

Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase: applicazioni per controllo del diacetile in birra, bevande di malto e distillati

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

Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase, o **α -ALDC / ALDC**, è un enzima alimentare di processo usato soprattutto nella birrificazione per ridurre la formazione di **diacetile**, il composto associato a note burrose indesiderate in molte birre. Agisce convertendo l' **α -acetolattato** direttamente in **acetoino**, deviando il precursore prima che possa trasformarsi in diacetile durante la fermentazione. Enzymes.bio lo rende disponibile online in unità da **1 kg** per impieghi B2B; il CoA e la SDS sono forniti insieme all'ordine .

Che cos'è la Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase

La **α -acetolactate decarboxylase** è una decarbossilasi impiegata come coadiuvante tecnologico nei processi fermentativi in cui l' α -acetolattato può diventare diacetile. In letteratura e nei documenti regolatori è indicata come enzima capace di catalizzare la conversione dell' α -acetolattato verso acetoino, con applicazione centrale nella gestione degli aromi di fermentazione delle bevande alcoliche [1].

Il termine **food grade** va interpretato in modo tecnico e non generico: indica una destinazione d'uso alimentare, ma la conformità concreta dipende dalla preparazione enzimatica, dall'organismo di produzione, dalla matrice di impiego, dal mercato di vendita e dalle condizioni applicabili. Le valutazioni regolatorie disponibili riguardano preparazioni e ceppi specifici; per esempio, una recente valutazione EFSA ha esaminato un enzima alimentare α -acetolactate decarboxylase ottenuto da un ceppo geneticamente modificato di *Bacillus subtilis* DP-Ezz65 [2].

Nel contesto B2B, l'interesse dell'ALDC non è legato all'aggiunta di un aroma, ma alla **prevenzione di un difetto sensoriale**. Nelle birre a profilo pulito, soprattutto lager e altre fermentazioni in cui le note fermentative devono rimanere controllate, anche basse percezioni burrose possono risultare fuori stile; l'ALDC interviene a monte, riducendo il flusso metabolico che porta alla formazione del composto responsabile [3].

Il problema tecnologico: perché il diacetile è critico

Il **diacetile** è una molecola volatile associata a descrittori sensoriali come burro, burro fuso o caramello burroso. In alcuni alimenti può contribuire a un profilo aromatico desiderato, ma nella maggior parte delle birre lager, in molte ale pulite e in diverse bevande fermentate è considerato un off-flavour. Il punto critico per il birrificio è che il diacetile non dipende solo dalla ricetta: è collegato alla fisiologia del lievito, alla gestione della fermentazione e alla disponibilità del suo precursore ^[4].

Durante la fermentazione, il lievito produce **α -acetolattato** come intermedio del metabolismo collegato alla biosintesi degli amminoacidi ramificati. Una quota di questo intermedio può fuoriuscire dalla cellula; una volta nel mezzo fermentativo, può trasformarsi chimicamente in diacetile. Studi sul metabolismo dell'acetolattato e sui prodotti dell'aceto-hydroxy acid synthase mostrano quanto questo nodo biochimico sia rilevante per comprendere la formazione dei composti vicinali dicarbonilici nelle fermentazioni ^[5].

In un processo tradizionale, il diacetile formato può essere successivamente ridotto dal lievito ad acetoino e poi, in parte, a 2,3-butandiolo. Tuttavia, questa riduzione richiede cellule vitali, tempo di contatto, condizioni fermentative adeguate e temperature compatibili con l'attività metabolica residua. Se la birra viene raffreddata, separata dal lievito o confezionata troppo presto, il rischio è che il diacetile rimanga percepibile o aumenti dopo la conversione tardiva dell' α -acetolattato residuo ^[6].

La conseguenza industriale è chiara: la gestione del diacetile può allungare la maturazione, occupare serbatoi e rendere meno prevedibile il rilascio dei lotti. L'ALDC non elimina la necessità di una fermentazione ben condotta, ma riduce la dipendenza dal solo percorso "formazione del diacetile → riduzione lenta da parte del lievito", perché intercetta il precursore prima della formazione dell'off-flavour ^[1].

