

# 熱穩定 $\alpha$ -澱粉酶液體用於澱粉水解處理：高溫液化、降黏與下游糖化前處理

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

熱穩定  $\alpha$ -澱粉酶液體是一類用於澱粉水解處理的內切型酵素，主要功能是在澱粉糊化後快速切割  $\alpha$ -1,4 糖苷鍵，使高黏度澱粉漿轉為較易泵送、混合與後續糖化的糊精系統。對澱粉糖、酒精發酵、釀造、植物飲品與澱粉改質流程而言，它的價值不在於直接產生最高葡萄糖，而是在高溫液化階段降低黏度、提升底物可接近性，並讓後段酵素反應更可控。

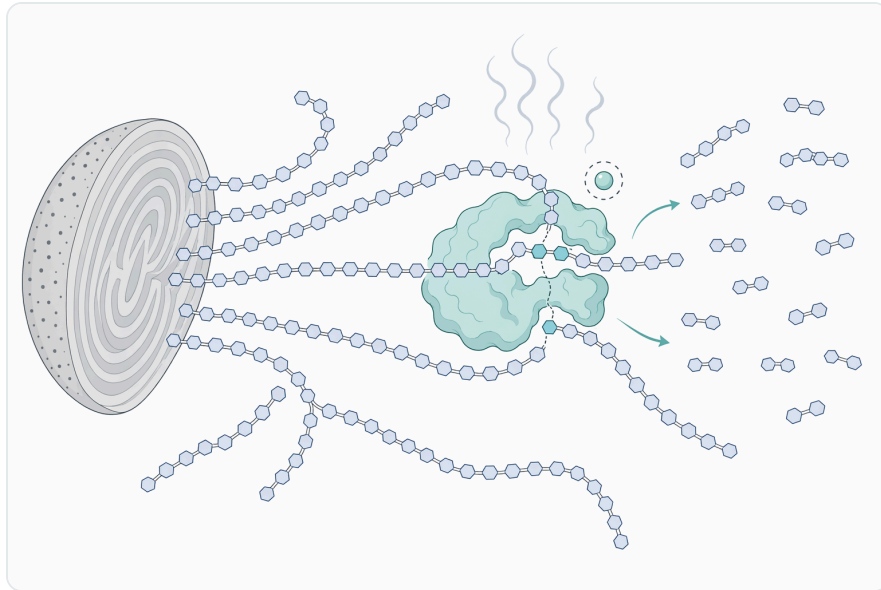
Enzymes.bio 線上供應的 Thermostable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis Processing 以 1 kg 單位販售，CoA 與 SDS 會隨訂單提供；Enzymes.bio 為酵素供應平台，不是製造商或實驗室。

## 產品定位：用於高溫澱粉液化的熱穩定 $\alpha$ -澱粉酶

Thermostable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis Processing 的核心應用，是把經加熱糊化或部分糊化的澱粉漿進行液化。所謂液化，不是把澱粉完全轉成葡萄糖，而是透過  $\alpha$ -澱粉酶的內切作用，將長鏈直鏈澱粉與支鏈澱粉片段切成較短的糊精、麥芽寡糖與可再被糖化酵素利用的中間產物；這會使糊體黏度下降，降低攪拌、熱交換、泵送與過濾負荷 [1]。

「熱穩定」在此代表此類酵素設計上適合搭配較高溫的澱粉處理條件，而不是只能在溫和食品加工環境中運作。近年多篇關於 *Bacillus*、*Geobacillus*、*Streptomyces* 與其他耐熱微生物來源  $\alpha$ -澱粉酶的研究，均把熱穩定性視為工業液化、原澱粉處理或多段澱粉轉化的關鍵特徵；不同來源與配方會造成耐熱範圍、pH 適應性與副產物分布差異，因此不應把文獻中的單一菌株數據直接視為任何商用品的規格 [2]。

