

Bone Protein Hydrolyzing Enzyme (骨蛋白水解酵素)：用於骨副產物胜肽化、風味基底與蛋白原料升級的工業酵素

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

Bone Protein Hydrolyzing Enzyme (骨蛋白水解酵素) 是用於水解動物骨質中膠原蛋白與非膠原蛋白的蛋白酶類製劑，主要應用在骨副產物轉化為可溶性胜肽、蛋白水解物、風味前驅物與飼料 / 食品配方原料。研究顯示，骨蛋白經酵素水解後可形成鈣結合胜肽、抗氧化胜肽與鮮味相關胜肽；在牛骨蛋白系統中，脂肪酶預處理也被證實可改善後續蛋白酶水解效率 [1]。Enzymes.bio 供應此類酵素產品，採 1 kg 單位線上銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供。

產品定位：Bone Protein Hydrolyzing Enzyme 的主要用途

Bone Protein Hydrolyzing Enzyme 可理解為一類針對骨源蛋白質加工使用的蛋白水解酵素，目標不是「溶解整根骨頭」，而是提高骨粉、骨泥、肉骨副產物或經前處理骨料中的蛋白可及性，使膠原蛋白、骨基質蛋白與殘留肌肉蛋白被切割成較短的胜肽與胺基酸片段。這類水解物可進一步用於食品成分、調味基底、寵物食品、飼料蛋白、營養配方前驅物，或作為副產物升級利用的中間物；例如刀魚骨經酵素水解可被開發為魚蛋白與礦物粉原料，顯示骨類副產物並非只能作低價廢棄物處理 [2]。

從 B2B 應用角度來看，骨蛋白水解酵素的價值在於「轉化效率」與「產品可設計性」。骨料中含有礦物質、脂質、膠原纖維與交聯蛋白，若只以熱處理或稀酸處理，常面臨蛋白變性、過度降解、風味粗糙、鹽負荷或後續分離成本上升等問題；稀酸水解肉骨粉蛋白的研究也指出，酸水解在蛋白溶出與工藝限制上並非萬用方案 [3]。相較之下，酵素水解的核心優勢是可在較溫和條件下選擇性切割肽鍵，讓加工者更容易調整水解程度、分子量分布與風味輪廓。

Enzymes.bio 在此供應鏈中的角色是酵素供應商，而不是製造商或實驗室；因此本文聚焦於酵素在骨蛋白加工中的機制、文獻證據、應用場景與導入時的製程思維，而不呈現製造端配方、活性單位定義或實驗室分析方法。產品以 1 kg 單位在線上直接銷售，適合已有內部工藝、配方開發或副產物處理需求的食品、飼料、調味料與生物原料開發團隊使用；隨貨提供的 CoA 與 SDS 可作為企業內部品質與安全文件的一部分。

骨蛋白為何難水解：基質、脂質與礦物的三重阻隔

骨不是單純的蛋白質原料，而是由羥基磷灰石等礦物相、膠原纖維、非膠原蛋白、脂質與水分共同構成的複合基質。膠原蛋白具有三股螺旋結構與交聯網絡，能提供骨骼韌性；但對蛋白酶而言，這種緊密排列會降低酵素接觸肽鍵的機會。再加上骨髓與周邊組織殘留脂質可能包覆蛋白表面，使水相中的蛋白酶更難進入反應位點，導致水解速度慢、可溶性蛋白回收不足，或產物中仍存在較多高分子片段。