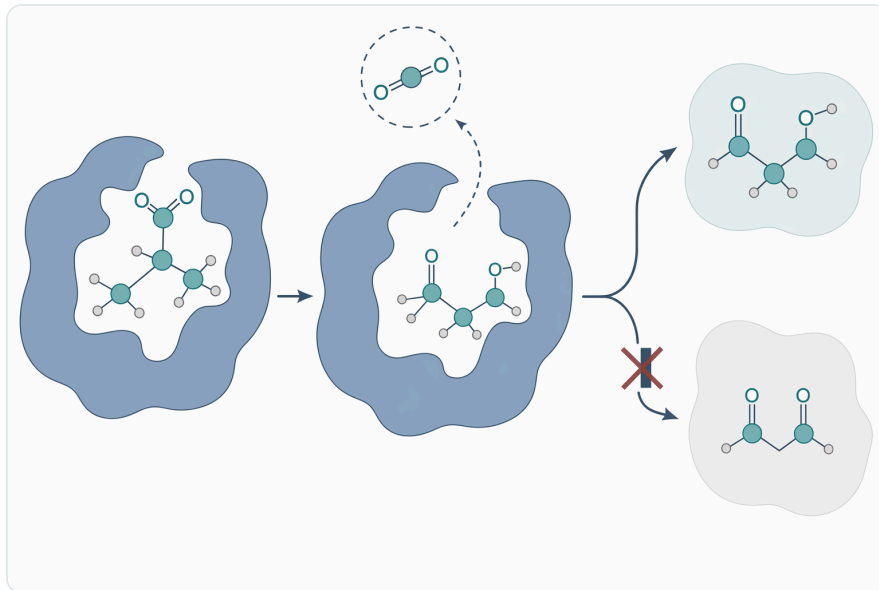


Figure 1. ALDC는 디아세틸이 형성되기 전 단계에서 α -아세토락테이트에 작용해 이 전구체를 아세트인과 이산화탄소로 전환한다.

Meccanismo d'azione: conversione dell' α -acetolattato in acetoino

Il meccanismo dell' α -acetolactate decarboxylase può essere riassunto in una sequenza precisa. Il metabolismo del lievito genera α -acetolattato; in assenza di intervento enzimatico specifico, questo intermedio può subire una decarbossilazione ossidativa non enzimatica e produrre diacetile; l'ALDC, invece, catalizza la decarbossilazione diretta dell' α -acetolattato ad acetoino. In questo modo riduce la disponibilità del precursore per la via che genera diacetile [1].

Questa azione è diversa da un trattamento "rimuovi-diacetile". L'enzima non è pensato per degradare direttamente il diacetile già formato; il suo valore è massimo quando l' α -acetolattato è presente o viene prodotto. Per questo l'uso tecnologicamente coerente è legato alla fermentazione e alle prime fasi in cui il precursore può ancora essere convertito verso acetoino prima dell'accumulo di diacetile [7].

L'acetoino prodotto tramite questa deviazione metabolica è sensorialmente meno problematico del diacetile nelle condizioni in cui l'obiettivo è evitare note burrose evidenti. La letteratura più recente mostra anche che la stereospecificità dell'ALDC può essere modulata in sistemi microbici per orientare la produzione di forme specifiche di acetoino, confermando che il sito catalitico dell'enzima non è un dettaglio teorico ma un elemento capace di influenzare l'esito biochimico della fermentazione [8].

Percorso biochimico con e senza ALDC

| Aspetto del processo | Fermentazione senza intervento ALDC | Fermentazione con ALDC |
|-------------------------------|--|---|
| Intermedio chiave | L' α -acetolattato può accumularsi nel mezzo fermentativo | L' α -acetolattato viene intercettato dall'enzima |
| Via prevalente del precursore | Conversione chimica possibile verso diacetile | Conversione enzimatica diretta verso acetoino |
| Rischio sensoriale | Maggiore probabilità di note burrose se il diacetile non viene ridotto | Minore formazione del precursore immediato dell'off-flavour |
| Dipendenza dalla maturazione | Più alta: serve tempo perché il lievito riduca il diacetile | Più bassa per la quota di problema legata all' α -acetolattato |
| Ruolo del lievito | Rimane determinante per produzione e riduzione dei composti | Rimane determinante, ma con minore carico sulla riduzione del diacetile |

La tabella evidenzia un punto operativo spesso sottovalutato: l'ALDC non sostituisce il lievito né corregge una fermentazione instabile. Riduce uno specifico passaggio indesiderato, ma la produzione iniziale di α -acetolattato, la sua fuoriuscita dalla cellula e l'equilibrio tra composti vicini restano influenzati da ceppo, nutrizione, temperatura, ossigenazione iniziale e gestione complessiva del processo ^[4].

