

# Glucoamylase 液態葡萄糖澱粉酶用於 Wort 與 Mash：將澱粉與糊精推進為可發酵糖的釀造與發酵應用

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

Glucoamylase (葡萄糖澱粉酶) 是一種用於澱粉深度糖化的酵素，可從澱粉與糊精鏈端逐步釋放葡萄糖，常見於啤酒釀造、蒸餾酒 mash、酒精發酵與澱粉原料加工。用在 wort (麥汁) 或 mash (糖化醪) 時，它的核心價值是提高可發酵糖比例、降低殘留糊精，讓製程更容易達成乾爽、低殘糖或較高發酵度的目標。產品名稱中的「converts all starch to sugar」應以工藝語言理解：在澱粉已糊化、液化且酵素可接觸的條件下，glucoamylase 可大幅推進糖化，而不是保證任何原料與任何條件都能完全轉化。<sup>[1]</sup>

## 產品定位：Glucoamylase Enzyme Aggressive Liquid 的主要應用

Glucoamylase Enzyme Aggressive Liquid Converts All Starch To Sugar In Wort And Mash 可定位為液態葡萄糖澱粉酶產品，主要應用於 wort、mash 與其他含澱粉原料的糖化流程。Enzymes.bio 供應的 glucoamylase 相關產品頁明確將其連結到食品與釀造應用，並以液態形式供應；本文則從技術教育角度說明它在澱粉轉糖、可發酵性管理與製程整合中的角色。

在釀造語境中，**mash** 指穀物粉碎後與水混合、經溫度控制使澱粉糊化並被酵素分解的糖化醪；**wort** 則是糖化後分離出的麥汁，含有葡萄糖、麥芽糖、麥芽三糖、較長鏈糊精與其他可溶性成分。釀造教育資料指出，糖化階段的酵素反應會影響啤酒的香氣、風味、酒體、口感、發酵度、色澤與酒精含量，因此「糖譜」不是單純的產糖問題，而是最終產品設計的一部分。<sup>[2]</sup>

Glucoamylase 的定位並不是取代麥芽本身的  $\alpha$ -amylase、 $\beta$ -amylase 或整體 mash 管理，而是作為「深度糖化」工具：當前段澱粉已經被糊化、液化或切割成較短糊精後，glucoamylase 可進一步將這些水解產物推向葡萄糖。這使它特別適合需要提高終發酵度、降低殘糖、改善穀物或輔料利用率，以及為酒精發酵提供更多可利用碳源的流程。<sup>[1]</sup>

# 為什麼在 wort 與 mash 中使用 glucoamylase ？

## 提高可發酵糖比例與終發酵度

一般麥芽糖化依賴多種內源性酵素共同作用。 $\alpha$ -amylase 會把大型澱粉分子切成較小的可溶性片段， $\beta$ -amylase 則從鏈端釋放以麥芽糖為主的可發酵糖；但糖化結束後，wort 中仍可能保留一定比例的麥芽三糖、極限糊精與較長鏈糊精。對一般啤酒而言，這些殘留糖類可提供酒體與口感；但對乾爽型啤酒、低殘糖發酵飲料、蒸餾前 mash 或高酒精發酵而言，過多糊精會限制終發酵度。<sup>[2]</sup>

Glucoamylase 的價值在於它能把澱粉水解產物更徹底地導向葡萄糖。研究文獻對 glucoamylase 的基本功能描述相當一致：它可水解澱粉相關多醣並釋放葡萄糖，常用於需要把澱粉轉為發酵性糖的工業流程。換言之，若前段  $\alpha$ -amylase 已把澱粉「打散」為較短糊精，glucoamylase 就能在後段把更多端點逐步拆成酵母容易利用的葡萄糖。<sup>[1]</sup>

