

Food Grade A-Acetolactate Decarboxylase cho kiểm soát diacetyl trong bia và đồ uống lên men

Nhóm Nghiên cứu Enzymes.bio · Wellington, New Zealand · June 20, 2026

Food Grade A-Acetolactate Decarboxylase (ALDC, α -ALDC) là enzyme hỗ trợ chế biến dùng để chuyển tiền chất **α -acetolactate** thành **acetoin**, nhờ đó làm giảm con đường hình thành **diacetyl** gây mùi bơ trong bia và đồ uống malt. Trong sản xuất bia, điểm mạnh của ALDC là can thiệp sớm vào tiền chất của lỗi hương, thay vì chỉ kéo dài thời gian ủ chín để diacetyl tự giảm sau khi đã xuất hiện. Enzymes.bio cung cấp sản phẩm này trực tiếp online theo đơn vị 1 kg, kèm CoA và SDS khi đặt hàng; Enzymes.bio là nhà cung cấp, không phải nhà sản xuất hay phòng thí nghiệm.

Food Grade A-Acetolactate Decarboxylase là gì?

A-Acetolactate Decarboxylase, thường viết là **ALDC** hoặc **α -ALDC**, là enzyme xúc tác phản ứng khử carboxyl của **α -acetolactate** để tạo thành **acetoin** và carbon dioxide. Trong bối cảnh bia, đồ uống malt có cồn và một số quy trình lên men trước chưng cất, phản ứng này có giá trị vì α -acetolactate cũng là tiền chất có thể tự phát chuyển thành **diacetyl**, hợp chất carbonyl tạo cảm giác bơ, kẹo bơ hoặc kem bơ không mong muốn ở nhiều sản phẩm có hồ sơ hương “sạch” ^[1].

Về mặt công nghệ, ALDC không phải chất tạo hương và cũng không “che” mùi diacetyl. Enzyme này làm thay đổi hướng chuyển hóa của tiền chất: thay vì để α -acetolactate tiếp tục theo đường oxy hóa không enzyme để tạo diacetyl, ALDC đưa nó sang acetoin, một sản phẩm thường ít gây vấn đề off-flavour hơn trong ứng dụng bia. Cơ chế này giải thích vì sao ALDC được xem là **processing aid** trong quy trình, chứ không phải phụ gia nhằm sửa lỗi cảm quan ở cuối dây chuyền ^[1].

Sản phẩm **Food Grade A-Acetolactate Decarboxylase** trên Enzymes.bio được định vị cho ngành bia và chế biến đồ uống lên men. Trang sản phẩm mô tả ALDC như enzyme dùng để giảm hình thành diacetyl bằng cách chuyển α -acetolactate thành acetoin, đồng thời nêu hình thức cung cấp theo đơn vị 1 kg và hướng dẫn lưu trữ phù hợp với chế phẩm enzyme thực phẩm .

Vì sao diacetyl là điểm nghẽn trong sản xuất bia?

Trong lên men bia, diacetyl thường không được tạo ra trực tiếp như một mục tiêu của nấm men. Tiền chất quan trọng là α -acetolactate, một chất trung gian liên quan đến sinh tổng hợp acid amin mạch nhánh, đặc biệt là valine. Một phần α -acetolactate có thể rò rỉ ra ngoài tế bào nấm men; trong môi trường bia, nó trải qua quá trình oxy hóa và khử carboxyl tự phát để tạo diacetyl [2].

Diacetyl là vấn đề vì chỉ một lượng nhỏ cũng có thể làm lệch hồ sơ cảm quan của các dòng lager, pilsner, bia nhẹ, hard malt beverage hoặc bất kỳ sản phẩm nào cần nền hương trung tính. Ở các phong cách bia có độ ester thấp và hương malt/hop tinh tế, mùi bơ dễ nổi bật hơn so với bia đậm, bia chua hoặc bia có hương liệu mạnh. Vì vậy, kiểm soát diacetyl không chỉ là chuyện “đạt hay không đạt” về phân tích nội bộ; nó ảnh hưởng trực tiếp đến độ nhất quán cảm quan của thương hiệu.

Cách kiểm soát truyền thống là kéo dài giai đoạn **diacetyl rest**, **maturation** hoặc **conditioning**. Logic của phương pháp này là để diacetyl hình thành từ α -acetolactate, sau đó nấm men còn hoạt động sẽ hấp thu và khử diacetyl thành acetoin rồi tiếp tục thành 2,3-butanediol. Tuy nhiên, khi phụ thuộc chủ yếu vào thời gian ủ, nhà sản xuất phải chấp nhận tank bị chiếm dụng lâu hơn, kế hoạch sản xuất kém linh hoạt hơn và rủi ro biến động giữa các mẻ cao hơn nếu sức khỏe men, nhiệt độ hoặc thành phần dịch nha thay đổi [3].