在實務上，此產品較適合被理解為「澱粉水解處理的前段液化工具」。若目標是生產葡萄糖漿、發酵用高葡萄糖水解液或特定可發酵糖組成，通常還需要在液化後銜接葡萄糖澱粉酶、脫支酵素或其他糖化酵素；若目標是降低黏度、調整糊精分子量或改善加工性， $\alpha$ -澱粉酶本身就可能是主要處理酵素 [3]。



**Figure 1.** 耐熱性  $\alpha$ -澱粉酶會在糊化的直鏈澱粉與支鏈澱粉中，以內切方式切斷內部  $\alpha$ -1,4 鍵，形成較短的糊精，從而降低澱粉漿的黏度。

## 作用機制：為什麼 $\alpha$ -澱粉酶能快速降黏？

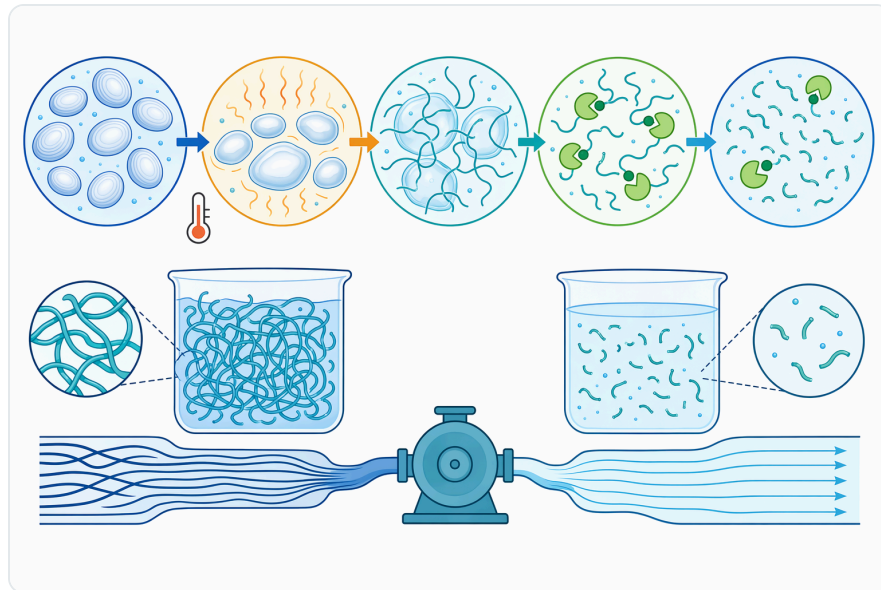
澱粉由直鏈澱粉與支鏈澱粉構成，兩者的主鏈都含有  $\alpha$ -1,4 糖苷鍵；支鏈澱粉另含  $\alpha$ -1,6 分支點。 $\alpha$ -澱粉酶屬於典型的內切型澱粉水解酵素，會在澱粉分子內部隨機或半隨機切割  $\alpha$ -1,4 鍵，使原本高分子量、容易形成高黏度糊體的鏈段迅速縮短；分子量降低後，糊體流動性提升，後續酵素也較容易接觸更多非還原端或可攻擊位點 [4]。

這種機制也解釋了為什麼  $\alpha$ -澱粉酶常用於「液化」而不是「終端糖化」。內切作用能在短時間內大幅改變黏度與流變性，但產物多為糊精、麥芽糖、麥芽三糖與不同長度的寡糖；相對地，葡萄糖澱粉酶屬於外切型，會從非還原端逐步釋放葡萄糖，速度與底物結構、分支點可接近性及前段液化程度密切相關 [5]。

澱粉的物理狀態同樣重要。顆粒態澱粉的結晶區會限制酵素進入，經加熱吸水、膨潤與糊化後，分子鏈鬆散，酵素更容易接近  $\alpha$ -1,4 鍵。關於蠶豆奶與燕麥奶的研究顯示，糊化條件與酵素水解方式會改變澱粉、糖組成與物理化學特性；這對植物基飲品尤其重要，因為過度或不足的水解都會影響口感、懸浮穩定性與熱處理後表現 [6]。