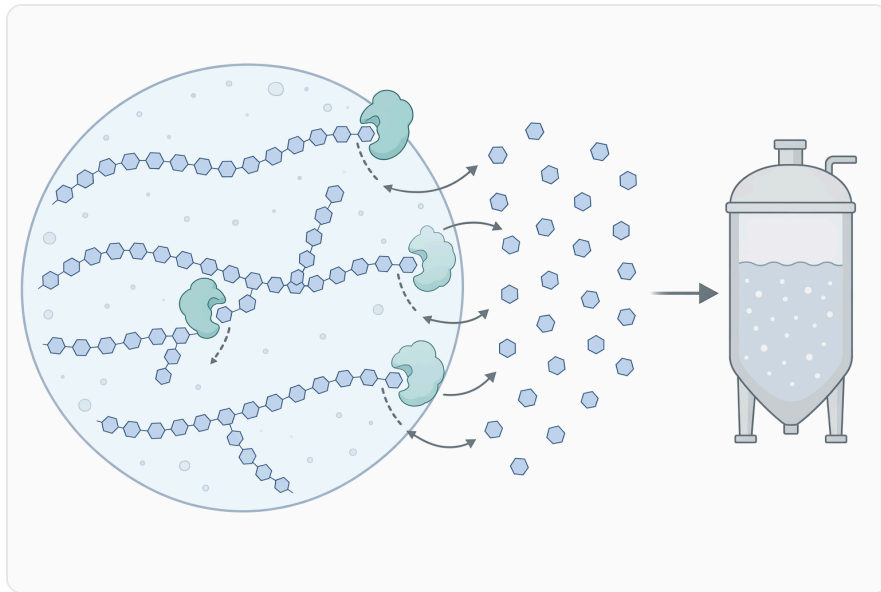


Figure 1. 葡萄糖澱粉酶會從澱粉糊精末端水解  $\alpha$ -1,4 與  $\alpha$ -1,6 鍵，在麥汁與醪液中釋放可發酵的葡萄糖。

## 降低殘糖與厚重酒體，支援乾爽型產品

釀造中，糖化溫度與時間會改變麥汁的可發酵性。較偏向  $\beta$ -amylase 活性的糖化條件通常有利於產生較多可發酵糖，而較高溫、較偏向  $\alpha$ -amylase 的條件則可能保留更多糊精，使啤酒口感較飽滿。若產品目標是乾爽、低終點比重或低殘糖，僅依賴傳統 mash 條件未必足夠，尤其在高原始比重、輔料比例高或原料變異較大的情境中。<sup>[2]</sup>

導入 glucoamylase 後，糖譜會更偏向葡萄糖與其他可被酵母利用的糖，發酵後殘留的不可發酵糊精通常會下降。這種效果對「需要乾」的產品是優勢，但對需要圓潤酒體、甜感或厚實口感的啤酒則可能過度；因此，glucoamylase 應被視為配方與製程設計工具，而不是所有 wort 都必須加入的標準步

驟。 [1]

## 改善含輔料或高澱粉原料的糖化效率

當配方使用玉米、米、未發芽穀物、木薯或其他高澱粉來源時，原料本身通常不像麥芽一樣提供完整酵素系統。這類流程常需要更重視粉碎、糊化、液化與糖化的分段管理，否則澱粉可能未充分溶出或只被部分切割，造成糖化不足、過濾困難或發酵底物不足。 [2]

Glucoamylase 在這類流程中的角色，是把已經糊化或被前段酵素液化後的糊精進一步拆成葡萄糖。它不能替代原料粉碎，也不能穿透未糊化澱粉顆粒或完整細胞結構；若底物不可接觸，酵素再多也難以有效作用。實務上，glucoamylase 的表現往往取決於前段是否已建立良好的底物可及性。 [1]

