

Glucoamylase Enzyme For Home Brewing And Commercial Breweries : 釀造用葡萄糖澱粉酶的機制、應用與製程定位

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

Glucoamylase Enzyme For Home Brewing And Commercial Breweries 是用於家庭釀造與商業啤酒廠的葡萄糖澱粉酶，主要功能是把糖化後殘留的糊精、寡糖與澱粉片段進一步水解為葡萄糖，提升可發酵糖比例。它特別適合乾型啤酒、高發酵度啤酒、副原料比例較高的麥汁，以及蒸餾或酒精發酵中需要更完整澱粉轉化的製程。Enzymes.bio 供應此類釀造酵素，產品以 1 kg 單位在線上直接銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供。

酵素名稱與主要應用

酵素名稱： Glucoamylase，中文常稱葡萄糖澱粉酶，也常見於釀造與澱粉加工文獻中的 amyloglucosidase。

主要應用： 家庭釀造、商業啤酒廠、乾型啤酒、低殘糖啤酒、高副原料配方、蒸餾酒醪液、澱粉型酒精發酵與需要提高可發酵糖生成的製程。

在釀造語境中，Glucoamylase 的重點不是單純讓澱粉「變小」，而是把已經液化或部分糖化後的糊精繼續拆解到葡萄糖。酵母通常能有效利用葡萄糖、麥芽糖與部分麥芽三糖，但較長鏈糊精不易完全發酵；因此，葡萄糖澱粉酶的加入會改變麥汁或酒醪的可發酵糖組成，進而影響終點比重、酒體厚薄、殘糖感與酒精產率。澱粉水解酵素在釀造中被用來調整原料利用、發酵性能與資源消耗，相關研究也將外源酵素視為啤酒製程中可影響能資源使用與製程效率的工具之一^[1]。

Enzymes.bio 是供應商，不是製造商，也不是實驗室；本文因此以教育型技術說明為主，聚焦於 Glucoamylase 的生化作用、釀造整合方式、適用情境與限制。產品資訊可用於理解其供應型態與釀造用途，但實際製程結果仍取決於配方、原料、糖化制度、酵母、發酵條件與包裝前穩定性管理。

Glucoamylase 是什麼：外切型澱粉水解酵素

Glucoamylase 是一類外切型澱粉水解酵素，會從澱粉或糊精分子的非還原端逐步釋放葡萄糖。與主要在澱粉鏈內部隨機切割的 α -amylase 不同，Glucoamylase 的特徵是沿著葡聚糖鏈末端連續作用，將較短寡糖與糊精推向葡萄糖終產物；在澱粉降解酵素分類與催化研究中，這類酵素被歸入處理澱

粉、麥芽寡糖與相關葡聚糖的重要酵素群^[2]。

澱粉主要由直鏈澱粉與支鏈澱粉組成。直鏈澱粉以 α -1,4 糖苷鍵連接葡萄糖；支鏈澱粉除了 α -1,4 鍵外，還包含 α -1,6 分支點。釀造糖化過程通常先依賴麥芽內源酵素或外源 α -amylase、 β -amylase 等酵素，把大分子澱粉轉為麥芽糖、麥芽三糖與各種糊精；但如果製程希望進一步降低殘留糊精，Glucoamylase 就能補上「末端水解」的角色。不同來源的葡萄糖澱粉酶在受質偏好、熱穩定性與反應表現上可能有所差異，研究中也曾針對 *Aspergillus* 來源 glucoamylase 進行蛋白工程，以探討澱粉降解酵素序列相似性與受質特異性的關係^[3]。

