

Neutral Protease For Beer Brewing: applicazioni in ammostamento, nutrizione del lievito e stabilità proteica della birra

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

Neutral Protease For Beer Brewing è una proteasi neutra per birrificazione usata come coadiuvante di processo nella fase di ammostamento, dove contribuisce all'idrolisi controllata delle proteine del malto e degli adjuncts cerealicoli. Il suo obiettivo tecnico non è produrre zuccheri fermentescibili, ma modulare la frazione azotata del mosto, aumentando la disponibilità di peptidi e amminoacidi utili al lievito e riducendo parte delle proteine potenzialmente problematiche per processo e stabilità.

Che cos'è una proteasi neutra per birrificazione

Una proteasi è un enzima che catalizza l'idrolisi dei legami peptidici nelle proteine. Nel contesto brassicolo, una **proteasi neutra** è impiegata per lavorare in condizioni compatibili con il mash, cioè in una matrice acquosa di cereali macinati in cui coesistono amido, proteine, polifenoli, lipidi, sali minerali ed enzimi endogeni del malto. La funzione della proteasi neutra non si sovrappone a quella di amilasi, glucoamilasi o beta-glucanasi: mentre queste ultime agiscono rispettivamente su amido e polisaccaridi strutturali, la proteasi interviene sulla componente proteica, influenzando il profilo azotato del mosto e, indirettamente, la fermentazione.

Nel malto d'orzo e nelle materie prime cerealicole, le proteine non sono una frazione marginale: partecipano alla nutrizione del lievito, alla formazione della schiuma, al corpo della birra e alla stabilità colloidale. La letteratura sulla qualità della birra mostra che il contenuto proteico influenza parametri tecnologici e sensoriali, ma in modo non lineare: alcune proteine sono desiderabili, altre possono contribuire a torbidità o instabilità nel tempo ^[1]. Per questo motivo l'impiego di una proteasi neutra deve essere inteso come **proteolisi selettiva e controllata**, non come eliminazione indiscriminata delle proteine.

Nel prodotto **Neutral Protease For Beer Brewing**, il termine "neutral" descrive la classe funzionale dell'enzima e il suo impiego in condizioni di processo prossime alla neutralità o debolmente acide, tipiche di molte fasi alimentari e compatibili con l'ammestamento. In una birreria, questa caratteristica

è utile perché permette di intervenire quando le proteine sono ancora disperse nel mash e accessibili all'enzima, prima della bollitura e della fermentazione.

Perché le proteine sono decisive nel mosto e nella birra

La frazione proteica della birra è tecnicamente ambivalente. Da un lato, piccoli peptidi e amminoacidi sono nutrienti fondamentali per il lievito; dall'altro, proteine più grandi e complessi proteina-polifenolo possono partecipare a torbidità, chill haze e instabilità colloidale. La qualità finale dipende quindi dall'equilibrio tra degradazione proteica sufficiente per alimentare la fermentazione e conservazione di frazioni proteiche utili a corpo e schiuma ^[2].

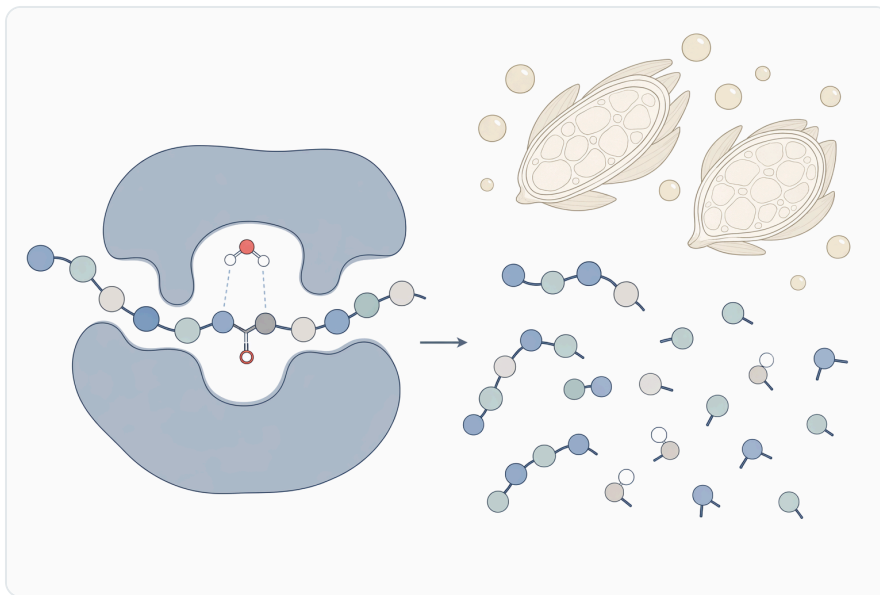


Figure 1. 중성 프로테아제는 매시에서 곡물 단백질의 접근 가능한 펩타이드 결합을 절단해 더 짧은 펩타이드와 아미노질소 화합물을 형성한다.

