

Glucosio ossidasi per panificazione, farine da pane e miglioramento della struttura dell'impasto

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

La **glucosio ossidasi** è un enzima ossidoreduttasi usato in panificazione per rafforzare l'impasto: ossida il glucosio in presenza di ossigeno e genera perossido di idrogeno, che favorisce reticolazioni nella matrice del glutine. Nei sistemi da forno può contribuire a maggiore stabilità dell'impasto, migliore gestione in linea, volume più regolare e struttura della mollica più uniforme, purché sia integrata in modo equilibrato nella formulazione ^[1].

Che cos'è la glucosio ossidasi per farina da pane

La glucosio ossidasi, spesso abbreviata come **GOx** o **GOD**, è un enzima appartenente alla famiglia delle ossidoreduttasi. La sua reazione caratteristica consiste nell'ossidazione del glucosio con l'ossigeno molecolare come accettore di elettroni; il processo porta alla formazione di glucono- δ -lattone, che in ambiente acquoso può trasformarsi in acido gluconico, e alla generazione di perossido di idrogeno ^[1].

Nel contesto della panificazione, questo meccanismo è rilevante perché il perossido di idrogeno generato direttamente nell'impasto agisce come ossidante funzionale. L'effetto non è quello di "gonfiare" direttamente il pane, ma di modificare la struttura della massa: le proteine del glutine e alcuni polisaccaridi della farina possono diventare più interconnessi, con conseguenze misurabili su elasticità, resistenza e capacità dell'impasto di trattenere i gas di fermentazione ^[2].

Il prodotto **Glucose Oxidase Bread Flour Product Baking** disponibile su Enzymes.bio è presentato come preparazione enzimatica per applicazioni professionali nella lavorazione di farine e impasti da forno. Enzymes.bio opera come **fornitore online**, non come produttore né laboratorio; il prodotto è venduto direttamente online in unità da 1 kg e la documentazione di accompagnamento, inclusi CoA e SDS, è fornita insieme all'ordine .

Perché la glucosio ossidasi è usata nella panificazione industriale

Nelle linee di panificazione, la qualità finale del pane dipende da una combinazione di fattori: forza della farina, idratazione, sviluppo del glutine, fermentazione, stress meccanico, trattamento termico e composizione della ricetta. Le ricerche sulla tecnologia del pane mostrano che additivi e ingredienti funzionali possono modificare in modo significativo volume, struttura e proprietà sensoriali del prodotto finito, soprattutto quando interagiscono con la rete proteica e con la disponibilità d'acqua nell'impasto ^[3].

La glucosio ossidasi è interessante perché agisce in modo indiretto ma specifico: non aggiunge una struttura esterna all'impasto, bensì promuove reazioni ossidative a partire dal glucosio disponibile. La generazione localizzata di perossido di idrogeno favorisce la formazione di legami tra componenti della farina, in particolare nella frazione proteica, e questo può rendere la massa più coesa e meno sensibile a collasso, appiccicosità o perdita di forma durante lavorazione e fermentazione ^[2].

Questo effetto è particolarmente utile nei prodotti lievitati a base di frumento, dove il glutine deve formare una rete capace di trattenere l'anidride carbonica prodotta dai lieviti. Se la rete è troppo debole, il gas si disperde o viene trattenuto in modo irregolare; se è troppo rigida, l'impasto può espandersi meno. La glucosio ossidasi va quindi considerata uno strumento di regolazione della reologia, non un correttivo universale da aumentare senza limite ^[4].

Meccanismo d'azione: dal glucosio alla rete glutinica

Ossidazione del glucosio e formazione di perossido di idrogeno

Il primo passaggio è biochimico. La glucosio ossidasi catalizza l'ossidazione del glucosio in presenza di ossigeno. In un impasto da pane, il glucosio può essere già presente nella farina, derivare dall'idrolisi dell'amido o provenire da ingredienti zuccherini della formulazione. La reazione produce perossido di idrogeno, una specie ossidante che può reagire con gruppi funzionali presenti nelle proteine e in altri biopolimeri della farina ^[1].

