

Debranching Enzyme For Brewing Industry (去支鏈酵素) : 用於輔料釀造、澱粉糖化與麥汁收率改善

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

Debranching Enzyme For Brewing Industry (去支鏈酵素，常見技術名稱包括 pullulanase 或 starch debranching enzyme) 主要用於切斷澱粉支鏈中的 α -1,6 糖苷鍵，使高分支澱粉更容易被澱粉酶系統轉化為可發酵糖。對使用米、玉米、非麥芽穀物、豆類或其他輔料的釀造流程而言，它的核心價值不是單獨「製造酒精」，而是提高液化與糖化階段對支鏈澱粉的可及性，進而支援麥汁收率、發酵度與批次穩定性。Enzymes.bio 供應的 Debranching Enzyme For Brewing Industry 以 1 kg 單位線上銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單提供，適合作為釀造與糧食加工流程中的外加酵素選項之一。

產品名稱與主要應用

產品名稱： Debranching Enzyme For Brewing Industry

中文名稱： 釀造用去支鏈酵素、澱粉去分支酵素

常見相關酵素名稱： Pullulanase、limit-dextrin debranching enzyme、starch debranching enzyme

主要應用： 啤酒與類啤酒飲品、米或玉米等輔料釀造、非麥芽穀物糖化、低碳水化合物或高發酵度配方、穀物蒸煮後糖化、澱粉基發酵原料前處理。

在釀造產業中，外加酵素的角色通常是補足原料本身酵素力不足、提高特定底物的轉化效率，或在高輔料比例、非傳統穀物、製程時間受限時維持可預期的糖化結果；酵素在食品加工中的應用也常被描述為提高反應選擇性、降低處理強度、改善產率與品質一致性的工具^[1]。去支鏈酵素即屬於這類「針對澱粉結構限制」的加工助劑，重點在於處理澱粉分子中一般 α -澱粉酶或 β -澱粉酶不易完全越過的分支點。

為什麼釀造會需要去支鏈酵素？

高分支澱粉會限制糖化深度

釀造所需的可發酵糖主要來自澱粉水解。澱粉由直鏈澱粉 amylose 與支鏈澱粉 amylopectin 組成，其中 amylopectin 含有大量 α -1,6 分支鏈；這些分支點會形成「限制糊精」(limit dextrins)，使部分澱粉片段即使經過液化與一般糖化，仍不容易被完全轉化為酵母可利用的糖。去支鏈酵素的技術意義正是在此：它能水解 α -1,6 分支鏈，讓原本呈樹枝狀的澱粉鏈轉為更線性的片段，提高後續澱粉分解酵素的作用效率 [2]。

在傳統全麥芽釀造中，大麥麥芽本身提供多種澱粉降解酵素，包括 α -澱粉酶、 β -澱粉酶與內源性 limit dextrinase；但麥芽酵素力會受到麥芽品質、焙燥條件、糖化溫度與配方稀釋程度影響。研究顯示，大麥 limit dextrinase 具有針對分支糊精的特殊作用，近年甚至被探索其轉糖基活性與新型糖共軛物生成潛力，反映其在澱粉分支結構處理上的重要性 [3]。

輔料與非麥芽原料提高了外加酵素的必要性

米、玉米、高粱、藜麥、豆類、蕎麥或其他非麥芽穀物可用於調整風味、降低原料成本、製作無麩質或特殊定位產品，但這類原料通常不像麥芽一樣提供完整而穩定的內源性酵素系統。以未發芽藜麥釀造的研究指出，非麥芽原料可作為啤酒生產原料，但其製程適用性取決於糖化、過濾與麥汁品質等多項因素，並不同於可直接替代麥芽功能 [4]。