## 熱穩定性的工業意義：把酵素反應放進高溫製程

工業澱粉液化通常面對高固形分、快速升溫、糊化造成的黏度突增，以及連續化設備的停留時間限制。熱穩定  $\alpha$ -澱粉酶的價值，是能在澱粉糊化或高溫保溫階段維持可用的催化表現，避免必須先大幅降溫再進行液化；這可降低流程等待時間，並減少高黏度糊體在設備內停留過久造成的操作壓力 [7]。



**Figure 2.** 加熱會提高澱粉鏈的可及性，使  $\alpha$ -澱粉酶能將長而纏結的聚合物轉化為較短、可溶的片段。

*Bacillus licheniformis* 來源的  $\alpha$ -澱粉酶是熱穩定澱粉酶研究中常見的代表，相關研究著重於其耐熱、耐酸或工業應用潛力。這些研究提供的重點不是所有產品都具有相同條件，而是證明  $\alpha$ -澱粉酶的來源、蛋白質結構與配方穩定性會明顯影響它能否在嚴苛加工環境中保持功能 [8]。

近年也有研究從堆肥、廢水、植物內生菌與農業副產物基質中篩選或生產耐熱澱粉酶，顯示業界持續尋找更適合高溫、原澱粉或特殊原料處理的酵素系統。對使用者而言，這代表「熱穩定  $\alpha$ -澱粉酶」不是單一固定性能，而是一個由來源菌株、蛋白質工程、發酵純化與液體配方共同決定的產品類別 [9]。

## 與其他澱粉相關酵素的功能差異

$\alpha$ -澱粉酶、葡萄糖澱粉酶、麥芽糖生成酵素、分支酵素與脫支酵素都可能出現在澱粉加工中，但它們的任務不同。若把  $\alpha$ -澱粉酶誤當成「把澱粉完全變成葡萄糖」的酵素，容易導致糖組成預期錯誤；若把葡萄糖澱粉酶直接用在未充分液化的高黏度糊體，也可能遇到混合與反應速率受限的問題 [10]。



Figure 3. 不同的澱粉分解酶具有不同作用；耐熱性  $\alpha$ -澱粉酶先負責液化，之後再由葡萄糖澱粉酶或去分支酶等酶進一步進行糖化。

酵素類型	主要作用位置	典型產物或製程效果	在澱粉水解流程中的角色
熱穩定 $\alpha$ -澱粉酶	內切 $\alpha$ -1,4 糖苷鍵	糊精、麥芽寡糖、快速降黏	高溫液化、降低澱粉糊黏度、提高後段可處理性
葡萄糖澱粉酶 / Amyloglucosidase	從非還原端外切	葡萄糖比例提高	液化後糖化，常用於發酵糖液或葡萄糖漿製備
麥芽糖生成澱粉酶	偏向生成特定麥芽寡糖	麥芽糖或特定短鏈糖增加	烘焙保鮮、特定糖型調整、質地控制
分支酵素或轉糖相關酵素	重塑 $\alpha$ -1,4 / $\alpha$ -1,6 鍵分布	改變分子密度、支化度或寡糖分布	製備特定機能寡糖、改質澱粉或調整糊體穩定性

這種分工在新型澱粉轉化研究中越來越明顯。例如，生成 maltohexaose 的澱粉酶與分支酵素可協同改善特定麥芽寡糖的轉換；木薯澱粉經 maltogenic amylase 與 transglucosidase 處理後，也可因分子密度改變而改善糊體穩定性。這些研究說明， $\alpha$ -澱粉酶適合做液化核心，但若要精準控制糖譜或質地，常需搭配其他酵素 [11]。

## 主要應用一：澱粉糖與發酵用糖液的前段液化

在澱粉糖、酒精與發酵原料製備中，高溫液化的第一個目的通常是處理黏度。玉米、木薯、小麥、馬鈴薯或其他澱粉原料加水加熱後，顆粒膨潤造成黏度上升；若不先把長鏈澱粉切短，後續混合、傳熱與酵素分散都會變得困難。熱穩定  $\alpha$ -澱粉酶可在糊化後立即介入，把不可控的高黏度糊體轉成較容易連續處理的液化澱粉漿 [1]。