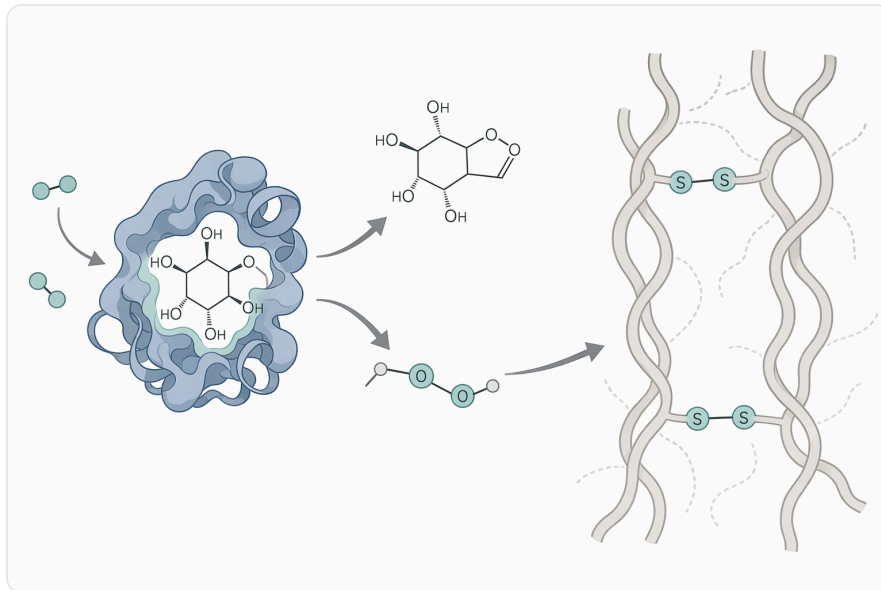


Figure 1. 글루코스 산화효소는 포도당과 산소를 글루콘산과 과산화수소로 전환하며, 이때 생성된 과산화수소가 반죽을 산화적으로 강화하는 효과를 낸다.

Questo spiega perché l'effetto della GOx dipende dal sistema reale in cui viene applicata. La disponibilità di glucosio, la quantità di ossigeno incorporata durante l'impastamento, l'idratazione, il tempo di lavorazione e il profilo di fermentazione influenzano la portata dell'ossidazione. In un processo industriale, la stessa aggiunta enzimatica può quindi produrre risultati diversi se cambia la farina, il tempo di impasto o la formulazione [5].

Ossidazione dei gruppi tiolici e formazione di legami disolfuro

La conseguenza tecnologica più discussa in panificazione è l'ossidazione dei gruppi sulfidrilici, o gruppi tiolici, presenti nelle proteine del glutine. Quando questi gruppi vengono ossidati, possono formarsi legami disolfuro tra catene proteiche. Tali legami contribuiscono alla costruzione di una rete più resistente e continua, capace di opporsi meglio alla deformazione meccanica [2].

Nel glutine, le glutenine sono particolarmente importanti per elasticità e forza dell'impasto, mentre le gliadine contribuiscono maggiormente a viscosità ed estensibilità. Un aumento dei collegamenti tra proteine può migliorare la coesione della massa, ma se il reticolo diventa troppo fitto l'impasto può perdere estensibilità. È per questo che la glucosio ossidasi viene spesso descritta come agente di rafforzamento: il suo valore tecnologico deriva dall'equilibrio tra resistenza ed espansione [4].

Coinvolgimento dei pentosani e della fase acquosa

Oltre alle proteine del glutine, la glucosio ossidasi può influenzare anche la frazione polisaccaridica della farina, in particolare i pentosani idrosolubili. La letteratura tecnica sulla panificazione associa l'azione della GOx anche a fenomeni di gelificazione o strutturazione di questi polisaccaridi, che possono contribuire alla viscosità della fase acquosa e alla stabilità complessiva dell'impasto ^[2].

Questo punto è importante perché l'impasto non è solo una rete di glutine: è un sistema complesso formato da proteine, amido, acqua, lipidi, fibre, sali, zuccheri e microrganismi. Modificare la fase acquosa può influenzare assorbimento, appiccicosità, tenuta durante la fermentazione e struttura della mollica. La GOx agisce quindi su un sistema multiplo, anche se il suo effetto più visibile resta spesso il rafforzamento della matrice proteica ^[5].

Effetti tecnologici attesi negli impasti da forno

Maggiore stabilità dell'impasto

Il beneficio più rilevante della glucosio ossidasi è il miglioramento della stabilità dell'impasto. In pratica, una massa trattata correttamente può risultare meno cedevole, più tollerante alle sollecitazioni e più capace di mantenere forma e struttura durante le fasi di riposo, spezzatura, arrotondatura, formatura e fermentazione finale ^[4].

In panificazione industriale questo aspetto ha un valore operativo elevato. Le linee automatiche sottopongono l'impasto a stress ripetuti: trasferimenti, nastri, porzionatura, laminazione o formatura possono indebolire una massa poco strutturata. Un miglioramento della resistenza reologica può ridurre deformazioni e variabilità tra pezzi, sostenendo una produzione più costante ^[3].