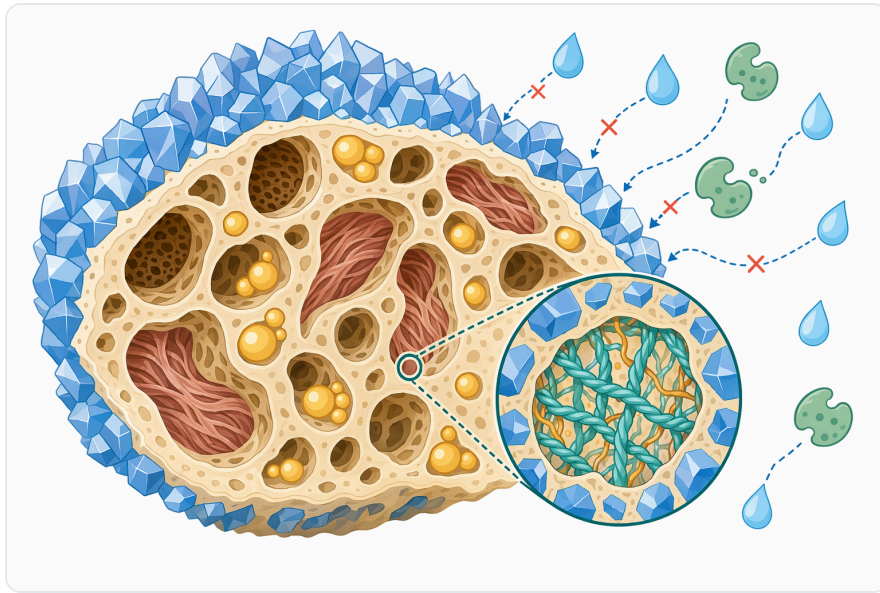


Figure 1. 動物骨是一種複合基質，其中的礦物質與脂肪可能限制酵素接觸富含膠原蛋白的蛋白質。

脂質阻隔是骨蛋白酵素水解中常被低估的因素。Yao 等人針對牛骨蛋白的研究指出，脂肪酶預處理可改善後續酵素水解，原因包括降低脂質對骨蛋白表面的遮蔽、改變基質表面狀態，並提升蛋白酶與底物接觸的機會^[1]。這代表骨蛋白水解不只是「加蛋白酶」的單一步驟，而是原料尺寸、脂肪狀態、攪拌分散、pH 環境與熱史共同決定反應效率的系統工程。

礦物質也會影響骨蛋白的水解行為。骨中的鈣磷礦物可使膠原網絡更加堅固，也可能在加工過程中影響懸浮液黏度、沉降、傳質與下游分離。另一方面，礦物相並非完全負面，因為酵素水解產生的特定酸性或含羧基肽可能與鈣形成可溶性複合物，成為鈣結合肽或礦物營養配方開發的基礎；羊骨蛋白水解物中已被分離並鑑定出鈣結合肽，支持骨源水解物在礦物結合應用上的研究潛力^[4]。

作用機制：蛋白酶如何把骨蛋白轉成可利用肽

蛋白水解酵素的基本機制，是催化蛋白質肽鍵與水分子的反應，使長鏈蛋白被切割為較短肽與游離胺基酸。不同蛋白酶對胺基酸序列、帶電狀態與蛋白構形有不同偏好，因此同一種骨原料在不同酵素作用下，會產生不同的分子量分布、游離胺基酸比例、苦味傾向、溶解度與功能性。對骨蛋白而言，

適度水解通常可提高可溶性蛋白比例，並暴露原本埋藏在膠原或基質蛋白內部的功能性序列。

在早期水解階段，酵素多半先攻擊較易接近的非膠原蛋白、殘留肌肉蛋白與膠原外露區段，使高分子蛋白鬆動並增加溶出。隨著反應進行，膠原片段逐步被切成中短鏈胜肽，溶液黏度、濁度與風味可能開始改變；若水解過度，則可能產生過多疏水性短肽與游離胺基酸，導致苦味或風味尖銳。這也是為什麼骨蛋白水解酵素的應用通常需要配合目標產品調整反應終點，而不是單純追求最大水解程度。