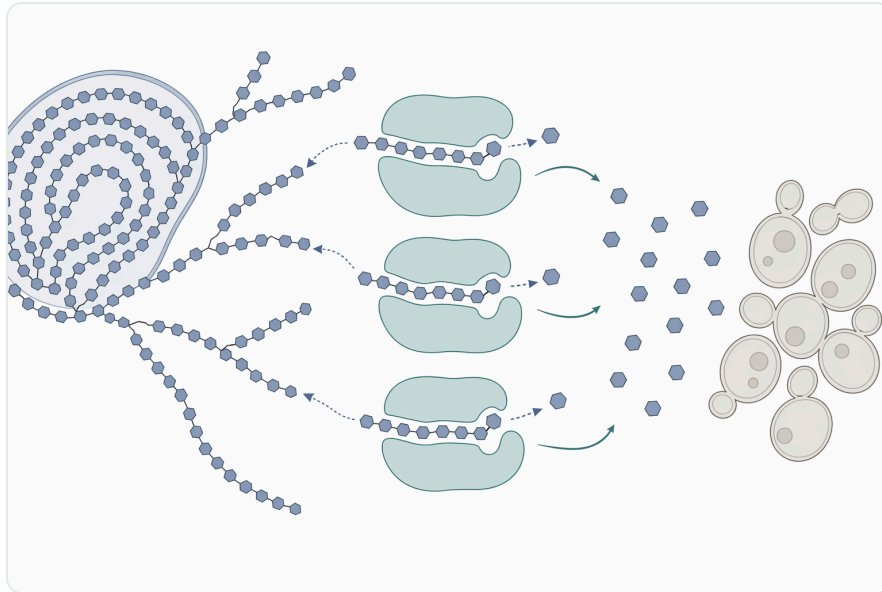


Figure 1. 葡萄糖澱粉酶會從澱粉衍生的糊精與寡糖中釋放葡萄糖單位，增加酵母可利用的可發酵糖。

在啤酒製程中，這種機制有非常直接的感官後果：當更多糊精被轉為葡萄糖，酵母可發酵的碳源增加，終點比重可能下降，口感變得較乾，酒體可能變輕，酒精度也可能因可發酵糖增加而上升。這些效果是 Glucoamylase 被用於 dry beer、high attenuation beer 與部分低殘糖配方的主要原因，但同時也代表它需要被納入完整製程控制，而不是在任何批次中任意添加。

作用機制：從糊精、寡糖到葡萄糖

Glucoamylase 的核心反應，是辨識澱粉水解產物的非還原端，逐步切下葡萄糖。若以釀造流程來看， α -amylase 先降低澱粉分子量與黏度，生成一系列可溶性糊精； β -amylase 產生大量麥芽糖；而 Glucoamylase 則進一步處理殘留糊精與寡糖，使糖譜往葡萄糖方向移動。這個「液化—糖化—深度糖化」的分工，是高副原料或高發酵度製程常見的設計邏輯。

研究也顯示，不同微生物來源的 Glucoamylase 可能具有不同的受質專一性。例如 *Curvularia lunata* 來源的 glucoamylase 被研究其受質特異性，顯示同樣被稱為 glucoamylase 的酵素，在特定受質上的反應能力仍可能受到蛋白結構與來源差異影響^[4]。對釀造者而言，這意味著「葡萄糖澱粉酶」不是單一固定表現的概念；實際效果會受到酵素來源、配方、溫度、pH、反應時間與底物狀態共同影響。

另一個重要概念是分支點處理。支鏈澱粉含有 α -1,6 分支，這些分支會讓澱粉完全轉化變得更困難。Glucoamylase 可對 α -1,4 鍵持續外切，也能在一定程度上處理分支結構，因此對降低極限糊精特別有價值。不過，它對分支點的處理通常比對線性 α -1,4 鍵慢，這也是為什麼實務上常會與其他澱粉酶搭配，而不是期待單一酵素完成所有澱粉轉化。

與其他釀造酵素的差異

釀造酵素常被一起討論，但不同酵素處理的問題並不相同。Glucoamylase 主要解決的是糊精與殘留澱粉片段的深度糖化； α -amylase 更偏向液化； β -glucanase 主要處理 β -葡聚糖造成的黏度與過濾問題；蛋白酶則作用於蛋白質，與游離胺基氮、泡沫與蛋白穩定性相關。若將這些功能混淆，容易導致錯誤的製程期待。