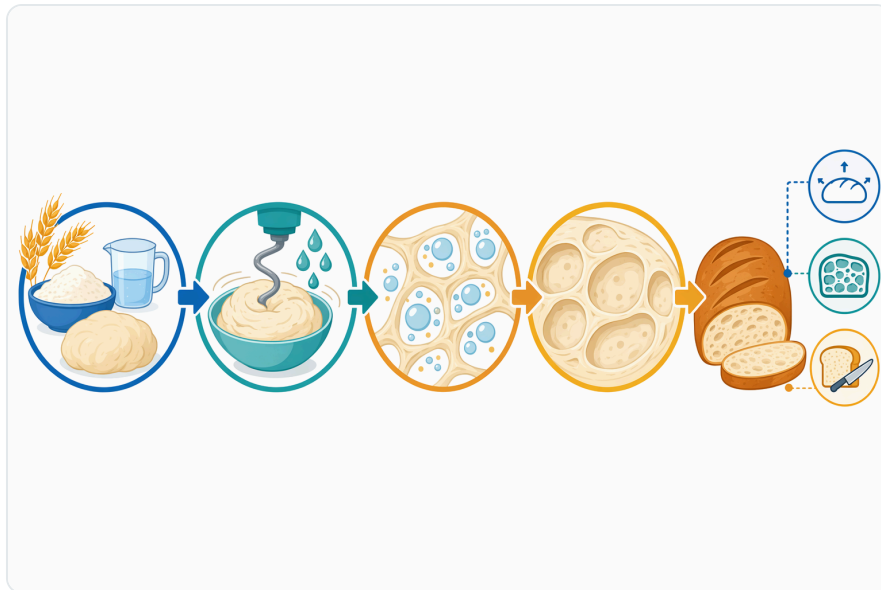


Figure 2. 산화적 가교 형성은 수화된 글루텐 매트릭스를 강화해 반죽을 더 잘 뭉치게 하고 덜 끈적하게 하며, 발효 가스를 더 잘 보유할 수 있게 합니다.

Supporto a volume e struttura della mollica

La rete glutinica deve essere abbastanza forte da trattenere il gas, ma anche abbastanza estensibile da espandersi durante fermentazione e cottura. La glucosio ossidasi può contribuire a un migliore bilanciamento di questi aspetti quando la farina o la ricetta tendono a produrre impasti deboli. Studi su pane in cassetta hanno valutato l'impatto di glucosio ossidasi, lipasi e transglutaminasi sulle proprietà fisiche e qualitative del prodotto, confermando l'interesse di questi enzimi come strumenti di modifica della qualità del pane ^[4].

L'effetto sulla mollica è collegato alla distribuzione del gas nell'impasto. Una massa più stabile tende a sostenere celle più regolari e a ridurre collassi localizzati. Tuttavia, l'effetto non è automatico: se l'ossidazione è eccessiva, l'impasto può diventare troppo tenace e limitare l'espansione, con possibile riduzione del volume o tessitura meno desiderabile ^[2].

Riduzione dell'appiccicosità e migliore lavorabilità

Gli impasti deboli o molto idratati possono risultare appiccicosi e difficili da gestire. La glucosio ossidasi può aiutare quando l'appiccicosità è collegata a una struttura proteica insufficiente o a una fase acquosa poco organizzata. Rafforzando la rete e modificando la viscosità del sistema, l'enzima può migliorare la sensazione di "tenuta" dell'impasto durante la lavorazione ^[2].

Questo non significa che la GOx corregga qualunque problema di processo. Appiccicosità e scarsa lavorabilità possono derivare anche da amido danneggiato, eccesso d'acqua, attività amilasica elevata, farine non adatte, fermentazione non bilanciata o ingredienti igroscopici. L'enzima è utile quando il

punto critico riguarda il rafforzamento ossidativo della matrice, non quando il difetto ha cause completamente diverse [5].

Confronto con altri miglioratori ed enzimi da panificazione

La glucosio ossidasi è spesso valutata insieme ad altri enzimi o miglioratori, perché ciascuno interviene su componenti diverse dell'impasto. La ricerca su lipasi, glucosio ossidasi e transglutaminasi nel pane mostra che questi enzimi possono influenzare proprietà fisiche e qualitative attraverso meccanismi distinti [4].

