

Chill-Haze Prevention in Brewing Protease Enzyme CAS 232-642-4 : 啤酒冷渾預防用蛋白酶技術說明

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

Chill-Haze Prevention in Brewing — Protease Enzyme (CAS 232-642-4) 是一種用於啤酒製程的蛋白水解酵素，主要目標是降低由蛋白質與多酚形成的冷渾風險，提升啤酒在冷藏、運輸與貨架期間的外觀穩定性。其機制不是「過濾掉混濁」，而是在分子層級切割可參與膠體混濁的蛋白片段，使其較不容易與多酚聚集成可見微粒。Enzymes.bio 以 1 kg 單位在線上供應此產品，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供；本文以公開研究與釀造知識整理其應用邏輯與製程考量。

酵素名稱與主要應用

酵素名稱： Chill-Haze Prevention in Brewing — Protease Enzyme

CAS： 232-642-4

主要應用： 啤酒釀造中的冷渾預防、蛋白質相關混濁控制、膠體穩定性改善，以及高蛋白或高多酚配方的澄清穩定輔助。

在釀造語境中，protease enzyme 通常被理解為「蛋白酶」或「蛋白水解酵素」。它能催化蛋白質肽鍵斷裂，將較大的蛋白質或蛋白片段轉化為較小的肽類與胺基酸；這項特性使蛋白酶在食品、飲料、發酵與蛋白質改質領域具有廣泛應用。近年針對食品蛋白、植物蛋白與發酵基質的研究也顯示，不同蛋白酶種類會產生不同的水解深度、界面行為與泡沫相關表現，因此在啤酒中使用時，重點不只是「能分解蛋白」，而是如何在清澈度、泡沫與口感之間取得可控平衡。^[1]

為什麼啤酒會出現冷渾？

冷渾的核心：蛋白質與多酚的可逆聚集

冷渾 (chill haze) 通常在啤酒降溫後變得明顯，回到較高溫度時又可能部分消失。這種現象常與啤酒中的 haze-active proteins (具混濁活性的蛋白或蛋白片段) 以及多酚化合物之間的非共價交互作用有關；低溫會促進這些複合體聚集，使原本肉眼不可見的膠體變成可見混濁。釀造業科普與產業說明普遍將冷渾描述為蛋白質—多酚複合物在低溫條件下形成的外觀問題，若長期氧化、聚合或沉降，可能從可逆冷渾逐漸演變為更持久的混濁與沉澱。^[2]

這對商業啤酒尤其敏感，因為消費者通常在冷藏狀態下飲用，也常以透明度判斷品質一致性。即使冷渾不必然代表微生物污染或安全問題，對拉格、皮爾森、淡色艾爾、精釀罐裝產品與出口啤酒而言，冷藏後的霧化外觀仍可能被解讀為不穩定、過期或製程失控。對品牌端而言，冷渾管理不只是美觀，而是包裝穩定性、貨架表現與批次一致性的品質管理議題。

