

Alfa-amilasi termostabile per produzione industriale di etanolo: liquefazione dell'amido, riduzione della viscosità e preparazione alla saccharificazione

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

L'alfa-amilasi termostabile è l'enzima usato nella produzione industriale di etanolo da materie prime amidacee per liquefare l'amido gelatinizzato, ridurre la viscosità del mash e generare destrine più accessibili alla saccharificazione. Non produce etanolo da sola: prepara il substrato affinché enzimi successivi, in particolare glucoamilasi, e microrganismi fermentativi possano convertire gli zuccheri in etanolo. Enzymes.bio la rende disponibile online come fornitore, in unità da 1 kg, con CoA e SDS forniti insieme all'ordine.

Che cos'è l'alfa-amilasi termostabile e perché è rilevante per l'etanolo da amido

L'alfa-amilasi è una endo-amilasi: catalizza il taglio interno dei legami glicosidici α -1,4 presenti nelle catene dell'amido. Questa modalità d'azione la distingue dagli enzimi eso-attivi, che rilasciano zuccheri procedendo dalle estremità delle catene. Nel contesto dell'etanolo industriale, la funzione principale non è massimizzare direttamente il glucosio, ma trasformare rapidamente una sospensione amidacea densa in una miscela di destrine e oligosaccaridi più fluida e più accessibile alla fase successiva ^[1].

La qualifica "termostabile" indica che l'enzima mantiene utilità tecnologica in condizioni di processo calde, compatibili con la gelatinizzazione dell'amido e con la liquefazione industriale. La letteratura sulle alfa-amilasi microbiche mette in evidenza il ruolo dei ceppi batterici, in particolare del genere *Bacillus*, come fonti di enzimi adatti a processi industriali dove sono richieste robustezza, secrezione extracellulare e stabilità operativa ^[1]. Studi specifici su *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis* e altri microrganismi confermano l'interesse industriale per alfa-amilasi termostabili prodotte da batteri ^{[2][3][4]}.

Per la produzione di etanolo, questa stabilità è importante perché l'amido dei cereali o dei tuberi non è immediatamente fermentabile. Mais, frumento, cassava e altre materie prime amidacee contengono carboidrati in forma polimerica; il lievito o altri microrganismi fermentativi utilizzano invece zuccheri

semplici o facilmente assimilabili. L'alfa-amilasi termostabile interviene quindi nella fase iniziale della conversione: rompe le macromolecole di amido, abbassa la viscosità e rende il substrato più idoneo alla saccharificazione enzimatica [5].

Meccanismo: dal granulo di amido alle destrine fermentabili indirettamente

L'amido è costituito principalmente da amilosio e amilopectina. L'amilosio è formato soprattutto da catene lineari di glucosio unite da legami α -1,4; l'amilopectina contiene anch'essa legami α -1,4 lungo le catene, ma presenta ramificazioni attraverso legami α -1,6. Durante il riscaldamento in acqua, i granuli di amido assorbono liquido, si rigonfiano e gelatinizzano: le regioni ordinate si disgregano, le catene diventano più esposte e la viscosità della miscela aumenta.

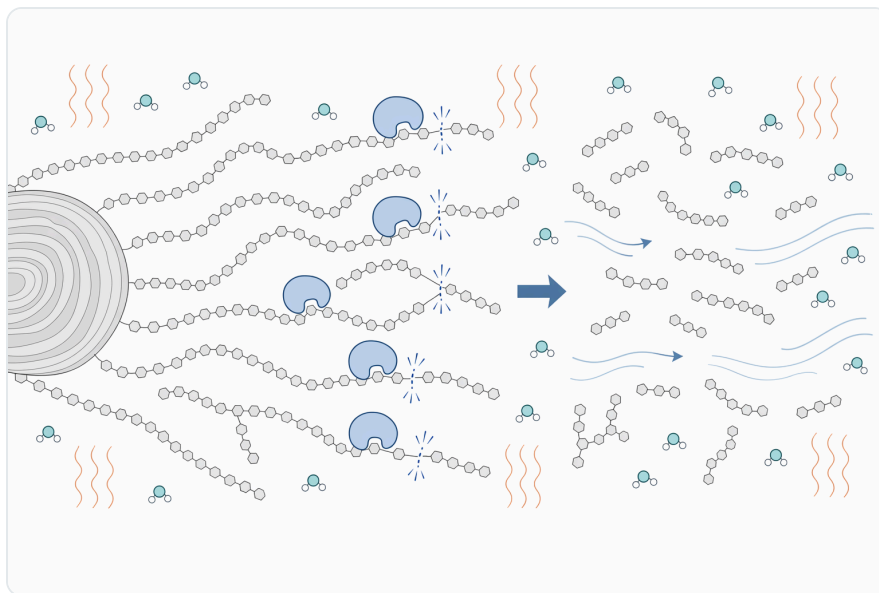


Figure 1. 내열성 알파-아밀레이스는 아밀로스 및 아밀로펙틴의 내부 α -1,4 글리코시드 결합을 절단해 덱스트린과 말토올리고당을 형성함으로써 전분을 액화한다.

