

# Acid Protease Enzyme Powder ( CAS 9025-49-4 ) : 酸性蛋白酶粉末用於蛋白質清潔與酸性蛋白水解

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

Acid Protease Enzyme Powder ( CAS 9025-49-4 ) 是一類在酸性條件下催化蛋白質肽鍵水解的酵素粉末，主要應用於蛋白質清潔、食品蛋白改質、發酵原料處理與蛋白殘留去除。

在清潔用途上，酸性蛋白酶可把黏附於設備、膜材、器具或加工表面的蛋白污垢切割成較小、較易分散或沖洗的肽片，因此常被視為降低高強度化學清洗負擔的生物催化工具。

Enzymes.bio 供應此品項並以 1 kg 單位線上銷售；CoA 與 SDS 會隨訂單提供，本文聚焦於應用機制與技術判讀，而非製造端規格。

## 酵素名稱、產品定位與主要應用

Acid Protease Enzyme Powder For Protein Cleaning ( CAS 9025-49-4 ) 可譯為「酸性蛋白酶粉末」，其中「acid protease」指酵素在酸性介質中展現蛋白水解能力；「for protein cleaning」則凸顯其在蛋白質污垢、蛋白殘留與蛋白膜層去除上的用途。酸性蛋白酶並不是單一分子，而是一類在酸性條件下作用的蛋白水解酶；不同來源、純化程度與製備方式會造成底物偏好、耐溫性與酸穩定性的差異，因此實務上應把它理解為「酸性蛋白水解功能材料」，而非固定不變的化學試劑。近年研究涵蓋絲狀真菌固態發酵生產、植物來源酸性蛋白酶表徵，以及重組表達後用於豆粕蛋白降解等方向，顯示此類酵素在工業與食品基質中具有廣泛研究基礎 <sup>[1]</sup>。

對 B2B 使用者而言，酸性蛋白酶最直接的價值在於處理「蛋白質造成的加工障礙」。這些障礙可能是食品設備表面的蛋白污垢、乳品或肉品加工後的殘留膜、植物蛋白原料中難以溶出的蛋白、發酵前段需要轉化為氨基氮的蛋白質，或飲料與萃取液中造成混濁的蛋白成分。相較於單純加酸、加鹼或提高溫度，酵素水解具有底物選擇性，能在較溫和條件下改變蛋白的分子量、溶解性與界面吸附行為；這也是蛋白酶被反覆評估於食品清潔、加工與蛋白改質的主要原因 <sup>[2]</sup>。

Enzymes.bio 在此脈絡中是供應與出貨服務提供者，不是製造商，也不是實驗室。本文不列示特定活性單位、等級、分析方法或單位定義，也不把產品描述成某一製造廠的專屬規格；實際批次文件以隨訂單提供的 CoA 與 SDS 為準。這種寫法對技術採購、研發、品保與製程人員更實用，因為酸性蛋白

酶的成效通常不是由單一標籤決定，而是由底物類型、pH、溫度、接觸時間、表面狀態與下游沖洗或分離條件共同決定 [3]。

## 酸性蛋白酶如何分解蛋白質污垢

蛋白質污垢之所以難清，通常不是因為蛋白分子本身完全不溶，而是因為它們在加熱、乾燥、酸化、鹽析或界面吸附後形成緊密網絡。乳蛋白、肉蛋白、豆蛋白或蛋白飲料殘留一旦在不鏽鋼、塑膠、膜材或纖維素表面變性，疏水區域與帶電區域會暴露並與表面形成多點吸附；若再經加熱，蛋白質可進一步交聯或形成燒附層，使一般沖洗只能移除鬆散部分。酵素清潔的關鍵是從分子層級削弱這些網絡，而不是只依賴機械剪切或強腐蝕性化學品 [4]。

酸性蛋白酶的核心反應是水解肽鍵，也就是在蛋白質骨架中切開胺基酸之間的連結。許多酸性蛋白酶屬於天冬胺酸蛋白酶類型，其活性中心在酸性環境中能活化水分子，讓水分子攻擊肽鍵羰基碳，進而把長鏈蛋白切成較短的胜肽。當蛋白污垢被切割後，原本連續的三維網絡會破碎，分子量降低，與表面的多點黏附也會減少；若配合適當的沖洗、表面活性劑或流體剪切，殘留物就更容易被帶離表面 [5]。