液化程度會影響後段糖化。液化不足時，葡萄糖澱粉酶接觸底物的效率受到限制；液化過度時，產物分布與後段糖化曲線也可能改變。關於澱粉水解反應動力學與質傳限制的研究指出，食品消化或加工中的澱粉水解不只是酵素本身速率問題，也受到底物結構、擴散、顆粒或凝膠網絡阻礙影響 [5]。

## 主要應用二：釀造、麥汁與高輔料穀物處理

釀造或穀物發酵系統常仰賴麥芽自身酵素把澱粉轉為可發酵糖，但當配方中含有較高比例的未發芽穀物、米、玉米或其他輔料時，內源酵素可能不足。外加耐熱型  $\alpha$ -澱粉酶能協助在糊化與糖化前段降低黏度、釋放可再被其他澱粉酶處理的糊精，進而改善麥汁萃取與發酵穩定性 [12]。

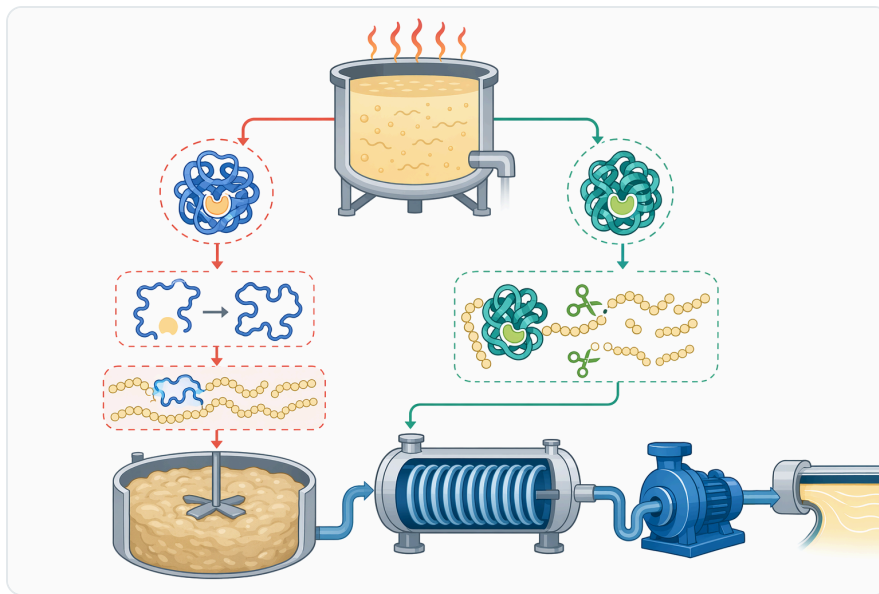


Figure 4. 耐熱性有助於酶在澱粉糊化、最需要控制黏度的高溫階段，仍維持具有催化活性的摺疊結構。

時間與溫度在穀物發酵中尤其敏感。以 finger millet 麥芽與發酵研究為例，澱粉水解與酵素活性會隨處理時間、溫度與發酵條件改變；這提醒使用者，熱穩定  $\alpha$ -澱粉酶不是單純「加越多越好」，而是要與糊化曲線、保溫時間、原料粒徑與下游發酵需求共同考量 [13]。

## 主要應用三：植物基飲品與穀物飲料的口感、糖組成與穩定性調整

燕麥奶、豆類飲品、穀物飲料與植物基乳替代品常含有可糊化澱粉。若澱粉未被適度水解，加熱後可能造成過高黏度、粉感、沉澱或熱處理後不穩定；若水解過度，則可能導致口感變薄、甜味或還原糖上升。研究顯示，燕麥奶製程中酵素水解會影響燕麥澱粉的結構與熱特性，因此  $\alpha$ -澱粉酶在此類應用中的重點是「控制質地」，不是單純追求最大水解 [14]。