Applicazione principale: birrificazione

La **birrificazione** è l'applicazione più consolidata della Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase. L'interesse è particolarmente alto per birre lager, pils, helles, bock chiare, birre analcoliche o a basso alcol ottenute da fermentazione controllata, e più in generale per prodotti in cui il profilo aromatico deve restare pulito e riproducibile. L'uso di lieviti da birra con attività ALDC introdotta o espressa è stato studiato già in lavori classici sulla costruzione di lieviti birrari con attività α -acetolactate decarboxylase ^[3].

Nel birrifico moderno, l'enzima è utile perché agisce su un collo di bottiglia temporale: il periodo necessario a rendere il diacetile non percepibile. Una lager può richiedere maturazione non solo per chiarifica, arrotondamento e stabilizzazione, ma anche per consentire la riduzione di composti indesiderati. Quando la frazione di maturazione dedicata al diacetile viene ridotta, la pianificazione dei tank può diventare più prevedibile, pur mantenendo le altre fasi richieste dallo stile e dal processo ^[7].

L'impiego dell'ALDC è coerente anche con birrifici che cercano maggiore uniformità tra lotti. In condizioni reali, due fermentazioni nominalmente identiche possono generare quantità diverse di precursore per variazioni nella vitalità del lievito, nella composizione del mosto, nel profilo termico o nel tempo di raccolta. L'enzima riduce la sensibilità del prodotto finale a una parte di questa variabilità, perché limita la trasformazione dell' α -acetolattato in diacetile [4].

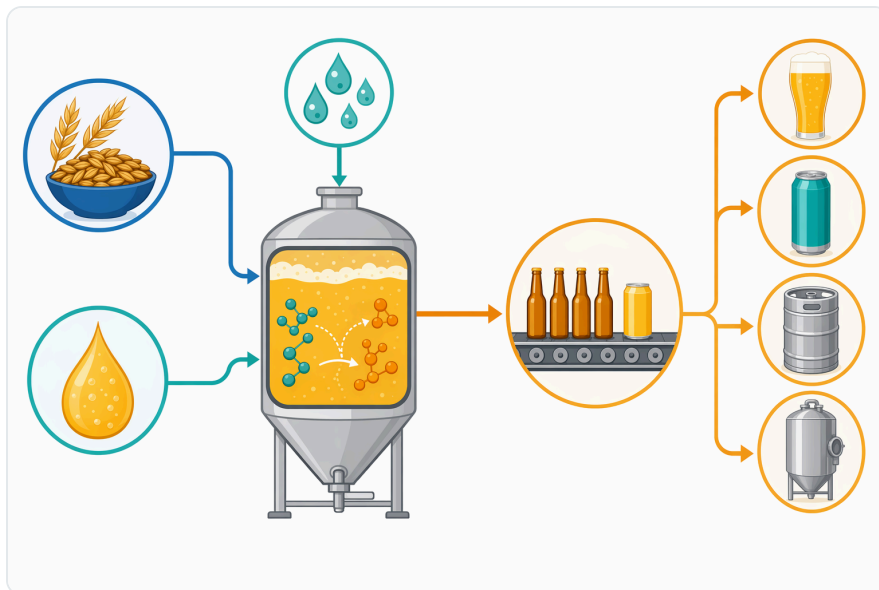


Figure 2. 디아세틸 위험은 전구체 배출, 화학적 전환, 시간에 따른 효모의 제거 과정에서 발생하며, ALDC는 이취 성분이 축적되기 전에 개입한다.

Resta però essenziale evitare una lettura eccessivamente semplificata: se il diacetile percepito deriva da contaminazioni microbiche, da una fermentazione bloccata, da lievito stressato o da una rimozione troppo precoce della biomassa, l'ALDC può non risolvere la causa primaria. È uno strumento mirato alla via dell' α -acetolattato, non una garanzia generale contro tutti gli off-flavour fermentativi [6].

Bevande alcoliche di malto e altri processi fermentativi

Il quadro regolatorio statunitense include l' α -acetolactate decarboxylase tra gli additivi secondari diretti ammessi in specifiche condizioni per l'uso come coadiuvante tecnologico nella produzione di bevande alcoliche di malto e distillati. Questo è rilevante perché conferma che l'interesse non è limitato alla "birra" come categoria commerciale stretta, ma si estende a matrici fermentate in cui il precursore del diacetile può compromettere la qualità sensoriale [9].

