

# Alkaline Protease (鹼性蛋白酶)：用於洗滌、蛋白水解、皮革處理與含蛋白廢物流預處理的工業酵素

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

Alkaline Protease (鹼性蛋白酶) 是在偏鹼條件下水解蛋白質肽鍵的酵素，常見於洗滌配方、食品蛋白改質、皮革與紡織處理，以及含蛋白副產物的加工。它的核心價值不是「把蛋白質完全分解」，而是在可控條件下把不溶、黏附或結構緊密的蛋白質切成較短肽，使污垢、原料或廢物流更容易分散、溶解或被後續製程處理。Enzymes.bio 供應的 Alkaline Protease 以 1 kg 單位在線上銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單提供；Enzymes.bio 是供應平台，不是製造商或實驗室。

## 什麼是 Alkaline Protease (鹼性蛋白酶)

Alkaline Protease 是蛋白酶家族中在偏鹼 pH 下表現較佳的一類酵素，工業文獻通常將其與 *Bacillus* 及其他微生物來源的胞外蛋白酶相連結，因為這些微生物可分泌能耐受洗滌、浸泡、蛋白水解與其他高離子強度環境的酵素。近年的 *Bacillus species alkaline protease* 綜述也將其列為洗滌、皮革、食品、飼料與廢棄物轉化等領域的重要工業酵素類別 [1]。

「鹼性」並不表示酵素只能在強鹼中運作，而是指其活性曲線在中性以上至偏鹼區間通常較有利；常見應用會利用 pH 調整使蛋白質帶電、膨潤或鬆散，再由蛋白酶切斷肽鍵。這種條件對洗衣劑、工業清潔液、皮革浸灰或部分植物蛋白加工特別有意義，因為許多蛋白污垢與原料本來就會在鹼性介質中改變構形，讓酵素更容易接近切割位點 [2]。

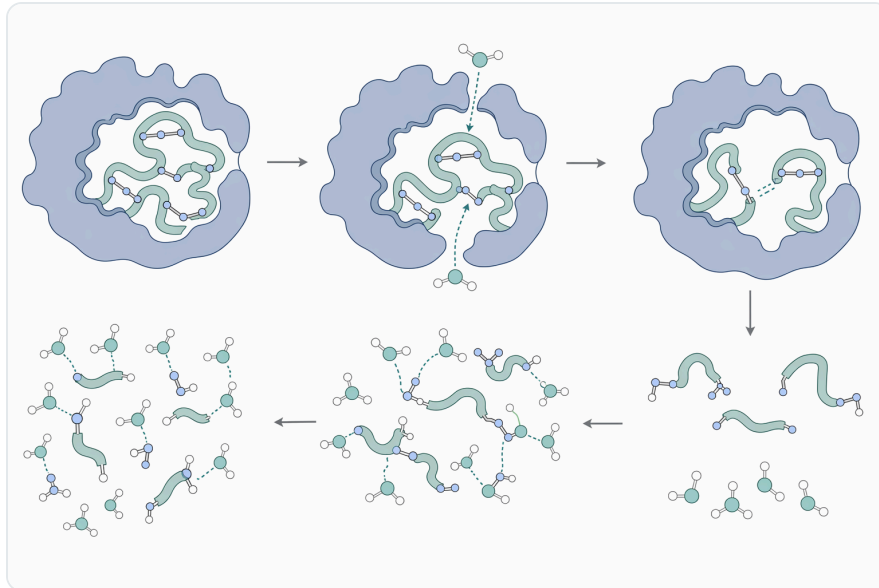
商業與研究上常見的鹼性蛋白酶多來自微生物篩選、發酵與下游製備；研究來源包含 *Bacillus*、*Brevibacillus*、*Lysinibacillus*、*Nocardiopsis*、嗜鹽環境分離株與其他菌源。這些來源的差異會反映在耐溫、耐鹽、對界面活性劑相容性、對金屬離子依賴性與自我降解傾向上，因此「Alkaline Protease」應視為一個功能類別，而不是單一固定性能的分 [3]。