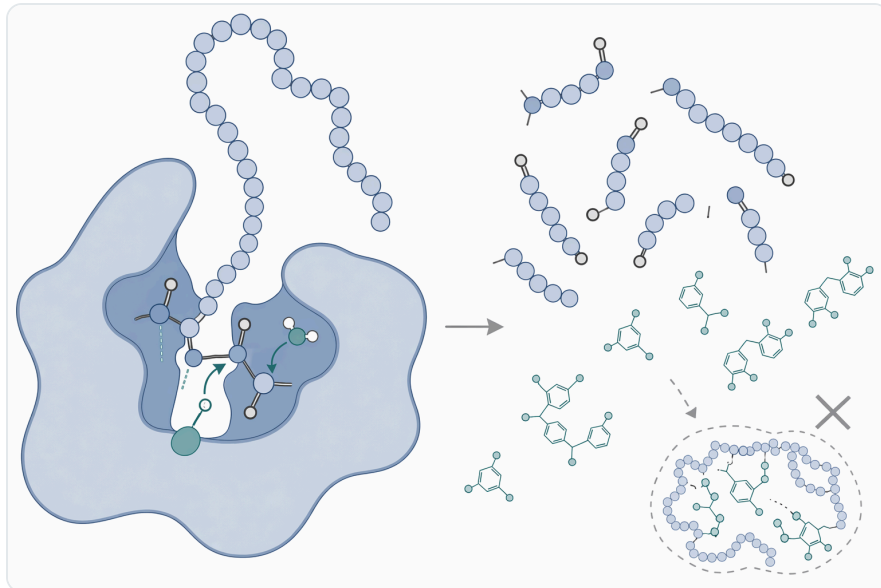


Figure 1. 啤酒釀造用蛋白酶會水解易形成混濁的蛋白質，防止其與多酚結合成不溶性複合物，從而降低冷混濁。

冷渾不是單一原因造成

雖然蛋白質—多酚複合體是經典冷渾機制，但啤酒混濁不只一種來源。小麥、黑麥、高比例非麥芽穀物、燕麥、黍類或其他副原料可能改變蛋白質、阿拉伯木聚糖、 β -葡聚糖與多酚輸入；果汁、茶、咖啡、香料與乾投啤酒花也可能增加多酚與膠體負擔。以高粱麥芽與未發芽高粱釀造的研究指出，不同穀物處理與原料型態會顯著影響啤酒品質指標，這提醒釀造端必須把冷渾視為配方、原料與製程共同作用的結果。^[3]

因此，protease enzyme 適合處理的是「蛋白質參與」的混濁風險，尤其是蛋白—多酚型冷渾；若混濁主要來自微生物、澱粉殘留、酵母懸浮、果泥顆粒或多醣膠體，單靠蛋白酶就不一定能達到完整澄清。這也是為什麼啤酒冷渾預防通常需要同時考慮糖化條件、煮沸凝集、旋沉、發酵管理、冷熟、過濾與包裝氧控制，而不是把酵素當成單一步驟的萬能解法。

Protease enzyme 如何降低冷渾？

以酵素水解降低 haze-active protein 的聚集能力

蛋白酶的基本反應是水解蛋白質中的胜肽鍵。當原本較長、較疏水或具有特定多酚結合區域的蛋白片段被切割後，它們與多酚形成大尺寸聚集物的能力可能下降；換句話說，酵素降低的不是多酚本身，而是降低蛋白質端形成可見膠體的能力。蛋白酶對環境條件具有適應性，研究指出其二級結構與作用表現會受條件影響，這也解釋了為何同一類酵素在不同 pH、溫度、基質組成與製程時機下，可能呈現不同的水解效果。^[4]