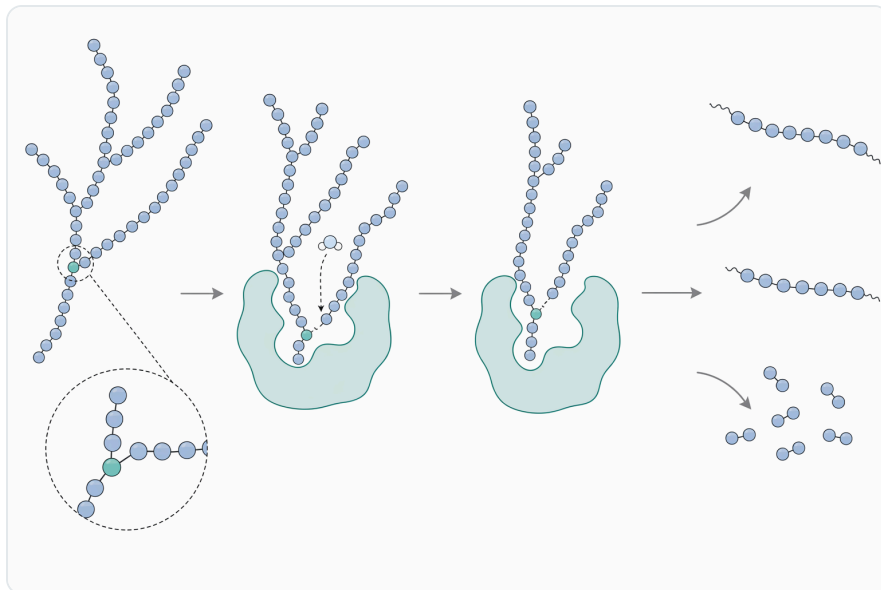


Figure 1. 普魯蘭酶型去支鏈酶會水解源自支鏈澱粉糊精中的 α -1,6 分支鏈結，使其他澱粉酶能進一步處理所形成的鏈段。

米作為啤酒輔料時，常被用於創造較清爽、乾淨的酒體，並調整色澤與風味；但米本身缺乏足夠麥芽酵素力，且必須先經適當糊化與糖化設計，才能將其澱粉轉化為可發酵萃取物。針對米輔料釀造的綜述也指出，米在啤酒中具有工藝與感官上的價值，但其製程表現與澱粉處理條件密切相關 [5]。

豆類與其他替代蛋白 / 澱粉原料近年也被評估用於釀造應用。相關研究指出，豆類基麥汁的可行性需同時考慮萃取率、可發酵糖組成、蛋白質與感官影響，顯示非傳統原料進入釀造流程時，通常需要更精細的酵素與製程整合 [6]。在這些情境下，去支鏈酵素不是唯一答案，但它可以補上「分支澱粉拆解」這個關鍵缺口。

作用機制：去支鏈不是單純把澱粉切短，而是打開分支結構

從 α -1,6 鍵著手，解除 limit dextrin 的障礙

α -澱粉酶主要在澱粉分子內部切割 α -1,4 鍵，能快速降低糊化澱粉黏稠度並生成較短糊精； β -澱粉酶則從非還原端釋放麥芽糖，但遇到 α -1,6 分支點時會停止；葡萄糖澱粉酶可由鏈端釋放葡萄糖，但對高度分支結構的效率也會受到分支密度與空間可及性限制。去支鏈酵素透過水解 α -1,6 分支鍵，能讓這些原本被分支點阻擋的鏈段重新成為其他酵素可處理的底物 [7]。

可以把 amylopectin 想像成一團有許多分叉的樹枝。 α -澱粉酶能把較長枝條剪短， β -澱粉酶能從枝端逐步修剪，但碰到枝幹分叉處就不易繼續；去支鏈酵素則是專門拆除分叉點，讓原本卡住的枝條變成更容易被後續酵素處理的線性片段。這也是為什麼它常與液化酵素、糖化酵素搭配，而不是被視為獨立完成全部澱粉轉化的酵素。

與液化、糖化酵素形成互補

工業 pullulanase 的開發重點之一是提高其在澱粉加工條件下的穩定性與表現，包含耐熱性、異源表現與工業化生產等方向；這反映去支鏈酵素在澱粉深度轉化中的實際需求 [8]。在釀造流程中，若澱粉尚未充分糊化，酵素即使存在也難以接觸晶體結構中的底物；若澱粉已液化但分支糊精仍多，去支鏈酵素則能提高糖化酵素對殘餘糊精的利用。

