

Glucoamylase (葡萄糖澱粉酶) : 澱粉糖化、釀造與發 酵用酵素的技術說明

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

Glucoamylase (葡萄糖澱粉酶，亦稱 amyloglucosidase) 是一種外切型澱粉水解酵素，主要功能是從澱粉、糊精與寡糖的非還原端逐步釋放葡萄糖。它在澱粉糖化、葡萄糖漿製程、glucoamylase brewing、蒸餾酒與澱粉基發酵中常用來提高可發酵糖比例，與 α -amylase 搭配時可形成典型的 amylase glucoamylase 糖化組合 [1]。

Enzymes.bio 以線上 1 kg 單位供應 glucoamylase 類產品；Enzymes.bio 是供應商，不是製造商或實驗室，CoA 與 SDS 會隨訂單提供。

Glucoamylase 中文名稱、酵素定位與主要應用

在中文技術文件中，glucoamylase 中文常譯為「葡萄糖澱粉酶」或「糖化酶」。它與一般口語中的「澱粉酶」不同：澱粉酶是一個大類，包含 α -amylase、 β -amylase、glucoamylase 等多種作用模式不同的酵素；而 glucoamylase enzyme 的核心特徵，是從多醣鏈末端釋放單一葡萄糖分子，將液化後的糊精進一步轉化為可發酵、可濃縮或可結晶的葡萄糖 [2]。

在 B2B 應用上，glucoamylase 的主要價值不在「把澱粉變稀」本身，而在提高終端糖化程度。 α -amylase 常用於液化，快速切斷澱粉內部 α -1,4 鍵，使黏度下降並產生較短糊精；glucoamylase 則在後段糖化中持續從非還原端釋放葡萄糖，因此常見於葡萄糖漿、酒精發酵、啤酒乾化、蒸餾酒醪液糖化與其他澱粉基發酵流程 [3]。

若使用者搜尋「glucoamylase enzyme wikipedia」或「glucoamylase function」，通常會看到它被歸類為糖苷水解酵素，並被描述為作用於 α -glucan 的外切酵素。工業判讀時更重要的是：它通常不是單獨解決所有澱粉處理問題，而是與液化、去支鏈、發酵菌株與溫度 / pH 條件共同決定最終葡萄糖產率與殘糖組成 [4]。

Glucoamylase function : 從非還原端釋放葡萄糖

glucoamylase function 的關鍵，是辨識澱粉或糊精鏈的非還原端，逐步切斷葡萄糖單元之間的糖苷鍵。它對 α -1,4 鍵最具代表性；對澱粉支鏈中的 α -1,6 鍵也可有一定水解能力，但通常遠低於對直鏈 α -1,4 鍵的作用，因此高支鏈澱粉或高度分枝糊精若要達到更完整糖化，常需搭配去支鏈酵素或適當