Ingrediente o enzima	Bersaglio principale nell'impasto	Meccanismo tecnologico prevalente	Effetto atteso sul pane	Attenzione formulativa
Glucosio ossidasi	Glucosio, proteine del glutine, fase acquosa	Generazione di perossido di idrogeno e ossidazione di gruppi reattivi	Maggiore stabilità dell'impasto, supporto a volume e mollica	Eccesso di rafforzamento può ridurre estensibilità
Transglutaminasi	Proteine	Formazione di legami covalenti tra residui amminoacidici	Rafforzamento proteico e modifica della texture	Può rendere la rete troppo compatta se non bilanciata
Lipasi	Lipidi della farina o aggiunti	Modifica di lipidi e interazioni con amido/proteine	Miglioramento di morbidezza, volume o struttura secondo formulazione	Dipende molto dalla frazione lipidica disponibile
Acido ascorbico	Sistema redox dell'impasto	Azione ossidativa indiretta nel sistema glutinico	Rafforzamento dell'impasto	Richiede equilibrio con farina e processo
Emulsionanti	Interfacce aria/acqua/grasso, amido e proteine	Stabilizzazione fisica e interazioni con amido	Morbidezza, volume, uniformità	Effetto diverso da una reticolazione enzimatica

La differenza principale è che la glucosio ossidasi non funziona come semplice ossidante aggiunto, ma come catalizzatore che produce l'agente ossidante nel sistema. Questa distinzione può essere utile quando si vuole costruire una formulazione basata su processi enzimatici e su reazioni che avvengono durante l'impastamento e la fermentazione [1].

Applicazioni pratiche: pane, farine e premiscele

Pane in cassetta e pani morbidi

Nel pane in cassetta e nei pani morbidi lievitati, la regolarità della struttura è fondamentale. La mollica deve essere fine, elastica e uniforme; il volume deve essere costante; la fetta deve mantenere integrità durante taglio e confezionamento. La glucosio ossidasi può supportare questi obiettivi migliorando la resistenza della rete glutinica e la capacità dell'impasto di trattenere gas in modo più controllato [4].

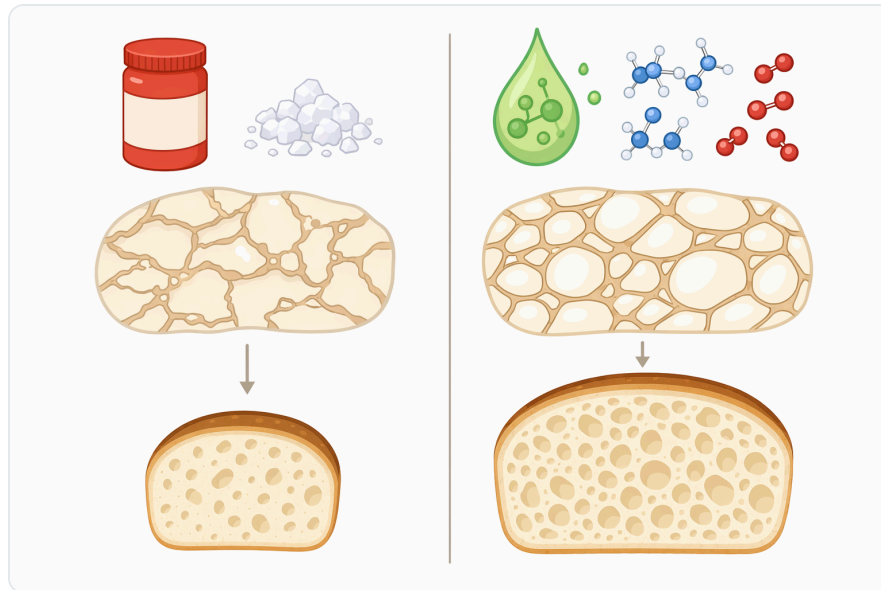


Figure 3. 글루코스 산화효소는 산화제나 가교를 다른 방식으로 직접 더하는 대신, 반죽 내부에서 효소 반응으로 과산화수소를 생성한다는 점에서 다른 반죽 강화 방법과 다릅니다.

Questo tipo di applicazione è particolarmente sensibile al bilanciamento reologico. Un impasto troppo debole può collassare o produrre mollica irregolare; un impasto troppo tenace può espandersi meno e dare una texture più compatta. La GOx è quindi più efficace quando viene inserita in una formulazione che considera anche idratazione, forza della farina, lievitazione, impastamento e presenza di altri miglioratori [2].

Farine per uso professionale

La glucosio ossidasi può essere impiegata anche nel miglioramento di farine destinate alla panificazione professionale. In questo caso l'obiettivo è rendere la farina più performante in impasti lievitati, soprattutto quando serve maggiore tolleranza alla lavorazione o una risposta più stabile tra lotti diversi. Enzymes.bio presenta la glucosio ossidasi nella propria categoria dedicata come enzima per applicazioni alimentari e di processo, incluse lavorazioni collegate a farine e panificazione .

