

Debranching Enzyme per industria birraria: enzima deramificante per ammostamento, adjunct e mosti più fermentescibili

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

Un **Debranching Enzyme per industria birraria** è un enzima tecnico usato per ridurre le ramificazioni dell'amido, in particolare dell'amilopectina, rendendo più accessibili le catene glucidiche agli enzimi amilasici del mash. In birrificazione è utile soprattutto in processi con alta quota di adjunct, cereali alternativi, mosti a maggiore fermentabilità o ricette in cui la conversione dell'amido ramificato limita resa e prevedibilità del profilo zuccherino.

Che cos'è un Debranching Enzyme nel contesto del brewing

Nel linguaggio tecnico della birrificazione, "debranching enzyme" indica un'attività enzimatica capace di intervenire sui punti di ramificazione dell'amido. L'amido è costituito principalmente da **amilosio**, più lineare, e **amilopectina**, una molecola altamente ramificata: le catene glucosidiche dell'amido sono basate soprattutto su legami α -1,4, mentre i punti di ramificazione dell'amilopectina sono legati a connessioni α -1,6. Un enzima deramificante, spesso descritto nella letteratura tecnica come pullulanasi o attività affine, ha valore perché riduce questi ostacoli strutturali e rende la frazione amidacea più disponibile per la successiva saccarificazione ^[1].

In birrificio, questa funzione non sostituisce l'azione di alfa-amilasi, beta-amilasi o glucoamilasi. Piuttosto, il debranching enzyme lavora come enzima complementare: semplifica la struttura dell'amilopectina e aumenta il numero di catene accessibili agli enzimi che producono destrine, maltosio o glucosio. La modifica enzimatica dell'amido è una tecnologia consolidata in più settori alimentari e industriali, e le applicazioni birrarie rientrano in questa logica di controllo biochimico della materia prima amidacea ^[2].

Il prodotto **Debranching Enzyme For Brewing Industry** è disponibile da **Enzymes.bio** per applicazioni birrarie ed è acquistabile online in unità da **1 kg**. Enzymes.bio opera come **fornitore**: non è un produttore né un laboratorio analitico. Il certificato di analisi e la scheda di dati di sicurezza sono forniti insieme all'ordine, mentre l'integrazione dell'enzima nel processo resta responsabilità tecnica dell'utilizzatore nel proprio contesto produttivo .

Perché le ramificazioni dell'amido sono importanti nel mash

Durante l'ammestamento, il birraio cerca di trasformare l'amido dei cereali in zuccheri utilizzabili dal lievito. In un malto d'orzo ben modificato, una parte rilevante degli enzimi necessari è già presente, ma la composizione della materia prima, il grado di modifica del malto, la quota di cereali non maltati e le condizioni di processo influenzano la conversione. Gli studi sul malto di frumento mostrano che la degradazione delle macromolecole nel malto è collegata a parametri di modifica proteica e alla disponibilità di substrati nel mash, confermando che il comportamento del mosto dipende da più componenti, non solo dall'amido [3].

L'amilopectina rappresenta la parte più complessa da gestire perché la sua architettura ramificata genera destrine limite: frammenti che possono resistere all'idrolisi quando le attività amilasiche non riescono ad aggirare efficacemente i punti α -1,6. Questo è particolarmente rilevante nelle ricette con riso, mais, sorgo, cassava, frumento, avena o altre materie prime in cui la struttura dell'amido, la gelatinizzazione e la dotazione enzimatica naturale differiscono dal malto d'orzo tradizionale. Le ricerche sulle proprietà fisico-chimiche dei malti di frumento evidenziano, ad esempio, come profilo zuccherino e polisaccaridi non amidacei varino tra materie prime e possano influenzare la lavorabilità del mosto [4].