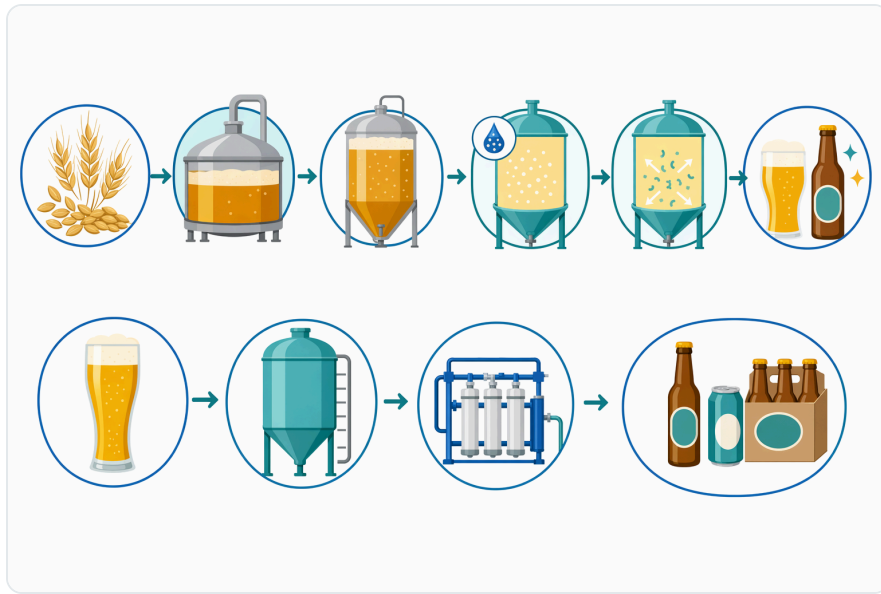


Figure 2. 在啤酒釀造中，蛋白酶會於啤酒穩定化階段添加，以在過濾與包裝前提升膠體澄清度。

在啤酒中，這項作用的實務價值在於「有限水解」。如果水解不足，haze-active proteins 仍可能與多酚形成冷渾；如果水解過度，則可能影響部分有助於泡沫、酒體或口感的蛋白與多肽。啤酒泡沫穩定性與蛋白質 / 多肽高度相關，因此冷渾預防用蛋白酶的導入思路通常不是最大化蛋白分解，而是在特定製程窗口中達到足以降低混濁風險、又不明顯削弱感官品質的水解程度。

為什麼 proline 相關蛋白片段特別受到關注？

多酚容易與富含脯胺酸 (proline-rich) 的蛋白片段形成交互作用，這也是啤酒膠體穩定研究中常見的重點。近年有研究針對「proline-specific endoprotease」進行啤酒膠體穩定與麩質降低應用，指出具有特定切割偏好的蛋白酶可改善啤酒穩定性，同時影響特定蛋白片段組成。這不代表所有冷渾預防用蛋白酶都具有相同專一性，但它說明了「蛋白酶種類與切割偏好」對最終效果非常關鍵。^[5]

對釀造者而言，這項機制有兩個實務含義。第一，蛋白酶的效果不能只用「加了或沒加」判斷，還要看它在該啤酒基質中切到哪些蛋白、切到什麼程度。第二，泡沫與冷渾並非完全相反的兩端；合理的蛋白水解可能降低冷渾而保留可接受泡沫，但若處理過度，仍可能改變泡沫持續性、口感厚度或收斂感。

釀造流程中的使用位置：以製程目的來思考

糖化或麥汁階段：在蛋白負擔進入後段前先調整

在糖化或麥汁階段導入蛋白酶的好處，是 haze-active protein 尚在較前段流程中，後續仍有煮沸、熱凝固、旋沉、冷凝固、發酵與過濾等機會將部分聚集物或失活酵素移除。釀造酵素的產業應用綜述指出，酵素製劑可用於酒精飲料工業中的多個製程環節，以改善原料利用、澄清或品質穩定；但實際位置仍需依啤酒類型與設備條件調整。^[6]



Figure 3. 預防冷混濁用蛋白酶主要用於提升啤酒生產中的澄清度、過濾性能與貨架穩定性。

這個策略特別適合蛋白負擔明顯、原料批次差異大，或希望在啤酒進入發酵前先降低冷渾風險的流程。不過，麥汁階段的溫度與 pH 變化較大，蛋白酶是否能在有效窗口內工作，會取決於其耐受條件與停留時間；同時也要注意，不同麥芽與副原料中的內源性酵素、可溶性氮與多酚含量會影響最終結果。

發酵前後或熟成階段：針對成品穩定性做精細調整

另一種做法是在冷卻後、發酵前，或發酵完成後的熟成與包裝前階段使用蛋白酶。這種位置更接近成品狀態，釀造者能較直接觀察澄清度、泡沫與感官變化；但它也要求更嚴謹的流程控制，因為若殘留蛋白酶在包裝後仍持續作用，可能造成啤酒在貨架期中繼續變化。釀造酵素相關資料顯示，酵素在啤

酒中的價值常來自其對特定基質的精準作用，但前提是製程能控制其作用時間與後續去除或失活。^[7]

熟成階段處理常被視為補救或微調工具，尤其是在同一配方不同批次的冷渾風險不穩定時。不過，後段處理也更容易讓酵素作用與成品風味直接相連，因此應以最小必要處理為原則，並以對照批評估泡沫、口感與冷藏穩定性。

與其他冷渾控制策略的比較

冷渾預防可透過多種策略達成：蛋白酶降低蛋白質端的聚集能力，吸附劑移除特定蛋白或多酚，過濾與冷熱處理去除已形成或可沉降的膠體，原料管理則從源頭降低風險。不同策略沒有絕對優劣，差異在於作用點、啤酒損耗、設備需求、感官影響與批次彈性；小麥啤酒中使用木聚醣酶的研究也提醒，針對不同膠體來源選擇不同酵素，可能影響黏度、過濾性與整體啤酒品質。^[8]

