

# Maltogenic Amylase Enzyme for Baking: applicazioni in pane morbido, shelf life e struttura della mollica

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

La **maltogenic amylase enzyme for baking** è un enzima amilolitico usato in panificazione per modulare la trasformazione dell'amido e rallentare il raffermamento della mollica. Nelle applicazioni industriali da forno è particolarmente rilevante per pane in cassetta, buns, rolls, brioche e prodotti confezionati in cui morbidezza, resilienza e shelf life sono parametri critici [1].

## Che cos'è la maltogenic amylase per panificazione

La maltogenic amylase, o maltogenic  $\alpha$ -amylase, è un enzima che agisce sull'amido generando principalmente frammenti maltosidici e destrine a catena più corta. In panificazione non viene usata per "aggiungere" morbidezza come farebbe un grasso o un idrocolloide, ma per modificare in modo selettivo una parte dell'amido durante le fasi in cui l'acqua e il calore rendono i granuli più accessibili [2].

Dal punto di vista applicativo, il suo interesse nasce dal legame tra amido e raffermamento. Dopo la cottura, la mollica non indurisce solo perché perde umidità: una parte importante del fenomeno è collegata alla riorganizzazione dell'amido, in particolare dell'amilopectina, che tende nel tempo a ricristallizzare e a irrigidire la struttura. Studi su amidi diversi, inclusi patata e mais, hanno valutato l'impatto della maltogenic  $\alpha$ -amylase sulle proprietà di retrogradazione, confermando che questo enzima è rilevante proprio nei sistemi amidacei soggetti a indurimento post-cottura [2] [3].

Nel contesto bakery, la maltogenic amylase è quindi uno strumento tecnico per prodotti in cui la freschezza percepita deve rimanere stabile per più giorni. La letteratura recente sulle applicazioni degli enzimi in panificazione collega gli enzimi da forno a funzioni che vanno dallo sviluppo dell'impasto all'estensione della shelf life, con particolare attenzione alla qualità della mollica e alla consistenza del prodotto finito [1].

## Perché il raffermamento del pane è un problema tecnico, non solo sensoriale

---

Il raffermamento del pane è spesso descritto dal consumatore come “pane secco”, ma tecnicamente è un fenomeno più complesso. La mollica può diventare più dura anche quando il contenuto d’acqua totale non è diminuito in modo proporzionale, perché l’acqua migra tra frazioni dell’impasto e perché le catene dell’amido gelatinizzato si riorganizzano in strutture più ordinate. Questo spiega perché due pani con umidità simile possono avere percezioni al morso molto diverse <sup>[1]</sup>.

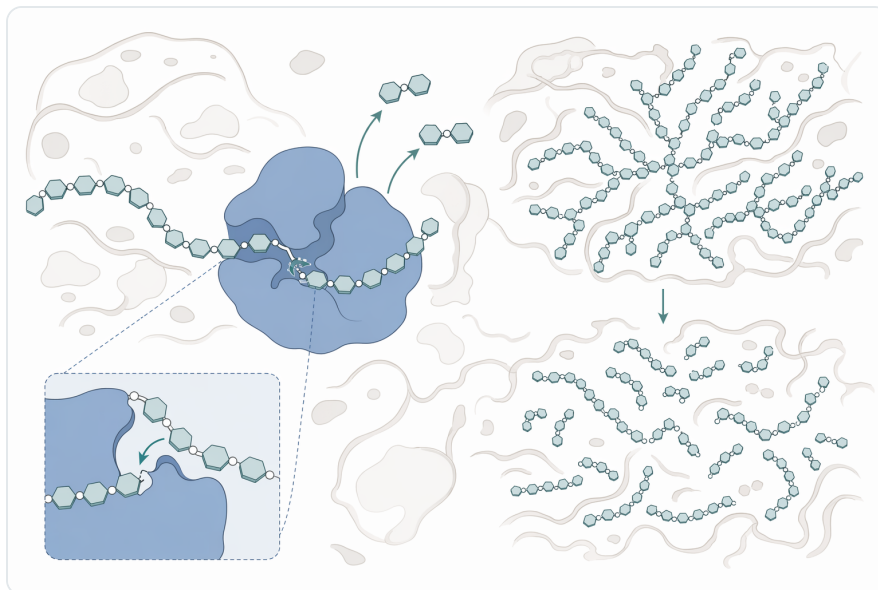
Per un produttore bakery, il problema ha conseguenze operative e commerciali: minore accettabilità del prodotto, maggiore reso, maggiore spreco e maggiore pressione sul confezionamento. Una ricerca sulle perdite alimentari nella filiera bakery e confectionery ha evidenziato che ridurre gli scarti in questi settori richiede un approccio multi-fattoriale, perché cause tecnologiche, logistiche e commerciali si sovrappongono <sup>[4]</sup>.

