

Pullulanase Enzyme For Beer Brewing : 釀造用去分支酵素提升糖化、發酵度與原料利用

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

Pullulanase (普魯蘭酶、去分支酵素) 在啤酒釀造中的核心用途，是切開支鏈澱粉與糊精中的 α -1,6 分支鍵，讓 α -amylase、 β -amylase 或 glucoamylase 更容易把澱粉片段轉為可發酵糖。對使用高比例輔料、低改良麥芽、追求高衰減或低殘糖風格的釀造流程而言，pullulanase 可作為糖化效率與原料利用率的輔助工具，但實際效果仍取決於麥芽、輔料、糖化條件、酵母與產品風格。Enzymes.bio 供應之 Pullulanase Enzyme For Beer Brewing 為線上銷售的 1 kg 液體酵素產品，CoA 與 SDS 會隨訂單提供；Enzymes.bio 角色為供應商，並非製造商或實驗室。

Pullulanase 是什麼：專一處理 α -1,6 分支鍵的澱粉去分支酵素

Pullulanase 屬於澱粉去分支酵素，主要功能是水解支鏈澱粉 amylopectin、pullulan 與部分極限糊精中的 α -1,6 糖苷鍵；這一點使它不同於主要切 α -1,4 鍵的澱粉酶。澱粉改質文獻普遍將 pullulanase 視為能改變澱粉分子分支結構、鏈長分布、消化性與理化性質的工具，因此它在澱粉糖漿、食品澱粉改質與釀造糖化中都具有工藝意義。^[1]

在啤酒釀造語境中，pullulanase 並不是單獨「把所有澱粉變成酒精」的酵素，而是把支鏈結構打開，讓其他酵素更容易接續作用。麥芽本身提供 α -amylase 與 β -amylase，但當原料中支鏈澱粉比例高、麥芽酵素力不足，或製程希望提高可發酵糖比例時，去分支作用可以減少被分支點限制的殘留糊精，進而提高麥汁可發酵度。

主要應用：啤酒糖化、輔料釀造與高衰減產品

Pullulanase Enzyme For Beer Brewing 的主要應用，是在糖化或糖化後段的澱粉分解階段協助釋放更多可發酵糖，特別適合需要提高 attenuation (發酵度)、降低殘糖、改善原料萃取表現，或讓米、玉米、小麥、燕麥等輔料更穩定被利用的釀造場景。釀造酵素的產業資料也將澱粉酵素視為調整麥汁組成、改善發酵表現與支援不同啤酒風格開發的重要加工工具。^[2]

這類應用尤其常見於三種需求：第一，使用高比例穀物輔料時，希望補足麥芽內源酵素能力；第二，開發乾爽、低殘糖或低熱量取向產品時，希望將較多糊精轉為酵母可利用的糖；第三，因原料批次、氣候或麥芽品質波動造成糖化效率不穩時，希望降低批次間差異。大麥品種與氣候條件會影響啤酒用原料產量與品質，這也是釀造廠關注糖化穩定性的背景之一。^[3]

