

# 酸性蛋白酶 ( Acid Protease ) 用於有效乙醇發酵：提升含蛋白原料營養釋放的發酵輔助酵素

Enzymes.bio 研究團隊 · 紐西蘭威靈頓 · June 21, 2026

**直接回答：**酸性蛋白酶用於乙醇發酵時，主要功能不是直接催化糖轉成乙醇，而是在偏酸環境中水解原料蛋白質，釋放小分子胜肽與可被酵母利用的胺基酸氮源。已有研究直接探討酸性真菌蛋白酶在高濃度發酵與工業玉米乙醇中的應用，但實際效益仍取決於原料蛋白含量、酵母菌株、糖化效率與發酵壓力條件<sup>[1][2]</sup>。Enzymes.bio 供應的 Acid Protease Enzyme For Effective Ethanol Fermentation 可作為乙醇製程中的營養釋放與基質調整工具，產品以 1 kg 單位在線上銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供。

## 產品定位與主要應用

Acid Protease Enzyme For Effective Ethanol Fermentation 是面向乙醇發酵應用的酸性蛋白酶產品，主要應用於穀物醪液、玉米或高粱發酵、糖蜜型基質、植物副產物與其他含蛋白質的發酵原料。它的核心價值在於將原料中的蛋白質水解為較短的胜肽與胺基酸，使發酵系統中的可利用氮源更容易被酵母吸收；這一點與釀造、麴菌發酵與傳統發酵中「多酵素共同分解大分子」的邏輯一致<sup>[3]</sup>。

Enzymes.bio 是酵素供應商，並非製造商或實驗室；本文件以技術教育與應用理解為目的，不宣稱特定製程結果，也不提供製造端規格或檢測設計。此產品可在線上以 1 kg 單位下單，訂單完成後依流程出貨，檢驗成績書 ( CoA ) 與安全資料表 ( SDS ) 會隨貨提供；使用者應依自身既有製程條件、安全規範與產品文件進行導入管理，酵素產品的職業安全資訊也應以 SDS 為準<sup>[4]</sup>。

## 酸性蛋白酶在乙醇發酵中的角色

乙醇發酵常被簡化為「糖源加酵母」，但在工業環境中，酵母能否穩定將糖轉為乙醇，還受到氮源、微量營養、抑制物、滲透壓、乙醇壓力與污染控制等因素影響。Saccharomyces cerevisiae 在乙醇生產過程中會攝取多種胺基酸，且不同胺基酸的利用與發酵進程相關，顯示可利用氮源並非只是輔助成分，而是影響酵母代謝平衡的重要變因<sup>[5]</sup>。

酸性蛋白酶的作用位置通常在「蛋白質 → 胜肽 / 胺基酸」這一段，而不是「澱粉 → 葡萄糖」或「葡萄糖 → 乙醇」。因此，若乙醇原料的主要瓶頸是澱粉未完全糖化，應由液化酵素、糖化酵素或其他碳水化合物水解酵素處理；酸性蛋白酶則是補足含蛋白質基質中的氮源釋放、膠體結構鬆動與營養可及

性，與糖化系統形成互補，而非取代糖化主酵素<sup>[6]</sup>。



**Figure 1.** 酸性蛋白酶可将穀物蛋白質轉化為酵母可利用的氮源，同時澱粉酶生成可發酵糖，從而支持澱粉乙醇發酵。

在高濃度或高固形物發酵中，基質不僅濃度高，也常伴隨較高黏度、營養分布不均與酵母壓力增加。針對印度高粱高濃度乙醇發酵的研究曾評估酸性真菌蛋白酶的影響，說明酸性蛋白酶並非只屬於食品水解領域，也已被放入燃料或工業乙醇發酵情境中討論<sup>[1]</sup>。