La maltogenic amylase interviene in una parte specifica di questo sistema: la dinamica dell’amido. Non sostituisce una cottura corretta, un packaging adeguato o una ricetta bilanciata, ma può ridurre la velocità con cui la mollica perde morbidezza e resilienza. Questo è particolarmente utile nei prodotti morbidi confezionati, dove la qualità percepita dopo 24, 48 o più ore è spesso più importante della qualità immediata all’uscita dal forno <sup>[5]</sup>.

### Meccanismo d’azione: come la maltogenic amylase modifica l’amido

---

L’amido della farina è composto principalmente da due macromolecole: amilosio, più lineare, e amilopectina, altamente ramificata. Durante la cottura, i granuli assorbono acqua, si gonfiano e gelatinizzano; in questa fase l’enzima può accedere più efficacemente alle catene glucidiche. La maltogenic amylase taglia selettivamente legami glucosidici e produce molecole più piccole, tra cui maltosio e destrine, che interferiscono con la ricostruzione ordinata dell’amido durante il raffreddamento e la conservazione <sup>[2]</sup>.



**Figure 1.** 말토제닉 아밀레이스는 베이킹 중 소화된 전분에 작용해 맥아당과 짧은 말토올리고당을 생성하며, 이는 이후 빵 속살이 단단해지는 현상을 줄여줍니다.

L'effetto più importante non è una liquefazione massiva dell'impasto, ma una trasformazione controllata. Se l'azione enzimatica è ben bilanciata, la mollica tende a rimanere più morbida e meno fragile; se è eccessiva, può comparire collosità, sensazione gommosa o mollica troppo umida. Questo equilibrio spiega perché la maltogenic amylase è molto utile nei sistemi da forno, ma deve essere integrata nella formulazione con attenzione alla farina, al processo e al profilo del prodotto <sup>[6]</sup>.

La ricerca su maltogenic  $\alpha$ -amylase e amidi di diversa origine mostra che l'efficacia dell'enzima dipende anche dalla struttura multi-livello dell'amido: dimensione e organizzazione dei granuli, grado di gelatinizzazione, disponibilità d'acqua e interazione con altri ingredienti. Uno studio sul pre-trattamento ad alta pressione dell'amido di mais ha discusso come modifiche strutturali possano generare modalità catalitiche più efficienti e incidere sulle proprietà di retrogradazione <sup>[3]</sup>.

## Differenze rispetto ad altre amilasi e altri enzimi da forno

La panificazione usa diverse classi di enzimi, ma non tutte hanno lo stesso scopo. Le amilasi fungine tradizionali sono spesso impiegate per generare zuccheri fermentescibili, sostenere la fermentazione, favorire colore della crosta e contribuire al volume. La maltogenic amylase, invece, è particolarmente associata alla morbidezza della mollica e al controllo del raffermamento nei prodotti confezionati <sup>[1]</sup>.

| Categoria enzimatica                                    | Substrato principale                           | Effetto tecnologico prevalente                                    | Applicazioni tipiche in bakery                                        | Considerazione pratica                                                                       |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Maltogenic amylase</b>                               | Amido gelatinizzato o parzialmente accessibile | Rallentamento del raffermamento, mollica più morbida nel tempo    | Pane in cassetta, buns, rolls, brioche, prodotti morbidi confezionati | Da bilanciare per evitare mollica collosa o gommosa <a href="#">[5]</a>                      |
| <b><math>\alpha</math>-Amilasi fungine o batteriche</b> | Amido e destrine                               | Produzione di zuccheri, supporto a fermentazione, volume e colore | Pane, prodotti lievitati, formulazioni con variabilità di farina      | L'effetto dipende da temperatura, processo e disponibilità del substrato <a href="#">[7]</a> |
| <b>Xilanasi</b>                                         | Arabinosilani della farina                     | Migliore lavorabilità dell'impasto, volume e struttura            | Pane e prodotti lievitati con farine variabili                        | Agisce sulla frazione emicellulosica, non direttamente sull'amido <a href="#">[8]</a>        |
| <b>Lipasi e sistemi affini</b>                          | Lipidi e complessi lipidici                    | Supporto a volume, struttura e stabilità della mollica            | Pani morbidi, impasti arricchiti                                      | Spesso valutate in combinazione con enzimi amilolitici <a href="#">[1]</a>                   |

Questa distinzione è importante per evitare aspettative errate. Una maltogenic amylase non è semplicemente “un’amylase più forte”: è un enzima con una funzione applicativa diversa. La sua utilità cresce quando il problema da risolvere è la perdita di morbidezza nel tempo, non quando l’obiettivo principale è correggere una fermentazione insufficiente o compensare una farina con attività enzimatica naturale troppo bassa [\[1\]](#).