另一項關於 amyloglucosidase 包埋的植物基飲品研究，則從相反角度說明「控制水解速度」的重要性。當澱粉水解過程太快或延續到不該發生的階段，產品的黏度、糖組成與儲存穩定性都可能受影響；這支持在飲品系統中把  $\alpha$ -澱粉酶視為製程調整工具，而非固定劑量的通用添加物 [3]。

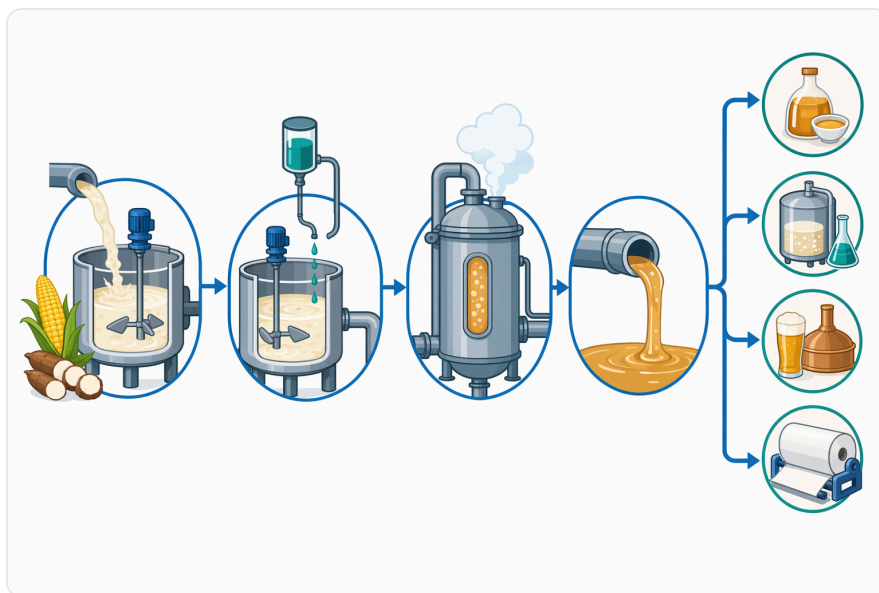


Figure 5. 典型的澱粉轉化流程包括蒸煮或糊化、耐熱性  $\alpha$ -澱粉酶液化，以及可選的下游糖化、發酵、作為配料使用或澱粉改性。

## 主要應用四：澱粉改質、薄膜、黏著劑與材料用途

酵素水解不只用於食品與發酵，也可用於調整澱粉材料的分子量與功能性。玉米澱粉薄膜研究顯示，透過最佳化酵素水解，可改善永續食品包裝用澱粉膜的機械性質；這代表  $\alpha$ -澱粉酶處理能改變澱粉鏈長、網絡形成與材料強度之間的平衡 [15]。

在澱粉基木材黏著劑中，水解時間會影響黏著劑性質。水解不足時，分子鏈過長可能導致黏度高、塗布性差；水解過度時，鏈段太短又可能削弱成膜或黏結結構。相關研究直接以不同酵素水解時間比較澱粉基木材黏著劑特性，說明  $\alpha$ -澱粉酶對材料端應用的價值在於可調式分子裁切 [16]。

澱粉改質也包含抗性澱粉、孔洞澱粉與微膠囊載體。紅南瓜澱粉利用酵素改質製備抗性澱粉的研究、Geobacillus 來源重組熱穩定  $\alpha$ -澱粉酶用於多孔澱粉製備的研究，以及 OSA 澱粉微膠囊結構設計，皆顯示酵素水解可作為調整澱粉消化性、孔隙結構與包埋性能的工具 [17]。

## 酸水解與酵素水解的差異：為什麼工業上常選酵素？

酸水解與酵素水解都能把澱粉切短，但選擇性不同。酸水解通常較不具位點選擇性，可能同時造成較廣泛的鏈段破壞與副反應；酵素水解則依酵素活性中心與底物結合區決定切割模式，通常較適合在食品、飲品與可控糖譜應用中調整分子大小。X 光繞射分析比較酸與酵素水解取得的 maltodextrin，顯