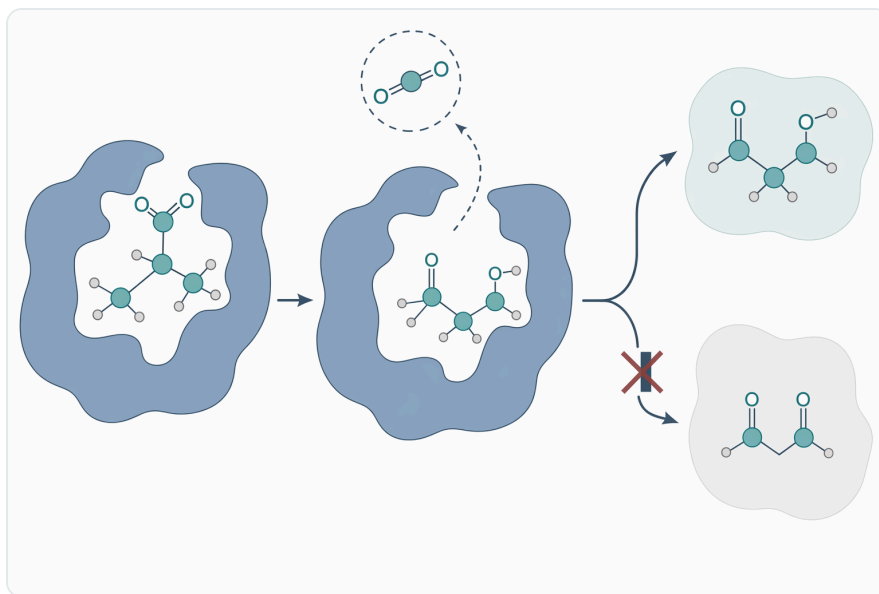


Figure 1. ALDC tác động lên α -acetolactate ở giai đoạn trước khi diacetyl hình thành bằng cách chuyển tiền chất này thành acetoin và carbon dioxide.

ALDC giải quyết nút thắt này ở bước sớm hơn. Thay vì đợi tiền chất chuyển thành diacetyl rồi mới xử lý, enzyme làm giảm lượng tiền chất có thể đi vào đường tạo diacetyl. Đây là lý do ALDC được dùng rộng rãi trong chiến lược “giảm diacetyl ngay từ nguồn” ở ngành bia hiện đại, đặc biệt khi nhà máy muốn rút

ngắn thời gian ủ chín mà vẫn giữ hồ sơ hương sạch .

Cơ chế hoạt động: chuyển hướng α -acetolactate trước khi tạo diacetyl

Có thể mô tả vai trò của ALDC bằng hai con đường cạnh tranh:

- **Con đường không mong muốn:** α -acetolactate \rightarrow diacetyl \rightarrow acetoin \rightarrow 2,3-butanediol
- **Con đường có ALDC:** α -acetolactate \rightarrow acetoin + CO₂

Trong con đường thứ nhất, bước α -acetolactate thành diacetyl là quá trình tự phát, phụ thuộc vào điều kiện môi trường như nhiệt độ, oxy hòa tan, thời gian và thành phần nền bia. Khi diacetyl đã hình thành, việc giảm nó phụ thuộc vào khả năng trao đổi chất còn lại của nấm men, nhất là ở cuối lên men khi men có thể đã suy giảm hoạt lực hoặc bị ảnh hưởng bởi ethanol và lạnh hóa [2].

Trong con đường thứ hai, ALDC xúc tác trực tiếp phản ứng khử carboxyl của α -acetolactate thành acetoin. Điều quan trọng là enzyme không cần “biết” diacetyl đã có mặt hay chưa; nó hoạt động trên tiền chất α -acetolactate. Vì vậy, hiệu quả công nghệ tốt nhất thường đạt được khi enzyme hiện diện trong giai đoạn mà α -acetolactate đang được tạo ra hoặc vừa xuất hiện trong môi trường lên men [1].

Các nghiên cứu trên vi sinh vật cũng củng cố vai trò trung tâm của ALDC trong cân bằng α -acetolactate/diacetyl. Khi hoạt tính α -acetolactate decarboxylase bị bất hoạt ở *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, sự hình thành α -acetolactate và diacetyl thay đổi đáng kể, cho thấy enzyme này là điểm điều tiết quan trọng của nhánh chuyển hóa tạo hợp chất diketone [4]. Các nghiên cứu về đồng chuyển hóa glucose/citrate ở chủng có ALDC suy giảm cũng cho thấy việc thay đổi hoạt tính enzyme có thể làm dịch chuyển dòng carbon qua các sản phẩm như α -acetolactate, diacetyl, acetoin và 2,3-butanediol [5].

Ở quy mô công nghiệp, ý nghĩa thực tế của cơ chế này là ALDC tác động vào **nguyên nhân hóa sinh** của mùi bơ, không chỉ vào triệu chứng cảm quan. Nếu một mẻ bia đã tích lũy diacetyl do men yếu, nhiễm tạp, oxy hóa hoặc xử lý nhiệt không phù hợp, ALDC không nên được hiểu là công cụ “khử diacetyl đã có sẵn”. Vai trò hợp lý nhất của enzyme là giảm nguồn tiền chất để hạn chế lượng diacetyl mới hình thành trong quá trình lên men và ủ chín.