## 作用機制：glucoamylase 如何把澱粉推向葡萄糖？

### 從非還原端逐步釋放葡萄糖

澱粉主要由直鏈澱粉與支鏈澱粉構成，基本單元是葡萄糖。直鏈澱粉以  $\alpha$ -1,4 糖苷鍵連接為主，支鏈澱粉則同時具有  $\alpha$ -1,4 主鏈與  $\alpha$ -1,6 分支點。Glucoamylase 屬於外切型澱粉水解酵素，典型作用方式是從多醣鏈的非還原端逐步釋放葡萄糖，因此特別適合把已經被液化的澱粉或糊精進一步轉成發酵性糖。 [1]



Figure 2. 在釀造與蒸餾中，液態葡萄糖澱粉酶會添加至醪液或麥汁中，促使澱粉轉化為高度可發酵的糖類。

用製程語言來說， $\alpha$ -amylase 像是先把長澱粉鏈從中間切短，降低黏度並增加可溶性片段； $\beta$ -amylase 則從鏈端釋放麥芽糖；glucoamylase 則更進一步，將鏈端單位拆成葡萄糖。三者不是互斥關係，而是常在不同階段或不同條件下互補，決定 wort 中葡萄糖、麥芽糖、麥芽三糖與糊精的比

例。<sup>[2]</sup>

## 為什麼「先液化、再深度糖化」更合理？

未糊化澱粉通常被顆粒結構包覆，酵素難以有效接觸；即使 glucoamylase 本身具有水解能力，若底物仍停留在緻密顆粒或大型未溶出澱粉狀態，反應也會受到限制。當澱粉經加熱糊化後，顆粒膨潤、結構鬆散；再經  $\alpha$ -amylase 或其他液化步驟切割為較短糊精後，可作用端點增加，glucoamylase 的糖化效率才會更容易展現。<sup>[1]</sup>

這也解釋了為什麼產品名稱中的「converts all starch to sugar」不能脫離條件解讀。在實務製程中，是否能達到高度轉化，取決於澱粉是否已糊化、是否已液化、pH 與溫度是否在酵素可運作範圍內、停留時間是否足夠、混合是否均勻，以及原料結構是否允許酵素接觸底物。<sup>[2]</sup>

## Glucoamylase 與常見糖化酵素的比較

下表整理 wort 與 mash 中常見澱粉相關酵素的功能差異。它不是採購規格表，也不代表特定產品的活性或保證表現；目的在於幫助理解 glucoamylase 在糖化系統中的位置。<sup>[1]</sup>

酵素	主要作用方式	主要產物傾向	在 mash / wort 中的意義	適合的製程目標
$\alpha$ -amylase	內切型作用，從澱粉鏈內部切割較長分子	可溶性糊精、較短鏈醣類	降低澱粉分子大小與黏度，為後續糖化創造更多底物	液化、提升可溶性、建立糖化基礎
$\beta$ -amylase	從鏈端釋放麥芽糖，受分支點限制	麥芽糖為主，並保留部分糊精	決定傳統麥汁中大量可發酵糖來源	平衡可發酵性與酒體
Glucoamylase	從非還原端逐步釋放葡萄糖	葡萄糖增加，殘留糊精下降	深度糖化，降低不可發酵糊精比例	乾爽、高發酵度、低殘糖、蒸餾 mash
Limit dextrinase 等去分支酵素	作用於支鏈澱粉分支點	增加可被其他酵素處理的線性片段	協助突破分支限制，但受製程條件影響	輔助提升澱粉轉化完整度

釀造資料指出，mash 中的酵素反應並不是單一酵素決定，而是多種酵素在不同溫度、pH 與底物狀態下共同影響結果。加入 glucoamylase 的意義，是把原本可能停留在糊精端的碳水化合物，進一步轉向葡萄糖，讓酵母在後續發酵中更容易利用。<sup>[2]</sup>