Nelle bevande di malto aromatizzate, nei prodotti fermentati destinati a profili neutri e in alcune basi alcoliche ottenute da cereali, il controllo del diacetile può essere importante quanto nella birra tradizionale. Il razionale resta identico: se il processo produce α -acetolattato, l'ALDC può spingere il sistema verso acetoino e ridurre la formazione del dicarbonile responsabile della nota burrosa [1].

L'applicazione va comunque interpretata in funzione della matrice. Zuccheri fermentescibili, disponibilità di azoto, ceppo microbico e condizioni di fermentazione influenzano la quantità di α -acetolattato generata. Per questo l'ALDC è più efficace quando il processo è già sufficientemente stabile e il problema da gestire è specificamente la formazione del diacetile, non quando si tenta di compensare instabilità microbiologiche o deviazioni aromatiche non correlate [4].

Distillati: utilità prima della separazione alcolica

L'uso in processi destinati alla **distillazione** ha una logica diversa rispetto alla birra finita. Nella birra, il consumatore beve la matrice fermentata; nei distillati, invece, la fermentazione è una fase intermedia e la distillazione separa selettivamente frazioni volatili. Ciò non elimina l'importanza della fermentazione: la composizione del wash o del fermentato influenza resa, profilo aromatico e gestione delle frazioni [9].

Nei documenti regolatori statunitensi, l'ALDC è citata come coadiuvante tecnologico anche per la produzione di liquori distillati. In questi processi l'obiettivo può essere prevenire la formazione di diacetile nel fermentato prima della distillazione, con potenziali benefici sulla regolarità del processo e sulla gestione dei composti volatili indesiderati [1].

Le valutazioni di sicurezza per enzimi alimentari distinguono spesso tra prodotti in cui l'enzima rimane nella matrice consumata e processi in cui fasi successive, come la distillazione, riducono o rimuovono materiale organico residuo. Questa distinzione è importante perché l'esposizione del consumatore dipende dal prodotto finito, non solo dalla fase in cui l'enzima viene utilizzato [2].

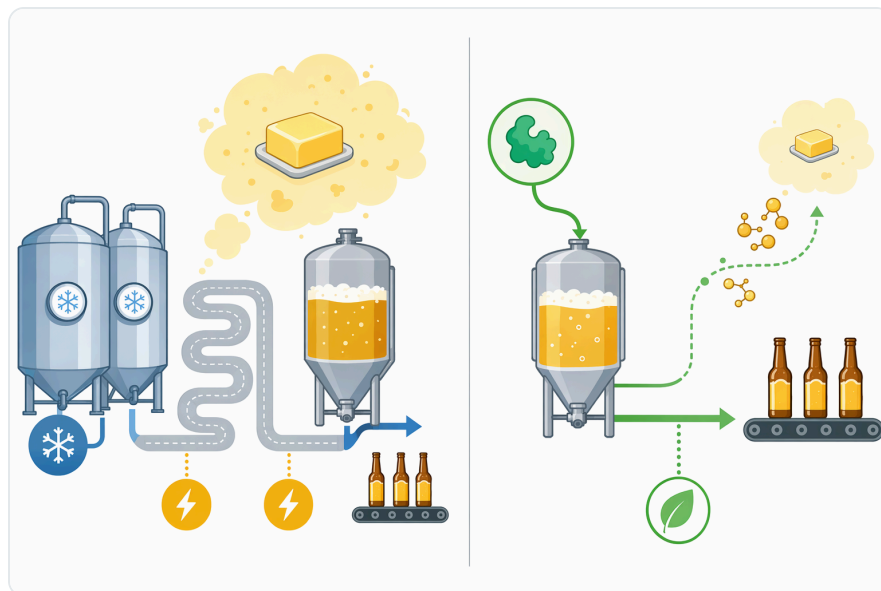


Figure 3. 예방적 ALDC 처리는 디아세틸의 후속 효모 환원에만 의존하는 기존 디아세틸 관리와 달리 α -아세토락테이트 풀을 줄인다.

Evidenze scientifiche: metabolismo, ceppi e applicazioni industriali

La rilevanza dell'ALDC è supportata da diversi filoni di ricerca. Il primo riguarda il metabolismo dell' α -acetolattato: gli studi sugli enzimi che generano acetoidrossiacidi hanno chiarito il rapporto tra intermedi cellulari e prodotti che, fuori dalla cellula, possono dare origine a composti aromaticamente attivi. Questo aiuta a spiegare perché un intervento sul precursore sia più efficiente di un approccio tardivo sul difetto già formato ^[5].

