

Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase (ALDC) : réduction du diacétyle en brasserie et boissons fermentées

Équipe de recherche Enzymes.bio · Wellington, Nouvelle-Zélande · June 19, 2026

La **Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase**, ou **ALDC**, est une enzyme de fermentation utilisée pour convertir l' **α -acétolactate** en **acétoïne** avant qu'il ne se transforme en **diacétyle**, composé associé à des notes beurrées indésirables dans de nombreuses bières et boissons fermentées. Son intérêt principal est préventif : elle agit sur le précurseur du diacétyle, ce qui peut aider à raccourcir la maturation aromatique et à améliorer la régularité sensorielle lorsque le procédé est adapté .

Comprendre l'ALDC : rôle enzymatique et intérêt industriel

L' **α -acétolactate décarboxylase** est une enzyme de la famille des décarboxylases qui catalyse la conversion de l' α -acétolactate en acétoïne. Dans les applications alimentaires et fermentaires, cette réaction est surtout recherchée parce qu'elle détourne l' α -acétolactate d'une voie chimique menant au diacétyle, un vicinal diketone très perceptible dans des profils aromatiques qui doivent rester nets, secs ou neutres ^[1].

Dans un contexte brassicole, l'ALDC est donc utilisée comme **enzyme de maturation** ou **enzyme de maîtrise du diacétyle**. Elle ne remplace pas l'activité de la levure, mais modifie l'équilibre chimique autour d'un intermédiaire clé de la fermentation : au lieu de laisser l' α -acétolactate s'oxyder spontanément en diacétyle hors de la cellule, elle favorise sa décarboxylation directe vers l'acétoïne, dont l'impact sensoriel est généralement moins problématique dans les conditions usuelles de fermentation ^[2].

Pour Enzymes.bio, la **Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase** est proposée comme ingrédient enzymatique destiné aux applications de fermentation et de brasserie. Enzymes.bio agit comme fournisseur en ligne, et non comme fabricant ni laboratoire ; le produit est disponible directement par unité de **1 kg**, avec **CoA** et **SDS** fournis avec la commande .

Le problème ciblé : diacétyle, maturation et profil aromatique

Le diacétyle est un composé carbonyle associé à des notes de beurre, de crème, de caramel lacté ou, à des niveaux inappropriés, à une impression rance. Ces notes peuvent être acceptées dans certains styles particuliers, mais elles sont généralement considérées comme des défauts dans les lagers, pilsners, bières blondes propres, boissons fermentées à base de malt et produits fermentés où l'on recherche un profil net ^[2].

La formation du diacétyle est liée au métabolisme de la valine par la levure. Pendant la fermentation, la levure produit de l' α -acétolactate comme intermédiaire de biosynthèse ; une partie peut être excrétée dans le moût ou la bière jeune. Hors de la cellule, cet α -acétolactate peut subir une conversion non enzymatique en diacétyle, avant d'être éventuellement réabsorbé et réduit par la levure en composés moins aromatiquement gênants, notamment l'acétoïne et le 2,3-butanediol ^[2].

Cette séquence explique pourquoi la réduction du diacétyle dépend souvent du temps, de la température, de la vitalité de la levure et de la disponibilité des cellules encore actives. Dans les procédés traditionnels, on peut recourir à une garde prolongée ou à un repos diacétyle afin de permettre à la levure de réduire le diacétyle déjà formé. L'ALDC intervient plus tôt : elle vise à limiter la formation du diacétyle en consommant son précurseur .

Mécanisme biochimique : détourner l' α -acétolactate vers l'acétoïne

Le mécanisme pratique de l'ALDC peut se résumer en quatre étapes. Premièrement, la levure produit de l' α -acétolactate pendant la fermentation. Deuxièmement, cet intermédiaire peut quitter la cellule. Troisièmement, en l'absence d'ALDC, une partie de l' α -acétolactate peut évoluer vers le diacétyle. Quatrièmement, en présence d'ALDC, l'enzyme catalyse sa conversion directe en acétoïne, ce qui réduit la quantité de précurseur disponible pour former du diacétyle ^[1].

