

高耐熱液態 α -澱粉酶用於釀酒：澱粉原料液化、降低黏度與發酵前處理

Enzymes.bio 研究團隊 · 紐西蘭威靈頓 · June 22, 2026

高耐熱液態 α -澱粉酶 (High-Temperature Stable Alpha Amylase Enzyme Liquid for Winemaking) 主要用於含澱粉釀酒原料的高溫糊化與液化階段，協助將米、穀物或其他澱粉質基質中的長鏈澱粉切割成較短糊精與寡糖，降低醪液黏度並提高後續糖化與發酵的可操作性。對釀造廠而言，它不是「直接產酒」的酵素，而是發酵前處理工具：讓澱粉更容易被後續糖化酵素、麴菌酶系或發酵微生物利用。Enzymes.bio 以 1 kg 單位在線上供應此液態酵素產品，並會隨訂單提供 CoA 與 SDS；Enzymes.bio 是供應通路，並非製造商或檢驗實驗室。

產品定位：高溫澱粉液化用的 α -澱粉酶，而非一般葡萄酒澄清酵素

High-Temperature Stable Alpha Amylase Enzyme Liquid for Winemaking 是一款液態 α -澱粉酶產品，定位於釀酒與發酵前處理中「澱粉液化」步驟。這裡的 winemaking 應理解為廣義釀造與含澱粉原料酒類製程，例如米酒、穀物酒、部分混合原料發酵酒，或使用澱粉質副原料的酒精發酵流程；若是典型葡萄酒，主要可發酵糖已存在於葡萄汁中， α -澱粉酶的角色通常不如果膠酶、葡聚糖酶等明顯。釀酒酵素綜述指出，酵素在酒類生產中可用於提升萃取、澄清、釋放前驅物與改善加工效率，但不同酵素對應的底物與製程位置並不相同^[1]。

α -澱粉酶的核心功能是水解澱粉中的 α -1,4 糖苷鍵，先把高分子澱粉切成較短的糊精、麥芽寡糖與可溶性片段；這些片段之後可再由葡糖澱粉酶、 α -葡萄糖苷酶、麴菌酶系或微生物代謝系統進一步轉成可發酵糖。換言之，高耐熱 α -澱粉酶主要改善的是「澱粉可及性、流動性與液化效率」，而不是單獨完成完整糖化。針對米類原料的研究也顯示，物理處理搭配酵素水解會改變米粉性質，並影響中國米酒發酵表現，反映前處理對後段發酵有實際關聯^[2]。

此產品以液態形式供應，適合在工業釀造或食品發酵流程中進行計量添加、混合與管線輸送。液態酵素的優點在於分散較快、與濕式醪液相容性高，尤其在糊化後的高黏度澱粉漿中，均勻分布往往比粉末投料更容易管理。不過，液態形式並不代表可忽略製程控制；原料粒徑、澱粉種類、固形物比例、剪切條件、升溫曲線與後段糖化策略，都會影響最終糖譜與發酵動力學^[3]。

為什麼釀酒流程需要「高耐熱」 α -澱粉酶？

澱粉顆粒在常溫或低溫下具有半結晶結構，酵素不容易直接進入顆粒內部，因此多數含澱粉原料需要先經加熱吸水、膨潤與糊化，使直鏈澱粉與支鏈澱粉逐步暴露。問題是，糊化階段通常伴隨高黏度：醪液變稠後會使攪拌、泵送、換熱與管線清潔都更困難。高耐熱 α -澱粉酶的價值，就是能在加熱或高溫保持階段即開始切斷澱粉長鏈，迅速降低分子量與表觀黏度，讓後續處理更穩定。*Bacillus licheniformis* 來源的耐熱、耐酸 α -澱粉酶研究即顯示，微生物 α -澱粉酶可被開發成適合嚴苛加工條件的工業酵素^[4]。