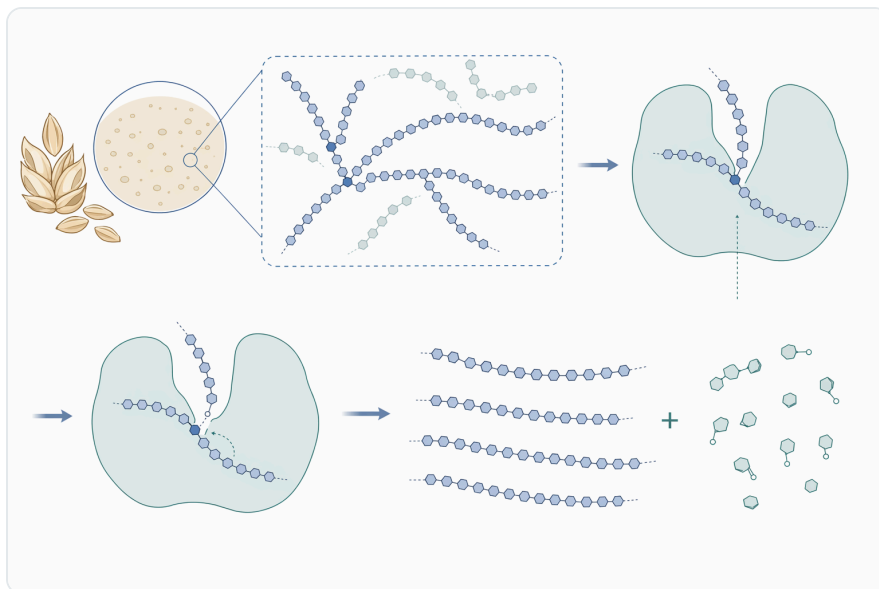


Figure 1. 普魯蘭酶會切開支鏈澱粉衍生糊精中的 α -1,6 分支點，使這些片段更容易被糖化酶作用。

作用機制：為什麼去分支能提高可發酵糖比例

澱粉由直鏈澱粉 amylose 與支鏈澱粉 amylopectin 組成；amylopectin 帶有大量 α -1,6 分支點，使一般 α -1,4 作用型酵素在接近分支位置時受到立體與鍵結限制。Pullulanase 切開這些分支點後，原本高度分枝的分子會轉為較線性的鏈段或較短寡糖，提供更多可被 β -amylase 從非還原端釋放麥芽糖、或被 glucoamylase 進一步轉為葡萄糖的底物。^[4]

這種「先去分支、再進一步水解」的邏輯，是 pullulanase 在澱粉糖化中常與其他澱粉酶協同使用的原因。以釀造來說， α -amylase 先在澱粉鏈內部切割、降低分子量並產生糊精；pullulanase 打開分支； β -amylase 或 glucoamylase 再增加可發酵糖比例。若缺少去分支步驟，部分極限糊精會保留在麥汁中，對最終酒體、甜感、熱量與發酵終點造成影響。^[1]

Pullulanase 與常見釀造澱粉酵素的比較

酵素	主要作用鍵結與位置	在啤酒釀造中的功能定位	對最終麥汁的典型影響
α -amylase	主要內切 α -1,4 鍵	快速降低澱粉分子量，產生糊精與較短鏈段	降低糊化澱粉黏稠度，建立後續糖化底物

酵素	主要作用鍵結與位置	在啤酒釀造中的功能定位	對最終麥汁的典型影響
β -amylase	從非還原端釋放麥芽糖，受分支點限制	增加麥芽糖比例，是麥汁可發酵性的關鍵來源之一	提高酵母可利用糖，但對分支附近作用受限
Glucoamylase / Amyloglucosidase	從鏈端釋放葡萄糖，可作用於澱粉與糊精鏈端	用於高衰減、低殘糖或乾爽型產品	增加葡萄糖，可能使酒體更乾、更薄
Pullulanase	專一水解 α -1,6 分支鍵	打開 amylopectin 與極限糊精分支，提升其他酵素可及性	減少分支糊精殘留，提高糖化完整性與可發酵糖潛力

此比較的重點在於：pullulanase 的價值不是取代 α -amylase 或 β -amylase，而是補上分支鍵處理能力。澱粉改質研究顯示，pullulanase 處理可改變米澱粉、甘藷澱粉、芋頭澱粉等不同來源澱粉的多尺度結構與理化特性，說明其作用並非僅限於單一穀物來源；不過，這些研究多屬食品澱粉改質與消化性研究，套用到啤酒時仍需考量麥芽酵素、糖化條件與發酵系統差異。^[5]

