

# Pectinase food-grade per fruit pulping, macerazione della frutta, puree e succhi: meccanismo, benefici e uso B2B

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

La pectinase food-grade per fruit pulping è un enzima usato nella trasformazione della frutta per degradare la pectina delle pareti cellulari, rendendo polpe, puree e mash più fluidi, pompabili e facili da pressare o raffinare. Nelle applicazioni B2B aiuta soprattutto a ridurre la viscosità, migliorare la resa di estrazione e ottenere una texture più uniforme in succhi, basi frutta, preparazioni per bevande e semilavorati alimentari. Enzymes.bio la rende disponibile online in unità da 1 kg; CoA e SDS sono forniti insieme all'ordine.

## Che cos'è una pectinase food-grade per fruit pulping

Una pectinase food-grade per fruit pulping è una preparazione enzimatica destinata alla lavorazione alimentare di frutta frantumata, puree, polpe, mash e intermedi vegetali. La sua funzione tecnologica è intervenire sulla pectina, un polisaccaride strutturale presente nella lamella mediana e nella parete cellulare primaria dei tessuti vegetali. Quando la frutta viene tritata, riscaldata, raffinata o pressata, la pectina contribuisce alla viscosità della massa, alla ritenzione di acqua e succo, alla stabilità della torbidità e alla resistenza meccanica del tessuto vegetale. Le pectinasi sono quindi ampiamente studiate e applicate perché degradano le sostanze pectiche, migliorando la processabilità di succhi e prodotti derivati dalla frutta <sup>[1]</sup>.

Nel contesto del **fruit pulping**, l'obiettivo non è semplicemente "liquefare" la frutta, ma modificare in modo controllato la rete pectica che trattiene la fase liquida e lega le particelle solide. Una polpa troppo strutturata può essere difficile da pompare, miscelare, separare o standardizzare; una degradazione enzimatica adeguata può invece rendere la massa più omogenea e più prevedibile lungo la linea di processo. Le revisioni sulla tecnologia enzimatica alimentare descrivono gli enzimi come biocatalizzatori capaci di migliorare resa, qualità e sostenibilità dei processi, purché integrati in condizioni compatibili con la matrice trattata <sup>[2]</sup>.

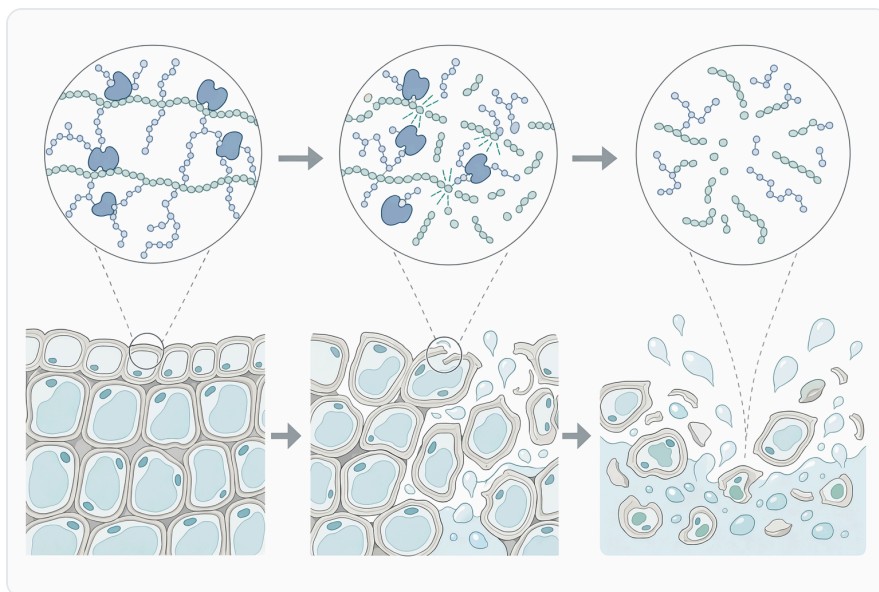
Enzymes.bio è un fornitore online B2B di enzimi, non un produttore e non un laboratorio di analisi. La pectinase food-grade per fruit pulping va quindi considerata un prodotto per uso professionale in processi alimentari, non un prodotto per consumo diretto né un sostituto della validazione interna di

processo dell'utente. L'acquisto avviene direttamente online in unità da 1 kg; la documentazione CoA e SDS viene fornita insieme all'ordine, a supporto della gestione qualità dell'azienda utilizzatrice.

## Perché la pectina è critica nella lavorazione della frutta

La pectina è una famiglia di polisaccaridi ricchi in acido galatturonico. Nella frutta contribuisce alla coesione dei tessuti e alla consistenza del prodotto fresco; nella trasformazione industriale diventa però una variabile di processo importante. Mele, agrumi, bacche, frutti tropicali e drupacee possono mostrare comportamenti molto diversi perché il contenuto pectico, il grado di esterificazione, la maturazione e i trattamenti pre-processo influenzano la viscosità della polpa e la facilità con cui il succo viene liberato dalla matrice vegetale. Le pectinasi sono considerate rilevanti proprio perché agiscono su questa frazione strutturale della parete cellulare [3].