L'alfa-amilasi termostabile sfrutta questa maggiore accessibilità. Tagliando i legami α -1,4 all'interno delle catene, riduce la lunghezza media dei polimeri e trasforma una frazione dell'amido gelatinizzato in destrine solubili. La conseguenza pratica è duplice: la massa diventa meno viscosa e le molecole prodotte offrono più estremità e siti accessibili agli enzimi successivi. Questo è il motivo per cui l'alfa-amilasi è associata alla liquefazione, mentre la glucoamilasi è associata alla saccharificazione più spinta verso glucosio [6].

La termostabilità non modifica la chimica del legame idrolizzato, ma consente all'enzima di operare in una finestra di processo in cui l'amido è fisicamente più trattabile. Se l'enzima si inattivasse troppo presto durante il riscaldamento, l'impianto dovrebbe separare rigidamente gelatinizzazione e idrolisi,

con maggiore rischio di viscosità elevata e trasferimento di calore meno efficiente. Le alfa-amilasi termostabili sono quindi selezionate proprio per mantenere attività utile quando la matrice amidacea è calda, idratata e sottoposta a miscelazione intensa [7].

Posizione nel processo industriale di etanolo

In un processo convenzionale da amido, l'alfa-amilasi termostabile si colloca dopo la preparazione della materia prima e prima della saccharificazione completa. La sequenza generale può essere descritta in quattro blocchi: macinazione e preparazione del mash; gelatinizzazione e liquefazione con alfa-amilasi; saccharificazione con enzimi che liberano zuccheri fermentabili; fermentazione e separazione dell'etanolo. La ricerca sulla saccharificazione e fermentazione di amido di frumento per bioetanolo conferma la centralità della conversione enzimatica dell'amido prima o durante la fermentazione [5].

Nel caso di substrati come la cassava, il trattamento enzimatico dell'amido è altrettanto centrale. Studi su enzimi capaci di degradare amido grezzo o chip di cassava per la saccharificazione destinata all'etanolo mostrano che la disponibilità di enzimi amilolitici è un fattore chiave per trasformare biomasse amidacee in zuccheri fermentabili [8]. L'alfa-amilasi termostabile non rappresenta l'intera strategia enzimatica, ma è spesso il primo intervento necessario per rendere gestibile la matrice.

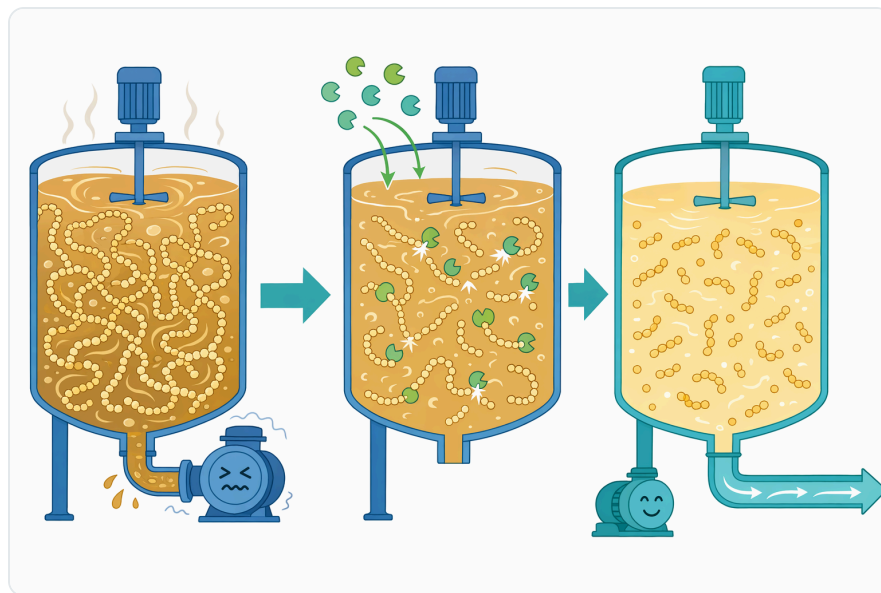


Figure 2. 수화된 긴 전분 사슬을 더 짧은 조각으로 절단하면 매시의 점도가 낮아지고 공정 처리가 쉬워진다.