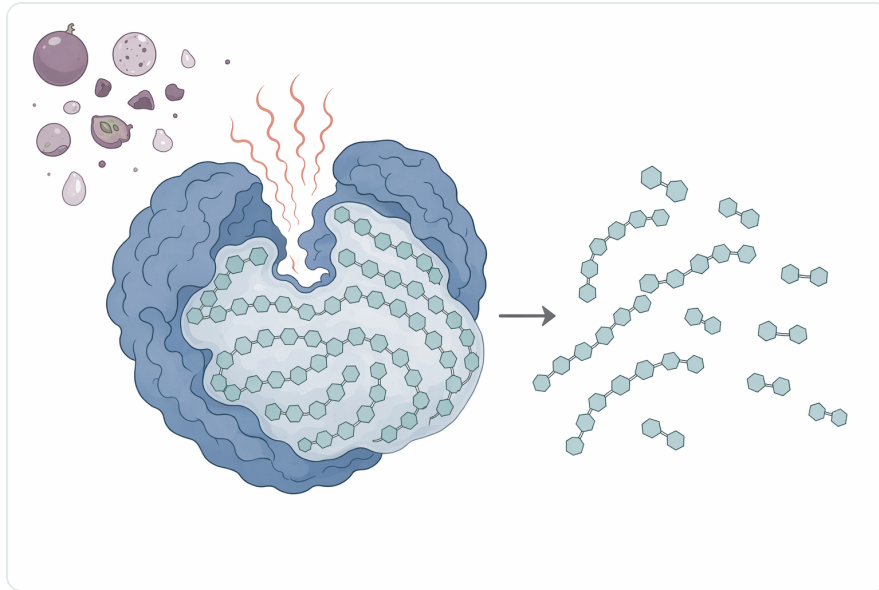


Figure 1. 高溫穩定型 α -澱粉酶可在葡萄酒與果酒加工的加熱醪液製備過程中，將糊化澱粉水解為可溶性糊精與可發酵糖。

若酵素無法承受糊化階段的熱負荷，工廠通常需要先加熱糊化，再等待降溫後添加酵素，這會拉長批次時間，也使高黏度狀態維持更久。對米酒、穀物酒、澱粉糖化液或酒精發酵槽而言，這種等待不只是時間問題，還會牽涉到攪拌功率、熱交換效率與微生物污染風險。高溫可用的 α -澱粉酶讓「糊化」與「液化」更接近同一處理窗口，縮短物料停留在難操作狀態的時間。高溫大麴的微生物與品質研究也提醒，傳統高溫發酵系統中，酵素活性、微生物群與熱歷程共同影響最終品質，而非單一因素決定^[5]。

在實際釀造中，「高耐熱」不應被解讀為越熱越好，而是指酵素在比一般中溫酵素更嚴苛的加工條件下仍能保留可用催化能力。若溫度過高、停留時間過長或 pH 偏離酵素可承受範圍，蛋白質仍可能變性；若溫度過低，澱粉顆粒又可能尚未充分糊化，導致酵素可及性不足。因此高耐熱 α -澱粉酶的使用重點，是把熱處理、液化與後段糖化銜接成可重複的製程，而不是單純追求最高加熱條件。工業酵素生產與應用綜述指出，酵素效能通常必須放在製程參數與底物環境中評估^[6]。

作用機制：從澱粉顆粒到可發酵糖前驅物

α -1,4 鍵水解與黏度下降

澱粉由直鏈澱粉與支鏈澱粉組成，兩者都含有大量 α -1,4 糖苷鍵；支鏈澱粉另含 α -1,6 分支點。 α -澱粉酶屬於內切型澱粉水解酵素，會在澱粉鏈內部隨機切割 α -1,4 鍵，而不是像外切酵素那樣只從鏈端逐步釋放單糖。這種內切作用會快速降低澱粉平均分子量，因此即使葡萄糖尚未大量生成，醪液黏度也能明顯下降。不同來源 α -澱粉酶的催化性質會有差異，*Aspergillus flavus* 來源 α -澱粉酶的純化與催化研究即顯示，微生物來源、培養基質與酵素性質會共同影響澱粉水解表現^[7]。

黏度下降對釀酒廠的意義非常具體。第一，攪拌葉片能更有效帶動物料，降低局部過熱或沉積；第二，泵浦、管線與換熱器的負荷下降，批次之間的可重複性提高；第三，後段糖化酵素或微生物更容易接觸到已被打開的澱粉片段。這些改善不必然等同於最終酒精收率一定提高，因為收率仍受糖化完整度、酵母可利用氮、發酵抑制物與菌株耐受性影響；但液化通常是讓含澱粉發酵流程進入穩定操作區間的關鍵前提^[8]。