## 催化機制：鹼性條件如何幫助蛋白質水解

多數工業鹼性蛋白酶可用「活性位點促進肽鍵水解」來理解：酵素先以底物結合區辨識蛋白質鏈段，再由催化殘基活化親核基團或水分子，攻擊肽鍵羰基碳，形成短暫中間體，最後釋放較短的肽片。若屬絲胺酸蛋白酶型，常見機制包含絲胺酸、組胺酸與酸性殘基協同作用，先形成酰基酵素中間

體，再由水分子完成去酰化 [1]。

偏鹼條件會同時影響酵素與底物。對底物而言，蛋白質側鏈的電荷狀態改變會降低部分分子內作用力，使結構鬆動、吸水或分散；對酵素而言，活性位點附近的酸鹼狀態會影響親核攻擊與離去基團穩定。這就是為什麼在洗滌或皮革系統中，鹼性蛋白酶常與鹼劑、界面活性劑或浸泡步驟共同發揮效果，而不是孤立運作 [4]。



**Figure 1.** 鹼性蛋白酶會水解大型蛋白質中的肽鍵，產生較小的肽段，使其更容易分散、溶解或脫離。

水解結果通常不是單一產物，而是一組不同長度與序列的胜肽。對清潔應用而言，目標是讓蛋白污漬失去黏著性、溶出並被漂洗帶走；對食品或副產物加工而言，目標可能是改善溶解度、降低黏度、釋放胺基酸態氮或建立特定水解程度；對皮革或纖維處理而言，目標則是選擇性削弱非目標蛋白結構，同時避免主體材料過度損傷 [2]。

## 酵素來源與性能差異：為什麼不能只看名稱

不同來源的 Alkaline Protease 會呈現不同「耐受性組合」。例如，*Bacillus paramycoides* WSA 的研究聚焦於耐熱、鹼性與洗滌相容性，直接指向綠色洗滌產業；這類研究代表開發者重視酵素在界面活性劑、鹼性配方與較高操作溫度下是否仍能維持功能，而不只是單純量測水解能力 [4]。

其他菌源則提供不同工程可能性。*Brevibacillus agri* SAR25 的研究以魚類廢棄物作為基質進行鹼性蛋白酶生產、純化與模擬分析，反映出副產物資源化與蛋白酶生產之間的連結；*Lysinibacillus sphaericus* AA6 的研究則將小麥麩作為誘導物，顯示農工副產物可影響酵素產出策略 [3][5]。

海洋、嗜鹽或特殊環境分離株也受到關注，因為高鹽、溫度波動或特殊有機物背景可能篩選出具有不同穩定性的蛋白酶。海藻相關 *Nocardiopsis dassonvillei* strain VCs-4 的研究強調耐熱鹼性蛋白酶及其工業應用；嗜鹽環境新型微生物的酵素表徵研究，則代表高鹽或高離子強度應用仍是持續探索方向 [6][7]。

## 主要應用場景與機制對應

應用領域	主要處理對象	Alkaline Protease 的作用機制	典型效益	導入時需注意的變因
洗衣與工業清潔	血液、奶類、蛋、肉汁、汗漬、加工食品殘留	切斷污垢中的蛋白質肽鍵，使大分子變成較易分散的胜肽	提升蛋白污漬去除、降低高溫或強化學處理依賴	pH、界面活性劑、漂白成分、接觸時間
食品蛋白改質	植物蛋白、動物蛋白、加工副產物	部分水解蛋白結構，改變溶解度、黏度與胜肽分布	改善加工性、風味釋放或營養利用	苦味胜肽、過度水解、熱處理順序
皮革與紡織	毛根蛋白、非膠原蛋白、絲膠或蛋白污垢	選擇性削弱非目標蛋白，使去毛、軟化或脫膠更溫和	減少部分強化學負荷、改善手感與清潔度	避免主材受損、控制浸泡條件
飼料與副產物轉化	魚廢料、肉類副產物、植物粕類	釋放可溶性胜肽與胺基酸態物質	提高原料利用、降低黏稠與腐敗風險	原料變異、鹽分、脂肪與微生物背景
含蛋白廢物流預處理	乳品、食品、屠宰或發酵殘液中的蛋白	將不溶或膠狀蛋白切成較易被後續生物處理利用的片段	改善可處理性、降低堵塞與沉積	與既有廢水流程、停留時間與成本匹配