Bằng chứng khoa học và bối cảnh an toàn thực phẩm

Từ nghiên cứu gene đến ứng dụng trong nấm men bia

ALDC đã được nghiên cứu từ khá sớm trong bối cảnh rút ngắn quá trình sản xuất bia. Nghiên cứu về biểu hiện gene α -acetolactate decarboxylase từ *Enterobacter aerogenes* trong nấm men bia cho thấy mối quan tâm lâu dài của ngành với việc đưa hoạt tính ALDC vào hệ lên men nhằm giảm hình thành diacetyl [2]. Một hướng nghiên cứu khác tích hợp trình tự gene liên quan vào nấm men bia để tạo hoạt tính ALDC, phản ánh cách tiếp cận di truyền nhằm giảm gánh nặng ủ chín truyền thống [3].

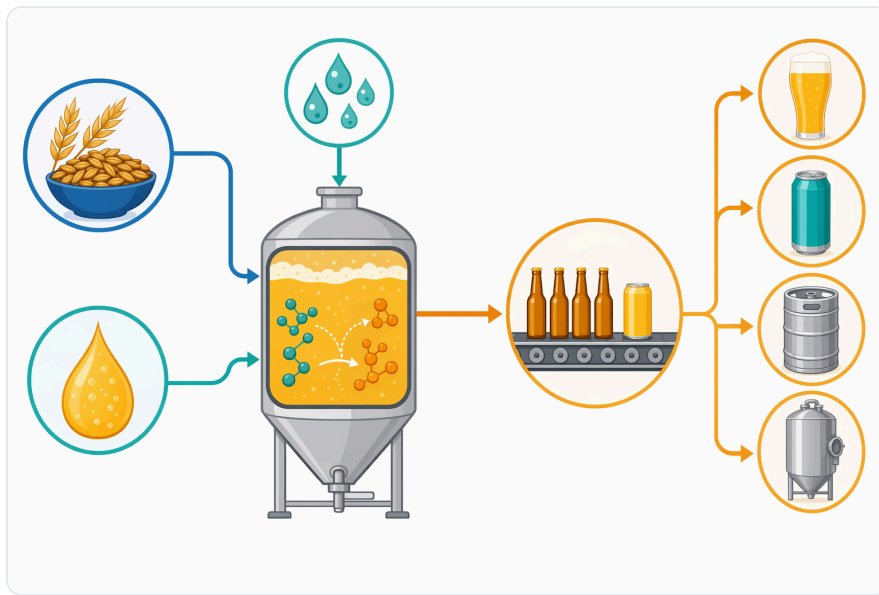


Figure 2. Nguy cơ hình thành diacetyl phát sinh qua quá trình thải tiền chất, chuyển đổi hóa học và sự làm sạch phụ thuộc thời gian của nấm men, trong khi ALDC can thiệp trước khi hợp chất gây mùi không mong muốn này tích tụ.

Những nghiên cứu này không có nghĩa là mọi nhà máy cần dùng nấm men biến đổi hoặc thay đổi chủng lên men. Chúng quan trọng vì chứng minh mục tiêu hóa sinh—chuyển α -acetolactate thành acetoin—là hợp lý và có thể tác động được. Với phần lớn ứng dụng thương mại, bổ sung chế phẩm ALDC như một enzyme hỗ trợ chế biến là cách tiếp cận đơn giản hơn so với thay đổi hệ giống men hoặc thiết kế lại toàn bộ nền tảng lên men.

Nguồn vi sinh và đặc tính enzyme

ALDC không chỉ xuất hiện trong một loài vi sinh vật duy nhất. Các nghiên cứu trên vi khuẩn lactic như *Lactococcus lactis* và *Streptococcus thermophilus* cho thấy enzyme này tham gia đáng kể vào điều hòa các chất trung gian liên quan đến diacetyl và acetoin trong lên men thực phẩm [6]. Điều đó giải thích vì

sao ALDC được nghiên cứu trong nhiều bối cảnh: từ bia, sản phẩm sữa lên men đến sản xuất hóa chất nền như acetoin hoặc 2,3-butanediol.

Về cấu trúc, ALDC cũng đã được tinh sạch và kết tinh để phục vụ nghiên cứu tinh thể học, cho thấy enzyme này có đủ mức độ quan tâm khoa học để được khảo sát ở cấp độ protein. Các nghiên cứu như vậy không trực tiếp nói lên hiệu quả của một chế phẩm thương mại cụ thể, nhưng giúp củng cố hiểu biết rằng ALDC là một protein enzyme có chức năng xúc tác xác định, chứ không phải một “hỗn hợp bí truyền” chỉ được mô tả bằng kinh nghiệm sản xuất [7].

Một số nghiên cứu kỹ thuật protein còn tập trung cải thiện độ ổn định acid của ALDC, chẳng hạn thay đổi các gốc amino acid kiềm sang acid ở enzyme có nguồn gốc *Staphylococcus aureus* khi biểu hiện trong *Bacillus subtilis*. Hướng nghiên cứu này có ý nghĩa vì nhiều nền thực phẩm và đồ uống lên men có pH thấp; khả năng duy trì hoạt tính trong môi trường acid là yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng của enzyme [8].