Quando la frutta viene ridotta in polpa, la pectina solubilizzata o parzialmente dispersa può formare una rete idrocolloidale che intrappola acqua, zuccheri, acidi organici, pigmenti, aromi e particelle fini. Questo fenomeno può aumentare la resistenza al flusso, ridurre la velocità di pressatura, ostacolare la chiarificazione e rendere meno stabile il controllo della texture. Nelle bevande e nei succhi, le sostanze pectiche sono riconosciute come una causa importante di torbidità e viscosità; il trattamento con pectinasi è perciò una delle applicazioni più consolidate degli enzimi nella trasformazione della frutta [4].



**Figure 1.** 펙티나아제는 식물 세포벽과 중간층의 펙틴질을 분해해, 분쇄한 과일 펄프가 젤처럼 뭉치기보다 분리 가능한 현탁액처럼 되도록 합니다.

Nel pulping, il problema si manifesta a monte della chiarificazione: non si tratta solo di ottenere un succo limpido, ma di rendere la massa frutticola più gestibile prima delle fasi successive. Una polpa meno viscosa può essere distribuita meglio nei serbatoi, trasferita con minore sforzo meccanico, miscelata in modo più uniforme e sottoposta con maggiore efficienza a raffinazione, separazione o formulazione. Questo è particolarmente rilevante nei semilavorati destinati a yogurt, dessert, smoothies, basi bevanda, composte, confetture e ripieni, dove la texture finale deve rimanere controllata e ripetibile.

## Meccanismo d'azione: come la pectinase modifica la matrice della polpa

“Pectinase” non indica una singola attività enzimatica, ma una famiglia di enzimi che agiscono su differenti parti della struttura pectica. Le principali categorie includono poligalatturonasi, pectin liasi, pectate liasi e pectin metilesterasi. Insieme possono accorciare le catene pectiche, rimuovere gruppi metilici o rompere legami specifici della dorsale di acido galatturonico. Questa diversità spiega perché le pectinasi commerciali possono essere impiegate in applicazioni differenti: macerazione, riduzione di viscosità, chiarificazione, miglioramento della filtrabilità o supporto all'estrazione di composti cellulari [1].

Le **poligalatturonasi** idrolizzano legami nella catena dell'acido poligalatturonico, riducendo la lunghezza delle catene e quindi la capacità della pectina di generare viscosità. Le **pectin liasi** agiscono tramite scissione non idrolitica su pectine più esterificate, mentre le **pectate liasi** sono più associate a substrati demetilati. Le **pectin metilesterasi** modificano il grado di esterificazione della pectina, cambiandone la carica e la suscettibilità ad altre pectinasi. In una matrice reale di frutta, queste azioni non avvengono in isolamento: la struttura del tessuto, il pH naturale, la maturazione e la composizione della parete cellulare influenzano il risultato tecnologico.

Componente della famiglia pectinasi	Bersaglio principale nella pectina	Effetto sulla polpa di frutta	Rilevanza per fruit pulping
Poligalatturonasi	Catene di acido galatturonico, soprattutto in pectine demetilate	Riduzione della lunghezza delle catene e della viscosità	Migliora fluidità, pressabilità e rilascio della fase liquida
Pectin liasi	Pectine esterificate	Scissione della catena pectica senza idrolisi diretta	Utile quando la pectina del frutto mantiene un grado di esterificazione elevato
Pectate liasi	Pectati e pectine meno esterificate	Depolimerizzazione della frazione pectica carica	Supporta disgregazione della rete pectica in matrici idonee

Componente della famiglia pectinasi	Bersaglio principale nella pectina	Effetto sulla polpa di frutta	Rilevanza per fruit pulping
Pectin metilesterasi	Gruppi metil-estere della pectina	Modifica del grado di esterificazione e della reattività della pectina	Può rendere il substrato più accessibile ad altre attività pectinasiche

Il risultato macroscopico è una modifica reologica della polpa: la rete che lega acqua e particelle fini perde parte della sua integrità, la massa scorre più facilmente e la separazione liquido-solido può diventare meno onerosa. Questo non significa che ogni processo debba puntare alla massima degradazione possibile. In puree, nettari e basi frutta, una quota di struttura pectica può essere desiderabile per corpo e mouthfeel; l'utilizzo professionale della pectinase consiste quindi nel raggiungere un equilibrio tra lavorabilità e texture finale.