前處理 [1]。

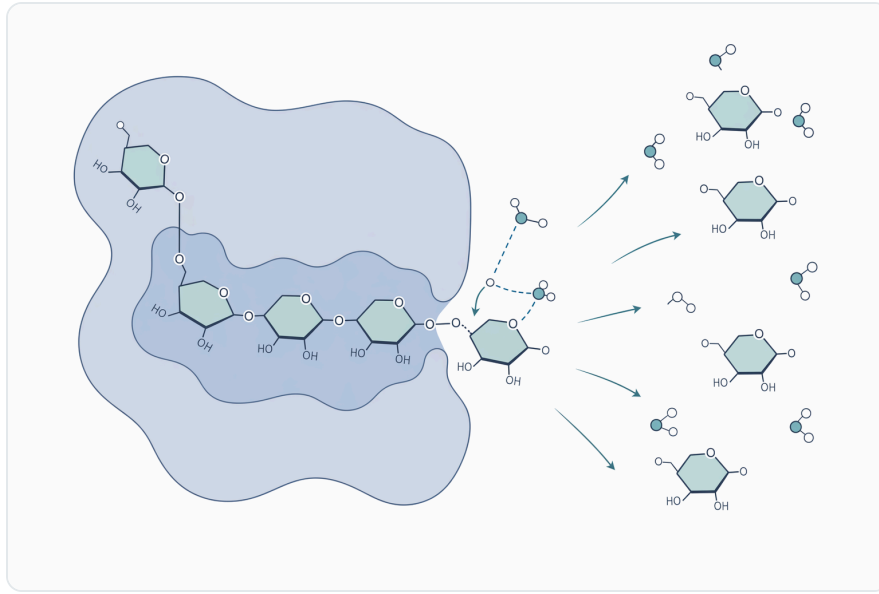


Figure 1. 葡萄糖澱粉酶是一種外切型酵素，會從澱粉衍生鏈的非還原端釋放葡萄糖單元。

從產品應用角度看，這種末端逐步釋放特性讓 glucoamylase 特別適合「把糊精推向葡萄糖」的流程。例如在液化澱粉已被 α -amylase 降黏後，反應液中會存在多種長短不同的糊精；glucoamylase 可把這些糊精轉成葡萄糖，供酵母或其他微生物發酵，或作為後續糖漿製程的主要糖組成 [2]。

這也說明了 glucoamylase vs amylase 的常見混淆：若製程目標只是降低澱粉糊黏度， α -amylase 往往是核心；若目標是提高葡萄糖與可發酵糖，glucoamylase 才是糖化段的關鍵。兩者不是簡單替代關係，而是上游液化與下游糖化的互補關係 [3]。

Glucoamylase reaction：水解機制與底物辨識

典型 glucoamylase reaction 屬於糖苷鍵水解反應：酵素活性中心先結合非還原端的葡萄糖殘基，透過酸鹼催化促進糖苷鍵斷裂，並由水分子參與反應，最後釋放葡萄糖。許多真菌來源 glucoamylase 被歸入 GH15 類糖苷水解酵素，其催化域中的酸性胺基酸殘基對反應進行十分重要；結構與突變研究也支持活性中心周圍的底物結合位點會影響對不同長度糊精的反應效率 [4]。

值得注意的是，glucoamylase 釋放的葡萄糖構型與其催化路徑有關，這是酵素分類與反應機制研究中的重要特徵；但在多數工業應用中，使用者更關心的是可發酵葡萄糖累積速度、最終殘留糊精、反應液黏度變化，以及與酵母或下游濃縮步驟的相容性 [2]。



Figure 2. α -澱粉酶、葡萄糖澱粉酶與普魯蘭酶分別作用於澱粉中不同的位置或鍵結，因此在澱粉轉化過程中扮演互補角色。

某些 glucoamylase 具有澱粉結合區域 (starch-binding domain, SBD)，可幫助酵素吸附在澱粉顆粒或較大澱粉結構上。這對未完全糊化、顆粒澱粉或高固形物系統尤其重要；然而，是否能有效處理 raw starch，仍取決於酵素來源、澱粉植物來源、顆粒結晶度、前處理與反應條件，不能只由「glucoamylase」名稱直接推論 [3]。

Glucoamylase vs amylase：常見澱粉酵素比較

下表整理 glucoamylase and maltase、 α -amylase、 β -amylase 與人類消化相關 maltase-glucoamylase 的差異。這些名稱在搜尋中常被放在一起，例如「maltase glucoamylase」、
「glucoamylase and maltase」或「amylase glucoamylase」，但它們的來源、作用位置與應用場景並不相同 [5]。

名稱	主要作用模式	主要產物	常見應用或生物角色	與 glucoamylase 的關係
α -amylase	內切型，切斷澱粉鏈內部 α -1,4 鍵	糊精、麥芽寡糖	澱粉液化、降黏、烘焙、釀造前處理	常在 glucoamylase 前段使用，提供更多非還原端
β -amylase	外切型，主要從非還原端釋放麥芽糖	麥芽糖	麥芽、啤酒、糖化風味控制	產物以麥芽糖為主，不等同於 glucoamylase 的葡萄糖化
Glucoamylase	外切型，從非還原端釋放葡萄糖	葡萄糖	葡萄糖漿、乙醇、蒸餾酒、dry beer	糖化段核心，可提高可發酵葡萄糖