## Applicazioni principali nei prodotti da forno

### Pane in cassetta e sandwich bread

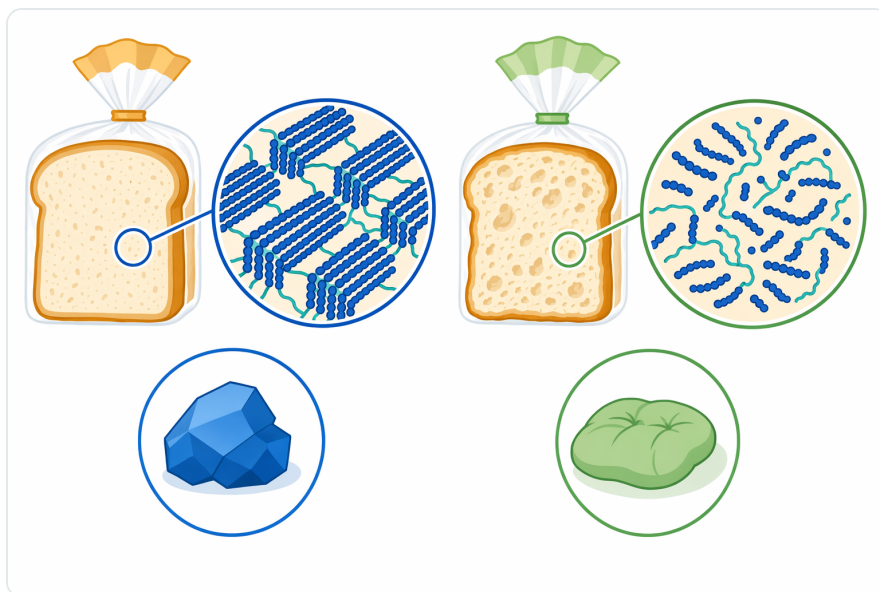
Il pane in cassetta richiede mollica fine, elastica e stabile. In questo prodotto la shelf life è un requisito commerciale centrale: il consumatore si aspetta fette morbide, non friabili, con buona piegabilità e masticazione regolare anche dopo alcuni giorni. La maltogenic amylase è coerente con questa applicazione perché agisce sulla componente amidacea responsabile di una quota significativa del raffermamento [\[5\]](#).

Uno studio su una maltogenic amylase da *Lactobacillus plantarum* espressa in *Escherichia coli* ha valutato l’applicazione dell’enzima nell’estensione della shelf life del pane. Pur non identificando automaticamente la performance di ogni prodotto commerciale, questo tipo di evidenza conferma che

la maltogenic amylase è studiata direttamente per la conservabilità del pane, non solo per applicazioni generiche su amido <sup>[5]</sup>.

### Buns, rolls e panini morbidi

Buns per hamburger, hot dog rolls e panini morbidi devono mantenere compressibilità e recupero elastico dopo confezionamento, trasporto e manipolazione. In questi casi, la perdita di morbidezza può compromettere la funzionalità del prodotto: un bun troppo rigido si rompe, si sbriciola o risulta asciutto al morso. La maltogenic amylase può contribuire a mantenere una struttura di mollica più uniforme e meno soggetta a indurimento rapido <sup>[1]</sup>.



**Figure 2.** 빵은 포장된 상태에서도 베이킹 후 빵 속살 안에서 전분 분자들이 다시 결합하기 때문에 노화될 수 있습니다.

Nei prodotti con grassi, zuccheri o latte, l'effetto dell'enzima si inserisce in un sistema già complesso. Zuccheri e grassi influenzano gelatinizzazione, disponibilità d'acqua e percezione di morbidezza; la maltogenic amylase lavora quindi in combinazione con la formula, non in isolamento. Per questo nei buns arricchiti il risultato può essere molto positivo, ma dipende dalla distribuzione dell'enzima, dalla cottura e dal confezionamento <sup>[6]</sup>.

### Brioche e prodotti lievitati dolci

Le brioche e i lievitati dolci hanno una matrice più ricca rispetto al pane bianco: zuccheri, grassi, uova o ingredienti lattiero-caseari possono modificare la velocità di fermentazione e la struttura finale. In questi prodotti la morbidezza è spesso parte dell'identità sensoriale, quindi il mantenimento della

texture nel tempo ha un valore commerciale elevato. La maltogenic amylase può essere utile quando l'obiettivo è ridurre il raffermamento senza aumentare eccessivamente grassi o ingredienti strutturanti [1].

Il punto critico è evitare un'azione amilolitica eccessiva. In una matrice dolce e ricca, una degradazione troppo spinta dell'amido può generare sensazioni di mollica appiccicosa o troppo umida. Per questo la maltogenic amylase va considerata come parte di una strategia di formulazione, insieme alla scelta della farina, alla gestione dell'impasto e al profilo di cottura [6].

### **Rice cake e altri sistemi amidacei morbidi**

La maltogenic  $\alpha$ -amylase non è studiata solo nel pane di frumento. Un lavoro sugli effetti della maltogenic  $\alpha$ -amylase sulle proprietà fisico-chimiche e sulla qualità edibile del rice cake mostra l'interesse dell'enzima anche in prodotti a base di amido di riso, dove retrogradazione e indurimento sono particolarmente evidenti [9].