酸性環境的意義不只在於「讓酵素活性」，也會改變蛋白質本身的構形與帶電狀態。在蛋白等電點附近，蛋白質可能較容易凝集；遠離等電點時，靜電排斥提高，分散性可能改善。酸性蛋白酶若在適合的酸性區間運作，可同時利用蛋白質構形鬆動與酵素切割兩種效果，使污垢由「附著膜」逐漸變成「可分散片段」。因此，酸性蛋白酶特別適合已經存在酸性步驟的清洗或加工流程，例如某些乳品、發酵液、果汁、蛋白萃取液或酸洗段，而不是硬把中性或鹼性流程改成酸性流程 [1]。

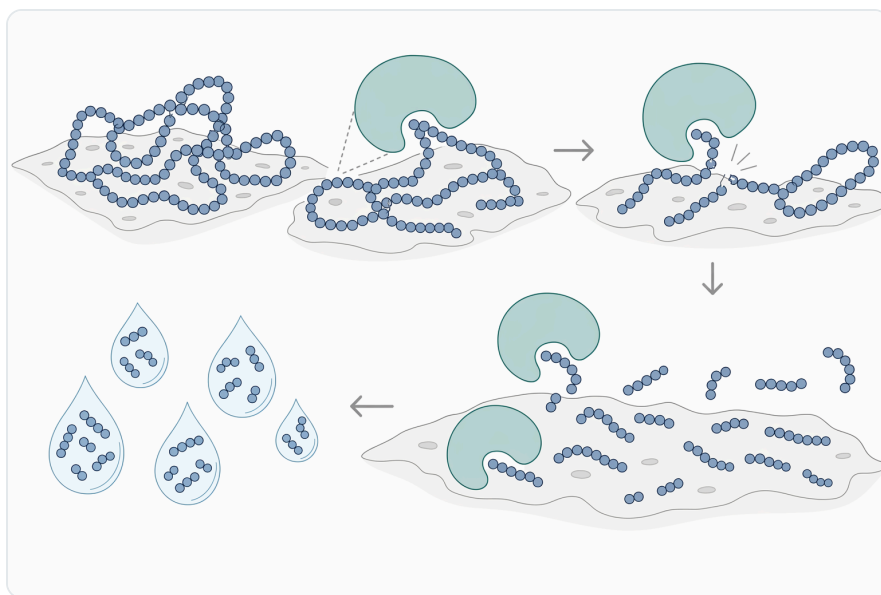


Figure 1. 酸性蛋白酶會水解蛋白質殘基中的肽鍵，將大型黏附性蛋白質轉化為較小的肽片段。

## 與中性、鹼性蛋白酶的應用差異

蛋白酶在工業上常依操作 pH 分為酸性、中性與鹼性類型。這不是絕對分類，而是協助工程判斷的方式：若污垢與流程本來處於酸性條件，酸性蛋白酶可以減少 pH 大幅調整；若清潔配方包含強鹼、建洗劑或高鹼性表面活性系統，鹼性蛋白酶通常較符合洗劑情境。近年針對鹼性蛋白酶的研究特別強調其在洗滌劑相容性、耐鹽或耐溶劑方面的潛力，這也反映不同蛋白酶族群服務的工藝窗口並不相同 [6]。

比較面向	酸性蛋白酶粉末	中性蛋白酶	鹼性蛋白酶
主要 pH 情境	酸性清洗段、酸性發酵液、果汁或酸性蛋白水解	接近中性的食品加工、溫和蛋白改質	鹼性洗滌、去污配方、部分高 pH 工業清潔
對蛋白污垢的角色	在酸性條件下切割蛋白膜與殘留物，降低附著力	用於不希望大幅改變 pH 的蛋白處理	適合與鹼性清潔系統搭配，處理油蛋白混合污垢
常見導入邏輯	流程本來已有酸性段，或蛋白在酸性下更易暴露切割位點	產品品質需維持中性環境	清潔系統以強去污、洗劑相容為主
研究焦點示例	真菌酸性蛋白酶生產、植物來源酸性蛋白酶特性、豆粕蛋白降解 [7]	食品蛋白水解與胜肽生成	洗劑相容、耐熱、耐溶劑與工業去污 [8]
導入限制	酸性環境下的材料相容性、下游中和與酵素失活需納入流程	反應速度與微生物風險需視產品而定	可能不適合酸性製程或酸敏感配方