Figure 3. 葡萄糖澱粉酶可用於高濃度釀造、蒸餾、乙醇生產、輔料醱轉化、乾啤酒以及澱粉糖生產。

## 影響表現的關鍵製程條件

### 溫度：活性與失活之間的平衡

酵素是蛋白質，反應速率通常會隨溫度上升而增加，但超出可承受範圍後會逐步失活。釀造資料在解釋 mash 酵素時指出，溫度會強烈影響不同酵素的活性與最終麥汁組成；因此，glucoamylase 的加入時點與停留溫度，應與整體糖化流程相容。<sup>[2]</sup>

若在過高溫環境長時間停留，glucoamylase 可能失去功能；若溫度過低，反應雖可能仍發生，但速度會變慢，製程時間拉長。實務上，使用者通常會把 glucoamylase 放在它能有效作用、且不破壞其他製程目標的位置，例如糖化後段、冷卻後的 wort，或特定發酵前處理階段；實際選擇取決於產品風格與設備流程。<sup>[1]</sup>

### pH：影響酵素構型與底物反應

pH 會影響酵素活性中心的電荷狀態與蛋白質構型，也會改變底物與酵素之間的作用。釀造中常見的 mash pH 管理，本來就是為了在酵素活性、萃取、風味與穩定性之間取得平衡；glucoamylase 也同樣會受到 pH 影響。<sup>[2]</sup>

這裡需要避免把 glucoamylase 想成「不受條件限制的轉糖劑」。即使底物充足，只要 pH 偏離酵素可有效作用的區間，反應效率就可能下降；若同時伴隨溫度過高、停留時間不足或混合不均，最終糖化程度也會受限。<sup>[1]</sup>

## 底物狀態：糊化、液化與混合比酵素名稱更重要

Glucoamylase 需要接觸澱粉或糊精鏈端才能釋放葡萄糖。若原料粉碎不足、澱粉末糊化、液化不完全或 mash 中存在結塊，酵素與底物的接觸面積會下降，糖化效果自然受限。這是含高比例輔料或非麥芽澱粉原料的流程特別需要注意的原因。<sup>[1]</sup>



Figure 4. 與僅依賴麥芽酵素相比，額外添加葡萄糖澱粉酶可提高富含澱粉醪液中的葡萄糖釋放量、發酵度與最終可發酵糖產率。

在啤酒釀造中，mash 條件會影響澱粉轉化、可發酵性與口感；在蒸餾或酒精發酵中，這些條件則直接關係到可發酵糖收率與後續酒精產生。無論目標產品是啤酒、穀物酒精或其他發酵基質，glucoamylase 都應被放在「完整澱粉處理流程」中理解，而不是孤立看待。<sup>[2]</sup>

## 時間：糖譜目標決定反應深度

反應時間越長，不代表一定越好。若目標是極乾爽、低殘糖或蒸餾用 mash，較深度的 glucoamylase 作用可能符合需求；但若目標是保留口感厚度、甜感或糊精支撐，過度糖化可能讓產品變得單薄。<sup>[2]</sup>

因此，glucoamylase 的導入應先回到終產品設計：需要的是提高酒精潛力、降低終點比重，還是只想修正輔料造成的糖化不足？不同目標會導向不同的加入時機與反應深度。研究與產業資料都支持 glucoamylase 能促進澱粉轉為葡萄糖，但最終效果仍由製程條件共同決定。<sup>[1]</sup>

## 產業應用情境

### 啤酒釀造：乾爽、高發酵度與低殘糖設計

在啤酒中，glucoamylase 常被用於需要提高發酵度的產品，例如乾爽型啤酒、低殘糖風格或希望降低終點比重的配方。傳統 mash 已能產生大量可發酵糖，但仍會保留部分糊精；glucoamylase 則可把這些殘留碳水化合物進一步推向葡萄糖，使酵母有更多可利用底物。<sup>[2]</sup>