Đánh giá quản lý và an toàn

Tại Hoa Kỳ, FDA đã ban hành quy định cho phép sử dụng chế phẩm enzyme α -acetolactate decarboxylase có nguồn gốc từ hệ sản xuất *Bacillus subtilis* tái tổ hợp mang gene từ *Bacillus brevis* như chất hỗ trợ chế biến trong sản xuất đồ uống malt có cồn và rượu chưng cất, với nguyên tắc dùng ở mức cần thiết để đạt hiệu quả công nghệ [1]. Đây là một điểm tham chiếu quan trọng vì nó liên kết mục đích công nghệ với bối cảnh an toàn của enzyme trong thực phẩm.

Ở châu Âu, EFSA đã công bố các đánh giá an toàn đối với enzyme acetolactate decarboxylase từ các chủng vi sinh vật sản xuất khác nhau, bao gồm *Bacillus licheniformis* biến đổi gene và *Bacillus subtilis* biến đổi gene trong hồ sơ enzyme thực phẩm. Các đánh giá này không nên được diễn giải là chứng nhận cho mọi sản phẩm ALDC trên thị trường, nhưng chúng cho thấy nhóm enzyme này đã được xem xét trong khung đánh giá an toàn thực phẩm hiện đại [9].

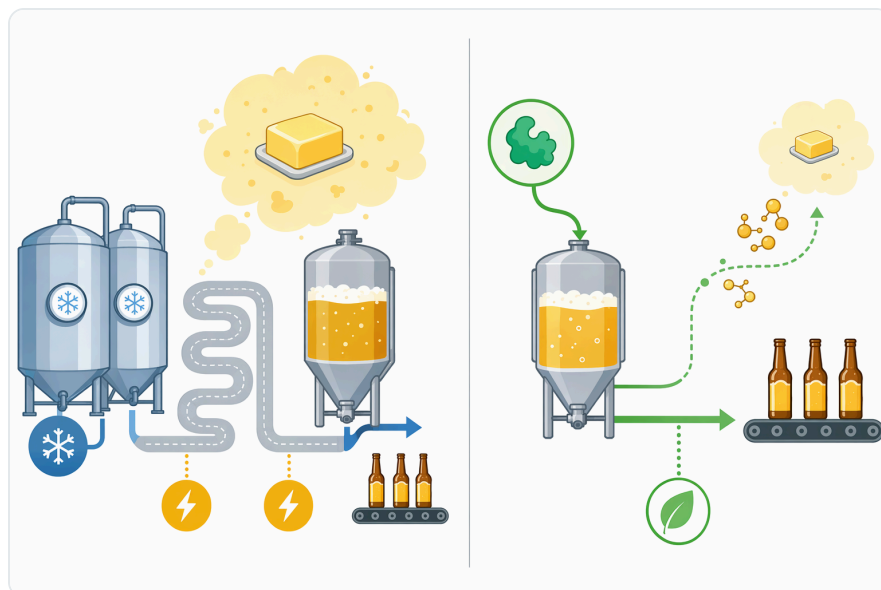


Figure 3. Xử lý ALDC mang tính phòng ngừa khác với cách quản lý diacetyl truyền thống vì nó làm giảm lượng α -acetolactate thay vì chỉ dựa vào quá trình nấm men khử diacetyl ở giai đoạn sau.

Một đánh giá EFSA gần đây hơn về acetolactate decarboxylase từ chủng *Bacillus subtilis* DP-Ezz65 cũng tiếp tục phản ánh sự quan tâm quản lý đối với nguồn sản xuất, đặc tính enzyme, tạp chất liên quan và mục đích sử dụng trong thực phẩm. Với khách hàng B2B, ý nghĩa thực tế là cần phân biệt giữa “bằng chứng chung về nhóm enzyme” và tài liệu lô hàng cụ thể như CoA, SDS được cung cấp khi đặt hàng ^[10].

So sánh ALDC với các cách kiểm soát diacetyl khác

Cách tiếp cận	Điểm tác động chính	Lợi ích thực tế	Giới hạn cần hiểu đúng
Diacetyl rest / maturation truyền thống	Đợi diacetyl hình thành rồi để nấm men khử tiếp	Không cần bổ sung enzyme; phù hợp quy trình cổ điển	Tốn thời gian tank; phụ thuộc sức khỏe men, nhiệt độ và biến động mẻ
Bổ sung ALDC trong giai đoạn lên men	Chuyển α -acetolactate thành acetoin trước khi tạo diacetyl	Giảm nguồn tiền chất diacetyl; hỗ trợ rút ngắn ủ chín; dễ tích hợp vào quy trình hiện có	Không phải giải pháp khử diacetyl đã hình thành; cần tối ưu theo nền bia và quy trình
Chọn/chỉnh chủng men có hoạt tính ALDC	Tạo hoạt tính ALDC ngay trong hệ vi sinh lên men	Có thể giảm diacetyl từ bên trong hệ lên men; đã được nghiên cứu trong nấm men bia	Liên quan đến quản lý giống, chấp nhận thị trường và kiểm soát di truyền ^[3]

Cách tiếp cận	Điểm tác động chính	Lợi ích thực tế	Giới hạn cần hiểu đúng
Kiểm soát dinh dưỡng, oxy và nhiệt độ	Giảm điều kiện làm tăng tiền chất hoặc làm chậm hấp thu diacetyl	Cần thiết cho mọi quy trình bia ổn định	Khó loại bỏ hoàn toàn rủi ro diacetyl nếu α -acetolactate vẫn tích lũy

Bảng trên cho thấy ALDC không thay thế toàn bộ quản trị lên men. Nấm men khỏe, kiểm soát nhiệt độ, oxy, dinh dưỡng và vệ sinh vẫn là nền tảng. Tuy nhiên, ALDC có lợi thế riêng vì tác động trực tiếp vào tiền chất α -acetolactate, nhờ đó giảm áp lực phải dùng thời gian maturation như công cụ kiểm soát duy nhất ^[1].