## 洗滌與工業清潔：蛋白污垢的可溶化工具

洗滌是鹼性蛋白酶最成熟的應用之一，原因在於許多頑固污漬含有蛋白質骨架，例如血液中的血紅蛋白與血漿蛋白、蛋與奶中的白蛋白或酪蛋白、食品加工殘留中的肌肉蛋白與膠原相關成分。當這些蛋白乾燥、受熱或與纖維結合後，單靠界面活性劑不一定能快速移除；鹼性蛋白酶可把大分子切成較短片段，使污垢失去黏附性並更容易被配方帶走 [8]。

在配方層面，鹼性蛋白酶需要面對界面活性劑、鹼劑、螯合成分、香精、防腐系統與可能存在的氧化性成分。近年針對 *detergent biocompatible protease* 的研究，重點正是尋找在洗滌環境中仍可發揮作用的酵素，而不是只在理想緩衝液中有高水解表現 [4]。



Figure 2. 酸性、中性與鹼性蛋白酶的區分，取決於其蛋白質水解活性最能發揮作用的製程 pH 環境。

對工業清潔而言，酵素的價值通常體現在「減少殘留與縮短清潔負荷」，例如食品設備、容器、濾材或管線中含蛋白垢的預浸或循環清洗。由於蛋白垢常與油脂、多醣或礦物沉積共存，鹼性蛋白酶經常只是多酵素或多成分清潔策略中的一部分，需配合脂肪酶、澱粉酶、界面活性劑或機械剪切才能達到完整清潔 [1]。

## 食品蛋白與副產物加工：從大分子到可利用胜肽

在食品加工中，Alkaline Protease 可用於蛋白質部分水解，改變原料的功能性。植物蛋白常見問題包括溶解度不足、熱處理後聚集、口感粗糙或黏度不穩；動物蛋白副產物則可能有結構緊密、不易抽提或風味前驅物釋放不足等問題。適度水解可讓蛋白質分子量下降，暴露親水基團，並改善分散性 [1]。

魚類或水產加工副產物是典型案例。以魚廢棄物作為基質生產與評估鹼性蛋白酶的研究，顯示這類酵素與副產物轉化有天然連結：一方面蛋白性廢料可作為微生物生長與酵素產生的營養來源，另一方面蛋白酶本身也可用於將廢料轉為水解液、胜肽或更易處理的原料流 [3]。

不過，食品蛋白水解不能只追求「切得越多越好」。過度水解可能帶來苦味胜肽、過高游離胺基酸、乳化性下降或質地失控；水解不足則可能無法改善溶解度與加工性。因此，鹼性蛋白酶在食品相關流程中的真正價值，是透過受控水解取得目標功能，而不是把蛋白質完全降解 [2]。

## 皮革與紡織：降低粗暴化學處理的生物催化選項

皮革加工中的去毛、軟化與部分清潔步驟涉及蛋白結構的選擇性處理。傳統製程常依賴強鹼、硫化物或較劇烈化學條件，使毛根與非膠原蛋白鬆動；鹼性蛋白酶可在偏鹼環境中水解部分結構蛋白，協助去除非目標蛋白質，並有機會降低部分化學負荷 [1]。