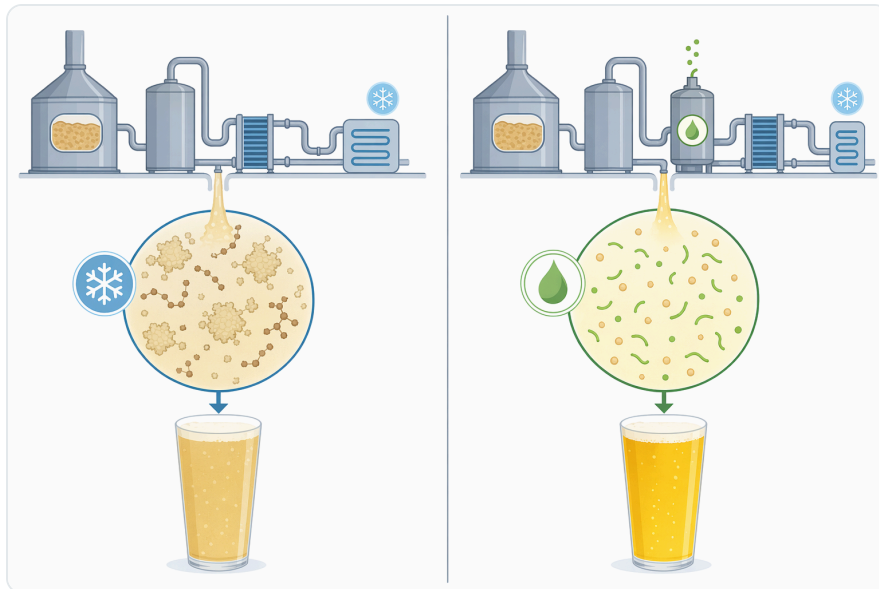


Figure 4. 與單獨採用非酵素穩定化處理相比，蛋白酶處理可直接降低易形成混濁的蛋白質含量，同時維持啤酒的明亮度。

策略	主要作用點	潛在優勢	需要注意的限制
Protease enzyme 冷渾預防	水解 haze-active proteins， 降低蛋白—多酚聚集	可在分子層級降低冷渾形成 傾向；適合蛋白相關混濁	過度水解可能影響泡 沫、酒體或口感
吸附劑或澄清助劑	吸附蛋白、多酚或膠體	效果直觀，常用於工業澄清	可能增加啤酒損耗、過 濾負擔或感官變動
冷熱與過濾	促進膠體沉降並移除懸浮物	可改善包裝前外觀	對尚未形成的冷渾前驅 物不一定足夠

策略	主要作用點	潛在優勢	需要注意的限制
原料與配方管理	控制蛋白、多酚、多醣來源	從源頭降低風險	受麥芽、啤酒花、副原料與風格限制
其他酵素策略	針對多醣、澱粉或其他膠體來源	可處理非蛋白型混濁或過濾問題	需確認混濁來源，避免錯用酵素

蛋白酶的定位通常不是取代所有澄清步驟，而是讓冷渾風險在進入後段處理前就被降低。對於追求明亮外觀的拉格與淡色艾爾，它可作為膠體穩定策略的一部分；對於 IPA、乾投啤酒花產品、果味啤酒或高副原料啤酒，則需更謹慎，因為多酚、油脂、果膠與其他植物來源膠體可能共同影響濁度。近年針對麥汁與啤酒中阿魏酸二聚體與水可萃取阿拉伯木聚糖凝膠形成的研究，也顯示啤酒混濁與過濾問題可能牽涉蛋白以外的膠體網絡。^[9]

適用的釀造場景

清澈型啤酒與貨架穩定需求高的產品

對於希望成品保持明亮透明的啤酒，冷渾預防用 protease enzyme 的價值最明確。這類產品通常不希望消費者在冷藏後看到霧化、絮狀沉澱或瓶底沉積，因此膠體穩定性是包裝品質的一部分。若啤酒將經過長距離配送、溫度波動或較長貨架期，蛋白—多酚前驅物越少，越有助於降低冷藏後外觀波動。啤酒冷渾的產業說明指出，低溫下顯現的混濁即使可逆，仍可能影響消費者對產品新鮮度與品質的判斷。^[2]