## 作用機制：從蛋白質水解到發酵穩定性

### 水解蛋白質並釋放可同化氮源

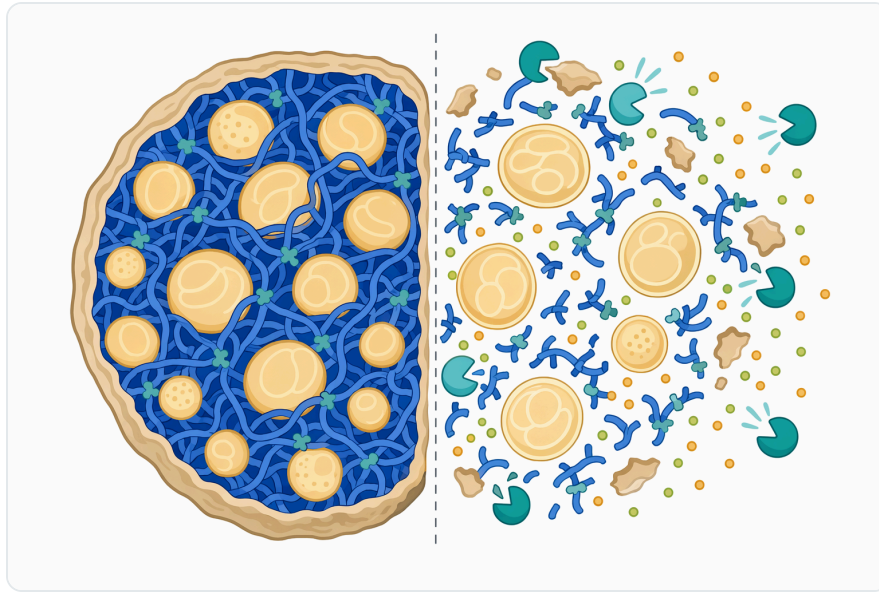
酸性蛋白酶透過水解肽鍵，將大分子蛋白質切割成較短肽與胺基酸。對酵母而言，這些含氮小分子可參與蛋白質合成、酵素生成、細胞膜修復、壓力反應與生長維持；在乙醇濃度升高、糖濃度高或原料批次波動的條件下，可同化氮源的供應狀態尤其重要<sup>[5]</sup>。

需要注意的是，「增加總氮」與「增加可被酵母有效利用的氮」並不完全相同。原料中的蛋白質若以不溶或大分子形式存在，酵母未必能快速利用；酸性蛋白酶的實務意義在於將部分蛋白質轉為更可溶、分子量較低、較容易進入微生物營養網絡的型態，這也是許多傳統發酵系統依賴蛋白酶與其他酵素共同作用的原因<sup>[7]</sup>。

### 在偏酸製程中維持蛋白質水解能力

乙醇發酵環境通常不是強鹼性系統，許多製程會維持在偏酸條件以降低污染風險，原料本身也可能帶有有機酸或經過酸化處理。酸性蛋白酶的特點是適合在偏酸條件下進行蛋白質水解；例如來源於 *Aspergillus hennebergii* HX08 的酸性蛋白酶研究，即將其潛力放在傳統發酵的低 pH 蛋白水解脈絡

中討論<sup>[8]</sup>。



**Figure 2.** 蛋白酶介導的蛋白質水解可打開穀物基質，改善對澱粉與可溶性營養物質的取得。

這種 pH 相容性對乙醇發酵相當重要，因為若蛋白酶只能在中性或鹼性環境中運作，導入偏酸發酵液時可能很快失去作用。酸性蛋白酶可在較接近實際發酵條件的環境下工作，使蛋白質水解不必完全依賴額外的中和或大幅調整流程；但實際相容性仍需回到原料、製程溫度、停留時間與其他添加物的整體條件判斷<sup>[9]</sup>。