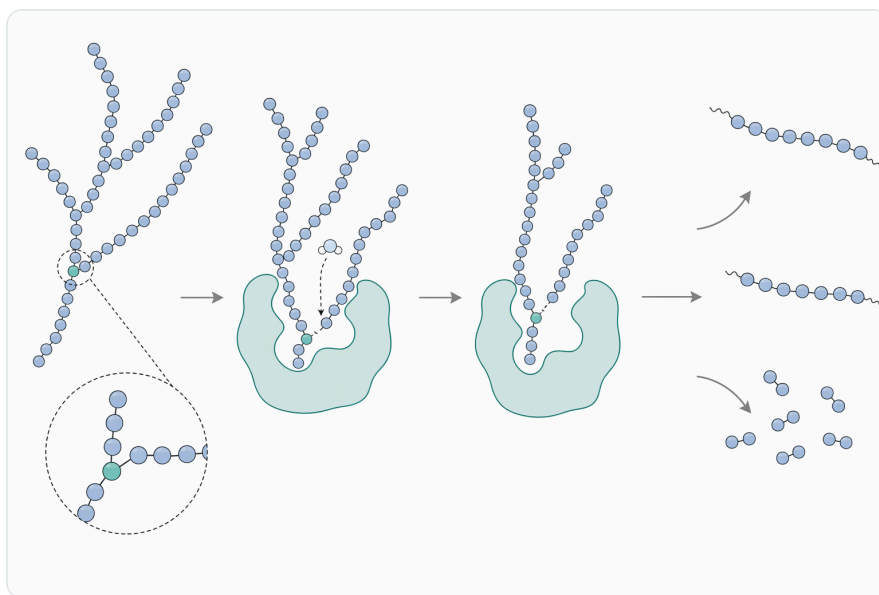


Figure 1. 풀물라나아제형 가지절단 효소는 아밀로펙틴에서 유래한 덱스트린의 α -1,6 가지 결합을 가수분해하여, 다른 아밀라아제가 생성된 사슬을 더 잘 분해할 수 있게 한다.

Un debranching enzyme agisce dunque su un collo di bottiglia specifico: la disponibilità della frazione ramificata dell'amido. Quando il mash contiene amido accessibile ma ancora strutturalmente complesso, la rimozione parziale delle ramificazioni può favorire l'azione combinata degli enzimi di

liquefazione e saccarificazione. Il risultato atteso non è un effetto sensoriale diretto, ma una modifica della distribuzione dei carboidrati disponibili, che può riflettersi su attenuazione, residuo destrinico, corpo e secchezza finale della birra.

Meccanismo biochimico: da amilopectina a catene più accessibili

La conversione dell'amido nel mash può essere letta come una sequenza di trasformazioni. Prima l'amido deve essere idratato e reso fisicamente accessibile; poi le catene lunghe vengono frammentate; infine le catene più corte vengono convertite in zuccheri fermentescibili o destrine residue. Le tecnologie di modifica dell'amido, incluse quelle enzimatiche, sono usate proprio perché la struttura nativa dell'amido non è sempre ideale per il processo industriale desiderato ^[1].

L'alfa-amilasi interviene principalmente sui legami α -1,4 interni, riducendo rapidamente la lunghezza media delle catene e contribuendo alla liquefazione del mash. Questo effetto è importante perché un mash troppo viscoso ostacola miscelazione, trasferimento di calore, filtrazione e contatto enzima-substrato. In applicazioni su matrici ricche di amido, l'impiego di alfa-amilasi termostabili è stato studiato anche su cereali come il riso, con effetti misurabili sulle proprietà fisico-chimiche della materia prima trasformata ^[5].

La beta-amilasi libera soprattutto maltosio dalle estremità non riducenti delle catene, mentre la glucoamilasi può spingere la conversione verso il glucosio. Tuttavia, entrambe incontrano limiti quando raggiungono zone ramificate. Qui entra in gioco il debranching enzyme: tagliando o riducendo i punti α -1,6 dell'amilopectina, aumenta la quantità di estremità e segmenti lineari su cui gli altri enzimi possono lavorare. La letteratura sui microbial enzymes descrive le amilasi e gli enzimi correlati come strumenti centrali nelle biotecnologie industriali basate sulla trasformazione dei carboidrati ^[6].

Questa complementarità è la ragione per cui il debranching enzyme va interpretato come parte di un sistema enzimatico, non come "enzima unico" per la conversione completa. Se il mash non è correttamente preparato, se l'amido non è gelatinizzato in modo sufficiente o se mancano attività di saccarificazione coerenti con l'obiettivo, l'azione deramificante da sola non garantisce un profilo zuccherino ottimale. La sua efficacia dipende dal punto in cui viene inserito nel processo e dalla composizione dell'intero sistema.