La schiuma è l'esempio più evidente di questa complessità. Le proteine del malto, tra cui Protein Z e lipid transfer protein 1, sono state associate alla stabilità della schiuma perché contribuiscono alla formazione di film viscoelastici all'interfaccia gas-liquido. Protein Z è spesso descritta come una proteina di circa 40 kDa, mentre LTP1 è una proteina più piccola, intorno a 9–10 kDa; entrambe sono resistenti, almeno in parte, alle condizioni di processo e possono rimanere rilevanti nella birra finita ^[3] ^[4]. Una proteolisi eccessiva può quindi ridurre componenti positive per la schiuma, mentre una proteolisi insufficiente può lasciare nel mosto proteine meno gestibili.

La torbidità, invece, è spesso legata all'interazione tra proteine e polifenoli. I polifenoli di malto e luppolo partecipano alla qualità sensoriale, alla stabilità ossidativa e alla formazione di complessi colloidali; la loro interazione con proteine ricche in prolina è un meccanismo centrale nella formazione

di haze a freddo e torbidità permanente [2]. Una proteasi neutra non sostituisce strategie specifiche di stabilizzazione, ma può contribuire a modificare la distribuzione dimensionale delle proteine nel mosto, rendendo la matrice più prevedibile quando viene usata correttamente.

Meccanismo d'azione: idrolisi parziale delle proteine del mash

Dal punto di vista biochimico, una proteasi neutra agisce tagliando legami peptidici all'interno o vicino a catene proteiche. Il risultato è una miscela di peptidi più corti e amminoacidi liberi. Nel mash, questi prodotti di idrolisi entrano nella frazione azotata solubile e possono diventare disponibili per il lievito nelle fasi successive, a seconda della ricetta, della composizione del mosto e del ceppo fermentativo.

Il lievito non usa il mosto soltanto come fonte di zuccheri. Oltre a glucosio, maltosio e maltotriosio, richiede azoto assimilabile per biosintesi proteica, crescita cellulare e metabolismo fermentativo. Una proteolisi ben gestita può aumentare la disponibilità di piccoli peptidi e amminoacidi senza portare a un mosto "svuotato" delle proteine funzionali. Questo equilibrio è particolarmente importante nelle birre ad alta densità, dove lo stress osmotico iniziale è maggiore, e nelle ricette con cereali non maltati o adjuncts, dove il profilo nutrizionale può differire da quello di un mash 100% malto.

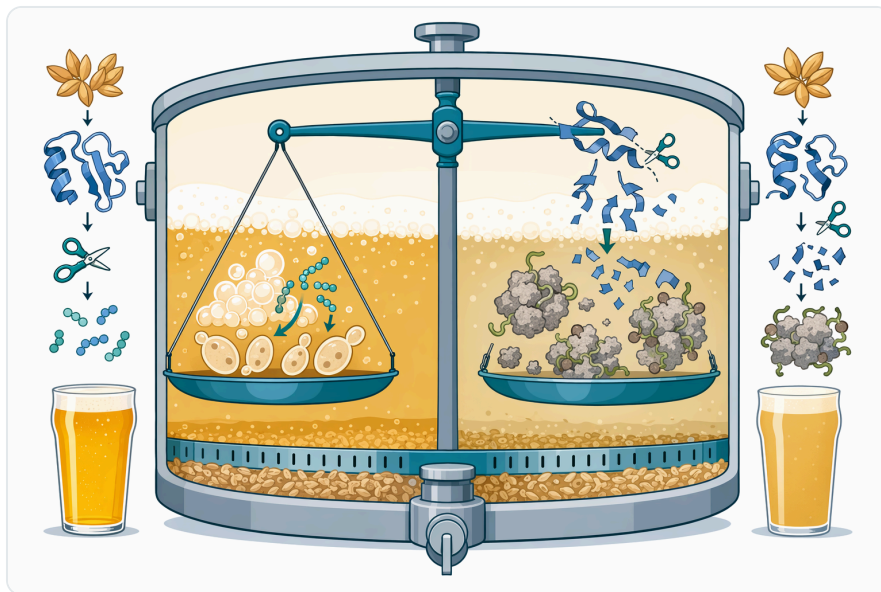


Figure 2. 양조에서의 단백질 관리는 조절된 가수분해가 필요하다. 일부 단백질 분획은 거품과 질감을 돕는 반면, 다른 분획은 혼탁이나 낮은 질소 이용성을 유발할 수 있기 때문이다.

In termini pratici, l'enzima agisce nella finestra di processo in cui le proteine sono idratate e accessibili. Con l'aumento della temperatura nelle fasi successive dell'ammestamento e poi con la bollitura, molte attività enzimatiche vengono ridotte o inattivate. Questo aspetto è utile perché limita l'azione residua

nella birra finita, ma richiede anche che l'azione desiderata avvenga durante il tempo di contatto disponibile nel mash.