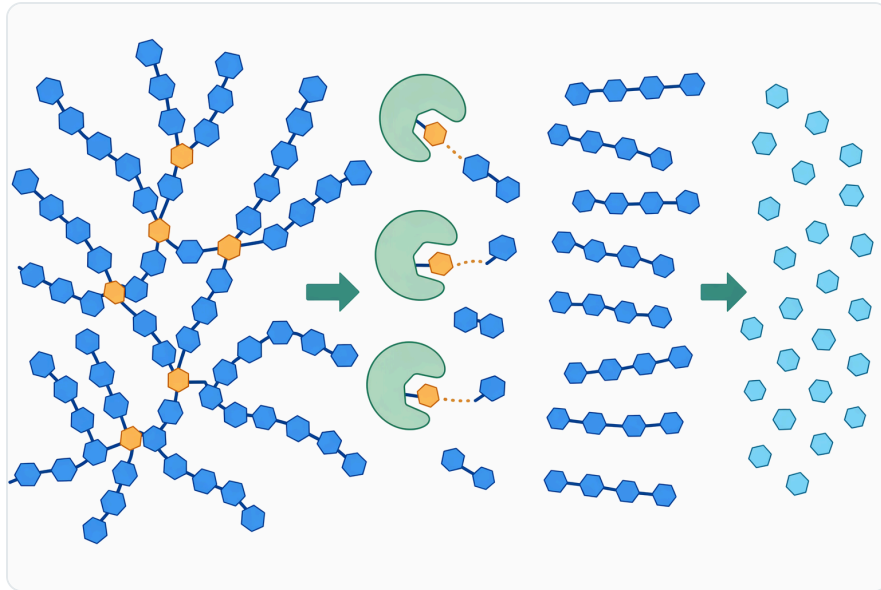


Figure 2. 去分支作用會將具分支的糊精結構轉化為分支較少的鏈段，使其更容易被糖化酶作用。

這種互補關係在高輔料釀造中特別重要。液化階段通常處理高分子澱粉的黏稠與流動性問題；糖化階段則決定麥芽糖、葡萄糖、麥芽三糖與不可發酵糊精的比例。去支鏈酵素介於兩者之間，透過改變底物結構，使糖化酵素產生更高比例的可發酵糖，而不是讓支鏈糊精殘留在麥汁中。

去支鏈酵素在釀造流程中的實務價值

1. 提高澱粉利用率與麥汁萃取潛力

對釀造廠而言，澱粉沒有被轉為可溶性糖，就代表原料萃取潛力未被充分利用。去支鏈酵素透過減少支鏈障礙，能支援更完整的澱粉轉化，尤其適合高 amylopectin 原料、糊化後仍有殘餘糊精、或麥芽比例被輔料稀釋的配方。針對澱粉去分支技術的綜述也指出，debranching 可改變澱粉鏈長分布與消化 / 轉化行為，並在食品與工業應用中具有提高澱粉利用效率的意義 [7]。

這項效益在啤酒、米基發酵飲品、穀物蒸餾原料或其他澱粉糖化流程中都具有相同邏輯：越多支鏈澱粉被轉為可糖化片段，越有機會提高可發酵萃取物。然而，改善幅度並非固定，會受到原料粉碎粒徑、糊化完成度、糖化時間、pH、溫度與其他酵素配置影響。

2. 支援高發酵度、較乾爽酒體或低碳水化合物定位

啤酒中的殘餘糊精會增加酒體與口感，但也會提高殘留碳水化合物並降低表觀發酵度。若產品目標是較乾爽、較高發酵度或低碳水化合物型態，減少 limit dextrins 便成為重要方向。低碳水化合物啤酒研究中，甚至透過建構可同化糊精與異麥芽糖的釀酒酵母來降低殘餘碳水，這從另一角度說明支鏈糊精與非典型糖類確實是發酵完成度的限制因素之一 [9]。

