

Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase w browarnictwie: kontrola diacetylu i skrócenie dojrzewania piwa

Zespół badawczy Enzymes.bio · Wellington, Nowa Zelandia · June 20, 2026

Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase, czyli ALDC, to enzym procesowy stosowany głównie w browarnictwie do ograniczania powstawania diacetylu — związku odpowiedzialnego za niepożądane nuty maślane w piwie. ALDC przekształca α -acetolaktan, prekursor diacetylu, w acetoinę, dzięki czemu zmniejsza ryzyko późniejszego tworzenia diacetylu i może skrócić etap dojrzewania piwa ^[1]. Enzymes.bio dostarcza ten produkt online w jednostkach 1 kg jako surowiec B2B do zastosowań technologicznych, z dokumentami CoA i SDS dostarczonymi wraz z zamówieniem .

Czym jest Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase?

Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase, często zapisywana jako **ALDC**, jest enzymem katalizującym dekarboksylację α -acetolaktanu do acetoiny. W technologii piwowarskiej ma to szczególne znaczenie, ponieważ α -acetolaktan jest bezpośrednim prekursorem diacetylu, a diacetyl jest jedną z najważniejszych wad sensorycznych kontrolowanych przed rozlewem piwa ^[1].

W praktyce ALDC nie jest dodatkiem aromatyzującym ani składnikiem mającym „maskować” wady piwa. Jej funkcja jest ściśle procesowa: enzym kieruje nietrwały prekursor diacetylu na alternatywną ścieżkę przemian, zanim ten prekursor zdąży utlenić się do diacetylu. Z tego powodu ALDC jest używana jako narzędzie do kontroli profilu fermentacyjnego, a nie jako substytut prawidłowo prowadzonej fermentacji, doboru drożdży czy kontroli temperatury ^[2].

Produkt oferowany przez Enzymes.bio jest komunikowany jako α -acetolactate decarboxylase do przemysłu piwowarskiego, przeznaczona do ograniczania prekursorów diacetylu podczas fermentacji. Enzymes.bio pełni rolę dostawcy online dla klientów B2B; nie należy przedstawiać tej firmy jako producenta enzymu ani laboratorium badawczego .

Dlaczego diacetyl jest problemem technologicznym w piwie?

Diacetyl, chemicznie 2,3-butanodion, jest związkiem karbonylowym o bardzo charakterystycznym profilu sensorycznym. W piwie może dawać nuty masła, śmietanki, toffi lub popcornu. W niektórych stylach bardzo niski poziom diacetylu może być akceptowany, ale w piwach o czystym profilu fermentacyjnym — zwłaszcza w lagerach, pilsach i wielu neutralnych piwach górnej fermentacji — jest zwykle traktowany jako wada jakościowa.

Problem polega na tym, że diacetyl nie pojawia się wyłącznie jako bezpośredni produkt metabolizmu drożdży. Drożdże wytwarzają α -acetolaktan w szlaku biosyntezy aminokwasów rozgałęzionych, głównie waliny; część tego związku może zostać wydzielona do brzezki lub młodego piwa. Następnie α -acetolaktan ulega nieenzymatycznej przemianie oksydacyjnej do diacetylu, a dopiero później drożdże mogą zredukować diacetyl do związków mniej problematycznych sensorycznie ^[1].

To opóźnienie ma znaczenie produkcyjne. Jeżeli α -acetolaktan pozostaje w piwie po głównej fermentacji, diacetyl może nadal powstawać podczas dojrzewania, a nawet po zmianie temperatury lub przed rozlewem. Browar musi wówczas utrzymywać piwo w tanku dłużej, aż stężenie diacetylu spadnie do akceptowalnego poziomu, co ogranicza przepustowość instalacji i utrudnia planowanie harmonogramu produkcji ^[2].

Mechanizm działania ALDC: od α -acetolaktanu do acetoiny

Działanie ALDC można wyjaśnić przez porównanie dwóch konkurencyjnych ścieżek przemian α -acetolaktanu. Bez udziału enzymu α -acetolaktan może spontanicznie przekształcać się w diacetyl. Z udziałem ALDC ten sam prekursor jest dekarboksylowany do acetoiny, która jest znacznie mniej problematyczna z punktu widzenia typowego profilu sensorycznego piwa ^[1].