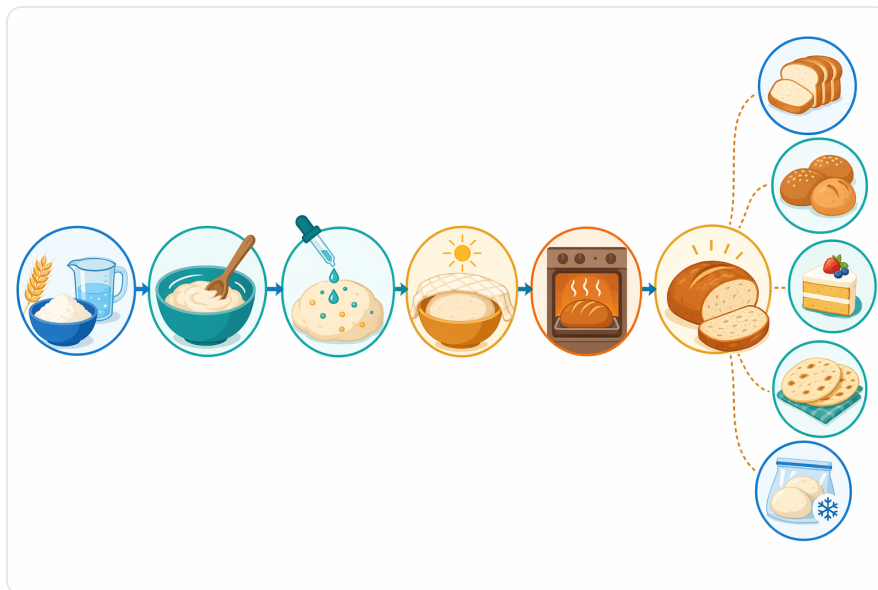
Questa evidenza è utile anche per la panificazione perché conferma il principio generale: quando un prodotto alimentare deve mantenere morbidezza in una matrice ricca di amido gelatinizzato, la maltogenic amylase può avere un ruolo anti-raffermamento. Tuttavia, il passaggio da rice cake a pane non è automatico: glutine, fermentazione, grassi, zuccheri e struttura alveolare rendono ogni applicazione distinta [9].

### **Interazione con ingredienti e processo**

---

La maltogenic amylase agisce in un impasto reale, non in una soluzione ideale. Farina, acqua, sale, lievito, zuccheri, grassi, fibre, emulsionanti e altri enzimi possono modificare l'accessibilità dell'amido e l'effetto finale sulla mollica. In particolare, la presenza di surfattanti o emulsificanti può cambiare le proprietà di pasting e gelificazione dell'amido in combinazione con la maltogenic  $\alpha$ -amylase [6].

L'interazione con gli emulsionanti è rilevante perché molti prodotti morbidi confezionati usano sistemi funzionali per volume, sofficità e resilienza. La ricerca sul combined impact della maltogenic  $\alpha$ -amylase da *Bacillus stearothermophilus* e surfattanti ha affrontato proprio le proprietà di pasting e gelation dell'amido, indicando che l'effetto dell'enzima non può essere separato dalla matrice formulativa [6].



**Figure 3.** 기능이 발휘되는 구간은 반죽에 혼합되는 시점부터 오븐에서 전분이 호화되는 과정까지 이어지며, 저장 중에는 전분 노화를 늦추는 효과로 지속됩니다.

Anche il trattamento termico è decisivo. La maltogenic amylase deve restare attiva abbastanza a lungo da agire quando l'amido diventa accessibile, ma nel prodotto finito ci si aspetta che l'attività residua sia limitata dalla cottura. L'interesse scientifico per varianti più termostabili o con profilo catalitico modificato, inclusi studi di directed evolution su amilasi per bread making, riflette l'importanza di questo equilibrio <sup>[7]</sup>.

## Evidenze scientifiche su fonti microbiche e miglioramento enzimatico

Molte maltogenic amylase studiate per applicazioni industriali derivano da microrganismi. La letteratura include lavori su maltogenic amylase da *Bacillus stearothermophilus*, *Geobacillus* e *Lactobacillus plantarum*, con attenzione a espressione ricombinante, localizzazione cellulare, attività, proprietà allosteriche e applicazione in shelf life del pane <sup>[10] [11] [5]</sup>.

Questo non significa che ogni prodotto commerciale abbia la stessa origine o le stesse caratteristiche, ma dimostra che la classe enzimatica è oggetto di studio mirato. Lavori su signal peptides per la localizzazione periplasmatica di una maltogenic amylase da *Bacillus stearothermophilus* mostrano l'interesse biotecnologico per resa e attività dell'enzima, mentre studi su proprietà allosteriche di maltogenic amylase da *Geobacillus* approfondiscono la regolazione funzionale dell'enzima <sup>[10] [11]</sup>.