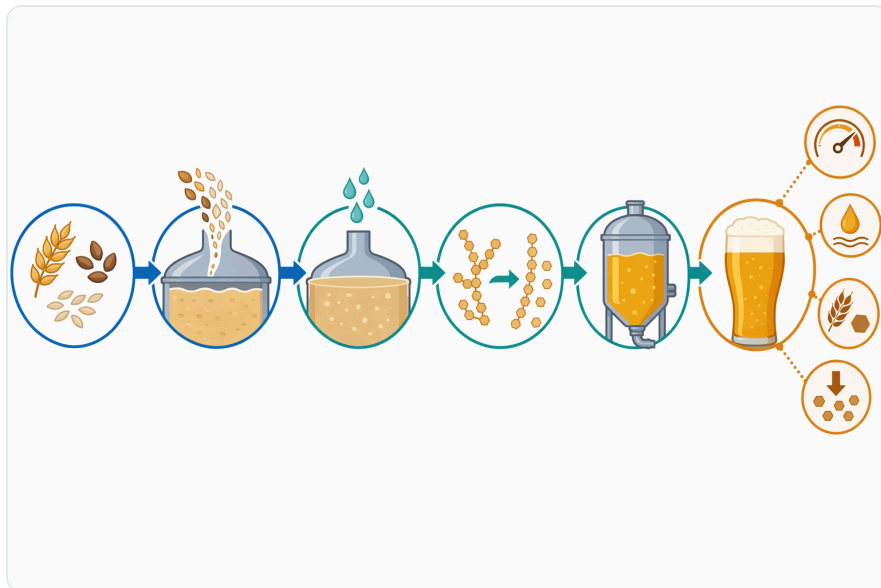


Figure 2. 在協調的澱粉轉化流程中， α -澱粉酶先產生糊精，普魯蘭酶移除分支障礙，糖化酶則提高可發酵糖的生成。

釀造流程中的放置點：從糖化效率到發酵終點

在實務上，pullulanase 通常被安排在澱粉已經糊化、並且已被 α -amylase 部分液化或糖化的階段使用；此時支鏈澱粉與糊精結構較容易被酵素接觸，去分支反應也更容易與其他糖化酵素銜接。對啤酒廠而言，導入的目的通常不是改變整個釀造概念，而是在既有糖化曲線、原料結構與目標酒款中，改善澱粉轉化的完整性。^[2]

若目標是提高發酵度，pullulanase 的效果必須與酵母利用糖的能力一起理解。酵母對葡萄糖、麥芽糖與麥芽三糖的利用速度與偏好不同；若酵素系統改變了麥汁糖譜，發酵動力學、終點比重、乙醛等代謝中間物控制都可能受到影響。啤酒品質研究指出，酵母健康與代謝路徑會影響乙醛累積與最終風味，因此提高可發酵糖並不等於可忽略發酵管理。^[6]

可期待的工藝效益：提高衰減、降低殘糖、支援輔料彈性

對追求乾爽口感、低殘糖或低熱量定位的啤酒而言，pullulanase 可協助降低殘留分支糊精，使更多碳水化合物進入酵母可利用糖池。這通常會讓終點比重下降、甜感降低，並可能提高酒精生成；但若酵素作用過度或配方未同步調整，酒體可能變薄，麥芽圓潤感下降，因此它更適合被視為風格設計工具，而非單純追求「越高衰減越好」。^[7]

在高輔料配方中，pullulanase 的價值在於支援非麥芽澱粉的利用。米、玉米或其他穀物輔料提供大量澱粉，但本身不一定提供足夠酵素力；若配方中麥芽比例下降，單靠麥芽內源酵素可能不足以穩定完成糖化。多篇澱粉改質研究顯示，不同植物來源澱粉經酵素處理後，其結構、黏度、消化性與糖化相關性質會改變，這為輔料釀造中的外加酵素策略提供了機制基礎。^[8]