In una farina professionale, l'enzima deve essere visto come parte di un sistema. Le caratteristiche naturali della farina — contenuto proteico, qualità del glutine, attività enzimatica endogena, assorbimento d'acqua e granulometria — condizionano fortemente il risultato finale. La GOx non sostituisce la scelta della materia prima, ma può aiutare a modularne il comportamento tecnologico [3].

Premiscele e miglioratori per prodotti da forno

Nelle premiscele, la glucosio ossidasi può essere combinata con altri ingredienti funzionali per ottenere un profilo di lavorazione più stabile. Per esempio, può essere affiancata a enzimi che agiscono su amido, lipidi o proteine, purché i meccanismi siano compatibili. Lo studio comparativo su lipasi, glucosio ossidasi e transglutaminasi evidenzia proprio l'importanza di valutare gli enzimi non come categorie intercambiabili, ma come strumenti con effetti specifici sulle proprietà del pane [4].

La combinazione con altri enzimi richiede attenzione perché gli effetti possono sommarsi o contrastarsi. Un rafforzamento proteico ottenuto con GOx può essere utile, ma se associato ad altri sistemi reticolanti può portare a un impasto eccessivamente rigido. Al contrario, in formulazioni ricche di componenti che indeboliscono la rete glutinica, l'effetto ossidativo può contribuire a ristabilire una migliore tenuta [5].

Evidenze scientifiche e quadro tecnico

La glucosio ossidasi è un enzima ampiamente studiato per applicazioni alimentari e industriali. Una revisione sulla produzione microbica e sulle applicazioni commerciali ne descrive l'uso in diversi settori, compresi alimenti e biotecnologie, collegando la sua utilità alla capacità di consumare ossigeno e generare perossido di idrogeno in modo controllato [1].

Nel settore da forno, la sua funzione è stata esaminata insieme ad altri enzimi miglioratori. Il lavoro su lipasi, glucosio ossidasi e transglutaminasi nel pan bread ha valutato l'impatto sulle proprietà fisiche e qualitative del pane, confermando che gli enzimi possono produrre cambiamenti tecnologicamente rilevanti ma dipendenti dal contesto formulativo [4].

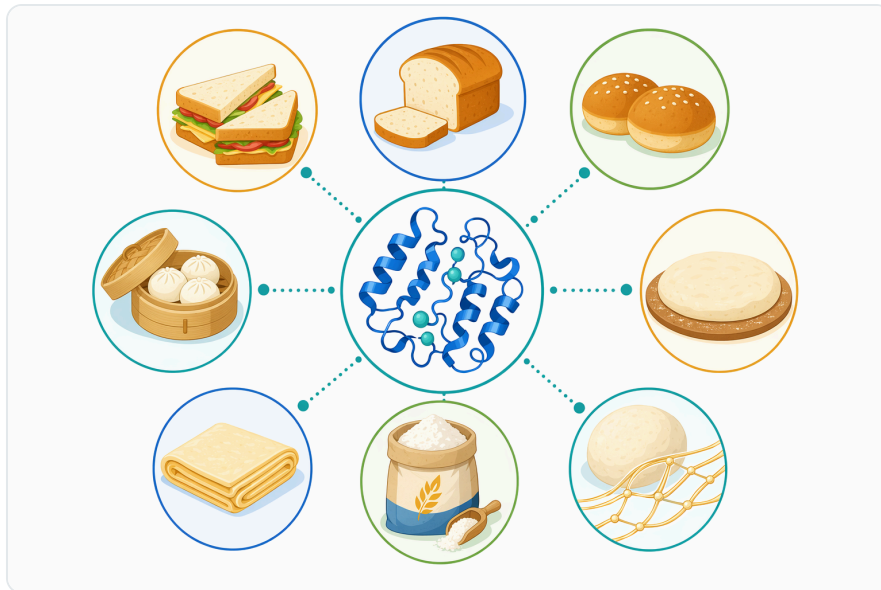


Figure 4. 연구와 활용 사례는 글루코스 산화효소가 밀빵, 찐빵, 통밀 반죽, 냉동 반죽 시스템, 그리고 일부 글루텐 프리 배합에 유용함을 보여줍니다.

La letteratura più recente sulla modifica e sulle applicazioni della glucosio ossidasi mette in evidenza anche l'interesse per strategie di ottimizzazione, stabilità e selezione di varianti enzimatiche. Per l'utilizzatore in panificazione, questo significa che la GOx non è solo un ingrediente tradizionale, ma una piattaforma enzimatica studiata per migliorare prestazioni, robustezza e adattabilità a processi diversi [5].