需要注意的是，啤酒不是越乾越好。糊精本身對口感、酒體與平衡感有貢獻；若 glucoamylase 作用過深，啤酒可能顯得酒體薄、尾韻短，或與原本風格不相符。因此，在啤酒應用中，glucoamylase 最適合用於明確追求乾爽、低碳水化合物感或高發酵度的設計，而不是所有 ale、lager 或特色啤酒的通用添加。<sup>[2]</sup>

### 蒸餾酒 mash：以糖收率與發酵效率為核心

蒸餾酒生產的前段 mash 通常更重視澱粉轉糖率、可發酵糖供應與乙醇產率，而不像啤酒一樣需要保留大量糊精以形成成品酒體。對威士忌、穀物烈酒、玉米或米基發酵醪而言，glucoamylase 可在液化後進一步把糊精轉成葡萄糖，讓酵母更容易完成發酵。<sup>[1]</sup>

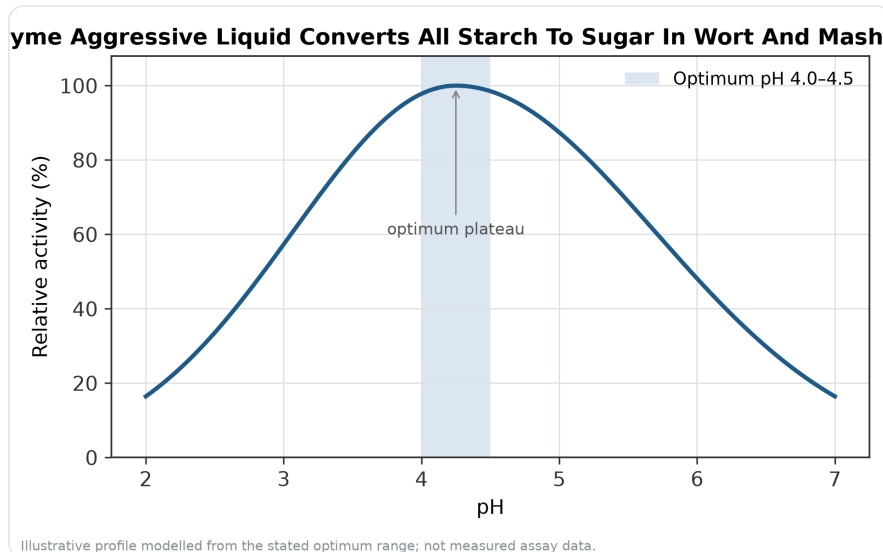


Figure 5. 「強效液態葡萄糖澱粉酶，可將麥汁與醪液中的所有澱粉轉化為糖」的相對活性隨 pH 值變化，顯示其最佳平台期位於 pH 4.0–4.5。

這並不表示 glucoamylase 可單獨解決所有發酵問題。若酵母營養不足、發酵溫度控制不佳、污染風險高或原料處理不穩，增加葡萄糖也未必等於等比例提高酒精產量。它的主要貢獻是改善碳水化合物的可利用性，後續仍需由發酵管理承接。<sup>[2]</sup>