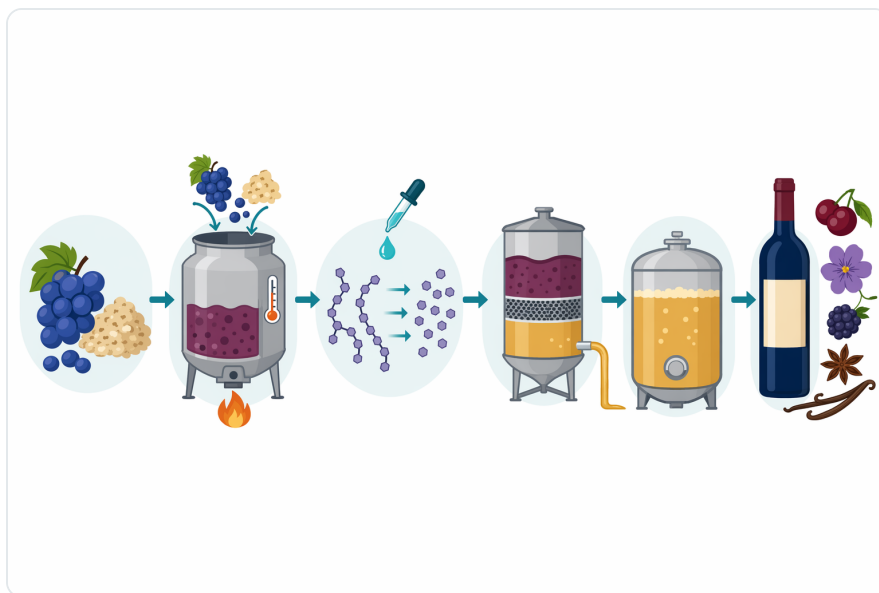


Figure 2. 典型的釀酒流程會在熱醪處理階段使用耐熱型 α -澱粉酶，以降低澱粉黏度並促進可發酵萃取物釋出。

為什麼它通常要與後段糖化配合？

α -澱粉酶的主要產物是糊精、麥芽糖與不同長度的寡糖，並非全部都是酵母可直接、快速利用的單糖。若製程目標是提高葡萄糖或可發酵糖比例，通常仍需後段糖化步驟，例如使用葡糖澱粉酶或依賴麴菌、根黴、酵母與其他微生物提供的複合酶系。米酒與固態發酵酒類常見的製程邏輯，就是先讓澱粉被打開與液化，再透過糖化與發酵同步或分段進行。Mao wine 發酵動力學與 α -澱粉酶抑制研究顯示，不同酵母與酵素相關因子會影響發酵進程，凸顯酵素步驟與微生物表現之間的耦合關係^[3]。

這也是為什麼高耐熱 α -澱粉酶應被視為「前段工程酵素」。它把澱粉由難處理的高分子顆粒狀態，轉成較容易處理、較容易被後段酵素攻擊的可溶性低聚糖狀態；但是否能形成理想的可發酵糖譜，還取決於糖化酵素組合與發酵菌株。若後段微生物缺乏足夠的澱粉酶或糖化能力，單靠 α -澱粉酶可能會累積較多不可完全發酵的糊精，影響酒精生成、殘糖與口感。*Aspergillus oryzae* 基因組比較研究指出， α -澱粉酶基因複製與代謝基因差異是麴菌適應澱粉性食品發酵的重要背景之一^[9]。

基質效應：原料不是惰性澱粉

工業現場的原料很少是純澱粉。米粉、玉米粉、小麥、薯類或帶纖維副原料都含蛋白質、脂質、礦物質、植酸、多酚、非澱粉多醣與細胞壁碎片，這些成分會影響吸水、糊化、酵素擴散與微生物營養。高剪切擠壓結合酵素水解的米酒研究即指出，前處理不只改變水解速率，也會改變米基質的物理與發酵相關性質^[2]。

某些植物成分甚至可能抑制 α -澱粉酶，這在食品營養與血糖控制研究中常被討論。雖然這類研究目的不一定是釀酒，但它們提供一個重要提醒：多酚、香辛料萃取物或特殊植物配方可能改變澱粉水解速率。系統性回顧指出，傳統藥草、香辛料與食用植物中有多種成分可抑制與糖代謝相關的消化酵素，包括 α -澱粉酶^[10]。因此，若釀造配方包含高比例草本、香料、果皮或高單寧材料，液化效果與標準米穀物基質可能不同。



Figure 3. 耐熱型液態 α -澱粉酶可支援葡萄酒、果酒、米酒及以輔料為基底的飲品生產，將澱粉轉化為較低黏度的糊精與糖類。

與其他釀酒酵素的差異

α -澱粉酶常被放在「釀酒酵素」的大類中，但它與果膠酶、 β -葡聚糖酶、纖維素酶或蛋白酶的功能差異很大。若把不同酵素混為一談，容易在製程上放錯位置：果膠酶主要處理果膠、提升果汁出汁與澄清； β -葡聚糖酶常與穀物黏度、過濾性有關；蛋白酶可改變蛋白質濁度或營養氮； α -澱粉酶則對準澱粉液化。釀酒酵素綜述強調，酵素是依底物特異性與製程目標被選用，而非所有酵素都能互相替代 [1]。

酵素類型	主要底物	在釀酒中的典型目的	與高耐熱 α -澱粉酶的關係
高耐熱 α -澱粉酶	直鏈澱粉、支鏈澱粉中的 α -1,4 鍵	高溫糊化同步液化、降低醪液黏度、產生糊精與寡糖	適合放在含澱粉原料的前處理或液化段
葡糖澱粉酶 / 糖化酶	糊精、寡糖鏈端	產生更多葡萄糖，提高可發酵糖	常接在 α -澱粉酶液化後使用或由麴菌系統提供
果膠酶	果膠	果汁萃取、澄清、降低果膠造成的黏稠	適合果酒與葡萄酒；不負責澱粉液化
β -葡聚糖酶	β -葡聚糖	改善穀物醪液過濾性與黏度	可與澱粉酶互補，但底物不同
蛋白酶	蛋白質	改變濁度、釋放胺基氮、調整口感	影響營養與澄清，不直接產生糖

這個比較也有助於理解產品名稱中的「for winemaking」。在含澱粉酒類中， α -澱粉酶與糖化酵素是核心；在葡萄酒或多數水果酒中，若原料主要糖分已是葡萄糖與果糖， α -澱粉酶通常不是首要工具。相反地，果膠酶或與香氣前驅物釋放相關的酵素可能更重要。葡萄酒微生物研究也顯示，酒類系統中的微生物群與分析方法會影響對發酵生態的理解，進一步說明不同酒種不能用同一套酵素邏輯簡化處理 [11]。