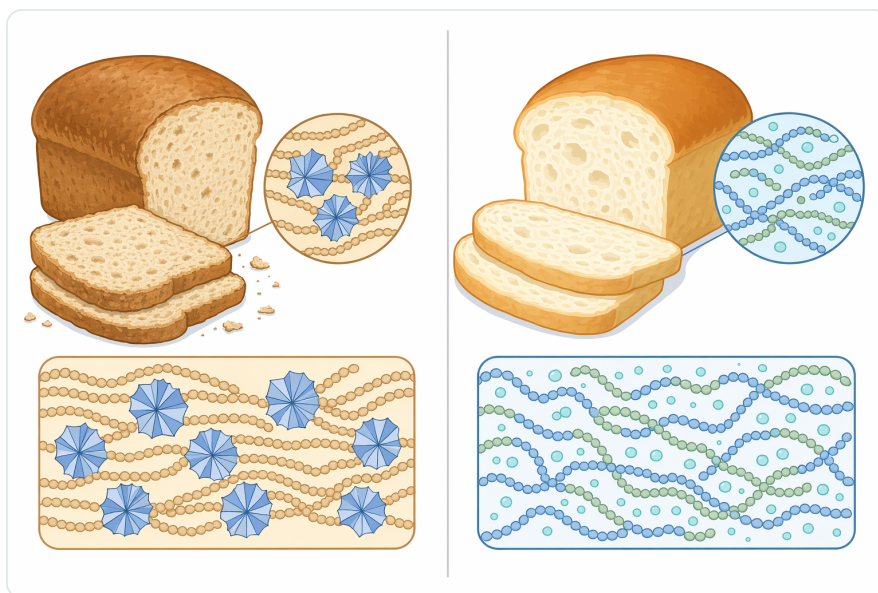
La directed evolution è un altro filone importante. Studi su maltogenic  $\alpha$ -amylase da *Bacillus* e su screening ad alta produttività basato su biosensori al maltosio indicano che la ricerca mira a migliorare stabilità, profilo di prodotto e prestazioni catalitiche. Per il bakery, questo è rilevante perché piccole

differenze nel profilo d'azione possono cambiare il bilanciamento tra anti-raffermamento e rischio di mollica collosa [12] [13].

## Benefici tecnici per aziende bakery

Il beneficio più evidente della maltogenic amylase è il supporto alla morbidezza nel tempo. In un pane confezionato, la qualità non si misura solo al raffreddamento dopo cottura, ma lungo l'intera finestra di vendita e consumo. Un enzima che riduce la velocità di indurimento della mollica può migliorare la coerenza dell'esperienza sensoriale e ridurre la variabilità percepita tra lotti e giorni di conservazione [5].

Un secondo beneficio è la stabilità della struttura della mollica. La trasformazione controllata dell'amido può rendere la rete interna meno soggetta a irrigidimento, migliorando masticabilità e resilienza. Questo è particolarmente importante in prodotti a fetta, dove la mollica deve resistere a taglio, confezionamento e compressione senza diventare friabile [1].



**Figure 4.** 말토제닉 아밀레이스는 주된 목적이 글루텐 이완, 반죽 취급성 개선, 지질 변형이 아니라 전분 기반의 부드러움 유지라는 점에서 다른 제빵 효소와 다릅니다.

Un terzo beneficio è la flessibilità formulativa. Le moderne applicazioni enzyme-based in bakery vengono studiate anche per sostenere texture, volume e shelf life in condizioni di variabilità di materie prime e processo. Un recente lavoro di revisione sulle applicazioni enzimatiche in panificazione descrive il ruolo degli enzimi lungo l'intero percorso tecnologico, dallo sviluppo dell'impasto al mantenimento della qualità durante la conservazione [1].

Infine, la maltogenic amylase può inserirsi in strategie di prodotto più semplici o “clean label”, a seconda del quadro normativo e della comunicazione applicabile. Uno studio su lime juice ed enzimi nel pan bread clean label ha esplorato qualità di cottura ed effetto preservante, mostrando come il settore stia valutando combinazioni di ingredienti ed enzimi per rispondere a obiettivi di qualità e formulazione più trasparenti <sup>[14]</sup>.

## Limiti applicativi e rischi da gestire

---

La maltogenic amylase non è una soluzione universale. Se la farina è inadatta, l'impasto è sottosviluppato, la fermentazione è sbilanciata o la cottura è incompleta, l'enzima non può compensare tutti i difetti. Può migliorare una parte specifica della dinamica della mollica, ma non sostituisce il controllo del processo produttivo <sup>[1]</sup>.

Il rischio più tipico è il sovra-trattamento dell'amido. Un'azione troppo intensa può generare mollica appiccicosa, superficie interna umida, sensazione gommosa e difficoltà di affettamento. Questo rischio è maggiore nei prodotti molto idratati, ricchi di zuccheri o grassi, oppure in presenza di altri sistemi enzimatici che aumentano la disponibilità di destrine e zuccheri <sup>[6]</sup>.