名稱	主要作用模式	主要產物	常見應用或生物角色	與 glucoamylase 的關係
Maltase-glucoamylase	哺乳動物腸道刷狀緣消化酵素	葡萄糖	人體碳水化合物消化	與工業 glucoamylase 名稱相近，但屬人體消化酵素系統

與 maltase-glucoamylase 的差異：工業酵素與人體消化名詞不要混用

maltase-glucoamylase 是人體小腸刷狀緣參與碳水化合物消化的酵素複合體之一，與蔗糖酶-異麥芽糖酶等酵素共同處理飲食中的澱粉消化產物。它能水解麥芽糖與較短 α -葡聚糖，幫助產生可吸收葡萄糖，因此在醫學文獻中也會出現 glucoamylase and maltase 的連結 [5]。

然而，Enzymes.bio 供應的 glucoamylase 類商品屬於工業或食品加工常見的酵素商品語境，不等同於人體腸道 maltase-glucoamylase，也不應被解讀為疾病治療產品。搜尋「glucoamylase deficiency」時，使用者可能接觸到消化酵素缺乏、先天性雙醣酶缺乏或腸道刷狀緣酵素不足等醫學議題；這類議題與澱粉糖化、釀造與發酵用 glucoamylase 是不同應用範圍 [5]。

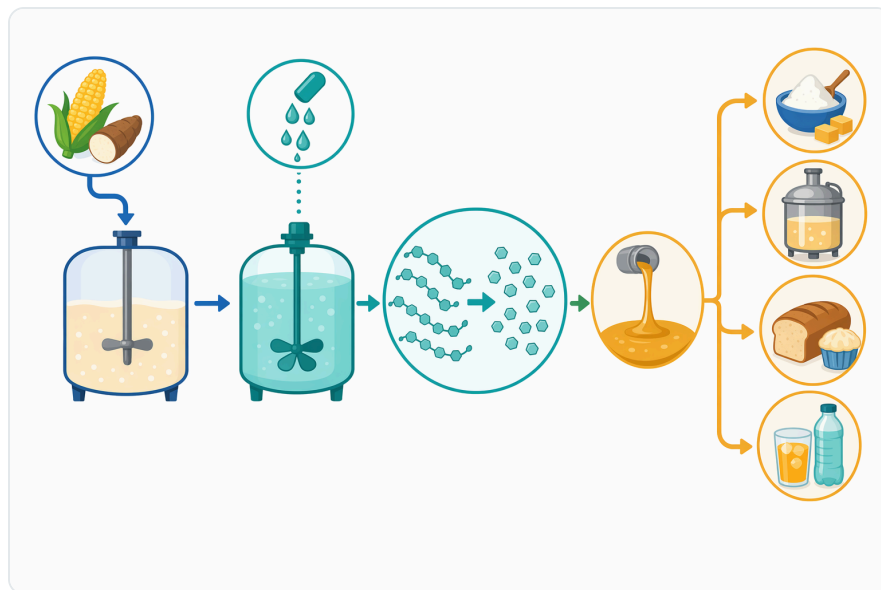


Figure 3. 典型的澱粉處理流程會先讓澱粉變得易於作用，將其液化成糊精，接著利用葡萄糖澱粉酶將這些糊精糖化為葡萄糖。

主要產業應用：糖化、釀造、蒸餾與發酵

澱粉糖與葡萄糖漿

在澱粉糖產業中，典型流程會先利用熱處理與 α -amylase 液化澱粉，降低黏度並生成糊精，再使用 glucoamylase 將糊精轉成葡萄糖。此步驟的重點是提高葡萄糖比例並降低殘餘高分子糊精，讓後續濃縮、精製、異構化或發酵更穩定 [2]。

若目標是葡萄糖漿，glucoamylase 的作用會直接影響糖譜；若目標是高果糖漿，葡萄糖漿通常仍是進一步異構化的前體。因此，glucoamylase 不只是「分解澱粉」的輔助酵素，而是決定糖化終點與下游製程效率的重要工具 [3]。