È utile distinguere tre obiettivi che spesso vengono confusi. La liquefazione mira soprattutto a ridurre viscosità e dimensione delle catene; la saccharificazione mira a produrre zuccheri fermentabili, in particolare glucosio; la fermentazione converte questi zuccheri in etanolo. Un risultato insufficiente in

una fase può limitare le successive, ma il contributo dell'alfa-amilasi deve essere interpretato correttamente: è un biocatalizzatore per l'idrolisi iniziale dell'amido, non un sostituto del lievito né della glucoamilasi [6].

Tabella comparativa: ruolo dell'alfa-amilasi rispetto agli altri passaggi

Fase del processo	Obiettivo tecnico	Biocatalizzatore o agente principale	Effetto sulla matrice	Relazione con la resa in etanolo
Preparazione del mash	Disperdere la materia prima amidacea in acqua e rendere uniforme la sospensione	Azione meccanica e termica	Aumenta l'idratazione; predispone i granuli alla gelatinizzazione	Influenza accessibilità, pompabilità e uniformità del processo
Liquefazione	Ridurre rapidamente viscosità e lunghezza delle catene di amido	Alfa-amilasi termostabile	Produce destrine e oligosaccaridi da amido gelatinizzato	Prepara il substrato alla saccarificazione, ma non completa la conversione a glucosio [1]
Saccarificazione	Convertire destrine e oligosaccaridi in zuccheri fermentabili	Glucoamilasi e altri enzimi amilolitici	Aumenta la quota di zuccheri assimilabili	Determina la disponibilità di zuccheri per la fermentazione [5]
Fermentazione	Convertire zuccheri in etanolo e co-prodotti	Lieviti o altri microrganismi fermentativi	Consuma zuccheri e produce etanolo	Dipende dalla qualità dello zucchero disponibile e dal controllo microbiologico
Separazione	Recuperare e concentrare l'etanolo	Operazioni fisiche	Separa etanolo, acqua e residui	Non corregge inefficienze avvenute nelle fasi enzimatiche

Questa distinzione aiuta a evitare sovrastime. Un'alfa-amilasi efficiente può migliorare la lavorabilità del mash e sostenere la conversione successiva, ma il rendimento finale dipende dall'intera catena di processo: qualità della materia prima, macinazione, profilo termico, pH, saccarificazione, fermentazione, gestione dei nutrienti e separazione dell'etanolo. La letteratura sulle applicazioni industriali delle amilasi sottolinea proprio la natura integrata di questi enzimi nelle filiere alimentari, fermentative e biotecnologiche [6].

Perché la riduzione della viscosità è così importante

Quando l'amido gelatinizza, la sospensione può diventare rapidamente densa. In un impianto industriale, questo fenomeno non è solo un problema di consistenza: influenza il trasferimento di calore, la miscelazione, il consumo energetico e la stabilità del flusso. Se la viscosità rimane elevata, alcune zone possono essere trattate in modo non uniforme, con rischio di amido poco accessibile, sacche di temperatura non ottimali o rallentamenti nelle operazioni di pompaggio.

L'alfa-amilasi termostabile riduce la viscosità perché diminuisce la massa molecolare media delle catene solubilizzate. Anche prima che tutto l'amido sia convertito in zuccheri fermentabili, il taglio interno delle catene produce un cambiamento reologico significativo: meno catene lunghe, meno intrecci molecolari, minore resistenza allo scorrimento. Questo è il motivo per cui l'enzima è impiegato nella fase di liquefazione e non solo come contributo generico alla produzione di zuccheri ^[1].