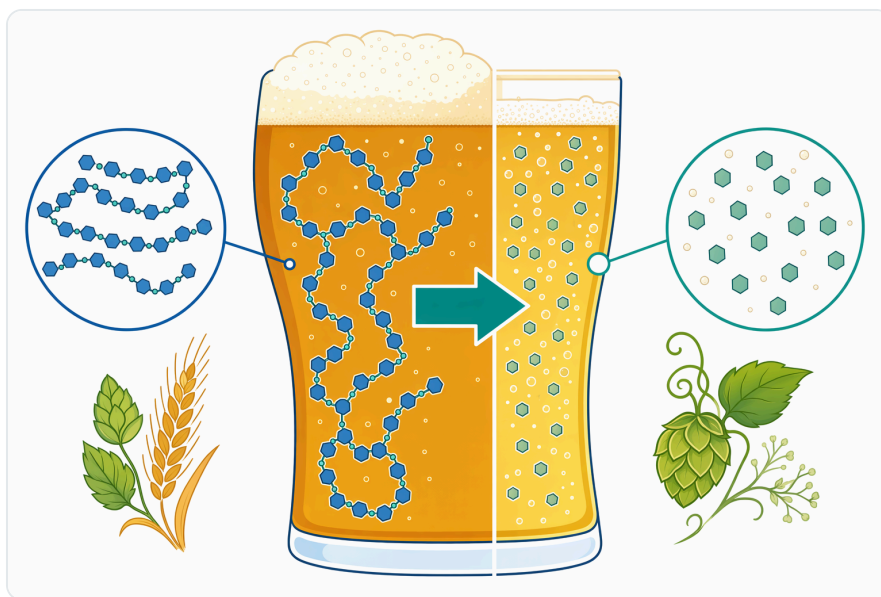


Figure 2. 降低殘留糊精可使終點比重與甜感下降，同時也會減少酒體與口感的飽滿度。

酵素類型	主要受質	主要作用	釀造中的典型目的	與 Glucoamylase 的關係
Glucoamylase 葡萄糖澱粉酶	糊精、寡糖、澱粉片段	從非還原端釋放葡萄糖	提高可發酵糖、降低殘糖、提高發酵度	深度糖化核心酵素

酵素類型	主要受質	主要作用	釀造中的典型目的	與 Glucoamylase 的關係
α -Amylase	澱粉內部 α -1,4 鍵	內切澱粉、快速降黏、產生糊精	液化澱粉、改善高澱粉原料處理	常作為前段液化搭配
β -Amylase	澱粉鏈非還原端	釋放麥芽糖	建立麥汁主要可發酵糖	與 Glucoamylase 共同影響糖譜
β -Glucanase	β -葡聚糖	降低黏度、改善過濾	改善洗槽、過濾與麥汁流動性	不負責提高葡萄糖生成
Protease 蛋白酶	蛋白質與胜肽	蛋白水解	影響 FAN、澄清、泡沫或蛋白穩定	不處理澱粉與糊精

以未發芽大麥或其他未發芽穀物釀造時，外源酵素的角​​色尤其明顯。相關研究評估未發芽大麥搭配麥芽與商業酵素時的糖化影響，指出在內源酵素不足的原料系統中，商業酵素可作為補足糖化能力的手段^[5]。在這樣的配方裡，Glucoamylase 的定位通常不是取代所有麥芽酵素，而是把已液化、已部分糖化的碳水化合物更徹底轉為可發酵糖。

在家庭釀造與商業啤酒廠中的主要用途

提高發酵度與降低終點比重

Glucoamylase 最常見的釀造用途，是提高 apparent attenuation，使啤酒更乾、更清爽。當麥汁中有較多極限糊精或長鏈寡糖時，酵母無法完全利用這些碳水化合物，成品會保留較高殘糖與較厚酒體。Glucoamylase 把這些糊精轉為葡萄糖後，酵母可進一步發酵，終點比重通常會下降。

這種效果對 dry beer、brut-style beer、低殘糖啤酒與某些高酒精度配方特別有用。不過，發酵度提升並不等於品質必然提升；如果配方原本依賴糊精支撐口感，過度使用 Glucoamylase 可能讓啤酒顯得單薄、酒精感突出或尾韻過乾。麥芽批次本身的酵素活性與可發酵性差異也會影響結果，研究對多批次商業麥芽進行酵素與可發酵性相關分析，顯示麥芽酵素組成會影響發酵、過濾與釀造表現^[6]。

高副原料與未發芽穀物配方

商業啤酒廠與小型酒廠常使用米、玉米、高粱、木薯、未發芽大麥或其他澱粉型副原料，以調整風味、成本、酒體或在地原料特色。這些原料本身通常不像麥芽一樣提供完整糖化酵素，因此若副原料比例提高，糖化不完全、黏度偏高、發酵度不足或批次差異可能增加。