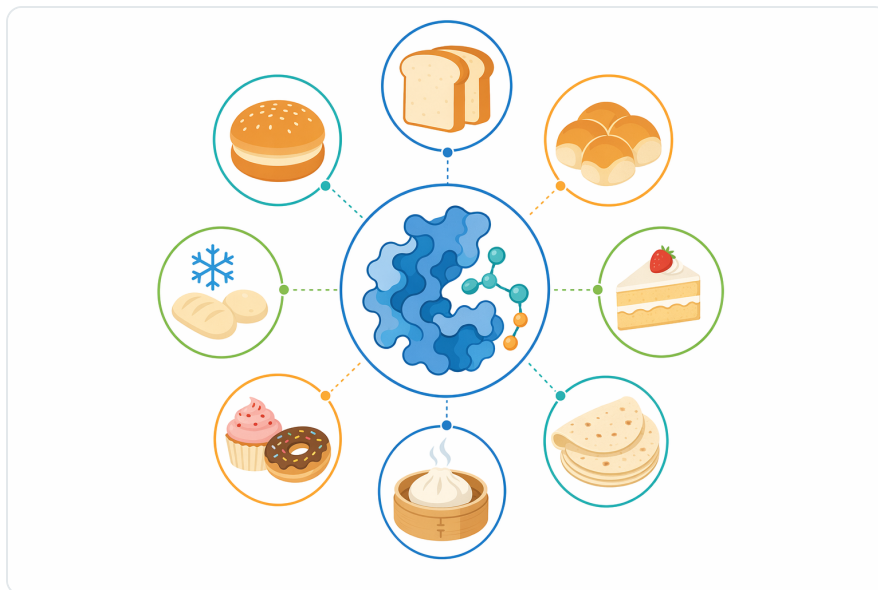
Un altro limite riguarda la variabilità tra matrici. Pane bianco, pane integrale, prodotti con semi, pani ad alto contenuto di fibre, buns dolci e brioche non rispondono nello stesso modo. Le fibre possono competere per l'acqua, i grassi possono modificare la gelatinizzazione e gli emulsionanti possono influenzare le interazioni amido-lipidi; di conseguenza, la performance della maltogenic amylase deve essere interpretata nel sistema completo <sup>[6]</sup>.

## Sicurezza, igiene di processo e conservabilità

---

La maltogenic amylase può contribuire alla shelf life fisica del prodotto, cioè alla morbidezza e alla texture, ma non deve essere confusa con un conservante antimicrobico. Il controllo di muffe, contaminazioni e stabilità microbiologica richiede igiene di processo, confezionamento adeguato, gestione dell'attività dell'acqua e, quando previsto, sistemi conservanti compatibili con la normativa applicabile <sup>[15]</sup>.

Questa distinzione è fondamentale nella comunicazione tecnica. Un pane può rimanere morbido ma non essere microbiologicamente stabile se il processo di confezionamento o le condizioni di conservazione sono inadeguate. La letteratura sulla preservazione microbica e il controllo della contaminazione nel settore baking sottolinea che la sicurezza e la conservabilità microbiologica dipendono da più barriere, non da un singolo intervento <sup>[15]</sup>.



**Figure 5.** 가장 효과적인 적용 분야는 포장 샌드위치 식빵, 번, 롤빵 및 기타 부드러운 효모 발효 제품처럼 빵 속살의 경화 지연이 핵심 품질 목표인 제품입니다.

Per questo, quando si parla di “shelf life” legata alla maltogenic amylase, è più corretto riferirsi alla shelf life sensoriale e testurale. L’enzima aiuta a contrastare il raffermamento fisico della mollica; non elimina la necessità di buone pratiche di produzione, controllo igienico e packaging idoneo <sup>[15]</sup>.

## Uso industriale: integrazione pratica nella formulazione

In panificazione, la maltogenic amylase viene normalmente integrata nella formulazione in modo da distribuirsi uniformemente nell’impasto. La distribuzione è importante perché l’enzima deve incontrare il substrato amidaceo in modo omogeneo: zone sovra-concentrate possono creare difetti locali di mollica, mentre una dispersione insufficiente riduce l’effetto anti-raffermamento <sup>[1]</sup>.

Il momento chiave dell’azione avviene quando l’amido diventa più accessibile, soprattutto durante il riscaldamento. Prima della cottura, l’accessibilità dell’amido è limitata dalla struttura del granulo; durante la gelatinizzazione, l’acqua e il calore aprono il sistema, rendendo possibile una modifica più significativa delle catene glucidiche. La formulazione deve quindi considerare non solo la presenza dell’enzima, ma l’intero profilo di impasto, lievitazione e cottura <sup>[2]</sup>.