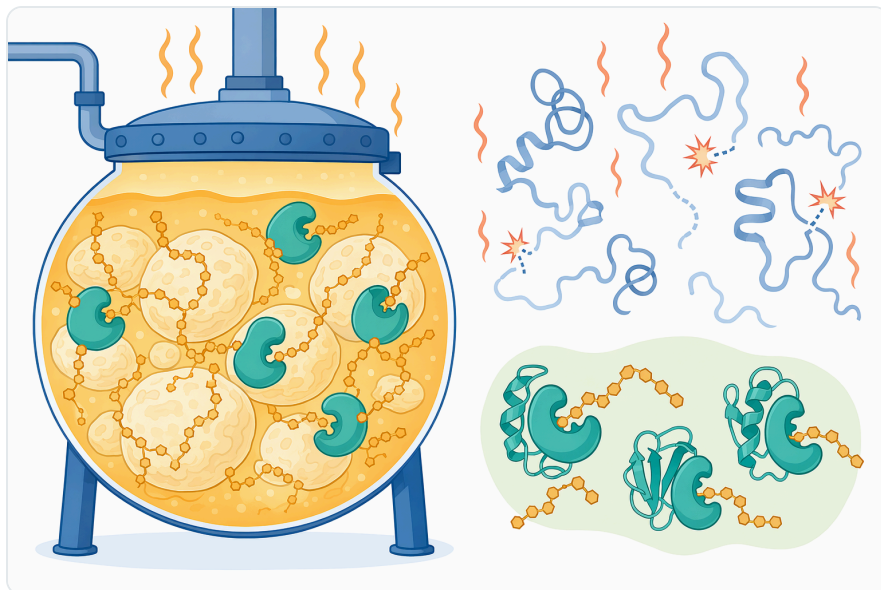


Figure 3. 내열성 덕분에 알파-아밀레이스는 젤라틴화된 전분에 가장 쉽게 접근할 수 있는 고온 전분 액화 과정에서도 촉매 구조를 유지할 수 있다.

Dal punto di vista operativo, una liquefazione efficace semplifica il lavoro delle fasi successive. Le destrine più corte sono generalmente più accessibili alla glucoamilasi rispetto a catene molto lunghe o strutture ancora poco disgregate. La riduzione della viscosità può inoltre favorire il contatto tra enzima e substrato, migliorando la distribuzione dei reagenti biologici nella massa. Questi benefici sono coerenti con l'ampia documentazione sulle alfa-amilasi microbiche come enzimi industriali per idrolisi e trasformazione dell'amido ^[6].

Termostabilità, pH e compatibilità con matrici amidacee

La termostabilità è una proprietà applicativa, non un'etichetta generica. Un enzima termostabile deve conservare una frazione utile della propria attività nelle condizioni termiche in cui il substrato è più disponibile. La ricerca su alfa-amilasi da isolati termofili o da ambienti caldi, come sorgenti termali, mostra un interesse costante per enzimi capaci di funzionare in condizioni severe, con stabilità acida, alcalina o termica a seconda della fonte microbica e dell'applicazione prevista ^{[7][9]}.

Molte alfa-amilasi industriali sono influenzate anche dal pH e dalla composizione minerale della matrice. Alcuni studi descrivono alfa-amilasi attivate da calcio o capaci di idrolizzare amido grezzo, indicando che la struttura dell'enzima, la stabilità conformazionale e l'accesso al substrato sono fattori congiunti ^[3]. Per un utilizzatore industriale, il punto essenziale non è trattare tutte le alfa-amilasi come equivalenti: enzimi con origine e formulazione diverse possono avere profili differenti di stabilità, compatibilità e prestazione.

Le materie prime amidacee, inoltre, non sono identiche. Mais, frumento e cassava differiscono per dimensione dei granuli, rapporto amilosio/amilopectina, proteine, fibre, lipidi e minerali. Queste differenze influenzano gelatinizzazione, viscosità e accessibilità enzimatica. Gli studi su saccarificazione di amido di frumento e su cassava per etanolo mostrano che il tipo di substrato condiziona la strategia di idrolisi e la risposta agli enzimi ^{[5][8]}.

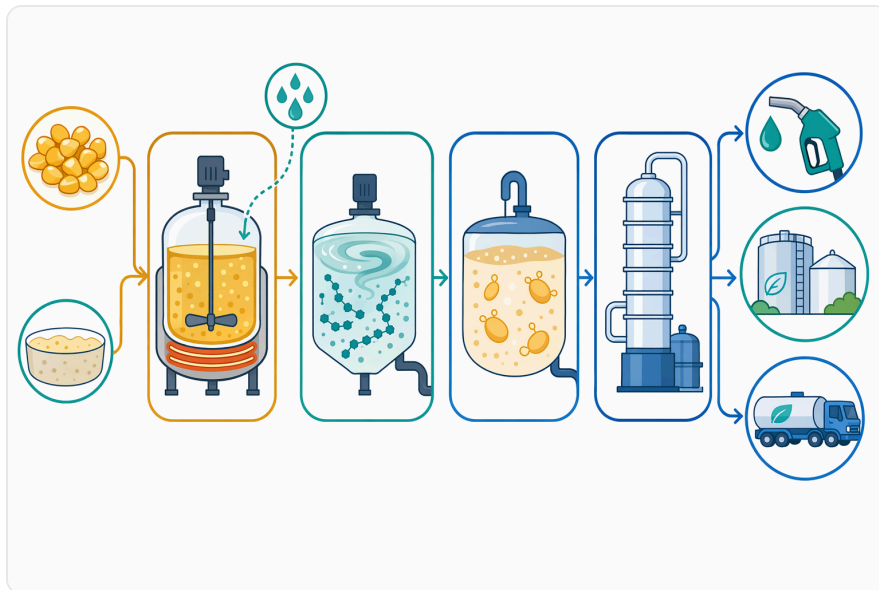


Figure 4. 전분 에탄올 생산은 조리, 알파-아밀레이스 액화, 당화, 발효, 에탄올 회수를 각각 별도의 공정 단계로 구분한다.