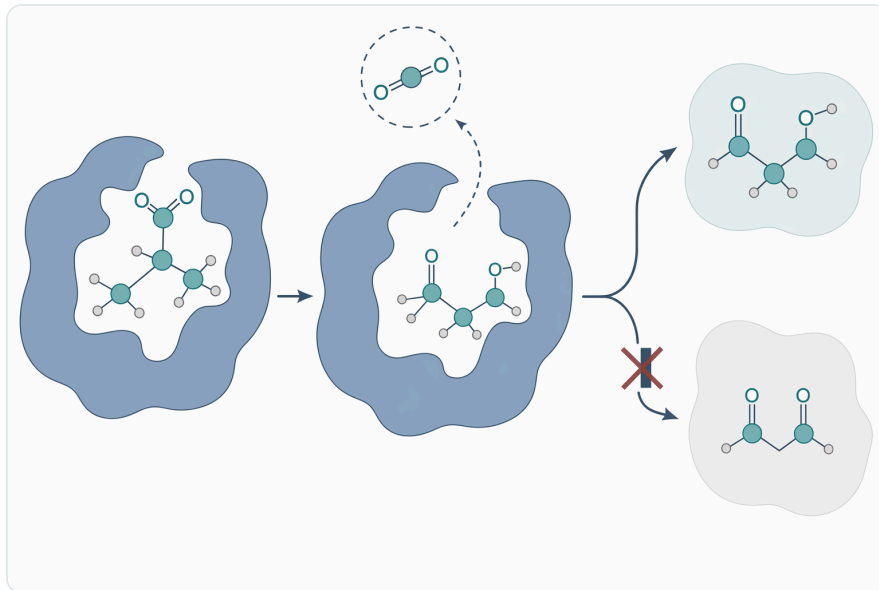


Figure 1. ALDC는 디아세틸이 형성되기 전 단계에서 α -아세토락테이트에 작용하여 이 전구체를 아세트인과 이산화탄소로 전환한다.

La distinction entre **prévenir la formation du diacétyle** et **éliminer du diacétyle déjà présent** est essentielle. L'ALDC n'est pas principalement une enzyme de correction tardive : elle agit sur l' α -acétolactate, pas sur le diacétyle lui-même. C'est pourquoi les usages industriels la positionnent au début ou au cours précoce de la fermentation, lorsque le précurseur est encore accessible et avant que la charge en diacétyle ne soit installée [2].

Les travaux mécanistiques sur les voies de l' α -acétolactate et de l'acétoïne montrent que cette réaction s'inscrit dans un réseau plus large du métabolisme fermentaire. Dans différents microorganismes, les enzymes liées aux voies de l'acétolactate orientent le flux de carbone vers des produits finaux plus ou moins acides, neutres ou sensoriellement actifs ; ce principe explique pourquoi une intervention enzymatique sur un intermédiaire précoce peut avoir un effet mesurable sur le profil final d'un produit fermenté [3].

Voie sans ALDC et voie avec ALDC : comparaison fonctionnelle

Aspect du procédé	Fermentation sans ALDC	Fermentation avec ALDC
Intermédiaire critique	L' α -acétolactate excrété reste disponible pour former du diacétyle	L' α -acétolactate est converti plus directement en acétoïne
Risque sensoriel	Formation possible de notes beurrées si le diacétyle s'accumule	Risque réduit lorsque l'enzyme est utilisée au moment approprié

Aspect du procédé	Fermentation sans ALDC	Fermentation avec ALDC
Dépendance au temps de maturation	Plus forte, car la levure doit réduire le diacétyle déjà formé	Potentiellement moindre, car la voie vers le diacétyle est limitée en amont
Moment critique	Fin de fermentation et maturation, lorsque le diacétyle doit être réduit	Début de fermentation, lorsque l' α -acétolactate est produit
Limite principale	Variabilité liée à la levure, à la température et au temps	Efficacité dépendante du pH, du procédé et de la disponibilité du précurseur
Rôle de la levure	Production du précurseur, puis réduction du diacétyle	Production du précurseur, avec intervention enzymatique externe sur celui-ci

Cette comparaison met en évidence l'intérêt de l'ALDC comme outil de pilotage du procédé plutôt que comme solution de rattrapage. Elle n'empêche pas la nécessité d'une fermentation saine, mais elle réduit la charge chimique qui doit ensuite être gérée par la levure pendant la maturation ^[2].