## 澱粉糖與發酵原料製備：把澱粉轉為碳源

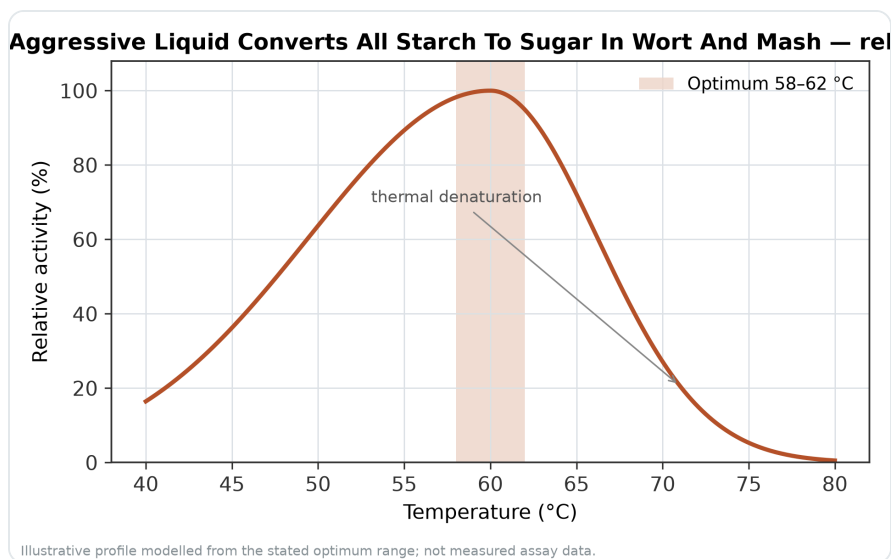
在食品與生物加工中，glucoamylase 可用於將澱粉基質轉化為葡萄糖，作為糖漿、甜味基質或後續微生物發酵的碳源。公開文獻指出，glucoamylase 在澱粉水解與葡萄糖製備中具有重要地位，並被廣泛應用於澱粉加工相關產業。<sup>[1]</sup>

這類應用與啤酒釀造的差異在於：食品或發酵原料製備通常更重視糖化完整度、葡萄糖產生與原料利用率，而啤酒則同時考量風味、酒體與風格。也因此，同一種酵素在不同產業中會有不同的「最佳使用邏輯」。<sup>[3]</sup>

## 烘焙與其他食品加工：可延伸但不應過度承諾

Glucosylase 在食品加工中也可能用於調整澱粉分解、提供可發酵糖或影響質地與風味形成；但若本文聚焦於 wort 與 mash，就不應把烘焙效果直接外推成所有配方都適用。不同食品基質的含水量、澱粉糊化狀態、熱處理條件與發酵時間差異很大，會顯著改變酵素表現。<sup>[3]</sup>

因此，對 B2B 使用者而言，較務實的理解是：glucoamylase 的核心功能是澱粉深度糖化與葡萄糖釋放；至於它在不同食品中的感官或質地效果，必須回到該產品的配方與加工條件判斷。<sup>[1]</sup>



**Figure 6.** 「強效液態葡萄糖澱粉酶，可將麥汁與醪液中的所有澱粉轉化為糖」的相對活性隨溫度變化；最佳溫度為 58–62 °C，且在超過最佳溫度後呈現典型的熱變性下降。

## 效益與限制：哪些說法有充分基礎？

### 有充分依據的技術效益

第一，glucoamylase 能水解澱粉與糊精並釋放葡萄糖，這是其作為葡萄糖澱粉酶的核心功能。公開研究資料指出，glucoamylase 是重要的澱粉水解酵素，可將澱粉類底物轉化為葡萄糖，因此在澱粉加工、食品與發酵相關產業中具有實用價值。<sup>[1]</sup>

第二，glucoamylase 可提高 wort 或 mash 的可發酵糖比例。當不可發酵或低可發酵性的糊精被進一步轉為葡萄糖，酵母可利用底物增加，理論上有助降低終點比重、提高發酵度，或改善蒸餾前段 mash 的乙醇潛力。這與釀造資料中「mash 酵素影響發酵度與酒精含量」的工藝邏輯一致。<sup>[2]</sup>

第三，它能協助處理輔料或非麥芽澱粉來源造成的糖化挑戰。當原料缺乏足夠內源性酵素時，外加澱粉水解酵素可補足製程能力；但前提仍是原料已經過合適的粉碎、糊化與液化，使 glucoamylase 能接觸底物。<sup>[1]</sup>

### 必須保守表述的限制

「全部澱粉轉糖」是產品名稱中容易被誤解的部分。較準確的表述是：在適當條件下，glucoamylase 可將可接觸的澱粉與糊精大幅水解為葡萄糖；但實際轉化程度受底物狀態、溫度、pH、時間、混合、原料組成與前段液化程度影響。<sup>[1]</sup>