Evidenze scientifiche: cosa supporta la letteratura

Le revisioni sulle alfa-amilasi microbiche descrivono questi enzimi come una classe centrale nella biotecnologia industriale, grazie alla loro capacità di idrolizzare amido e polisaccaridi correlati in prodotti a catena più corta. La produzione microbica è studiata perché consente secrezione extracellulare, adattabilità di ceppo e possibilità di ottimizzare condizioni fermentative per ottenere enzimi con proprietà adatte alle applicazioni industriali ^[1].

Studi su *Bacillus amyloliquefaciens* hanno esaminato la produzione di alfa-amilasi termostabile e alcalofila in fermentazione allo stato solido, evidenziando il ruolo dei ceppi batterici nella generazione di enzimi resistenti a condizioni operative impegnative ^[2]. Altri lavori su *Bacillus licheniformis* AT70 hanno caratterizzato un'alfa-amilasi termostabile attivata da calcio e capace di idrolizzare amido grezzo, un insieme di proprietà rilevante per matrici industriali dove l'amido non è sempre perfettamente disponibile ^[3].

Anche *Bacillus subtilis* e altri isolati sono stati studiati come fonti di alfa-amilasi termostabili. La caratterizzazione di enzimi da *Bacillus subtilis* Y25, per esempio, rientra in una linea di ricerca volta a identificare fonti microbiche con stabilità e capacità idrolitica utili in applicazioni su amido ^[10]. Questi studi non devono essere letti come prove dirette su ogni prodotto commerciale, ma come supporto al ragionevole tecnico: alfa-amilasi termostabili batteriche sono una soluzione consolidata per idrolisi dell'amido in processi industriali.

Per il bioetanolo, la connessione applicativa è data dalla necessità di convertire amido in zuccheri fermentabili. La ricerca sulla saccarificazione e fermentazione simultanea di amido di frumento per bioetanolo mostra che il trattamento amilolitico è parte integrante della trasformazione di una materia prima amidacea in etanolo ^[5]. Analogamente, gli studi su enzimi degradanti amido per chip di cassava dimostrano l'interesse specifico per substrati amidacei utilizzati nella produzione di etanolo ^[8].

Alfa-amilasi, glucoamilasi e sinergia enzimatica

L'alfa-amilasi crea destrine; la glucoamilasi libera glucosio dalle estremità non riducenti delle catene. Questa complementarità spiega perché i processi di etanolo da amido usano spesso più attività enzimatiche in sequenza o in combinazione. Se la liquefazione è insufficiente, la glucoamilasi può incontrare substrato meno accessibile; se la saccarificazione è incompleta, la fermentazione riceve meno zuccheri assimilabili.



Figure 5. 내열성 알파-아밀레이스는 옥수수, 카사바, 수수, 쌀, 사고, 타피오카 잔사, 음식물 폐기물 등 전분이 풍부한 에탄올 원료와 관련이 있다.

La sinergia tra enzimi amilolitici è oggetto di studio anche a livello meccanicistico. Ricerche recenti su miscele di α - e β -amilasi hanno analizzato effetti sinergici e meccanismi allosterici, confermando che l'interazione tra enzimi diversi può modificare il profilo di idrolisi dell'amido ^[11]. Sebbene β -amilasi e glucoamilasi non siano intercambiabili, il principio è rilevante: l'amido è un substrato complesso e la sua degradazione efficiente spesso richiede attività con modalità d'azione complementari.

Nel contesto dell'etanolo, quindi, l'alfa-amilasi termostabile va interpretata come enzima di apertura del processo. Riduce la viscosità, aumenta l'accessibilità e produce intermedi più adatti alla conversione. La produzione effettiva di glucosio fermentabile richiede attività saccarificanti appropriate, mentre la conversione in etanolo dipende dal metabolismo del microorganismo fermentativo e dal controllo delle condizioni di fermentazione ^[5].

Applicazioni industriali principali

Etanolo da mais e cereali

Nel mais e in altri cereali, l'amido è incorporato in una matrice che include proteine, fibre, lipidi e componenti minerali. Dopo macinazione e idratazione, la gelatinizzazione rende l'amido più accessibile ma può generare una massa viscosa. L'alfa-amilasi termostabile è impiegata per frammentare le catene di amido durante la fase calda, rendendo il mash più fluido e predisposto alla saccarificazione. La letteratura sulle applicazioni delle amilasi conferma l'uso di questi enzimi nella trasformazione dell'amido in settori fermentativi e industriali ^[6].