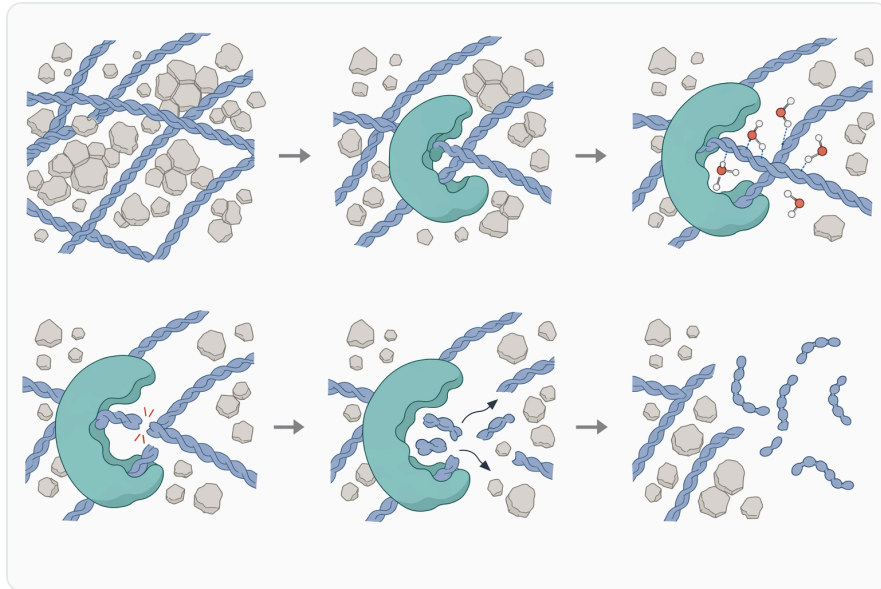


Figure 2. 蛋白酶水解會切斷骨相關蛋白中的胜肽鍵，將大型膠原結構分解為較短且可溶的胜肽。

骨源胜肽的功能並不只來自「變小、好溶解」。胜肽序列中的羧基、胺基、羥基或含硫基團可參與金屬離子結合、自由基清除、呈味受體結合或乳化界面作用。例如駱駝骨蛋白可經酵素水解製備並鑑定抗氧化胜肽，雞骨蛋白水解物的胜肽組成也被研究與抗氧化活性之間的關聯 [5][6]。這些研究支持「骨蛋白水解物可作為生物活性胜肽來源」的方向，但具體功能仍需依原料、酵素、分離程度與最終用途謹慎評估。

文獻證據：骨蛋白水解物的產率、營養與功能線索

目前直接與骨蛋白酵素水解相關的研究，涵蓋牛骨、羊骨、雞骨、魚骨、駱駝骨與豬骨等不同來源。這些研究共同指出，骨類副產物透過酵素處理可從低價或難處理原料轉化為可溶性蛋白水解物、胜肽粉、礦物複合物或風味基底；魚類加工副產物被視為富含生物活性胜肽的次級原料，相關綜述亦強調酵素水解在提升副產物價值上的角色 [7]。

在營養與鈣利用方面，羊骨蛋白水解物受到特別關注。Hu 等研究探討羊骨蛋白水解物對低鈣飲食大鼠鈣吸收與骨品質的影響，結果支持此類水解物可能透過改善鈣吸收與骨相關指標而具有營養應用潛力 [8]。不過，動物研究不能直接等同於人體功效宣稱；若最終產品要用於人用食品或營養補充品，仍

需依各地法規、配方劑量、臨床證據與標示規範進行判斷。

在免疫與生理活性研究方面，早期羊骨蛋白酵素水解物也曾被探討其水解條件與免疫能力相關性，顯示不同水解程度可能影響生物活性表現 [9]。這類研究的價值在於指出「水解條件會改變功能」，而不是證明任何骨蛋白水解物都必然具有固定功效。對產業開發而言，較務實的做法是先將骨蛋白水解物定位為蛋白、胜肽或風味原料，再依產品策略決定是否進一步純化或建立特定功能證據。



Figure 3. 基質前處理步驟，如縮小粒徑、控制加熱、脫脂，以及選擇性脫礦，可提升骨蛋白對蛋白酶作用的可及性。

在風味方面，豬骨來源鮮味胜肽的高通量發現研究顯示，骨蛋白水解物可含有能與鮮味感知相關機制連結的胜肽序列 [10]。這對湯底、肉味香精、調味粉、即食食品與寵物食品具有實務意義；骨蛋白水解不只是營養升級，也可能提供更自然的肉湯感、厚味與鮮味前驅物。若後續搭配熱反應或梅納反應，水解物中的胺基酸與短肽也可參與肉香、烘烤香與複合鹹香的形成。

酵素水解與其他骨蛋白處理方式的比較

骨蛋白加工可採用熱萃取、酸鹼處理、酵素水解或複合流程。選擇何種路徑，取決於目標產品是明膠、蛋白水解物、胜肽粉、調味基底、礦物粉，還是飼料原料。延邊牛骨明膠研究比較酸法、鹼法與酵素水解萃取對理化與功能特性的影響，說明不同處理方式會造成膠體性質、蛋白結構與應用表現差異 [11]。

處理方式	主要作用	優點	侷限	較適合的應用方向
熱水或加壓萃取	使膠原變性並溶出明膠或膠原片段	設備概念成熟，適合明膠或湯底萃取	對蛋白切割選擇性低，能耗與風味變化需管理	明膠、骨湯濃縮物、基礎萃取液