Figure 3. 釀造用酶會依作用基質與功能而有所不同；葡萄糖澱粉酶的作用是將糖化進一步推向葡萄糖生成，而不是用來解決黏度、蛋白質或過濾問題。

Glucoamylase 在這類製程中可用於提升糖化完成度，尤其是在澱粉已糊化並經液化處理後。它的功能不是讓未處理澱粉自動變成酒精，而是把前段酵素與熱處理釋放出的糊精繼續轉為葡萄糖。未發芽穀物釀造研究顯示，麥芽比例與商業酵素添加會影響糖化與釀造表現，支持在副原料系統中以酵素補足原料限制的製程邏輯^[5]。

蒸餾、酒精發酵與高轉化率製程

在蒸餾酒、清酒類醪液、穀物酒精與生質乙醇等應用中，目標通常更偏向最大化澱粉轉化與乙醇產率，而不一定保留啤酒所需的糊精酒體。**Glucoamylase** 因能增加葡萄糖供應，成為澱粉型酒精發酵中非常常見的酵素工具。原澱粉降解型 **glucoamylase** 的研究指出，能有效水解澱粉並支援乙醇發酵的酵素，對降低製程能耗與提高發酵效率具有應用價值^[7]。

在蒸餾或酒精發酵中，**Glucoamylase** 往往與 α -amylase 一起使用：前者負責把糊精轉成葡萄糖，後者負責讓澱粉先變得可溶且可被進一步水解。若省略前段液化或澱粉未充分糊化，**Glucoamylase** 的作用會受到限制；若前段液化良好，則其深度糖化功能會更明顯。

添加階段：糖化槽、發酵槽與同步糖化思維

Glucoamylase 可在不同製程階段發揮作用，但每個階段帶來的結果不同。若在糖化後段或糖化完成前加入，釀造者可在進入煮沸或後續處理前，先讓麥汁糖譜往葡萄糖方向移動。這種方式較容易把酵素作用限制在熱處理前的糖化系統內，適合希望在發酵前就建立高可發酵性麥汁的配方。

若在發酵槽加入，Glucoamylase 可能在酵母發酵期間持續把糊精轉為葡萄糖，形成類似同步糖化與發酵的效果。這對高發酵度或高酒精度製程有利，因為葡萄糖會邊生成邊被酵母利用；但對包裝穩定性要求高的啤酒來說，也代表終點判斷必須更謹慎。若酵素仍持續作用，成品可能在看似達到終點後繼續降比重，造成過度碳酸化或風味偏離。

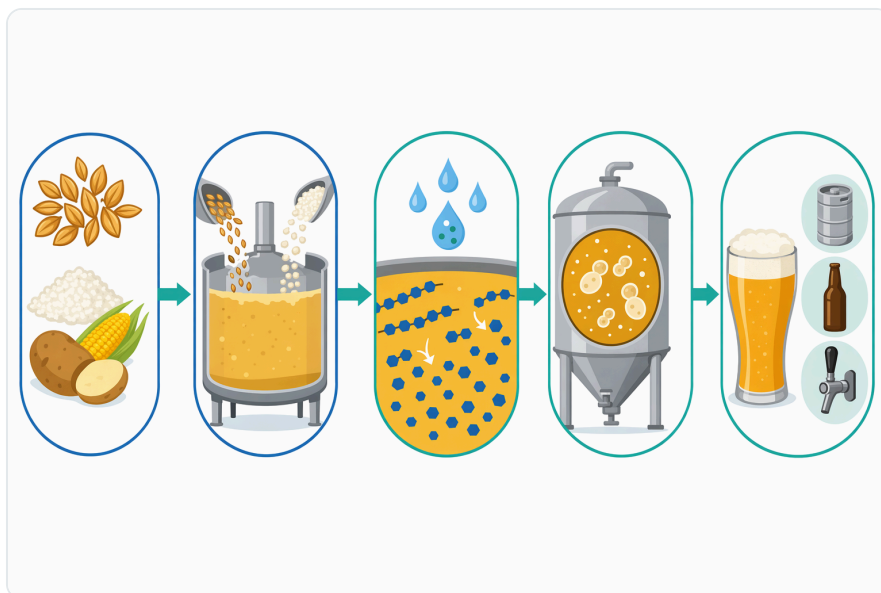


Figure 4. 葡萄糖澱粉酶可依釀酒師的需求，在糖化、麥汁處理或發酵階段添加；可用來及早調整麥汁的可發酵性，或在後期持續生成葡萄糖。

這個風險可從 diastatic 酵母的研究脈絡理解。能分泌 glucoamylase 的 *Saccharomyces cerevisiae* 會把一般啤酒酵母無法利用的糊精轉為可發酵糖，因此在某些製程中有價值，但在其他啤酒系統中也可能造成過度發酵與包裝風險^[8]。也就是說，Glucoamylase 的強項正是它的風險來源：它能把殘留糊精變成酵母可利用的糖。