Il secondo filone riguarda i microrganismi lattici e fermentativi. In *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, l'inattivazione dell' α -acetolactate decarboxylase influenza la produzione di α -acetolattato e diacetile, mostrando in modo sperimentale il legame tra attività ALDC e accumulo dei composti responsabili del profilo burroso ^[4].

Il terzo filone riguarda l'ingegneria di ceppi e vie metaboliche. L'espressione del gene dell' α -acetolactate decarboxylase di *Enterobacter aerogenes* in lievito da birra è stata studiata già negli anni Ottanta, con l'obiettivo di conferire attività ALDC al lievito birrario e intervenire direttamente sul metabolismo associato al diacetile ^[7].

Un ulteriore esempio viene dagli studi su *Saccharomyces cerevisiae* e sulla produzione efficiente di acetoino tramite modulazione della stereospecificità dell'ALDC. Anche se questo ambito non coincide necessariamente con l'applicazione diretta in birrificio, conferma la centralità dell'enzima come nodo di controllo tra α -acetolattato, acetoino e prodotti successivi ^[8].

Infine, l'ALDC è studiata anche in bioproduzioni più ampie, come la produzione di 2,3-butandiolo in *Klebsiella pneumoniae* tramite sovraespressione coordinata di acetolactate synthase, α -acetolactate decarboxylase e butanediol dehydrogenase. Questo dimostra che la decarbossilazione dell' α -acetolattato è un passaggio industrialmente rilevante non solo per evitare off-flavour, ma anche per indirizzare flussi metabolici verso prodotti C4 ^[6].

Aspetti regolatori e sicurezza d'uso

Negli Stati Uniti, il riferimento chiave è **21 CFR § 173.115**, che disciplina una preparazione enzimatica di α -acetolactate decarboxylase per uso sicuro in condizioni definite. Il testo regolatorio la colloca tra gli additivi secondari diretti consentiti negli alimenti per uso umano e ne descrive l'impiego come coadiuvante tecnologico in bevande alcoliche di malto e liquori distillati ^[9].

Il Federal Register relativo alla norma spiega il razionale tecnologico dell'autorizzazione: l'enzima viene impiegato per prevenire la formazione di diacetile, responsabile di sapori sgradevoli in birra e altre bevande alcoliche. Questo passaggio è importante perché collega esplicitamente l'uso regolatorio al meccanismo biochimico, cioè la conversione del precursore α -acetolattato verso acetoino ^[1].

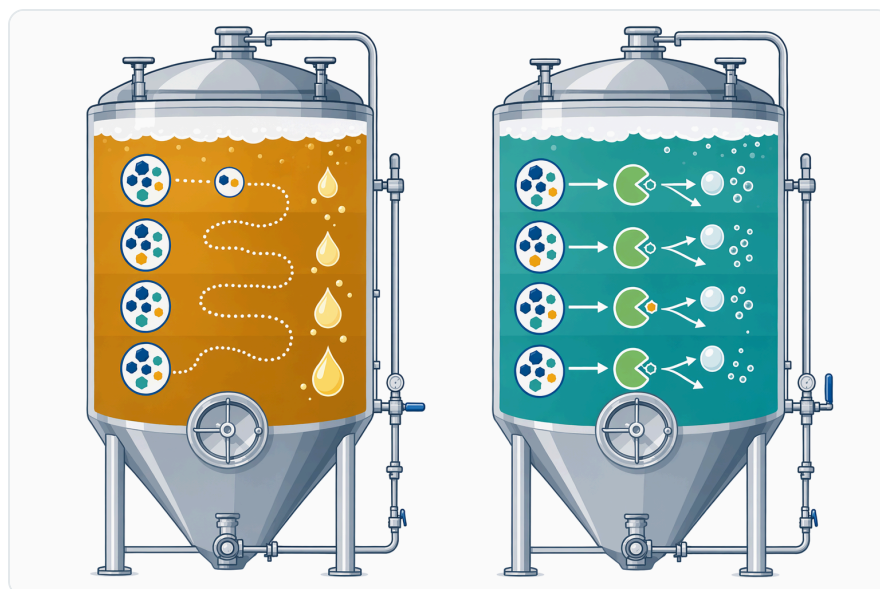


Figure 4. 양조 연구는 발효 중 ALDC 활성을 활용해 디아세틸로 이어지는 경로를 줄이는 방법을 뒷받침한다.