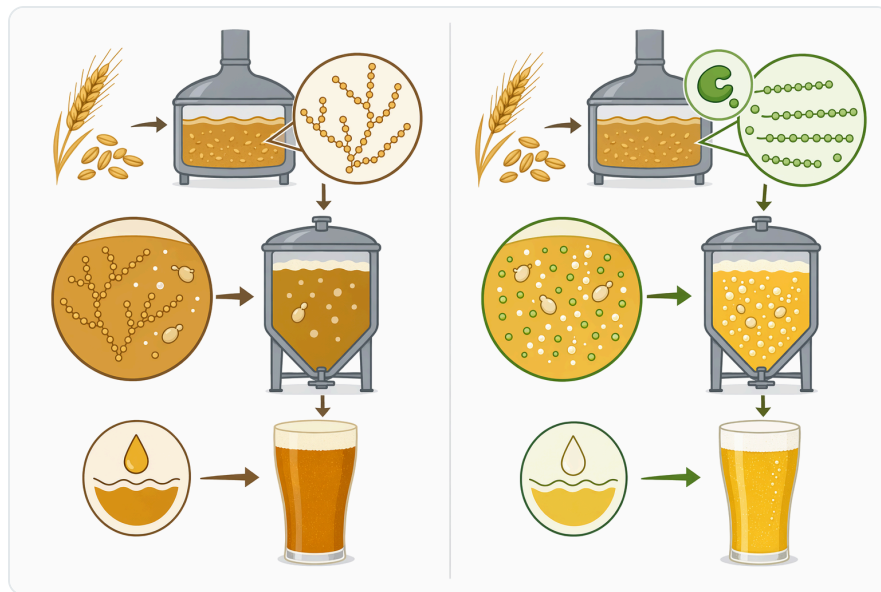


Figure 3. 普魯蘭酶不同於 α -澱粉酶、 β -澱粉酶與葡萄糖澱粉酶，因為它在釀造中的主要作用是去分支，而非液化或直接釋放糖分。

另一個常被提到的效益是流程穩定性。若糖化不完全，麥汁可能保留較多高分子糊精或殘留澱粉片段，進一步影響後續過濾、發酵一致性與成品穩定性。不過要精確區分黏度來源： β -glucan、蛋白質、多酚複合物與澱粉糊精都可能影響過濾，pullulanase 主要處理澱粉分支結構，並不是 β -glucanase 或蛋白酶的替代品。啤酒製程研究顯示，離心與過濾技術會直接影響啤酒品質，因此前段糖化與後段分離應一起評估。^[9]

科學證據的邊界：澱粉研究強，啤酒專用資料需情境化解讀

Pullulanase 的去分支機制有清楚的澱粉化學基礎，且在玉米、米、甘藷、芋頭、香蕉等多種澱粉來源中，已有研究探討酵素改質對結構、物性與消化性的影響。例如米澱粉經預熱與 pullulanase 處理後，其結構與消化性會改變，顯示去分支可實際重塑澱粉鏈段組成。^[4]

然而，公開學術文獻中針對「特定啤酒配方、特定釀造廠設備、特定酵母株」的 pullulanase 標準化比較資料相對有限。也就是說，酵素機制與澱粉加工證據相當穩固，但實際到啤酒廠，效果會被糖化曲線、麥芽改良程度、輔料糊化狀態、酵母代謝能力、過濾設備與目標感官共同決定。傳統小麥地方品種對 lambic 啤酒生產影響有限的研究，也提醒我們：原料變因未必總是以直覺方式放大到成品，必須放在完整製程中判讀。^[10]



Figure 4. 普魯蘭酶最適用於乾型且高發酵度的啤酒、低碳水化合物配方、輔料釀造，以及支鏈糊精可能限制發酵性的高濃度釀造製程。

對風味與酒體的影響：不是只有糖化率

Pullulanase 導入後，最直接的感官風險是酒體變乾、甜感下降與口感厚度改變。這些改變不一定是缺點；對 brut IPA、低卡啤酒、部分高度衰減型 lager 或乾爽型 ale，較低殘糖可能正是設計目標。但對需要麥芽飽滿感、焦糖甜感或厚實口感的酒款，過度去分支與後續過度發酵可能削弱風格辨識度。^[2]

風味也不只由糖決定。啤酒香氣與穩定性還受到啤酒花新鮮度、酵母株、發酵溫度、溶氧、熟成條件與添加物影響；例如乾投啤酒品質會受到酒花新鮮度影響，而非單靠糖化酵素即可修正。這表示 pullulanase 適合處理碳水化合物轉化問題，但不能被期待解決所有風味缺陷。^[11]

與非傳統酵母與新式啤酒開發的關係

近年精釀啤酒市場重視非傳統酵母、特殊原料與差異化感官，這讓麥汁糖譜的可控性更重要。非傳統酵母可能帶來新的酯類、酚類或酸感表現，但其糖利用能力不一定與標準釀酒酵母相同；若麥汁中可發酵糖比例被 pullulanase 與其他酵素改變，就需要考慮該酵母是否能有效利用所形成的糖組成。^[12]