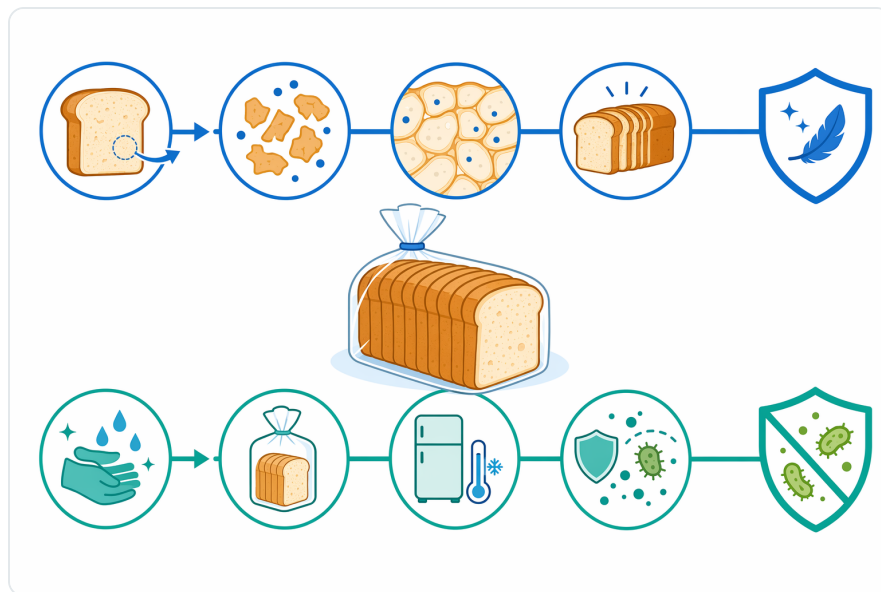
La compatibilità con altri enzimi è un ulteriore aspetto tecnico. In molte ricette industriali, la maltogenic amylase può coesistere con xilanasi, lipasi o altre amilasi. L’effetto finale non è sempre additivo: due enzimi possono essere sinergici, neutri o creare difetti se modificano eccessivamente la struttura dell’impasto o la disponibilità di zuccheri e destrine <sup>[1]</sup>.

## Posizionamento del prodotto Enzymes.bio

**Maltogenic Amylase Enzyme for Baking** disponibile tramite Enzymes.bio è presentato come prodotto per applicazioni da forno e venduto direttamente online in unità da **1 kg**. Enzymes.bio opera come fornitore online di enzimi per clienti B2B e applicazioni di trasformazione, non come produttore né come laboratorio di analisi .

La comunicazione corretta del prodotto deve quindi rimanere applicativa e tecnica: l'obiettivo è aiutare operatori bakery, formulatori e trasformatori alimentari a comprendere il ruolo della maltogenic amylase nella gestione di morbidezza, mollica e shelf life fisica. CoA e SDS sono forniti insieme all'ordine, in coerenza con l'acquisto online del prodotto in confezione da 1 kg .

È utile distinguere questa pagina da una scheda di sviluppo prodotto personalizzata. Le prestazioni reali dipendono dalla ricetta e dal processo del cliente: tipo di farina, idratazione, grassi, zuccheri, fermentazione, cottura e confezionamento. Enzymes.bio fornisce il prodotto; non va presentata come soggetto che produce l'enzima o conduce prove di laboratorio sul processo del cliente .



**Figure 6.** 부드러움 유지와 미생물에 의한 유통기한 관리는 서로 다른 제빵 과제이며, 각각 다른 관리 전략이 필요합니다.

## Quando la maltogenic amylase è particolarmente indicata

La maltogenic amylase è particolarmente indicata quando il problema principale è la perdita di morbidezza della mollica durante la conservazione. È quindi coerente con pane in cassetta, sandwich bread, buns, rolls, brioche e prodotti morbidi confezionati, soprattutto quando la qualità percepita dopo alcuni giorni è un parametro commerciale decisivo <sup>[5]</sup>.

È meno centrale quando il problema dominante è un impasto debole, una fermentazione insufficiente, una crosta pallida o una bassa tolleranza alla lavorazione. In questi casi possono essere più rilevanti altre soluzioni enzimatiche o formulative, come xilanasi, amilasi con diverso profilo d'azione, lipasi o interventi su farina e processo. La revisione sulle applicazioni enzimatiche in bakery conferma che gli enzimi hanno funzioni differenziate e devono essere scelti in base al difetto tecnologico specifico <sup>[1]</sup>.

Il suo impiego è particolarmente interessante in prodotti a distribuzione moderna, dove il tempo tra produzione e consumo è più lungo rispetto alla vendita immediata. In questi scenari, preservare la texture può ridurre la percezione di prodotto “vecchio” anche quando il pane è ancora entro la sua finestra commerciale <sup>[4]</sup>.

## Conclusioni

La **maltogenic amylase enzyme for baking** è uno degli strumenti enzimatici più rilevanti per controllare il rafforzamento fisico nei prodotti da forno morbidi. Il suo valore tecnico deriva dalla capacità di modificare l'amido in modo mirato, riducendo la tendenza della mollica a irrigidirsi durante la conservazione <sup>[2]</sup>.

Le evidenze disponibili collegano la maltogenic  $\alpha$ -amylase alla retrogradazione dell'amido, alla qualità edibile di sistemi amidacei e all'estensione della shelf life del pane. Allo stesso tempo, la sua efficacia dipende da formulazione, processo, ingredienti complementari e packaging: è un coadiuvante funzionale, non un correttore universale <sup>[9] [5]</sup>.