示不同水解方式會反映在澱粉衍生物的結構特徵上 [18]。



**Figure 6.** 耐熱性  $\alpha$ -澱粉酶可應用於澱粉液化、糊精製程、木薯與穀物加工、多孔澱粉製備、紡織退漿，以及富含澱粉廢棄物處理。

不過，酵素法的可控性也意味著製程條件更關鍵。溫度、pH、澱粉來源、糊化程度、固形分、剪切、鹽類與其他原料成分都會改變實際水解速度。對熱穩定  $\alpha$ -澱粉酶而言，高溫可幫助澱粉糊化與降低微生物風險，但過高或過久也可能使酵素失活或造成不必要的熱劣化；因此製程窗口需要以原料與終產品目標來界定 [19]。

## 導入製程時的關鍵控制點

第一個控制點是添加時機。若酵素在澱粉尚未充分吸水與糊化前加入，底物可接近性可能不足；若等到糊體黏度已經過高才加入，混合效率又可能下降，使局部水解不均。較合理的思路，是讓酵素作用與加熱糊化、攪拌剪切和保溫段形成連續流程，使黏度上升後能迅速被內切反應拉回可操作範圍 [5]。

第二個控制點是水解終點。對糖化原料而言，終點可由後段糖化效率與發酵表現決定；對植物飲品而言，終點可能是黏度、口感與甜味平衡；對黏著劑或薄膜而言，終點則是塗布性、乾燥後強度與耐水性。也就是說，同一支熱穩定  $\alpha$ -澱粉酶在不同產業中的「最佳水解程度」並不相同 [15]。



**Figure 7.** 不同的富澱粉基質都可經歷相同的  $\alpha$ -1,4 鍵切斷反應，同時產生符合特定應用需求的加工結果。

第三個控制點是與其他酵素的順序。若先以  $\alpha$ -澱粉酶液化，再以葡萄糖澱粉酶糖化，可利用前者快速降低黏度、後者提高葡萄糖；若加入分支酵素或轉糖相關酵素，則可能改變寡糖分布或澱粉分子結構。近期針對特定 maltooligosaccharide 的研究，即是利用不同酵素的協同作用提高目標產物選擇性 [10]。

## 強證據與需保留彈性的地方

強證據在於： $\alpha$ -澱粉酶的內切  $\alpha$ -1,4 鍵水解機制明確，熱穩定來源酵素適合高溫澱粉液化的研究基礎充足，且在澱粉糖、釀造、植物飲品、澱粉材料與改質澱粉中都有應用研究支持。特別是 *Bacillus licheniformis* 與其他耐熱微生物來源  $\alpha$ -澱粉酶的表徵研究，反覆指出其工業相關性 [7]。

需要保留彈性的地方在於：文獻中的酵素來源、純化程度、反應條件與底物種類各不相同，不能把某篇研究的最適條件直接套用到所有商業液體酵素。熱穩定  $\alpha$ -澱粉酶在玉米澱粉、木薯澱粉、燕麥澱粉、豆類澱粉或改質澱粉中的表現，會受到顆粒結構、直鏈澱粉比例、脂質蛋白質複合物與前處理條件影響 [20]。

也要避免把  $\alpha$ -澱粉酶與所有澱粉酶應用混為一談。烘焙抗老化常見的是 maltogenic amylase 等特定酵素；精準寡糖生產可能需要特定產物型澱粉酶；高葡萄糖糖漿則仰賴液化後糖化系統。熱穩定  $\alpha$ -澱粉酶的主軸仍是高溫澱粉液化、降黏與建立後續反應條件 [11]。

