

食品級 Proline Protease 液態釀造添加劑：啤酒冷混濁控制、蛋白質定向修飾與飲料穩定化應用

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

Food-Grade Protease Proline Protease Liquid Brewing Additive 100G 是一款供釀造與飲料加工使用的食品級液態蛋白酶製劑，主要應用在啤酒冷混濁 (chill haze) 風險降低、含脯胺酸蛋白片段修飾，以及部分低麩質 / 麩質降低型產品的製程支援。其核心價值不是「全面分解蛋白質」，而是針對一般蛋白酶較不易處理的 proline-rich peptide 進行定向水解，降低蛋白質—多酚聚集造成的視覺混濁與貨架期不穩定性。Enzymes.bio 供應此產品，並以線上 1 kg 單位銷售；CoA 與 SDS 會隨訂單提供，用於收貨、內部文件留存與食品安全管理流程銜接。

酵素名稱、產品定位與主要應用

本產品名稱中的「Proline Protease」通常可理解為具脯胺酸相關切割偏好的蛋白酶，產業語境中常與 prolyl endoprotease、proline-specific protease 或 proline-specific endopeptidase 等概念相連。Enzymes.bio 將其定位為食品級液態釀造添加劑，適用於啤酒與其他飲料製程中的蛋白質修飾，而非一般清潔用酵素或實驗室試劑。

在釀造端，最典型的使用情境是啤酒冷藏後出現霧狀或絮狀混濁。冷混濁通常與麥芽、啤酒花來源的多酚，以及麥汁或成品酒中的可溶性蛋白 / 胜肽交互作用有關；當溫度下降時，這些分子之間的非共價作用更容易形成可見聚集物。與其在後段完全依賴吸附、過濾或穩定劑，proline protease 的工藝思路是在適合的製程節點先改變問題蛋白片段的結構，使其較不容易與多酚形成穩定網絡。

這類液態蛋白酶也可被納入其他食品與飲料的蛋白水解策略中。食品蛋白經酵素水解後，分子量分布、溶解性、界面行為、苦味、乳化性與起泡性都可能改變；近年的食品蛋白研究也將酵素水解視為改善蛋白機能性與生成生物活性胜肽的重要工具^[1]。不過，對於本產品而言，最有產業指向性的應用仍是釀造穩定化與 proline-rich peptide 的定向修飾，而不是廣泛蛋白水解。

為什麼「脯氨酸」是釀造穩定化的關鍵切入點？

脯氨酸 (proline) 與多數胺基酸不同，側鏈會回接到主鏈氮原子，形成環狀結構。這使含脯氨酸區段的胜肽鏈較僵硬，也讓某些肽鍵在一般蛋白酶作用下不容易被切割；因此，在麥芽、穀物或麩質來源蛋白中，proline-rich peptide 往往是比較耐受普通水解條件的片段。針對這類區段的酵素，能補足一般蛋白酶對 proline-rich substrate 處理不足的限制^[2]。

在啤酒中，造成冷混濁的不是「所有蛋白質」，而是特定大小、構形與表面特性的蛋白或胜肽片段。它們能與多酚形成交聯，進一步聚集成散射光線的顆粒。若 proline protease 在糖化、熟成或其他可接觸蛋白質的液相階段，將這些關鍵片段切成較不易交聯的形式，就能降低冷藏時的混濁形成傾向。