因此，在產品開發中，pullulanase 最適合與「目標酒款」一起思考，而不是作為固定添加的萬用配方。若產品定位是清爽、低糖、低熱量或高衰減，去分支策略可能帶來明確方向；若產品定位是渾厚、甜潤、麥芽感明顯，則需要較保守地管理酵素作用，以免破壞感官結構。精釀啤酒市場對微生物與非傳統添加物的重視，也讓這類加工助劑的使用更需要透明的內部技術邏輯。^[7]

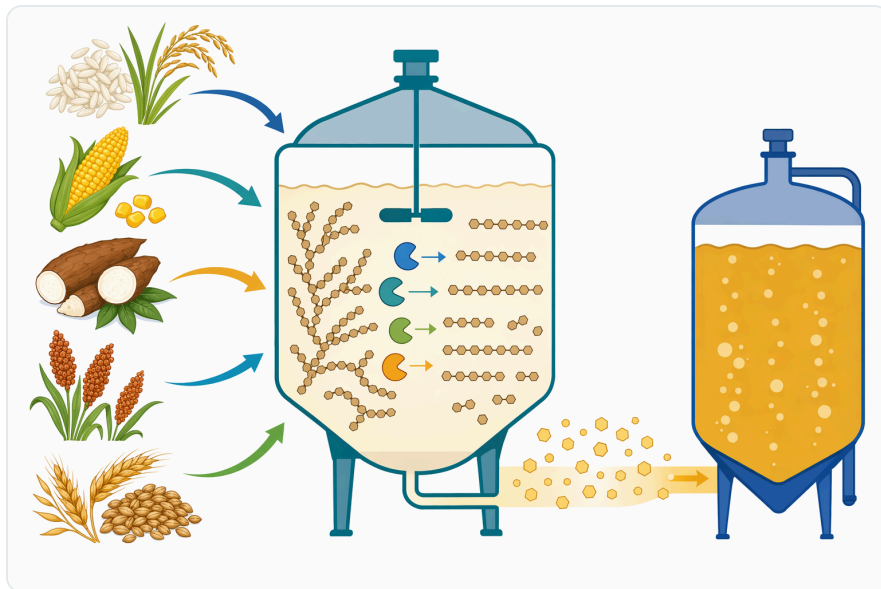


Figure 5. 大量使用輔料的配方中，若非大麥澱粉帶來支鏈糊精成分，可透過有意識地支援澱粉轉化而受益。

Enzymes.bio 供應產品的定位與文件支援

Enzymes.bio 供應的 Pullulanase Enzyme For Beer Brewing 可作為釀造與澱粉糖化用途的液體酵素產品，以 1 kg 單位在線上直接銷售。Enzymes.bio 並非製造商，也不是實驗室；其角色是供應已上市酵素產品，並在訂單中提供 CoA 與 SDS，供使用者進行內部文件保存、品質管理與安全作業參考。

這種供應定位對釀造廠的意義在於：採用者應把它視為可導入製程評估的加工助劑，而不是由供應商代替完成配方開發或現場驗證。產品頁所描述的 pullulanase 應用重點集中在澱粉水解、葡萄糖或麥芽糖產生，以及與其他澱粉酵素的協同；用於啤酒時，仍需由釀造廠依自身原料、設備與酒款目標建立內部使用範圍。

現場導入時的技術觀察重點

導入 pullulanase 時，最有意義的觀察不是單一指標，而是糖化、發酵與成品感官的連動。常見可比較的方向包括：糖化是否更完全、麥汁可發酵性是否提高、發酵終點是否下降、過濾是否更穩定、成品酒體是否符合目標，以及不同批次原料造成的波動是否縮小。這些觀察屬於製程管理與產品開發的一部分，並不同於建立專門分析方法。^[9]

若使用高比例輔料，還需要注意輔料本身的糊化與分散狀態。Pullulanase 需要接觸到底物才能發揮去分支作用；若澱粉顆粒尚未充分糊化，或前段液化不足，酵素可及性會受限。香蕉原生澱粉超音波輔助酵素水解研究顯示，物理處理會影響澱粉結構、形貌與酵素作用結果，這也支持「底物狀態」會左右酵素效果的基本觀念。^[13]