處理方式	主要作用	優點	侷限	較適合的應用方向
稀酸水解	以酸促進蛋白溶出與鍵結斷裂	反應快速，部分原料可提高溶出	可能造成過度降解、鹽分與中和負擔；肉骨粉蛋白溶解也存在實務限制 [3]	非食品級蛋白回收、特定工業水解物
鹼處理	破壞交聯、去除部分非膠原成分	可改善部分膠原或明膠萃取前處理	易影響胺基酸完整性與廢水負荷	明膠前處理、粗蛋白改質
酵素水解	蛋白酶選擇性切割肽鍵	條件較溫和，可調控胜肽大小與風味，利於副產物高值化	受原料脂質、粒徑、熱史與反應條件影響	胜肽粉、調味基底、飼料蛋白、營養配方前驅物
脂肪酶預處理 + 蛋白酶水解	先降低脂質阻隔，再進行蛋白切割	可改善蛋白酶接觸骨蛋白的機會，提升水解效率 [1]	流程較複雜，需評估前處理與後段收益	高脂骨料、牛骨 / 豬骨副產物升級

這張比較表的重點不是宣稱酵素水解永遠優於所有方法，而是說明它更適合需要「可控胜肽化」與「產品功能設計」的應用。若目標只是大量明膠萃取，熱與酸鹼前處理仍可能是成熟選項；若目標是低分子胜肽、鮮味基底、鈣結合胜肽或可消化蛋白原料，蛋白水解酵素通常更能提供可調整的工藝窗口。

主要應用一：食品與營養配方中的骨源蛋白水解物

食品配方使用骨源蛋白水解物時，常見目標包括提高蛋白可溶性、改善消化性、提供小分子胜肽，或作為湯粉、飲品、營養粉與高蛋白食品的原料之一。相較於未水解骨粉，酵素水解物通常較容易分散，且可透過下游過濾、濃縮與乾燥形成更穩定的粉體或液體中間物。大西洋鮭魚加工廢棄物的蛋白水解物研究綜述也指出，水產副產物可成為具生物功能潛力的蛋白水解物來源，但同時需面對製程、品質與應用挑戰 [12]。



Figure 4. 酸性、中性與鹼性蛋白酶環境，可能產生不同的基質開展、溶解行為與胜肽組成。

若配方訴求與骨骼健康或鈣吸收相關，需特別區分「原料具有研究潛力」與「產品可宣稱功效」兩件事。羊骨蛋白水解物與鈣吸收、骨品質之間已有動物研究支持，且鈣結合胜肽也已被分離鑑定 [8][4]。然而，商業產品若要在台灣或其他市場進行健康食品、營養補充或醫療相關宣稱，仍必須依當地法規與人體證據要求辦理，不能僅以原料研究直接推論最終產品功效。

主要應用二：調味料、湯底與肉味香精前驅物

骨蛋白水解酵素在調味產業的價值，來自骨源蛋白本身的肉湯感與膠原胜肽的厚味特徵。水解後的短肽與胺基酸可提供鮮味、鹹感延伸、濃厚口感與加熱反應基質；若搭配還原糖、酵母抽出物、油脂或香辛料進行熱反應，能建立肉香、燉煮感與複合鹹香。豬骨鮮味胜肽研究進一步說明，特定胜肽可透過分子層面的鮮味感知機制參與味覺表現 [10]。

在實務上，調味用途不一定追求最低分子量。過度水解可能增加苦味、酸味或胺味，使後續遮蔽成本提高；水解不足則可能造成溶解性不佳、湯體混濁或風味釋放不足。因此骨蛋白水解酵素的應用重點，是讓加工者在「溶解度、鮮味、厚味、苦味與熱反應能力」之間找到平衡。這種平衡通常取決於骨料來源、前處理、酵素類型、反應終點與下游濃縮乾燥條件。

主要應用三：飼料、寵物食品與副產物升級

在飼料與寵物食品領域，骨蛋白水解物可作為易分散、易消化且具風味吸引力的蛋白原料或誘食基底。對幼齡動物、消化敏感配方或高適口性寵物食品而言，小分子胜肽與游離胺基酸可提高風味釋放與配方靈活性；同時，骨源原料中的礦物質也可能與胜肽共同形成具有營養價值的組合。雞骨蛋白水

