

Protein Hydrolysate Enzyme — Neutral Protease (中性蛋白酶，CAS 9040-76-0)：蛋白水解物、植物 蛋白改質與副產物資源化應用

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

Protein Hydrolysate Enzyme — Neutral Protease (中性蛋白酶，CAS 9040-76-0) 是一類在近中性條件下催化蛋白質肽鍵水解的酵素，主要用於製備蛋白水解物、改善植物與動物蛋白的溶解性與功能性，並可協助產生較短胜肽。研究顯示，受控酵素水解能改變蛋白質結構、分子量分布與界面性質，因此常被用於飲品、調味基底、植物蛋白配方、飼料原料處理與有機副產物資源化等場景 ^[1]。Enzymes.bio 以 1 kg 單位線上銷售此類產品，CoA 與 SDS 會隨訂單提供，供下游客戶用於內部品質與安全文件管理。

酵素名稱、定位與主要應用

Neutral Protease (中性蛋白酶) 不是單一來源或單一序列的酵素名稱，而是依作用條件與催化功能描述的一類蛋白酶；其共同特徵是在近中性環境下可將蛋白質大分子切割為較短的多肽、胜肽與部分游離胺基酸。文獻中已報導多種來源的中性蛋白酶，例如微生物、藻類或食用蕈類來源的蛋白酶，並可依其耐受條件、底物偏好與產物分布而呈現不同加工表現 ^[2]。

在 B2B 應用上，Protein Hydrolysate Enzyme — Neutral Protease 最常被理解為「蛋白水解用酵素」。它的價值不在於單純把蛋白質分解，而在於透過受控水解，把原本不易分散、口感粗糙、界面性不足或消化利用受限的蛋白原料，轉換為較容易配方化的蛋白水解物。植物蛋白改質研究指出，酵素水解可影響溶解度、乳化性、起泡性、凝膠性與潛在生物活性，但效果會依蛋白來源、水解程度與後續加工而改變 ^[1]。

此產品特別適合評估於三類方向：第一，食品與營養配方中的蛋白水解物製備；第二，植物蛋白、豆類蛋白、米糠蛋白、豌豆蛋白或玉米醇溶蛋白等功能性改質；第三，食品副產物、污泥與有機廢棄物流的蛋白預處理，用於提升後續發酵、厭氧消化或資源化效率。以厭氧共消化研究為例，蛋白酶預處理被納入與熱、超音波、鹼處理等技術整合的策略，用於改善食物廢棄物與脫水污泥的甲烷生成表現 ^[3]。

中性蛋白酶如何作用：從肽鍵切割到功能性改變

蛋白質由胺基酸以肽鍵連接形成長鏈，並進一步折疊成特定三級或四級結構。中性蛋白酶的核心功能，是在適合的水相環境中催化肽鍵斷裂，使蛋白鏈由大分子轉為較短片段。當蛋白鏈變短，原本埋藏在內部的親水、疏水或帶電基團可能暴露出來，導致水溶性、界面吸附能力、黏度、凝膠網絡與口感出現變化 [4]。