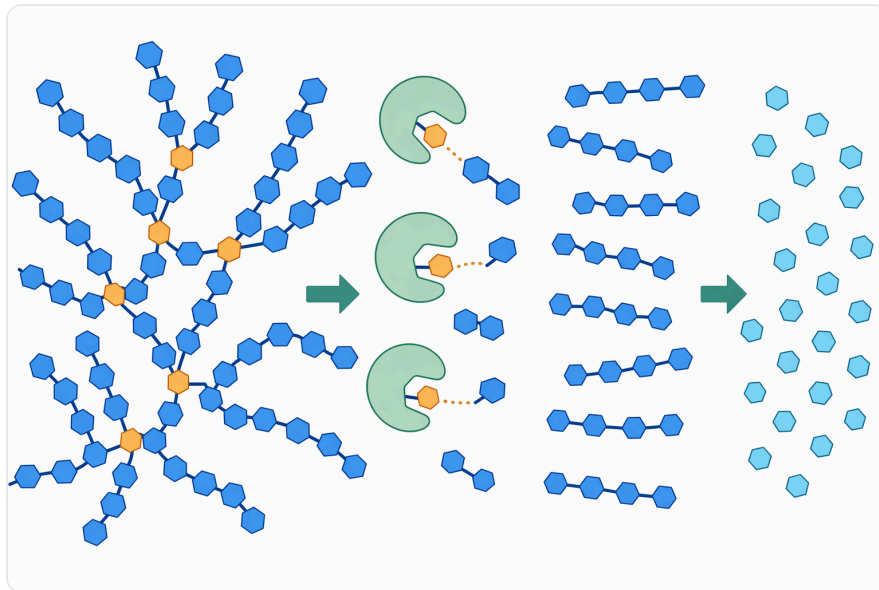


Figure 2. 가지절단은 분지형 덱스트린 구조를 가지가 적은 사슬로 전환해 당화 효율이 더 쉽게 접근할 수 있도록 한다.

Confronto tra enzimi birrari coinvolti nella conversione del mash

La tabella seguente riassume il ruolo del debranching enzyme rispetto ad altre attività enzimatiche comuni nel brewing. I nomi indicano funzioni tecnologiche generali; non implicano specifiche di attività, gradi o metodi analitici.

Enzima o attività	Substrato principale	Azione prevalente nel mash	Effetto tecnologico atteso	Relazione con il debranching enzyme
Alfa-amilasi	Amido gelatinizzato, amilosio, amilopectina	Taglio interno di legami α -1,4	Liquefazione, riduzione della viscosità, formazione di destrine	Prepara catene più corte, ma lascia limiti vicino alle ramificazioni
Beta-amilasi	Catene lineari di amido e destrine	Produzione di maltosio da estremità non riducenti	Maggiore quota di maltosio nel mosto	Beneficia di catene più lineari e meno ramificate
Glucoamilasi	Destrine e oligosaccaridi	Produzione di glucosio dalle estremità delle catene	Maggiore fermentabilità, birre più secche se il processo lo consente	Può convertire più efficacemente substrati resi accessibili dal debranching
Debranching enzyme	Ramificazioni dell'amilopectina	Intervento sui punti α -1,6	Riduzione delle destrine limite e	Funzione complementare: aumenta

Enzima o attività	Substrato principale	Azione prevalente nel mash	Effetto tecnologico atteso	Relazione con il debranching enzyme
			migliore accessibilità dell'amido	l'efficacia del sistema amilasico
Beta-glucanasi	Beta-glucani delle pareti cellulari	Degradazione di polisaccaridi non amidacei	Migliore filtrabilità e minore viscosità da beta-glucani	Agisce su un problema diverso dalla ramificazione dell'amido
Xilanasi	Arabinoxilani e xylani	Degradazione di polisaccaridi di parete	Migliore gestione della viscosità in alcune materie prime	Complementare, ma non sostituisce l'attività deramificante

La distinzione tra enzimi dell'amido e enzimi dei polisaccaridi non amidacei è importante. Nel malto e nei cereali, viscosità e filtrabilità possono dipendere anche da beta-glucani, arabinoxilani e altre macromolecole; gli studi sulle beta-glucanasi durante la maltazione e sulle xilanasi del malto di frumento confermano che il mash è una matrice complessa, dove più famiglie enzimatiche agiscono su substrati diversi ^{[7][8]}.

Applicazioni birrarie principali

Ammostamenti con alta quota di adjunct

Il debranching enzyme è particolarmente interessante quando una ricetta contiene una quota significativa di cereali non maltati o ingredienti amidacei alternativi. Gli adjunct possono essere scelti per motivi economici, sensoriali, nutrizionali o di posizionamento del prodotto, ma spesso apportano meno attività enzimatica naturale rispetto al malto e possono avere amidi con comportamento diverso in gelatinizzazione e conversione. La crescita del settore craft e la proliferazione di microbirrifici hanno ampliato la varietà delle ricette e delle materie prime, aumentando l'interesse verso strumenti di processo più flessibili ^[9].