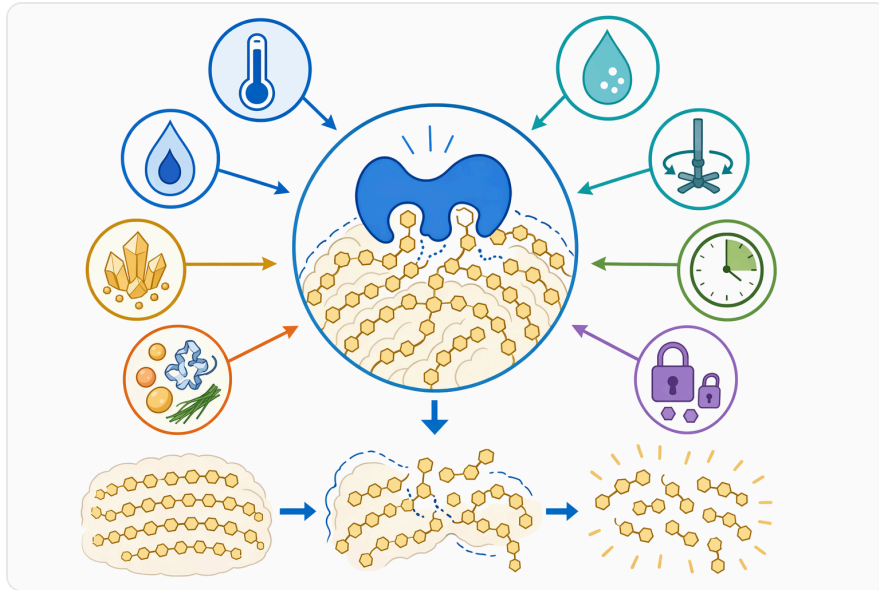


Figure 8.  $\alpha$ -澱粉酶的作用表現取決於基質可及性與基質環境條件，例如受熱歷程、pH、混合、含水量、抑制物及非澱粉成分。

## Enzymes.bio 供應情境與文件使用方式

Enzymes.bio 提供的 Thermostable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis Processing 適合需要 1 kg 線上購買單位的研發、試產或中小規模製程使用者評估。CoA 與 SDS 會隨訂單提供，可用於批次識別、安全資料建檔與內部品質文件串接；但 Enzymes.bio 本身不是製造商，也不是第三方檢測實驗室，因此本文不將任何製造端製程、菌株生產細節或實驗室檢驗能力歸屬於 Enzymes.bio。

在技術文件中，較準確的說法是：此產品屬於熱穩定  $\alpha$ -澱粉酶液體，面向澱粉水解處理中的液化應用；其實際表現應依原料、設備、目標產物與隨貨文件所示批次資訊整合評估。這樣的定位能避免過度承諾，同時保留  $\alpha$ -澱粉酶在澱粉加工中最有證據支持的價值：快速降低黏度、改善高固形分澱粉漿操作性，並為糖化、發酵、飲品質地調整或澱粉材料改質建立更穩定的前處理基礎。

### 線上訂購 Thermostable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis Processing

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 Thermostable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis Processing →](#)