Glucoamylase brewing：乾啤酒與高發酵度設計

在 glucoamylase brewing 中，酵素常被用於提高麥汁或發酵液中可發酵糖的比例，尤其在 dry beer、低殘糖啤酒、高發酵度設計或某些高重力釀造中常見。它可把原本酵母不易完全利用的糊精進一步轉成葡萄糖，使酵母有更多可發酵底物 [1]。

這種應用必須理解風味與發酵平衡：glucoamylase 提高發酵度的同時，可能降低酒體甜感與糊精帶來的口感厚度。對釀造端而言，使用目的通常不是「越多越好」，而是依產品風格調整殘糖、酒精度、口感與終點比重的一致性 [2]。



Figure 4. 在蒸餾、釀造、生質乙醇、食品加工、烘焙、飼料、造紙及殘渣資源化等領域，只要需要進一步水解澱粉衍生碳水化合物，都會使用葡萄糖澱粉酶。

蒸餾酒與澱粉基酒精發酵

玉米、小麥、木薯、馬鈴薯或其他澱粉原料用於蒸餾酒與酒精發酵時，glucoamylase 可在糖化階段產生酵母可利用的葡萄糖。當固形物濃度較高或原料變異較大時，糖化完整度會影響發酵速率、殘糖、酒精收率與後續蒸餾負荷 [3]。

在這類流程中，glucoamylase 通常不是單獨評估，而是與液化效果、去支鏈策略、酵母耐受性、營養源與污染控制共同評估。若前段液化不足，反應液黏度高、糊精結構複雜，即使加入 glucoamylase，也可能因底物可及性不足而無法達到預期糖化終點 [4]。

工藝條件：pH、溫度與原料狀態的概念性理解

多數真菌來源 glucoamylase 在偏酸條件下具有較佳表現，且常用於溫熱糖化環境；但不同來源、配方與用途的操作窗口可能不同。對 B2B 使用者而言，應把 pH 與溫度視為「工藝匹配問題」：既要讓酵素維持活性，也要考慮澱粉糊化、微生物發酵、設備材質與下游產品品質 [6]。

原料狀態同樣關鍵。已充分糊化與液化的澱粉通常比原顆粒澱粉更容易被水解；高直鏈澱粉、高結晶度顆粒或未充分破壞的澱粉結構，可能限制 glucoamylase 接近糖苷鍵。若系統含有大量支鏈糊精，去支鏈酵素可改善非還原端可及性，使 glucoamylase 更有效地釋放葡萄糖 [3]。

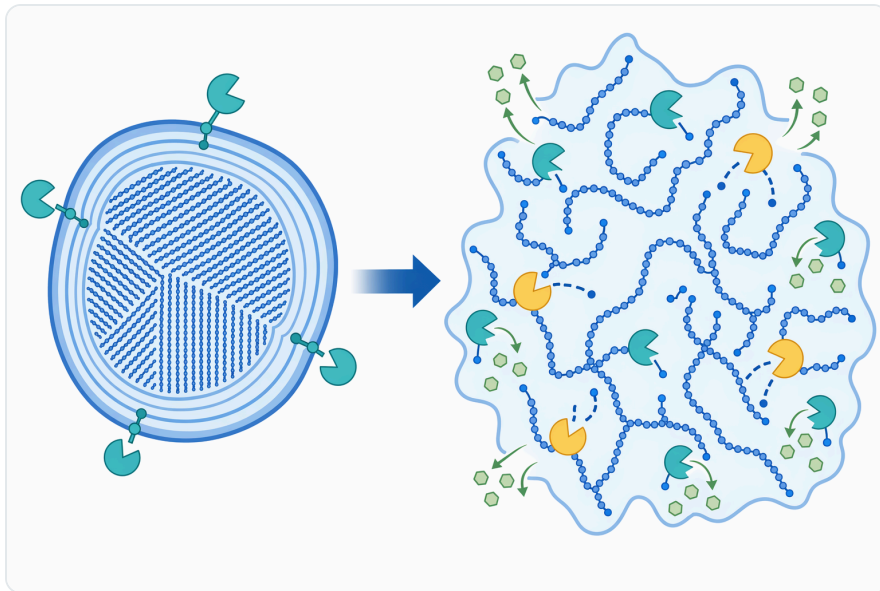


Figure 5. 基質的可及性會強烈影響葡萄糖澱粉酶表現，因為相較於糊化或液化後的澱粉，生澱粉顆粒暴露的攻擊位點較少。

在高固形物系統中，除了酵素本身活性，質傳、黏度、混合效率與局部 pH / 溫度梯度都會影響結果。這也是為什麼同一 glucoamylase enzyme 在不同工廠、不同澱粉來源或不同糖化時間下，可能呈現不同的糖化速度與終點糖譜 [2]。