科學證據如何支持釀造應用

Glucoamylase 水解澱粉與糊精的證據基礎穩固

Glucoamylase 的澱粉水解能力已有長期研究基礎。不同微生物來源的酵素被純化與表徵，顯示其可作用於澱粉類受質並生成葡萄糖或相關水解產物。例如 *Paenibacillus amylolyticus* 來源的胞外 glucoamylase 經研究其生化特性，支持細菌來源葡萄糖澱粉酶在澱粉水解上的應用潛力^[9]。

Aspergillus oryzae 來源 glucoamylase 也在傳統發酵體系中被研究。來自濃香型大曲的 *Aspergillus oryzae* glucoamylase 純化與特性分析，說明這類酵素在穀物發酵與澱粉糖化環境中的重要性^[10]。雖然大曲與啤酒麥汁不是同一系統，但兩者都涉及穀物澱粉轉化與微生物發酵，因此可提供理解 glucoamylase 工業價值的背景。

受質特異性會影響實際表現

釀造應用不應只把 Glucoamylase 視為單一功能標籤。不同來源酵素對可溶性澱粉、麥芽寡糖、分支糊精或其他糖苷受質的偏好可能不同，進而影響反應速率與終點糖譜。Paecilomyces variotii 來源 glucoamylase 的早期研究即針對純化與受質特異性進行分析，顯示受質偏好是理解酵素表現的重要面向^[11]。

這也解釋了為什麼釀造結果不能只用「有加或沒加」來判斷。相同配方中，麥芽改變、粉碎細度改變、糖化休止條件改變、pH 偏移或發酵酵母改變，都可能讓 Glucoamylase 的可見效果不同。對家庭釀造者來說，這意味著它是調整酒體與終點比重的強力工具；對商業啤酒廠來說，則需要把它納入既有品質規格與穩定性管理。



Figure 5. 葡萄糖澱粉酶在釀造中最適合用於刻意追求乾爽的酒款、高比重麥汁、使用大量輔料的配方、替代穀物，以及糊精受限的發酵。

釀造酵素使用需兼顧效率與安全文件

釀造酵素的使用不只牽涉效率，也牽涉食品製程中的安全與文件管理。針對精釀啤酒中酵素製劑使用效率與安全要求的研究指出，酵素能改善製程表現，但也需要在食品生產脈絡下考量其合規與安全要求^[12]。Enzymes.bio 隨訂單提供 CoA 與 SDS，對使用者進行內部文件建檔、原料留存與安全資訊管理有實務價值。

對啤酒風味與品質的影響

Glucoamylase 對啤酒最直接的感官影響是「乾」。當糊精被轉化並發酵，殘糖降低，口感會變得清爽，尾韻甜感下降。這對某些風格是優點，例如 dry lager、brut IPA、低殘糖淡色啤酒或希望提高飲用性的高酒精度啤酒；但對需要飽滿酒體的 stout、porter、strong ale 或 malt-forward beer，過度

深度糖化可能反而削弱風格表現。

第二個影響是酒精平衡。更多可發酵糖通常會帶來更高酒精生成潛力，但若酵母營養、發酵溫度或氧氣管理不足，酒精度提升不一定等於風味更乾淨。可發酵糖增加可能伴隨發酵壓力增加，進而影響酯類、高級醇或硫化物表現。因此，Glucoamylase 應被視為糖譜調整工具，而不是單獨提高品質的添加物。

第三個影響是包裝穩定性。若酵素在包裝前仍具作用空間，殘留糊精可能持續轉為可發酵糖，造成瓶內或桶內再發酵。商業啤酒廠尤其需要把終點穩定、碳酸化控制與產品流通時間納入考量。這並非 Glucoamylase 獨有問題，而是所有能在後段改變可發酵糖供應的酵素與微生物都必須面對的製程議題。