這類應用中，蛋白酶常被視為一種預防性工具，而不是等到混濁出現後才處理。其導入目標通常包括減少包裝後冷渾、降低批次間外觀差異、提升冷藏展示穩定性，以及讓後續澄清或過濾步驟承受較低膠體負擔。

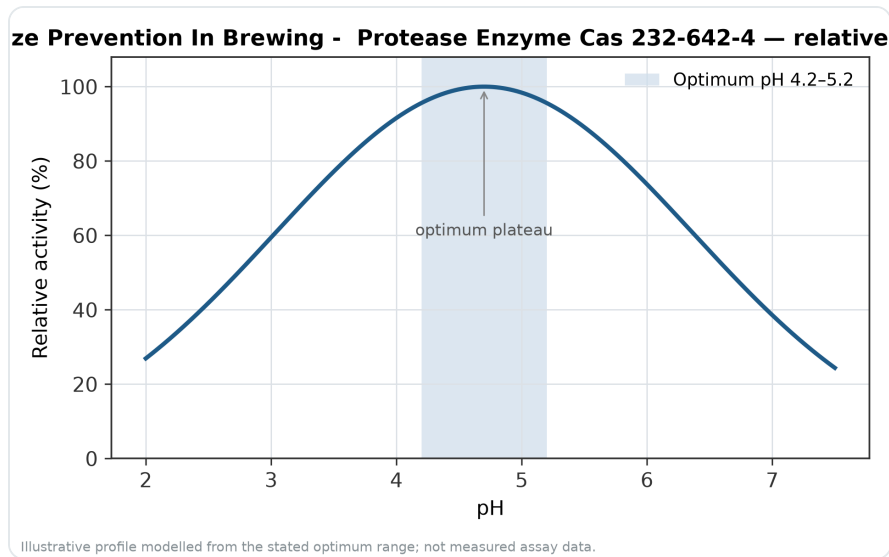


Figure 5. 用於啤酒釀造中預防冷混濁的蛋白酶 (CAS 232-642-4) 相對活性隨 pH 變化的關係，顯示其最佳活性平台位於 pH 4.2–5.2。

高蛋白、高多酚或副原料比例較高的配方

含小麥、燕麥、裸麥、未發芽穀物或特殊植物添加物的啤酒，通常有更複雜的蛋白、多醣與多酚組成。這些成分不一定都會造成不良混濁；例如某些風格本來就追求霧濁外觀。但若產品定位需要「清澈」或「穩定輕霧而不沉澱」，就需要更精細地區分可接受的風格濁度與不穩定冷渾。針對不同穀物與麥芽處理條件的研究顯示，原料選擇與加工條件會顯著改變釀造適性與啤酒品質，這也使酵素策略必須配合配方設計。^[10]

在高多酚配方中，蛋白酶只能處理蛋白端風險，無法直接消除所有多酚來源。因此若冷渾主要由乾投啤酒花、茶、咖啡或水果帶來的多酚與其他膠體造成，蛋白酶可能需要與冷熱、離心、過濾、吸附或其他製程控制搭配，才能達到穩定結果。

無麩質、低麩質或特殊蛋白管理產品

某些蛋白酶，尤其是具有特定切割偏好的 endoprotease，曾被研究用於改善啤酒膠體穩定性與降低麩質相關蛋白片段。2024 年有研究報告新的 proline-specific endoprotease 可用於提升啤酒膠體穩定性與麩質降低，顯示蛋白酶在釀造中除了冷渾控制，也可能與特殊蛋白管理需求有關。^[5]

需要強調的是，冷渾預防用 protease enzyme 不應自動等同於任何特定法規定義下的「無麩質」解決方案。若產品涉及麩質標示、過敏原管理或特定市場法規，仍必須依照所在地規範與成品合規結果判定；本文僅討論蛋白水解與膠體穩定的製程邏輯。