這張表的重點不是判定哪一種蛋白酶「最好」，而是提醒使用者把酵素放回工藝條件中思考。酸性蛋白酶粉末的優勢在於酸性窗口中的蛋白切割與清潔整合；若現場污垢主要是脂肪、礦物垢或多醣膠體，則通常需要其他清潔機制共同作用，酸性蛋白酶不應被視為單一解決所有污垢的材料。乳品 CIP 相關研究也指出，商用酵素是否適合清潔就地系統，需放在實際污垢組成、設備材質與清洗條件中評估，而不是只看酵素類別名稱 [2]。

## 蛋白質清潔中的作用路徑

在蛋白質清潔場景中，酸性蛋白酶通常經歷三個連續作用：首先，酵素需要擴散到污垢層表面或孔隙中；其次，酵素在可接觸的肽鍵位置進行切割；最後，被切小的蛋白片段必須被沖洗液、流體剪切或表面活性成分帶走。若污垢層非常厚、已經嚴重燒焦，或外層被脂質與礦物質包覆，酵素可能只能先作用在可接觸區域，清潔效率就會受到擴散限制。針對燒附蛋白殘留的研究顯示，蛋白酶作為食品設備清潔工具時，污垢狀態與接觸條件會明顯影響去除效果 [4]。

表面材質也會影響清潔結果。蛋白質在不鏽鋼、玻璃、塑膠、膜材與纖維素材料上的吸附力不同；粗糙表面、刮痕與微孔會讓蛋白滲入並保護部分污垢免於快速水解。以自組裝纖維素奈米薄膜為模型的蛋白污染去除研究顯示，酵素去污可用實驗與模型描述其移除行為，代表蛋白酶清潔不是單純「加了就會掉」，而是受到表面—蛋白—酵素三者互動控制 [3]。

在 CIP 或循環清洗中，酸性蛋白酶的工程價值往往來自「降低殘留蛋白負荷」而非完全取代所有清洗步驟。實務流程仍可能需要預沖洗以移除鬆散固形物，使用酸性或相容性清洗液讓酵素接觸污垢，再透過後續沖洗移除水解物。若系統中同時存在乳石、鈣鹽沉積或油脂膜，酸性蛋白酶可以負責蛋白骨架切割，但礦物或脂質部分仍需由酸洗、螯合、乳化或其他機制處理 [2]。