「提高酒精產量」也應謹慎理解。增加可發酵糖通常有利於提高乙醇潛力，但最終酒精產率仍受酵母菌株、酵母健康、營養、滲透壓、發酵溫度、污染控制與蒸餾切酒策略影響。Glucoamylase 解決的是糖化與碳源可利用性問題，不是完整發酵管理的替代品。<sup>[2]</sup>

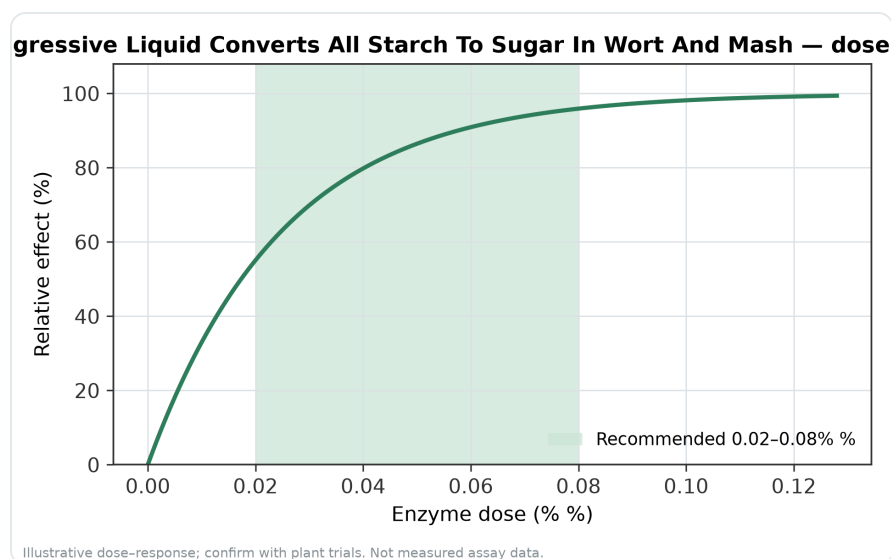


Figure 7. 「強效液態葡萄糖澱粉酶，可將麥汁與醪液中的所有澱粉轉化為糖」在建議使用範圍（0.02–0.08%）內的劑量反應示意圖。

「改善風味」則更依產品而定。對乾爽型啤酒，降低糊精可能讓口感更清爽；對需要厚實口感的啤酒，這可能反而削弱平衡。酵素工具本身沒有絕對好壞，關鍵在於是否符合終產品設定。<sup>[2]</sup>

## 導入 glucoamylase 時的工藝思考

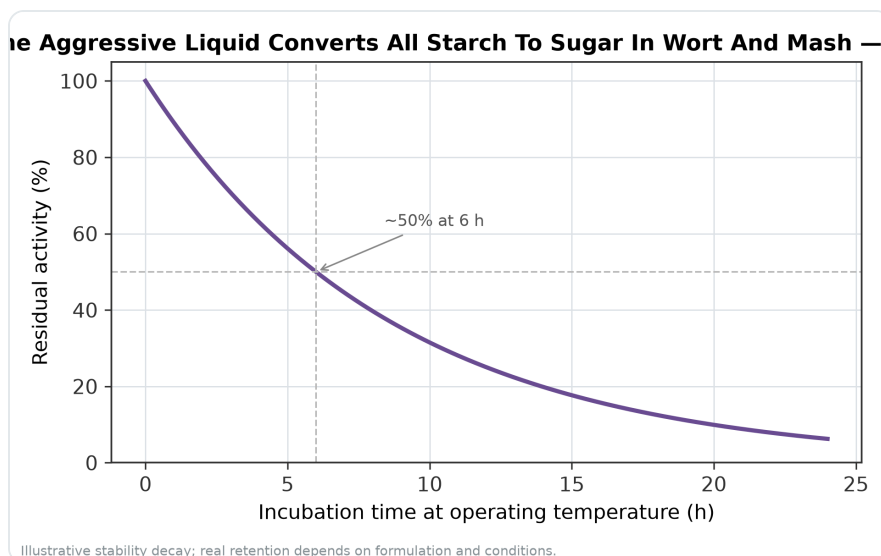
若流程目標是提高可發酵性，glucoamylase 通常應被整合在澱粉處理鏈的後段：先確保澱粉充分糊化與液化，再讓 glucoamylase 對可溶性糊精與短鏈醣類發揮深度糖化作用。這種順序符合澱粉水解的基本機制，也能避免把問題誤歸因於酵素本身。<sup>[1]</sup>