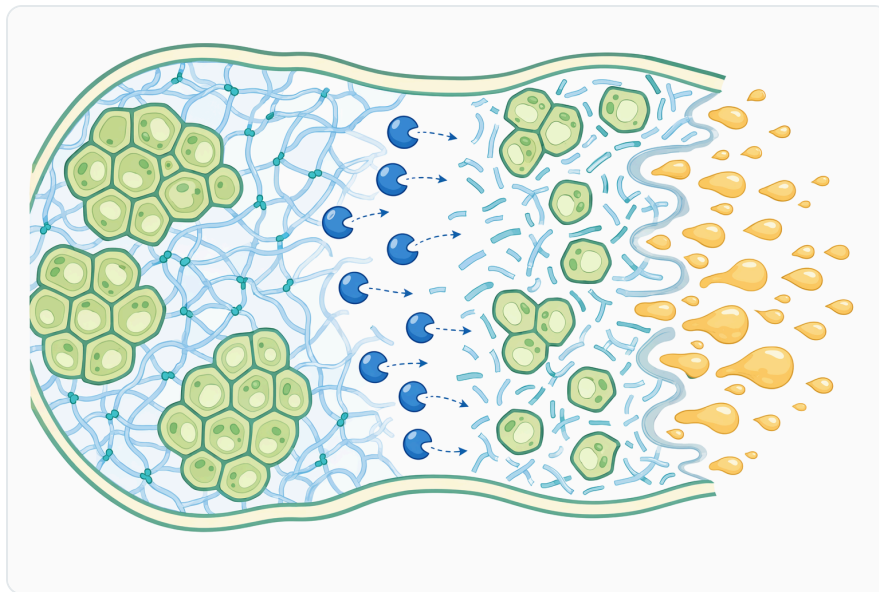


Figure 2. 펙틴의 탈중합, 중간층 약화, 콜로이드 붕괴는 점도 저하, 과즙 방출, 청징을 돕는 서로 연결된 변화입니다.

## Applicazioni principali nel fruit pulping e nella trasformazione alimentare

### Macerazione della frutta prima di pressatura o raffinazione

La macerazione enzimatica avviene tipicamente dopo frangitura, triturazione o preparazione del mash, quando la pectinase può entrare in contatto con le pareti cellulari danneggiate. La degradazione controllata della pectina facilita il rilascio della fase liquida e può migliorare il comportamento della massa durante pressatura, setacciatura o raffinazione. Le revisioni sugli enzimi nei prodotti a base frutta descrivono il trattamento enzimatico come una pratica consolidata sia per prodotti fermentati sia non fermentati, con effetti su resa, viscosità e qualità di processo <sup>[4]</sup>.

Questa applicazione è utile quando la frutta ha una struttura cellulare compatta o una frazione pectica capace di trattenere succo. Nel caso di mele, pere, bacche e frutti tropicali, la variabilità della materia prima può generare differenze significative nella pressione richiesta, nella resa di separazione e nella consistenza del semilavorato. La pectinase non elimina la necessità di un corretto controllo meccanico della linea, ma può ridurre l'intensità necessaria per ottenere una polpa lavorabile.

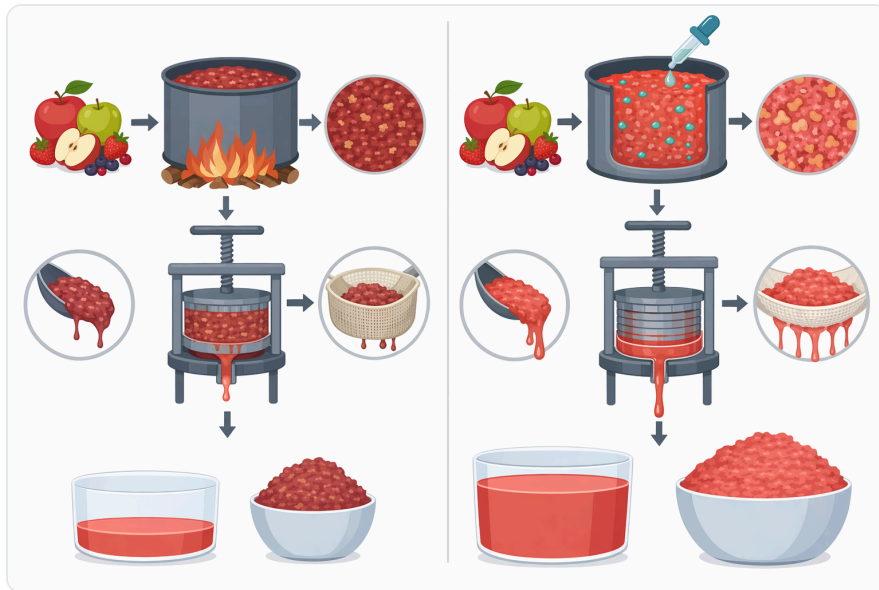
### **Puree, composte e basi frutta**

Nelle puree e nelle basi frutta, la pectinase viene usata per modulare la consistenza senza ricorrere esclusivamente a taglio meccanico, riscaldamento o diluizione. Una degradazione parziale della pectina può aiutare a ridurre grumi, migliorare l'uniformità della sospensione e rendere più costante il riempimento. Per prodotti come preparazioni per yogurt, dessert, smoothie, salse dolci o ripieni, l'aspetto critico non è la limpidezza, ma il controllo della viscosità e della texture percepita.