Ứng dụng trong bia lager, ale sạch và đồ uống malt

Bia lager và pilsner

Lager, pilsner và các dòng bia sáng màu thường là ứng dụng điển hình của ALDC vì các sản phẩm này đòi hỏi hồ sơ hương sạch, ít ester và ít hợp chất bơ. Khi nền hương mảnh, diacetyl dễ bị người uống nhận ra hơn. ALDC giúp giảm khả năng hình thành diacetyl ngay trong quá trình lên men, qua đó hỗ trợ ổn định cảm quan và rút ngắn thời gian chờ trước khi lọc, đóng gói hoặc chuyển bước xử lý tiếp theo .

Trong nhà máy có lịch lên men dày, việc giảm phụ thuộc vào giai đoạn ủ chín kéo dài có thể cải thiện vòng quay tank. Lợi ích này đặc biệt rõ khi cùng một hệ thống tank phải phục vụ nhiều SKU hoặc nhiều mẻ liên tục. Tuy vậy, mức độ rút ngắn thời gian thực tế phụ thuộc vào công thức, chủng men, thiết kế tank, nhiệt độ lên men và tiêu chuẩn giải phóng sản phẩm của từng cơ sở.

Ale có hồ sơ hương trung tính

Không chỉ lager mới quan tâm đến diacetyl. Một số dòng ale hiện đại, blonde ale, cream ale, Kölsch-style, non-hop-forward ale hoặc đồ uống malt nền trung tính cũng cần hạn chế mùi bơ. Với các sản phẩm này, ALDC có thể được cân nhắc khi mục tiêu là giảm biến động giữa các mẻ, đặc biệt nếu thời gian sản xuất ngắn hoặc quy trình lạnh hóa sớm khiến nấm men có ít thời gian xử lý diacetyl.

Điểm cần lưu ý là nhiều dòng ale có ester hoặc hợp chất hop nổi bật hơn lager, nên lợi ích cảm quan của ALDC có thể khó nhận ra nếu diacetyl không phải điểm nghẽn chính. Trong trường hợp đó, giá trị của enzyme nằm nhiều hơn ở tính nhất quán quy trình và giảm rủi ro lô hàng, thay vì tạo ra khác biệt hương vị dễ thấy trong từng mẻ.

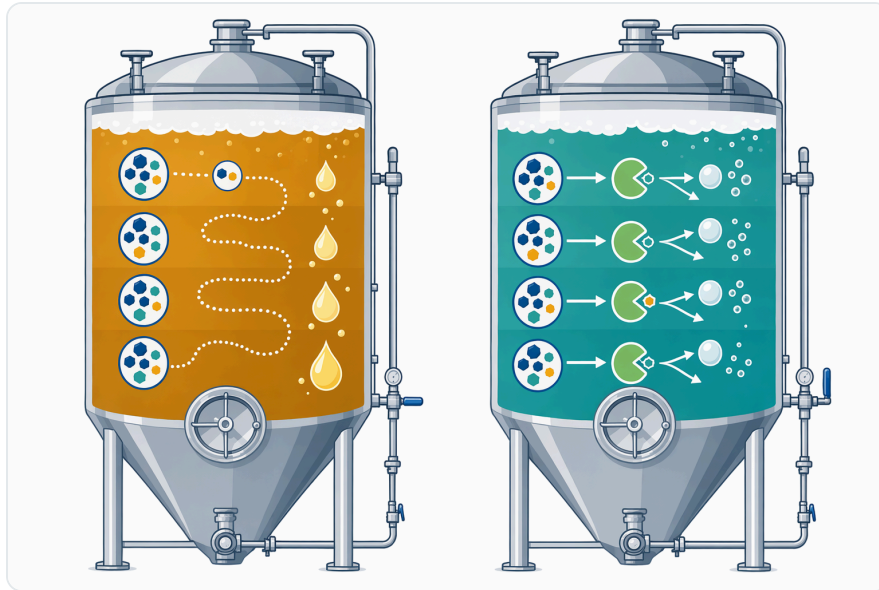


Figure 4. Các nghiên cứu trong sản xuất bia ủng hộ việc sử dụng hoạt tính ALDC trong quá trình lên men để giảm con đường dẫn đến diacetyl.