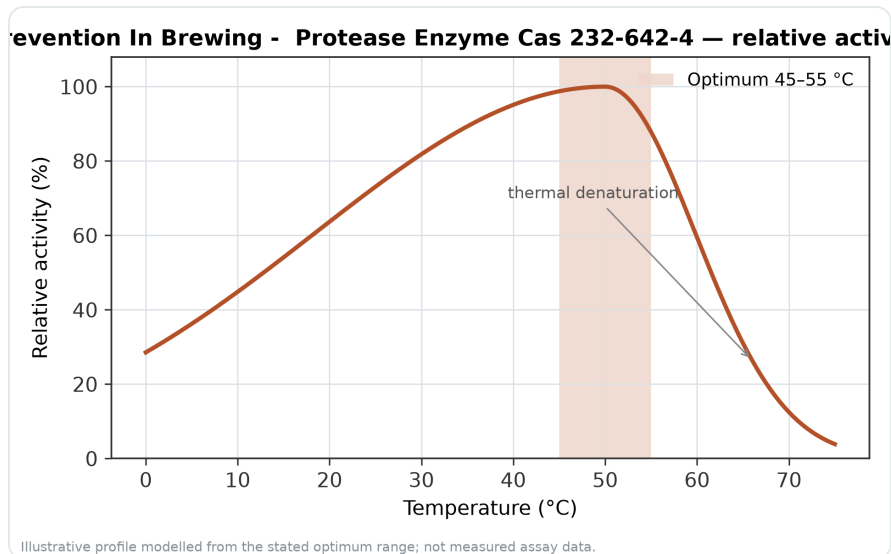


Figure 6. 用於啤酒釀造中預防冷混濁的蛋白酶 (CAS 232-642-4) 相對活性隨溫度變化的關係，最佳溫度為 45–55 °C，且在高於最佳溫度後呈現典型的熱變性活性下降。

製程控制重點：避免把澄清度換成泡沫損失

泡沫、酒體與蛋白水解的平衡

啤酒泡沫由多種因素共同決定，包括蛋白與多肽、啤酒花苦味物質、酒精、脂質、碳酸化與杯具狀態。蛋白酶降低冷渾的同時，也可能改變部分泡沫活性蛋白或口感相關多肽；因此導入時的核心不是「蛋白越少越好」，而是讓容易造成冷渾的蛋白片段下降，同時保留足夠支撐泡沫與酒體的蛋白質結構。食品蛋白有限水解研究顯示，蛋白酶種類會改變水解產物的界面行為與起泡特性，這與啤酒中泡沫穩定性的製程考量相呼應。^[1]

實務上，清澈度、泡沫與感官應被視為同一套優化問題。若啤酒本身泡沫較弱、含油脂副原料、酒精度高或乾投量大，蛋白酶處理就更需要保守；若啤酒蛋白混濁風險高但泡沫基礎穩定，則可能有較大的工藝調整空間。這些差異不是產品優劣問題，而是啤酒配方與製程條件造成的反應差異。

pH、溫度與作用時間會改變結果

蛋白酶是蛋白質催化劑，其結構與活性會受環境條件影響。不同來源與類型的蛋白酶可能偏好不同 pH 與溫度區間，也可能在酒精、溶解氧、酚類或鹽類存在下呈現不同穩定性。蛋白酶適應環境的研究指出，二級結構變化與酵素選擇性水解能力相關，這支持了釀造導入時必須重視製程條件，而不能只看酵素名稱。^[4]

在啤酒廠中，這意味著同一蛋白酶在糖化槽、麥汁冷卻後、發酵液或熟成啤酒中的表現可能不同。製程端需要控制作用窗口，並讓後續步驟能終止、降低或移除不希望持續存在的活性；否則，包裝後的持續蛋白水解可能造成泡沫、口感或穩定性隨時間改變。