Anche la produzione eterologa dell'enzima è stata oggetto di studi specifici. Ricerche su sistemi come *Pichia pastoris* hanno analizzato l'ingegnerizzazione della via secretoria per la produzione di glucosio ossidasi, mentre revisioni sulle ossidoreduttasi in lieviti hanno discusso tecnologie di espressione ad alta resa per enzimi come GOx, cellobiose dehydrogenase, perossidasi e laccasi [6][7]. Queste fonti sono rilevanti per comprendere la maturità biotecnologica dell'enzima, pur non trasformando il fornitore commerciale in produttore.

Parametri di processo che influenzano il risultato

Farina e qualità del glutine

La qualità della farina è il primo determinante dell'effetto. In farine con glutine debole, la glucosio ossidasi può offrire un rafforzamento utile; in farine già molto forti, lo stesso meccanismo può spingere l'impasto verso una tenacità eccessiva. Il punto critico è il rapporto tra resistenza ed estensibilità: il pane richiede una rete capace di sostenere il gas, ma anche di deformarsi durante l'espansione [2].

La composizione della farina influisce anche sulla disponibilità dei substrati. La quantità di glucosio libero e la generazione di zuccheri durante l'impasto dipendono dall'attività enzimatica naturale della farina e dalla formulazione. Poiché la GOx usa il glucosio come substrato, la risposta tecnologica non può essere isolata dal metabolismo degli zuccheri nel sistema [1].

Ossigenazione durante l'impastamento

La reazione della glucosio ossidasi richiede ossigeno. L'impastamento incorpora aria nella massa, rendendo disponibile ossigeno per la reazione enzimatica. Processi con intensità di impasto diversa possono quindi modificare la quantità di ossidazione effettiva, anche a parità di formulazione [5].

Questo aspetto spiega perché l'enzima tende ad agire soprattutto nelle fasi iniziali e intermedie del processo, quando temperatura e idratazione sono compatibili con l'attività proteica e quando l'impasto contiene ancora ossigeno accessibile. Durante la cottura, la struttura enzimatica viene progressivamente inattivata dal calore, mentre gli effetti strutturali già prodotti rimangono integrati nella matrice del pane [2].

Idratazione e fase acquosa

L'acqua regola mobilità dei substrati, sviluppo del glutine e diffusione dei prodotti di reazione. In impasti molto asciutti, la mobilità molecolare è più limitata; in impasti molto idratati, l'effetto sulla viscosità e sulla tenuta può diventare più evidente. La glucosio ossidasi interagisce quindi con il profilo d'acqua della ricetta e con la capacità della farina di assorbirla [3].

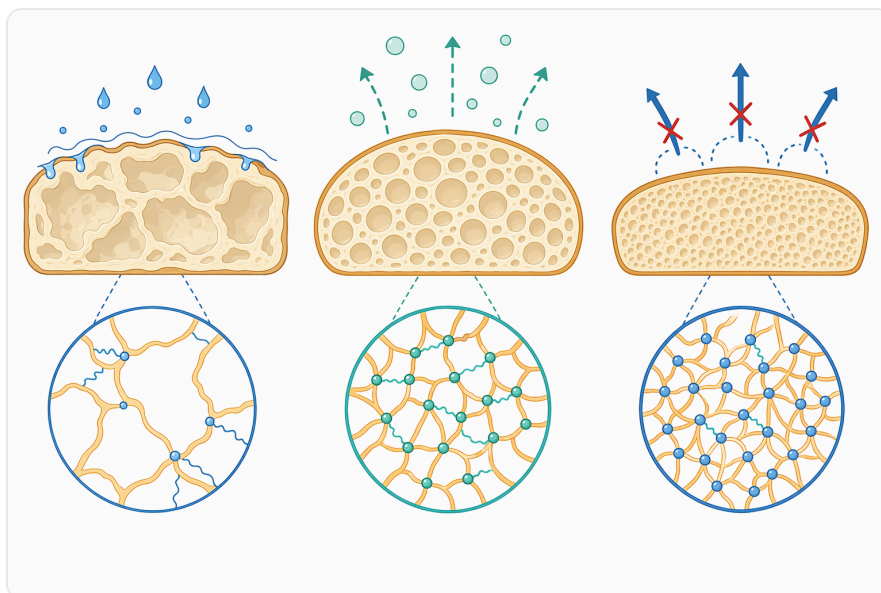


Figure 5. 글루코스 산화효소는 반죽이 팽창하기 어려울 정도로 지나치게 단단해지지 않으면서 산화가 점탄성 균형을 개선할 때 가장 효과적입니다.