Etanolo da frumento

L'amido di frumento presenta caratteristiche reologiche e composizionali diverse da quello di mais. Gli studi su saccarificazione e fermentazione simultanea di amido di frumento per bioetanolo evidenziano la necessità di integrare idrolisi enzimatica e fermentazione in modo coerente, perché la disponibilità di zuccheri fermentabili condiziona il processo complessivo [5]. In questo scenario, la liquefazione con alfa-amilasi termostabile rappresenta una fase preparatoria essenziale.

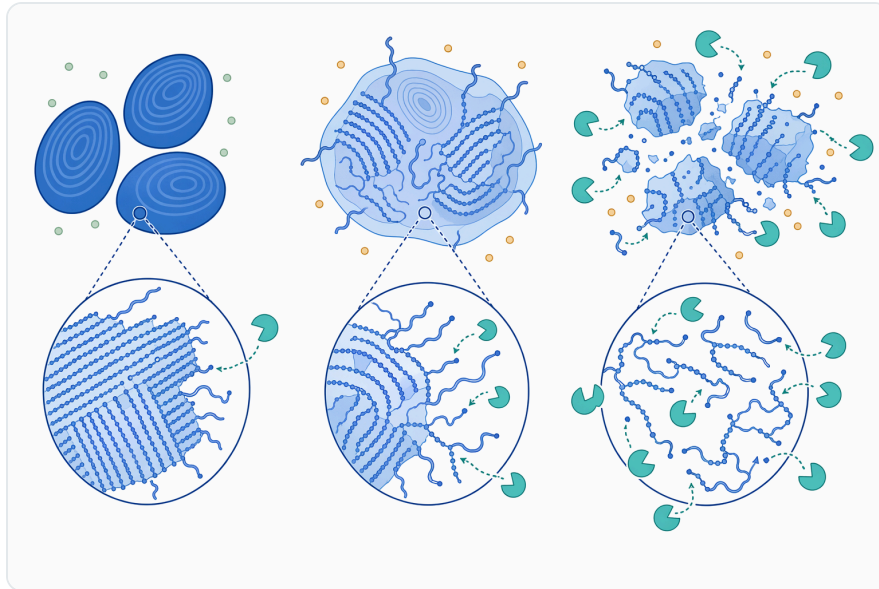


Figure 6. 전분 입자의 구조, 젤라틴화, 물리적 파쇄는 알파-아밀레이스가 전분의 α -1,4 결합에 얼마나 쉽게 접근할 수 있는지에 영향을 준다.

Etanolo da cassava e tuberi amidacei

La cassava è una materia prima amidacea rilevante in molte filiere di bioetanolo. La ricerca su enzimi degradanti amido grezzo per saccarificazione di chip di cassava destinati alla produzione di etanolo mostra che l'accessibilità dell'amido e la scelta del sistema enzimatico sono determinanti per la conversione [8]. Un'alfa-amilasi termostabile può contribuire alla riduzione della viscosità e alla produzione di destrine, soprattutto quando il processo include riscaldamento e gelatinizzazione.

Distillazione e fermentazioni da cereali

Anche nelle fermentazioni da cereali per bevande distillate o mash fermentati, il principio biochimico è analogo: l'amido deve essere reso disponibile come zuccheri fermentabili. L'alfa-amilasi non sostituisce eventuali enzimi del malto o altri preparati, ma può svolgere una funzione di liquefazione quando gli amidi gelatinizzati devono essere idrolizzati in modo controllato. Le applicazioni amilolitiche in fermentazione sono coerenti con la più ampia documentazione industriale sulle amilasi microbiche [1].

Benefici attesi e limiti tecnici

Il beneficio più immediato è la gestione della viscosità. Una massa meno viscosa è più facile da miscelare, pompare e trattare termicamente. Questo non è un vantaggio secondario: nella lavorazione dell'amido, la reologia del mash influenza il contatto enzima-substrato, la distribuzione del calore e l'uniformità della conversione. Il taglio interno dei legami α -1,4 è quindi un intervento mirato su un problema fisico e biochimico insieme ^[6].

Il secondo beneficio è la preparazione alla saccharificazione. Produrre destrine più corte significa aumentare le opportunità per enzimi successivi di liberare zuccheri fermentabili. In un processo ben integrato, l'alfa-amilasi termostabile contribuisce a evitare che la glucoamilasi lavori su un substrato troppo viscoso o poco accessibile. La ricerca sulla produzione di bioetanolo da amido conferma che l'idrolisi enzimatica è una componente strutturale, non opzionale, della conversione ^[5].