解物的抗氧化胜肽研究也顯示，禽類骨副產物可被視為功能性胜肽開發來源，而不只是低價動物副產物 [6]。

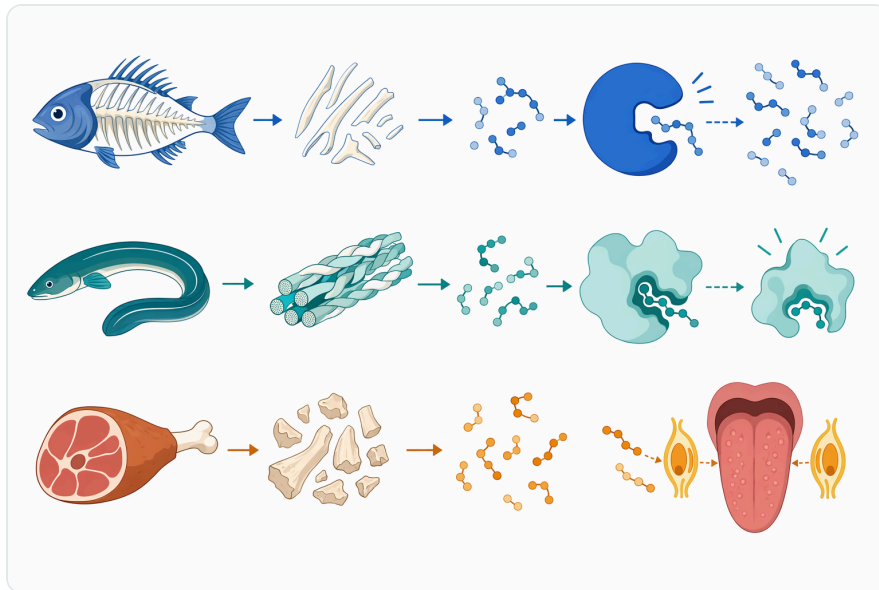


Figure 5. 來自魚、鰻魚與豬的骨源性基質，已被研究作為酵素生成之功能性或風味胜肽的來源。

從加工廠角度，酵素水解可把原本需要高成本處理的骨副產物轉化為更容易儲存、運輸與配方化的中間物。這對屠宰、肉品加工、水產加工與寵物食品工廠尤其重要，因為骨料的含水、含脂與微生物風險若未妥善管理，會迅速增加廢棄與除臭成本。透過水解、分離與乾燥建立穩定原料，不僅能提高副產物利用率，也能支持企業循環經濟與減廢目標。

製程整合思維：從骨料前處理到下游成品

骨蛋白水解酵素通常需要與前處理搭配，而不是孤立使用。常見前處理包括破碎或研磨以增加比表面積、脫脂以降低油脂包覆、均質或攪拌以改善懸浮，以及視目標產品決定是否先進行熱處理使膠原鬆動。牛骨研究中脂肪酶預處理改善蛋白水解的結果，正好說明骨料表面狀態與酵素接觸效率之間的關聯 [1]。

反應過程中，pH、溫度、固液比、反應時間、攪拌效率、原料粒徑與酵素添加策略都會影響最終水解物。若目標是風味基底，可能會偏向保留一定比例中短肽，以維持厚味與肉湯感；若目標是營養配方，則可能更重視溶解度、分散性與胜肽分布；若目標是礦物結合，則需考慮胜肽序列與鈣、磷等礦物的交互作用。這些變項應由使用者依自身原料與設備條件建立內部工藝，而不是套用單一通用條件。

下游處理同樣會決定商業成敗。骨蛋白水解液可能需要除渣、脫脂、濃縮、除味、乾燥或與其他配方原料混合；若保留礦物成分，粉體灰分與口感需被納入考量；若希望取得較清澈的液體或較細緻的風味，則可能需要更高程度的固液分離與精製。魚骨與鱈魚骨蛋白水解物研究顯示，骨源水解物的營養與揮發性風味特性會隨原料與加工條件改變，因此下游應用必須與感官品質一起設計 [13]。