Applications principales en brasserie

L'application la plus établie de l'ALDC est la **brasserie**, en particulier pour les bières où les composés beurrés sont indésirables. Les lagers, pilsners, blondes de fermentation propre et autres styles à profil net sont des cas typiques, car la perception du diacétyle y ressort plus facilement que dans des produits fortement houblonnés, torrifiés ou aromatisés .

Dans ces procédés, l'ALDC peut contribuer à réduire le besoin de repos diacétyle prolongé ou de maturation longue, sous réserve que les autres paramètres de fermentation soient maîtrisés.

L'avantage opérationnel n'est pas seulement sensoriel : une maturation plus prévisible peut faciliter la planification des cuves, limiter les immobilisations liées à l'attente de stabilisation aromatique et réduire la variabilité entre lots ^[2].

L'intérêt est particulièrement marqué dans les fermentations basses températures, où la réduction naturelle du diacétyle par la levure peut être plus lente. Lorsque les souches, la nutrition, l'oxygénation et la température sont correctement gérées, l'ALDC agit comme un levier supplémentaire pour sécuriser le profil aromatique final sans déplacer l'ensemble du procédé vers des conditions moins compatibles avec le style recherché .

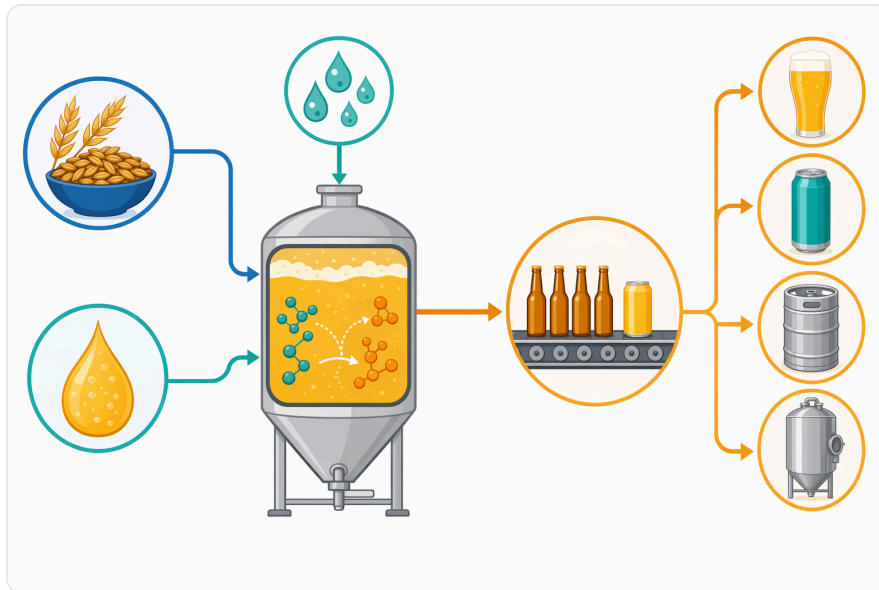


Figure 2. 디아세틸 위험은 전구체 배출, 화학적 전환, 시간에 따른 효모의 제거 과정을 통해 발생하며, ALDC는 이취 화합물이 축적되기 전에 개입한다.