Figure 7. 전분 기반 에탄올은 아밀레이스에 의한 액화와 당화에 의존하는 반면, 리그노셀룰로오스 에탄올은 전처리와 셀룰레이스 또는 헤미셀룰레이스 시스템이 필요하다.

Il limite principale è che l'alfa-amilasi non completa da sola la conversione a glucosio. Poiché agisce come endo-enzima, genera una miscela di destrine e oligosaccaridi, non necessariamente un profilo zuccherino ottimale per la fermentazione. Inoltre, non corregge problemi di materia prima, contaminazione microbica, fermentazione inibita o distillazione inefficiente. La sua prestazione deve essere valutata all'interno del processo completo, non isolatamente ^[1].

Un altro limite riguarda la variabilità dei substrati. Amidi con diversa origine botanica, diversa macinazione o diverso contenuto di componenti non amidacei possono rispondere in modo differente. Per questo la letteratura continua a studiare fonti microbiche, condizioni di produzione e proprietà enzimatiche specifiche, incluse alfa-amilasi da ambienti estremi o da fermentazioni su residui agroindustriali ^{[12][13]}.

Ruolo di Enzymes.bio e modalità di disponibilità

Enzymes.bio rende disponibile online alfa-amilasi per applicazioni industriali, incluse formulazioni orientate alla liquefazione dell'amido e alla produzione di etanolo. Enzymes.bio opera come fornitore online: non va descritto come produttore né come laboratorio. Il prodotto è acquistabile direttamente tramite il sito in unità da 1 kg; CoA e SDS sono forniti insieme all'ordine .

Per un utilizzatore B2B, questo posizionamento è rilevante perché separa correttamente il ruolo commerciale dal contenuto tecnico. Le prestazioni dell'enzima dipendono dal processo in cui viene inserito, dalla matrice amidacea e dalle condizioni operative adottate. La documentazione accompagnatoria serve a supportare l'identificazione e l'uso responsabile del prodotto ricevuto, senza trasformare il fornitore in un ente di validazione del processo industriale .

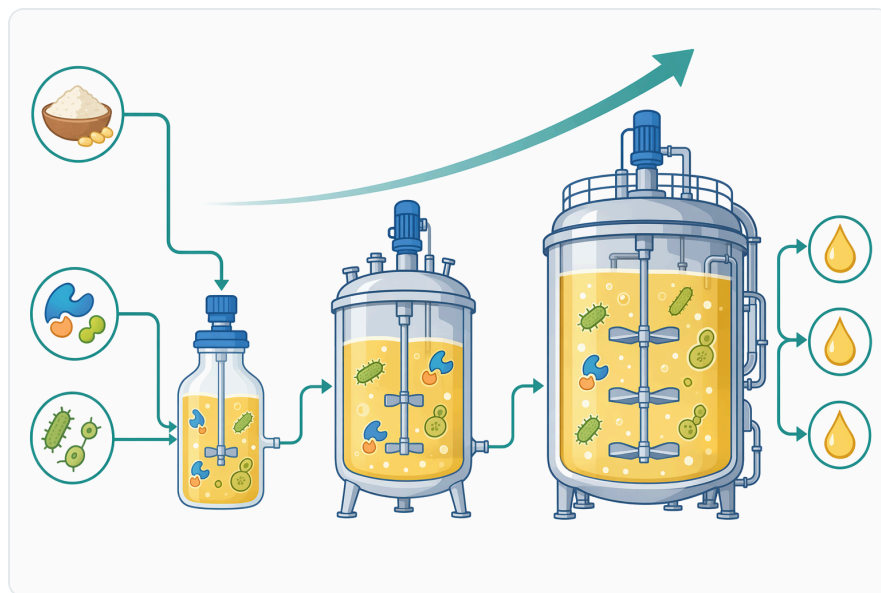


Figure 8. 발표된 전분-에탄올 전환 연구에는 실험실 규모부터 파일럿 및 산업용 발효조 규모까지 평가된 동시 가수분해 및 발효 공정이 포함된다.

Interpretazione corretta per una decisione tecnica

L'alfa-amilasi termostabile per etanolo industriale deve essere valutata come enzima di liquefazione. Il suo valore non è “fare etanolo”, ma rendere l'amido più trattabile: catene più corte, viscosità più bassa, migliore accessibilità alla saccarificazione. Questa distinzione è fondamentale per evitare aspettative irrealistiche e per integrarla correttamente con glucoamilasi, microrganismo fermentativo e controllo di processo ^[6].