主要應用場景：米酒、穀物酒與澱粉質發酵基質

米酒與穀物酒的高溫液化

米、玉米、小麥、高粱與其他穀物的澱粉含量高，若沒有充分糊化與液化，後段糖化速度會受限。高耐熱 α -澱粉酶可在加熱處理期間降低澱粉漿黏度，使高固形物投料更容易攪拌，也可減少因局部過稠造成的結塊或焦化風險。高剪切擠壓與酵素水解結合用於中國米酒的研究，支持了「物理結構改變 + 酵素水解」會影響米基質發酵特性的觀點 [2]。

對傳統或半固態酒類而言，液化程度還會影響後段微生物分布與氧氣、熱量、水分的傳遞。若澱粉沒有被有效打開，糖化可能集中在局部，造成發酵不均；若液化過度或糖化策略不匹配，也可能造成糖釋放曲線過快，增加酵母滲透壓壓力或副產物變化。高溫大麴研究顯示，不同地區與製程形成的微生物群差異會對品質產生影響，因此外加酵素在傳統酒類中應被視為製程調控的一部分，而不是取代整個微生物生態^[5]。

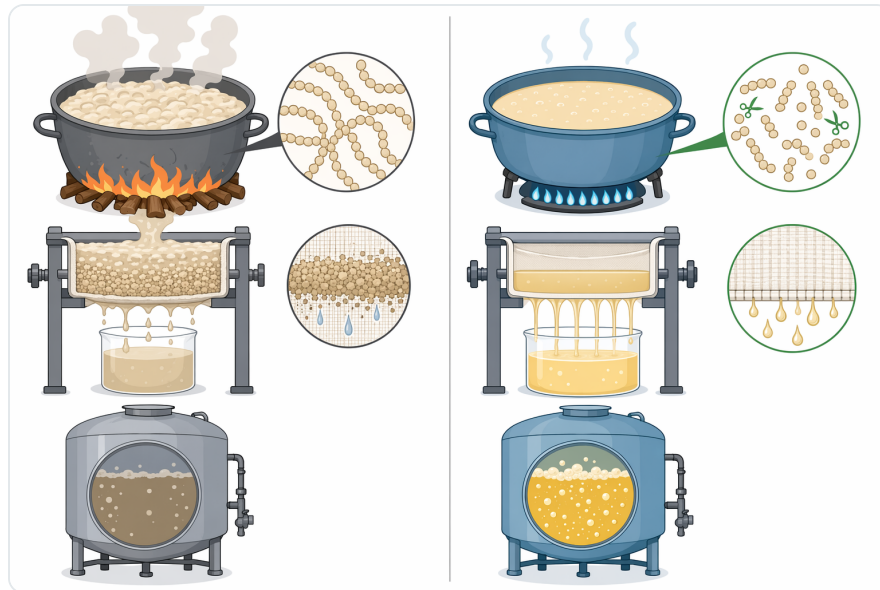


Figure 4. 與單純加熱處理澱粉相比，使用 α -澱粉酶處理可降低醪液黏度、改善過濾性，並提高可發酵萃取物的可利用性。

酒精發酵與同步糖化發酵

在燃料酒精或中性酒精發酵中，澱粉液化與糖化效率會影響可發酵糖供應、發酵速率與殘留糊精。高耐熱 α -澱粉酶通常負責前段快速降黏與生成可被糖化酵素接續處理的短鏈底物；若搭配能在發酵條件下作用的糖化系統，則有機會形成更平順的糖釋放曲線。以高粱粉進行整合生物加工與同步糖化發酵的研究，說明澱粉基質的酵素分解與酵母發酵可被整合設計，以提升生物乙醇生產效率^[8]。

在釀酒品質導向的流程中，糖釋放速度不只是產量問題，也與風味代謝有關。酵母在不同糖濃度、氮源與壓力條件下會改變高級醇、酯類、有機酸與硫化物表現；因此， α -澱粉酶的導入可能透過「改變糖供應曲線」間接影響感官輪廓。這類影響通常需要以廠內既有配方與菌株評估，不能只根據酵素名稱推定。Metschnikowia pulcherrima 在釀酒生物保護中的研究亦顯示，非傳統酵母與釀造微生物互動會影響酒類發酵結果，凸顯微生物組合的重要性^[12]。

食品發酵與副產澱粉流的處理

除酒類外，高耐熱 α -澱粉酶也可用於食品發酵前處理、澱粉副產物流降黏、植物基液態食品的流變調整，以及需要把高澱粉原料轉成更易泵送懸浮液的製程。烘焙研究中，耐熱纖維素酶與 α -澱粉酶處理會影響麵包的物理、營養與感官性質，顯示澱粉水解酵素不只服務酒精發酵，也會改變食品基質結構

與品質屬性^[13]。

不過，食品質感應用與釀酒液化應用的目標不同。釀酒更關注可發酵糖、黏度、糖化速度與微生物利用；食品質感則可能重視口感、回生、保水或產品穩定性。若把同一酵素用於不同產業，應以不同的製程結果評估其價值，而不是只看澱粉是否被水解。Bacillus subtilis α-澱粉酶生產最佳化研究顯示，微生物 α-澱粉酶在不同應用中可被視為一類平台型工業生物催化劑，但實際效益仍依應用場景而變^[14]。

