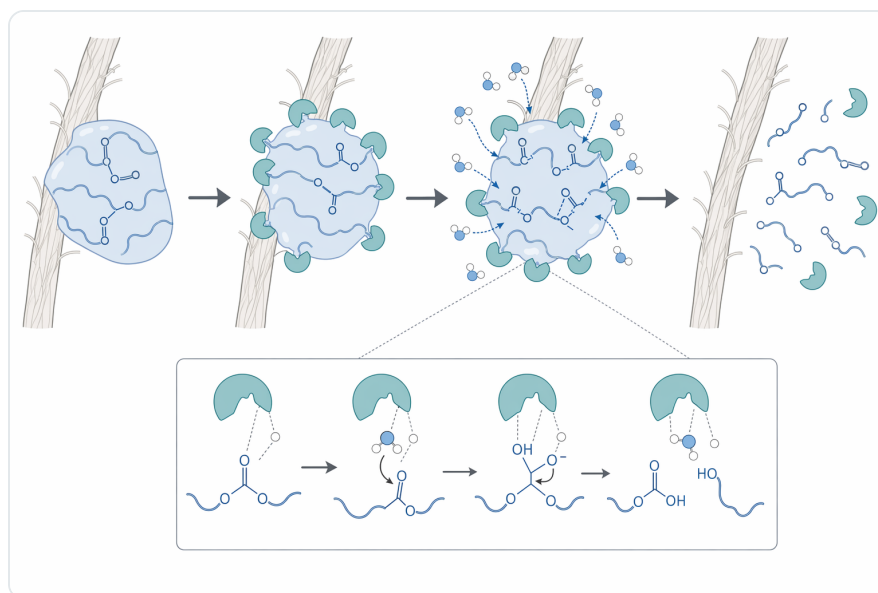


Figure 2. 효소 촉매 가수분해는 물을 이용해 접착제 기질 내에서 분해되기 쉬운 결합을 끊어 점착성, 응집력, 계면 부착력을 낮춘다.

Evidenze scientifiche e applicative disponibili

La base scientifica generale è robusta: enzimi e sistemi biologici possono trasformare contaminanti organici complessi in diversi contesti ambientali e industriali. Le review sulla bioremediation descrivono il ruolo di enzimi idrolitici e ossidoreduttivi nella degradazione o trasformazione di contaminanti, evidenziando però che l'efficienza dipende da accessibilità del substrato, condizioni del mezzo, concentrazione del contaminante e compatibilità tra enzima e matrice [5]. Questo punto è essenziale anche per gli adesivi: il trattamento è plausibile e tecnicamente fondato, ma non universalmente identico per ogni tipo di colla o polimero.

Gli enzimi ossidoreduttivi, come quelli studiati nel trattamento di contaminanti organici nelle acque reflue, mostrano come sistemi enzimatici possano attaccare molecole persistenti attraverso meccanismi di ossidazione, generazione di radicali o trasformazione di gruppi funzionali. La letteratura su queste applicazioni è utile perché dimostra il potenziale della catalisi enzimatica su contaminanti organici eterogenei, anche se non ogni dato su farmaci, coloranti o pesticidi può essere trasferito direttamente agli adesivi cartari [6].

Nel settore carta, l'evidenza più direttamente pertinente è di tipo applicativo. Un fornitore industriale specializzato in trattamenti enzimatici per pulp & paper descrive l'uso di programmi enzyme-based per ridurre la tackiness degli stickies e migliorarne la rimozione nei circuiti di carta riciclata; la stessa fonte riporta, per le proprie applicazioni, riduzioni del conteggio degli stickies spesso superiori al 50% ^[2]. Questo dato deve essere interpretato correttamente: è un riferimento industriale di settore, non una garanzia universale per ogni impianto, ogni materia prima o ogni prodotto disponibile sul mercato.