In questi contesti, il debranching enzyme aiuta soprattutto quando il limite non è solo la quantità di amido, ma la sua forma ramificata. Se alfa-amilasi e glucoamilasi sono presenti ma il profilo di conversione resta meno prevedibile del desiderato, la riduzione delle ramificazioni dell'amilopectina può rendere il sistema più efficiente. La modifica enzimatica dell'amido è descritta in letteratura come un modo per cambiare proprietà funzionali senza ricorrere esclusivamente a trattamenti fisici o chimici ^[2].

Birre più secche, light o a carboidrati ridotti

Quando l'obiettivo è una birra più secca, con maggiore attenuazione apparente o minore residuo carboidratico, il punto critico è aumentare la frazione di zuccheri fermentescibili rispetto alle destrine non fermentate. In questi casi, il debranching enzyme può contribuire indirettamente: non è l'enzima che definisce da solo il grado di secchezza, ma rende più disponibili substrati che glucoamilasi o altre attività possono convertire in zuccheri più fermentescibili. Gli studi su mash a basso contenuto di carboidrati mostrano quanto la fase di ammostamento sia centrale nel determinare la composizione finale del mosto ^[10].

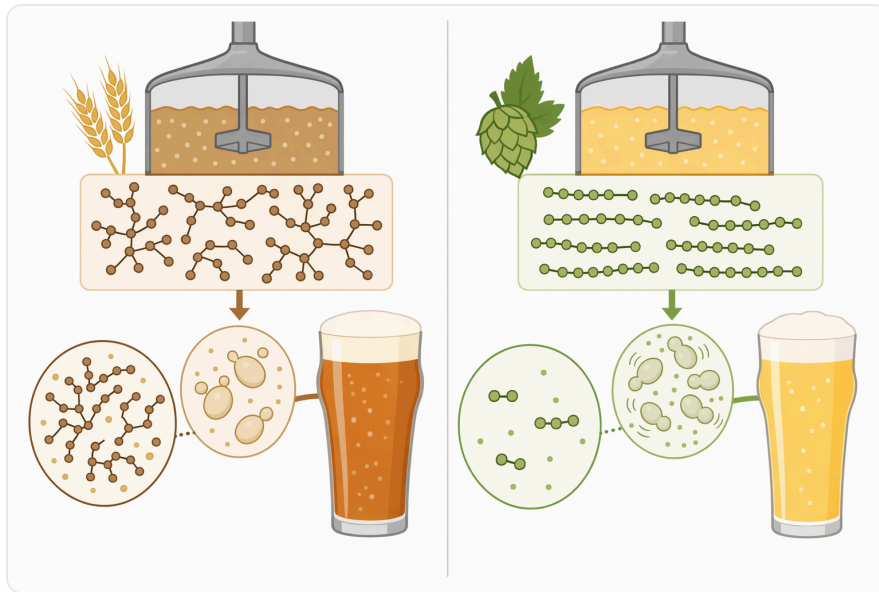


Figure 3. α -아밀라아제, β -아밀라아제, 글루코아밀라아제, 가지절단 효소는 각각 다른 전분 결합이나 사슬 위치에 작용하므로 맥즙의 탄수화물 전환에서 상호 보완적인 역할을 한다.

Questo uso richiede equilibrio. Una conversione troppo spinta può ridurre corpo, morbidezza e percezione di pienezza, caratteristiche desiderabili in molti stili. Per questo il debranching enzyme va considerato uno strumento di regolazione, non un acceleratore universale. In ricette in cui il corpo è una componente essenziale, l'impiego deve essere coerente con l'obiettivo sensoriale e con il profilo di zuccheri desiderato.

Brewing con cereali alternativi e senza glutine

Nelle birre con materie prime alternative, inclusi cereali o pseudocereali usati in processi gluten-free, il comportamento dell'amido può differire molto da quello dell'orzo maltato. Alcuni ingredienti richiedono trattamenti termici più intensi per rendere accessibili i granuli di amido; altri hanno livelli

diversi di proteine, fibre, beta-glucani o polisaccaridi non amidacei. Le revisioni sulla scienza della birra artigianale sottolineano che il brewing moderno combina ingredienti, microbiologia e tecnologia di processo per ottenere profili sensoriali e funzionali sempre più diversificati [11].

In questa categoria di applicazioni, il debranching enzyme può supportare processi in cui la conversione dell'amilopectina è meno efficiente o più variabile. La sua funzione è particolarmente utile se inserita dopo una corretta disponibilizzazione dell'amido e insieme ad enzimi in grado di completare liquefazione e saccarificazione. Non corregge da solo problemi legati a proteine, fibre o filtrabilità, ma può contribuire a gestire la quota ramificata del substrato amidaceo.