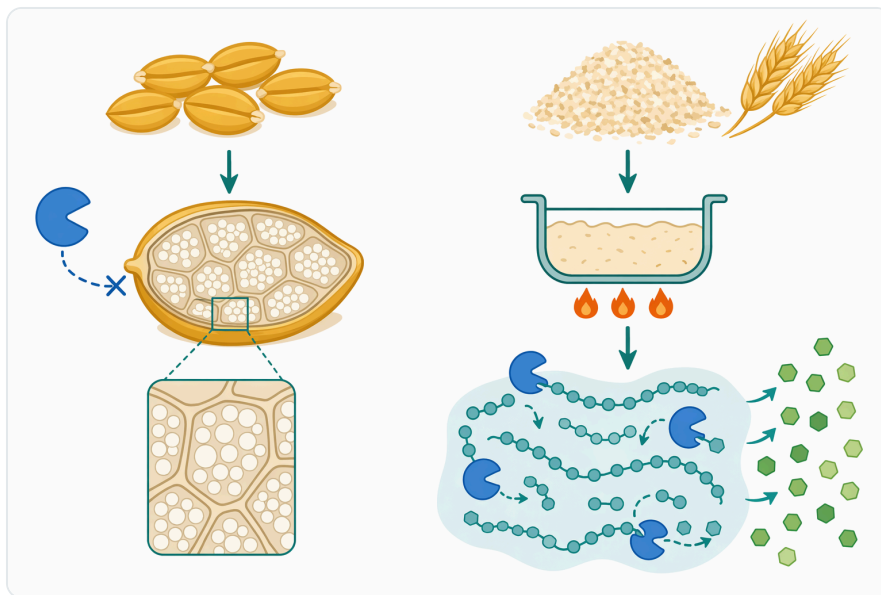


Figure 6. 葡萄糖澱粉酶在澱粉已透過研磨、糊化、液化或糖化變得可被作用後，效果最佳。

適合與不適合的使用情境

Glucoamylase 適合用於目標明確的高發酵度製程。若釀造者希望降低終點比重、製作乾型啤酒、提高副原料澱粉利用率，或在酒精發酵中提高葡萄糖供應，它是合理工具。它也適合用於研發批次，幫助評估相同配方在不同可發酵糖比例下的口感差異。

相對地，如果問題是洗糟慢、過濾困難或麥汁黏度高，Glucoamylase 不一定是第一選擇，因為這些現象常與 β -葡聚糖、細胞壁多醣或粉碎條件有關。若問題是麥汁 FAN 不足、泡沫不穩、蛋白混濁或麩質管理，則應從蛋白質相關酵素或製程條件切入，而不是期待葡萄糖澱粉酶處理蛋白質。

它也不應被單獨包裝成「低糖」或「低熱量」宣稱的保證。Glucoamylase 的確能提高糊精轉為葡萄糖的比例，使酵母有機會進一步發酵；但成品是否符合任何低碳水、低熱量或特定標示要求，仍取決於完整配方、發酵完成度、最終成分與當地法規。這一點在商業銷售產品中特別重要。

與家庭釀造者和商業酒廠的關聯

對家庭釀造者而言，Glucoamylase Enzyme For Home Brewing And Commercial Breweries 的吸引力在於操作目的清楚：讓啤酒更乾、降低殘糖、改善高副原料配方的發酵完整度。家庭釀造批次規模較小，配方試驗頻繁，這類酵素可用來比較不同發酵度下的口感與香氣表現。但家庭釀造者也更容易忽略包裝後再發酵風險，因此在裝瓶或裝桶前確認發酵穩定尤其重要。

對商業啤酒廠而言，Glucoamylase 的價值在於一致性與製程設計。當原料批次變異、麥芽酵素力不同或副原料比例提高時，外源葡萄糖澱粉酶可協助把可發酵糖供應調整到更可預期的範圍。釀造酵素對資源使用與製程效率的影響已被納入啤酒製程研究討論，顯示其不只是配方添加物，也可能是製程優化工具^[1]。



Figure 7. 葡萄糖澱粉酶最好視為由酒款風格需求主導的工具，因為較乾爽的收尾在某些啤酒中很理想，但對以糊精酒體為核心的啤酒則可能適得其反。

Enzymes.bio 的供應模式是線上直接銷售 1 kg 單位產品，適合已有明確用途、需要將酵素納入既有釀造或發酵流程的使用者。CoA 與 SDS 隨訂單提供，有助於原料文件留存與安全資訊管理；但實際應用仍應依照廠內配方、製程控制與品質規格執行。