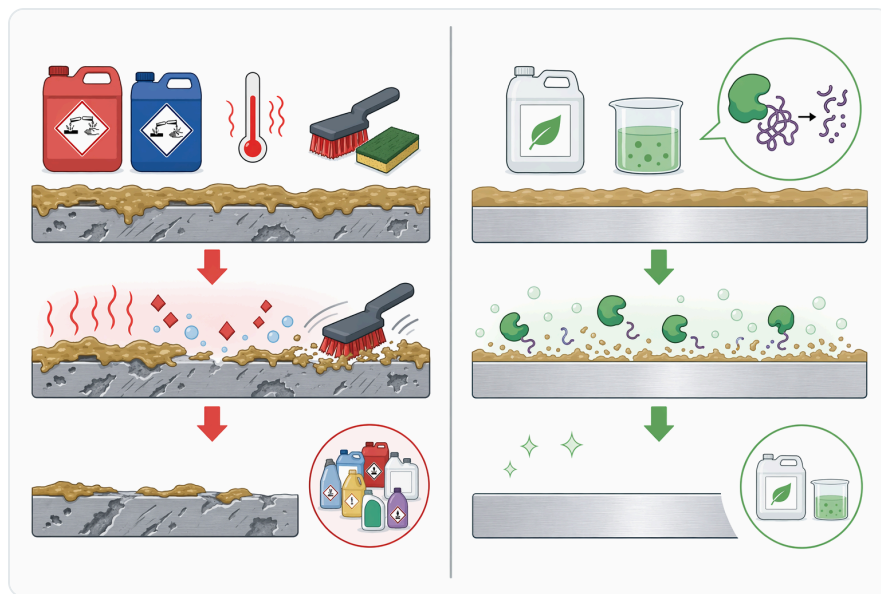


Figure 2. 酸性、中性與鹼性蛋白酶各自更適合不同 pH 值的清潔環境，而非可互相替代使用。

## 食品蛋白水解與風味改質應用

除了清潔，酸性蛋白酶也常被用於食品蛋白改質。蛋白質經適度水解後，可能提高溶解性、改善乳化或分散性，並釋放胺基酸與短胜肽；這些變化對調味基底、發酵原料、植物蛋白飲品、肉類萃取物與蛋白水解物都有技術意義。以酵素改質乳酪為例，添加蛋白酶或脂肪酶可影響品質特性，說明酵素可藉由改變蛋白與脂質降解產物來調整食品結構與風味表現 [9]。

在植物蛋白與豆粕處理上，酸性蛋白酶的角色尤其明確。豆粕、豌豆、穀物副產物或其他植物性原料含有多種儲藏蛋白，若直接使用，可能受限於溶解度、口感、消化性或抗營養因子。重組酸性蛋白酶被研究用於豆粕蛋白降解，代表酸性蛋白水解可把大型植物蛋白轉化為較小片段，提升後續發酵、萃取或營養利用的可行性 [7]。

不過，蛋白水解並不同於風味一定變好。若水解度過高或切割位點產生特定疏水性短肽，可能形成苦味；相反地，若搭配適當的胺基酸釋放與後續反應，可能提升鮮味或鹹味感知。近年以蔬菜湯、組織化豌豆蛋白為對象的研究顯示，蛋白酶與其他酵素反應可透過羧胺酸、支鏈胺基酸或相關胜肽改變鮮味與鹹味表現，但效果取決於底物與反應組合 [10]。

## 發酵、釀造與副產物加值

酸性蛋白酶在發酵產業中的功能，常可概括為「把不可直接利用的大分子蛋白，轉化為微生物較容易利用的小分子氮源」。在醬油、醋、酒類、穀物發酵或豆類發酵中，蛋白質水解會影響自由胺基酸、胜肽與可利用氮的組成，進而影響微生物生長、風味前驅物與發酵穩定性。*Aspergillus oryzae* 作為工業應用中的蛋白酶生產宿主受到研究，尤其其蛋白酶編碼基因調控與細胞工廠開發，反映真菌蛋白酶與發酵食品工業之間的長期關聯 [11]。

農工副產物加值也是酸性蛋白酶的重要脈絡。馬鈴薯渣、豆粕、穀物麩皮與其他副產物流常含有蛋白、澱粉、纖維與多酚等複合成分；若能透過固態發酵或酵素處理釋放可利用蛋白水解物，就能把低價副產物轉化為風味基底、飼料原料或發酵營養源。以 *Aspergillus oryzae* 在馬鈴薯漿粉上生產酸性蛋白酶並強調甘胺酸釋放活性的研究，正是食品工業副產物與蛋白水解連結的案例 [12]。

此類應用要避免過度簡化。發酵系統中除了蛋白酶，還有澱粉酶、纖維素酶、果膠酶、脂肪酶與微生物自身代謝作用；酸性蛋白酶若加入複合基質，可能改變氮源釋放速度，也可能改變黏度、泡沫、濁度或過濾性。對連續式或大槽發酵而言，反應均勻性與水解程度控制會比單純酵素添加更關鍵，因此酸性蛋白酶通常被視為製程工具，而不是獨立於流程之外的添加物 [13]。