In Europa, le valutazioni EFSA sugli enzimi alimentari sono specifiche per preparazione, ceppo produttore e uso previsto. La valutazione del 2025 su α -acetolactate decarboxylase da *Bacillus subtilis* DP-Ezz65 rientra in questo approccio: non autorizza genericamente “qualsiasi ALDC”, ma analizza un enzima alimentare definito, con una storia produttiva e condizioni d’impiego documentate ^[2].

Per l’utente industriale, la conseguenza pratica è che la conformità non va dedotta solo dal nome dell’enzima. Due preparazioni chiamate α -acetolactate decarboxylase possono differire per organismo di produzione, processo di ottenimento, formulazione, destinazione d’uso e documentazione. Il quadro regolatorio applicabile deve quindi essere letto in relazione al mercato del prodotto finito e all’uso effettivo nel processo ^[2].

Produzione enzimatica e origine microbica: cosa dice la letteratura

L’ALDC è tipicamente associata a microrganismi batterici e a sistemi fermentativi controllati. La letteratura descrive la produzione di α -acetolactate decarboxylase da *Bacillus subtilis* e ha esplorato anche l’impiego di residui agro-industriali come feedstock per ottenere l’enzima, evidenziando l’interesse per processi produttivi più efficienti e potenzialmente più sostenibili ^[10].

Queste informazioni sono utili per comprendere il contesto industriale dell'enzima, ma non vanno confuse con le caratteristiche del prodotto commercializzato da un fornitore. Enzymes.bio opera come **fornitore** e rende disponibile il prodotto online; non deve essere presentata come produttore dell'enzima, né come laboratorio di produzione o analisi.

Dal punto di vista tecnologico, la produzione microbica è coerente con l'uso di enzimi alimentari in processi industriali: consente di ottenere biocatalizzatori specifici, con attività mirata verso un substrato. Nel caso dell'ALDC, la specificità utile è proprio la capacità di intervenire sull' α -acetolattato, evitando che il sistema fermentativo proceda verso diacetile ^[10].

Condizioni d'impiego: principi tecnici senza semplificazioni

Il principio di impiego più importante è il **timing**. L'ALDC deve incontrare l' α -acetolattato quando questo è disponibile; perciò è razionale usarla nelle fasi di fermentazione o nelle fasi iniziali correlate, non come rimedio tardivo quando il diacetile è già accumulato. Questo deriva direttamente dal meccanismo: l'enzima trasforma il precursore, non elimina selettivamente il diacetile già presente ^[1].

Temperatura, pH, composizione della matrice e tempo di contatto influenzano ogni reazione enzimatica, inclusa quella dell'ALDC. Tuttavia, nel contesto di un documento tecnico generale è più corretto evitare numeri universali: le condizioni operative dipendono dalla preparazione enzimatica, dal processo e dalla matrice. L'approccio più solido è integrare l'enzima in un processo fermentativo già controllato, mantenendo coerenza con le indicazioni d'uso e con la documentazione associata al prodotto ^[9].



Figure 5. ALDC는 라거, 필스너, 라이트 라거, 퀴슈 스타일 맥주, 깔끔한 에일처럼 깨끗한 향미가 중요한 발효주와 버터 향이 바람직하지 않은 기타 음료에 특히 적합하다.

Un secondo principio è che l'enzima lavora su una causa specifica. Se il processo produce quantità elevate di α -acetolattato per stress nutrizionale, gestione termica inadeguata o scelta di un ceppo non adatto, l'ALDC può ridurre la formazione di diacetile ma non elimina necessariamente la radice della variabilità. La prevenzione efficace combina controllo del lievito, nutrizione, gestione della fermentazione e uso mirato dell'enzima [4].

Un terzo principio riguarda la fase successiva al trattamento. In birra, l'enzima può rimanere nella matrice fino a eventuali fasi di chiarifica, filtrazione o stabilizzazione; nei distillati, la distillazione cambia radicalmente il destino dei componenti non volatili. Per questo le valutazioni regolatorie distinguono tra usi alimentari in cui il consumatore assume la matrice fermentata e processi in cui il prodotto finale è separato per distillazione [2].