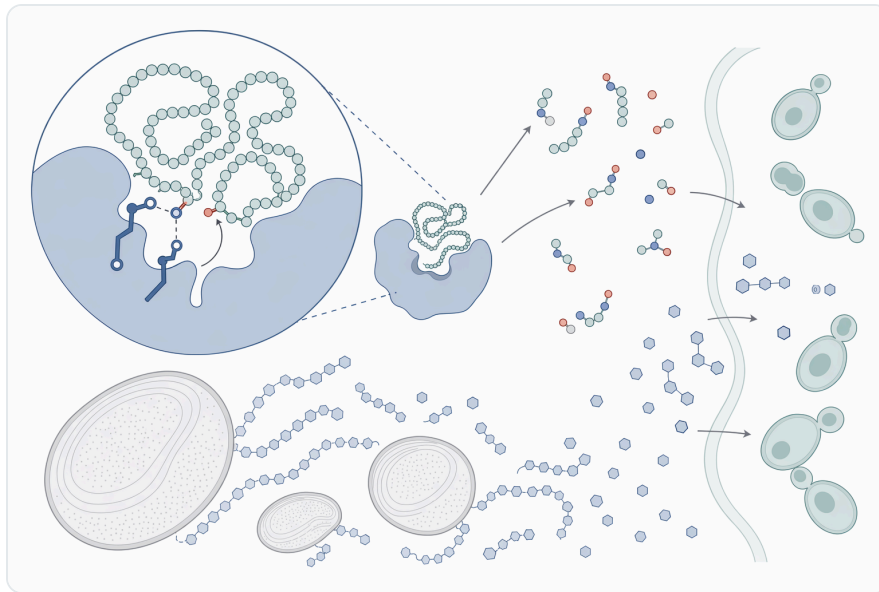
### 改善複雜基質的營養可及性

玉米、高粱、碎米、珍珠粟、豆類副產物或植物加工殘渣等原料，通常不是單純的糖水，而是同時含有澱粉、蛋白質、脂質、纖維、礦物質與膠體成分的複合基質。碎米與珍珠粟的免蒸煮乙醇生產研究顯示，替代穀物原料可以進入乙醇製程討論，但其可發酵性取決於原料組成與酵素處理策略<sup>[10]</sup>。

蛋白質在複雜基質中可能形成包埋、吸附或膠體結構，間接影響澱粉、纖維或其他營養成分的接觸效率。酸性蛋白酶不是破壞所有結構的萬能工具，但在含蛋白比例較高的原料中，蛋白質水解可能降低局部黏滯、釋放被包覆的營養物，並使糖化酵素與酵母更容易接觸可利用底物<sup>[6]</sup>。

### 支援酵母面對高糖與乙醇壓力

在高濃度乙醇發酵中，酵母會面對滲透壓、乙醇毒性、營養競爭與代謝副產物累積。酸性蛋白酶本身不會降低乙醇毒性，也不會直接改造酵母耐受性；它的價值在於透過胺基酸與胜肽釋放，讓酵母在壓力條件下有較好的營養基礎，支援細胞修復與代謝維持<sup>[5]</sup>。



**Figure 3.** 酸性蛋白酶會切割原料蛋白質中的胜肽鍵，產生較小的胜肽和胺基酸，使酵母更容易利用。

這種「支援」應以保守方式理解：如果發酵失敗主因是嚴重污染、糖化不足、溫度失控或抑制物過量，單靠酸性蛋白酶不會解決根本問題。相反地，若瓶頸與含蛋白原料營養釋放不足、氮源可利用性不佳或高固形物基質分散不均有關，酸性蛋白酶較有機會展現輔助價值<sup>[2]</sup>。

## 與其他乙醇發酵酵素與策略的比較

工具或策略	主要作用底物	對乙醇發酵的主要貢獻	與酸性蛋白酶的關係
酸性蛋白酶	蛋白質、蛋白聚集物	釋放胜肽、胺基酸與可同化氮源，支援酵母營養與基質調整	適合含蛋白原料與偏酸發酵條件，已有高粱高濃度發酵與玉米乙醇應用研究 <sup>[1]</sup> <sup>[2]</sup>
澱粉液化 / 糖化酵素	澱粉、糊精	釋放葡萄糖等可發酵糖，是穀物乙醇的碳源核心	酸性蛋白酶不能取代糖化，但可改善含蛋白醪液的營養釋放
纖維素酶 / 半纖維素酶	纖維素、半纖維素	釋放木質纖維素原料中的可發酵糖	在農業殘渣或預處理基質中，可與蛋白質水解形成互補 <sup>[11]</sup>
酵母營養管理	無機氮、胺基酸、維生素、礦物質	補足酵母生長與壓力應答所需營養	酸性蛋白酶偏向「從原料釋放」營養，而非單純外加營養鹽 <sup>[5]</sup>
酸 / 物理 / 化學預處理	植物細胞壁、複合基質	提高酵素可及性與後續水解效率	酸性蛋白酶可作為預處理後的營養釋放工具，但不等同於前處理本身 <sup>[12]</sup>

## 證據強度：哪些主張較穩健，哪些需要依製程確認

最穩健的主張是：酸性蛋白酶可在偏酸環境中水解蛋白質，產生較小的胜肽與胺基酸，這是其作為發酵輔助酵素的基礎。酸性蛋白酶的分離、特性與發酵潛力已在真菌來源酵素研究中被討論，而 *Aspergillus* 類群也常見於酸性蛋白酶與傳統發酵酵素研究脈絡<sup>[8]</sup>。