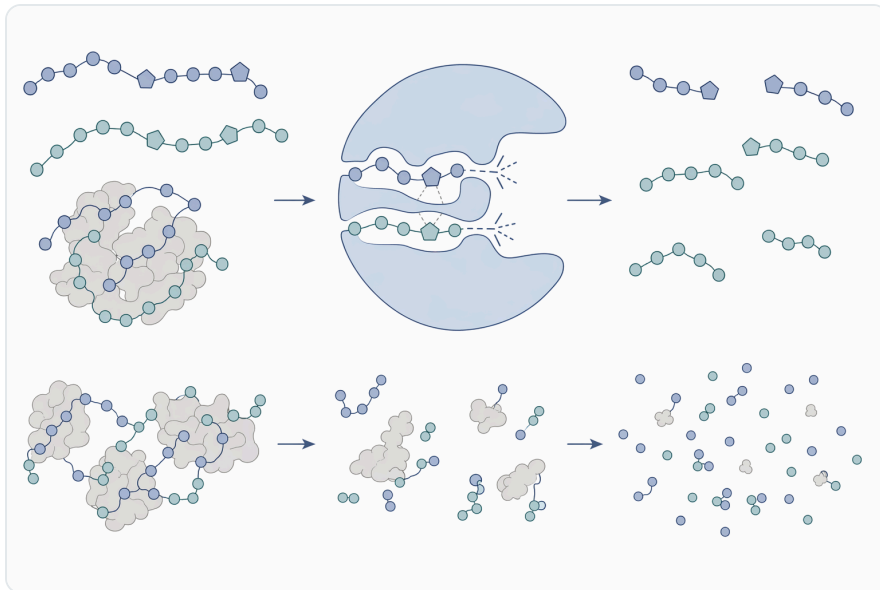


Figure 1. 冷混濁是在冷卻或貯存過程中，富含脯氨酸的啤酒蛋白與多酚相互作用，逐漸形成會散射光線的聚集體而產生。

這種機制也解釋了為什麼 proline protease 不應被視為「越多越好」的添加物。釀造蛋白中有些片段對泡沫穩定性、口感厚度與風味釋放有正面貢獻；若蛋白水解過度，可能使泡沫持久性下降或口感變薄。酵素水解對蛋白功能性具有雙面效果：適度水解可改善溶解性與穩定性，但水解程度、蛋白來源與加工環境會共同決定最終品質表現^[3]。

與一般蛋白酶、物理澄清與穩定劑的差異

Proline protease 的價值在於選擇性與製程整合。一般蛋白酶可快速降低蛋白分子量，但若選擇性不足，可能同時破壞與泡沫、黏稠度或口感相關的蛋白群；物理澄清與吸附型穩定化雖然常見，卻較偏向後段移除，可能伴隨風味或多酚組成改變。食品蛋白加工研究顯示，酵素水解、熱處理、壓力處理與其他加工方法常會交互影響蛋白結構與功能，不能只看單一指標判斷優劣^[4]。

穩定化策略	主要作用位置	對蛋白質的影響	對啤酒 / 飲料品質的潛在優點	主要限制
Proline protease 液態添加劑	製程中可接觸可溶性蛋白的階段	偏向修飾含脯胺酸、較耐水解的片段	有機會降低冷混濁風險，同時避免全面去除蛋白	效果受 pH、溫度、時間、酒精與配方影響
一般廣譜蛋白酶	蛋白含量較高的液相或漿料階段	較廣泛降低蛋白分子量	水解效率高，適合部分蛋白改質用途	可能影響泡沫、口感或產生苦味胜肽
過濾 / 離心等物理處理	發酵後、熟成後或包裝前	主要移除顆粒與聚集物	工藝成熟、可直接降低可見混濁	對尚未聚集的前驅物處理有限
吸附型穩定化	後段穩定化	移除特定蛋白或多酚族群	可降低貨架期混濁風險	可能同時改變風味、多酚或口感平衡

從比較表可見，proline protease 並不是取代所有澄清與穩定化工具，而是把控制點提前到蛋白—多酚聚集形成之前。若配方本身多酚負荷高、原料蛋白組成波動大，或既有冷藏配送條件嚴苛，將酵素處理與既有澄清流程搭配，通常比單獨期待某一手段完全解決問題更符合食品加工邏輯^[1]。