Benefici attesi per processo e prodotto

Il beneficio più diretto è la **riduzione del rischio di off-flavour burroso**. Convertendo l' α -acetolattato in acetoino, l'ALDC riduce la probabilità che il precursore si trasformi in diacetile. Questo è particolarmente rilevante nei prodotti in cui il profilo sensoriale deve essere neutro, pulito o dominato da luppolo, malto o aromi aggiunti, senza interferenze burrose [1].

Il secondo beneficio è la **maggiore prevedibilità della maturazione**. Nei processi senza ALDC, il tempo necessario a raggiungere un livello sensorialmente accettabile di diacetile può variare da lotto a lotto. Riducendo la formazione del composto indesiderato, l'enzima può diminuire la variabilità legata alla maturazione specifica per il diacetile, pur non eliminando altre esigenze di stabilizzazione del prodotto [3].

Il terzo beneficio è la **robustezza industriale**. In un impianto con capacità limitata, ogni giorno aggiuntivo in tank ha un costo operativo. Un trattamento enzimatico mirato può contribuire a rendere più stabile il programma di fermentazione e rilascio dei lotti, soprattutto quando la domanda richiede continuità e ripetibilità. Questo vantaggio è tecnologico e gestionale, non un sostituto del controllo di processo [7].

Il quarto beneficio è la **coerenza sensoriale tra lotti**. La produzione di diacetile è influenzata da molte variabili biologiche; l'ALDC agisce come un fattore di attenuazione su una via specifica. In termini pratici, il prodotto finito può risultare meno esposto a picchi di nota burrosa legati alla conversione tardiva dell' α -acetolattato residuo [4].

Limiti, rischi di interpretazione e aspettative realistiche

L'ALDC non va descritta come un correttivo universale per difetti di fermentazione. Non risolve aromi solforati, ossidazione, contaminazioni, fenoli indesiderati, solvente, acidità volatile o difetti da materie prime. Il suo bersaglio è la via α -acetolattato \rightarrow diacetile, e il suo successo dipende dal fatto che quella via sia davvero la causa del problema sensoriale osservato [6].

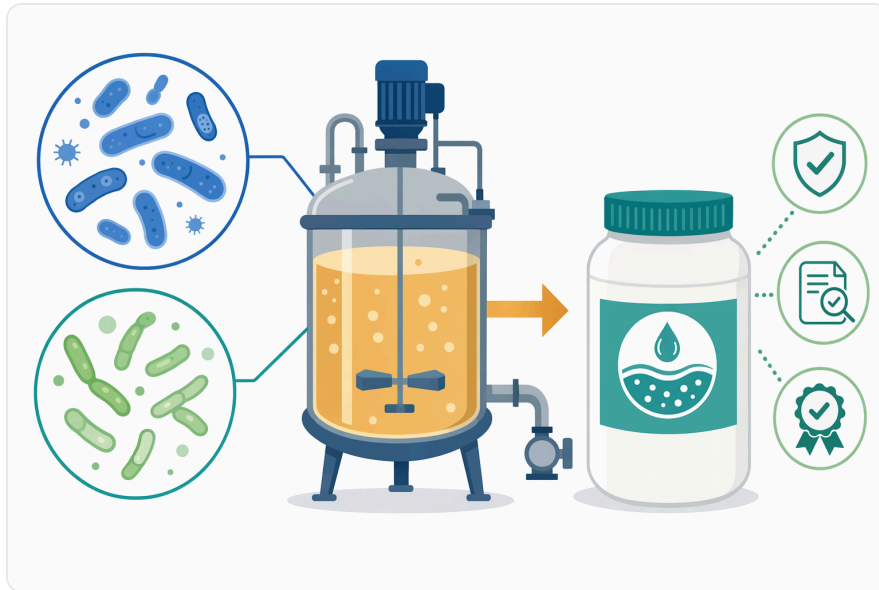


Figure 6. ALDC는 미생물, 생산, 구조 및 안전성 평가 문헌으로 뒷받침되는 확립된 식품 효소 범주이다.

Non va nemmeno interpretata come uno strumento per eliminare ogni traccia di composti vicini. Il metabolismo fermentativo resta dinamico: lieviti e batteri possono produrre e trasformare più composti, e l'equilibrio finale dipende dall'intero processo. Gli studi su microrganismi lattici dimostrano che modificare l'attività ALDC cambia la distribuzione di α -acetolattato e diacetile, ma non rende irrilevanti le altre variabili fermentative [4].