Applicazioni principali in birrificio

Supporto alla nutrizione del lievito

L'applicazione più diretta di una proteasi neutra per birrificazione è il supporto alla nutrizione azotata del lievito. Il mosto deve fornire un equilibrio adeguato tra zuccheri fermentescibili e azoto assimilabile; se la frazione azotata è insufficiente o sbilanciata, la fermentazione può diventare lenta, incompleta o più variabile. La proteasi neutra può aumentare la quota di peptidi e amminoacidi derivanti dalle proteine del malto, migliorando la disponibilità di nutrienti senza aggiungere una fonte esterna di azoto.

Questo aspetto è rilevante perché il metabolismo del lievito influenza anche la formazione di composti aromatici. Esteri, alcoli superiori, composti solforati e altri metaboliti sono sensibili alla disponibilità di nutrienti e alle condizioni fermentative. Una proteasi neutra non determina da sola il profilo aromatico, ma può contribuire a rendere più coerente il substrato fornito al lievito.

Gestione di malti con modificazione variabile

La modificazione del malto determina quanto le pareti cellulari, le proteine di riserva e l'amido siano già stati trasformati durante la maltazione. Malti ben modificati forniscono naturalmente una matrice più accessibile, mentre malti meno modificati o lotti con profilo proteico variabile possono richiedere maggiore attenzione in ammostamento. Una proteasi neutra offre uno strumento di correzione tecnologica, soprattutto quando l'obiettivo è ridurre la variabilità tra lotti senza modificare radicalmente la ricetta.

Il contenuto proteico del malto e la sua qualità influenzano sia la stabilità colloidale sia alcuni attributi sensoriali. Studi sul rapporto tra contenuto proteico e qualità della birra mostrano che la proteina non può essere trattata come un parametro "più basso è sempre meglio": serve una distribuzione corretta delle frazioni proteiche, compatibile con fermentazione, limpidezza, corpo e schiuma ^[1].

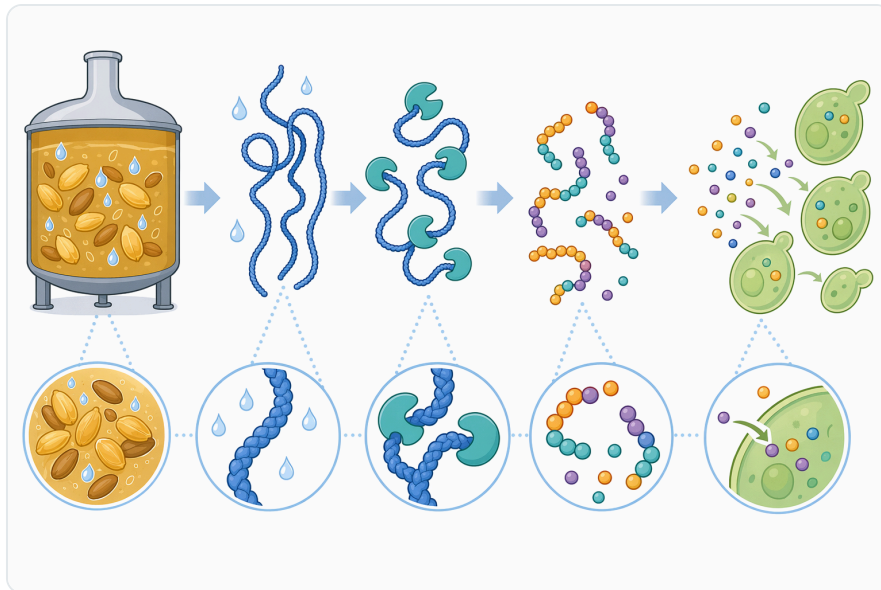


Figure 3. 중성 프로테아제는 큰 곡물 단백질을 발효를 지원할 수 있는 아미노산과 짧은 펩타이드로 전환해 효모가 이용할 수 있는 질소를 증가시킨다.

Ricette con frumento, orzo non maltato e altri adjuncts

L'impiego di adjuncts cambia la matrice del mash. Frumento, mais, riso, sorgo, orzo non maltato e altri cereali possono modificare il rapporto tra amido, proteine, beta-glucani, polifenoli e micronutrienti. In questi casi la proteasi neutra può aiutare a liberare azoto dalle proteine disponibili e a rendere più omogeneo il mosto, soprattutto quando gli adjuncts diluiscono le componenti enzimatiche e nutrizionali del malto.

La relazione tra materie prime e qualità della birra è stata osservata anche in birre di frumento, dove varietà di frumento e proprietà del malto d'orzo influenzano intensità della torbidità e stabilità della schiuma [5]. Questo è un punto importante: una proteasi neutra non "normalizza" automaticamente tutte le ricette, ma può essere uno strumento utile quando la matrice proteica degli ingredienti rende il processo meno prevedibile.