Un'ulteriore indicazione di pertinenza proviene da studi su carta e adesivi in ambiti diversi dal riciclo industriale. La valutazione di strategie enzimatiche per la rimozione di francobolli da carte a base cellulosica e carte contenenti lignina mostra che gli enzimi possono essere studiati per intervenire selettivamente su interfacce adesivo-carta, ma anche che la risposta dipende dal tipo di supporto e dalla composizione del materiale ^[7]. Sebbene il contesto conservativo non coincida con un impianto di deinking, conferma un principio utile: l'interazione tra adesivo, fibra e matrice cartaria determina l'efficacia del trattamento.



Figure 3. 전분, 단백질, 에스터 함유 물질, 지질 유사 물질, 다당류가 풍부한 침착물은 효소가 가수분해할 수 있는 결합과 실제 제거 효과가 서로 다르다.

Applicazioni principali in carta riciclata, deinking e packaging

Carta riciclata e preparazione impasto

L'applicazione più naturale dell'Adhesive-Contaminant Control Enzyme è la preparazione impasto da fibre riciclate. Durante pulping, disgregazione e ricircolo delle acque, le particelle adesive possono separarsi dai materiali originali e distribuirsi nella sospensione fibrosa. Se rimangono tacky, possono aderire alle fibre o depositarsi su superfici di processo; se vengono detackificate o rese meno coesive,

diventano più gestibili dalle fasi successive di separazione. La gestione enzimatica si inserisce quindi come supporto al controllo degli stickies, soprattutto quando il furnish contiene etichette, packaging stampato o frazioni adesive difficili da rimuovere meccanicamente ^[2].

In questo contesto, il beneficio atteso non è solo la riduzione dei contaminanti visibili, ma la stabilizzazione del processo. Minori depositi possono significare meno interventi di pulizia, minori difetti associati a punti appiccicosi e una migliore tolleranza verso materie prime riciclate con composizione variabile. Tuttavia, la prestazione dipende dalla natura degli adesivi: materiali altamente reticolati, fortemente idrofobici o inglobati in particelle plastiche possono rispondere meno rispetto a contaminanti organici più accessibili.

Deinking e riciclo di fibre stampate

Nei processi di deinking, il flusso contiene una miscela complessa di fibre, inchiostri, patine, leganti, cariche, adesivi e additivi. La rimozione dell'inchiostro è già un equilibrio tra distacco, dispersione, flottazione e lavaggio; la presenza di adesivi aggiunge una dimensione ulteriore perché alcune particelle non sono semplicemente colorate, ma appiccicose. Trattamenti biologici ed enzimatici sono studiati in vari contesti di rimozione di contaminanti organici e coloranti, con interesse crescente verso soluzioni più selettive e meno aggressive ^[8].

Nel deinking, un enzima per contaminanti adesivi può contribuire quando è collocato in una fase in cui il materiale è ben idratato e il contatto con il contaminante è sufficiente. Una particella adesiva modificata può essere meno incline a ridepositarsi sul foglio o sulle superfici e più facilmente separabile insieme ad altre impurità. Anche qui il trattamento non deve essere visto come sostituto di flottazione e lavaggio, ma come mezzo per migliorare il comportamento delle frazioni problematiche durante quelle operazioni.

Packaging, converting e materiali da imballaggio

Nel packaging riciclato e nel converting, i contaminanti adesivi possono compromettere sia l'aspetto sia la lavorabilità. Residui di colle possono generare punti appiccicosi, difetti superficiali, accumuli sulle linee o problemi durante taglio, stampa e accoppiamento. Poiché gli imballaggi moderni combinano spesso carta, film, adesivi, inchiostri e coating, la composizione dei contaminanti è più variabile rispetto a flussi cartari più omogenei.