Boissons fermentées au-delà de la bière

Même si la brasserie reste le domaine le plus visible, la logique biochimique de l'ALDC peut concerner d'autres **boissons fermentées sensibles au diacétyle**. Les boissons à base de malt, certains produits fermentés hybrides, les bases alcoolisées neutres fermentées et les matrices où une note lactée ou beurrée serait perçue comme un défaut peuvent bénéficier d'une stratégie de maîtrise du précurseur [1].

La transposition doit toutefois rester prudente. Le pH, la composition de la matrice, la présence de polyphénols, la charge en sucres fermentescibles, la souche fermentaire et la cinétique globale peuvent modifier l'efficacité réelle. Une enzyme performante dans une fermentation brassicole standard ne doit pas être supposée identique dans une boisson très acide, très sucrée, fortement aromatisée ou pauvre en nutriments assimilables [2].

Dans les fermentations alimentaires, l'ALDC doit donc être considérée comme un outil ciblé : elle intervient sur l' α -acétolactate. Si le défaut aromatique provient d'une contamination, d'une dérive microbienne ou d'une recette générant d'autres composés proches sur le plan sensoriel, l'ALDC ne corrigera pas nécessairement le problème perçu [2].

Cas particulier : diacétyle associé au “hop creep”

Le “hop creep” désigne les effets fermentaires pouvant apparaître après un houblonnage à cru, lorsque des activités enzymatiques présentes dans le houblon libèrent de nouveaux sucres fermentescibles ou relancent une activité résiduelle. Cette reprise peut modifier la densité, la carbonatation et l'équilibre aromatique ; dans certains cas, elle peut aussi contribuer à une réapparition de diacétyle ou de précurseurs associés ^[2].

Dans ce contexte, l'ALDC peut être utilisée comme mesure de réduction du risque lié au précurseur du diacétyle, mais elle ne maîtrise pas à elle seule le hop creep. La gestion du houblonnage, de la stabilité fermentaire, de la levure résiduelle, de la température et du temps de conditionnement reste déterminante. L'enzyme aide sur la voie α -acétolactate \rightarrow acétoïne ; elle ne neutralise pas l'ensemble des réactions enzymatiques apportées par le houblon ^[2].

Cette nuance est importante pour les bières houblonnées modernes. Dans une IPA ou une bière fortement dry-hoppée, une note beurrée peut apparaître tardivement et surprendre le producteur. L'ALDC peut réduire une partie du risque si elle est présente au moment où le précurseur est formé, mais elle ne remplace ni la validation sensorielle ni la maîtrise de la stabilité microbiologique ^[2].

Conditions de procédé qui influencent l'efficacité

Le premier paramètre est le **moment d'utilisation**. Comme l'ALDC agit sur l' α -acétolactate, elle est plus pertinente lorsqu'elle est introduite tôt dans la fermentation, avant que l'intermédiaire ne se convertisse en diacétyle. Un ajout tardif, après accumulation du diacétyle, ne répond pas au même objectif et ne doit pas être interprété comme une méthode de décontamination aromatique ^[2].