Fermentazioni amidacee oltre la birra

Sebbene il focus sia la birrificazione, la logica del debranching enzyme è applicabile anche ad altre fermentazioni basate su amido, come basi fermentate per distillazione o bevande ottenute da cereali e tuberi. In tutti questi casi, il principio è lo stesso: trasformare una matrice amidacea complessa in zuccheri più disponibili per il microrganismo fermentativo. Le applicazioni biotecnologiche degli enzimi microbici includono numerosi processi industriali in cui la trasformazione controllata dei carboidrati è determinante per resa e qualità [6].

La differenza tra birra e altri processi sta negli obiettivi. Nel brewing, non conta solo la massima conversione: contano anche aroma, corpo, schiuma, stabilità colloidale, filtrabilità e compatibilità con lo stile. Per questo un debranching enzyme usato in birrificazione deve essere interpretato in relazione al profilo sensoriale finale, non soltanto alla produzione di zuccheri fermentescibili.

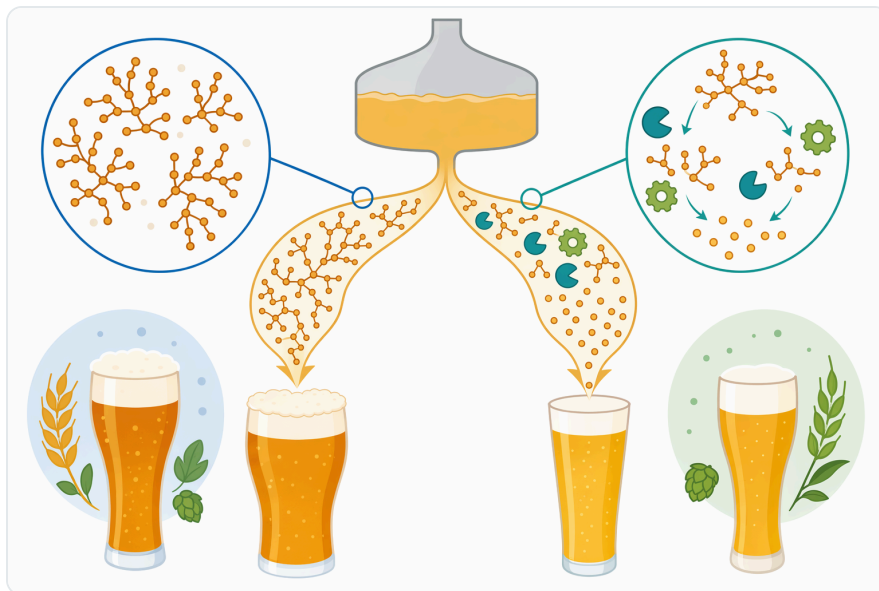


Figure 4. 분지형 덱스트린을 줄이면 맥즙 조성이 더 발효되기 쉬운 탄수화물 쪽으로 이동하고 잔류 덱스트린의 기여가 낮아질 수 있다.

Impatto su resa, attenuazione e profilo zuccherino

Il beneficio più immediato atteso da un debranching enzyme è una migliore accessibilità dell'amido ramificato. In un mash complesso, le ramificazioni dell'amilopectina possono ridurre l'efficienza con cui gli enzimi amilasici trasformano le destrine in zuccheri fermentescibili. Riducendo questi punti critici, l'enzima deramificante può favorire una conversione più ordinata e una minore presenza di destrine limite, a condizione che il resto del processo sia adeguato ^[1].

Sul piano della resa, il vantaggio può essere significativo soprattutto quando la materia prima contiene una quota rilevante di amido non pienamente convertito. Tuttavia, la resa non dipende solo dal debranching: dipende da macinazione, idratazione, gelatinizzazione, miscelazione, tempo di contatto, pH, temperatura, attività enzimatiche presenti e composizione della ricetta. Gli studi sulle modificazioni delle macromolecole nel malto ricordano che la conversione del mash è il risultato di più degradazioni parallele, non di una singola reazione isolata ^[3].

L'effetto sull'attenuazione è altrettanto dipendente dal processo. Se il debranching enzyme rende disponibili più catene e sono presenti enzimi capaci di convertirle in zuccheri fermentescibili, l'attenuazione può aumentare. Se invece l'obiettivo è mantenere destrine e corpo, o se mancano condizioni coerenti per la saccharificazione, l'effetto può essere più limitato. Questa distinzione è essenziale per un uso tecnico realistico: l'enzima non "crea" attenuazione da solo, ma modifica la disponibilità del substrato.