工藝整合重點：溫度、pH、停留時間與混合

高耐熱 α-澱粉酶最常被安排在澱粉糊化後或糊化過程中加入，使原料一邊受熱膨潤，一邊被內切水解。理想狀態下，物料在黏度上升後能迅速被液化，避免高黏度平台維持太久。若加入太早而原料尚未充分吸水，酵素可能接觸不到足夠底物；若加入太晚，設備已承受較長時間高黏度負荷。耐熱、耐酸 α-澱粉酶研究指出，酵素的穩定性與催化行為與環境條件密切相關，這也是工業化應用必須重視製程窗口的原因^[4]。

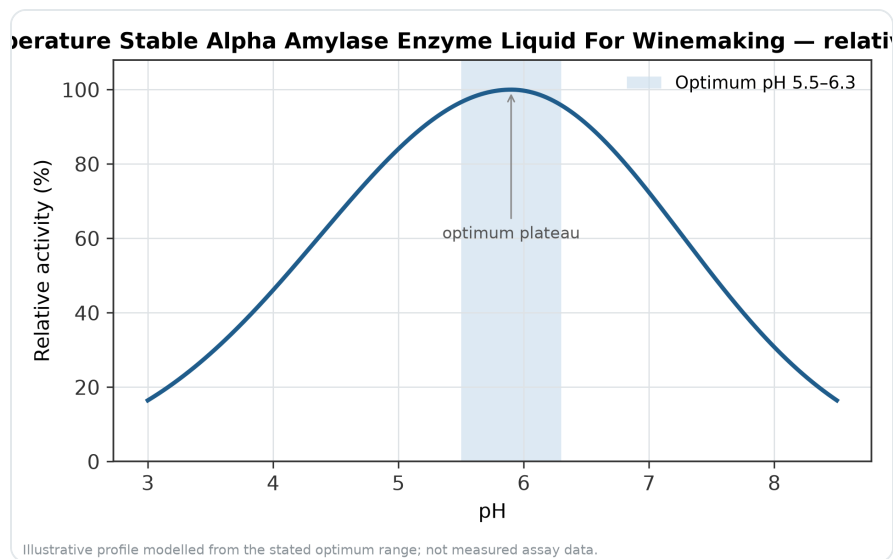


Figure 5. 釀酒用高溫穩定型液態 α-澱粉酶的相對活性隨 pH 變化，顯示其最佳活性平台位於 pH 5.5–6.3。

pH 也會改變酵素活性與蛋白質穩定性。釀酒原料常具有天然酸度，米穀物醪液、果穀混合醪液與草本發酵基質的緩衝能力也不同；若 pH 太偏離酵素可接受範圍，水解速率與熱穩定性都可能下降。另一方面，pH 也會影響後段酵母、乳酸菌或麴菌酶系，因此 α-澱粉酶的條件不能孤立設定，必須與整體發酵策略相容。酵素在食品生物技術中的應用研究普遍指出，溫度、pH 與底物環境是影響酵素表現的主要因素^[15]。

混合與剪切同樣重要。高固形物澱粉漿若混合不足，局部區域可能過度水解，其他區域則仍維持顆粒狀或結塊；這會使後段糖化不均、發酵曲線不穩。適度剪切有助於分散原料與增加酵素接觸面，但過度剪切也可能改變顆粒結構、升溫速度與設備熱負荷。米粉高剪切擠壓與酵素水解研究即顯示，機械處理和酵素反應並非獨立變數，而是共同塑造基質性質^[2]。

影響成效的原料與配方因素

不同澱粉來源的糊化行為差異很大。米澱粉、玉米澱粉、小麥澱粉、馬鈴薯澱粉與高粱澱粉在顆粒大小、直鏈澱粉比例、脂質複合體與蛋白質包埋程度上不同，這會影響 α -澱粉酶可及性。穀物外層纖維、蛋白質基質或脂質也可能阻礙水進入澱粉顆粒，導致同樣的加熱條件下液化效果不同。

Aspergillus oryzae 在澱粉食品發酵中的演化與澱粉酶基因變異，從微生物角度反映了不同澱粉環境對酶系適應的重要性^[9]。

原料中的多酚、香辛料、草本萃取物或植物次生代謝物可能對 α -澱粉酶產生抑制或結合效應。這在特色酒、草本酒、茶酒或含植物萃取物的發酵飲品中特別值得注意。辣木芽茶發酵研究顯示，發酵會改變植物化學成分與生物活性；雖然該研究並非針對澱粉酒液化，但它說明植物基質在發酵前後並非化學上靜止，可能與酵素反應相互影響^[16]。