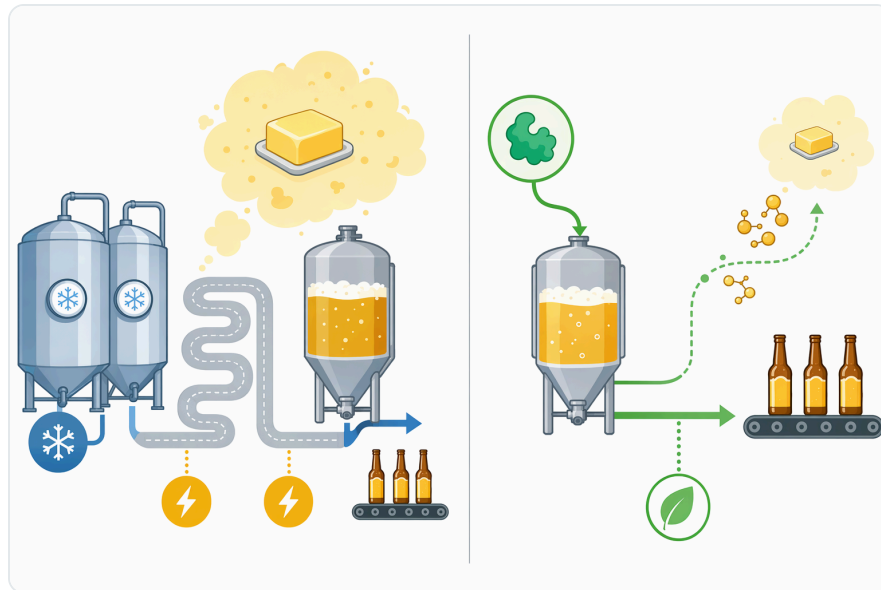


Figure 3. 예방적 ALDC 처리는 디아세틸의 후속 효모 환원에만 의존하는 기존 디아세틸 관리와 달리 α -아세토락테이트 풀을 줄인다.

Le deuxième paramètre est le **pH**. Les enzymes ont des plages de fonctionnement dépendantes de leur structure protéique et de l'ionisation des groupes chimiques impliqués dans la catalyse. Les informations industrielles disponibles indiquent que l'efficacité de l'ALDC est pH-dépendante ; les boissons plus acides ou les phases tardives de fermentation peuvent donc ne pas offrir les mêmes conditions qu'un moût en fermentation active [2].

Le troisième paramètre est la **température**, non pas seulement pour l'enzyme, mais pour l'ensemble du système. La température influence la levure, la production d' α -acétolactate, la conversion chimique du précurseur, la réduction du diacétyl et la cinétique de maturation. L'ALDC peut réduire la dépendance à certains temps de repos, mais elle ne rend pas le procédé indépendant de la physiologie de la levure .

Enfin, la **santé de la levure** reste centrale. Une levure stressée, sous-nutrie, trop vieille ou mal réactivée peut produire davantage de précurseurs ou réduire moins efficacement le diacétyl déjà formé. L'ALDC peut aider à diminuer la formation de diacétyl en amont, mais elle ne corrige pas les causes profondes d'une fermentation déséquilibrée [2].

Ce que l'ALDC peut réellement apporter

Dans un procédé adapté, l'ALDC peut apporter une réduction du risque de diacétyl, une maturation aromatique plus courte et une meilleure régularité entre lots. Ces bénéfices sont cohérents avec son mécanisme : moins d' α -acétolactate disponible pour la conversion non enzymatique signifie moins de diacétyl à réduire ensuite par la levure .

L'effet le plus recherché est souvent la **prévisibilité**. Une brasserie qui doit attendre que chaque lot atteigne un profil sensoriel acceptable peut rencontrer des variations importantes selon la souche, la température, la composition du moût ou la charge initiale en levure. En abaissant la formation de précurseur problématique, l'ALDC peut réduire une partie de cette incertitude [2].

Un autre intérêt est la **disponibilité des cuves**. Lorsque le diacétyl impose une garde plus longue, les équipements restent immobilisés alors que la fermentation principale est terminée. Si l'ALDC permet d'atteindre plus rapidement un profil aromatique conforme, elle peut améliorer la rotation de production, sans modifier fondamentalement la recette ni le style sensoriel recherché .

Limites techniques : ce que l'ALDC ne fait pas

L'ALDC ne doit pas être présentée comme une solution universelle contre tous les défauts beurrés. Elle ne dégrade pas directement le diacétyl comme cible principale ; elle agit sur l' α -acétolactate. Si le diacétyl est déjà présent en quantité élevée, la réduction dépendra encore largement de la levure, du temps et des conditions de maturation [2].