La ricerca applicativa conferma che le combinazioni di pectinase e altri enzimi di parete, come cellulasi, possono influenzare la quantità di composti organici estratti da polpe di frutta. Uno studio del 2024 ha valutato il pretrattamento di polpe di uva, ciliegia e fragola con preparazioni di pectinase e cellulase, evidenziando l'interesse tecnologico del trattamento enzimatico per modificare il profilo degli estratti ottenuti da matrici frutticole <sup>[5]</sup>.

### **Succhi, nettari e bevande a base frutta**

Nel passaggio da polpa a succo, la pectinase è impiegata per ridurre viscosità, migliorare separazione e sostenere la chiarificazione quando richiesta. Nei succhi limpidi, la degradazione della pectina facilita la rimozione delle particelle colloidali; nei succhi torbidi o nei nettari, l'obiettivo può essere più moderato: rendere la bevanda più stabile e processabile senza eliminare completamente corpo e torbidità. La letteratura sui trattamenti enzimatici dei prodotti a base frutta collega direttamente pectinasi, riduzione della viscosità e miglioramento della gestione dei succhi <sup>[4]</sup>.



**Figure 3.** 폴리갈락투로나아제, 펙틴 라이아제, 펙테이트 라이아제, 펙틴 메틸에스터라아제는 펙틴 주사슬이나 에스터화 상태에 서로 다른 방식으로 작용해 기여합니다.

La stabilità enzimatica resta un tema distinto dalla fase di pulping. Dopo che la pectinase ha svolto il proprio ruolo tecnologico, il processo industriale può includere fasi termiche o altre tecnologie di stabilizzazione in funzione del prodotto finale, della shelf life e dei requisiti di sicurezza alimentare. Le revisioni sulla pastorizzazione dei succhi mediante luce pulsata discutono congiuntamente sicurezza microbica, stabilità enzimatica e progettazione di processo, mostrando quanto la gestione degli enzimi sia parte integrante della qualità dei succhi [6].

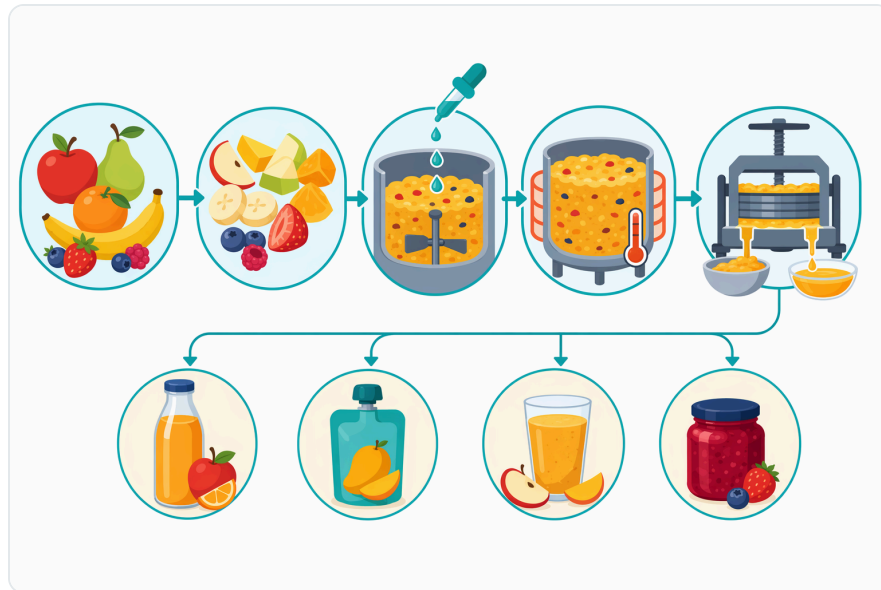
### Estrazione di pigmenti, aromi e composti bioattivi

La disgregazione della parete cellulare può favorire il rilascio di pigmenti, precursori aromatici, polifenoli e altre molecole intracellulari o legate alla matrice. Questo è rilevante per frutti rossi, uva, agrumi, frutti tropicali e sottoprodotti frutticoli destinati a ingredienti funzionali. L'uso di enzimi per facilitare estrazioni più efficienti è coerente con l'interesse crescente verso processi alimentari più delicati e verso la valorizzazione di biomasse vegetali [7].

In alcune applicazioni, la pectinase può essere integrata con tecnologie fisiche come ultrasuoni o omogeneizzazione, ma il razionale rimane lo stesso: rendere più accessibili i componenti della matrice cellulare. Uno studio sull'estrazione enzimatica assistita da ultrasuoni di polisaccaridi da frutto di *Rosa roxburghii* mostra come l'approccio enzimatico possa essere parte di strategie di estrazione strutturale da matrici vegetali complesse [8].

## Benefici industriali attesi

Il primo beneficio è la **riduzione della viscosità**. In una polpa ricca di pectina, anche piccoli cambiamenti nella lunghezza delle catene pectiche possono modificare in modo percepibile il flusso. La massa può diventare più facile da trasferire, meno resistente all'agitazione e più uniforme durante dosaggio e riempimento. Nelle revisioni sui succhi di frutta, la riduzione delle sostanze pectiche è associata a minore viscosità e migliore chiarificazione, due parametri centrali per la lavorabilità industriale [4].