Đồ uống malt có cồn và nèn lên men trước chưng cất

Quy định của FDA nêu rõ bối cảnh sử dụng α -acetolactate decarboxylase trong sản xuất **alcoholic malt beverages** và **distilled liquors**. Với đồ uống malt có cồn, logic ứng dụng tương tự bia: giảm tiền chất diacetyl để giữ nèn hương sạch và hạn chế thời gian chờ ^[1].

Trong quy trình rượu chưng cất, ALDC cần được nhìn nhận thận trọng hơn. Giai đoạn lên men tạo nèn hợp chất bay hơi trước khi chưng cất, nhưng tác động cảm quan sau cùng còn phụ thuộc vào thiết bị, điều kiện chưng cất, cắt phân đoạn và xử lý sau chưng cất. Vì vậy, ALDC có thể là một công cụ kiểm soát tiền chất carbonyl trong nèn lên men, nhưng không nên được mô tả như giải pháp toàn diện cho mọi vấn đề mùi của rượu thành phẩm.

Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ALDC trong quy trình

Thời điểm bổ sung

Vì ALDC tác động lên α -acetolactate, thời điểm hợp lý nhất là khi tiền chất này có khả năng được tạo ra. Trong bia, đó thường là giai đoạn lên men chính hoặc thời điểm đủ sớm để enzyme tiếp xúc với α -acetolactate trước khi phần lớn tiền chất chuyển thành diacetyl. Nếu bổ sung quá muộn, khi diacetyl đã tích lũy đáng kể, enzyme không thể đảo ngược hoàn toàn vấn đề vì cơ chất mục tiêu của nó không còn là diacetyl.

Cách tiếp cận này phù hợp với cơ chế được mô tả trong các hồ sơ quản lý: α -ALDC chuyển α -acetolactate thành acetoin, qua đó tránh hình thành diacetyl thay vì xử lý trực tiếp diacetyl đã tồn tại [1]. Vì vậy, trong thiết kế quy trình, ALDC nên được đặt ở vị trí “phòng ngừa” hơn là “khắc phục”.

Nền bia, pH và nhiệt độ

Hiệu quả enzyme phụ thuộc vào môi trường. pH, nhiệt độ, ethanol, ion kim loại, protein, polyphenol và thành phần dịch nha đều có thể ảnh hưởng đến cấu trúc hoặc khả năng tiếp cận cơ chất của enzyme. Các nghiên cứu cải thiện độ ổn định acid của ALDC cho thấy pH là một biến quan trọng trong thực phẩm và đồ uống lên men, nơi môi trường thường có tính acid hơn so với điều kiện trung tính [11].

Điều này không có nghĩa là mọi mẻ bia cần thay đổi pH hoặc nhiệt độ chỉ để phục vụ ALDC. Thực tế, enzyme thường được dùng như một công cụ tích hợp vào quy trình hiện có. Tuy nhiên, nếu cùng một mức bổ sung cho kết quả khác nhau giữa các dòng bia, nguyên nhân có thể nằm ở nền sản phẩm, tốc độ lên men, chủng men hoặc điều kiện tiếp xúc của enzyme, chứ không nhất thiết do bản thân enzyme “hoạt động hoặc không hoạt động” theo nghĩa tuyệt đối.



Figure 5. ALDC đặc biệt phù hợp với các quá trình lên men tạo hương vị sạch như lager, pilsner, light lager, bia phong cách kölsch, ale sạch và các đồ uống khác nơi hương bơ là điều không mong muốn.

Chủng nấm men và sức khỏe men

ALDC giúp giảm tiền chất diacetyl, nhưng nấm men vẫn đóng vai trò trung tâm trong toàn bộ cân bằng hương. Chủng men khác nhau tạo α -acetolactate ở mức khác nhau; sức khỏe men, khả năng hấp thu diacetyl và năng lực khử carbonyl cũng khác nhau. Các nghiên cứu biểu hiện ALDC trong nấm men bia

phản ánh chính mối liên hệ giữa hoạt tính enzyme, chuyển hóa nấm men và mục tiêu rút ngắn maturation [3].

Do đó, nếu men bị stress nghiêm trọng, thiếu dinh dưỡng, nhiễm tạp hoặc bị lạnh hóa quá sớm, ALDC có thể giảm một phần rủi ro từ α -acetolactate nhưng không thay thế được quản trị men. Nói cách khác, ALDC là công cụ chuyên biệt cho tiền chất diacetyl, không phải “bảo hiểm” cho mọi sai lệch lên men.

Vai trò của acetoin và tuyến 2,3-butanediol

Khi ALDC chuyển α -acetolactate thành acetoin, sản phẩm acetoin có thể tiếp tục tham gia cân bằng khử trong hệ lên men. Trong nhiều vi sinh vật, acetoin và 2,3-butanediol nằm trong một nhánh chuyển hóa liên quan đến điều hòa redox và phân bố carbon. Các nghiên cứu sản xuất 2,3-butanediol bằng *Klebsiella pneumoniae* đã sử dụng việc tăng biểu hiện acetolactate synthase, α -acetolactate decarboxylase và butanediol dehydrogenase để đẩy dòng chuyển hóa qua tuyến này [12].