Il profilo zuccherino del mosto è il punto in cui l'effetto del debranching si collega direttamente alla qualità della birra. Una maggiore disponibilità di catene lineari può spostare l'equilibrio verso zuccheri più fermentescibili, ma la direzione finale dipende dalle altre attività enzimatiche. La caratterizzazione di malti e mosti mostra che zuccheri, polisaccaridi non amidacei e componenti strutturali delle materie prime contribuiscono insieme alla composizione finale del wort ^[4].

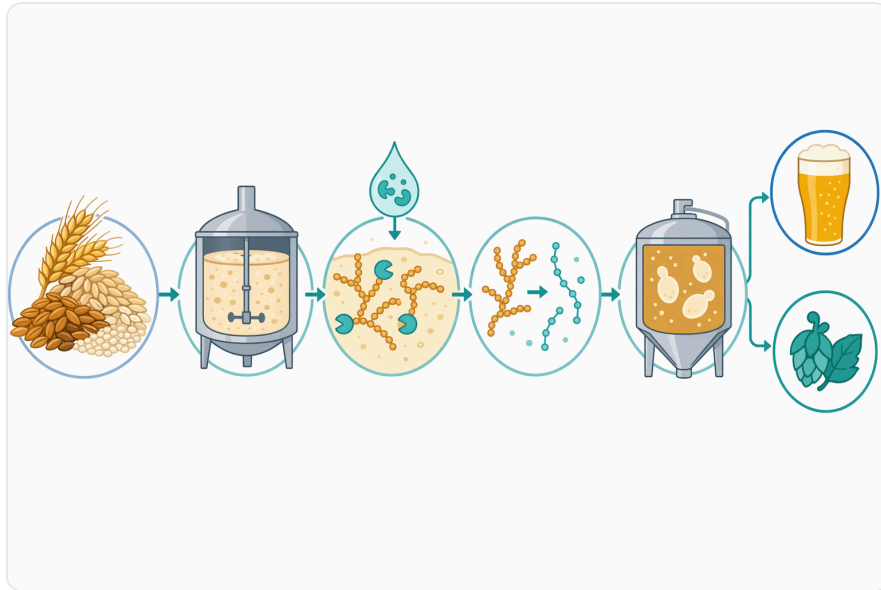


Figure 5. 가지절단 효소는 분지형 덱스트린에 접근할 수 있는 시점과 목표로 하는 발효도 프로파일에 따라 매싱, 맥즙 처리 또는 특정 발효 설계에 적용될 수 있다.

Interazioni con viscosità, filtrabilità e macromolecole non amidacee

È utile distinguere l'effetto del debranching enzyme da quello di enzimi usati per ridurre viscosità o migliorare filtrabilità. Se un mash è viscoso perché l'amido non è liquefatto, l'alfa-amilasi è spesso l'attività più direttamente coinvolta. Se invece la viscosità deriva da beta-glucani o arabinoxilani, servono attività su polisaccaridi non amidacei, come beta-glucanasi o xilanasi. Le variazioni dei beta-glucani durante la maltazione sono state studiate proprio perché questi composti incidono sulla lavorabilità del mosto ^[7].

Il debranching enzyme non è quindi un sostituto della beta-glucanasi. Può migliorare l'accessibilità dell'amilopectina, ma non elimina automaticamente problemi di filtrazione dovuti a pareti cellulari, fibre o gomme vegetali. Analogamente, non sostituisce enzimi proteolitici quando il problema riguarda proteine, FAN o stabilità colloidale. L'attività xilanasi rilevata nel malto di frumento evidenzia che i cereali contengono più substrati polimerici, ognuno dei quali richiede enzimi specifici ^[8].

Questa distinzione aiuta a evitare aspettative eccessive. Un birrificio che osserva bassa attenuazione, filtrazione lenta o mosto viscoso deve interpretare il problema in base alla matrice: amido ramificato, amido non gelatinizzato, beta-glucani, arabinoxilani, proteine o combinazioni di questi fattori. Il debranching enzyme è mirato alla componente ramificata dell'amido; il suo valore aumenta quando quel componente è davvero un collo di bottiglia del processo.

Integrazione nel processo di ammostamento

In termini pratici, il debranching enzyme viene considerato nelle fasi in cui l'amido è disponibile all'idrolisi e il sistema enzimatico può trarre vantaggio dalla riduzione delle ramificazioni. Può essere integrato in schemi di ammostamento con liquefazione e saccarificazione, soprattutto quando la ricetta prevede adjunct o ingredienti con amido meno facilmente convertibile. Gli studi sulle fasi di mash a basso contenuto di carboidrati confermano che le scelte nella fase di ammostamento hanno conseguenze dirette sulla composizione del mosto [10].