Birre ad alta densità e fermentazioni più esigenti

Nelle birre ad alta densità, il lievito deve lavorare in un mosto più concentrato, con maggiore pressione osmotica e fabbisogno nutrizionale più elevato. Se la disponibilità di azoto assimilabile non è proporzionata alla quantità di estratto fermentescibile, il rischio è una fermentazione meno robusta. L'idrolisi proteica controllata nel mash può contribuire a fornire una frazione azotata più accessibile.

Questa applicazione va distinta dall'uso di nutrienti di fermentazione aggiunti direttamente al fermentatore. La proteasi neutra lavora a monte, sulla materia prima cerealicola, modificando la composizione del mosto prima della separazione delle trebbie, della bollitura e dell'inoculo del lievito. Il

vantaggio tecnico è l'integrazione nel processo brassicolo, non una correzione tardiva della fermentazione.



Figure 4. 매시 단계에서 프로테아제를 처리하면 민감한 단백질 분획의 크기와 가교 형성 능력을 줄여 단백질-폴리페놀 혼탁에 관여하는 물질의 풀을 낮추는데 도움이 될 수 있다.

Proteasi neutra, schiuma e corpo: equilibrio, non massima degradazione

Una delle domande tecniche più importanti riguarda l'effetto sulla schiuma. Poiché alcune proteine contribuiscono positivamente alla stabilità della schiuma, un uso eccessivo di proteasi può essere controproducente. La fisica e la chimica della schiuma di birra dipendono da proteine, polipeptidi, iso-alfa-acidi, polisaccaridi, etanolo, anidride carbonica e composti tensioattivi; non esiste un singolo parametro che spieghi da solo la persistenza della schiuma ^[4].

Protein Z è stata studiata in modo specifico per il suo contributo alla stabilità della schiuma. Le ricerche mostrano che la sua struttura, e in particolare modificazioni come glicazione e N-glicosilazione, possono influenzare il comportamento interfaciale e la capacità di sostenere la schiuma ^[6]. Questo significa che l'obiettivo della proteasi neutra non deve essere degradare indiscriminatamente le proteine del mosto, ma intervenire su una parte della frazione proteica per migliorare nutrizione e processabilità, preservando le componenti positive.

Anche i lipidi meritano attenzione. Piccole quantità di lipidi possono essere importanti per il lievito, ma composti lipidici e materiali tensioattivi possono danneggiare la schiuma o modificare la stabilità sensoriale. Le review sui lipidi nella birra descrivono questa ambivalenza con chiarezza: non sono

semplicemente “buoni” o “cattivi”, ma dipendono da concentrazione, origine e fase di processo ^[7]. La proteasi neutra non agisce sui lipidi, ma qualsiasi intervento sulla matrice del mash va interpretato dentro questo equilibrio globale.

Stabilità colloidale e torbidità: cosa può e cosa non può fare

La stabilità colloidale della birra è influenzata da proteine, polifenoli, polisaccaridi, metalli, ossigeno e condizioni di stoccaggio. Le proteine ricche in prolina sono particolarmente coinvolte nella formazione di complessi con polifenoli, un meccanismo importante per chill haze e torbidità permanente. Una proteasi neutra può ridurre la dimensione di alcune frazioni proteiche e modificare la loro capacità di aggregare, ma non deve essere presentata come soluzione unica di chiarifica.

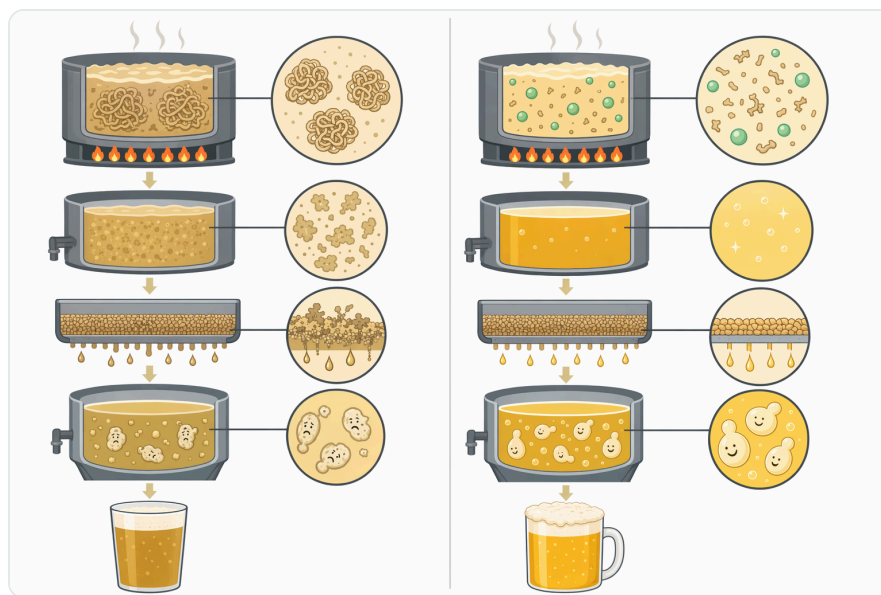


Figure 5. 산성, 중성, 알칼리성 프로테아제는 공정 적합성, 양조 관련성, 단백질에 미치는 영향, 주의점이 서로 다르므로 서로 대체 가능한 효소 도구가 아니다.