**Figure 4.** 펙티나아제는 보통 분쇄한 과일에 분리 공정 전에 적용되어, 압착·배액·여과 전에 펙틴이 풍부한 매트릭스를 약화시킵니다.

Il secondo beneficio è il **miglioramento della resa di estrazione**. La pectina contribuisce a trattenere liquido nella struttura cellulare; degradarla può liberare una quota maggiore di succo o frazione semi-liquida senza aumentare eccessivamente lo stress meccanico. La pectinase viene quindi impiegata come strumento per aumentare l'efficienza di estrazione e ridurre le perdite associate alla matrice solida residua [3].

Il terzo beneficio è il **controllo della texture**. Per un produttore B2B, la variabilità della frutta è uno dei principali problemi: maturazione, cultivar, condizioni di raccolta e conservazione possono cambiare la consistenza del mash. Un trattamento pectinasico ben integrato può contribuire a rendere più regolare la texture della polpa e più prevedibile la performance nelle fasi successive, senza trasformare necessariamente il prodotto in un succo limpido.

Il quarto beneficio è la **compatibilità con processi relativamente delicati**. Gli enzimi operano come catalizzatori biologici e possono ridurre la dipendenza da trattamenti meccanici o termici più intensi. Questo non significa che la pectinase sostituisca le altre fasi del processo, ma che può abbassare la resistenza della matrice e migliorare l'efficienza complessiva della linea. Le revisioni sulle innovazioni sostenibili nell'industria alimentare collocano gli enzimi tra gli strumenti utili per migliorare efficienza e qualità riducendo interventi più gravosi [2].

## Variabili di processo che influenzano il risultato

La performance della pectinase dipende dalla matrice. Un frutto acerbo può avere pectine meno degradate naturalmente e una parete cellulare più resistente; un frutto molto maturo può essere già parzialmente ammorbidito da enzimi endogeni. Anche il rapporto tra polpa, buccia, semi e frazione liquida cambia il risultato: una purea di mango non si comporta come una polpa di mela, e un mash di agrumi contiene componenti di buccia e albedo che modificano il sistema pectico. La letteratura sulle pectinasi sottolinea che il substrato e la composizione della pectina condizionano l'efficacia dell'enzima [1].

Contano anche pH, temperatura, tempo di contatto e miscelazione. Ogni enzima ha un intervallo operativo nel quale conserva una conformazione attiva e interagisce efficacemente con il substrato; fuori da tale intervallo, l'azione può rallentare o diventare meno prevedibile. In un impianto reale, queste variabili non vengono ottimizzate in astratto, ma in relazione all'obiettivo: fluidificare una polpa, migliorare pressatura, conservare corpo, favorire estrazione di colore o preparare una base per chiarificazione.

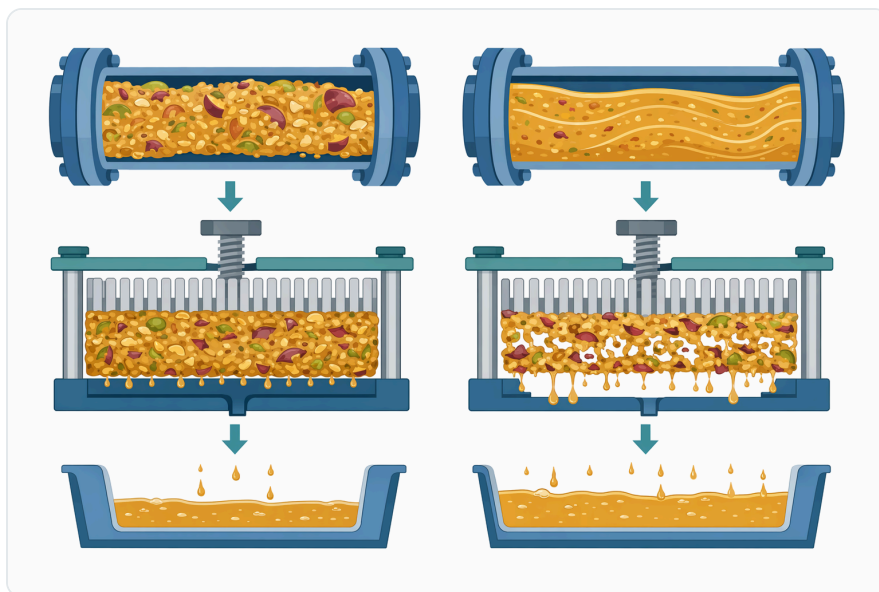


Figure 5. 펙틴으로 인한 점도를 낮추면 과일 매시를 더 쉽게 펌핑하고, 혼합하고, 압착하고, 분리할 수 있습니다.