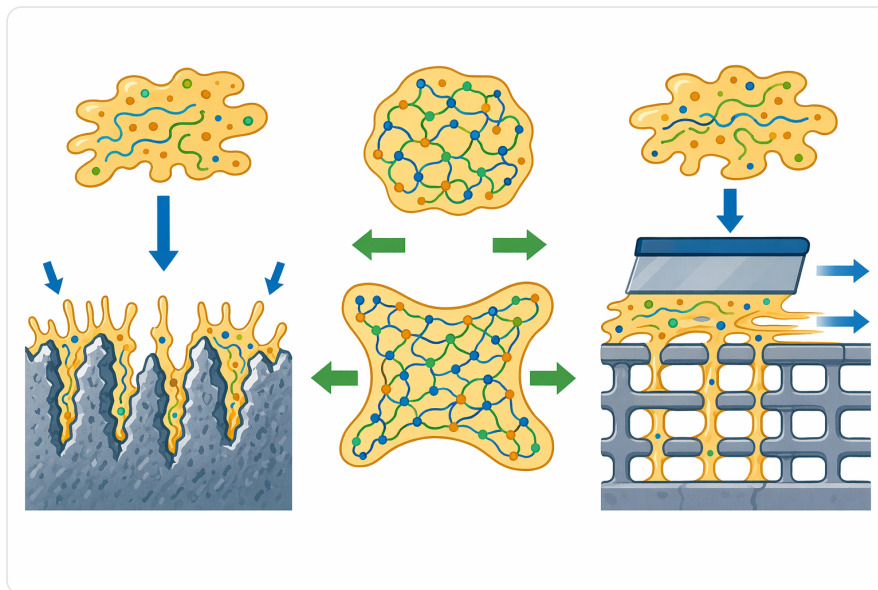


Figure 4. 끈적한 침착물은 접착력, 응집력, 변형성 때문에 표면에 달라붙고 형태를 유지하며 기공이나 섬유 속으로 번져 들어가므로 제거하기 어렵다.

L'Adhesive-Contaminant Control Enzyme può essere utile quando il processo prevede una fase acquosa o fibrosa in cui l'enzima può entrare in contatto con il contaminante prima che questo raggiunga punti critici della linea. La letteratura sulla rimozione biologica di contaminanti evidenzia che bioaccessibilità e condizioni operative sono fattori determinanti: un contaminante disperso e bagnabile è più trattabile di una frazione inglobata, compatta o scarsamente accessibile [9].

Circuiti acquosi industriali con contaminanti organici

Oltre alla carta, il concetto di controllo enzimatico dei contaminanti adesivi può essere rilevante in circuiti acquosi dove residui organici appiccicosi o filmogeni causano accumuli. In questi sistemi, l'enzima può contribuire a modificare componenti organiche che favoriscono fouling, deposito o aggregazione, purché il contaminante sia compatibile con l'azione enzimatica e le condizioni del circuito non inattivino rapidamente la preparazione. Studi su enzimi idrolitici e biofilm in torri di raffreddamento industriali indicano che l'approccio enzimatico è considerato anche per problemi di accumulo biologico e matrici organiche complesse, pur con risultati dipendenti dal sistema specifico [10].

Tabella comparativa: controllo enzimatico e altri approcci agli stickies

Approccio	Ruolo principale	Punti di forza	Limiti pratici	Integrazione consigliata
Adhesive-Contaminant	Riduce tackiness o modifica	Selettivo, integrabile in fasi	Dipende da composizione	Con pulping, vagliatura, flottazione,