Gli studi su adjuncts, enzimi e chiarificanti in birrificazione su scala reale mostrano che la stabilità colloidale deriva dall’interazione di più interventi: composizione della ricetta, enzimi, finings e gestione del processo possono avere effetti combinati ^[8]. In questo scenario, la proteasi neutra è un elemento del sistema, non un sostituto di una corretta scelta delle materie prime, della separazione del mosto, della bollitura, della maturazione e della gestione dell’ossigeno.

La distinzione è rilevante anche rispetto agli enzimi prolina-specifici. Le endoproteasi specifiche per residui di prolina sono studiate per migliorare la stabilità colloidale e ridurre peptidi del glutine, perché molte sequenze coinvolte in haze e glutine sono ricche in prolina ^[9]. Una proteasi neutra generica per

birrificazione non va automaticamente equiparata a una proline-specific endoprotease: può contribuire alla proteolisi del mash, ma non deve essere descritta come trattamento specifico per la riduzione del glutine senza validazione dedicata.

Confronto con altri enzimi usati in birrificazione

Enzima o classe enzimatica	Substrato principale	Fase tipica di interesse	Effetto tecnologico principale	Differenza rispetto a Neutral Protease For Beer Brewing
Proteasi neutra	Proteine del malto e dei cereali	Ammostamento	Peptidi e amminoacidi; modulazione della frazione azotata	Agisce sulla componente proteica, non sull'amido
Alfa-amilasi	Amido gelatinizzato e destrine	Ammostamento	Riduzione della viscosità dell'amido e formazione di destrine più corte	Produce substrati glucidici, non nutrienti azotati
Beta-amilasi	Estremità non riducenti delle catene amidacee	Ammostamento	Produzione di maltosio	Determina fermentescibilità zuccherina, non proteolisi
Glucoamilasi	Destrine e oligosaccaridi	Ammostamento o fermentazione, secondo processo	Aumento della fermentescibilità e attenuazione	Spinge il profilo zuccherino verso glucosio; non gestisce proteine
Beta-glucanasi	Beta-glucani delle pareti cellulari	Ammostamento	Riduzione viscosità e miglioramento filtrabilità	Lavora su polisaccaridi strutturali, non su proteine
Proline-specific endoprotease	Peptidi ricchi in prolina	Ammostamento o post-mash, secondo enzima	Stabilità colloidale e possibile riduzione di peptidi del glutine	Ha specificità diversa; non va confusa con una proteasi neutra generica [9][10]

Questo confronto evidenzia perché la proteasi neutra sia utile soprattutto quando il problema tecnico riguarda azoto, proteine e peptidi. Se il limite di processo è la conversione dell'amido, la fermentescibilità o la viscosità da beta-glucani, altri enzimi sono più direttamente pertinenti. In ricette complesse, tuttavia, più classi enzimatiche possono essere integrate nello stesso disegno di mash, purché gli effetti siano coerenti con lo stile e con l'obiettivo produttivo.

Uso tecnico nel mash: parametri da considerare

L'impiego della proteasi neutra va collocato nella logica dell'ammestamento. Nella maggior parte dei processi brassicoli, il mash opera in un intervallo di pH debolmente acido, spesso intorno a 5,2–5,6, e attraversa fasi termiche progettate per favorire diverse attività enzimatiche. Le proteasi hanno generalmente maggiore rilevanza nelle fasce più basse o intermedie del profilo termico, prima che temperature più elevate riducano la loro attività.