若流程目標是風味與酒體平衡，則需要避免過度糖化。傳統啤酒的可飲性往往來自糖化程度、殘留糊精、酒精、苦味與香氣之間的平衡；glucoamylase 一旦把糖譜推得太乾，可能改變原本風格。因此，它更像是用於特定目標的調整旋鈕，而不是固定開到最大。<sup>[2]</sup>

若流程使用高比例輔料，則要特別重視原料預處理。米、玉米或其他澱粉來源的糊化溫度與結構不同，若前段處理不足，glucoamylase 的可作用底物就有限。此時，提高粉碎均勻性、避免結塊、確保足夠糊化與液化，往往比單純延長反應時間更重要。<sup>[1]</sup>

## 供應與文件說明

Enzymes.bio 是此類酵素產品的供應商，而非製造商或實驗室；本文也不以製造商規格書或檢驗報告形式撰寫。產品以 **1 kg 單位** 在線上直接銷售，適合需要小包裝、可直接下單的食品、釀造與發酵相關使用者；完成訂單後，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供。



**Figure 8.** 「強效液態葡萄糖澱粉酶，可將麥汁與醪液中的所有澱粉轉化為糖」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。

由於 glucoamylase 的實際表現取決於使用條件，本文避免提供具體活性單位、檢驗方法、等級宣稱或保證轉化數值。對使用者而言，更重要的是理解它在 wort 與 mash 中的功能邊界：它能把可接觸的澱粉水解產物推向葡萄糖，但仍需要合適的原料處理、溫度、pH、時間與發酵管理共同配合。<sup>[1]</sup>

## 結論

**Glucoamylase Enzyme Aggressive Liquid Converts All Starch To Sugar In Wort And Mash** 可被理解為用於澱粉深度糖化的液態葡萄糖澱粉酶，主要應用在啤酒 wort、釀造 mash、蒸餾酒發酵醪與澱粉原料加工。它的核心作用是從澱粉與糊精鏈端逐步釋放葡萄糖，提高可發酵糖比例，並支援低殘糖、乾爽、高發酵度或較高乙醇潛力的製程目標。<sup>[1]</sup>

最重要的技術邊界是：glucoamylase 不是在任何條件下都能「神奇地」把所有澱粉完全轉糖。它需要可接觸的底物、合理的糊化與液化前處理，以及與酵素相容的溫度、pH 與停留時間；若這些條件不足，轉化效果會受到限制。<sup>[2]</sup>

對 B2B 使用者而言，這項酵素的價值不在於誇大承諾，而在於可預期地調整糖譜：把 mash 或 wort 中原本較難發酵的糊精進一步轉為葡萄糖，協助提升可發酵性、降低殘糖、改善澱粉原料利用率，並支援釀造、蒸餾與食品發酵流程中的糖化管理。

### 線上訂購 **Glucoamylase Enzyme Aggressive Liquid Converts All Starch To Sugar In Wort And Mash**

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 Aggressive Liquid Converts All Starch To Sugar In Wort And Mash** →**

## 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. [Pmc3768372](#). *PubMed Central*.
2. [Enzymes In Beer Whats Happening In The Mash](#). *Homebrewersassociation*.
3. [2051846952001683456](#). *Bolibio*.


## 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。