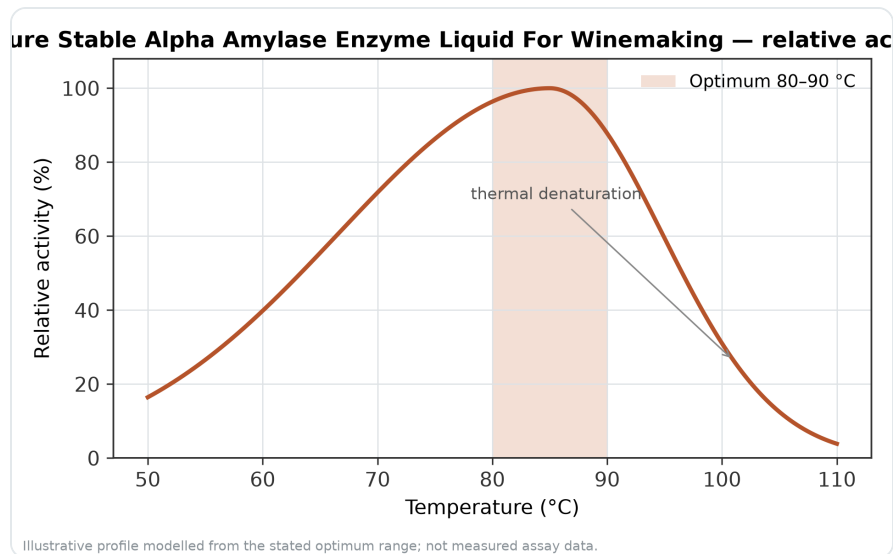


Figure 6. 釀酒用高溫穩定型液態 α -澱粉酶的相對活性隨溫度變化，最佳作用溫度為 80–90 °C，且在超過最佳溫度後呈現典型的熱變性活性下降。

水質與金屬離子也可能影響 α -澱粉酶穩定性。部分 α -澱粉酶依賴鈣離子維持結構穩定，但不同產品配方與來源不一定相同；同時，過量重金屬、強氧化劑、極端酸鹼或清潔劑殘留都可能損害蛋白質結構。這些因素在工廠中常來自 CIP 後殘留、原水硬度或原料污染，而非酵素本身。關於硒、砷與鎘毒性的文獻雖聚焦於生物毒理，但也提醒食品與發酵體系中微量元素具有生物化學影響，不應忽視原料與水源品質^[17]。

品質、安全與文件：供應通路可提供的資訊邊界

Enzymes.bio 作為線上酵素供應通路，提供此高耐熱液態 α -澱粉酶的 1 kg 包裝產品資訊與下單管道；CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，用於買方內部收貨、文件歸檔與安全管理。需要明確的是，Enzymes.bio 不是製造商，也不是檢驗實驗室，因此本文件不會提供製造商等級的批次製程敘述、活性單位定義、分析方法或特定活性數值。產品頁可作為商業供應與基本用途資訊來源，但現場製程表現仍取決於買方原料與設備條件。

酵素是蛋白質製劑，操作時應依 SDS 進行一般職業安全管理。液態酵素相較粉末較不容易形成粉塵，但仍應避免噴濺、長時間皮膚接觸或吸入霧化液滴；若在工廠中以泵送、噴淋或高速混合方式添加，氣膠化風險需要被納入安全程序。工業酵素綜述指出，酵素雖具有高效率與環境友善特性，但作為生物活性蛋白仍需適當的儲存、操作與暴露管理^[6]。

儲存方面，液態酵素通常對高溫、反覆凍融、污染與長時間開封敏感。使用者應依隨貨文件與包裝標示管理庫存，避免把酵素長時間放置在熱源、陽光直射或可能被清潔劑污染的區域。由於本產品是線上以 1 kg 單位銷售，對中小型釀造廠或研發型生產線而言，較適合用於既有流程中的批次導入與內部評估，而不需要把採購流程設計成樣品或大宗報價模式。

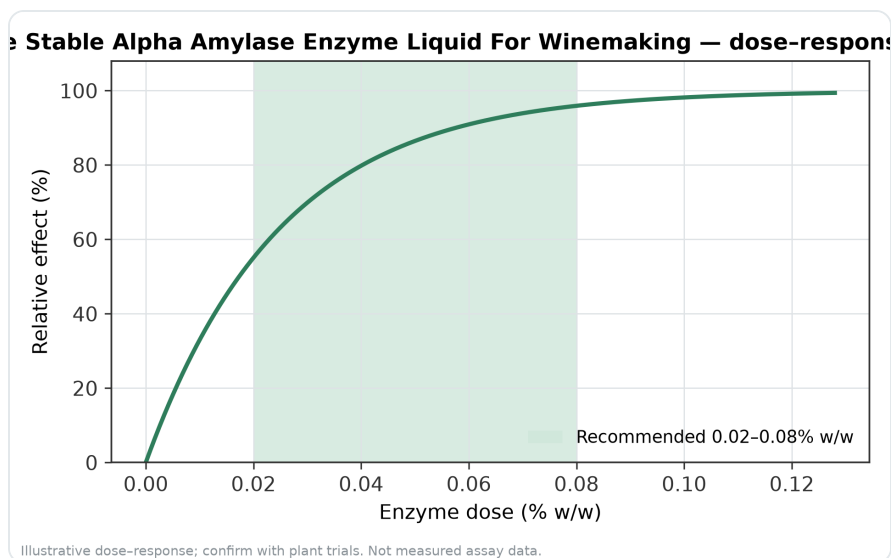


Figure 7. 釀酒用高溫穩定型液態 α -澱粉酶在建議使用範圍 (0.02–0.08% w/w) 內的劑量反應示意圖。

證據強度與合理期待

關於 α -澱粉酶本身，科學證據相當充分：它能水解澱粉 α -1,4 鍵、降低澱粉分子量、生成糊精與寡糖，且微生物來源 α -澱粉酶已廣泛用於食品、釀造、澱粉加工與生物燃料相關領域。Bacillus subtilis 發酵生產 α -澱粉酶的轉錄體研究與產量最佳化研究，均反映這類酵素已是成熟的工業生物技術對象^[18]。