在啤酒製程中的作用路徑

糖化階段：接觸蛋白質片段的前段機會

糖化階段常被視為蛋白修飾的合理節點，因為麥芽蛋白、可溶性胜肽與多醣基質仍處於可攪拌、可均質接觸的環境中。若 proline protease 在此時有足夠接觸時間，就能在煮沸前先處理一部分冷混濁前驅蛋白；後續煮沸會使許多酵素失活，也會改變蛋白構形，因此前段處理的意義在於「先切開較難處理的片段」，而不是在成品端被動移除已形成的混濁物。

不過，糖化段同時涉及澱粉水解、蛋白休止、麥汁黏度與可發酵糖生成，任何蛋白酶添加都應放在整體製程框架下評估。食品蛋白的酵素水解會改變分子量分布與功能性，且不同蛋白來源對水解的反應差異很大；植物蛋白加工研究也指出，處理條件與水解程度會共同影響最終配方表現^[3]。

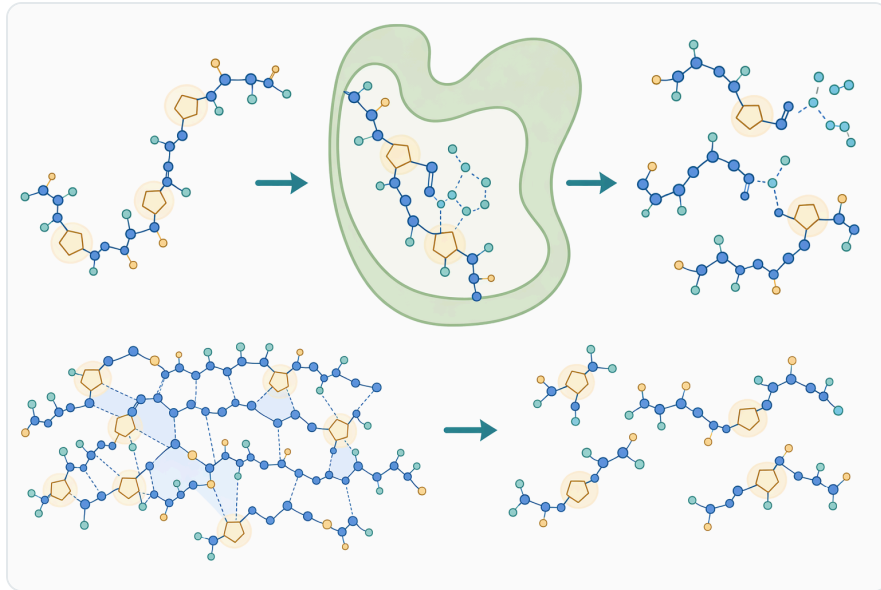


Figure 2. 脯胺酸特异性内切蛋白酶会切割与脯胺酸相关的内部胜肽区段，这些区段对许多一般蛋白酶具有抗性。

發酵後或熟成階段：補強型蛋白修飾

在部分流程中，proline protease 也可能被設計為後段補強處理，用於針對殘留可溶性蛋白或胜肽進行修飾。這種策略的優點是較接近最終酒體，可觀察到更貼近成品的感官與穩定化結果；限制則是低溫、酒精、pH 與可接觸時間可能降低酵素作用效率，且已形成的大型聚集物不一定能被有效逆轉。

因此，後段使用更適合被視為「調整冷混濁前驅物」而非「清除所有混濁」。若酒體已因蛋白—多酚、酵母殘留、多醣、礦物質或微生物問題形成混濁，單一 proline protease 不一定能處理全部原因。食品發酵研究也提醒，蛋白水解只是發酵食品品質形成的一部分，微生物代謝、基質組成與加工條件都會共同影響風味與質地^[5]。

對冷混濁、泡沫與風味的平衡

啤酒冷混濁控制的難點在於：造成混濁的蛋白片段與形成良好泡沫的蛋白群，可能同時來自麥芽蛋白。若處理太弱，冷藏後仍可能產生霧狀沉澱；若處理太強，則可能犧牲泡沫保留、酒體飽滿度或麥芽風味的支撐感。proline protease 的選擇性讓它較適合做「定向蛋白修飾」，但選擇性不等於沒有副作用。