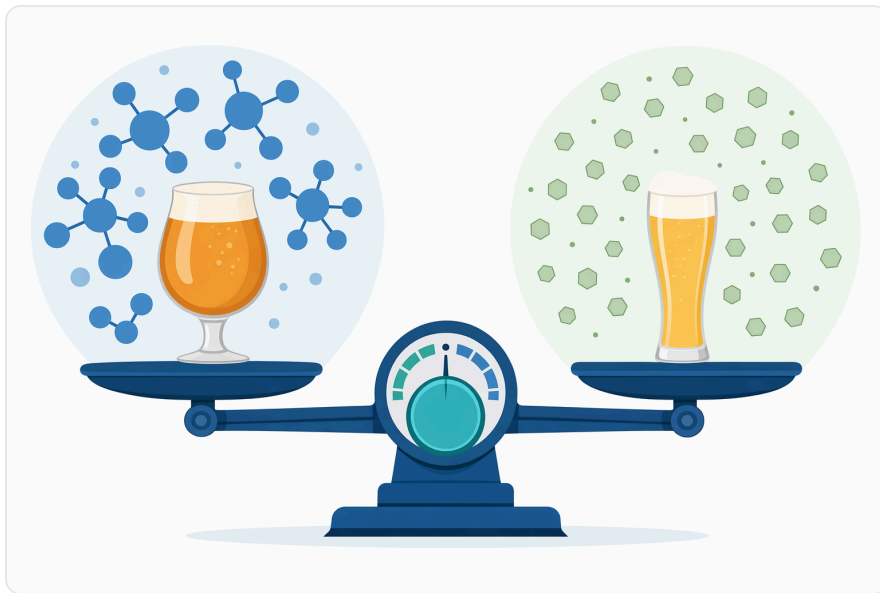


Figure 6. 改變可發酵糖與殘留糊精的比例，會使啤酒風格偏向更飽滿的甜感，或轉向更乾爽的收尾。

限制與風險：效果受製程條件與配方目標控制

Pullulanase 的效果與原料組成、麥芽酵素力、糖化時間、溫度、pH、固形物濃度與其他酵素搭配密切相關。即使機制明確，也不代表所有啤酒都會得到相同幅度的發酵度提升；在某些配方中，限制因素可能不是 α -1,6 分支鍵，而是糊化不足、 β -glucan 偏高、蛋白質結構、酵母活性或發酵營養。^[1]

安全面則應把酵素視為蛋白質型加工助劑處理，避免不必要的皮膚、眼睛或氣霧暴露，並依隨訂單提供的 SDS 建立內部作業規範。對食品或酒類生產而言，CoA 與 SDS 也可協助完成批次文件、儲存、安全與合規紀錄，但產品是否適用於特定市場與標示情境，仍需符合當地食品加工助劑與酒類法規要求。

與其他澱粉應用的關聯：從糖漿到啤酒的共通邏輯

雖然啤酒釀造有其獨特的麥芽、酵母與風味系統，但 pullulanase 在糖漿與澱粉水解中的角色，與啤酒糖化具有共通機制：它透過降低分支障礙，提高後續酵素對澱粉片段的轉化效率。Enzymes.bio 產品資訊即將其定位於澱粉水解、葡萄糖與麥芽糖糖漿相關應用，這些應用邏輯可幫助理解其在麥汁糖化中的技術價值。



Figure 7. 當發酵完成後，普魯蘭酶會透過降低殘留糊精、酒體與甜感，間接影響香氣與風味的感知。

食品研究中，pullulanase 也被用於改變抗性澱粉、益生元性質與澱粉消化特性；例如玉米粉、porang flour 與其他澱粉材料的物理、化學與酵素改質研究，皆顯示去分支與結構重組會改變澱粉被分解或消化的方式。這些資料不能直接等同於啤酒產率數據，但可強化「分支結構改變會影響後續水解結果」的科學基礎。^[14]

結論：Pullulanase 是釀造糖化的結構型輔助工具

Pullulanase Enzyme For Beer Brewing 的價值，在於針對澱粉與糊精的 α -1,6 分支點提供專一處理能力，讓其他澱粉酵素更容易完成後續糖化；它特別適合高輔料配方、高衰減產品、低殘糖啤酒與需要提高糖化一致性的製程。其效益可表現在可發酵糖增加、終點比重下降、原料利用率改善與部分過濾穩定性提升，但這些結果必須與酒款感官目標、酵母表現與整體製程共同評估。^[2]