Approccio	Ruolo principale	Punti di forza	Limiti pratici	Integrazione consigliata
Control Enzyme	componenti organiche accessibili	acquose, utile come supporto alla rimozione	dell'adesivo, accessibilità, pH, temperatura e interferenti	lavaggio e gestione dei circuiti
Vagliatura e pulizia meccanica	Rimuove particelle per dimensione, forma o densità	Essenziale, continua, non dipende dalla reattività chimica	Meno efficace su particelle deformabili, fini o tacky che passano i sistemi	Migliorata se gli stickies sono meno appiccicosi
Flottazione e lavaggio	Separa particelle idrofobiche o fini dalla sospensione	Centrale nel deinking e nella pulizia delle fibre	Sensibile a chimica di superficie, dimensione particelle e stabilità schiuma	Può beneficiare di contaminanti più separabili
Dispersanti, fissativi o adsorbenti	Stabilizzano, fissano o mascherano contaminanti	Azione rapida, spesso facile da dosare nel processo	Possono trasferire il problema nel foglio o nei fanghi; non sempre riducono la tackiness	Utili se bilanciati con rimozione fisica e controllo depositi
Pulizie chimiche o solventi	Rimuovono depositi già formati	Efficaci in interventi correttivi	Possibili costi, fermate, rischi di compatibilità e impatti ambientali	Da usare come manutenzione, non come unica strategia preventiva

Questa comparazione mostra perché l'enzima va considerato uno strumento complementare. La letteratura sulla biocatalisi sottolinea che gli enzimi sono potenti quando il substrato è accessibile e il processo è progettato intorno alla loro specificità; al contrario, non sono una soluzione universale per qualunque contaminante o condizione estrema ^[1].

Condizioni operative che influenzano la prestazione

La prestazione dell'Adhesive-Contaminant Control Enzyme dipende prima di tutto dal **contatto** tra enzima e contaminante. Se l'adesivo resta intrappolato in frammenti plastici o agglomerati scarsamente bagnabili, l'enzima può raggiungere solo una piccola parte della superficie. Se invece il contaminante è disperso nella sospensione fibrosa o presente in una fase acquosa ben miscelata, aumenta la probabilità che la trasformazione superficiale sia sufficiente a modificare il comportamento della particella.

Il **tempo di contatto** è un secondo fattore chiave. Le reazioni enzimatiche non devono essere interpretate come istantanee: in un processo continuo, il risultato dipende dal punto di aggiunta, dal tempo medio di permanenza e dal grado di miscelazione. Se l'enzima viene introdotto immediatamente prima di una separazione fisica, potrebbe non avere tempo sufficiente per modificare le superfici adesive; se viene introdotto in una fase troppo aggressiva, può perdere efficacia prima di incontrare il contaminante.



Figure 5. 관련 적용 분야에는 재활용 섬유, 라벨 및 포장재 잔류물 제거, 설비 세정, 섬유 및 부직포 공정, 고분자 관련 오염물 관리가 포함된다.

Anche **pH, temperatura e chimica del circuito** incidono sulla stabilità enzimatica. Gli enzimi operano entro finestre di compatibilità e possono essere influenzati da ossidanti forti, biocidi, solventi, tensioattivi molto aggressivi o condizioni estreme. Le review sui processi enzimatici di rimozione dei contaminanti evidenziano proprio l'importanza del mezzo: attività enzimatica, disponibilità del substrato e interferenti disciolti possono determinare il successo o il fallimento del trattamento ^[11].

La **composizione degli adesivi** è probabilmente la variabile più difficile da controllare. Un impianto che lavora maceri misti può ricevere, nello stesso giorno, adesivi acrilici, hot-melt, colle da imballaggio, patine organiche, inchiostri, film plastici e materiali laminati. Alcuni componenti possono contenere gruppi chimici più suscettibili all'azione enzimatica; altri possono essere inerti o accessibili solo in superficie. Per questo motivo, è più corretto parlare di riduzione della criticità degli stickies che di eliminazione completa e uniforme di tutti gli adesivi.

Benefici industriali attesi e interpretazione corretta

Il beneficio più diretto è la **riduzione della tackiness**. Quando le particelle adesive diventano meno appiccicose, tendono meno a depositarsi su tele, feltri, rulli, tubazioni e superfici di processo. Questo può tradursi in maggiore stabilità operativa, minore frequenza di interventi correttivi e riduzione dei difetti associati a particelle adesive nel prodotto finito. Le applicazioni industriali citate nel settore pulp & paper descrivono proprio la detackificazione come obiettivo centrale dei trattamenti enzimatici anti-stickies ^[2].