La disponibilità dell'amido è il prerequisito centrale. Se i granuli non sono sufficientemente idratati o gelatinizzati, gli enzimi non possono accedere in modo efficace alle catene glucidiche interne. Per questo, negli ammostamenti con materie prime alternative, il debranching enzyme ha senso solo all'interno di un processo che tenga conto della specifica materia prima e della sua trasformazione fisica. Le tecniche di modifica dell'amido mostrano che struttura, trattamento e funzione finale sono strettamente collegati [1].



Figure 6. 가지절단 효소는 분지형 덱스트린이 발효성을 제한할 수 있는 고농도 양조, 부원료 전환, 글루텐 프리 양조, 드라이하거나 높은 발효도를 지향하는 음료 프로파일에 유용하다.

Non vengono qui indicati valori specifici di dosaggio, attività, temperatura o pH, perché tali parametri dipendono dal prodotto, dalla documentazione associata e dal processo dell'utilizzatore. L'approccio corretto è ragionare per funzione: il debranching enzyme deve incontrare amido ramificato accessibile e deve operare in combinazione con le attività amilasiche necessarie all'obiettivo del birrificio. La documentazione fornita con l'ordine supporta la gestione del prodotto, mentre l'applicazione deve essere validata nel contesto operativo esistente.

Vantaggi tecnici e limiti da considerare

Il primo vantaggio è il miglior utilizzo della frazione amidacea ramificata. Nei processi in cui una parte dell'amido resta in forma di destrine limite, il debranching enzyme può aumentare l'accessibilità del substrato e facilitare una conversione più completa. Questo è coerente con il principio generale della modifica enzimatica dell'amido, che permette di alterare proprietà funzionali e comportamento tecnologico del polisaccaride ^[2].

Il secondo vantaggio è la flessibilità formulativa. L'industria birraria contemporanea utilizza una gamma più ampia di cereali, adjunct e materie prime alternative rispetto al modello tradizionale basato quasi esclusivamente su malto d'orzo. La letteratura sulla birra artigianale descrive un settore in cui innovazione di ricetta, differenziazione sensoriale e controllo tecnologico procedono insieme ^[11].

Il terzo vantaggio è il controllo del profilo fermentescibile. In combinazione con enzimi di saccarificazione, un debranching enzyme può contribuire a spostare il mosto verso una composizione più adatta a birre secche, light o ad attenuazione più elevata. Tuttavia, questa stessa caratteristica può diventare un limite se la ricetta richiede corpo e residuo destrinico. L'enzima deve quindi essere coerente con lo stile e con l'esperienza sensoriale desiderata.

Il limite principale è che l'effetto non è universale. Se la conversione è limitata da macinazione inadeguata, gelatinizzazione incompleta, eccesso di beta-glucani, problemi di filtrazione o fermentazione del lievito, l'enzima deramificante può non risolvere il problema principale. Il mash è una matrice multicomponente e le evidenze su malti, zuccheri e polisaccaridi mostrano che la qualità finale dipende dall'interazione tra più variabili ^[4].

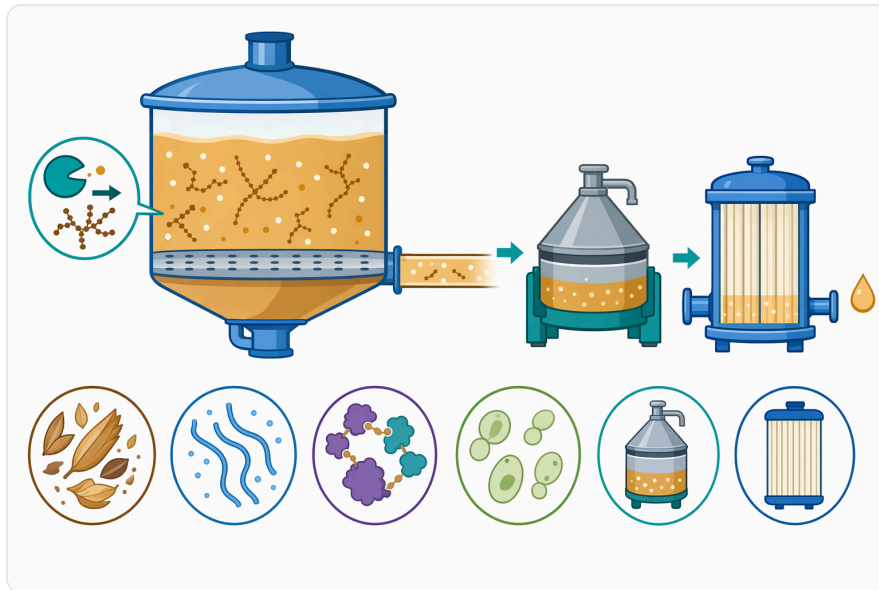


Figure 7. 가지절단은 상류 공정에서 용해성 탄수화물 구조에 영향을 주지만, 여과조 여과, 원심분리, 여과 또는 혼탁 제어 공정을 대체하지는 않는다.