結論：Glucoamylase 是提高可發酵糖與降低殘糖的精準工具

Glucoamylase Enzyme For Home Brewing And Commercial Breweries 的核心價值，是把糖化後殘留的糊精、寡糖與澱粉片段進一步轉化為葡萄糖，讓酵母可利用的糖增加。它最適合用於 dry beer、高發酵度啤酒、低殘糖配方、副原料比例較高的麥汁，以及蒸餾或穀物酒精發酵中需要更完全澱粉轉化的製程。

從機制上看，Glucoamylase 與 α -amylase、 β -amylase、 β -glucanase、protease 的功能不同；它不是過濾改善酵素，也不是蛋白質處理工具，而是針對澱粉水解後段的深度糖化酵素。當釀造目標是提高可發酵糖、降低終點比重或讓口感更乾時，它能提供明確且有研究基礎的製程作用。

同時，Glucoamylase 的強效也需要被謹慎管理。它可能讓發酵比預期更深入，改變酒體、酒精平衡與包裝穩定性。最佳結果來自清楚的製程定位：先確認問題是糊精與可發酵糖不足，再將 Glucoamylase 放入合適的糖化或發酵策略中，而不是把它視為所有釀造問題的通用解方。

線上訂購 Glucoamylase Enzyme For Home Brewing And Commercial Breweries

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 Glucoamylase Enzyme For Home Brewing And Commercial Breweries →](#)

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. Donkelaar, L. H., Mostert, J., Zisopoulos, F., Boom, R., & Goot, A. J. (2016). The use of enzymes for beer brewing: Thermodynamic comparison on resource use. *Energy*, 115, 519-527.
2. Ilmi, A. N., & Zulaika, E. (2025). Exploring Amyolytic Enzymes from GH Families in Maltooligosaccharide Biosynthesis: Classification, Catalysis, and Industrial Potential. *International Journal of Science and Research Archive*.
3. Sierks, M., & Svensson, B. (1994). Protein engineering of the relative specificity of glucoamylase from *Aspergillus awamori* based on sequence similarities between starch-degrading enzymes. *Protein Engineering*, 7 12, 1479-84 .
4. Feng, B., Hu, W., Ma, B., Yong-Wang, Huang, H., Sheng-Wang, & Qian, X. (2007). Purification, characterization, and substrate specificity of a glucoamylase with steroidal saponin-rhamnosidase activity from *Curvularia lunata*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 76, 1329-1338.

5. Goode, D., Wijngaard, H., & Arendt, E. (2005). Mashing with Unmalted Barley—Impact of Malted Barley and Commercial Enzyme (Bacillus spp.) Additions.
6. Evans, D. E., Stewart, S., Stewart, D., Han, Z., Han, Y., & Able, J. (2021). Profiling Malt Enzymes Related to Impact on Malt Fermentability, Lautering and Beer Filtration Performance of 94 Commercially Produced Malt Batches. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 80, 413 - 426.
7. Xu, Q., Yan, Y., & Feng, J. (2016). Efficient hydrolysis of raw starch and ethanol fermentation: a novel raw starch-digesting glucoamylase from *Penicillium oxalicum*. *Biotechnology for Biofuels*, 9.
8. Innis, M., Holland, M. J., McCabe, P., Cole, G., Wittman, V., Tal, R., Watt, K., ... et al. (1985). Expression, Glycosylation, and Secretion of an *Aspergillus* Glucoamylase by *Saccharomyces cerevisiae*. *Science*, 228, 21 - 26.
9. Lincoln, L., More, V., & More, S. (2019). Purification and biochemical characterization of extracellular glucoamylase from *Paenibacillus amylolyticus* strain. *Journal of Basic Microbiology*, 59, 375 - 384.
10. Wang, C., Yang, L., Luo, L., Tang, S., & Wang, Q. (2020). Purification and characterization of glucoamylase of *Aspergillus oryzae* from Luzhou-flavour Daqu. *Biotechnology Letters*, 42, 2345 - 2355.
11. Takeda, Y., Matsui, H., Tanida, M., Takao, S., & Chiba, S. (1985). Purification and substrate specificity of glucoamylase of *Paecilomyces varioti* AHU 9417. *Agricultural and biological chemistry*, 49, 1633-1641.
12. Zamaï, Z. V., Gumeniuk, O., Khrebtan, O., Ponomarenko, S., & Ivanenko, K. (2022). THE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF EZYME PREPARATIONS USE AND REQUIREMENTS ON THEIR SAFETY IN CRAFT BEER PRODUCTION. *Technical Sciences and Technologies.*


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。