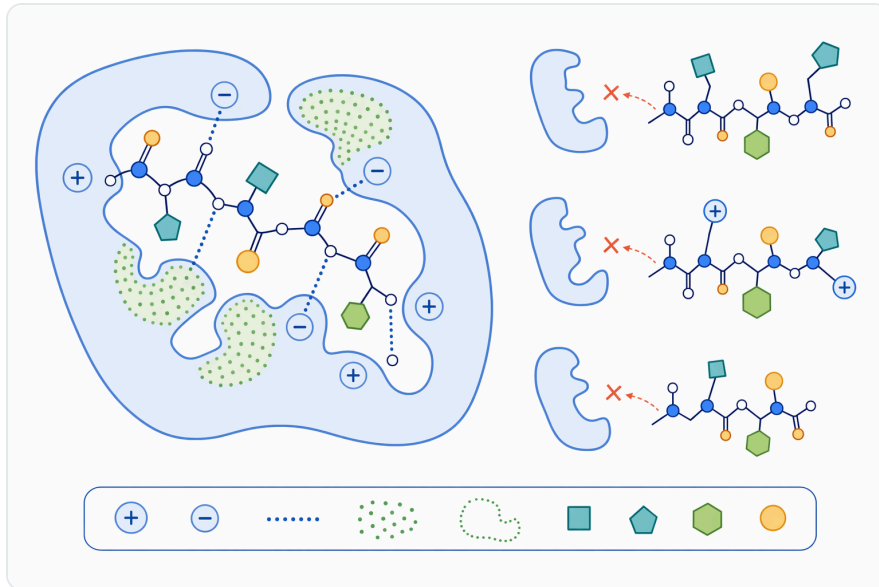


Figure 6. 胜肽功能取決於序列、大小與分子適配性，而不僅僅是總水解蛋白含量。

品質、合規與文件：供應商層級的務實說明

Enzymes.bio 供應 Bone Protein Hydrolyzing Enzyme，產品以 1 kg 單位在線上直接銷售；CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供。由於 Enzymes.bio 不是製造商，也不是實驗室，產品頁與支援文件的重點在於協助使用者理解酵素用途、產業應用與科學背景，而非提供製造端配方、專屬分析流程或活性單位定義。使用者若將水解物用於食品、飼料、寵物食品或營養配方，仍需依所在市場的原料允用、標示、過敏原、動物來源與食品安全規範進行內部合規判斷。

骨源原料具有動物來源特性，因此合規管理不只涉及酵素，也涉及骨料來源、屠宰與檢疫文件、物種標示、宗教或飲食限制、重金屬與污染物風險、微生物控制，以及成品用途。尤其當最終產品跨入人用食品或營養補充品時，任何關於鈣吸收、骨健康、抗氧化或免疫調節的說法，都應以最終產品證據與當地法規為準；現有骨蛋白水解物研究可提供研發方向，但不能自動轉化為商業宣稱。

風險與限制：避免把酵素水解視為萬能解方

骨蛋白水解酵素能改善蛋白可溶化與胜肽生成，但其效果高度依賴原料。不同物種、年齡、部位、熱處理史、脂肪含量、礦物比例與粉碎程度，都會影響酵素可及性與產物品質。同樣是牛骨或魚骨，若前段處理差異很大，水解速度、風味、顏色、灰分與油脂殘留也可能完全不同。因此，骨蛋白水解應

被視為一個可調整製程，而不是單一添加物即可保證固定結果的處理方式。

另一個限制是功能性證據的外推。駱駝骨、雞骨、羊骨與豬骨研究分別報告了抗氧化、鈣結合、免疫或鮮味相關胜肽，但這些結果通常與特定原料、酵素組合、分離級分與實驗條件有關 [5][9][10][6]。若商業產品只使用一般骨蛋白水解物，未進一步確認胜肽組成與有效劑量，就不宜直接宣稱具有相同功能。較可信的技術溝通方式，是將其描述為「可作為胜肽化蛋白原料、風味前驅物或功能性胜肽開發平台」。



Figure 7. 骨蛋白水解物可導向應用於鹹味食品、寵物與飼料系統、膠原蛋白衍生混合物，以及胜肽成分開發。

下游成本也需要納入整體評估。酵素水解可增加可溶性蛋白與胜肽產出，但若成品需要低氣味、淺色、高澄清度、低灰分或特定分子量區間，後段分離與乾燥成本可能顯著增加。對多數加工者而言，最有經濟性的產品不一定是最高純度胜肽，而可能是能直接進入調味、寵物食品、飼料或食品配方的中間原料。這也是骨副產物高值化專案中，產品定位往往比單一水解率更重要的原因。

結論：Bone Protein Hydrolyzing Enzyme 的核心價值

Bone Protein Hydrolyzing Enzyme 的核心價值，在於將難處理的骨源蛋白轉化為更容易利用的可溶性胜肽與蛋白水解物，並為食品、調味、飼料、寵物食品與營養配方提供可設計的原料平台。現有研究支持骨蛋白水解物可產生鈣結合胜肽、抗氧化胜肽與鮮味相關胜肽，也顯示脂肪酶預處理等策略可改善骨蛋白酵素水解效率 [8][1][4][10]。