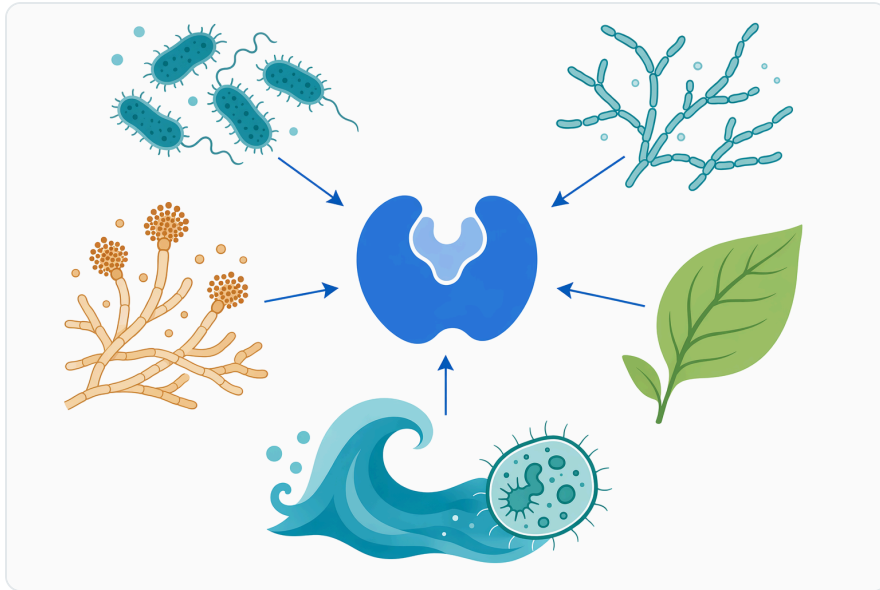


Figure 3. 鹼性蛋白酶是一類功能性酵素，已被報導可來自細菌、放線菌、真菌、植物及海洋相關來源。

這類應用的難點是「選擇性」。皮革的主體膠原若被過度攻擊，可能造成粒面受損、強度下降或手感異常；但若酵素反應不足，則去毛或軟化效果有限。因此，皮革與紡織應用通常必須把酵素接觸時間、浴液條件、機械作用與後續中和步驟視為一個整體製程，而非單一添加物 [2]。

在紡織領域，蛋白酶也可用於蛋白質性污垢移除、絲膠相關處理或特定纖維表面改質。與強氧化或強鹼處理相比，酵素路徑的吸引力在於反應條件相對溫和、底物選擇性較高；但其限制是對溫度、pH、抑制物與保存條件更敏感 [1]。

## 廢物流與低成本基質：循環利用中的角色

許多食品、發酵、乳製、水產與屠宰相關廢物流含有高比例蛋白質，容易造成黏稠、沉積、腐敗氣味與後續生物處理負荷。鹼性蛋白酶可把大分子蛋白切割為較小片段，使其更容易溶出、被微生物利用或進一步分離；在工程上，它常被視為「前處理」或「加速可生物降解性」的工具 [9]。

另一方面，工業廢水或農工副產物本身也被研究作為生產鹼性蛋白酶的低成本培養基。以 industrial waste effluent 或 industrial wastewater 進行 *Bacillus subtilis* 等菌株的培養基優化，顯示研究者正在把酵素生產與廢棄物減量結合，降低原料成本並提高循環經濟價值 [9][10]。

小麥麩作為誘導物的研究亦有代表性，因為農產加工副產物通常含有碳源、氮源、礦物質與結構性聚合物，可影響微生物產酵素能力。這並不表示任何副產物都能直接套用，而是說鹼性蛋白酶產業正在朝向更低成本、更可持續的基質選擇演進 [5]。