Le evidenze disponibili sostengono con coerenza il rationale d'uso: le alfa-amilasi microbiche sono enzimi industriali consolidati per l'idrolisi dell'amido; ceppi batterici come *Bacillus* sono ampiamente studiati per alfa-amilasi termostabili; la produzione di bioetanolo da amido richiede conversione enzimatica verso zuccheri fermentabili prima o durante la fermentazione ^{[1][5]}. Le ricerche su cassava e frumento mostrano inoltre che la scelta e l'integrazione del sistema amilolitico dipendono dalla materia prima ^[8].

In sintesi, l'alfa-amilasi termostabile è un componente tecnico della prima conversione dell'amido nei processi di etanolo industriale. Inserita nella fase corretta, contribuisce alla liquefazione del mash, riduce la viscosità e prepara il substrato alla saccarificazione. Il risultato finale in etanolo, tuttavia, rimane il prodotto dell'intera filiera enzimatica, fermentativa e di separazione, non dell'alfa-amilasi considerata da sola.

Ordina Thermostable Alpha Amylase Enzyme For Industrial Ethanol Production 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 Thermostable Alpha Amylase Enzyme For Industrial Ethanol Production →](#)

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. Far, B. E., Ahmadi, Y., Khosroshahi, A. Y., & Dilmaghani, A. (2020). Microbial Alpha-Amylase Production: Progress, Challenges and Perspectives. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 10, 350 - 358.

2. Prajapati, V. S., Trivedi, U., & Patel, K. (2014). A statistical approach for the production of thermostable and alklophilic alpha-amylase from Bacillus amyloliquefaciens KCP2 under solid-state fermentation. *3 Biotech*, 5, 211 - 220.
3. Afrisham, S., Badoei-dalfard, A., Namaki-Shoushtari, A., & Karami, Z. (2016). Characterization of a thermostable, CaCl₂-activated and raw-starch hydrolyzing alpha-amylase from Bacillus licheniformis AT70: Production under solid state fermentation by utilizing agricultural wastes. *Journal of Molecular Catalysis B-enzymatic*, 132, 98-106.
4. El-Tayeb, O., Mohammad, F., Hashem, A., & Aboulwafa, M. (2008). Optimization of the industrial production of bacterial alpha amylase in Egypt. IV. Fermentor production and characterization of the enzyme of two strains of Bacillus subtilis and Bacillus amyloliquefaciens. *African Journal of Biotechnology*, 7.
5. Vučurović, V., Katanski, A., Vučurović, D., Bajić, B., & Dodić, S. (2025). Simultaneous Saccharification and Fermentation of Wheat Starch for Bioethanol Production. *Fermentation*.
6. Oyenado, O., & Omoruyi, I. (2024). Review of amylase production by microorganisms and their industrial application. *Ife Journal of Science*.
7. Sudan, S., Kumar, N., Kaur, I., & Sahni, G. (2018). Production, purification and characterization of raw starch hydrolyzing thermostable acidic α -amylase from hot springs, India. *International Journal of Biological Macromolecules*, 117, 831-839 .
8. Trakarnpaiboon, S., Srisuk, N., Piyachomkwan, K., Sakai, K., & Kitpreechavanich, V. (2017). Enhanced production of raw starch degrading enzyme using agro-industrial waste mixtures by thermotolerant Rhizopus microsporus for raw cassava chip saccharification in ethanol production. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 47, 813 - 823.
9. Sarlan, S., ARFAH, R. A., Karim, A., Anita, A., Ahmad, A., Taba, P., Karim, H., ... et al. (2026). Screening and characterization of thermostable α -amylase-producing microbes from Karedhe North Buton Hot Springs, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*.
10. Aladejana, O., Oyedeji, O., Omoboye, O. O., & Bakare, M. (2020). Production, purification and characterization of thermostable alpha amylase from Bacillus subtilis Y25 isolated from decaying yam (Dioscorea rotundata) tuber. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-napoca*, 12, 154-171.
11. Wei, X., Huang, W., Han, Y., Chen, L., Wang, Y., Yu, S., & Yang, F. (2024). Allosteric mechanism of synergistic effect in α - and β -amylase mixtures. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135653 .
12. Rai, S., & Solanki, M. K. (2014). Optimization of thermostable alpha-amylase production via mix agricultural-residues and Bacillus amyloliquefaciens. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-napoca*, 6, 105-111.
13. M, G. V., & S, P. (2025). Review on Scaling up α -Amylase Production by Bacterial Strains through Solid State Fermentation. *International Journal for Sciences and Technology*.

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.