較接近乙醇應用的證據包括高濃度高粱乙醇發酵中酸性真菌蛋白酶的研究，以及酸性蛋白酶在工業玉米乙醇生產中的應用研究。這些文獻支持「酸性蛋白酶可以被納入乙醇製程設計」的說法，但不代表任何原料、任何劑量或任何酵母系統都會得到相同結果<sup>[1][2]</sup>。

間接但重要的證據來自酵母胺基酸利用與複合發酵系統研究。酵母在乙醇生產中會攝取胺基酸，而麴菌與傳統發酵系統則顯示蛋白酶、澱粉酶與其他酵素可共同分解複雜基質；這些結果共同支持酸性蛋白酶作為營養釋放工具的合理性<sup>[3][5]</sup>。

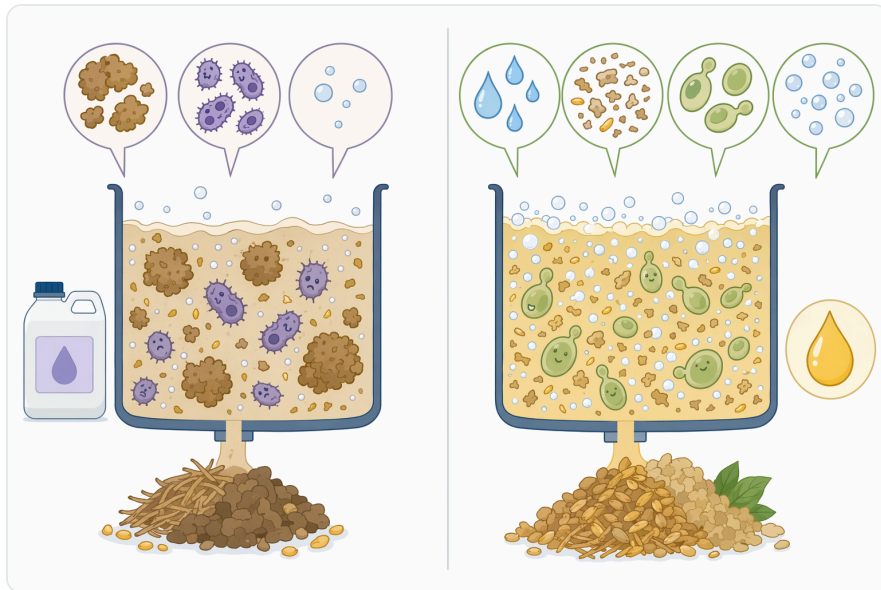


Figure 4. 酸性、中性與鹼性蛋白酶在製程適配性上有所不同，其中酸性蛋白酶最適合酸性的酵母發酵環境。

相對需要保守描述的是「提高乙醇產率」或「縮短發酵時間」等結果型主張。乙醇產量受糖源濃度、酵母菌株、抑制物、溫度、pH、溶氧、固形物含量、污染狀態與糖化效率共同影響；酸性蛋白酶可能改善其中的營養與蛋白質水解面向，但不應被描述為單一決定性因素<sup>[2]</sup>。

## 適合考慮導入的原料與製程情境

酸性蛋白酶較適合用於含有明顯蛋白質組分的乙醇原料，例如玉米、高粱、碎米、珍珠粟、糖蜜混合基質、豆類副產物、釀造副產物或植物加工殘渣。這類原料中，蛋白質可能是酵母氮源潛力的一部分，也可能造成基質分散與酵素接觸的障礙；酸性蛋白酶的作用是將這部分蛋白質轉化為較可利用的

形態<sup>[10]</sup>。

在玉米乙醇情境中，酸性蛋白酶的工業應用已被專門討論，代表其不只是實驗室概念。對於玉米醪液而言，澱粉糖化仍是乙醇產生的主軸，但玉米蛋白與其他非澱粉成分也會影響發酵液的營養結構與加工表現；酸性蛋白酶可被視為輔助調整這些非糖組分的工具<sup>[2]</sup>。