關於「在特定酒廠能提升多少產量、縮短多少時間或改變多少酒精度」，證據則屬於情境依賴。公開文獻能支持其機理與應用方向，但每一條生產線的原料組成、設備熱效率、攪拌型式、糖化酵素、酵母菌株與污染控制都不同。Mao wine 發酵研究中，不同商業 *Saccharomyces cerevisiae* 酵母會造成發酵動力學差異，也顯示即使在相同酒類框架內，微生物選擇仍會改變製程結果^[3]。

因此，合理期待應是：高耐熱液態 α -澱粉酶可改善含澱粉原料的前段液化、降低高黏度醪液處理難度、提升後段糖化可及性，並使批次操作更可控；但它不應被描述為保證提高酒精收率、保證改善風味或取代完整糖化系統的單一添加物。若產品目標是風味型米酒或傳統麴酒，還要考量麴菌、酵母、乳酸菌與其他微生物對香氣和酸度的貢獻；釀酒生物保護研究也顯示，微生物互動本身就是品質形成的重要變數^[12]。

導入時的製程思考：把酵素放在正確的位置

在含澱粉釀酒流程中，導入高耐熱 α -澱粉酶最重要的是位置：它應服務於糊化與液化，而不是被期待在發酵末端補救殘糖或濁度。若原料尚未糊化，酵素接觸不到足夠澱粉；若後段缺少糖化能力，液化產物可能停留在較高分子糊精；若發酵菌株無法利用特定寡糖，酒精生成仍會受限。這種「前段液化—後段糖化—微生物發酵」的分工，是理解 α -澱粉酶應用的核心^[8]。

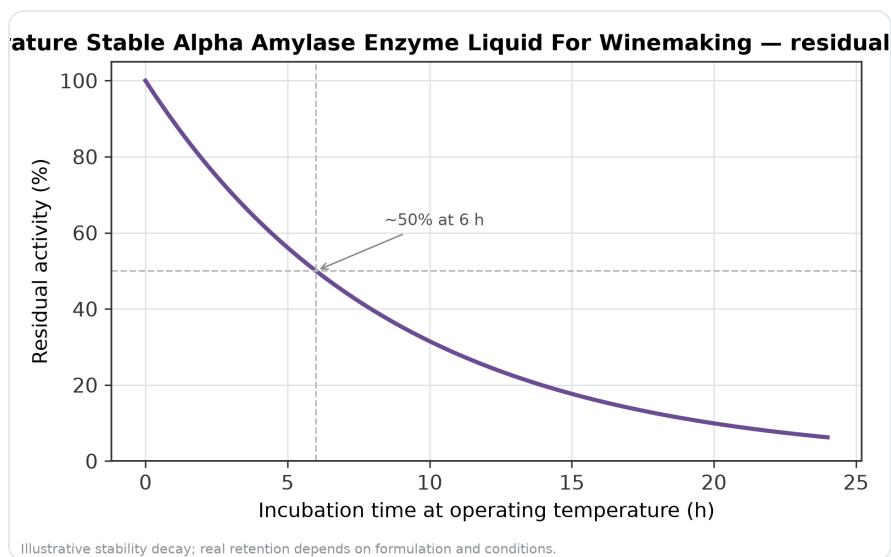


Figure 8. 釀酒用高溫穩定型液態 α -澱粉酶的熱穩定性衰減示意圖——在操作溫度下，殘餘活性會隨時間下降。

導入後可觀察的實務指標包括醪液流動性、攪拌負荷、泵送穩定性、糖化速度、發酵曲線平順度與成品殘留口感。這些指標比單看酵素添加量更能反映製程價值。對食品與酒類而言，過度水解有時也不是最佳結果；太快釋放糖可能帶來滲透壓壓力，太多低聚糖殘留可能改變口感，而太強的前處理也可能改變傳統風味輪廓。釀酒酵素綜述指出，酵素的價值在於精準催化特定轉化，必須與產品目標相匹配^[1]。

結論：適合含澱粉釀酒原料的高溫液化工具

High-Temperature Stable Alpha Amylase Enzyme Liquid for Winemaking 是一款以含澱粉釀酒與發酵前處理為核心應用的液態 α -澱粉酶。它的主要價值在於高溫糊化或液化階段切割澱粉 α -1,4 鍵，降低醪液黏度，生成較短糊精與寡糖，為後續糖化與發酵建立更容易控制的基質條件。對米酒、穀物酒、澱粉酒精發酵與食品發酵副產流處理而言，這類酵素能改善工程操作性，但最終發酵效率與風味仍取決於原料、糖化系統、微生物與製程控制^[2]。