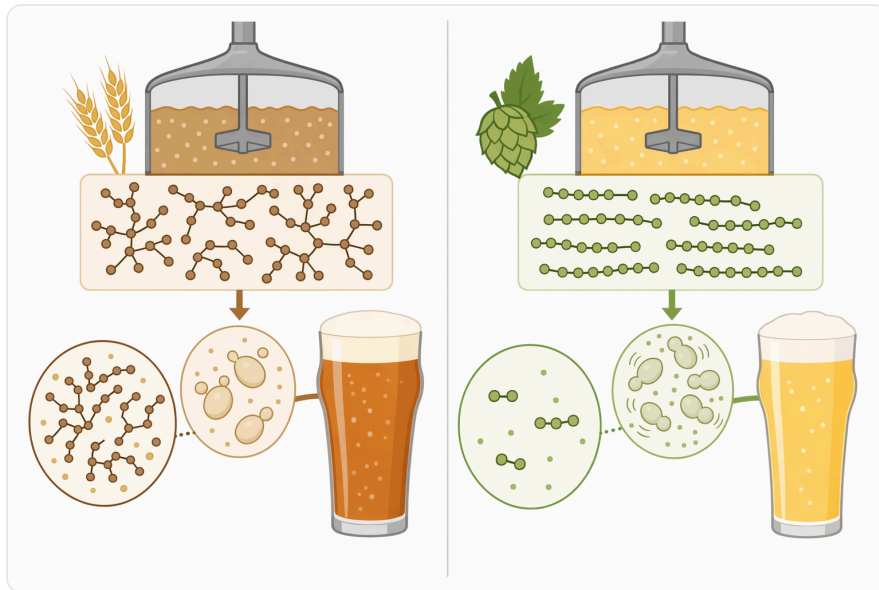


Figure 3. α -澱粉酶、 β -澱粉酶、葡萄糖澱粉酶與去分支酶分別作用於不同的澱粉鏈結或鏈段位置，因此在麥汁碳水化合物轉化中扮演互補角色。

去支鏈酵素的角色是從糖化端降低支鏈糊精的形成或殘留，而不是改變酵母代謝能力。若搭配適合的糖化酵素，它可使原本不易被酵母直接利用的分支糊精轉化為較容易發酵的糖類；但若配方需要保留飽滿酒體或較高殘糖，過度追求去支鏈與深度糖化反而可能不符合產品設計。

3. 改善高輔料流程的一致性

現代釀造常因成本、風味、供應鏈或市場區隔而調整輔料比例。高輔料比例會降低麥芽本身酵素對整體澱粉負荷的覆蓋能力，使不同批次原料之間的澱粉組成、糊化特性與糖化表現更容易放大成製程波動。以扁豆麥芽與酵素製劑製備麥汁的研究顯示，替代原料的麥汁品質會受到酵素處理明顯影響，凸顯外加酵素在非傳統釀造原料中的調節價值 [10]。

去支鏈酵素在此可作為「結構修飾」工具，讓高分支澱粉不至於成為批次間發酵度落差的主要來源。它無法取代原料規格管理，也不能修正所有過濾或風味問題，但能提高糖化系統面對分支澱粉時的可預測性。

與其他釀造酵素的比較

去支鏈酵素常被放入「釀造酵素」大類，但它與 β -葡聚糖酶、木聚糖酶、蛋白酶或 α -澱粉酶的功能不同。釀造酵素文獻長期強調， β -葡聚糖酶等非澱粉多醣水解酵素主要與麥汁黏度、過濾性與細胞壁多醣降解有關，而澱粉酶系統則直接影響澱粉轉化與糖組成 [11]。