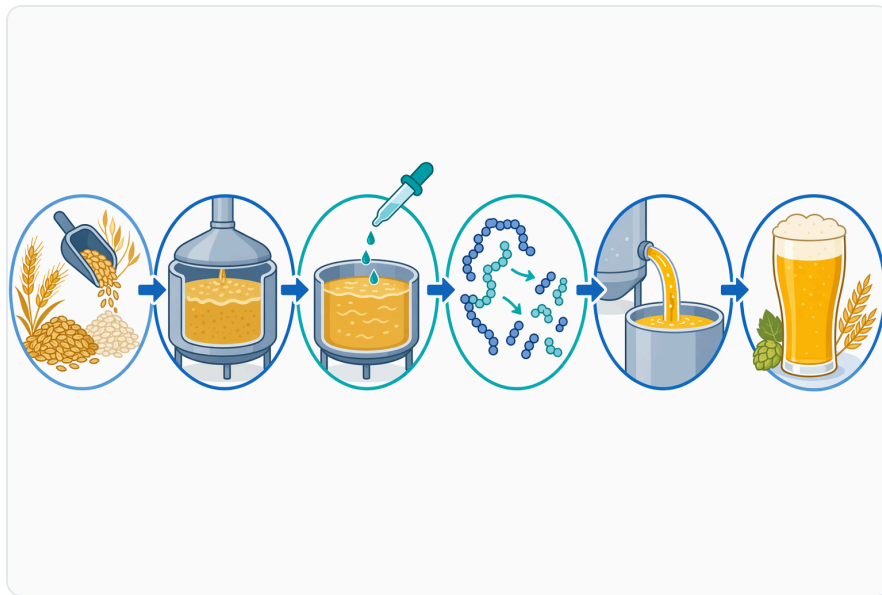


Figure 6. 중성 프로테아제는 맥즙 분리, 끓임, 발효가 이루어지기 전에 단백질 가수분해가 일어나도록 매시 초기 또는 단백질 휴지 단계에 적용하는 것이 가장 적합하다.

I parametri principali che determinano l'effetto sono: composizione proteica del malto, presenza di adjuncts, rapporto acqua/grani, tempo di contatto, temperatura effettiva del mash, pH, intensità di miscelazione e successivo profilo termico. Due birrifici che usano la stessa proteasi possono ottenere risultati diversi se uno lavora con malto ben modificato e l'altro con alta quota di cereali non maltati; allo stesso modo, una birra chiara filtrata e una birra di frumento torbida avranno obiettivi diversi rispetto alla frazione proteica.

È importante evitare la logica “più proteasi = risultato migliore”. Una proteolisi eccessiva può ridurre corpo, mouthfeel e stabilità della schiuma, perché elimina o frammenta proteine e polipeptidi funzionali. Una proteolisi insufficiente, invece, può non produrre benefici misurabili sulla nutrizione del lievito o sulla gestione del mosto. Il valore tecnico sta nella finestra intermedia: abbastanza idrolisi per rendere il mosto più favorevole alla fermentazione, ma non tanta da impoverire le caratteristiche strutturali della birra.

Benefici attesi e limiti tecnici

Area di impatto	Beneficio atteso	Limite da non sovrainterpretare
Nutrizione del lievito	Maggiore disponibilità di piccoli peptidi e amminoacidi derivati dalle proteine del mash	Non sostituisce la gestione complessiva della fermentazione
Variabilità del malto	Maggiore flessibilità quando il profilo proteico cambia tra lotti	Non corregge materie prime difettose o contaminazioni
Ricette con adjuncts	Supporto quando cereali non maltati o fonti amidacee diluiscono nutrienti del malto	Non compensa automaticamente ricette sbilanciate
Stabilità colloidale	Possibile riduzione di alcune frazioni proteiche coinvolte in aggregazione	Non è una soluzione completa di chiarifica o stabilizzazione
Schiuma e corpo	Può migliorare il bilancio proteico se usata in modo controllato	Un eccesso di proteolisi può danneggiare schiuma e mouthfeel
Glutine	Può idrolizzare proteine in senso generale	Non deve essere presentata come soluzione gluten-free senza validazioni specifiche

La riduzione del glutine richiede particolare cautela. Gli studi su prolyl endopeptidase da *Aspergillus niger* hanno valutato l'impatto del trattamento enzimatico su livelli di glutine, attributi qualitativi e profilo sensoriale, ma riguardano un enzima specifico e condizioni specifiche ^[10]. Le review sugli approcci enzimatici alla degradazione del glutine confermano che il tema è complesso perché le sequenze immunoreattive sono spesso resistenti alla proteolisi convenzionale e ricche in prolina ^[11]. Di conseguenza, una proteasi neutra per birrificazione non va comunicata come trattamento per produrre birra senza glutine, salvo prove dedicate e conformità ai requisiti normativi applicabili, incluso il limite comunemente usato di 20 mg/kg per l'indicazione "gluten-free".

Interazioni con polifenoli, ossigeno e stabilità redox

Le proteine della birra non sono importanti solo per schiuma e haze. Possono partecipare anche alla stabilità redox, interagendo con composti ossidanti e con la matrice fenolica. Le review sul ruolo delle proteine nella stabilità redox della birra sottolineano che alcune frazioni proteiche possono contribuire alla resistenza all'ossidazione o, in certe condizioni, partecipare a percorsi di instabilità ^[12]. Questo rafforza il concetto di equilibrio: modificare le proteine significa influenzare più dimensioni qualitative contemporaneamente.

I polifenoli di malto e luppolo, a loro volta, hanno un ruolo duplice. Possono contribuire a gusto, astringenza e stabilità ossidativa, ma anche formare complessi con proteine che portano a torbidità. La proteasi neutra può cambiare la disponibilità di siti proteici capaci di interagire con i polifenoli, ma il risultato finale dipende da luppolutura, pH, ossigeno disciolto, temperatura di stoccaggio e presenza di trattamenti stabilizzanti [2].