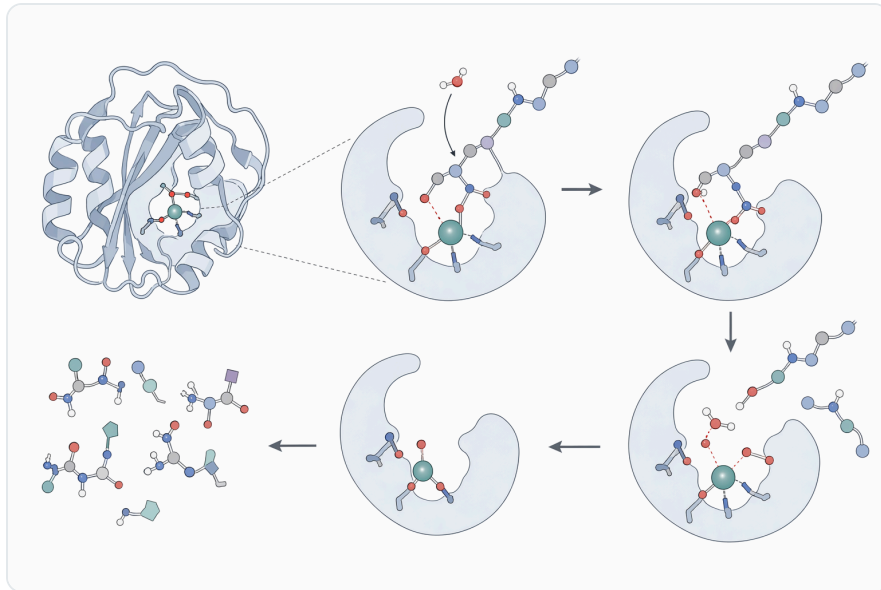


Figure 1. 中性蛋白酶在近中性條件下水解蛋白質中的肽鍵，產生可溶性胜肽與胺基酸。

多數工業蛋白水解並不是追求「越水解越好」。輕度或中度水解可能增加溶解性、改善分散性，並讓蛋白更容易在油水界面形成膜；但過度水解可能使胜肽過短，反而削弱起泡、乳化或凝膠結構，並增加苦味風險。豌豆蛋白研究即指出，適度酵素水解可改變結構與功能特性，但其改善方向需依目標應用判斷 [4]。

中性蛋白酶常被用於「溫和改質」的原因，在於其操作概念可與許多食品、飼料或生物處理流程相容。相較於強酸、強鹼或高強度化學處理，酵素水解較容易以反應時間、溫度、pH 與底物狀態調整反應深度；這有助於保留原料中的其他敏感成分，並降低不必要的副反應。植物蛋白酵素改質綜述也將酵素法列為改善功能性與生物活性的重要策略之一 [1]。

與酸性、鹼性蛋白酶的應用差異

中性蛋白酶在近中性條件下運作，因此常被放在不希望大幅偏酸或偏鹼的配方與製程中。酸性蛋白酶通常較適合酸性飲品、胃蛋白模擬或特定發酵基底；鹼性蛋白酶則常出現在去污、皮革、部分蛋白強力分解或鹼性加工環境。中性蛋白酶的特點是平衡：它不必然提供最劇烈的分解，但在許多蛋白水解物製備場景中，較容易與原料穩定性、感官與下游加工銜接 [5]。

蛋白酶類型	常見作用環境	適合的加工邏輯	可能優勢	主要限制
酸性蛋白酶	偏酸條件	酸性基底、部分飲品或模擬胃部消化	可與酸性配方相容	不一定適合近中性蛋白飲品或豆乳系統
中性蛋白酶	近中性條件	蛋白水解物、植物蛋白改質、調味基底、副產物預處理	條件溫和，與多數水相蛋白流程較易整合	產物分布與感官仍需依原料調整
鹼性蛋白酶	偏鹼條件	強力蛋白分解、部分工業清潔或特殊加工	水解能力常較強	可能不適合對 pH 敏感的食品配方

以食用蕈類來源中性蛋白酶水解大豆分離蛋白的研究為例，中性蛋白酶能改變大豆蛋白的消化與結構表現，說明中性條件下的酵素切割可直接影響植物蛋白的分子型態與功能潛力 [5]。對於配方端而言，這類差異意味著酵素選擇不只是「能不能分解蛋白」，而是要看分解後的蛋白片段是否符合目標產品的溶解、口感、風味與穩定性需求。