La miscelazione è particolarmente importante perché la pectinase deve raggiungere la pectina disponibile nella massa. Una distribuzione non uniforme può generare aree sovra-trattate e aree quasi non trattate, con texture finale irregolare. Al tempo stesso, un trattamento eccessivamente aggressivo può ridurre troppo il corpo del prodotto, soprattutto in puree e nettari dove la viscosità contribuisce alla qualità sensoriale. La gestione professionale del pulping richiede quindi un equilibrio tra degradazione enzimatica e identità del prodotto finito.

## Pectinase, cellulase e altri enzimi: differenze applicative

La pectinase è spesso discussa insieme ad altri enzimi di parete cellulare, in particolare cellulasi ed emicellulasi. La differenza principale è il bersaglio: la pectinase agisce sulle sostanze pectiche, mentre cellulasi ed emicellulasi agiscono su cellulosa ed emicellulose. Nella frutta, queste reti strutturali sono interconnesse; per questo in alcune applicazioni si impiegano preparazioni combinate. Tuttavia, per la riduzione della viscosità legata alla pectina e per la gestione del pulping, la pectinase rimane l'enzima centrale <sup>[5]</sup>.

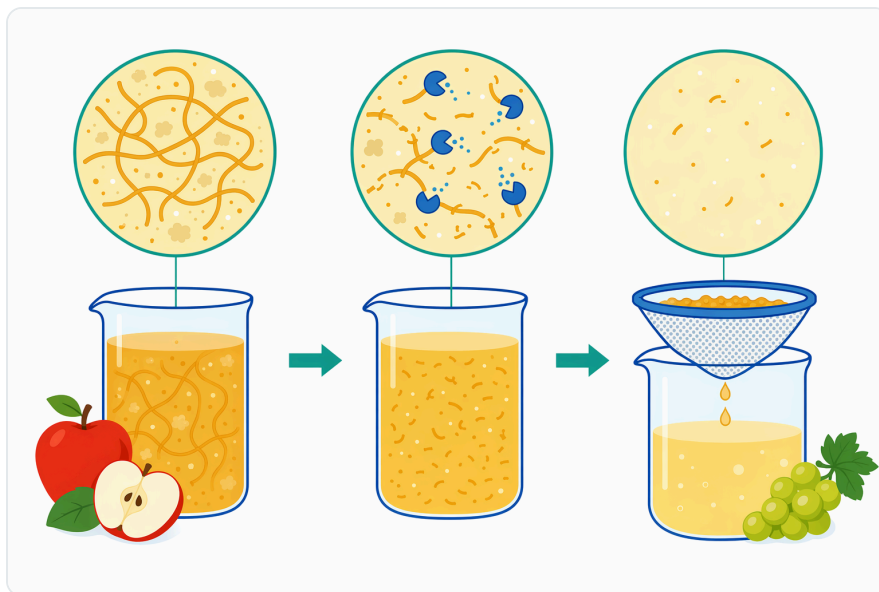
Enzima	Bersaglio nella parete vegetale	Effetto tipico nella lavorazione della frutta	Quando è più rilevante
Pectinase	Pectina e pectati	Riduzione viscosità, macerazione, migliore rilascio di succo, texture più uniforme	Fruit pulping, puree, succhi, chiarificazione
Cellulase	Cellulosa	Ammorbidimento della struttura fibrosa e maggiore disgregazione cellulare	Estrazione intensiva, puree molto fibrose, combinazioni enzimatiche
Emicellulase / xylanase	Emicellulose, inclusi xilani in matrici vegetali	Supporto alla disgregazione della parete e alla modifica della fibra	Matrici ricche di componenti emicellulosici
Amylase	Amido	Riduzione di viscosità dovuta ad amido, non a pectina	Frutti o ingredienti con frazione amidacea significativa

Le xilanasi, ad esempio, sono molto rilevanti in applicazioni industriali su biomasse e materiali vegetali ricchi di emicellulose, ma non sostituiscono la pectinase quando il collo di bottiglia è la pectina. La scelta dell'enzima deve quindi seguire la causa fisico-chimica del problema: se la viscosità deriva da pectina solubilizzata, l'approccio pectinasico è più razionale; se deriva da amido o fibra insolubile, possono servire strategie diverse. Le applicazioni industriali delle xilanasi confermano che enzimi apparentemente simili hanno bersagli e ruoli distinti nelle matrici vegetali <sup>[9]</sup>.

## Qualità del prodotto finito: texture, colore e browning

La pectinase modifica la struttura della polpa, ma non è un agente universale di controllo del colore o dell'ossidazione. La degradazione della parete cellulare può facilitare il rilascio di fenoli, pigmenti e substrati enzimatici; se il processo non è gestito correttamente, questi componenti possono interagire con ossigeno ed enzimi endogeni come la polifenol ossidasi. Le strategie per controllare l'imbrunimento enzimatico di frutta e verdura sono un tema separato e includono la gestione di ossigeno, enzimi ossidativi, substrati fenolici e condizioni di processo [10].

Studi su pera fresca tagliata e oliva hanno mostrato che l'imbrunimento enzimatico coinvolge famiglie geniche e attività di polifenol ossidasi, oltre alla disponibilità di substrati fenolici. Questo significa che il trattamento con pectinase deve essere inserito in un disegno di processo che consideri anche colore, esposizione all'aria, tempi di sosta e stabilizzazione successiva [11].