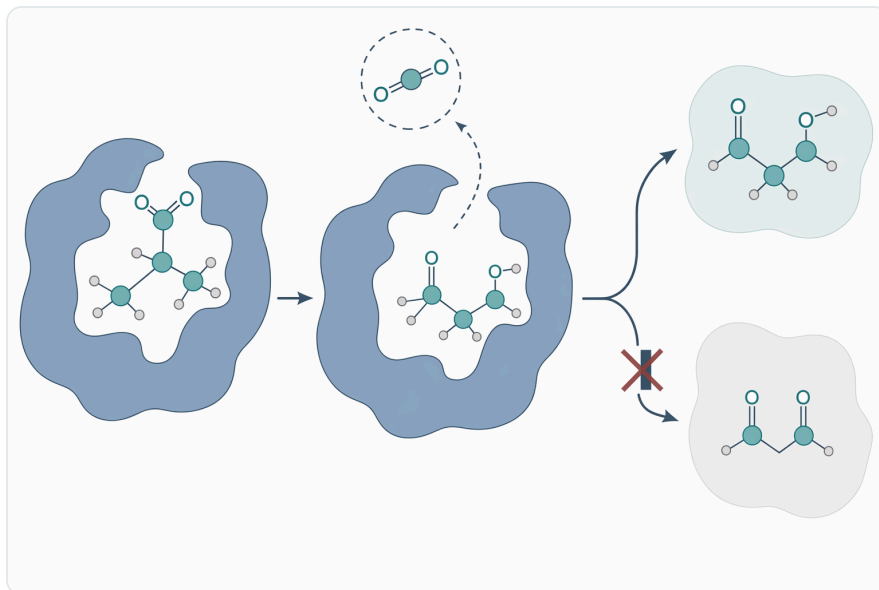


Figure 1. ALDC는 다이아세틸이 생성되기 전 단계에서 α -아세토락테이트에 작용하여 이 전구체를 아세트인과 이산화탄소로 전환합니다.

Najważniejsza konsekwencja technologiczna jest prosta: ALDC działa **przed** etapem powstawania diacetylu. Enzym nie powinien być opisywany jako środek, który usuwa gotowy diacetyl z piwa. Jego główna wartość polega na tym, że zmniejsza pulę α -acetolaktanu zdolnego do późniejszej przemiany w diacetyl, czyli ogranicza problem u źródła [2].

W browarnictwie jest to istotne, ponieważ tradycyjna kontrola diacetylu opiera się na cierpliwym dojrzewaniu piwa w obecności aktywnych drożdży. Drożdże redukują diacetyl do acetoiny i dalej do 2,3-butanodiolu, ale ten proces wymaga czasu, odpowiedniej kondycji drożdży i właściwej temperatury. ALDC przesuwaa ciężar procesu wcześniej: zamiast czekać, aż diacetyl powstanie i zostanie zredukowany, enzym ogranicza powstawanie diacetylu przez przekształcenie jego prekursora [1].

ALDC a klasyczne dojrzewanie piwa

Klasyczne dojrzewanie piwa obejmuje czas potrzebny na stabilizację profilu smakowego, redukcję niepożądanych związków fermentacyjnych oraz klarowanie i stabilizację produktu. W przypadku diacetylu kluczowe jest utrzymanie piwa w warunkach pozwalających drożdżom na jego redukcję. Jeżeli testy sensoryczne lub analityczne wskazują ryzyko diacetylu, rozlew musi zostać opóźniony.

ALDC zmienia punkt kontroli procesu. Zamiast polegać wyłącznie na późniejszej redukcji diacetylu przez drożdże, browar może ograniczyć ilość diacetylu powstającego z α -acetolaktanu. Amerykańska regulacja dotycząca preparatu ALDC opisuje zastosowanie enzymu w fermentacji piwa i napojów słodowych właśnie w celu ograniczania powstawania diacetylu [2].

Nie oznacza to jednak, że ALDC eliminuje potrzebę kontroli fermentacji. Temperatura, natlenienie brzeczki, żywotność drożdży, szczep drożdży, poziom wolnego azotu aminowego i intensywność fermentacji nadal wpływają na powstawanie α -acetolaktanu oraz na końcowy profil sensoryczny. Enzym rozwiązuje konkretny problem związany z prekursorem diacetylu, ale nie zastępuje całości zarządzania procesem piwowarskim [1].