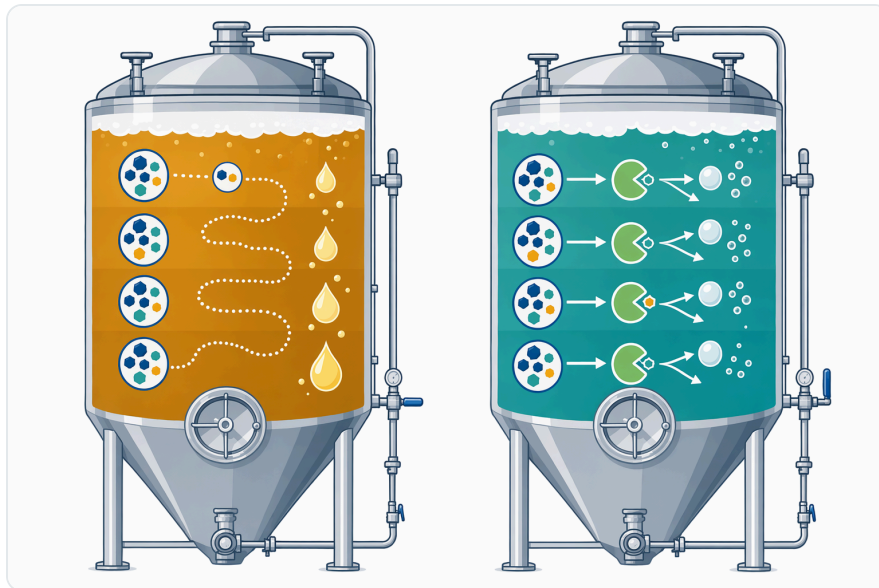


Figure 4. 양조 연구는 발효 중 ALDC 활성을 활용해 디아세틸로 이어지는 경로를 줄이는 방식을 뒷받침한다.

Elle ne remplace pas non plus l'hygiène. Des bactéries lactiques ou d'autres contaminants peuvent produire des composés indésirables, perturber la fermentation ou créer des profils aromatiques proches de ceux attribués au diacétyl. Dans ces cas, ajouter une enzyme de maîtrise du précurseur ne résout pas la cause microbologique du défaut [2].

Elle ne remplace pas la validation sensorielle. Même avec une réduction biochimique du précurseur, le produit fini doit être évalué selon le style, la recette et les attentes du marché. Une bière très neutre, une lager légère et une boisson fermentée aromatisée n'ont pas le même seuil d'acceptabilité sensorielle pour les composés beurrés ou lactés .

Niveau de preuve et interprétation des sources

La fonction biochimique de l'ALDC — conversion de l' α -acétolactate en acétoïne — est solidement documentée dans les sources enzymologiques et industrielles. Elle correspond à une réaction définie et à une application cohérente en fermentation, où l'objectif est de limiter la disponibilité du précurseur menant au diacétyl ^[1].

Les sources brassicoles documentent l'usage de l'ALDC comme outil de réduction du diacétyl et de raccourcissement potentiel de la maturation. Ces informations sont directement applicables aux procédés de brasserie, mais elles doivent être interprétées dans le contexte des conditions de fermentation, du pH, de la souche de levure et du style produit ^[2].

Les travaux de recherche sur les voies α -acétolactate/acétoïne soutiennent le principe général selon lequel l'orientation du flux métabolique peut modifier les produits finaux d'une fermentation. Ils ne remplacent pas des résultats de performance universels pour chaque boisson, mais ils renforcent la logique mécanistique qui sous-tend l'usage industriel de l'ALDC ^[3].

Des études mécanistiques plus fondamentales ont également examiné les transformations chimiques liées à l'acétolactate et aux enzymes du métabolisme des acides aminés ramifiés. Leur intérêt pour l'utilisateur industriel est indirect : elles éclairent la chimie de la réaction, mais ne doivent pas être lues comme des garanties de performance dans toutes les matrices alimentaires ^[4].

Sécurité alimentaire et signification de “Food Grade”

Dans le secteur alimentaire, une préparation enzymatique “food grade” doit être comprise comme une enzyme destinée à un usage compatible avec des applications alimentaires, dans le respect des réglementations applicables et des conditions normales d'utilisation. Les cadres internationaux d'évaluation des enzymes alimentaires tiennent compte de la source biologique, de la préparation enzymatique, de la sécurité toxicologique et des usages prévus ^[5].