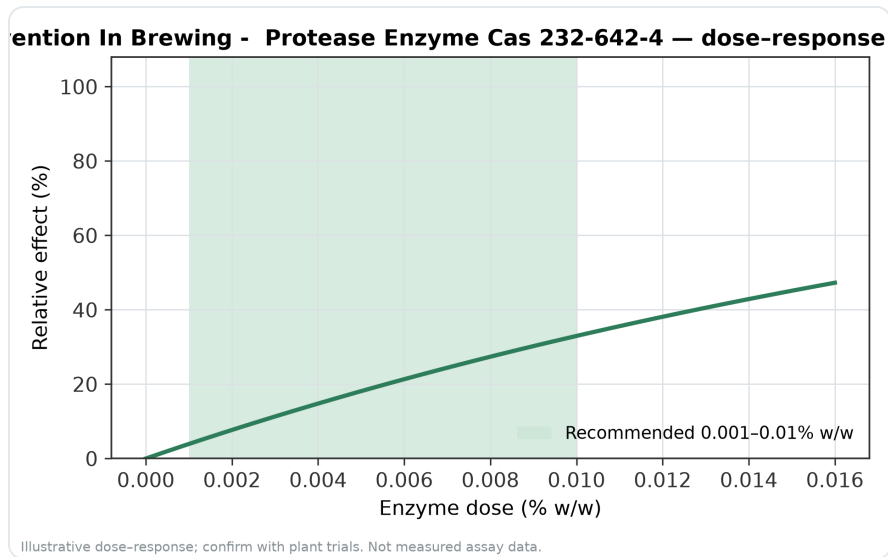


Figure 7. 用於啤酒釀造中預防冷混濁的蛋白酶 (CAS 232-642-4) 在建議使用範圍 (0.001–0.01% w/w) 內的示意劑量—反應關係。

成效判讀：看冷藏外觀，也要看整體品質

評估冷渾預防用 protease enzyme 的成效，不宜只看單一時間點的透明度。更合理的方式是比較處理前後在冷藏條件下的混濁趨勢、包裝後沉澱形成、泡沫維持、香氣與口感是否改變，以及過濾或離心負擔是否下降。釀造酵素應用資料普遍指出，酵素能改善特定製程或品質問題，但結果取決於基質、時間點與後續製程整合。^[6]

對品質團隊而言，最有價值的不是「變清澈」，而是不同批次在相同冷藏與配送條件下保持一致。若蛋白酶處理能讓冷藏後霧度波動縮小、瓶底沉澱下降、貨架外觀更穩定，同時泡沫與風味仍在產品規格內，才代表它真正改善了商業品質。相反地，如果啤酒變清澈但泡沫明顯變薄、口感空洞或香氣表現改變，就表示處理深度或使用位置需要重新評估。

與 Enzymes.bio 供應形式相關的實務資訊

Enzymes.bio 供應的 Chill-Haze Prevention in Brewing — Protease Enzyme (CAS 232-642-4) 以 1 kg 單位在線上銷售，適合需要直接採購標準包裝酵素原料的釀造、飲料與食品製程使用者。CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，便於客戶在內部品質、安全與合規流程中留存文件。