Porównanie podejść do kontroli diacetylu

Poniższa tabela pokazuje, jak ALDC różni się od tradycyjnego podejścia opartego na wydłużonym dojrzewaniu piwa. Nie chodzi o przeciwstawienie „lepszego” i „gorszego” rozwiązania, lecz o zrozumienie, w którym miejscu procesu działa dane narzędzie.

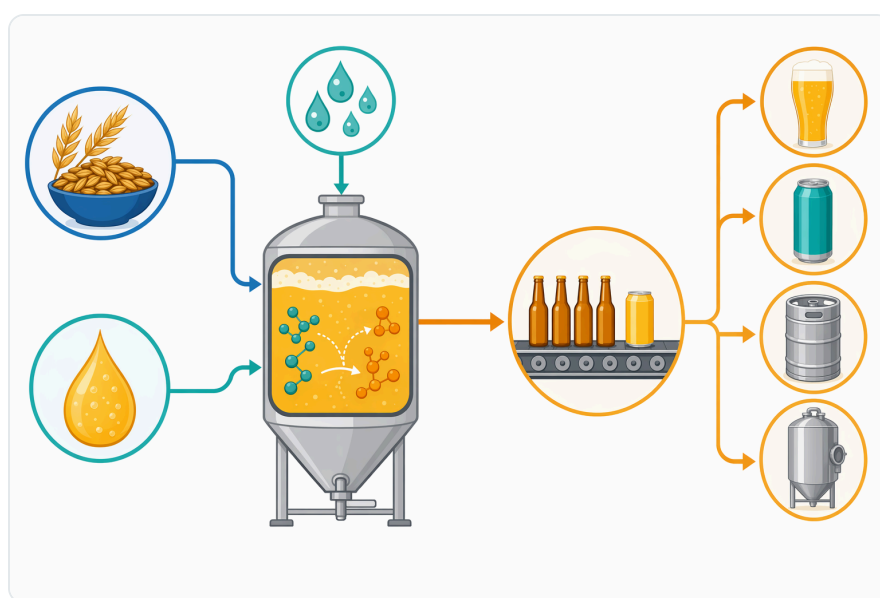


Figure 2. 다이아세틸 위험은 전구체의 배출, 화학적 전환, 시간에 따른 효모의 제거 과정을 통해 발생하며, ALDC는 이취 성분이 축적되기 전에 개입합니다.

Podejście	Główny punkt działania	Co dzieje się z prekursorem diacetylu?	Wpływ na czas procesu	Ograniczenia
Tradycyjne dojrzewanie z udziałem drożdży	Po powstaniu diacetylu	α -acetolaktan może najpierw przekształcić się w diacetyl	Może wymagać dłuższego przetrzymania piwa w tanku	Zależne od kondycji drożdży, temperatury i czasu
Zastosowanie ALDC podczas fermentacji	Przed powstaniem diacetylu	α -acetolaktan jest kierowany do acetoiny	Może skrócić oczekiwanie na stabilizację diacetylu	Efekt zależy od kontaktu enzymu z prekursorem i warunków procesu

Podejście	Główny punkt działania	Co dzieje się z prekursorem diacetylu?	Wpływ na czas procesu	Ograniczenia
Sama kontrola temperatury i drożdży	Cały przebieg fermentacji	Ogranicza ryzyko, ale nie usuwa źródła prekursora	Pomaga stabilizować proces, lecz nie zawsze skraca dojrzewanie	Wrażliwe na recepturę, szczep drożdży i parametry fermentacji

Kluczowa różnica polega na tym, że ALDC działa na α -acetolaktan, zanim ten związek przejdzie w diacetyl. Dlatego enzym jest szczególnie przydatny tam, gdzie celem jest zmniejszenie ryzyka „odbijania” diacetylu po fermentacji lub ograniczenie czasu koniecznego do potwierdzenia stabilnego profilu sensorycznego [1].