Un secondo beneficio è la **migliore compatibilità con le fasi fisiche di rimozione**. Vagliatura, flottazione e lavaggio funzionano meglio quando le particelle hanno dimensione, bagnabilità e comportamento superficiale favorevoli. Un contaminante che non aderisce immediatamente alle fibre o alle pareti del sistema ha più probabilità di raggiungere una fase di separazione e uscire dal circuito. Questo spiega perché l'enzima dovrebbe essere posizionato come parte di una sequenza di trattamento e non come intervento isolato.

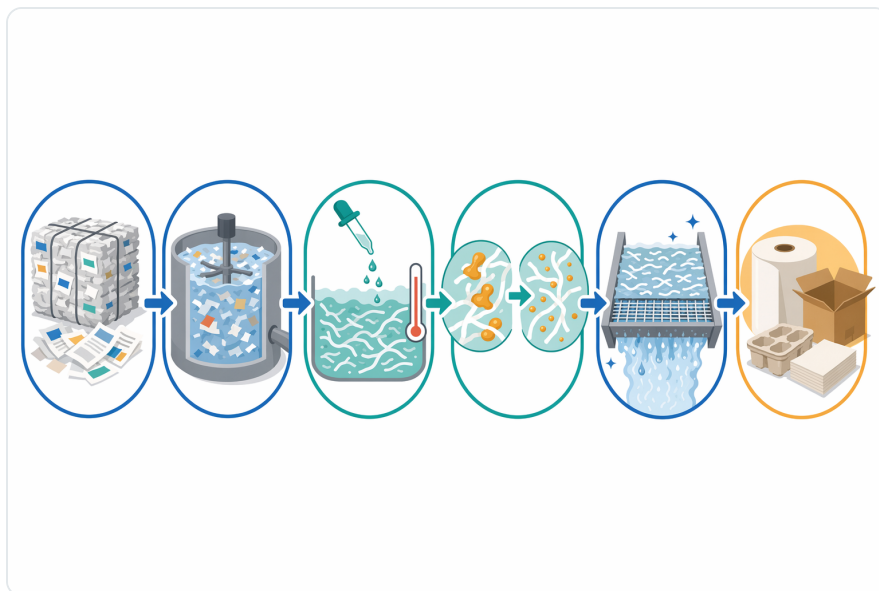


Figure 6. 효과적인 처리는 침착물을 잘 적시고 팽윤시키는 것, 적합한 pH와 온도를 유지하는 것, 혼합과 접촉 시간을 충분히 확보하는 것, 그리고 약화된 물을 세척이나 분리로 제거하는 것에 달려 있다.

Un terzo beneficio potenziale è la **maggiore flessibilità nella gestione delle materie prime riciclate**. Se un impianto riesce a controllare meglio gli stickies, può tollerare flussi fibrosi più variabili senza compromettere la continuità operativa. Tuttavia, questo vantaggio dipende dal bilancio complessivo del processo: contaminazione in ingresso, efficienza degli apparati, ricircolo acque, carico di fini, temperatura, additivi e pratiche di manutenzione.

È importante evitare promesse eccessive. La letteratura sui sistemi biologici di trattamento dei contaminanti mostra che la degradazione o trasformazione enzimatica è governata da numerosi fattori, tra cui accessibilità, tossicità o interferenza di altre sostanze, condizioni operative e persistenza chimica del contaminante ^[9]. In termini pratici, Adhesive-Contaminant Control Enzyme deve essere valutato come strumento per ridurre il rischio operativo associato agli adesivi, non come garanzia di rimozione totale.