從食品蛋白水解的角度看，胜肽長度與序列會影響苦味、溶解性與界面行為。許多蛋白水解物能提升溶解性與乳化性，但也可能因疏水性胜肽釋放而帶來苦味；這也是為什麼釀造中使用蛋白酶時，必須同時觀察澄清度、泡沫、口感與風味，而不能只追求更低的混濁讀值^[1]。

對商業啤酒廠而言，較實用的判斷方式是把 proline protease 放在「降低冷混濁風險」的框架中，而不是把它當作風味修飾劑。若目標是改善澄清穩定性，應特別注意是否同時維持既有泡沫、香氣釋放與收口；若目標是開發低麩質或麩質降低型產品，則還需把最終成品檢測與標示法規納入決策^[2]。

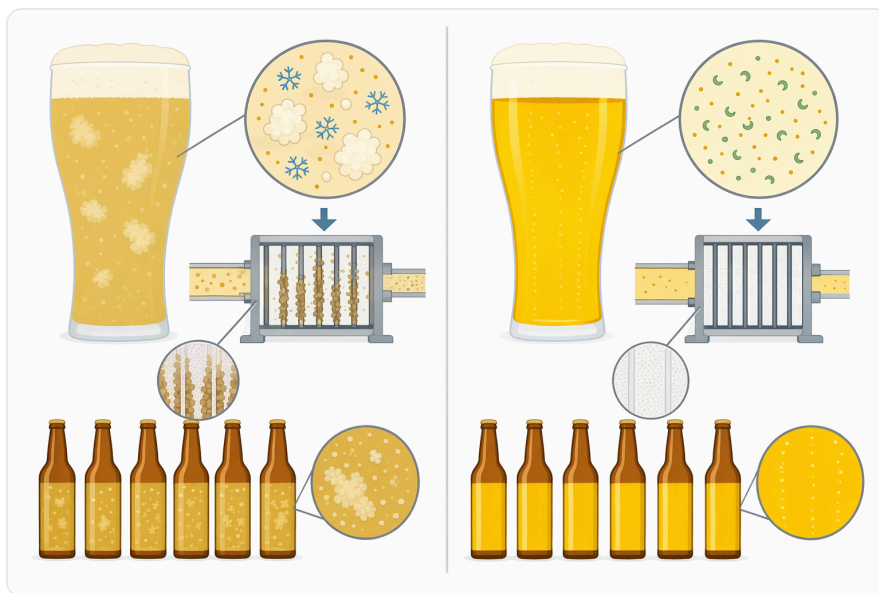


Figure 3. 脯胺酸特异性蛋白酶不同於作用範圍較廣的酸性、中性與鹼性蛋白酶；它鎖定富含脯胺酸、會造成混濁的活性胜肽區段，而不是不加區分地降低總蛋白量。

低麩質與麩質降低產品的製程支援角色

麩質蛋白富含 proline 與 glutamine，這也是其在一般消化或普通蛋白酶處理下較不易完全分解的重要原因之一。Prolyl endoprotease 類酵素被研究用於切割 proline-rich gluten peptides，降低特定耐受片段的完整性；這為麥芽基底飲料、低麩質啤酒或麩質降低型配方提供了技術基礎^[2]。

然而，製程上「使用了 proline protease」不等於最終產品必然可宣稱無麩質。麩質相關標示牽涉檢測結果、法規門檻、原料交叉接觸與市場所在地規範；酵素只能作為製程工具，不能取代成品合規判定。對於以大麥、小麥、黑麥或其衍生原料製成的飲料，低麩質相關宣稱尤其需要謹慎，因為消費者族群可能包含乳糜瀉或高度敏感者^[2]。