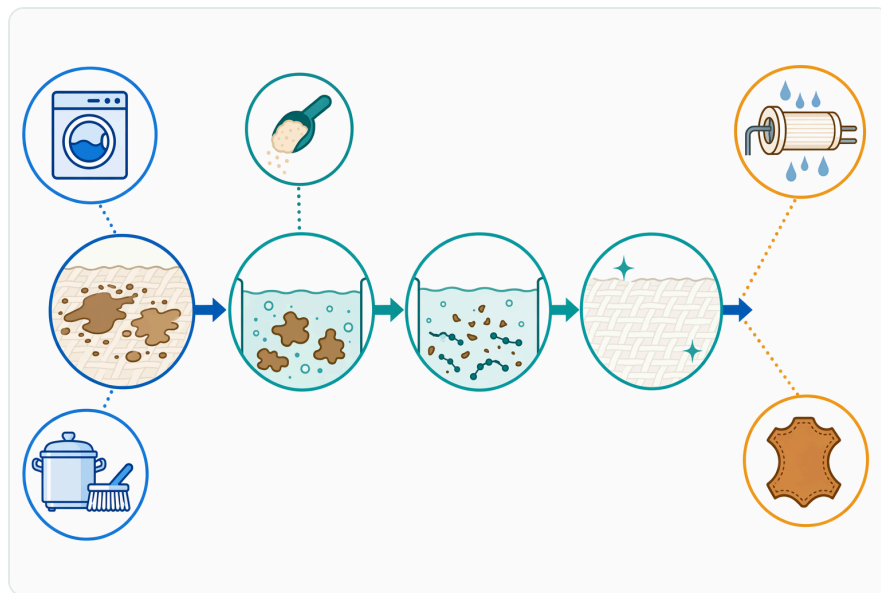


Figure 3. 蛋白質薄膜的去除過程，從酶與薄膜接觸並切斷肽鍵開始，接著薄膜結構被削弱、片段分散，最後由沖洗帶走。

## 乳品、膜材與蛋白沉積控制

---

乳品加工常面臨蛋白與礦物質共同沉積的問題。加熱處理會使乳清蛋白變性並與酪蛋白、鈣鹽或設備表面互動，形成難以完全沖除的沉積層；在膜過濾或熱交換設備中，這類沉積會造成通量下降、熱傳效率變差與清洗負擔增加。乳品 CIP 酵素評估研究指出，蛋白酶可作為清潔策略的一部分，但實際適用性取決於酵素與乳品污垢、清洗溫度、pH 與設備條件的相容性 [2]。

在膜系統中，蛋白酶的角色更偏向降低有機污染層強度。當蛋白質吸附於膜表面或孔道附近，單純水洗可能無法恢復通量；若蛋白骨架被切割，小片段較容易脫離或被沖走，膜面阻力有機會下降。與此同時，酵素分子本身也是蛋白質，若條件不合，可能與膜材產生新的吸附或殘留，因此膜清洗中的酵素使用要同時考慮去污與二次殘留風險 [3]。

近年乳品加工也關注酵素固定化與重複使用。固定化酵素在概念上可提高酵素回收與流程穩定性，但它與一般粉末酵素直接添加不同，涉及載體、擴散、接觸面積與設備設計。相關綜述指出，酵素固定化在乳品處理中具有工業應用潛力，但具體效益需要與製程型態配合；因此，粉末型酸性蛋白酶更常見於批次或循環清洗、原料前處理與可控制接觸時間的場景 [14]。

## 飼料與蛋白營養利用

---

酸性蛋白酶也可出現在飼料或蛋白原料處理討論中，尤其是植物蛋白含量高的配方。植物性蛋白可能受細胞壁包埋、蛋白質構形或抗營養因子影響，導致消化利用率不如預期；蛋白酶預水解或配方中蛋白酶添加，目的在於提高胺基酸釋放與蛋白可利用性。雞胸肉水解物研究顯示，不同蛋白酶類型與水解條件會影響胺基酸強化水解物的組成，說明酵素選型與反應條件會直接改變最終營養輪廓 [15]。

酸性蛋白酶在飼料端的實際適用性，需回到動物消化道 pH、飼料加工溫度、顆粒化條件與目標原料。若酵素在加工過程中失活，或在消化道中無法接觸到底物，理論上的蛋白水解能力就難以轉化為動物表現。因此，酸性蛋白酶較常被討論於原料預處理、發酵飼料、豆粕降解與蛋白水解物製備，而不應把所有蛋白酶添加情境直接等同 [7]。