在高粱或其他穀物高濃度發酵中，原料固形物高、黏度大、營養分布不均時，蛋白質水解可能更具意義。高濃度發酵通常追求較高乙醇濃度與設備效率，但也會提高酵母壓力；酸性蛋白酶在這類系統中的潛在價值，是讓部分原料氮源更快進入可利用池，而不是改變酒精發酵的基本代謝路徑<sup>[1]</sup>。

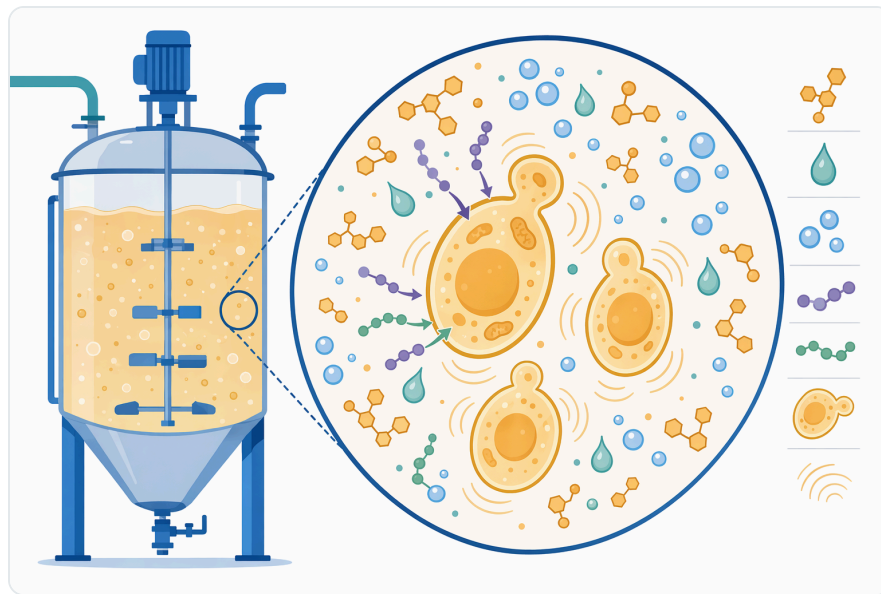


Figure 5. 酸性蛋白酶釋放出的可溶性胜肽與胺基酸，可在乙醇發酵期間支持酵母生長並提升其耐受力。

若使用木質纖維素、農業殘渣或經酸處理原料，酸性蛋白酶仍可能有輔助角色，但優先瓶頸常是纖維結構開放、纖維素可及性與抑制物控制。稀酸或其他預處理研究顯示，提高預處理底物的酵素消化性與發酵性是木質纖維素乙醇的核心議題；酸性蛋白酶只能補充蛋白質與氮源面向，不能取代纖維素水解策略<sup>[12]</sup>。

## 製程整合邏輯：如何理解添加位置與相容性

酸性蛋白酶可被放在發酵前段或早期發酵階段思考，目的在於讓蛋白質水解與酵母生長需求的時間點接近。若在酵母快速增殖與高糖消耗期之前釋放更多小分子氮源，理論上更能支援細胞建構與代謝啟動；但實際流程應配合既有液化、糖化、冷卻、接種與發酵管理，不應為了單一酵素而破壞整體節奏<sup>[5]</sup>。

與糖化酵素併用時，酸性蛋白酶的角色是處理蛋白質，而糖化酵素處理澱粉或寡糖。兩者可能在同一醪液中共同存在，但其底物與貢獻不同；若把乙醇收率問題全部歸因於蛋白質水解不足，容易忽略糖化不完全、酵母活力下降或抑制物累積等更直接因素<sup>[6]</sup>。

與微生物策略併用時，也應避免將酸性蛋白酶視為抗污染工具。傳統發酵啟動物與麴系統顯示，多種微生物與多種酵素可以形成複雜的分解網絡，但工業乙醇製程更重視可控性與穩定性；酸性蛋白酶的功能應界定在基質蛋白水解與營養釋放，而不是替代衛生管理或菌種控制<sup>[7]</sup>。