在產品開發語言上，較精確的描述應是「支援麩質片段降低」或「協助處理 proline-rich gluten peptides」，而非直接保證「無麩質」。這種表述更符合食品酵素在製程中的角色：它能改變基質分子結構，但最終風險與合規仍取決於成品與供應鏈管理。

延伸到其他飲料與食品蛋白修飾的可能性

雖然本產品最清楚的應用場景是釀造，但 proline protease 的機制也可延伸到其他含蛋白與多酚的飲料系統。例如穀物飲、植物蛋白飲、茶類複方飲料或含果汁多酚的清激飲品，若其混濁與沉澱主要來自蛋白—多酚交互作用，定向蛋白水解可能成為配方穩定化工具之一。植物蛋白研究指出，酵素水解可調整溶解性、凝膠性、乳化性與感官屬性，因此在飲料配方中具備應用潛力^[6]。

但跨品類應用時，不能直接把啤酒經驗外推。果汁系統的酸度、茶多酚組成、植物蛋白的變性程度、糖酸比例、熱灌裝條件與防腐策略，都會改變蛋白水解後的穩定性。食品加工研究指出，新型加工技術與酵素水解常具有交互作用，蛋白結構變化可能改善功能性，也可能造成沉澱、聚集或口感偏差^[4]。



Figure 4. 釀造流程可將脯胺酸蛋白酶安排在後續製程步驟限制酵素持續活性之前，使其有足夠時間與穀物蛋白接觸。

對植物蛋白飲而言，proline protease 也不一定是第一線選擇。豆類、豌豆、燕麥或其他穀豆蛋白的功能瓶頸可能來自溶解性、熱穩定性、顆粒大小、脂質氧化或澱粉—蛋白交互作用，而不只是 proline-rich peptide。脈衝蛋白加工文獻顯示，原料分離方式、熱歷史、pH 與酵素水解條件共同決定成分功能性，因此需要依配方問題選擇酵素策略^[3]。

與發酵食品中蛋白水解的關聯

在發酵食品中，蛋白水解是形成風味、質地與營養特性的核心路徑之一。乳酸菌、芽孢桿菌、黴菌或其他食品級微生物可透過蛋白酶系統釋放胺基酸與胜肽，進一步形成香氣前驅物、鮮味物質或機能性胜肽。近年關於蛋白水解發酵食品的綜述指出，控制蛋白分解程度是開發新型發酵食品的重要方向^[5]。

Proline protease 與微生物發酵中的蛋白酶系統不同，它通常作為外加過程助劑，功能更集中、可控性更高。對釀造廠而言，這代表它不需要改變主發酵微生物，也不一定導引入新的發酵代謝路徑；它主要是在既有流程中修改特定蛋白片段。這種「單一功能酵素」的優點是目標明確，限制則是無法取代整體發酵管理、酵母健康或原料穩定性。

製程整合：哪些條件會影響效果？

Proline protease 本身是蛋白質，因此會受到溫度、pH、接觸時間、酒精濃度、離子強度與基質可及性的影響。當蛋白質已高度變性、聚集或被包埋得多糖 / 澱粉基質中時，酵素不一定能接近目標肽鍵；反之，在可溶性蛋白較多且流動性良好的階段，酵素較可能發揮作用。食品蛋白水解研究普遍認為，基質前處理與反應環境會明顯影響水解效率與肽組成^[7]。

在啤酒中，糖化溫度、麥汁 pH、煮沸前後順序、冷卻速度、發酵溫度、酒精生成、熟成時間與過濾條件，都可能改變酵素效果。若製程中已使用蛋白休止、澄清劑、PVPP、矽膠、離心或膜過濾，proline protease 的增益可能與這些工具疊加，也可能部分重疊。換言之，它應被納入整體穩定化設計，而不是孤立評估。