## 操作條件的技術判讀

---

酸性蛋白酶的操作窗口通常以 pH、溫度、接觸時間與底物可及性為核心。多數酸性蛋白酶在酸性區間較能發揮作用，但不同來源酵素的最適條件與穩定性不同；同一支酵素在可溶性蛋白、凝膠蛋白、燒附蛋白與膜面蛋白上的表現也可能不同。以絲狀真菌固態發酵生產酸性蛋白酶的研究為例，研究重點常包含生產條件最佳化與酵素特性表徵，這反映酸性蛋白酶不是單靠名稱即可判定表現的材料 [1]。



**Figure 4.** 在適合酸性條件的情況下，酸性蛋白酶最常應用於富含蛋白質的食品、飲料、發酵、釀造、膜處理及廢棄殘渣等相關情境。

溫度會同時影響酵素反應速率與蛋白污垢狀態。較高溫通常可加快反應與降低液體黏度，但也可能使酵素逐步失活，或讓某些蛋白污垢進一步變性而更難清。較低溫則可能保留酵素穩定性，但反應時間較長。植物來源酸性蛋白酶的熱力學表徵研究指出，酸性蛋白酶的熱穩定與反應性可被系統性研究，這也是製程設計必須平衡「速度」與「穩定性」的原因 [5]。

接觸時間並非越長越好。對清潔而言，過短可能只切割污垢表層，過長則可能增加停機時間、造成不必要的水解物殘留，或與其他清洗步驟衝突。對食品蛋白改質而言，過度水解可能造成苦味、黏度過低、乳化性下降或營養標示上的組成變化。因此，實務上常以內部既有品質指標判斷，例如蛋白殘留下降、濁度變化、過濾通量、胺基氮釋放、感官輪廓或清洗時間縮短，而不是只看反應是否「更完全」 [16]。

## 配方相容性與下游整合

酸性蛋白酶可與某些表面活性劑、酸性清洗成分或其他酵素共同出現，但相容性需要依配方與流程判斷。強氧化劑、極端 pH、部分金屬離子、有機溶劑或高濃度變性劑，可能改變蛋白酶構形並降低活性；相反地，合適的潤濕與分散成分可能幫助酵素接觸污垢。鹼性蛋白酶研究常把洗劑相容性列為重要方向，這也提醒酸性蛋白酶若要進入清潔配方，同樣需要考慮配方成分對酵素蛋白本身的影響 [6]。

若酸性蛋白酶用於食品或發酵原料，後續步驟也很重要。水解後的蛋白片段可能改變產品的泡沫、沉澱、澄清、口感與顏色；如果後段有熱處理，酵素可能被失活，但水解產物仍會留在系統中。若後段是過濾或膜分離，水解產物分子量分布會影響通量與截留行為。也就是說，酸性蛋白酶不只是「前段添加」，它會把蛋白質狀態改寫，進而影響整條流程 [17]。

粉末型酵素在作業安全上也要被當成蛋白性粉塵處理。吸入酵素粉末可能造成刺激或過敏風險，開封、轉移與投入時應避免揚塵，並依 SDS 內容配置通風與個人防護。這不是酸性蛋白酶特有的問題，而是酵素粉末普遍需要注意的職業衛生議題；CoA 與 SDS 隨訂單提供，可作為批次品質與安全操作的文件依據。