酵素類型	主要底物 / 鍵結	在釀造中的主要目的	與去支鏈酵素的關係
去支鏈酵素 / Pullulanase	α -1,6 分支鍵，支鏈澱粉與分支糊精	打開 amylopectin 分支，提高可糖化性與發酵度	核心角色是解除分支限制
α -澱粉酶	α -1,4 鍵，澱粉內部鏈段	液化、降低高分子澱粉黏稠度、生成糊精	去支鏈後可產生更易處理底物
β -澱粉酶	非還原端 α -1,4 鍵	釋放麥芽糖，決定麥汁可發酵糖組成	會受 α -1,6 分支點阻擋
葡萄糖澱粉酶	鏈端 α -1,4，部分條件下處理分支相關底物	產生葡萄糖、提高發酵度	與去支鏈酵素搭配可促進深度糖化
β -葡聚醣酶 / 木聚醣酶	細胞壁非澱粉多醣	降低黏度、改善過濾與萃取	解決問題不同，可視原料並用
蛋白酶	蛋白質與胜肽鍵	調整 FAN、泡沫與澄清相關特性	不直接處理澱粉分支

值得注意的是，高黏度或過濾不順不一定是澱粉分支造成。若問題來自 β -葡聚醣、阿拉伯木聚醣或細胞壁結構，應由相對應的非澱粉多醣酵素處理；例如針對啤酒生產潛力的 arabinofuranosidase 研究，即聚焦於阿拉伯木聚醣側鏈釋放與細胞壁多醣改質，而非澱粉去支鏈本身^[12]。因此，去支鏈酵素最適合被定位為澱粉糖化效率工具，而不是廣義的「萬用過濾改善劑」。

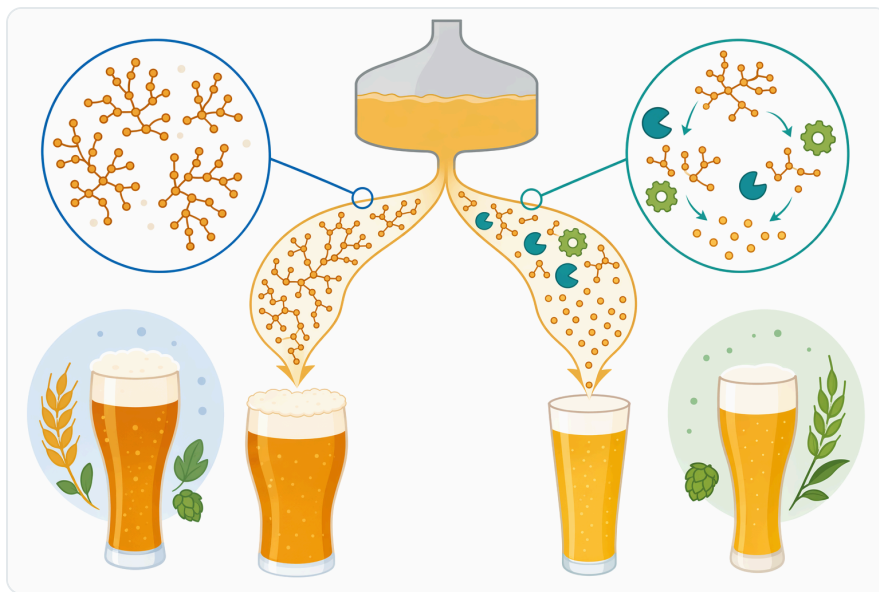


Figure 4. 降低分支糊精含量可使麥汁組成轉向更易發酵的碳水化合物，並減少殘留糊精的貢獻。

適用原料與製程情境

米、玉米與高輔料啤酒

米與玉米等輔料常用於大型啤酒與淡色啤酒，能帶來較淡色、較清爽或較中性的基底。但它們的澱粉需要適當蒸煮或糊化，且其本身酵素貢獻有限。當配方提高輔料比例時，麥芽酵素不一定足以處理全部澱粉負荷，外加 α -澱粉酶、糖化酵素與去支鏈酵素的搭配便具有實務意義 [5]。

在這類流程中，去支鏈酵素最常被視為提升糖化深度的補充。若液化後麥汁仍有較多高分支糊精，添加去支鏈酵素可增加後續糖化酵素能作用的鏈端與線性片段；若液化不完全或原料糊化不足，則應先處理蒸煮與液化條件，否則去支鏈酵素難以接觸底物。