配方設計中的協同： α -amylase、去支鏈酵素與 glucoamylase

典型澱粉轉化可分成三個概念階段：糊化 / 液化、糖化、發酵或精製。 α -amylase 的任務通常是降低澱粉分子量與黏度，創造更多可被後續酵素作用的鏈端；glucoamylase 則把這些糊精進一步轉為葡萄糖。這就是「amylase glucoamylase」組合在澱粉加工中普遍出現的原因 [1]。

對高支鏈底物而言，pullulanase 或 isoamylase 等去支鏈酵素可切開 α -1,6 分支，使 glucoamylase 更容易完成末端水解。若沒有去支鏈處理，glucoamylase 仍可能逐步作用，但分支點附近常成為糖化限制之一，導致殘餘極限糊精增加 [4]。

在釀造或酒精發酵中，酵素添加點也會影響結果：糖化槽添加與發酵槽同步糖化發酵，對酵素耐受性、酵母糖利用、污染控制與終點殘糖都有不同影響。技術上應將 glucoamylase 視為製程變因之一，而不是孤立的添加物 [2]。

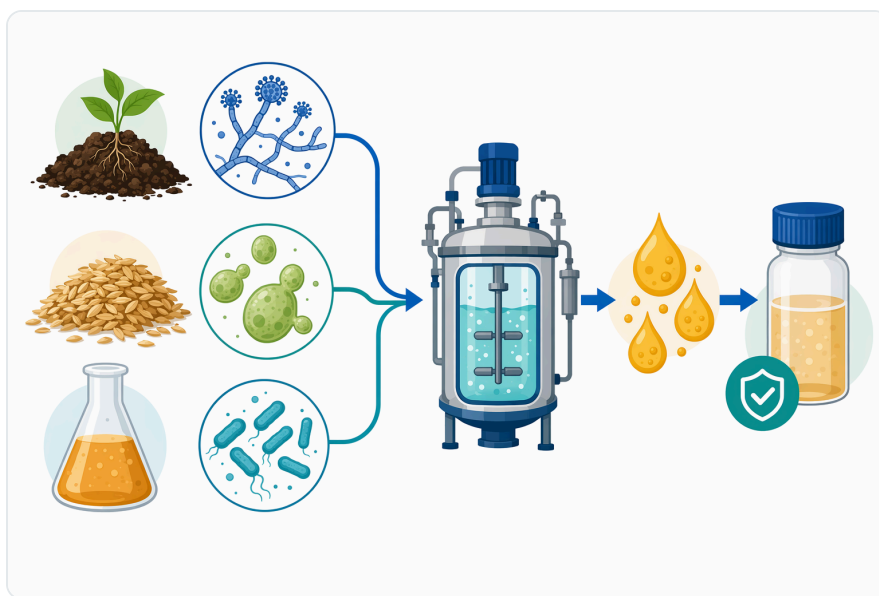


Figure 6. 商業與研究用葡萄糖澱粉酶來自多種真菌與細菌來源，這些來源在生產效率與製程耐受性上各有差異。

產品取得與文件：Enzymes.bio 的供應商定位

Enzymes.bio 提供 glucoamylase 類產品的線上購買頁面，產品以 1 kg 單位銷售，適合需要直接採購標準包裝的企業使用者。Enzymes.bio 的角色是供應商，不是製造商，也不是第三方實驗室；因此本文以教育性與應用性說明為主，不以製造商口吻宣稱特定菌株、製程或批次性能。