## 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. George, R., & George, J. J. (2020). Thermostable Alpha-Amylase and Its Activity, Stability and Industrial Relevance Studies. *Social Science Research Network*.
2. Vala, V., Suhagia, T. A., Raina, V., Gurjar, A., Srivastava, S. K., Jain, P., & Alle, M. (2025). Thermostable amylases from thermophilic microbes: advances in production, engineering, and industrial applications. *Nanotechnology*, 37.
3. Mazzocato, M. C., & Jacquier, J. (2023). Encapsulation of Amyloglucosidase in Chitosan-SDS Coacervates as a Means to Control Starch Hydrolysis in Plant-Based Beverages. *Beverages*.
4. Agirre, J., Moroz, O., Meier, S., Brask, J., Munch, A., Hoff, T., Andersen, C., ... et al. (2019). The structure of the AliC GH13 alpha-amylase from Alicyclobacillus sp. reveals the accommodation of starch branching points in the alpha-amylase family.
5. Sun, Y., Zhou, Z., Zhong, C., Lei, Z., & Langrish, T. A. G. (2024). Comparing Mass Transfer and Reaction Rate Kinetics in Starch Hydrolysis during Food Digestion. *Applied Research*.
6. Akintayo, O., Falconer, R., Lauer, J. C., Cowley, J., & Bozkurt, H. (2025). The effect of gelatinisation and enzymatic hydrolysis methods on the starch, sugar and physicochemical profiles of faba bean milk. *International Journal of Biological Macromolecules*, 140898.
7. Kholikov, A., Vokhidov, K., Murtozoyev, A., Tóth, Z. S., Nagy, G., Vértessy, B. G., & Makhsumkhanov, A. A. (2025). Characterization of a Thermostable  $\alpha$ -Amylase from Bacillus licheniformis 104.K for Industrial Applications. *Microorganisms*, 13.
8. Wu, X., Wang, Y., Tong, B., Chen, X., & Chen, J. (2018). Purification and biochemical characterization of a thermostable and acid-stable alpha-amylase from Bacillus licheniformis B4-423. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 329-337.
9. Bandara, Y. (2024). Isolation and identification of thermostable amylase enzyme producing bacteria from compost production plant in Kurunegala. *The 24th International Postgraduate Research Conference*.
10. Zhong, L., Wang, P., Jiang, M., Zheng, Y., Xu, X., Ye, X., Huang, Y., ... et al. (2025). Synergistic action of novel maltohexaose-forming amylase and branching enzyme improves the enzymatic conversion of starch to specific maltooligosaccharide. *Carbohydrate Polymers*, 347, 122753.
11. Sun, S., Li, R., Sun, D., Guo, L., Cui, B., & Zou, F. (2024). Improving paste stabilities of cassava starch through molecular density after maltogenic amylase and transglucosidase. *Food Chemistry*, 462, 140993.
12. Girón-Orozco, D., Mariezcurrena-Berasáin, M. D., Heredia-Olea, E., & Vargas-Flores, O. R. (2025). Development of a Triticale-Based Amylolytic Biocatalyst for Starch Hydrolysis With Applications in Brewing Wort Sugar Enhancement. *Food Bioengineering*.
13. Fabien, G., Ndungutse, V., & Alothmany, R. (2025). Effect of Time and Temperature on Starch Hydrolysis and Enzymatic Activity During Malting and Fermentation of Finger Millet. *Journal of scientific reports-*

A.

14. Bhokariker, S., Gurumoorthi, P., Athmaselvi, K., & Pushpadhas, H. A. (2024). Optimization of process variables for the preparation of oat milk using the Box–Behnken response surface model and studying the effect of enzyme hydrolysis on structural and thermal properties of oat starch. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*.
15. Ghizdareanu, A., Banu, A., Pasarin, D., Afilipoaei, A. I., Nicolae, C., Gabor, A., & Pătroi, D. (2023). Enhancing the Mechanical Properties of Corn Starch Films for Sustainable Food Packaging by Optimizing Enzymatic Hydrolysis. *Polymers*, 15.
16. Wang, Z., Xing, Z., Zhang, Q., Hu, D., Lv, J., Wu, C., Zhou, W., ... et al. (2022). Effects of various durations of enzyme hydrolysis on properties of starch-based wood adhesive. *International Journal of Biological Macromolecules*.
17. Kurniawan, D. C., Rohman, M. S., & Witasari, L. (2024). Heterologous expression, characterization, and application of recombinant thermostable  $\alpha$ -amylase from Geobacillus sp. DS3 for porous starch production. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 39.
18. Fedorova, A., Russakov, D., Milentyeva, I., Pozdnyakova, A., & Altshuler, O. (2023). X-ray diffraction analysis of maltodextrins obtained by acid and enzyme hydrolysis of starch. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*.
19. Xu, E., Wu, Z., Jiao, A., Long, J., Li, J., & Jin, Z. (2017). Dynamics of rapid starch gelatinization and total phenolic thermomechanical destruction moderated via rice bio-extrusion with alpha-amylase activation. *RSC Advances*, 7, 19464-19478.
20. Barman, D., & Dkhar, M. S. (2023). Purification and characterization of moderately thermostable raw-starch digesting  $\alpha$ -amylase from endophytic Streptomyces mobaraensis DB13 associated with Costus speciosus. *Journal of General and Applied Microbiology*.


## 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。