Anche ingredienti come fibre, semi, farine integrali o componenti vegetali possono modificare la disponibilità d'acqua. Studi su pani arricchiti con ingredienti funzionali, come steroli vegetali o componenti fermentati, mostrano che la modifica della ricetta può alterare reologia, profilo nutrizionale e comportamento dell'amido; in sistemi di questo tipo, ogni intervento enzimatico deve essere interpretato nel contesto dell'intera formulazione ^{[8][9]}.

Benefici realistici per il produttore alimentare

Più tolleranza in lavorazione

Un impasto più strutturato può tollerare meglio variazioni moderate di processo. Questo è utile quando la linea include passaggi meccanici intensi o quando si lavora con farine soggette a variabilità. La glucosio ossidasi contribuisce a questa tolleranza attraverso la formazione di una rete più coesa, non attraverso un effetto volumizzante diretto ^[4].

La maggiore tolleranza può tradursi in minore deformazione dei pezzi, migliore stabilità in fermentazione e risposta più uniforme alla formatura. Tuttavia, questi risultati dipendono dalla compatibilità con la farina e con gli altri ingredienti. L'enzima deve quindi essere inserito in un sistema tecnico coerente, soprattutto quando sono presenti altri agenti ossidanti o enzimi reticolanti ^[5].

Migliore regolarità della mollica

La mollica regolare richiede distribuzione omogenea delle bolle di gas e stabilità delle pareti cellulari durante espansione e cottura. La glucosio ossidasi può contribuire a pareti cellulari più resistenti grazie al rafforzamento della matrice proteica e alla modifica della fase acquosa ^[2].

In pani morbidi e prodotti affettati, questo effetto può essere importante per ridurre cavità irregolari, collassi interni o differenze eccessive tra centro e bordo. L'effetto deve però rimanere bilanciato: una matrice troppo rigida può limitare lo sviluppo delle celle e rendere la mollica più compatta ^[4].

Possibile supporto alla shelf life fisica

La shelf life del pane dipende da molti fenomeni: retrogradazione dell'amido, migrazione dell'umidità, perdita di morbidezza, attività microbica e integrità della confezione. La glucosio ossidasi non va descritta come conservante universale; il suo contributo è più propriamente strutturale. Una rete meglio organizzata può sostenere texture e integrità del prodotto, ma non sostituisce strategie specifiche per controllo microbiologico o gestione dell'umidità ^[1].

In formulazioni complesse, la shelf life fisica è spesso gestita con una combinazione di enzimi amilastici, emulsionanti, idrocolloidi, processo e packaging. La GOx può far parte di questo ecosistema quando l'obiettivo è migliorare la tenuta strutturale dell'impasto e del prodotto finito [5].

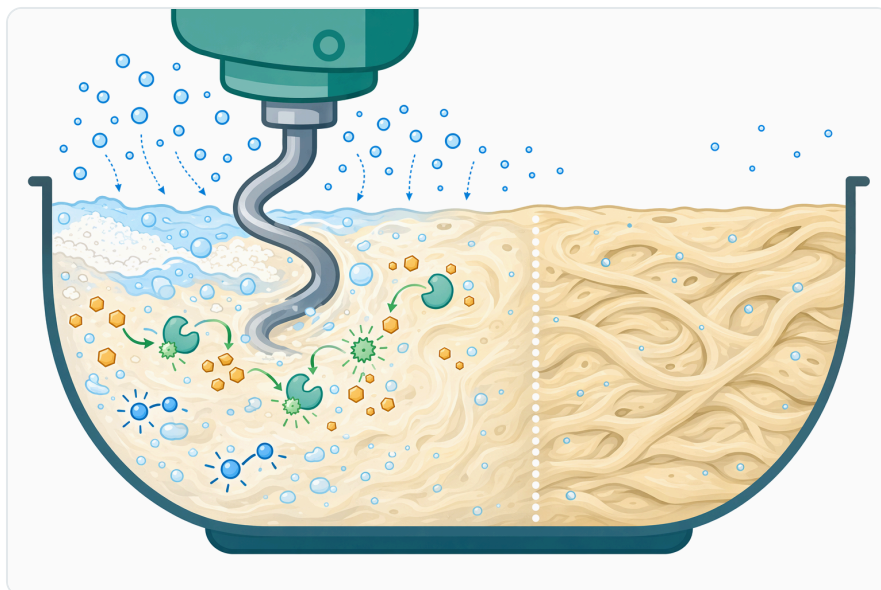


Figure 6. 믹싱은 글루코스 산화효소 활성화에 필요한 산소를 공급하므로, 이 효소는 반죽 형성 초기 단계에서 가장 큰 영향을 미칩니다.