對 B2B 使用者而言，導入骨蛋白水解酵素的重點不是追求單一理論指標，而是依目標產品建立合適的前處理、水解終點與下游加工流程。Enzymes.bio 供應 1 kg 單位的 Bone Protein Hydrolyzing Enzyme，並隨訂單提供 CoA 與 SDS；此產品適合已有骨副產物利用、胜肽化蛋白開發、調味基底或

飼料原料升級需求的企業，作為內部製程開發與產品配方設計的一環。

線上訂購 Bone Protein Hydrolyzing Enzyme

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 Bone Protein Hydrolyzing Enzyme →](#)

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. Yao, Y., Wang, M., Liu, Y., Han, L., & Liu, X. (2019). Insights into the improvement of the enzymatic hydrolysis of bovine bone protein using lipase pretreatment. *Food Chemistry*, 302, 125199 .
2. Le, T. (2019). Utilization of knife fish bone (Chitala chitala) as a material for fish protein and mineral powder production by enzyme hydrolysis. *The Journal of Agriculture and Development*.
3. Essandoh, M., Garcia, R. A., Nieman, C., Bumanlag, L., Piazza, G., & Zhang, C. (2017). Practical Limitations of the Dilute Acid Hydrolysis Method for Solubilizing Meat and Bone Meal Protein. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5, 11652-11659.
4. Hu, G., Wang, D., Sun, L., Su, R., Corazzin, M., Sun, X., Dou, L., ... et al. (2022). Isolation, Purification and Structure Identification of a Calcium-Binding Peptide from Sheep Bone Protein Hydrolysate. *Foods*, 11.
5. Wang, J., Yang, G., Li, H., Zhang, T., Sun, D., Lu, W. P., Zhang, W., ... et al. (2023). Preparation and identification of novel antioxidant peptides from camel bone protein. *Food Chemistry*, 424, 136253 .
6. Yi-Jin, Zhou, P., Zhu, C., Liu, Y., & Zhao, Z. (2024). Preparation of Antioxidant Peptides from Chicken Bone Proteins and the Influence of Their Compositional Characteristics on Antioxidant Activity. *Foods*, 13.
7. Phadke, G., Rathod, N., Ozogul, F., Elavarasan, K., Karthikeyan, M., Shin, K., & Kim, S. (2021). Exploiting of Secondary Raw Materials from Fish Processing Industry as a Source of Bioactive Peptide-Rich Protein Hydrolysates. *Marine Drugs*, 19.
8. Hu, G., Sun, X., Hao, S., Li, X., Qian, M., Dou, L., Zhang, M., ... et al. (2024). Effect of sheep bone protein hydrolysate on promoting calcium absorption and enhancing bone quality in low-calcium diet fed rats. *Food Chemistry*, 446, 138763 .
9. Yang, H., Yu-Liu, Ma, L., & Kong, B. (2009). Hydrolyzing Condition and Immunocompetence of Sheep Bone Protein Enzymatic Lysates. *Agricultural Sciences in China*, 8, 1332-1338.
10. Gu, Y., Niu, Y., Zhang, J., Sun, B., Liu, Z., Mao, X., & Zhang, Y. (2024). High-throughput discovery of umami peptides from pork bone and elucidation of their molecular mechanism for umami taste

perception. *Food & Function*.

11. Zhang, S., Zhao, D., Yin, L., Wang, R., Jin, Z., Xu, H., & Xia, G. (2025). Physicochemical and Functional Properties of Yanbian Cattle Bone Gelatin Extracted Using Acid, Alkaline, and Enzymatic Hydrolysis Methods. *Gels*, 11.
12. Haq, M., Ali, M. S., Park, J., Kim, J., Zhang, W., & Chun, B. (2024). Atlantic salmon (*Salmo salar*) waste as a unique source of biofunctional protein hydrolysates: Emerging productions, promising applications, and challenges mitigation. *Food Chemistry*, 462, 141017 .
13. Tan, X., Qi, L., Fan, F., Guo, Z., Wang, Z., Song, W., & Du, M. (2018). Analysis of volatile compounds and nutritional properties of enzymatic hydrolysate of protein from cod bone. *Food Chemistry*, 264, 350-357 .

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。