Debranching Enzyme For Brewing Industry di Enzymes.bio

Debranching Enzyme For Brewing Industry è fornito da **Enzymes.bio** come enzima tecnico per applicazioni nel settore birrario. Il prodotto è acquistabile direttamente online in confezione da **1 kg**; CoA e SDS sono forniti insieme all'ordine. Enzymes.bio rende disponibile il prodotto e la documentazione associata, senza presentarsi come produttore o laboratorio .

Per un birrifico, il valore del prodotto sta nella sua funzione di supporto alla conversione dell'amido ramificato. Può essere considerato in ricette con alta quota di adjunct, cereali alternativi, processi gluten-free, mosti destinati a maggiore attenuazione o situazioni in cui l'amilopectina rappresenta una barriera alla saccarificazione efficiente. L'impiego deve essere valutato all'interno del processo esistente, tenendo conto degli altri enzimi, della materia prima e dell'obiettivo sensoriale.

Conclusione

Il **Debranching Enzyme per industria birraria** è uno strumento tecnico mirato: interviene sulle ramificazioni dell'amilopectina e rende l'amido più accessibile agli enzimi amilasici che producono destrine, maltosio o glucosio. La sua utilità è massima nei processi in cui l'amido ramificato limita conversione, resa o prevedibilità del profilo zuccherino, soprattutto con adjunct e materie prime alternative.

Non è un sostituto dell'intero sistema enzimatico del mash, né una garanzia automatica di attenuazione più alta. È invece un componente funzionale di una strategia di ammostamento più controllata, da integrare con liquefazione, saccarificazione e gestione delle macromolecole non amidacee. In questa prospettiva, il prodotto fornito da Enzymes.bio offre ai birrifici uno strumento specifico per migliorare la gestione dell'amido ramificato nei processi di brewing moderni.

Ordina Debranching Enzyme For Brewing 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 Debranching Enzyme For Brewing 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. Krithika, P., & Ratnamala, D. K. V. (2019). MODIFICATION OF STARCH : A REVIEW OF VARIOUS TECHNIQUES.
2. Bajpai, P. (2012). Enzymatic Modification of Starch for Surface Sizing.
3. Liu, J., Chu, B., Yang, X., & Jin, Y. (2021). Relationship between the index of protein modification (Kolbach index) and degradation of macromolecules in wheat malt. *Journal of Food Science*.
4. Alfeo, V., Francesco, G., Sileoni, V., Blangiforti, S., Palmeri, R., Aerts, G., Perretti, G., ... et al. (2021). Physicochemical properties, sugar profile, and non-starch polysaccharides characterization of old wheat malt landraces. *Journal of Food Composition and Analysis*, 102, 103997.
5. Xu, E., Wu, Z., Long, J., Wang, F., Pan, X., Xu, X., Jin, Z., ... et al. (2015). Effect of Thermostable α -Amylase Addition on the Physicochemical Properties, Free/Bound Phenolics and Antioxidant Capacities of Extruded Hulled and Whole Rice. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 1958-1973.
6. Hmidet, N., Nawani, N., & Ghorbel, S. (2015). Recent Development in Production and Biotechnological Application of Microbial Enzymes. *BioMed Research International*, 2015.
7. Solgajová, M., Dráb, Š., & Marecek, J. (2022). CHANGES IN THE CONTENT OF β -GLUCANS DURING THE MALTING PROCESS. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*.
8. Peng, Z., Jin, Y., & Du, J. (2019). Enzymatic Properties of endo-1,4- β -xylanase from Wheat Malt. *Protein Peptide Letters*, 26 5, 332-338 .
9. Faganel, A., & Rižnar, I. (2023). The Growth in Demand for Craft Beer and the Proliferation of Microbreweries in Slovenia. *Beverages*.

10. Dalberto, G., Niemes, J. P., & Rosa, M. R. (2023). Cold mash in brewer wort with low carbohydrate content: a study of the mashing step. *Brazilian Journal of Food Technology*.
11. Gobbi, L., Stanković, M., Ruggeri, M., & Savastano, M. (2024). Craft Beer in Food Science: A Review and Conceptual Framework. *Beverages*.

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](tel:+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.