Limiti tecnici e uso responsabile

Il limite principale riguarda gli adesivi non accessibili o poco reattivi. Polimeri altamente reticolati, frazioni molto idrofobiche, particelle laminate, residui inglobati in film plastici o materiali termicamente modificati possono offrire poca superficie utile all'azione enzimatica. In questi casi, la modifica può essere parziale e il risultato dipendere maggiormente dalla rimozione meccanica o da strategie di processo diverse.

Un secondo limite è la possibile presenza di sostanze interferenti. Circuiti con biocidi, ossidanti, solventi, alte concentrazioni di tensioattivi o condizioni chimiche severe possono ridurre la stabilità dell'enzima. Nelle acque reflue industriali, è noto che composti disciolti e interferenti possono influenzare crescita microbica, attività enzimatica e rimozione di contaminanti organici; il principio è rilevante anche nei sistemi cartari, dove l'acqua bianca può accumulare molte specie chimiche diverse ^[11].

Un terzo limite è la misurazione del risultato. Il miglioramento può manifestarsi come minore deposito, minore tackiness, meno difetti, migliore runnability o maggiore efficienza di separazione. Non sempre questi effetti coincidono con la scomparsa visibile del contaminante. Per questo motivo, l'interpretazione più corretta è funzionale: l'enzima è utile se riduce l'impatto operativo degli adesivi e migliora la gestibilità del processo.

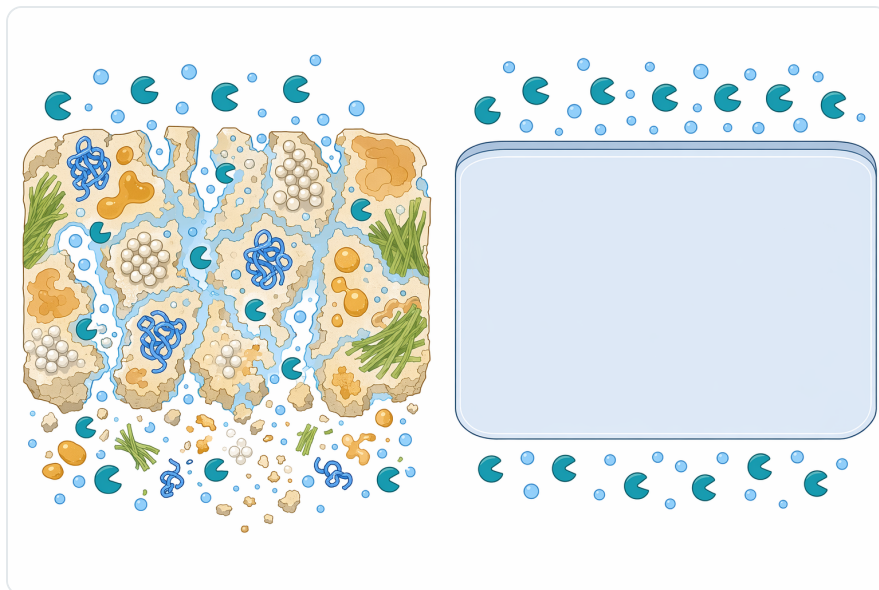


Figure 7. 가장 현실적인 기대치는 모든 접착성 고분자를 보편적으로 용해하는 것이 아니라, 효소가 접근할 수 있는 유기 성분을 부분적으로 약화시키는 것이다.

Informazioni pratiche per l'acquisto online

Enzymes.bio rende disponibile Adhesive-Contaminant Control Enzyme per acquisto diretto online in unità da **1 kg**. L'ordine viene evaso dopo il pagamento online; il **certificato di analisi CoA** e la **scheda di dati di sicurezza SDS** accompagnano l'ordine, fornendo la documentazione essenziale per tracciabilità, gestione e sicurezza del prodotto .