CoA 與 SDS 會隨訂單提供。CoA 可協助購買方了解該批次產品隨貨提供的品質資訊，SDS 則用於作業安全、儲存、搬運與內部 EHS 文件管理。本文不列出具體活性單位、活性定義、分析方法或等級宣稱，因為這些屬於批次文件與產品文件範圍。

對於食品、發酵、釀造或工業糖化場景，使用者應把隨貨文件與自身製程資料合併判讀。不同應用對殘留糖譜、感官、發酵度、黏度與終點轉化率的要求不同；即使同屬 glucoamylase，實際導入仍需以現場條件確認適配性 [2]。

導入時的技術風險與合理預期

glucoamylase 的效果受底物、前處理與製程條件影響很大。若澱粉末充分糊化、液化不足、固形物過高造成混合不均，或系統 pH 與溫度偏離酵素適合範圍，最終葡萄糖釋放可能低於預期。這類問題不一定代表酵素失效，而可能是底物可及性或工藝條件限制 [3]。

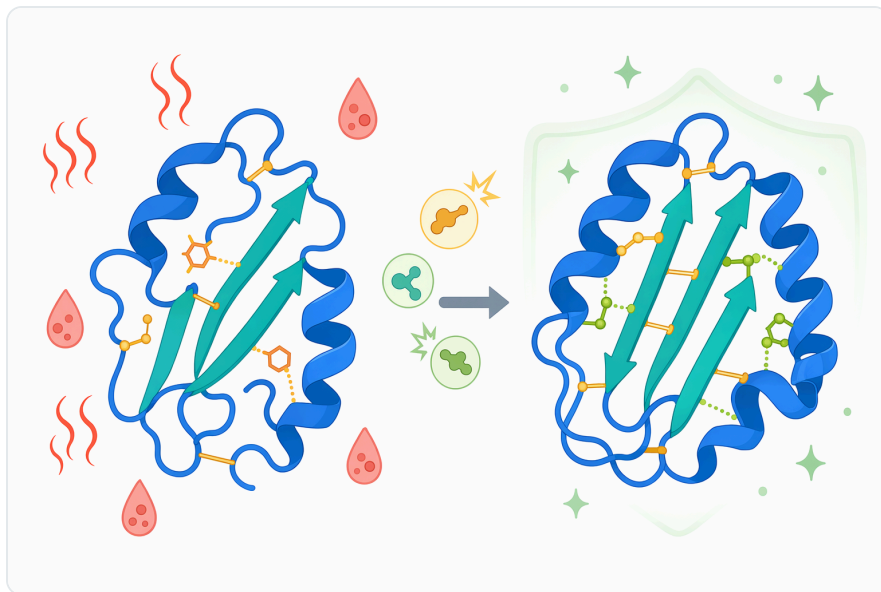


Figure 7. 蛋白質工程旨在於高溫、酸性或長停留時間的製程條件下，維持葡萄糖澱粉酶的摺疊結構與活性位點幾何形態。

另一個常見誤解，是把 glucoamylase 視為能完全取代所有澱粉酵素。實際上，它擅長末端葡萄糖釋放，但不擅長快速降低大型澱粉糊的黏度；對分支點的處理也可能不是最高效率。因此在許多成熟流程中，glucoamylase 與 α -amylase、去支鏈酵素、熱處理和機械混合共同構成完整糖化策略 [4]。

對釀造使用者而言，風險不只是轉化不足，也包括轉化過度。若 glucoamylase 在發酵階段持續作用，可能進一步降低殘糖，使酒體更乾、酒精度提高或包裝後仍有糖化與發酵變化的風險；因此應以目標風格與包裝穩定性來設計使用方式 [1]。

證據強度：哪些可視為穩定事實，哪些需依製程確認

較穩定的科學事實包括：glucoamylase 是外切型澱粉水解酵素；可從非還原端釋放葡萄糖；對 α -1,4 鍵的作用是其核心功能；在澱粉糖化、釀造與酒精發酵中常用於提高可發酵糖比例。這些描述有結構、酵素學與工業應用資料支持 [2]。