無麴質與替代穀物釀造

無麴質啤酒或替代穀物飲品常使用米、高粱、蕎麥、藜麥、小米、黍米等原料。這些原料的澱粉、蛋白質與細胞壁組成差異大，且通常缺乏傳統大麥麥芽的均衡酵素系統。未發芽藜麥可用於啤酒生產的研究，正說明替代原料具有潛力，但也需要依其原料特性調整製程 [4]。

去支鏈酵素在無麴質或替代穀物流程中的價值，是讓澱粉糖化更不依賴大麥麥芽內源性 limit dextrinase。這對希望降低或避免麥芽使用、同時仍需取得合理酒精產率與穩定發酵表現的產品特別相關。

穀物蒸餾與澱粉基發酵

雖然本文聚焦釀造業，去支鏈酵素的機制同樣適用於澱粉基蒸餾酒、穀物酒精與其他發酵原料前處理。工業 pullulanase 研究普遍將其視為澱粉加工中提高糖化效率的重要酵素之一，尤其在需要高葡萄糖或高發酵糖收率的流程中更具價值 [8]。



Figure 5. 去分支酶可依分支糊精可被作用的時機，以及預期的發酵度特性，應用於糖化、麥汁處理或特定發酵設計中。

在蒸餾或酒精發酵場景，產品風味對殘餘糊精的依賴通常低於啤酒，因此深度糖化與高轉化率更常是優先目標。不過，即使目標偏向最大化糖產出，也仍需兼顧原料蒸煮、酵母耐受、營養組成與後段發酵管理。

使用時機與製程整合原則

去支鏈酵素通常在澱粉已糊化或液化後更能發揮作用，因為未糊化澱粉顆粒的晶體結構會降低酵素可及性。實務上，它可與液化或糖化階段銜接，目的在於讓分支鍵於糖化酵素大量作用前或作用中被逐步打開；不同酵素來源在溫度與 pH 適應性上可能不同，因此應以隨貨文件中的產品資訊作為現場製程整合依據，避免假設所有 pullulanase 都具有相同表現 [2]。

在全麥芽啤酒中，是否需要外加去支鏈酵素取決於產品目標。若希望保留較高酒體、糊精感與泡沫結構，過度深度糖化可能不理想；若目標是高發酵度、低殘糖或高輔料萃取，去支鏈酵素的價值就更明顯。啤酒中小分子胜肽與風格差異的研究也提醒，釀造品質並非只由糖決定，蛋白質、胜肽、酚類與酵母代謝物都會影響最終產品表現 [13]。

效益邊界：哪些主張有強證據，哪些需要保守看待？

較強的證據：機制與澱粉加工邏輯

去支鏈酵素水解 α -1,6 分支鍵、提高支鏈澱粉可及性，是酵素學與澱粉加工領域相當一致的機制性認知。Pullulanase 的生物技術與工業應用綜述也將其列為澱粉糖化、食品加工與多種工業流程中具有實用價值的酵素類別 [2]。因此，「去支鏈酵素可協助支鏈澱粉更完整糖化」屬於相對穩固的技術主

張。



Figure 6. 去分支酶適用於高濃度釀造、輔料轉化、無麩質釀造，以及乾型或高發酵度飲品等情境，因為在這些情況下，分支糊精可能限制可發酵性。

同樣具有較強支持的是「去支鏈酵素通常需要與其他澱粉酶協同」。因為它主要處理分支點，而不是全面取代 α -澱粉酶或葡萄糖澱粉酶；若缺乏液化與糖化系統配合，單獨使用很難產生完整可發酵糖譜。

需要保守看待的主張：過濾改善、產量提升幅度與感官影響

去支鏈酵素可能透過改變糊精分布間接影響麥汁流動性，但若過濾問題主要來自 β -葡聚糖、阿拉伯木聚糖、蛋白 - 多酚複合物或粉碎條件，則不能期待去支鏈酵素單獨解決。釀造酵素應用文獻中， β -葡聚糖酶對黏度與過濾的關聯更直接，這點有助於避免把所有製程問題都歸因於澱粉分支 [11]。