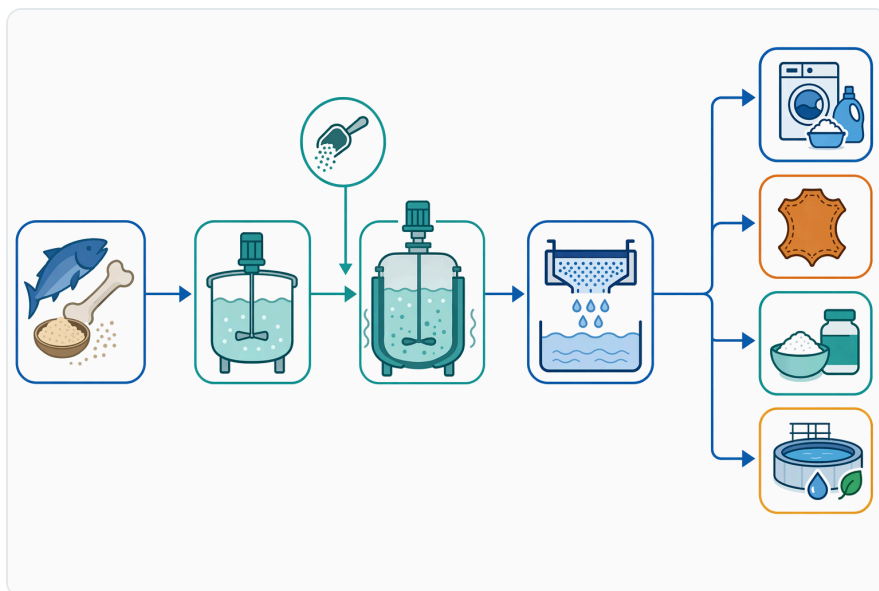


Figure 4. 在洗滌清潔中，鹼性膨潤、蛋白酶切割、界面活性劑作用、攪動與沖洗會共同作用，以去除蛋白質性污漬與薄膜。

## 穩定性、相容性與自我降解：實務上最常見的限制

酵素是蛋白質，因此會受熱、pH、氧化劑、有機溶劑、剪切、金屬離子與其他蛋白酶影響。鹼性蛋白酶雖然比許多中性蛋白酶更適合偏鹼環境，但不同來源之間差異很大；「耐鹼」不必然等於「耐漂白」、「耐高溫」或「耐所有界面活性劑」 [1]。

自我降解也是蛋白酶的內在問題。由於酵素本身也是蛋白質，當保存或使用條件讓分子暴露可切割位點時，蛋白酶可能切割自身或同類分子，造成活性下降與片段化。這也是為什麼研究會關注酵素結構、穩定化策略、來源篩選與配方相容性，而不只是初始活性 [11]。

金屬離子對鹼性蛋白酶的影響具有雙面性。某些金屬離子可能穩定酵素構形或提升耐熱性，但螯合劑、重金屬或不相容離子也可能干擾活性位點或造成構形變化。實務上，若配方中已有螯合成分、硬水調節劑或金屬鹽，應以整體配方條件理解酵素表現，而不是只看單一成分 [2]。

## 近年研究趨勢：從「能分解蛋白」到「能在目標環境中工作」

近年文獻的共同方向，是把鹼性蛋白酶放入更接近產業現場的壓力條件中評估。Bacillus paramycoides WSA 的研究直接以耐熱、鹼性與洗滌相容為標題核心；Staphylococcus aureus alkaline protease 的研究則將其定位為工業洗滌添加物候選，顯示洗滌相容性仍是篩選新酵素的重要

驅動力 [4][8]。

另一個方向是從不同環境中尋找特殊耐受性。水樣分離的 *Bacillus tropicus*、嗜鹽環境的新型微生物，以及海藻相關放線菌來源，都反映研究者正在擴大生物多樣性來源，以取得更適合高鹽、高溫、偏鹼或複雜有機物背景的蛋白酶 [6][11]。



Figure 5. 鹼性蛋白酶的主要應用包括洗滌劑與鹼性清潔、食品與飼料的蛋白質改質、皮革加工，以及富含蛋白質廢棄物的處理。

第三個方向是低成本與永續生產。使用魚廢棄物、小麥麩、工業廢液或廢水作為培養基或誘導來源，代表研究不只關注酵素性能，也關注原料取得、廢棄物再利用與製程經濟性。對 B2B 使用者而言，這些研究可作為理解產業趨勢的證據，但不應直接等同於任何特定市售產品的批次表現 [3][9]。