Status regulacyjny i bezpieczeństwo stosowania w żywności

ALDC jest enzymem znanym regulatorom żywności w kontekście produkcji piwa i napojów słodowych. W amerykańskim Federal Register opisano dopuszczenie preparatu α -acetolactate decarboxylase jako wtórnego bezpośredniego dodatku do żywności, stosowanego w fermentacji piwa i napojów słodowych w celu redukcji powstawania diacetylu [2].

W ocenie FAO/JECFA opisano α -acetolactate decarboxylase otrzymywaną z *Bacillus brevis* i ekspresjonowaną w *Bacillus subtilis*. Dokument ten omawia enzym jako preparat przeznaczony do zastosowań technologicznych, w tym do kontroli diacetylu w browarnictwie, oraz podkreśla znaczenie charakterystyki organizmu produkcyjnego i bezpieczeństwa preparatu enzymatycznego [1].

Dla użytkownika przemysłowego ważne jest rozróżnienie między statusem enzymu jako substancji pomocniczej w procesie a sposobem komunikowania produktu handlowego. Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase dostarczana przez Enzymes.bio jest produktem B2B do zastosowań przetwórczych, a nie produktem do bezpośredniego spożycia. Dokumenty CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem, co wspiera identyfikowalność partii i bezpieczne obchodzenie się z preparatem .

Typowe miejsce zastosowania ALDC w procesie piwowarskim

Najbardziej logicznym miejscem zastosowania ALDC jest etap, w którym α -acetolaktan jest obecny lub powstaje w wyniku metabolizmu drożdży. W praktyce oznacza to wczesną lub aktywną fazę fermentacji, gdy enzym ma możliwość kontaktu z prekursorem diacetylu zanim ten ulegnie przemianie do diacetylu. Takie ujęcie jest zgodne z regulacyjnym opisem zastosowania ALDC w fermentacji piwa i napojów słodowych [2].

Zbyt późne zastosowanie enzymu może być mniej użyteczne, jeżeli znaczna część α -acetylaktanu zdążyła już przejść w diacetyl. ALDC nie jest bowiem podstawowym narzędziem do redukcji diacetylu już obecnego w piwie. Gdy diacetyl powstał, jego dalsza redukcja nadal zależy głównie od aktywności drożdży i warunków dojrzewania.

Dla browaru praktyczne znaczenie ma również równomierne wymieszanie enzymu z fermentującą matrycą. Ponieważ enzym działa katalitycznie na rozpuszczony prekursor, musi mieć kontakt z substratem w odpowiednim czasie. Efekt technologiczny będzie zależał od rzeczywistego przebiegu fermentacji, składu brzezki, szczepu drożdży i temperatury, dlatego ALDC należy traktować jako element procesu, a nie niezależną gwarancję końcowego profilu piwa [1].

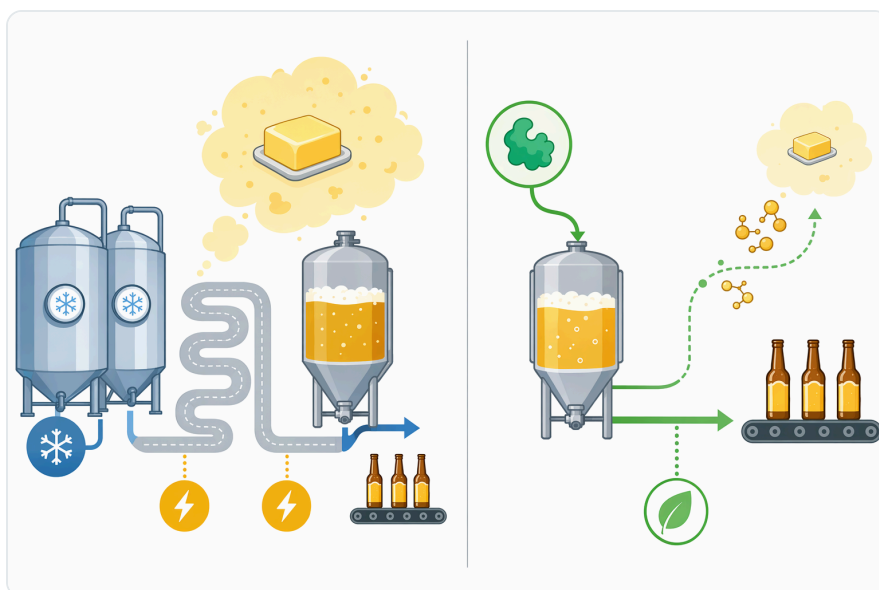


Figure 3. 예방적 ALDC 처리는 디아세틸을 나중에 효모가 환원하는 데만 의존하는 기존 관리 방식과 달리 α -아세토락테이트 풀을 줄입니다.