Un'altra aspettativa da gestire riguarda l'applicazione tardiva. Se la birra o la base fermentata contiene già diacetile formato, l'ALDC non agisce come una scorciatoia equivalente alla riduzione metabolica da parte del lievito. L'intervento più coerente è preventivo o precoce, quando il substrato dell'enzima è ancora disponibile in quantità significativa [1].

Infine, la parola "food grade" non elimina la necessità di verificare la destinazione d'uso. L'impiego dell'enzima deve essere compatibile con la normativa del mercato in cui il prodotto finito viene venduto e con le condizioni specifiche previste per quella preparazione. Le fonti regolatorie disponibili sono molto utili, ma non vanno trasformate in autorizzazioni generiche indipendenti dal contesto [9].

Acquisto online tramite Enzymes.bio

Enzymes.bio fornisce **Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase** come prodotto B2B acquistabile direttamente online in unità da **1 kg**. Il prodotto è destinato a utilizzatori professionali che integrano l'enzima nei propri processi fermentativi secondo le condizioni applicabili al prodotto, alla matrice e al mercato di destinazione .

Enzymes.bio è un **fornitore**, non un produttore dell'enzima e non un laboratorio. Il **certificato di analisi (CoA)** e la **scheda di dati di sicurezza (SDS)** sono forniti insieme all'ordine, in modo che l'utilizzatore disponga della documentazione associata alla fornitura e alla manipolazione sicura del prodotto .

Il valore dell'ALDC per birrifici e produttori di bevande fermentate risiede nella sua specificità: agisce su un precursore definito, in una via biochimica nota, con un obiettivo sensoriale concreto. Usata in modo coerente con il processo, può contribuire a ridurre la formazione di diacetile, migliorare la prevedibilità della maturazione e sostenere una qualità più costante del prodotto finito ^[1].

Ordina Food Grade A-Acetolactate Decarboxylase 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 Food Grade A-Acetolactate Decarboxylase →](#)

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. Secondary Direct Food Additives Permitted In Food For Human Consumption Alpha Acetolactate. *Federalregister*.
2. Zorn, H., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Catania, F., Gadermaier, G., Greiner, R., Mayo, B., ... et al. (2025). Safety evaluation of the food enzyme acetolactate decarboxylase from the genetically modified *Bacillus subtilis* strain DP-Ezz65. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 23.
3. Fujii, T., Kondo, K., Shimizu, F., Sone, H., Tanaka, J., & Inoue, T. (1990). Application of a ribosomal DNA integration vector in the construction of a brewer's yeast having alpha-acetolactate decarboxylase activity. *Applied and Environmental Microbiology*, 56, 997 - 1003.

4. Aymes, F., Monnet, C., & Corrieu, G. (1999). Effect of alpha-acetolactate decarboxylase inactivation on alpha-acetolactate and diacetyl production by *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 87 1, 87-92 .
5. Epelbaum, S., Chipman, D., & Barak, Z. (1990). Determination of products of acetohydroxy acid synthase by the colorimetric method, revisited. *Analytical Biochemistry*, 191 1, 96-9 .
6. Kim, B., Lee, S., Lu, M., Park, J., & Lee, J. (2011). Production of 2,3-Butanediol by *Klebsiella pneumoniae* through Overexpression of Acetolactate synthase, Alpha-acetolactate decarboxylase and Butanediol dehydrogenase Genes.
7. Sone, H., Fujii, T., Kondo, K., Shimizu, F., Tanaka, J., Inoue, T., Erdal, K., ... et al. (1988). Nucleotide sequence and expression of the *Enterobacter aerogenes* alpha-acetolactate decarboxylase gene in brewer's yeast. *Applied and Environmental Microbiology*, 54, 38 - 42.
8. Cha, S., Jang, B., Lee, D., Cho, I., Park, W., Lee, Y., Shin, H., ... et al. (2025). Efficient (S)-acetoin production in *Saccharomyces cerevisiae* by modulating α -acetolactate decarboxylase stereospecificity. *Bioresource Technology*, 434, 132767 .
9. Section 173.115. E CFR.
10. Oliveira, R. C., Maciel, V. M. M., Hissa, D. C., França, Í., & Gonçalves, L. (2022). Production of the Food Enzyme Acetolactate Decarboxylase (ALDC) from *Bacillus subtilis* ICA 56 Using Agro-Industrial Residues as Feedstock. Fermentation.

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.