Tương tự, kỹ thuật hóa *Corynebacterium glutamicum* để sản xuất 2,3-butanediol cũng cho thấy ALDC là mắt xích quan trọng trong đường chuyển α -acetolactate thành acetoin rồi tiếp tục thành 2,3-butanediol. Dù bối cảnh này là công nghệ sinh học công nghiệp chứ không phải bia, nó giúp làm rõ vị trí sinh hóa của ALDC trong mạng chuyển hóa C4 [13].

Với bia, điểm cần nhớ không phải là tối đa hóa acetoin hay 2,3-butanediol, mà là tránh tích lũy diacetyl ở mức gây lỗi hương. ALDC chuyển dòng tiền chất theo hướng ít rủi ro hơn cho hồ sơ cảm quan, nhưng sản phẩm cuối cùng vẫn phải được đánh giá trong tổng thể nền bia, mục tiêu phong cách và tiêu chuẩn chất lượng của từng nhà sản xuất.

Lưu ý về sử dụng an toàn và tuân thủ

Enzyme thực phẩm là protein hoạt tính sinh học. Khi thao tác với chế phẩm enzyme, cần tránh hít bụi hoặc aerosol, tránh tiếp xúc trực tiếp kéo dài với da và mắt, đồng thời tuân thủ hướng dẫn an toàn trong SDS đi kèm đơn hàng. Đây là thực hành an toàn thông thường đối với enzyme công nghiệp, vì một số người nhạy cảm có thể bị kích ứng hoặc mẫn cảm khi tiếp xúc lặp lại.

Về tuân thủ, cần phân biệt ba lớp thông tin. Thứ nhất là bằng chứng chung về ALDC và các đánh giá quản lý đã công bố cho một số chế phẩm enzyme thực phẩm. Thứ hai là quy định áp dụng tại thị trường nơi sản phẩm đồ uống được sản xuất và bán. Thứ ba là tài liệu lô hàng cụ thể như CoA và SDS, vốn được Enzymes.bio cung cấp kèm khi đặt hàng .

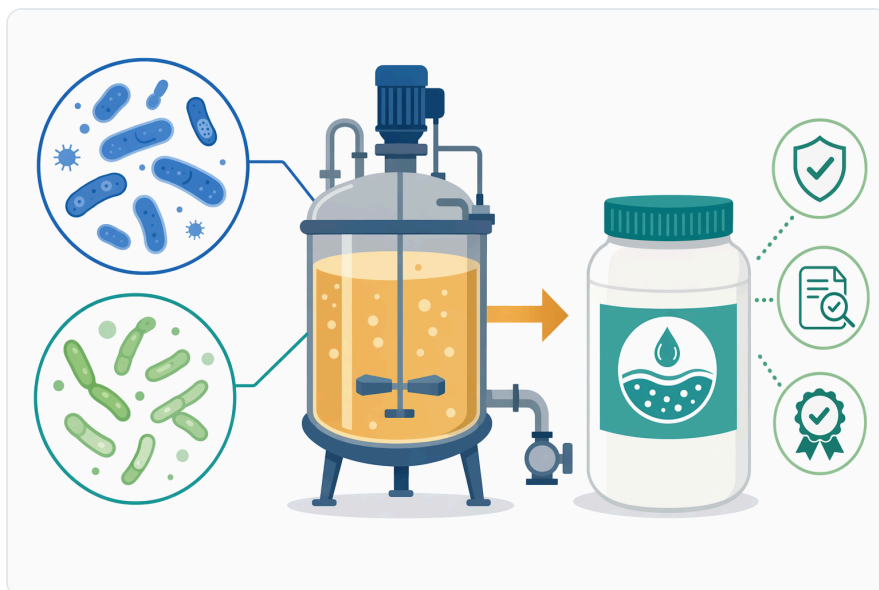


Figure 6. ALDC là một nhóm enzyme thực phẩm đã được công nhận, được hỗ trợ bởi các tài liệu về vi sinh vật, sản xuất, cấu trúc và đánh giá an toàn.

Enzymes.bio là nhà cung cấp sản phẩm enzyme B2B, không phải nhà sản xuất hay phòng thí nghiệm phân tích. Vì vậy, tài liệu kỹ thuật này chỉ giải thích cơ chế, bối cảnh ứng dụng và bằng chứng khoa học liên quan; thông tin lô hàng và an toàn thao tác cần dựa trên CoA và SDS đi kèm sản phẩm khi mua trực tuyến theo đơn vị 1 kg.

Thông tin thực tế về sản phẩm Enzymes.bio

Food Grade A-Acetolactate Decarboxylase trên Enzymes.bio được cung cấp cho ứng dụng chế biến thực phẩm/đồ uống, đặc biệt là ngành bia. Trang sản phẩm nêu mục đích hỗ trợ giảm diacetyl bằng cách thúc đẩy chuyển α -acetolactate thành acetoin, đồng thời khuyến nghị bảo quản chế phẩm ở điều kiện kín, khô, mát và tránh ánh sáng trực tiếp .