Il prodotto va considerato un ausilio tecnico per applicazioni industriali compatibili, in particolare quando i contaminanti adesivi organici sono presenti in sistemi acquosi o fibrosi e possono entrare in contatto con la preparazione enzimatica. Le modalità di impiego devono essere integrate nelle procedure operative dell'utilizzatore e nella gestione complessiva del processo, tenendo conto delle condizioni di sito e della documentazione fornita con l'ordine.

Conclusione

Adhesive-Contaminant Control Enzyme è un ausilio enzimatico per il controllo dei contaminanti adesivi organici in carta riciclata, deinking, packaging e circuiti acquosi industriali. Il suo valore risiede nella capacità di contribuire alla detackificazione, alla modifica superficiale e alla migliore separabilità degli stickies, riducendo la tendenza a depositi, difetti e instabilità operative.

Il razionale tecnico è coerente con la letteratura sugli enzimi come biocatalizzatori e con le applicazioni biologiche di trasformazione dei contaminanti organici, ma la prestazione resta dipendente dal tipo di adesivo, dall'accessibilità del contaminante e dalle condizioni del processo ^[5]. Usato come parte di una strategia integrata — insieme a separazione meccanica, lavaggio, flottazione e controllo dei circuiti — rappresenta un approccio pragmatico per rendere i contaminanti adesivi meno critici e più gestibili nei flussi industriali.

Ordina Adhesive-Contaminant Control 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 Adhesive-Contaminant Control 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. Buller, R., Lutz, S., Kazlauskas, R., Snajdrova, R., Moore, J., & Bornscheuer, U. (2023). From nature to industry: Harnessing enzymes for biocatalysis. *Science*, 382.
2. Stickies Control. *Edt-enzymes*.
3. Saxena, S. (2015). Microbial Enzymes and Their Industrial Applications.
4. Mahnashi, M., Muddapur, U. M., Turakani, B., Shaikh, I., Awadh, A. A. A., Alshahrani, M., Almazni, I., ... et al. (2022). A Review on Versatile Eco-Friendly Applications of Microbial Proteases in Biomedical and Industrial Applications. *Science of Advanced Materials*.
5. Sarwan, J., Mittal, K., Pallavi, Bose, K., Uddin, N., Prathimesh, Kshitij, ... et al. (2024). Degradation potential of various enzymes in bioremediation of toxic contaminants. *E3S Web of Conferences*.
6. Barber, E., Liu, Z., & Smith, S. R. (2020). Organic Contaminant Biodegradation by Oxidoreductase Enzymes in Wastewater Treatment. *Microorganisms*, 8.
7. Farkas, Z., Puškárová, A., Šišková, A., Poljovka, A., Zámocký, M., Vadkertiová, E., Urík, M., ... et al. (2023). Evaluation of enzymatic stamp removal strategies on handmade (cellulose-based) and machine-made (lignin-containing) papers. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124599 .
8. González-Rodríguez, S., Lu-Chau, T., Trueba-Santiso, A., Eibes, G., & Moreira, M. T. (2022). Bundling the removal of emerging contaminants with the production of ligninolytic enzymes from residual streams. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106, 1299 - 1311.

9. Abu-Tahon, M., Housseiny, M., Aboelmagd, H. I., Daifalla, N., Khalili, M., Isichei, A. C., Ramadan, A., ... et al. (2025). A holistic perspective on the efficiency of microbial enzymes in bioremediation process: Mechanism and challenges: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 142278 .
10. Dias-Souza, M. V., Alves, A. L., Pagnin, S., Veiga, A. A., Haq, I., Alonazi, W. B., & Santos, V. L. (2024). The activity of hydrolytic enzymes and antibiotics against biofilms of bacteria isolated from industrial-scale cooling towers. *Microbial Cell Factories*, 23.
11. Asif, M., Hai, F., Hou, J., Price, W., & Nghiem, L. (2017). Impact of wastewater derived dissolved interfering compounds on growth, enzymatic activity and trace organic contaminant removal of white rot fungi - A critical review. *Journal of Environmental Management*, 201, 89-109 .

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.