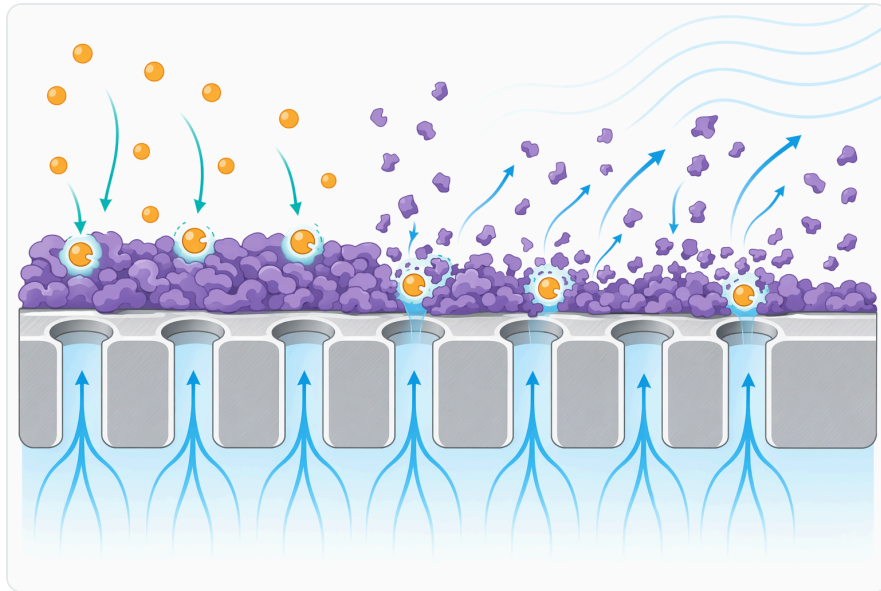


Figure 5. 在膜與過濾器清潔中，蛋白酶水解可鬆動蛋白質污垢層，並產生較小的片段，使其在清潔過程中隨液流帶走。

## 證據強度與合理期待

目前對酸性蛋白酶最有把握的主張，是它能在酸性條件下催化蛋白質水解，並可應用於蛋白基質處理、食品加工、發酵原料轉化與蛋白污垢去除。這些主張由多類研究支持，包括真菌酸性蛋白酶生產與表徵、植物來源酸性蛋白酶熱力學研究、重組酸性蛋白酶降解豆粕蛋白，以及食品設備蛋白殘留的酵素清潔研究 [1]。

較需要保守看待的，是「一定能縮短多少清洗時間」、「一定能降低多少化學品用量」或「一定能改善某種風味」這類量化承諾。因為蛋白污垢的厚度、熱史、基材、礦物混入、脂質含量與流體條件差異很大；食品蛋白水解也會受到底物來源與水解程度影響。針對蔬菜湯與植物蛋白風味增強的研究顯示，酵素反應確實可改變鮮味與鹹味感知，但結果與胺基酸釋放、底物組成及反應搭配密切相關 [10]。

因此，合理期待應該是：酸性蛋白酶能提供一個針對蛋白質的生物催化切入點，特別適合酸性環境中的蛋白清潔與蛋白水解；但它不是萬用去污劑，也不是不需條件控制的添加粉末。當污垢主體不是蛋白、流程不在酸性區間、或下游不允許蛋白水解物存在時，酸性蛋白酶的效益就會受到限制。這種中立判讀比單純宣稱「高效清潔」更接近實際工業使用情境 [2]。

## 結論：酸性蛋白酶粉末的技術價值

Acid Protease Enzyme Powder ( CAS 9025-49-4 ) 的主要技術價值，是在酸性條件下把蛋白質由大分子網絡切割成較小片段，進而改善蛋白污垢移除、原料水解、發酵氮源釋放與食品蛋白改質。對蛋白質清潔而言，它能削弱表面蛋白膜與燒附殘留的結構強度；對食品與發酵而言，它能改變蛋白溶解性、肽組成與胺基酸釋放輪廓。這些作用都建立在同一個機制上：選擇性水解肽鍵，而不是以強腐蝕方式破壞整個系統 [4]。

在應用上，酸性蛋白酶最適合被放入既有酸性製程或酸性清洗段中思考，並與沖洗、分散、過濾、加熱或失活等後續步驟整合。Enzymes.bio 供應的此品項以 1 kg 單位線上銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單提供；使用者可依自身產品、設備與流程目標，將酸性蛋白酶視為蛋白質清潔與酸性蛋白水解的製程工具，而非單一規格即可決定成敗的材料。

### 線上訂購 Acid Protease Enzyme Powder For Protein Cleaning Cas 9025-49-4

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 Acid Protease Enzyme Powder For Protein Cleaning Cas 9025-49-4 →](#)