Zastosowania w różnych typach piwa

Najbardziej oczywiste zastosowanie ALDC dotyczy piw, w których oczekuje się czystego, neutralnego profilu fermentacyjnego. Dotyczy to szczególnie lagerów, pilsów, jasnych piw dolnej fermentacji oraz piw, w których nuty maślane lub śmietankowe byłyby odbierane jako wada. W takich produktach nawet niewielkie opóźnienie w redukcji diacetylu może blokować rozlew.

W piwach górnej fermentacji potrzeba użycia ALDC zależy od stylu i oczekiwanego profilu sensorycznego. W nowoczesnych ale o czystym profilu drożdżowym kontrola diacetylu bywa równie ważna jak w lagerach, zwłaszcza gdy celem jest szybka rotacja tanków i powtarzalność partii. W stylach, w których dopuszcza się śladowy diacetyl, decyzja technologiczna musi być bardziej ostrożna, bo enzym może zmienić naturalny przebieg dojrzewania aromatu.

ALDC może być też użyteczna w procesach, w których browar chce ograniczyć ryzyko ponownego wzrostu diacetylu po tzw. wymuszonym teście diacetylowym lub po zmianie temperatury. Mechanizm działania enzymu jest zgodny z tym celem, ponieważ redukuje pulę α -acetolaktanu zdolnego do późniejszej przemiany w diacetyl ^[2].

Korzyści technologiczne dla browaru

Niższe ryzyko maślanego profilu sensorycznego

Najbardziej bezpośrednią korzyścią jest zmniejszenie ryzyka powstania nut maślanych wynikających z diacetylu. Ponieważ ALDC przekierowuje α -acetolaktan do acetoiny, ogranicza ilość prekursora, który mógłby spontanicznie utlenić się do diacetylu. To szczególnie ważne w piwach, w których czystość profilu fermentacyjnego jest warunkiem akceptacji partii ^[1].

Krótsze dojrzewanie i sprawniejsze wykorzystanie tanków

Jeżeli głównym czynnikiem blokującym rozlew jest oczekiwanie na spadek diacetylu, ALDC może pomóc skrócić czas dojrzewania. Nie należy tego rozumieć jako stałej liczby dni możliwej do odjęcia w każdym browarze, ale jako zmniejszenie jednego z typowych źródeł opóźnień: powolnej przemiany α -acetolaktanu do diacetylu i późniejszej redukcji diacetylu przez drożdże ^[2].

Większa przewidywalność harmonogramu produkcji

W produkcji przemysłowej duże znaczenie ma przewidywalność. Nawet jeżeli średni czas dojrzewania jest akceptowalny, pojedyncze partie z podwyższonym diacetylem mogą zaburzać harmonogram rozlewu, zajmować tanki i wymagać dodatkowych decyzji jakościowych. ALDC może ograniczyć zmienność związaną z akumulacją prekursora diacetylu, choć nie eliminuje wpływu innych czynników fermentacyjnych.