Figure 6. 酸性蛋白酶最適用於含蛋白質的澱粉醪液，例如玉米、稻米、小麥、高粱及混合農業基質。

## 合理效益與限制

在合適的含蛋白原料中，酸性蛋白酶可能帶來的合理效益包括：提升可溶性胜肽與胺基酸釋放、改善酵母可利用氮源、降低部分蛋白質造成的基質阻礙、支援高固形物或高濃度發酵中的營養穩定性，並與澱粉糖化或纖維水解系統形成互補。這些效益與酸性蛋白酶在乙醇發酵研究中的應用方向一致<sup>[1]</sup><sup>[2]</sup>。

其限制同樣需要明確：酸性蛋白酶不能直接把糖轉成乙醇，不能取代酵母，不能補救嚴重污染，也不能保證任何製程都提升產量。若原料蛋白含量很低，或製程瓶頸主要是糖化效率、抑制物、溫度、酵母失活或發酵終點控制，酸性蛋白酶的可見效果可能有限<sup>[5]</sup>。

此外，蛋白質水解也可能改變發酵液中的氮源型態與副產物路徑，因此應從整體產品目標評估。燃料乙醇、工業酒精與飲品發酵對副產物、風味、澄清與殘留成分的要求不同；在飲品或食品相關發酵中，蛋白水解對風味前驅物與胺基酸組成的影響尤其需要納入既有品質管理<sup>[3]</sup>。

## Enzymes.bio 供應資訊與文件取得

Enzymes.bio 供應 Acid Protease Enzyme For Effective Ethanol Fermentation，適合需要在線上直接購買 1 kg 單位酵素產品的使用者。此供應模式重點在於讓使用者能取得產品並依自身製程進行應用評估；Enzymes.bio 不以製造商或實驗室身分提供製造端宣稱，也不在本文件中設定特定活性數值、等級或檢測程序。

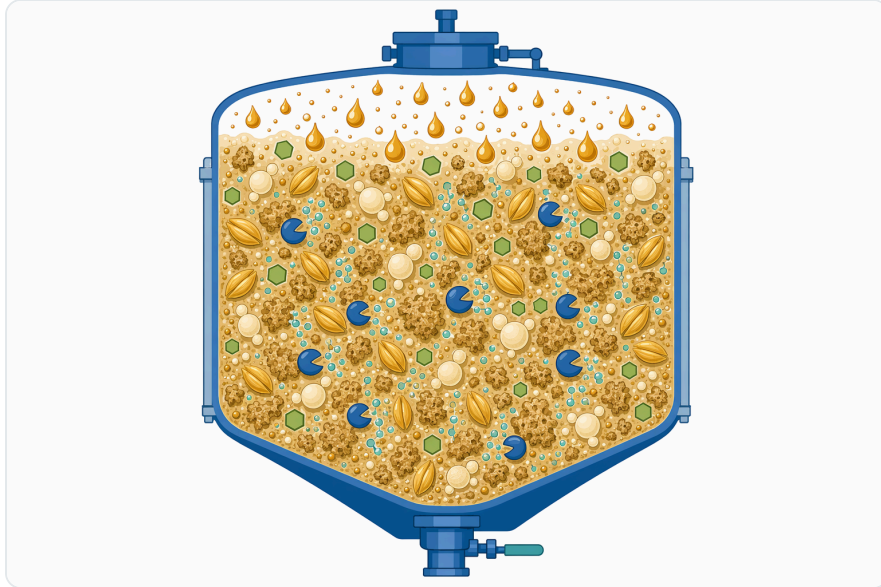


Figure 7. 高濃度澱粉發酵會使酵母承受更大的營養與壓力負荷；當原料中含有蛋白質時，水解其天然蛋白質就更具價值。

產品出貨時會隨訂單提供 CoA 與 SDS，使用者可依文件進行收貨、儲存、安全與內部品管管理。由於酵素粉體或酵素製劑可能涉及吸入、皮膚或眼部接觸風險，操作時應遵循 SDS 與工作場所安全規範；酵素產業安全實務也強調暴露控制與正確標示的重要性<sup>[4]</sup>。

## 結論

Acid Protease Enzyme For Effective Ethanol Fermentation 的技術定位，是在偏酸乙醇發酵或發酵前段處理中水解蛋白質，釋放胜肽與胺基酸，藉此改善含蛋白基質的營養可及性。其價值最可能出現在玉米、高粱、穀物副產物、糖蜜混合基質與植物加工副產物等含蛋白原料中，並與糖化酵素、酵母營養管理與製程控制共同作用<sup>[1][2]</sup>。