Per aziende bakery che producono pane in cassetta, buns, rolls, brioche e prodotti confezionati morbidi, Maltogenic Amylase Enzyme for Baking può essere integrato come leva tecnica per migliorare morbidezza, stabilità della mollica e qualità percepita nel tempo. Enzymes.bio lo rende disponibile online in formato da 1 kg per clienti B2B, con CoA e SDS forniti insieme all'ordine .

### Ordina Maltogenic Amylase Enzyme For Baking 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 Maltogenic Amylase Enzyme For Baking →**

# 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. Chowdhury, M. A. H., Sarkar, F., Reem, C. S. A., Rahman, S. M., Mahamud, A. U., Rahman, M., & Ashrafudoulla, M. (2024). Enzyme applications in baking: From dough development to shelf-life extension.. *International Journal of Biological Macromolecules*, 137020 .
2. Chen, X., Zhang, L., Li, X., Qiao, Y., Zhang, Y., Zhao, Y., Chen, J., ... et al. (2019). Impact of maltogenic  $\alpha$ -amylase on the structure of potato starch and its retrogradation properties.. *International Journal of Biological Macromolecules*.
3. Liu, Z., Zhong, Y., Khakimov, B., Fu, Y., Czaja, T. P., Kirkensgaard, J. J. K., Blennow, A., ... et al. (2023). Insights into high hydrostatic pressure pre-treatment generating a more efficient catalytic mode of maltogenic  $\alpha$ -amylase: Effect of multi-level structure on retrogradation properties of maize starch. *Food Hydrocolloids*.
4. Goryńska-Goldmann, E., Gazdecki, M., Rejman, K., Łaba, S., Kobus-Cisowska, J., & Szczepański, K. (2021). Magnitude, Causes and Scope for Reducing Food Losses in the Baking and Confectionery Industry—A Multi-Method Approach. *Agriculture*.
5. Lin, W., Zhang, D., Jing-Huang, Lei, Y., Su, X., Huang, W., & Wu, M. (2023). Expression and characterization of a maltogenic amylase from *Lactobacillus plantarum* in *Escherichia coli* and its application in extending bread shelf life. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*, 4, 318-327.
6. Steertegem, B. V., Pareyt, B., Brijs, K., & Delcour, J. (2013). Combined impact of *Bacillus stearothermophilus* maltogenic alpha-amylase and surfactants on starch pasting and gelation properties.. *Food Chemistry*, 139 1-4, 1113-20 .
7. Yu-Wang, Ma, J., Liu, H., Jiang, Z., & Li, Y. (2024). Simultaneous improvement of thermostability and maltotriose-forming ability of a fungal  $\alpha$ -amylase for bread making by directed evolution.. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130481 .
8. Simioni, B., Rocha, P. M. C., Fávero, A., Conceição Silva, J. L., Gandra, R. F., Maller, A., Kadowaki, M. K., ... et al. (2025). Bioengineering *Caulobacter vibrioides* for Xylanase Applications in the Bakery Industry. *Microorganisms*, 13.
9. Fan, C., Li, X., Wang, Y., Dong, J., Jin, Z., & Bai, Y. (2023). Effects of maltogenic  $\alpha$ -amylase on physicochemical properties and edible quality of rice cake.. *Food Research International*, 172, 113111 .
10. Samant, S., Gupta, G., Karthikeyan, S., Haq, S. F., Nair, A. R., Sambasivam, G., & Sukumaran, S. (2014). Effect of codon-optimized *E. coli* signal peptides on recombinant *Bacillus stearothermophilus* maltogenic amylase periplasmic localization, yield and activity. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 41, 1435-1442.
11. Rahmati, P., Sajedi, R., Zamani, P., Rahmani, H., & Khajeh, K. (2017). Allosteric properties of *Geobacillus* maltogenic amylase.. *Enzyme and Microbial Technology*, 96, 36-41 .
12. Jones, A., Lamsa, M., Frandsen, T. P., Spendler, T., Harris, P., Sloma, A., Xu, F., ... et al. (2008). Directed evolution of a maltogenic alpha-amylase from *Bacillus* sp. TS-25.. *Journal of Biotechnology*, 134 3-4, 325-33 .
13. Wang, J., Han, L., Teng, M., Li, Q., Zhou, J., Li, J., Du, G., ... et al. (2024). Maltose gradient-induced biosensor-based high-throughput screening for directed evolution of maltogenic amylase from *Bacillus stearothermophilus*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136586 .

14. Scarton, M., Ganancio, J. R., Avelar, M. H. M., Clerici, M., & Steel, C. (2020). Lime juice and enzymes in clean label pan bread: baking quality and preservative effect. *Journal of food science and technology*, 58, 1819 - 1828.
15. Vermelho, A. B., Moreira, J. V., Junior, A., Silva, C. R., Cardoso, V., & Akamine, I. T. (2024). Microbial Preservation and Contamination Control in the Baking Industry. *Fermentation*.

## 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.