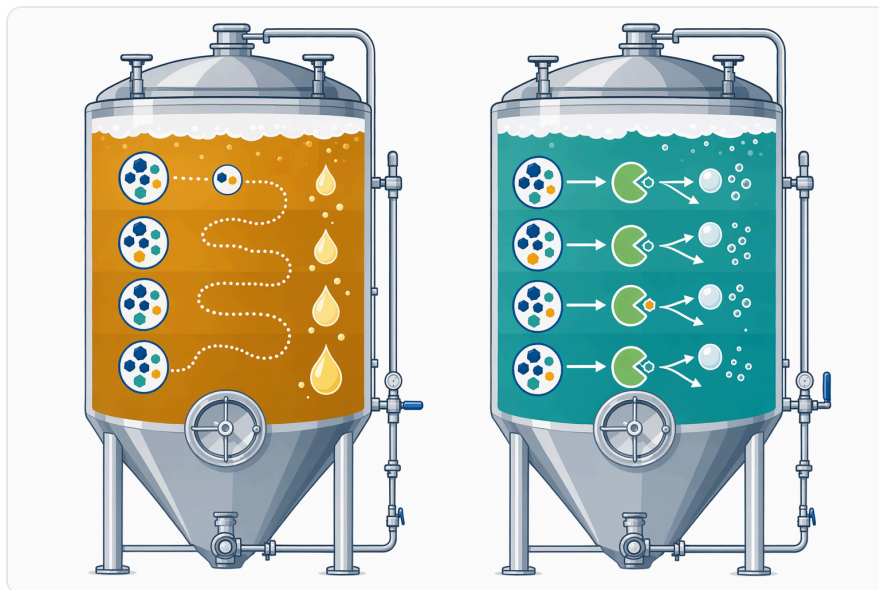


Figure 4. 양조 연구는 발효 중 ALDC 활성을 활용해 다이아세틸로 이어지는 경로를 줄이는 방법을 뒷받침합니다.

Mniejsze obciążenie późnej fazy fermentacji

Tradycyjna redukcja diacetylu wymaga aktywnych drożdży, które są zdolne do pobierania i redukcji diacetylu. Jeżeli drożdże są osłabione, temperatura jest zbyt niska lub piwo zostanie zbyt wcześnie oddzielone od biomasy, redukcja może być niepełna. ALDC zmniejsza presję na ten etap, ponieważ ogranicza powstawanie diacetylu już wcześniej ^[1].

Czego ALDC nie robi?

ALDC nie naprawi wszystkich wad fermentacji. Jeżeli piwo ma problemy wynikające z infekcji mikrobiologicznej, niewłaściwego natlenienia, zbyt wysokiej temperatury fermentacji, złej kondycji drożdży albo nieprawidłowej gospodarki drożdżowej, enzym nie zastąpi kontroli procesu. Jego działanie jest ukierunkowane na jeden konkretny substrat: α -acetolaktan.

ALDC nie powinna być również przedstawiana jako enzym usuwający istniejący diacetyl. Gdy diacetyl już powstał, kluczowa pozostaje jego redukcja przez drożdże lub inne działania technologiczne przewidziane w procesie browaru. Właściwy opis działania ALDC powinien podkreślać redukcję prekursora diacetylu, a nie chemiczne „wyczyszczanie” gotowego piwa z diacetylu ^[2].

Enzym nie gwarantuje też identycznego efektu w każdej recepturze. Brzeczki o różnym składzie, różne szczepy drożdży, różne temperatury fermentacji i odmienne profile ekstraktu mogą generować różne ilości α -acetolaktanu. W związku z tym ALDC jest narzędziem zwiększającym kontrolę nad procesem, ale wynik końcowy nadal wymaga nadzoru jakościowego.

Czynniki wpływające na skuteczność ALDC

Skuteczność ALDC zależy przede wszystkim od dostępności substratu, czyli α -acetolaktanu, oraz od czasu, w którym enzym ma kontakt z fermentującą matrycą. Jeżeli enzym zostanie zastosowany w momencie, gdy prekursor dopiero powstaje, ma większą szansę skierować go do acetoiny. Jeżeli zostanie dodany po znaczącym nagromadzeniu diacetylu, jego wpływ na bieżący problem sensoryczny będzie ograniczony.

Znaczenie mają również pH, temperatura, alkohol, skład brzeczki i obecność innych składników mogących wpływać na stabilność białka enzymatycznego. Enzymy są katalizatorami biologicznymi i działają najlepiej w określonym zakresie warunków, dlatego w realnym procesie browarniczym efekt zależy od zgodności warunków fermentacji z wymaganiami danego preparatu ^[1].

Istotny jest także sposób prowadzenia drożdży. Nawet przy zastosowaniu ALDC drożdże nadal odpowiadają za większość profilu fermentacyjnego piwa, w tym za powstawanie estrów, alkoholi wyższych, siarki i innych związków aromatycznych. ALDC nie zmienia tej podstawowej zależności; jedynie modyfikuje los jednego ważnego prekursora diacetylu.