**Figure 6.** 펙티나아제는 주스 속 콜로이드성 펙틴질을 분해하여 펙틴 관련 혼탁을 줄이고 여과성을 향상시킬 수 있습니다.

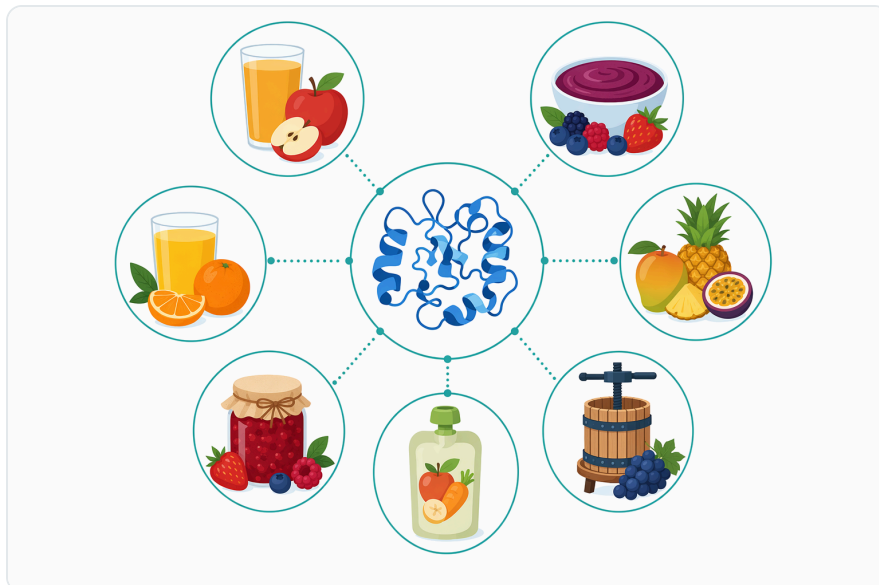
Allo stesso modo, la conservazione del profilo aromatico e del colore dipende dal bilanciamento tra rilascio e degradazione. In frutti ricchi di antociani, carotenoidi o polifenoli, una maggiore estrazione può essere desiderabile; in altri casi, un'eccessiva disgregazione può aumentare la sensibilità all'ossidazione o modificare la percezione sensoriale. Per questo la pectinase per fruit pulping va trattata come uno strumento di modulazione della matrice, non come una scorciatoia unica per tutti gli attributi qualitativi.

## Aspetti food-grade e sicurezza d'uso professionale

Le pectinasi alimentari sono spesso ottenute da microrganismi, inclusi funghi filamentosi, perché questi organismi producono naturalmente enzimi capaci di degradare polisaccaridi vegetali. La letteratura evidenzia la doppia natura dei funghi filamentosi nell'industria alimentare: da un lato sono fonti utili di enzimi e metaboliti, dall'altro richiedono controllo qualità e gestione dei rischi nelle catene produttive [12].

Per l'utilizzatore B2B, "food-grade" indica l'idoneità del prodotto a essere impiegato in processi alimentari secondo le condizioni e le responsabilità applicabili al contesto produttivo. Non significa che l'enzima sia destinato al consumo diretto, né che possa essere applicato senza integrazione nel sistema qualità aziendale. La documentazione CoA e SDS fornita con l'ordine supporta la tracciabilità e la gestione interna, ma l'applicazione resta responsabilità dell'operatore alimentare che utilizza l'enzima nel proprio processo.

Le tecnologie emergenti, come l'immobilizzazione enzimatica su supporti o nanomateriali, sono rilevanti nella ricerca perché possono migliorare riutilizzo, stabilità e controllo del biocatalizzatore. Tuttavia, queste prospettive non devono essere confuse con le caratteristiche di una preparazione commerciale standard per pulping. Le revisioni sugli enzimi immobilizzati mostrano potenziali applicazioni nell'industria alimentare, ma il fruit pulping convenzionale utilizza normalmente enzimi dispersi nella matrice e gestiti all'interno del flusso produttivo [13].



**Figure 7.** 과일주스, 사과·배 매시, 베리·포도 머스트, 감귤류 또는 열대과일 펄프, 과일 조제품에는 점도 조절, 과즙 방출, 청징, 추출의 다양한 목적 조합을 위해 펙티나아제가 사용됩니다.

## Posizionamento B2B di Enzymes.bio

---

La pectinase food-grade per fruit pulping disponibile tramite Enzymes.bio è pensata per operatori professionali che lavorano frutta, puree, polpe e semilavorati. Il prodotto si colloca nella categoria degli enzimi per trasformazione di frutta e succhi, con applicazioni coerenti con macerazione, riduzione della viscosità e supporto alla separazione della fase liquida. Enzymes.bio opera come fornitore online e non come produttore o laboratorio; le informazioni tecniche devono quindi essere lette come supporto all'uso professionale, non come sostituto delle procedure interne dell'azienda utilizzatrice.