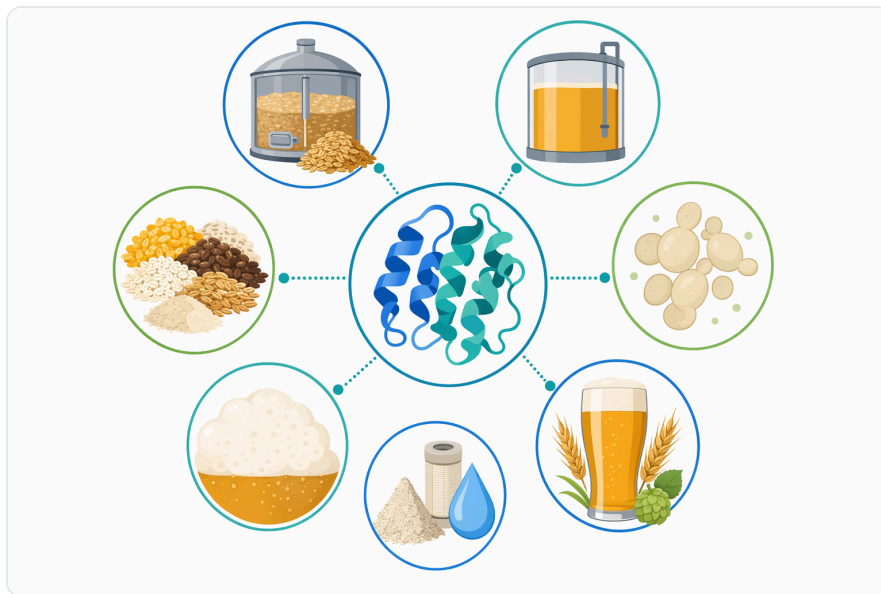


Figure 7. 중성 프로테아제는 고부원료 양조, 비맥아 곡물 사용, 고농도 맥즙, 혼탁에 민감한 스타일, 그리고 폭넓은 단백질 관리 개념에서 특히 관련성이 높다.

Per questo, la valutazione tecnica non dovrebbe limitarsi a un solo indicatore. Un mosto con più aminoacidi può fermentare meglio, ma la birra finita deve essere osservata anche per schiuma, corpo, limpidezza, stabilità a freddo, aroma e shelf life. La proteasi neutra è uno strumento di processo, non una scorciatoia che sostituisce il controllo dell'intera filiera brassicola.

Dove si inserisce Neutral Protease For Beer Brewing nel processo

Il punto di applicazione più logico è l'ammestamento, perché in questa fase le proteine delle materie prime sono ancora presenti nel sistema e l'enzima può agire prima della separazione del mosto. Dopo la filtrazione del mash, parte delle proteine insolubili rimane nelle trebbie, mentre la frazione solubile prosegue verso bollitura e fermentazione. Intervenire nel mash permette quindi di modificare la frazione azotata prima che il processo termico e la separazione fisica riducano le opportunità di idrolisi.

In birre con alta quota di malto ben modificato, il beneficio può essere limitato o concentrarsi sulla fine regolazione del profilo azotato. In birre con adjuncts, cereali meno modificati o obiettivi di fermentazione più impegnativi, l'effetto può diventare più rilevante. In ogni caso, la proteasi neutra

deve essere integrata con la scelta del malto, il profilo di ammostamento e il ceppo di lievito, perché questi tre fattori determinano la risposta reale del sistema.

Posizionamento B2B e disponibilità tramite Enzymes.bio

Enzymes.bio opera come fornitore B2B di enzimi per applicazioni industriali e food processing, inclusa la birrificazione; non deve essere presentato come produttore né come laboratorio. La pagina istituzionale descrive un'offerta rivolta a imprese, ricerca applicata e processi industriali, coerente con l'impiego di enzimi come coadiuvanti tecnici e non come prodotti destinati al consumo diretto .