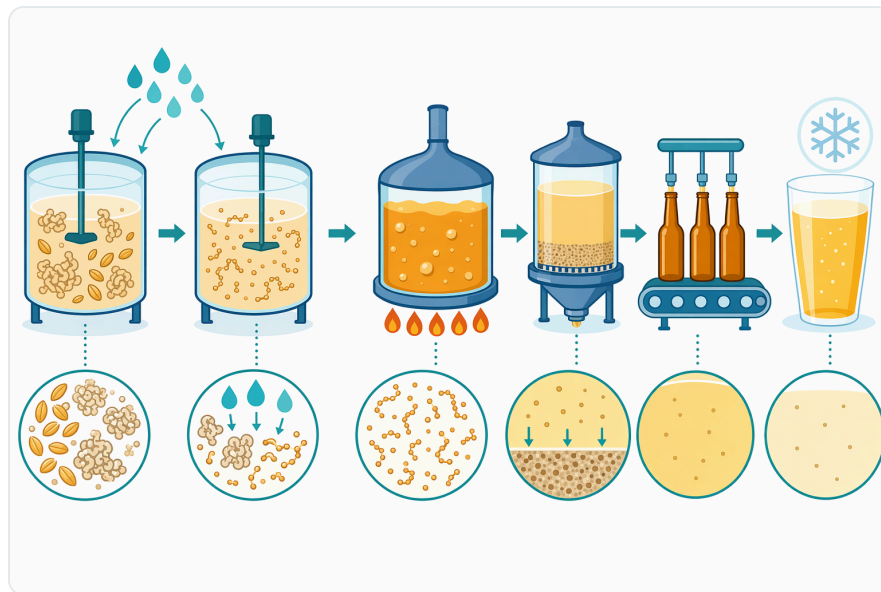


Figure 5. 釀造技術文獻記載，脯氨酸特異性內切蛋白酶可用於生產過程，尤其是在糖化等早期階段，以減少會造成混濁的活性蛋白。

在品質觀察上，重點不只是成品是否清澈，還包括冷藏後是否維持穩定、泡沫是否下降、口感是否變薄、苦味是否改變、過濾壓差是否改善或惡化。食品加工副產物與蛋白水解研究中，分子量分布常被用來理解水解進程與功能變化，這也說明蛋白修飾的結果需要從多個品質面向解讀，而不是以單一終點代表全部表現^[8]。

安全、文件與合規使用邊界

Enzymes.bio 將此產品作為食品級釀造添加劑供應，並提供隨訂單附上的 CoA 與 SDS。這些文件可協助食品廠完成收貨記錄、內部規格比對、危害分析與安全資料建檔；但 Enzymes.bio 是供應商，不是製造商或檢測實驗室，因此本文不將其描述為生產端或第三方驗證單位。

食品酵素的合規使用通常取決於市場法規、食品類別、製程用途與最終標示。對啤酒與飲料品牌而言，若只是作為過程助劑降低冷混濁風險，重點在於配方合法性、加工助劑管理與品質文件保存；若涉及低麩質、過敏原或特殊營養宣稱，則必須回到成品結果與當地法規，而不是僅以酵素添加作為宣稱依據^[2]。

此外，液態酵素在倉儲與操作上也應被視為食品加工原料處理。避免長時間暴露於不適當溫度、避免交叉污染、遵循 SDS 中的安全處置資訊，以及維持批次追溯，都是食品廠內部品質系統的基本要求。這些管理重點屬於一般食品安全與文件控制，不代表供應商提供製造或檢測服務。

商業價值：降低風險，而不是創造單一奇效

對啤酒廠而言，冷混濁的商業成本不只是外觀問題。當產品在冷藏通路、酒吧桶裝系統或長途物流後出現霧化，消費者可能將其解讀為品質不穩或保存不良，即使風味仍可接受。proline protease 的價值在於降低這類貨架期不確定性，特別是對清澈拉格、淡色艾爾、低溫販售產品或對外觀一致性要求高的品牌。