Limiti tecnici e attenzioni d'uso

Il limite principale della glucosio ossidasi è lo stesso che ne determina l'utilità: il rafforzamento. Se la reticolazione della rete glutinica è insufficiente, l'impasto rimane debole; se è eccessiva, l'impasto può diventare troppo tenace, meno estensibile e meno capace di espandersi. La letteratura tecnica sulla GOx in panificazione sottolinea quindi l'importanza del bilanciamento con farina, idratazione e processo [2].

Un secondo limite riguarda l'interazione con altri ingredienti. Sistemi contenenti transglutaminasi, ossidanti, riducenti, emulsionanti o enzimi che modificano l'amido possono alterare la risposta finale. La ricerca comparativa sugli enzimi nel pane mostra che le proprietà fisiche e qualitative derivano dalla somma di più meccanismi, non dall'azione isolata di un singolo componente [4].

Dal punto di vista della sicurezza operativa, le preparazioni enzimatiche in polvere devono essere manipolate con cautela perché l'inalazione di polveri proteiche può essere problematica in ambiente di lavoro. La SDS fornita insieme all'ordine è il riferimento pratico per gestione, conservazione, dispositivi di protezione e procedure interne. Questo approccio è coerente con l'uso professionale del prodotto come ingrediente tecnologico per trasformazione alimentare, non come prodotto destinato al consumo diretto .

Inquadramento del prodotto disponibile su Enzymes.bio

Enzymes.bio rende disponibile online una preparazione di glucosio ossidasi per applicazioni di panificazione e trattamento di farine. Il sito la presenta nell'ambito dei prodotti enzimatici destinati a processi alimentari e industriali; il prodotto specifico è venduto in unità da 1 kg e la documentazione CoA e SDS accompagna l'ordine .

È importante distinguere il ruolo commerciale dal ruolo produttivo: Enzymes.bio è un **fornitore online** e non va interpretato come produttore dell'enzima o laboratorio di analisi. Per l'utilizzatore B2B, il valore della pagina prodotto è l'accesso diretto a una preparazione enzimatica per processi di panificazione, con documentazione fornita all'acquisto e uso previsto in contesti professionali di trasformazione .

In sintesi, la glucosio ossidasi è uno strumento tecnico ben documentato per il miglioramento degli impasti da pane. Il suo meccanismo — ossidazione del glucosio, generazione di perossido di idrogeno e rafforzamento della rete glutinica — spiega perché può migliorare stabilità, lavorabilità e struttura della mollica. Il risultato migliore si ottiene quando l'enzima è considerato parte di una formulazione equilibrata, non come soluzione isolata a tutti i difetti di panificazione ^{[1][5]}.

Ordina Glucose Oxidase 10,000 U/G Bread Flour Product Baking Food Grade 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 Glucose Oxidase 10,000 U/G Bread Flour Product Baking Food Grade →](#)

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. Khurshid, S. (2008). Microbial Production of Glucose Oxidase and its Commercial Applications.
2. Glucose Oxidase | Baking Ingredients | BAKERpedia. *Bakerpedia*.
3. Dandiyeva, S., Adilkhan, A., & Mamayeva, L. A. (2022). DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF BREAD USING ADDITIVES FROM VEGETABLE RAW MATERIALS. *Izdenister natigeler*.
4. Erdal, P., Ceyhan, T., & Heperkan, Z. D. (2023). Impact of lipase, glucose oxidase and transglutaminase on physical and qualitative properties of pan bread. *Journal of Food and Nutrition Research*.

5. Li, Z., Chen, Y., Chen, X., Guo, Z., Guan, G., Feng, Y., & Chen, H. (2025). Modification and applications of glucose oxidase: optimization strategies and high-throughput screening technologies. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 41.
6. Gu, L., Zhang, J., Du, G., & Chen, J. (2015). Multivariate modular engineering of the protein secretory pathway for production of heterologous glucose oxidase in Pichia pastoris. *Enzyme and Microbial Technology*, 68, 33-42 .
7. Popović, M. C., Stanišić, M., & Prodanović, R. (2024). State of the Art Technologies for High Yield Heterologous Expression and Production of Oxidoreductase Enzymes: Glucose Oxidase, Cellobiose Dehydrogenase, Horseradish Peroxidase, and Laccases in Yeasts P. pastoris and S. cerevisiae. *Fermentation*.
8. Makran, M., Cilla, A., Haros, C., & García-Llatas, G. (2022). Enrichment of Wholemeal Rye Bread with Plant Sterols: Rheological Analysis, Optimization of the Production, Nutritional Profile and Starch Digestibility. *Foods*, 12.
9. Moran, J., & Kilasoniya, A. (2024). Integration of Postbiotics in Food Products through Attenuated Probiotics: A Case Study with Lactic Acid Bacteria in Bread. *Foods*, 13.

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.