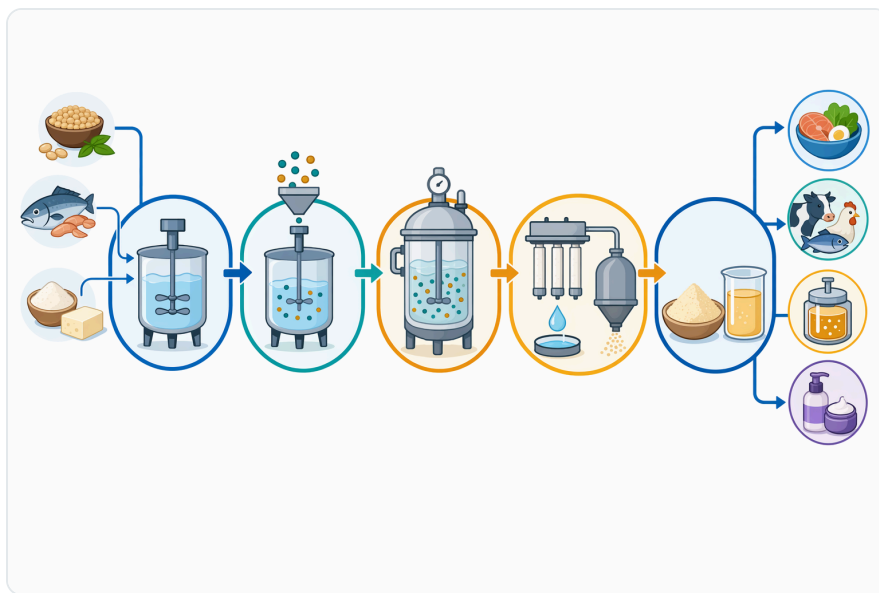


Figure 2. 工業用中性蛋白酶流程可將富含蛋白質的原料轉化為胜肽水解物，供食品、飼料、發酵及化妝品用途使用。

植物蛋白改質：溶解性、起泡性、乳化與凝膠控制

植物蛋白市場擴張後，常見技術瓶頸包括溶解性不足、粉感明顯、加熱後沉澱、乳化穩定性不佳，以及植物來源苦澀味或豆腥味。中性蛋白酶可透過切割蛋白聚集體，使分子尺寸下降並暴露更多可與水或油水界面作用的官能基，進而改善部分配方特性。不過，這種改質通常存在最佳區間；過度切割會讓蛋白失去形成穩定界面膜或三維網絡的能力 [6]。

大豆分離蛋白是最常被研究的植物蛋白之一。預熱結合受控酵素水解的研究顯示，蛋白結構先被熱處理鬆動後，酵素較容易接觸切割位點，進而改善起泡相關性質。這說明中性蛋白酶不必單獨使用，也可與熱處理、均質、剪切或其他物理方式形成組合式改質路徑 [6]。

米糠蛋白則代表另一類副產物升級應用。米糠含有具營養價值的蛋白，但原料中的蛋白可能受細胞壁、脂質與其他成分包埋，導致萃取與功能性受限。針對米糠蛋白的酵素改質研究指出，水解可影響其結構、抗氧化與功能特性，為穀物副產物轉為高附加價值成分提供技術基礎 [7]。

豌豆蛋白在植物肉與蛋白飲品中使用廣泛，但常面臨沉澱、沙感與風味挑戰。中度酵素水解可降低大分子聚集、改善水分散性，並可能讓飲品在儲存期間更穩定；但若目標是植物肉的咀嚼感或凝膠彈性，則需避免水解過度造成結構弱化。豌豆蛋白研究清楚指出，酵素改質的結果取決於「適度」而非單純增加水解強度 [4]。

玉米醇溶蛋白 zein 具有疏水性高、溶解性受限的特徵，在食品應用上常需透過化學或酵素方法調整。相關綜述指出，酵素與化學改質皆可拓展 zein 的食品應用，但酵素處理較常被視為較溫和的結構調整方式之一 [8]。對需要改善分散性或與其他蛋白、膠體共混的配方而言，中性蛋白酶可作為評估工具之一。