## 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. Usman, A., Mohammed, S., & Mamo, J. (2021). Production, Optimization, and Characterization of an Acid Protease from a Filamentous Fungus by Solid-State Fermentation. *International Journal of Microbiology*, 2021.
2. Boyce, A., Piterina, A. V., & Walsh, G. (2010). Assessment of the potential suitability of selected commercially available enzymes for cleaning-in-place (CIP) in the dairy industry. *Biofouling (Print)*, 26, 837 - 850.
3. Onaizi, S. (2018). Enzymatic removal of protein fouling from self-assembled cellulosic nanofilms: experimental and modeling studies. *European Biophysics Journal*, 47, 951 - 960.
4. Sen, S., Dasu, V. V., Mandal, B., & Rajendran, K. (2014). Enzymatic removal of burnt-on protein residues from solid surface: A potential food equipment cleanser. *Food Control*, 40, 314-319.
5. Zaman, U., Khan, S. U., Alem, S. F. M., Rehman, K., Almehezia, A. A., Naglah, A., Al-Wasidi, A., ... et al. (2023). Purification and thermodynamic characterization of acid protease with novel properties from

Melilotus indicus leaves. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123217 .

6. Alshehri, W., Alhothifi, S. A., Khalel, A. F., Alqahtani, F. S., Hadrich, B., & Sayari, A. (2025). Production optimization of a thermostable alkaline and detergent biocompatible protease by *Bacillus paramycoides* WSA for the green detergent industry. *Scientific Reports*, 15.
7. Xue, Y., Yan, Q., Tian, X., Han, D., & Jiang, Z. (2024). High-level secretory expression and characterization of acid protease in *Komagataella phaffii* and its application in soybean meal protein degradation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 137011 .
8. Rehman, K., Abdelrahman, E. A., Alissa, M., Khattak, N. S., Alghamdi, A., Alghamdi, S. A., Alshehri, M. A., ... et al. (2025). Thermostable and Solvent-Tolerant Alkaline Protease from *Galium aparine*: Purification and Industrial Applications. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 110529 .
9. Li, L., Pei, Y., Cheng, K., Deng, Y., Dong, X., Fang, R., Chu, B., ... et al. (2023). Production and evaluation of enzyme-modified cheese adding protease or lipase to improve quality properties. *Journal of Bioscience and Bioengineering*.
10. Sakai, K., Okada, M., & Yamaguchi, S. (2024). Umami and saltiness enhancements of vegetable soup by enzyme-produced glutamic acid and branched-chain amino acids. *Frontiers in Nutrition*, 11.
11. Panchanawaporn, S., Chutrakul, C., Jeennor, S., Anantayanon, J., & Laoteng, K. (2024). Development of *Aspergillus oryzae* BCC7051 as a Robust Cell Factory Towards the Transcriptional Regulation of Protease-Encoding Genes for Industrial Applications. *Journal of Fungi*, 11.
12. Murthy, P., & Kusumoto, K. (2015). Acid protease production by *Aspergillus oryzae* on potato pulp powder with emphasis on glycine releasing activity: A benefit to the food industry. *Food and Bioproducts Processing*, 96, 180-188.
13. Almeida, R. F., Itabaiana, I., & Coelho, M. A. Z. (2026). Bioprocess Valorization of Brazilian Agro-Industrial Wastes for Enzyme Synthesis in Protease Production. *Recycling*.
14. Khan, M. U., Farid, A., Liu, S., Zhen, L., Alahmad, K., Chen, Z., & Kong, L. (2025). Innovative approaches for enzyme immobilization in milk processing: advancements and industrial applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 65, 6751 - 6770.
15. Kim, E., Kim, D., Choi, H., Kim, Y., & Kim, M. (2022). Preparation of  $\beta$ -aminoisobutyric acid and branched chain amino acid-enhanced hydrolysates from chicken breast: Effect of protease types and hydrolysis conditions. *Korean Journal of Food Preservation*.
16. Sakai, K., Broches, N., Okuda, K., Okada, M., & Yamaguchi, S. (2025). Umami and saltiness enhancements of textured pea proteins by combining protease- and glutaminase-catalyzed reactions. *Current Research in Food Science*, 10.
17. Zhang, Y., Qiao, Z., Zhang, Y., Zhao, R., & Chen, X. (2026). Enzymatic hydrolysis of milk thistle protein: Influence of protease types on structure and biological activity. *Enzyme and Microbial Technology*, 197, 110848 .


## 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。