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

Les enzymes alimentaires peuvent être issues de sources microbiennes, végétales ou animales, selon le produit. Pour les enzymes produites par des microorganismes, l'évaluation de sécurité porte notamment sur l'organisme de production, l'absence de risques toxigènes ou pathogènes pertinents, les composants de la préparation et l'exposition alimentaire attendue ^[5].

Une publication référencée sur PubMed concernant l' α -acétolactate décarboxylase s'inscrit dans cette logique d'évaluation de sécurité des préparations enzymatiques utilisées dans les procédés alimentaires ou brassicoles. Pour un utilisateur industriel, l'élément important est de distinguer l'évaluation réglementaire et toxicologique de l'enzyme d'une part, et la validation du procédé spécifique d'autre part ^[6].

Dans le cadre d'Enzymes.bio, le **certificat d'analyse** et la **fiche de données de sécurité** accompagnent la commande. Ces documents ne transforment pas le fournisseur en laboratoire d'essai ou en fabricant ; ils servent à documenter le lot livré et les informations de sécurité usuelles associées au produit .

Intégration dans un procédé de fermentation

L'intégration de l'ALDC doit être pensée autour du flux réel de production d' α -acétolactate. Dans une fermentation active, la levure produit le précurseur au moment où elle assimile les sucres et synthétise ses acides aminés. C'est cette fenêtre qui rend l'ajout précoce plus rationnel qu'une intervention tardive ^[2].

Pour une brasserie, l'approche la plus cohérente consiste à utiliser l'ALDC comme outil de prévention, parallèlement à une gestion normale de la levure, de l'oxygénation, de la température et du suivi sensoriel. L'enzyme peut réduire la pression exercée par le diacétyle sur la maturation, mais elle ne doit pas conduire à ignorer les signes d'une fermentation lente, bloquée ou contaminée .

Dans les boissons fermentées non brassicoles, la même logique s'applique, mais les résultats peuvent être plus variables. Les matrices acides, les formulations aromatisées, les bases très pauvres en nutriments ou les fermentations utilisant des microorganismes non conventionnels peuvent présenter des cinétiques différentes. L'ALDC reste pertinente si l' α -acétolactate est le précurseur limitant du défaut recherché ^[1].

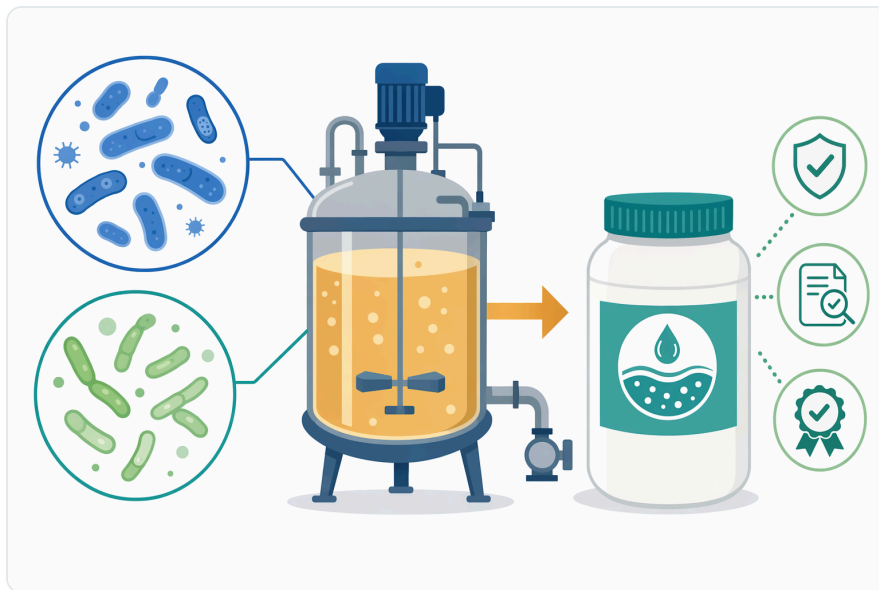


Figure 6. ALDC는 미생물, 생산, 구조 및 안전성 평가 문헌에 의해 뒷받침되는 확립된 식품 효소 범주이다.