Figure 6. 同樣鎖定富含脯胺酸胜肽的原理，也可應用於清澈啤酒、低麩質啤酒製程、蛋白性混濁飲料系統，以及特殊苦味胜肽的水解。

對研發端而言，它也提供一個相對精準的蛋白修飾工具。相較於完全改變麥芽配方、降低啤酒花使用或加重後段吸附處理，定向處理 proline-rich peptide 可能更能保留原有風味設計。當然，這種優勢必須建立在實際配方條件下的品質確認之上；食品蛋白水解的效果高度依賴原料與加工條件，沒有任何單一酵素能在所有配方中產生相同結果^[1]。

對產品開發團隊而言，較務實的定位是：用它增加穩定化工具箱的精準度，而不是完全取代澄清、過濾、冷藏管理或原料控管。若能在不明顯犧牲泡沫與口感的前提下降低冷混濁，這類酵素就能在品質一致性、退貨風險與品牌信任度上產生實質價值。

適合納入評估的產品類型

Proline protease 最適合優先納入評估的，是那些冷藏後容易形成霧狀混濁、但又不希望大幅犧牲風味或泡沫的啤酒類型。例如淡色拉格、皮爾森、金色艾爾、清澈型小麥替代配方、低麩質方向麥芽飲料，以及需要較長流通期的包裝啤酒，都可能從蛋白質前驅物控制中受益。

對混濁型啤酒，例如 Hazy IPA、部分小麥啤酒或刻意保留蛋白—多酚懸浮感的產品，使用 proline protease 則需更謹慎。這類產品的濁度有時是風格特徵，過度降低蛋白交互作用可能改變外觀、口感與香氣承載。換言之，酵素是否適合，不取決於「啤酒是否有蛋白」，而取決於該產品是否以清澈穩定作為品質目標。

其他飲料方面，若配方含有植物蛋白、多酚或穀物來源成分，且沉澱問題被判定與蛋白片段相關，proline protease 可作為候選方案之一。近年植物蛋白水解研究顯示，酵素修飾能提升部分蛋白原料的技術功能性，但也可能改變風味與質地，因此應把它視為配方設計工具，而非通用澄清劑^[6]。

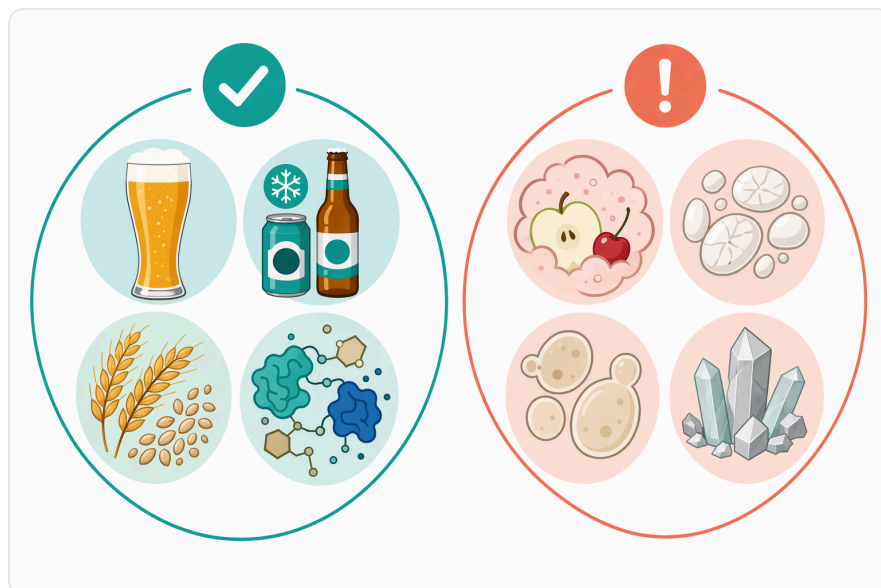


Figure 7. 當混濁與蛋白相關，且富含脯氨酸的穀物蛋白級分是造成不穩定的因素之一時，脯氨酸蛋白酶最為適用。

採購與供應資訊的正確理解

Food-Grade Protease Proline Protease Liquid Brewing Additive 100G 的商品名稱保留了供應商標示；實際線上銷售單位依 Enzymes.bio 目前供應方式以 1 kg 為主。訂單隨附 CoA 與 SDS，可供食品廠作為收貨、內部追溯與安全資料管理文件的一部分。