對使用者而言，較精準的期待不是「酸性蛋白酶必然提高乙醇產率」，而是「酸性蛋白酶可協助釋放原料中的可利用氮源，支援酵母在複雜或高濃度基質中的發酵穩定性」。在乙醇製程中，糖源釋放、酵母狀態、抑制物管理與衛生控制仍是核心；酸性蛋白酶則是針對蛋白質水解與營養釋放的專門輔助工具<sup>[5]</sup>。

## 線上訂購 Acid Protease Enzyme For Effective Ethanol Fermentation

以 1 kg 單位販售，現貨供應，可立即出貨。請直接於我們的線上商店下單並付款，我們將為您處理訂單。每筆訂單皆附分析證明書與安全資料表。

[購買 Acid Protease Enzyme For Effective Ethanol Fermentation →](#)

## 參考文獻

依首次引用順序編號。所有來源皆為開放取用資料，並於發布時確認可連線；正文中的引用編號會連結至此。

1. Gohel, V., Duan, G., & Maisuria, V. B. (2013). Impact of an acid fungal protease in high gravity fermentation for ethanol production using indian sorghum as a feedstock. *Biotechnology progress (Print)*, 29.
2. Wang, L., Yao, Q., Yue, J., Jiang, X., & Li, F. (2022). Application of acid protease in the industrial production of corn ethanol. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*, 2, 361 - 368.
3. Liu, Y., Sun, G., Li, J., Cheng, P., Song, Q., Lv, W., & Wang, C. (2024). Starter molds and multi-enzyme catalysis in koji fermentation of soy sauce brewing: A review. *Food Research International*, 184, 114273.
4. Eta Crn Best Practices.Pdf. *Enzymetechnicalassociation*.
5. Johnston, D. B., & Stoklosa, R. J. (2023). Amino acid uptake by Saccharomyces cerevisiae during ethanol production. *Cereal Chemistry*.
6. Sekhon, J. K., Rosentrater, K., Jung, S., & Wang, T. (2018). Effect of co-products of enzyme-assisted aqueous extraction of soybeans, enzymes, and surfactant on oil recovery from integrated corn-soy fermentation. *Industrial crops and products (Print)*.
7. Song, D., Zhong, X., Wu, Y., Guo, J., Song, L., & Yang, L. (2025). From Artisan Experience to Scientific Elucidation: Preparation Processes, Microbial Diversity, and Food Applications of Chinese Traditional Fermentation Starters (Qu). *Foods*, 14.
8. Huang, Y., Wang, Y., & Xu, Y. (2017). Purification and characterisation of an acid protease from the Aspergillus hennebergii HX08 and its potential in traditional fermentation. *Journal of The Institute of Brewing*, 123, 432-441.
9. Radha, S., Sridevi, A., HimakiranBabu, R., Nithya, V., Prasad, N., & Narasimha, G. (2017). Medium Optimization for Acid protease production from Aspergillus sps under Solid state fermentation and mathematical modelling of protease activity. *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*, 2, 6-16.
10. Gohel, V., & Duan, G. (2012). No-Cook Process for Ethanol Production Using Indian Broken Rice and Pearl Millet. *International Journal of Microbiology*, 2012.

11. Postiaux, A., Putra, F. J. N., Kahar, P., Richel, A., & Ogino, C. (2024). Maleic Acid-Butanol Pretreatment to Enhance Cellulose Accessibility for Enzymatic Hydrolysis and Ethanol Production from Oil Palm Empty Fruit Bunch. *ACS Environmental Au*, 5, 76 - 85.
12. Tan, X., Wu, X., Wang, X., Tao, Y., Li, Y., Tang, S., Zhang, Q., ... et al. (2025). Chitosan-assisted dilute acid pretreatment with enhanced prehydrolysate fermentability and enzyme digestibility of pretreated substrates. *International Journal of Biological Macromolecules*, 143231 .

## 聯絡 Enzymes.bio


對訂單有疑問嗎？我們的團隊很樂意協助。

電子郵件 [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

電話 ( 美國 ) **+1 (507) 428-6057**

[聯絡我們 →](#)

 **400+** B2B 客戶

 **60+** 大學研究合作夥伴

 **54** 服務遍及全球

© 2026 Enzymes.bio · 工業與食品加工用酵素供應 · 非供人體食用或零售銷售。