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

ALDC w szerszym kontekście enzymów spożywczych

Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase jest przykładem enzymu stosowanego nie po to, aby dodać do żywności nowy składnik odżywczy lub smakowy, lecz aby zmienić przebieg procesu. W podobny sposób w przetwórstwie żywności wykorzystuje się enzymy do hydrolizy skrobi, modyfikacji białek, poprawy filtracji, stabilizacji napojów czy ograniczania niepożądanych produktów reakcji technologicznych.

W przypadku ALDC wartość wynika z bardzo konkretnej reakcji biochemicznej. Enzym przekształca α -acetolaktan w acetoinę, a tym samym omija powstawanie diacetylu. To odróżnia go od dodatków, które próbowałyby maskować nuty sensoryczne, oraz od działań czysto fizycznych, które nie wpływają na chemię prekursora ^[1].

Takie zastosowanie enzymów jest szczególnie atrakcyjne w procesach, w których czas produkcji ma duży wpływ na koszt. W browarnictwie tanki fermentacyjne i leżakowe są jednym z ograniczeń przepustowości. Jeżeli kontrola diacetylu pozwala bezpieczniej planować moment rozlewu, enzym może wspierać zarówno jakość sensoryczną, jak i organizację produkcji ^[2].

Produkt B2B od Enzymes.bio: format i dokumenty

Enzymes.bio oferuje Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase jako produkt do zakupu online w jednostkach 1 kg. Produkt jest prezentowany jako enzym dla przemysłu piwowarskiego, przeznaczony do ograniczania prekursorów diacetylu i wspierania dojrzewania piwa. Informacja ta powinna być rozumiana w kontekście zastosowania technologicznego, a nie jako deklaracja zastosowania konsumenckiego .

Wraz z zamówieniem dostarczane są dokumenty CoA i SDS. CoA wspiera identyfikację i zgodność partii z deklarowanymi parametrami produktu, natomiast SDS opisuje zasady bezpiecznego obchodzenia się z preparatem enzymatycznym. Ma to znaczenie praktyczne, ponieważ enzymy są białkami i w formie pyłu lub aerozolu mogą wymagać ostrożności podczas pracy w środowisku przemysłowym .

W komunikacji technicznej warto zachować precyzję: Enzymes.bio jest dostawcą produktu, nie producentem enzymu ani laboratorium wykonującym badania aplikacyjne dla klienta. Dlatego najbezpieczniejszy opis handlowo-techniczny powinien koncentrować się na funkcji enzymu, mechanizmie działania, przeznaczeniu browarniczym i dokumentach dostarczanych z zamówieniem .

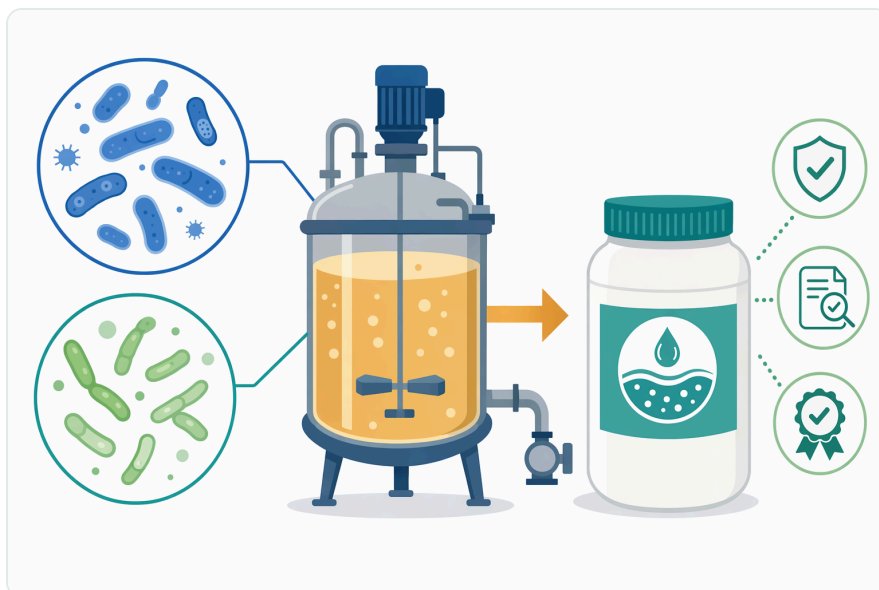


Figure 6. ALDC는 미생물, 생산, 구조 및 안전성 평가 문헌에서 뒷받침되는 확립된 식품 효소 범주입니다.