需要依製程確認的部分包括：特定產品在某 pH、溫度、固形物、原料來源與反應時間下可達到的糖化終點；是否適合 raw starch；與特定 α -amylase、pullulanase 或酵母菌株的搭配效果；以及對最終產品風味、黏度、殘糖與發酵穩定性的影響。這些結果通常具有原料與工廠依賴性 [3]。

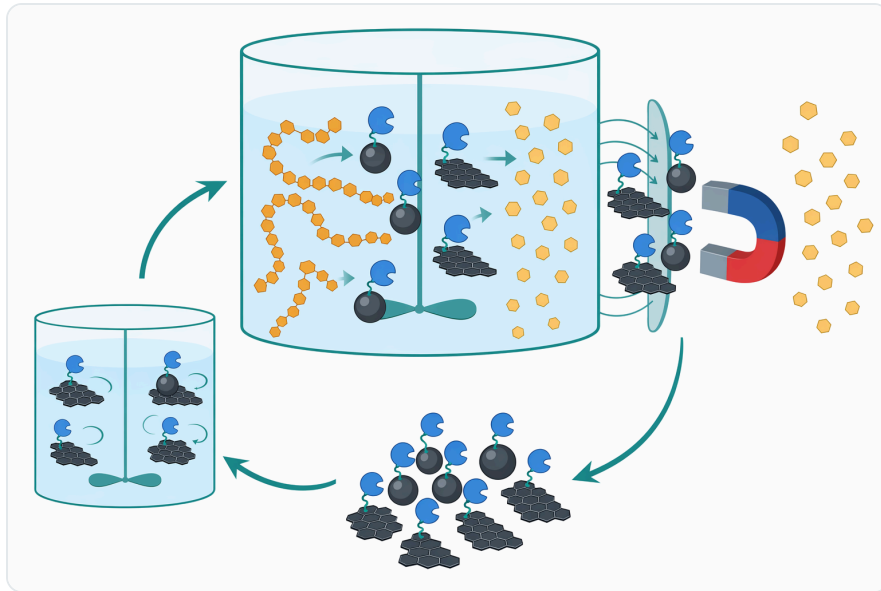


Figure 8. 固定化可將葡萄糖澱粉酶附著在固體載體上，使酵素更容易分離並重複使用。

因此，glucoamylase 的合理定位是「提高葡萄糖化與發酵底物可用性的關鍵酵素」，而不是保證任何澱粉系統都可達到相同轉化率的單一解方。對 B2B 買方而言，最重要的是把它放入完整澱粉處理流程中評估，而非只看單一酵素名稱 [4]。

結語：適合澱粉糖化與發酵流程的關鍵末端水解酵素

Glucoamylase 在澱粉加工中的核心價值，是把液化後的糊精與寡糖推向葡萄糖，提高可發酵糖與糖化完成度。它與 α -amylase 的差異在於作用位置與產物： α -amylase 主要負責快速切斷澱粉內部鏈段並降黏，glucoamylase 則負責從非還原端逐步釋放葡萄糖，兩者在多數澱粉糖化流程中是互補關係 [1]。

對釀造、蒸餾、乙醇與葡萄糖漿製程而言，glucoamylase 可改善糖化終點、發酵底物供應與殘餘糊精控制；但實際效益仍取決於原料、液化狀態、去支鏈策略、pH、溫度、混合與下游發酵條件。Enzymes.bio 以 1 kg 單位線上供應 glucoamylase 類產品，並隨訂單提供 CoA 與 SDS，便於企業在既有流程中進行文件管理與工藝導入。

線上訂購 Glucoamylase

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 →](#)

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. [7765A722Faac94D23C75A6F6C47F0E78D911A428](#). *Semantic Scholar*.
2. [7047395D89C95D157C46913Ce3331Eec039F0D9B](#). *Semantic Scholar*.
3. [4B57Ac9B924B5C514A0Dcbea9Bb4392Bede0E08E](#). *Semantic Scholar*.
4. [Bccde784B74E0E0A34D239C5392Bec52Be8B23B7](#). *Semantic Scholar*.
5. [Pmc7009475](#). *PubMed Central*.
6. [Checking your browser - reCAPTCHA](#). *Nih*.


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](tel:+15074286057)

[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。