L'acquisto è diretto online in unità da 1 kg. Questo formato è coerente con un uso B2B pratico e documentato, senza necessità di presentare la pectinase come prodotto da campionatura, preventivo o approvvigionamento su larga scala. CoA e SDS sono forniti insieme all'ordine, consentendo all'utilizzatore di archiviare la documentazione nel proprio sistema qualità.

## Conclusione

---

La pectinase food-grade per fruit pulping è uno strumento tecnico ben fondato per trasformare frutta in polpe, puree, basi e succhi più gestibili. Il suo valore deriva dalla capacità di degradare la pectina, riducendo viscosità, migliorando il rilascio della fase liquida e rendendo più uniforme la texture della matrice frutticola. Le evidenze disponibili supportano l'uso delle pectinasi nella trasformazione di frutta, succhi e prodotti derivati, con benefici particolarmente chiari su processabilità, resa e chiarificazione quando la pectina è il principale fattore limitante <sup>[4]</sup>.

Per un utilizzatore B2B, il punto essenziale è integrare l'enzima nel processo in base alla matrice e all'obiettivo finale: una purea richiede un equilibrio diverso rispetto a un succo limpido, un nettare o un estratto ricco di composti bioattivi. La pectinase non sostituisce la progettazione di processo, ma può rendere la lavorazione della frutta più efficiente, prevedibile e controllabile quando la rete pectica è responsabile di viscosità, ritenzione di liquido o texture irregolare.

### Ordina Food-Grade Pectinase For Fruit Pulping 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 Food-Grade Pectinase For Fruit Pulping →](#)

# 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. Shet, A. R., Desai, S. V., & Achappa, S. (2018). PECTINOLYTIC ENZYMES: CLASSIFICATION, PRODUCTION, PURIFICATION AND APPLICATIONS.
2. Siddikey, F., Jahan, M. I., Hormoni, Hasan, M., Nishi, N. J., Hasan, S., Rahman, N., ... et al. (2025). Enzyme Technology in the Food Industry: Molecular Mechanisms, Applications, and Sustainable Innovations. *Food Science & Nutrition*, 13.
3. Khan, M., Nakkeeran, E., & Umesh-Kumar, S. (2013). Potential application of pectinase in developing functional foods. *Annual Review of Food Science and Technology*, 4, 21-34 .
4. Toy, J. Y. H., Lu, Y., Huang, D., Matsumura, K., & Liu, S. (2020). Enzymatic treatment, unfermented and fermented fruit-based products: current state of knowledge. *Critical reviews in food science and nutrition*, 62, 1890 - 1911.
5. Maharramova, S., Nasrullayeva, G., Qadimova, N., Maharramova, M., & Maharramov, M. (2024). The Influence of Pre-Treatment of Grape, Cherry, and Strawberry Pulp with Enzyme Preparations of Pectinase and Cellulase on some Organic Compounds Amount in their Extracts. *METHODS AND OBJECTS OF CHEMICAL ANALYSIS*.
6. Dhar, R., Basak, S., & Chakraborty, S. (2021). Pasteurization of fruit juices by pulsed light treatment: A review on the microbial safety, enzymatic stability, and kinetic approach to process design. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.
7. Sanli, I., Ozkan, G., & Şahin-Yeşilçubuk, N. (2025). Green extractions of bioactive compounds from citrus peels and their applications in the food industry. *Food Research International*, 212, 116352 .
8. Jiao, X., Zhang, M., Zhang, M., Hao, L., & Wu, C. (2023). Ultrasound-assisted enzymatic extraction, structural characterization, and anticancer activity of polysaccharides from Rosa roxburghii Tratt fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*, 127926 .
9. Bajpai, P. (2014). Industrial Applications of Xylanases.
10. Moon, K., Kwon, E., Lee, B., & Kim, C. (2020). Recent Trends in Controlling the Enzymatic Browning of Fruit and Vegetable Products. *Molecules*, 25.
11. Jing, F., Du, W., Qiliang, C., Jingguo, Z., Xiaoping, Y., Hussain, S., & Hongju, H. (2021). Comparative Transcriptomic Analyses Provide Insights into the Enzymatic Browning Mechanism of Fresh-Cut Sand Pear Fruit. *Horticulturae*.
12. Souza, L. V., Silva, R. R., Cavicchioli, V. Q., Melo Tavares, R., Randazzo, C., Caggia, C., Carvalho, A. F., ... et al. (2025). The duality of filamentous fungi: Beneficial uses and risks in the food industry. *Food Research International*, 220, 117191 .
13. Jothyswarupha, K. A., Venkataraman, S., Rajendran, D., Shri, S., Sivaprakasam, S., Yamini, T., Karthik, P., ... et al. (2024). Immobilized enzymes: exploring its potential in food industry applications. *Food Science and Biotechnology*, 34, 1533 - 1555.

## Contatta Enzymes.bio

Hai domande su un ordine? Il nostro team è lieto di aiutarti.

EMAIL [wholesale@enzymes.bio](mailto: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.