產量提升幅度也必須保守描述。原料種類、澱粉糊化程度、糖化時間、酵素搭配、麥芽比例與酵母發酵能力都會影響結果；因此，去支鏈酵素可被視為提高轉化潛力的工具，而非保證固定增產比例的添加物。食品酵素在加工中的價值通常來自對特定反應的選擇性控制，但實際成效仍依製程條件而定 [14]。

安全、法規與文件

釀造用酵素通常作為食品加工助劑或製程用酵素管理，實際適用法規會依銷售地、產品類別與最終標示要求而不同。食品與飼料酵素相關文獻指出，工業酵素的應用需要關注來源、製程安全、過敏原風險、職業暴露與合規文件等面向 [14]。

Enzymes.bio 作為供應商，並非製造商或實驗室；其產品以 1 kg 單位於線上銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單提供，供使用端進行內部文件保存、品質追溯與安全管理。操作時應將酵素視為蛋白質材料，避免粉塵吸入與不必要的皮膚或眼睛暴露，並依 SDS 內容進行儲存、處置與個人防護安排。

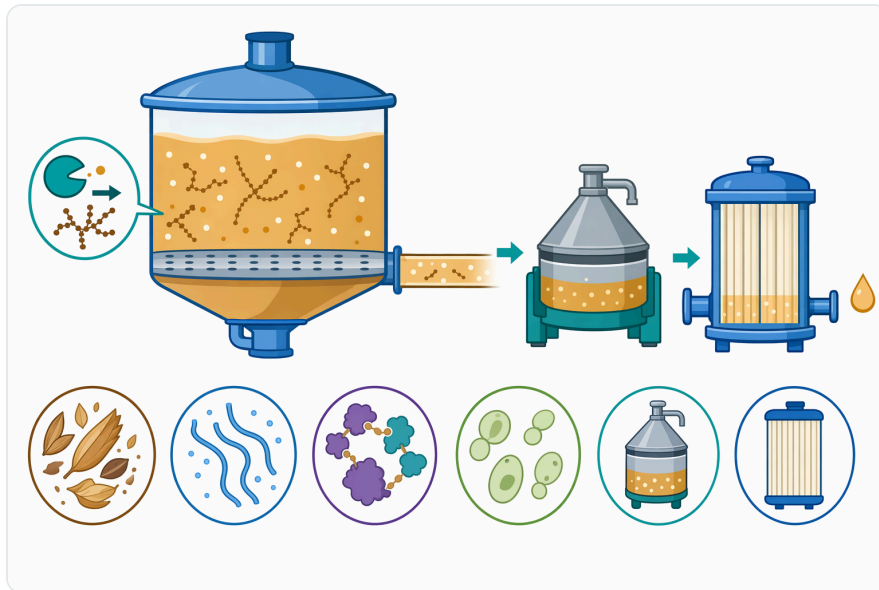


Figure 7. 去分支作用會在上游改變可溶性碳水化合物的結構，但不能取代過濾槽過濾、離心、過濾或混濁控制等操作。

對 B2B 使用者的技術定位

Debranching Enzyme For Brewing Industry 最適合被定位為「提高分支澱粉可糖化性的製程輔助酵素」。它的價值不在於取代麥芽、取代所有澱粉酶，或直接修正所有啤酒品質問題，而是在高輔料、非麥芽、替代穀物、低殘糖或高發酵度目標下，補足 α -1,6 分支鍵處理能力。

若釀造廠的限制來自澱粉未充分糊化，優先問題是蒸煮與液化；若限制來自細胞壁多醣，則需要考慮 β -葡聚醣酶或木聚醣酶；若限制來自蛋白質營養或泡沫，則需從蛋白酶、麥芽品質或配方角度處理。去支鏈酵素應放在整體酵素系統中理解，而不是單一添加即可解決所有製程瓶頸。