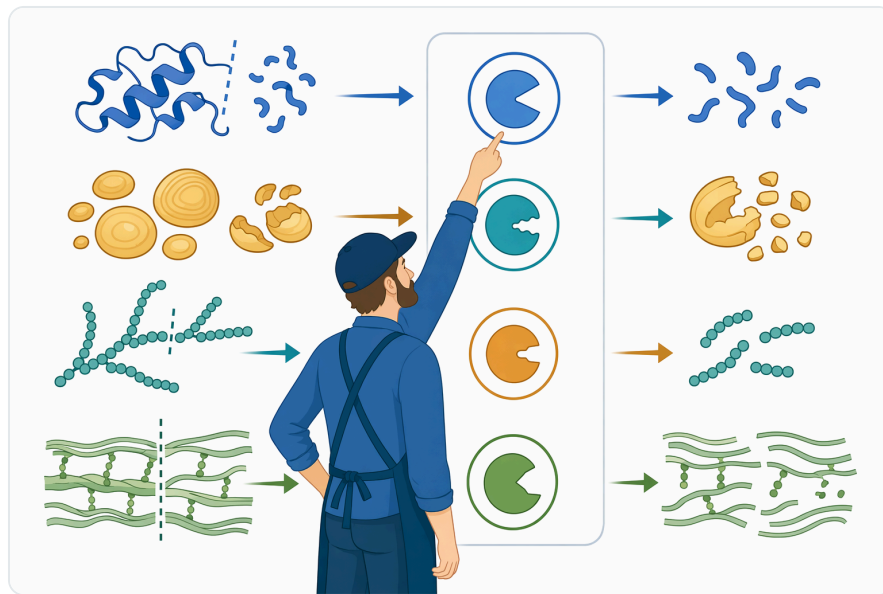


Figure 8. 중성 프로테아제는 단백질을 표적으로 하므로 전분 전환을 위한 아밀라아제나 세포벽 베타글루칸 문제를 해결하기 위한 베타글루카나아제를 대체하지 않는다.

Neutral Protease For Beer Brewing è venduto direttamente online in unità da **1 kg**. CoA e SDS sono forniti insieme all'ordine. Questa modalità è adatta a un utilizzo tecnico B2B in cui l'enzima viene integrato nel processo brassicolo come ingrediente di processo, con gestione documentale collegata all'acquisto.

Conclusione

Neutral Protease For Beer Brewing è un enzima di processo per l'ammostamento, progettato per idrolizzare in modo controllato una parte delle proteine del malto e dei cereali. Il suo valore tecnico principale è la modulazione della frazione azotata del mosto: più peptidi e amminoacidi disponibili possono supportare il lievito, migliorare la regolarità fermentativa e rendere più gestibili ricette con malti variabili, adjuncts o mosti più impegnativi.

L'uso corretto richiede però equilibrio. Le proteine sono essenziali anche per schiuma, corpo, stabilità colloidale e stabilità redox; degradarle troppo può essere dannoso quanto non gestirle affatto. Per questo la proteasi neutra va considerata un coadiuvante specifico per la proteolisi del mash, distinto da amilasi, beta-glucanasi e proline-specific endoprotease, e non va presentata come soluzione universale per chiarifica, stabilità della schiuma o riduzione del glutine senza validazioni dedicate.

Ordina Neutral Protease For Beer Brewing 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 Neutral Protease For Beer Brewing →](#)

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. Devolli, A., Dara, F., Stafasani, M., & Kodra, E. S. M. (2018). The Influence of Protein Content on Beer Quality and Colloidal Stability. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*.
2. Mikyška, A., Hrabák, M., Hašková, D., & Šrogl, J. (2002). The Role of Malt and Hop Polyphenols in Beer Quality, Flavour and Haze Stability. *Journal of The Institute of Brewing*, 108, 78-85.
3. Cheng-Niu, Han, Y., Wang, J., Zheng, F., Chun-Liu, Li, Y., & Li, Q. (2018). Malt derived proteins: Effect of protein Z on beer foam stability. *Food Bioscience*.
4. Bamforth, C. (2022). The physics and chemistry of beer foam: a review. *European Food Research and Technology*, 249, 3-11.
5. Depraetere, S. A., Delvaux, F., Coghe, S., & Delvaux, F. (2004). Wheat Variety and Barley Malt Properties: Influence on Haze Intensity and Foam Stability of Wheat Beer. *Journal of The Institute of Brewing*, 110, 200-206.
6. Cheng-Niu, Han, Y., Wang, J., Zheng, F., Chun-Liu, Li, Y., & Li, Q. (2018). Comparative analysis of the effect of protein Z4 from barley malt and recombinant Pichia pastoris on beer foam stability: Role of N-glycosylation and glycation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 106, 241-247 .
7. Britton, S. J., & Bamforth, C. (2026). Lipids in Beer: The Good, The Bad, and The Ugly. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 84, 141 - 160.
8. Królak, K., Kobus, K., & Kordialik-Bogacka, E. (2022). Effects on beer colloidal stability of full-scale brewing with adjuncts, enzymes, and finings. *European Food Research and Technology*, 249, 47-53.

9. Cramer, J., Bladt, T., Fratianni, A., Schoenenberg, S., & Eiken, J. (2024). New Proline-Specific Endoprotease for Improved Colloidal Beer Stability and Gluten Reduction. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 82, 357 - 369.
10. Ghionno, L. D., Marconi, O., Sileoni, V., Francesco, G., & Perretti, G. (2017). Brewing with prolyl endopeptidase from *Aspergillus niger*: the impact of enzymatic treatment on gluten levels, quality attributes and sensory profile. *International Journal of Food Science & Technology*, 52, 1367-1374.
11. Scherf, K., Wieser, H., & Koehler, P. (2016). Novel approaches for enzymatic gluten degradation to create high-quality gluten-free products. *Food Research International*, 110, 62-72 .
12. Wu, M. J., Rogers, P., & Clarke, F. (2012). 125th Anniversary Review: The role of proteins in beer redox stability. *Journal of The Institute of Brewing*, 118, 1-11.

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.