Positionnement produit pour les utilisateurs B2B

La **Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase** s'adresse aux utilisateurs B2B qui veulent maîtriser le diacétyle dans des procédés de fermentation alimentaire, en particulier la brasserie. Son intérêt réside dans un mécanisme clair : convertir l' α -acétolactate en acétoïne afin de réduire la formation ultérieure de diacétyle .

Ce positionnement est différent d'un additif aromatique ou d'un correcteur sensoriel. L'ALDC ne masque pas un défaut ; elle agit sur une voie de formation. Elle est donc particulièrement utile lorsque l'objectif est de produire de manière répétable un profil propre, avec moins de dépendance à une longue phase de maturation aromatique ^[2].

Enzymes.bio propose ce produit en ligne par unité de **1 kg**. Le CoA et la SDS sont fournis avec la commande, ce qui permet à l'utilisateur de disposer des documents associés au lot et à la sécurité d'utilisation sans que le fournisseur soit présenté comme fabricant ou laboratoire .

Conclusion : une enzyme ciblée pour réduire le risque diacétyle

La **Food Grade α -Acetolactate Decarboxylase** est une enzyme de fermentation à mécanisme ciblé : elle convertit l' α -acétolactate en acétoïne et réduit ainsi la formation de diacétyle. Cette action préventive explique son intérêt en brasserie, notamment pour les lagers, pilsners, bières blondes propres et boissons fermentées où les notes beurrées sont indésirables ^[1].

Son efficacité dépend du moment d'utilisation, du pH, de la température, de la souche fermentaire, de la santé de la levure et de la maîtrise microbiologique. Bien utilisée, elle peut contribuer à une maturation plus prévisible, à une réduction du repos diacétyle et à une meilleure régularité sensorielle ; mal positionnée, elle ne corrigera pas un diacétyle déjà installé ni un défaut issu d'une contamination ^[2].

Pour les utilisateurs B2B, l'ALDC doit donc être comprise comme un outil de procédé précis, non comme une solution universelle. Enzymes.bio la met à disposition en unité de 1 kg, avec CoA et SDS fournis avec la commande, pour des applications alimentaires et fermentaires nécessitant une maîtrise raisonnée du précurseur du diacétyle .

Commander Food Grade A-Acetolactate Decarboxylase en ligne

Vendu par unité de 1 kg, en stock et prêt à expédier. Commandez directement sur notre boutique — payez en ligne et nous traitons votre commande. Un certificat d'analyse et une fiche de données de sécurité sont inclus avec chaque commande.

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

Références

Numérotées par ordre de première citation. Sources en libre accès, chacune vérifiée comme accessible au moment de la publication ; les numéros de citation dans le texte renvoient ici.

1. [Acetolactate Decarboxylase 732](#). *Creative-enzymes*.
2. [Abv Alpha Acetolactate Decarboxylase](#). *Lallemandbrewing*.
3. [Cc2F95Ddeb32599D55C95A9236427C2995346393](#). *Semantic Scholar*.

4. [0F50A8A65776D920Cfca9F8F7A66C5Cca4C6B48C](#). *Semantic Scholar*.

5. [En. Fao](#).

6. [11101321](#). *Nih*.

Contacter Enzymes.bio

Des questions sur une commande ? Notre équipe se fera un plaisir de vous aider.

E-MAIL wholesale@enzymes.bio

TÉLÉPHONE (ÉTATS-UNIS) **+1 (507) 428-6057**

[Nous contacter →](#)

 **400+** Clients B2B

 **60+** partenaires de recherche universitaires

 **54** servis dans le monde entier

© 2026 Enzymes.bio · Fourniture d'enzymes industrielles & de transformation alimentaire · Non destiné à la consommation humaine ni à la vente au détail.