Enzymes.bio 以 1 kg 單位在線上供應此產品，隨訂單提供 CoA 與 SDS；其角色是供應通路，不是製造商或檢驗機構。對 B2B 使用者而言，最務實的理解是：高耐熱 α -澱粉酶不是萬用釀酒添加劑，而是針對澱粉液化的工程酵素。當它被放在正確的糊化與前處理位置，並與後段糖化、發酵菌株與衛生管理協同設計時，最能展現降低黏度、提升加工穩定性與改善發酵前處理效率的價值。

線上訂購 High-Temperature Stable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Winemaking

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 High-Temperature Stable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Winemaking →](#)

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. Rensberg, P. V., & Pretorius, I. S. (2019). Enzymes in Winemaking: Harnessing Natural Catalysts for Efficient Biotransformations - A Review. *South African Journal of Enology and Viticulture*.
2. Xu, E., Wu, Z., Wang, F., Li, H., Xu, X., Jin, Z., & Jiao, A. (2015). Impact of High-Shear Extrusion Combined With Enzymatic Hydrolysis on Rice Properties and Chinese Rice Wine Fermentation. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 589-604.
3. Sripakdee, T., Manochai, K., Singkhan, P., Jandaruang, J., Siri Wong, K., & Poomsuk, N. (2024). Fermentation Kinetic and Alpha-Amylase Inhibition Studies of Mao Wine Fermented by Three Commercial *Saccharomyces cerevisiae* Yeasts. *TRENDS IN THE SCIENCES*.
4. 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.

5. Yan, C., Huang, Z., Tu, R., Zhang, L., Wu, C., Wang, S., Huang, P., ... et al. (2025). Revealing the Differences in Microbial Community and Quality of High-Temperature Daqu in the Southern Sichuan–Northern Guizhou Region. *Foods*, 14.
6. Dub, A., Plaskonis, I., Barna, O., Kozyr, H., Stechyshyn, I., & Vasenda, M. (2025). Production of enzymes by biotechnological methods: A review. *The Ukrainian Scientific Medical Youth Journal*.
7. Owolabi, O. E., Olaniyi, O., & Akinyosoye, F. (2023). Catalytic properties of purified alpha amylase from *Aspergillus flavus* cultivated on low-cost agricultural substrate. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*.
8. Ozougwu, V. O., Aernan, S. D., Onoyima, E., & Chinekwu, S. (2026). Bioethanol production by consolidated bioprocessing and simultaneous saccharification and fermentation of sorghum flour using *Pichia* and *Meyerozyma guilliermondii* strains. *Bio-Research*.
9. Chacón-Vargas, K., McCarthy, C. O., Choi, D., Wang, L., Yu, J., & Gibbons, J. G. (2021). Comparison of Two *Aspergillus oryzae* Genomes From Different Clades Reveals Independent Evolution of Alpha-Amylase Duplication, Variation in Secondary Metabolism Genes, and Differences in Primary Metabolism. *Frontiers in Microbiology*, 12.
10. Seetaloo, A. D., Aumeeruddy, M. Z., Kannan, R., & Mahomoodally, M. (2019). Potential of traditionally consumed medicinal herbs, spices, and food plants to inhibit key digestive enzymes geared towards diabetes mellitus management — A systematic review. *South African Journal of Botany*.
11. Cerutti, F., Cravero, D., Costantini, A., Pulcini, L., Modesto, P., Acutis, P., Vaudano, E., ... et al. (2019). Impact of DNA purification method and primer selection on 16S rRNA gene metabarcoding on wine. *OENO One*.
12. Puyo, M., Simonin, S., Bach, B., Klein, G., Alexandre, H., & Tourdot-Maréchal, R. (2023). Bio-protection in oenology by *Metschnikowia pulcherrima*: from field results to scientific inquiry. *Frontiers in Microbiology*, 14.
13. Chauhan, J., Shukla, R., Bishoyi, A. K., Goyal, S., & Sanghvi, G. (2023). Investigation of physical, nutritional and sensory properties of wheat bread treated with purified thermostable cellulase and alpha amylase. *Cogent Food & Agriculture*, 9.
14. Effiom, H., & Lennox, J. (2022). Optimization of Independent Variables for the Production of Extracellular Alpha Amylase by *Bacillus subtilis* IMD34 Using Plackett-Burman Design. *Sultan Qaboos University Journal for Science [SQUJS]*.
15. Kuddus, M. (2018). Cold-active enzymes in food biotechnology : An updated mini review.
16. Adekoya, A. E., Eze, R. C., Okpara, K. E., & Eze, F. N. (2024). Impact of Fermentation on the Phytochemical Content and Biological Properties of *Moringa oleifera* Lam. Shoot Teas. *Chemistry and Biodiversity*, 21.
17. Zwolak, I. (2019). The Role of Selenium in Arsenic and Cadmium Toxicity: an Updated Review of Scientific Literature. *Biological Trace Element Research*, 193, 44 - 63.
18. Geissler, A. S., Poulsen, L. D., Doncheva, N., Anthon, C., Seemann, S., González-Tortuero, E., Breüner, A., ... et al. (2022). The impact of PrsA over-expression on the *Bacillus subtilis* transcriptome during fed-

batch fermentation of alpha-amylase production. *bioRxiv*, 13.

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

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。