Praktyczne znaczenie dla zespołów produkcji i jakości

Dla zespołu produkcji ALDC jest narzędziem pomagającym zmniejszyć ryzyko opóźnień związanych z diacetylem. Jeżeli browar produkuje piwa o krótkim cyklu rotacji, powtarzalna kontrola prekursora diacetylu może ułatwiać planowanie tanków i ograniczać sytuacje, w których partia wymaga dodatkowego dojrzewania. Największą wartość daje to wtedy, gdy diacetyl jest realnym ograniczeniem procesu.

Dla zespołu jakości ALDC oznacza bardziej ukierunkowaną kontrolę jednego z głównych związków sensorycznych. Ponieważ enzym działa na α -acetolaktan, jego zastosowanie powinno być interpretowane w powiązaniu z całym przebiegiem fermentacji: wynik sensoryczny zależy nie tylko od enzymu, ale również od szczepu drożdży, parametrów fermentacji i stabilności procesu.

Dla działu technologicznego ważne jest natomiast, że ALDC ma jasny mechanizm i dobrze zdefiniowany cel. Nie jest to „uniwersalny polepszacz piwa”, lecz narzędzie do zmiany losu α -acetolaktanu. Takie ujęcie ułatwia realistyczną ocenę korzyści: mniej ryzyka diacetylu, potencjalnie krótsze dojrzewanie, ale nadal konieczność prowadzenia procesu zgodnie z wymaganiami stylu i zakładu ^[1].

Podsumowanie

Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase to enzym procesowy o szczególnie ważnym zastosowaniu w browarnictwie. Jego rola polega na przekształcaniu α -acetolaktanu w acetoinę, co ogranicza powstawanie diacetylu — związku odpowiedzialnego za maślany, zwykle niepożądany aromat w piwie

[1]

Największa wartość ALDC pojawia się wtedy, gdy diacetyl jest czynnikiem wydłużającym dojrzewanie lub utrudniającym przewidywalny rozlew. Enzym działa na etapie prekursora, dlatego może zmniejszać ryzyko późniejszego wzrostu diacetylu i wspierać sprawniejsze wykorzystanie tanków, pod warunkiem że jest stosowany w odpowiednim miejscu procesu fermentacji [2].

Enzymes.bio dostarcza Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase online w jednostkach 1 kg dla klientów B2B, z CoA i SDS dostarczonymi wraz z zamówieniem. Produkt należy traktować jako specjalistyczne narzędzie technologiczne do kontroli diacetylu w produkcji piwa, a nie jako zamiennik poprawnej fermentacji, kontroli jakości ani zarządzania drożdżami.

Zamów Food Grade A-Acetolactate Decarboxylase online

Sprzedawany w jednostkach 1 kg, dostępny z magazynu i gotowy do wysyłki. Zamów bezpośrednio w naszym sklepie — zapłać online, a my przetworzymy Twoje zamówienie. Do każdego zamówienia dołączamy Certyfikat Analizy i Kartę Charakterystyki.

[Kup Food Grade A-Acetolactate Decarboxylase →](#)

Bibliografia

Ponumerowano według kolejności pierwszego cytowania. Źródła open access, każde zweryfikowane jako dostępne w momencie publikacji; numery cytowań w tekście prowadzą tutaj.

1. [alpha-Acetolactate decarboxylase from *Bacillus brevis* expressed in *Bacillus subtilis*. *Fao*.](#)
2. [Federal Register :: Secondary Direct Food Additives Permitted in Food for Human Consumption; Alpha-Acetolactate Decarboxylase Enzyme Preparation. *Federalregister*.](#)

Skontaktuj się z Enzymes.bio


Masz pytania dotyczące zamówienia? Nasz zespół chętnie pomoże.

E-MAIL wholesale@enzymes.bio

TELEFON (USA) **+1 (507) 428-6057**

[Skontaktuj się z nami →](#)

 **400+** klientów B2B

 **60+** partnerów badawczych z uczelni

 **54** obsługiwanych na całym świecie