## Enzymes.bio 供應定位與文件透明度

Enzymes.bio 提供 Alkaline Protease 的線上供應，產品頁將其歸於 protease / alkaline protease 類別，並以 1 kg 單位銷售。需要特別區分的是，Enzymes.bio 是供應平台，不是製造商，也不是檢測實驗室；因此本文以公開研究與產品資訊說明酵素類別、應用邏輯與實務注意事項，而不宣稱特定製造流程或實驗室測試能力。

隨訂單提供的 CoA 與 SDS，分別用於批次文件與安全資料管理。CoA 可協助使用者把收到的批次納入內部品管紀錄，SDS 則提供搬運、儲存、暴露控制與安全處置資訊；這些文件的角色是支持合規與風險管理，而不是取代使用者在自身製程條件下的應用確認。

由於 Alkaline Protease 的實際效果高度依賴底物、pH、溫度、配方相容性與處理時間，導入時應以自身流程的代表性條件判斷。對洗滌配方而言，關鍵是蛋白污垢去除與配方穩定；對食品或副產物加工而言，關鍵是水解程度與產品品質；對皮革或紡織而言，關鍵是去除非目標蛋白而不傷害主材 [1]。

## 使用與保存的實務理解

在使用概念上，鹼性蛋白酶應被視為「反應性加工助劑」而非惰性添加粉體。它加入系統後會受水分活度、底物可及性、混合效率與停留時間影響；若底物蛋白質已高度變性、交聯或被油脂包覆，酵素可能需要較長接觸或搭配其他前處理才有足夠效果 [2]。

保存上，蛋白酶通常需要避免潮濕、高熱與不相容化學品接觸，因為水分與溫度會加速構形變化或自我水解。若使用環境含有氧化性清潔劑、強螯合系統或高比例有機溶劑，酵素表現可能與單純水相系統不同；這也是近年研究強調 detergent biocompatible、thermostable、solvent-tolerant 等特性的原因 [12]。

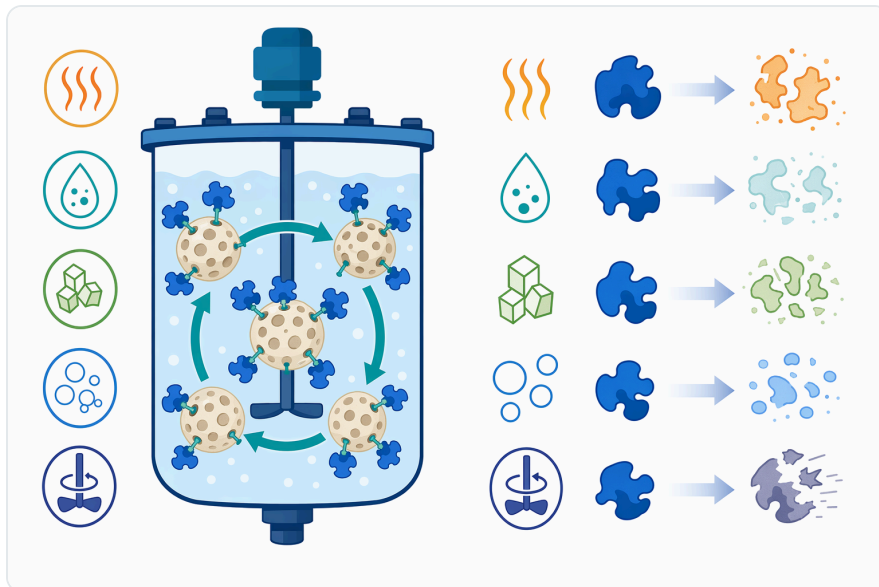


Figure 6. 固定化可幫助特定的鹼性蛋白酶系統提升重複使用性與對製程壓力的耐受性，同時維持與基質的接觸。

應用成敗往往取決於「酵素條件」與「製程條件」是否一致。若目標是低溫清潔，重點是低溫下仍能作用；若目標是熱加工前的蛋白預水解，重點是反應在加熱前是否完成；若目標是含鹽副產物處理，則耐鹽與高離子強度下的結構穩定性會更重要 [7]。