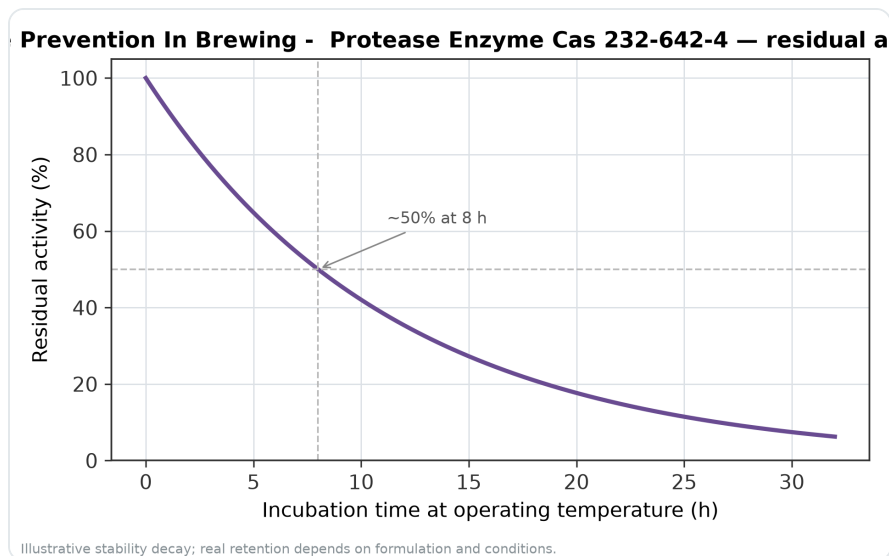


Figure 8. 用於啤酒釀造中預防冷混濁的蛋白酶 (CAS 232-642-4) 的示意熱穩定性衰減曲線——在操作溫度下殘餘活性隨時間下降。

本文僅以公開資料與釀造科學整理產品應用背景；Enzymes.bio 的角色是供應商，不是製造商，也不是實驗室。因此，本文不提供特定活性單位、分析方法、等級宣稱或製造端條件；實際導入仍應由使用者依自身配方、設備、法規與品質規格進行製程確認。Enzymes.bio 另有中性蛋白酶相關產品頁，顯示 CAS 232-642-4 也常見於食品級蛋白水解酵素供應語境中，但不同產品用途與製程定位仍應依各自產品頁資訊判讀。

技術結論：蛋白酶是冷渾預防工具，不是單一步驟保證

Chill-Haze Prevention in Brewing — Protease Enzyme (CAS 232-642-4) 的技術價值，在於以蛋白水解方式降低 haze-active proteins 與多酚形成可見膠體的機率。對於以蛋白—多酚交互作用為主的冷渾，它可作為前段預防、後段穩定或整體澄清策略的一環；對於由多醣、澱粉、微生物、果膠或懸浮顆粒造成的混濁，則需要搭配其他製程判斷與處理。^[5]

最穩健的導入邏輯，是把蛋白酶視為「膠體穩定工具箱」中的一項：它能改善啤酒冷藏外觀與批次一致性，但必須與原料管理、糖化與煮沸條件、冷熱、過濾、包裝氧控制及感官品質一起考量。當使用者能控制作用窗口並避免過度水解時，protease enzyme 有機會在降低冷渾風險的同時，維持可接受的泡沫、酒體與風味表現。

線上訂購 Chill-Haze Prevention In Brewing - Protease Enzyme Cas 232-642-4

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 Chill-Haze Prevention In Brewing - Protease Enzyme Cas 232-642-4 →](#)

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. Zhang, X., Ma, X., Cao, S., Xiang, F., Hu, H., Zhu, J., Agyei, D., ... et al. (2025). Effect of protease species on structure, interfacial behavior, and foaming properties of limited enzyme hydrolysis products of soybean protein isolate and mung bean protein. *Food Chemistry*, 493 Pt 3, 145926 .
2. Chill Haze Explained | The More You Know by Stone Brewing. *Stonebrewing*.
3. Ciocan, M., Salamon, R., Ambrus, Á., Codină, G., Chetrariu, A., & Dabija, A. (2023). Brewing with Unmalted and Malted Sorghum: Influence on Beer Quality. *Fermentation*.
4. Wang, B., Zhi, W., Han, S., Zhao, H., Liu, Y., Xu, S., Zhang, Y., ... et al. (2024). Adaptability to the environment of protease by secondary structure changes and application to enzyme-selective hydrolysis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134969 .
5. Cramer, J., Bladt, T., Fratianni, A., Schoenenberg, S., & Eiken, J. (2024). New Proline-Specific Endoprotease for Improved Colloidal Beer Stability and Gluten Reduction. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 82, 357 - 369.
6. Wang, S., Jing, L., & Leyi, S. (2025). Application of enzyme preparation in alcoholic industry. *Journal of Academia*.
7. Theres An Enzyme For That. *Beerandbrewing*.
8. Xing, W., Gao, A., Jin, Y., Liu, J., Li, X., & Fan, J. (2023). Effects of Wheat Malt-Derived Endo-B-1, 4-Xylanase Supplementation on The Quality of Wheat Beer. *BIO Web of Confernces*.
9. Thomson, D., Gierlińska, A., Knoke, L., & Rettberg, N. (2024). Quantitative Analysis of Ferulic Acid Dehydrodimers in Wort and Beer Using UPLC-QTOF: Implications for Water Extractable Arabinoxylan (WEAX) Gel Formation. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 83, 47 - 60.
10. Belihu, T. M., Abera, A. A., Tesema, E. A., & M, R. D. (2025). Impact of germination and kilning parameters on Eleusine coracana malting for industrial brewing applications. *Scientific Reports*, 15.


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。