由於 Enzymes.bio 是供應商，本文不將其描述為酵素製造商、研發實驗室或檢測機構。對 B2B 使用者而言，較恰當的理解是：這是一項可在線上直接購買的食品級液態釀造酵素產品，適合被納入自家製程評估與品質系統；最終是否採用，仍取決於配方、流程、成品目標與合規需求。

結論：以定向蛋白修飾改善釀造穩定性

Food-Grade Proline Protease 液態釀造添加劑的技術核心，是針對含脯胺酸、一般蛋白酶較難處理的胜肽片段進行水解，藉此降低蛋白質—多酚交互作用造成的啤酒冷混濁風險。它特別適合希望維持清澈外觀、延長冷藏穩定性，並降低後段過度穩定化壓力的啤酒與飲料製程。

它的限制同樣明確：效果會受到原料蛋白組成、pH、溫度、接觸時間、酒精濃度與既有澄清流程影響；若涉及低麩質或無麩質宣稱，不能只因使用酵素就直接改變標示。最佳定位是把 proline protease 視為一個精準的食品蛋白修飾工具，在保留泡沫、口感與風味的同時，協助降低冷混濁與貨架期不穩定風險^[2]。

線上訂購 Food-Grade Protease Proline Protease Liquid Brewing Additive 100G

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 Food-Grade Protease Proline Protease Liquid Brewing Additive 100G →](#)

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. Habinshuti, I., Nsengumuremyi, D., Muhoza, B., Ebenezer, F., Aregbe, A. Y., & Ndisanze, M. A. (2023). Recent and novel processing technologies coupled with enzymatic hydrolysis to enhance the production of antioxidant peptides from food proteins: A review. *Food Chemistry*, 423, 136313.
2. 16190654. *Nih*.

3. Dent, T., & Maleky, F. (2022). Pulse protein processing: The effect of processing choices and enzymatic hydrolysis on ingredient functionality. *Critical reviews in food science and nutrition*, 63, 9914 - 9925.
4. Wei, S., Kumar, A., Hailu, G. G., Choi, S., Lee, O., Chelliah, R., Oh, D., ... et al. (2025). Exploring the Effects of Novel Food Processing Methods on Food Proteins: A Review. *Food Science & Nutrition*, 13.
5. Ter, Z. Y., Chang, L. S., Babji, A. S., Zaini, N. A. M., Fazry, S., Sarbini, S., Peterbauer, C., ... et al. (2023). A Review on Proteolytic Fermentation of Dietary Protein Using Lactic Acid Bacteria for the Development of Novel Proteolytically Fermented Foods. *International Journal of Food Science & Technology*.
6. Bekiroğlu, H., Acar, Z. D., & Sagdic, O. (2025). Sustainable plant-based protein hydrolysates: Utilization of waste proteins modified by enzymatic hydrolysis in techno-functional applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148823 .
7. Marciniak, A., Suwal, S., Naderi, N., Pouliot, Y., & Doyen, A. (2018). Enhancing enzymatic hydrolysis of food proteins and production of bioactive peptides using high hydrostatic pressure technology. *Trends in Food Science & Technology*.
8. Wubshet, S., Måge, I., Böcker, U., Lindberg, D., Knutsen, S., Rieder, A., Rodríguez, D. A., ... et al. (2017). FTIR as a rapid tool for monitoring molecular weight distribution during enzymatic protein hydrolysis of food processing by-products. *Analytical Methods*, 9, 4247-4254.


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。