Sản phẩm được bán trực tiếp online theo đơn vị **1 kg**. Khi đặt hàng, khách hàng nhận kèm **CoA** và **SDS** để phục vụ kiểm soát hồ sơ nội bộ, lưu kho và an toàn thao tác. Do hiệu quả ALDC phụ thuộc vào nền lên men và cấu hình quy trình, việc tích hợp enzyme nên được xem như một bước công nghệ trong hệ thống kiểm soát diacetyl tổng thể, cùng với quản trị men, nhiệt độ, oxy, thời gian ủ và tiêu chuẩn cảm quan.

Kết luận: ALDC là công cụ phòng ngừa diacetyl có cơ chế rõ ràng

Food Grade A-Acetolactate Decarboxylase là enzyme hỗ trợ chế biến có vai trò rõ trong bia và đồ uống lên men: chuyển α -acetolactate thành acetoin để giảm nguồn hình thành **diacetyl**. Cơ chế này đã được mô tả trong nghiên cứu vi sinh, nghiên cứu nấm men bia và tài liệu quản lý liên quan đến sử dụng

α -ALDC trong đồ uống malt có cồn và rượu chưng cất [1].

Đối với nhà sản xuất đồ uống, giá trị của ALDC nằm ở việc kiểm soát nguyên nhân hóa sinh của off-flavour bơ, hỗ trợ rút ngắn maturation và cải thiện độ ổn định giữa các mẻ. Enzymes.bio cung cấp Food Grade A-Acetolactate Decarboxylase trực tiếp online theo đơn vị 1 kg, kèm CoA và SDS khi đặt hàng; sản phẩm nên được dùng như một phần của chiến lược quản trị lên men, không phải thay thế cho kiểm soát men, vệ sinh, oxy, nhiệt độ và đánh giá cảm quan cuối cùng.

Đặt mua Food Grade A-Acetolactate Decarboxylase trực tuyến

Bán theo đơn vị 1 kg, có sẵn trong kho và sẵn sàng giao hàng. Đặt mua trực tiếp trên cửa hàng của chúng tôi — thanh toán trực tuyến và chúng tôi sẽ xử lý đơn hàng. Mỗi đơn hàng đều kèm Chứng nhận Phân tích và Bảng Dữ liệu An toàn.

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

Tài liệu tham khảo

Được đánh số theo thứ tự trích dẫn đầu tiên. Các nguồn truy cập mở, đều được xác minh có thể truy cập tại thời điểm xuất bản; số trích dẫn trong bài liên kết đến đây.

1. [Secondary Direct Food Additives Permitted In Food For Human Consumption Alpha Acetolactate. Federalregister.](#)
2. 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.
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. Curic, M., Richelieu, M., Henriksen, C. M., Jochumsen, K. V., Villadsen, J., & Nilsson, D. (1999). [Glucose/citrate cometabolism in Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis with impaired alpha-acetolactate decarboxylase.. Metabolic Engineering](#), 1 4, 291-8 .
6. Monnet, C., & Corrieu, G. (2007). [Selection and properties of alpha-acetolactate decarboxylase-deficient spontaneous mutants of Streptococcus thermophilus.. Food microbiology](#), 24 6, 601-6 .
7. Najmudin, S., Andersen, J. T., Patkar, S., Borchert, T., Crout, D., & Fülöp, V. (2003). [Purification, crystallization and preliminary X-ray crystallographic studies on acetolactate decarboxylase.. Acta Crystallographica Section D: Biological](#)

Crystallography, 59 Pt 6, 1073-5 .

8. Zhang, X., Rao, Z., Li, J., Zhou, J., Tao-Yang, Xu, M., Bao, T., ... et al. (2015). Improving the acidic stability of *Staphylococcus aureus* α -acetolactate decarboxylase in *Bacillus subtilis* by changing basic residues to acidic residues. *Amino Acids*, 47, 707-717.
9. Silano, V., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Brüscheiler, B., Coconcelli, P., Crebelli, R., Gott, D., ... et al. (2018). Safety evaluation of the food enzyme acetolactate decarboxylase from a genetically modified *Bacillus licheniformis* (strain NZYM-JB). *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 16.
10. 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.
11. Zhang, X., Rao, Z., Li, J., Zhou, J., Tao-Yang, Xu, M., Bao, T., ... et al. (2014). Improving the acidic stability of *Staphylococcus aureus* α -acetolactate decarboxylase in *Bacillus subtilis* by changing basic residues to acidic residues. *Amino Acids*, 47, 707 - 717.
12. 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.
13. Radoš, D., Carvalho, A. L., Wieschalka, S., Neves, A., Blombach, B., Eikmanns, B., & Santos, H. (2015). Engineering *Corynebacterium glutamicum* for the production of 2,3-butanediol. *Microbial Cell Factories*, 14.

Liên hệ Enzymes.bio

Có câu hỏi về đơn hàng? Đội ngũ của chúng tôi luôn sẵn sàng hỗ trợ.


EMAIL wholesale@enzymes.bio

ĐIỆN THOẠI (HOA KỲ) **+1 (507) 428-6057**

[Liên hệ với chúng tôi →](#)

 **400+** khách hàng B2B

 **60+** đối tác nghiên cứu đại học

 **54** phục vụ trên toàn cầu

© 2026 Enzymes.bio · Cung ứng enzyme công nghiệp & chế biến thực phẩm · Không dùng cho người tiêu thụ hoặc bán lẻ.