結論

去支鏈酵素透過水解澱粉與分支糊精中的 α -1,6 糖苷鍵，讓 amylopectin 由高度分支結構轉為更容易被 α -澱粉酶、 β -澱粉酶與葡萄糖澱粉酶處理的底物；因此，在米、玉米、藜麥、豆類或其他非麥芽 / 高輔料釀造中，能支援更完整的澱粉轉化、較高發酵潛力與較穩定的麥汁萃取 [7]。

對追求高發酵度、低殘糖、輔料彈性或原料利用率的 B2B 釀造與糧食加工使用者而言，Debranching Enzyme For Brewing Industry 是值得納入製程評估的酵素工具。其實際表現仍取決於原料、糊化、液化、糖化條件與其他酵素搭配；在正確定位下，它可成為提升支鏈澱粉利用效率的關鍵環節，而不是過度承諾的萬用解方。

線上訂購 Debranching Enzyme For Brewing Industry

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 Debranching Enzyme For Brewing Industry →](#)

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. Thakur, H., Mankotia, S., & Rajput, R. (2024). Role of Enzymes in Food Processing. *European Journal of Nutrition & Food Safety*.
2. Xu, P., Zhang, S., Zhi-Luo, Min-Zong, Xiao-Li, & Lou, W. (2021). Biotechnology and bioengineering of pullulanase: state of the art and perspectives. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 37.
3. Vester-Christensen, M. B., Holck, J., Rejžek, M., Perrin, L., Tovborg, M., Svensson, B., Field, R. A., ... et al. (2023). Exploration of the Transglycosylation Activity of Barley Limit Dextrinase for Production of Novel Glycoconjugates. *Molecules*, 28.
4. Kordialik-Bogacka, E., Bogdan, P., Pielech-Przybylska, K., & Michałowska, D. (2018). Suitability of unmalted quinoa for beer production. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98 13, 5027-5036 .
5. Molligoda, V., & Anwar, M. J. (2025). Rice as an adjunct in brewing beer: mini-review. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.
6. Deoghare, N., Sarlin, T., & Krogerus, K. (2025). Evaluating the Potential of Legume-Based Wort for Brewing Applications. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 83, 176 - 191.
7. Bhatt, P., Kumar, V., Singh, S., Garg, S., Kumar, M., Wong, L. S., Kumarasamy, V., ... et al. (2025). Enzymatic Debranching of Starch: Techniques for Improving Drug Delivery and Industrial Applications. *Starke (Weinheim)*.
8. Wang, X., Nie, Y., & Xu, Y. (2019). Industrially produced pullulanases with thermostability: Discovery, engineering, and heterologous expression. *Bioresource Technology*, 278, 360-371 .
9. Park, J., Lee, J., Choi, S., Ko, H., Kim, I., Lee, H., & Bai, S. (2014). Construction of dextrin and isomaltose-assimilating brewer' s yeasts for production of low-carbohydrate beer. *Biotechnology Letters*, 36, 1693 - 1699.
10. Fulara, K., Ciosek, A., Hrabia, O., Cioch-Skoneczny, M., Klimczak, K., & Poreda, A. (2025). Quality Parameters of Wort Produced with Lentil Malt with the Use of Some Enzymatic Preparations. *Foods*, 14.
11. Lalor, E. (2000). Applications of Enzymes in the Brewing Process with particular Emphasis on Glucanases.

12. Li, X., Xie, X., Liu, J., Wu, D., Cai, G., & Lu, J. (2020). Characterization of a putative glycoside hydrolase family 43 arabinofuranosidase from *Aspergillus niger* and its potential use in beer production. *Food Chemistry*, 305, 125382 .
13. Silva, R. N. P., Tonin, A. P., Ramos, G. S. M., Dias, J. F., Meurer, E. C., & Koblitz, M. (2025). Bioactive potential and storage behavior of low molecular mass peptides in Pilsner and IPA style craft beers. *Frontiers in Food Science and Technology*.
14. Fraatz, M., Rühl, M., & Zorn, H. (2014). Food and feed enzymes. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 143, 229-56 .


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。