對釀造廠而言，pullulanase 最合理的定位不是「萬用增產添加物」，而是可精準調整澱粉分支結構與麥汁糖譜的加工助劑。Enzymes.bio 作為供應商，提供 1 kg 線上銷售產品，並隨訂單提供 CoA 與 SDS；實際導入時，應以既有配方、設備條件與成品風格為核心，判斷去分支作用是否能帶來符合目標的發酵與感官結果。

線上訂購 Pullulanase Enzyme For Beer Brewing

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 Pullulanase Enzyme For Beer Brewing →](#)

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. Choton, S., Bandral, J., Singh, J., Bhat, A., Sood, M., Gupta, N., Reshi, M., ... et al. (2024). Enzymatic Modification of Starch: A Review. *Saudi Journal of Medical and Pharmaceutical Sciences*.
2. Brew Better With Aeb Brewing Enzymes. *Aeb-group*.
3. Shala, N., Dreshaj, A., Hoxha, I., Sejfiqaj, O., & Millaku, B. (2023). The Impact of Climate Conditions on the Yield of Some Fall Barley Cultivars for the Production of Beer in the Kosovo Plain. *Ecological Engineering & Environmental Technology*.
4. Geng, D., Zhang, X., Zhu, C., Wang, C., Cheng, Y., & Tang, N. (2023). Structural, physicochemical and digestive properties of rice starch modified by preheating and pullulanase treatments. *Carbohydrate Polymers*, 313, 120866 .
5. Sarmah, R., Dutta, D., Kumari, B., & Sit, N. (2025). Effect of amylase, pullulanase and acid treatments on physicochemical properties of taro starch and starch nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148323 .
6. Edgar, M., & Wycliffe, A. (2024). Investigating the Impact of Acetaldehyde Accumulation on Beer Quality: Metabolic Pathways, Yeast Health, and Mitigation Strategies. *IAA Journal of Scientific Research*.
7. Gumienna, M., Lasik-Kurdyś, M., & Górna, B. (2024). THE DEVELOPMENT OF THE CRAFT BEER MARKET, MICROORGANISMS, UNCONVENTIONAL ADDITIVES AND THEIR IMPACT ON THE FINAL PRODUCT. *Zywnosc Nauka Technologia Jakosc/Food Science Technology Quality*.
8. Liu, Y., Jiang, F., Du, C., Li, M., Leng, Z., Yu, X., & Du, S. (2022). Optimization of Corn Resistant Starch Preparation by Dual Enzymatic Modification Using Response Surface Methodology and Its Physicochemical Characterization. *Foods*, 11.
9. Li, H. (2023). Application of Centrifugation and Soilless Filtration Technologies in the Beer Production Process and Empirical Research on Their Impact on Beer Quality. *BIO Web of Conferences*.
10. Bongaerts, D., Sombolestani, A. S., Roos, J. D., Bouchez, A., Croonenberghs, A. P., Cnockaert, M., Wieme, A., ... et al. (2025). The impact of traditional wheat landraces on lambic beer production is limited. *Journal of food microbiology*, 448, 111576 .

11. Rutnik, K., Ocvirk, M., & Košir, I. (2022). Impact of Hop Freshness on Dry Hopped Beer Quality. *Foods*, 11.
12. Pirrone, A., Naselli, V., Gugino, I., Porrello, A., Viola, E., Craparo, V., Vella, A., ... et al. (2025). Use of non-conventional yeasts for enhancing the sensory quality of craft beer. *Food Research International*, 208, 116164 .
13. Shuprajhaa, T., Paramasivam, S., Subramaniyan, P., Ramakrishnan, P., Ramasamy, S., & Wakchaure, G. C. (2025). Ultrasonic assisted enzymolysis based modification of native banana starch - A comprehensive analyses of the structural, morphological, rheological and textural properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 139748 .
14. Setiarto, R., Adyeni, W. D., Puspawati, N. N., Wardana, A. A., Anshory, L., & Khusniati, T. (2024). Physicochemical, enzymatic and fermentation modifications improve resistant starch levels and prebiotic properties of porang (*Amorphophallus oncophyllus*) flour. *International Journal of Food Science & Technology*.


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。