## 技術結論

Alkaline Protease 是成熟且用途廣泛的蛋白水解酵素類別，能在偏鹼環境中切斷蛋白質肽鍵，將不易去除或不易加工的大分子蛋白轉化為較短、較易分散或較易利用的胜肽。其主要應用包括洗滌與工業清潔、食品蛋白改質、皮革與紡織處理、飼料與副產物轉化，以及含蛋白廢物流的預處理 [1]。

近年研究顯示，產業關注點已從「是否具有蛋白水解能力」轉向「是否能在實際配方或製程壓力下穩定工作」，例如耐熱、耐鹼、洗滌相容、耐鹽、低成本基質與副產物循環利用。這些研究方向有助於使用者理解不同來源鹼性蛋白酶的差異，但仍需將公開文獻與特定產品批次文件分開解讀 [4][6]。

對採購與工藝使用者而言，Enzymes.bio 的角色是提供可線上購買的 Alkaline Protease 供應選項，產品以 1 kg 單位銷售，CoA 與 SDS 隨訂單提供。實際導入時，最重要的是把酵素的水解機制、目標底物與現場製程條件對齊，讓鹼性蛋白酶在正確的 pH、溫度、配方與接觸時間中發揮其蛋白質分解價值。

## 線上訂購 Alkaline Protease

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 Alkaline Protease →](#)

## 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. Gautam, S. (2024). A Review of Bacillus Species Alkaline Protease Production and Industrial Applications. *International journal of therapeutic innovation*.
2. B.K.M, L., D, M., Sowjanya, M., Venkatrayulu, C., & K.P.J., H. (2023). Industrial Applications of Alkaline Protease with Novel Properties from Bacillus Cereus Strain S8. *Journal of Advanced Zoology*.
3. Akkaya, S. N., Almansour, A., Altıntas, R., Şişecioglu, M., & Adiguzel, A. (2025). Purification, characterization, optimization, and docking simulation of alkaline protease produced by Brevibacillus agri SAR25 using fish wastes as a substrate. *Food Chemistry*, 471, 142816 .
4. 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.
5. Matrawy, A. A., Marey, H., & Embaby, A. M. (2023). The Agro-industrial Byproduct Wheat Bran as an Inducer for Alkaline Protease (ALK-PR23) Production by Pschytrotolerant Lysinibacillus sphaericus Strain AA6 EMCCN3080. *Waste and Biomass Valorization*, 15, 1943 - 1958.
6. Majithiya, V., Ghoghari, A. M., & Gohel, S. (2025). Purification, characterization, structural elucidation, and industrial applications of thermostable alkaline protease produced by seaweed-associated Nocardiosis dassonvillei strain VCs-4. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141147 .

7. Rejisha, R. P., & Murugan, M. (2025). Enzymatic Characterization of Alkaline Protease from a Novel Microorganism Isolated from a Halophilic Environment. *Current protein and peptide science*.
8. Alonazi, M. A. (2024). Staphylococcus aureus Alkaline Protease: A Promising Additive for Industrial Detergents. *Catalysts*.
9. Zare, H., Meiguni, F., & Najafpour, G. (2021). Production of Alkaline Protease Using Industrial Waste Effluent as Low-cost Fermentation Substrate. *Iranian Journal of Energy and Environment*.
10. Jafari, Z., Darzi, G. N., & Zare, H. (2023). Growth Media Optimization for Production of Alkaline Protease from Industrial Wastewater using Bacillus subtilis PTCC 1254. *International Journal of Engineering*.
11. Uba, B., & Umennadi, P. O. (2026). Kinetics, Zymographic Analysis, and Industrial Evaluation of Alkaline Protease from Bacillus tropicus Isolated from Environmental Water Samples. *IPS Interdisciplinary Journal of Biological Sciences*.
12. 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 .


## 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。