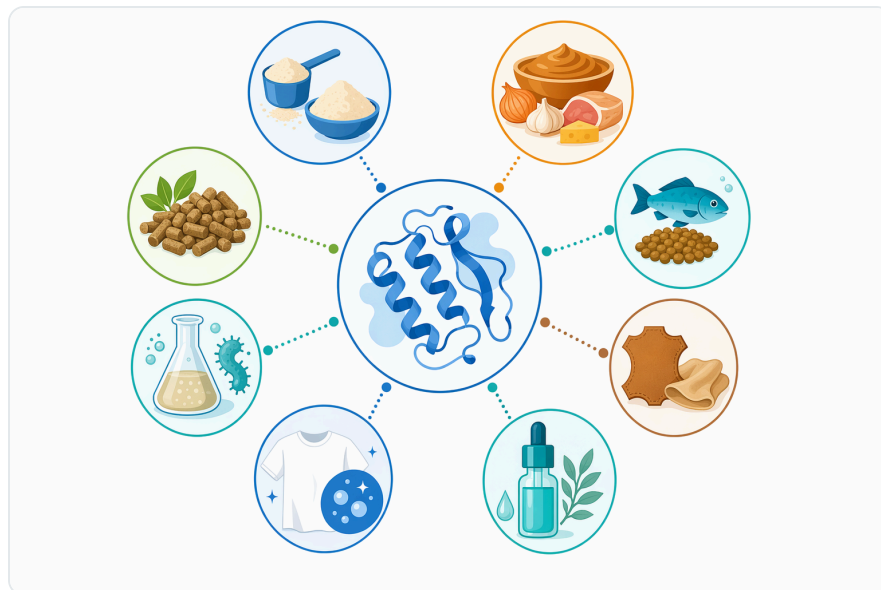


Figure 3. 中性蛋白酶可用於製備蛋白水解物、產生風味、提升飼料消化率、提供發酵營養、皮革加工、洗滌劑，以及化妝品胜肽成分。

動物與海洋蛋白：蛋白水解物與胜肽生成

中性蛋白酶也常被用於動物或海洋蛋白的水解。例如海參腸來源蛋白經中性蛋白酶水解後，可產生特定胜肽混合物；動物研究顯示，這類水解胜肽與運動疲勞相關指標、麩醯胺酸介導的鈣離子 / Calcineurin 訊號路徑有關 [9]。這類結果說明，蛋白水解物不只是營養性蛋白片段，也可能因胜肽序

列而呈現特定生理活性。

然而，應用端必須謹慎區分「水解可產生候選活性胜肽」與「最終產品可宣稱特定健康效果」。胜肽活性取決於序列、分子量、消化穩定性、吸收與劑量，也會受到食品基質、熱處理、乾燥與儲存條件影響。因此，中性蛋白酶可用於建立活性胜肽庫或功能性成分原型，但具體功效仍需依產品定位與法規要求進一步驗證 [9]。

在調味與風味基底中，蛋白水解物可提供胺基酸與小分子胜肽，協助建立鮮味、厚味或肉湯感。中性蛋白酶的溫和切割有利於從豆類、酵母、海洋副產物或肉類副產物中釋放可溶性含氮成分；但同時也可能生成疏水性苦味胜肽。這使得反應終點與後處理變得重要，因為風味最佳點通常不是最高水解程度，而是鮮味、苦味、鹹感與香氣平衡後的結果。

豆類、發酵與乳酸菌系統中的酵素水解意義

豆類蛋白近年受到植物基食品、營養補充與永續原料趨勢帶動，但其天然結構與抗營養因子可能影響消化與感官。乳酸菌發酵豆類蛋白的研究指出，發酵系統中的特定酵素水解會改變蛋白組成、結構與功能特性，這與外加蛋白酶改質具有相通的機制基礎：都是透過蛋白鏈切割與結構重排，讓原料表現出不同加工特性 [10]。



Figure 4. 與嚴苛的化學水解相比，中性蛋白酶可在較溫和且更可控的條件下分解蛋白質，並減少降解副產物。

在實務上，中性蛋白酶可作為發酵前、發酵中或發酵後的蛋白調整工具。發酵前水解可提升可溶性氮源，可能有助於微生物利用；發酵後水解則可更精準地調整口感、黏度或風味。乳酸菌及其代謝物在動物生產中也被研究作為抗生素生長促進劑替代方案之一，顯示蛋白水解、發酵與腸道營養之間存在可整合的應用空間 [11]。

扁豆蛋白濃縮物的酵素水解研究則顯示，水解可調整物理化學與技術功能特性，例如溶解、乳化或泡沫表現。這對植物蛋白飲、營養粉、烘焙強化或即食配方尤其重要，因為這些產品通常需要兼顧蛋白含量、分散性、口感與加工穩定性 [12]。

副產物與廢棄物流資源化：從蛋白預處理到生物能源

除了食品與營養成分，中性蛋白酶也可用於有機副產物的資源化。食物廢棄物、畜禽副產物、脫水污泥與加工殘渣常含有相當比例的蛋白質；若蛋白以大分子或顆粒態存在，後續微生物分解速度可能受限。蛋白酶預處理的邏輯，是先將蛋白轉為較易溶解與較易被微生物利用的片段，提高後續厭氧消化或發酵效率 [3]。

食物廢棄物與家禽糞便厭氧共消化的綜述指出，共消化是永續廢棄物管理與沼氣生產的重要策略，但其效果受原料組成、碳氮比、抑制物與前處理方式影響 [13]。在此脈絡下，中性蛋白酶不是單獨解決所有廢棄物問題的技術，而是可與熱處理、超音波、鹼處理或微生物馴化等方式整合，改善含蛋白物流的可降解性。

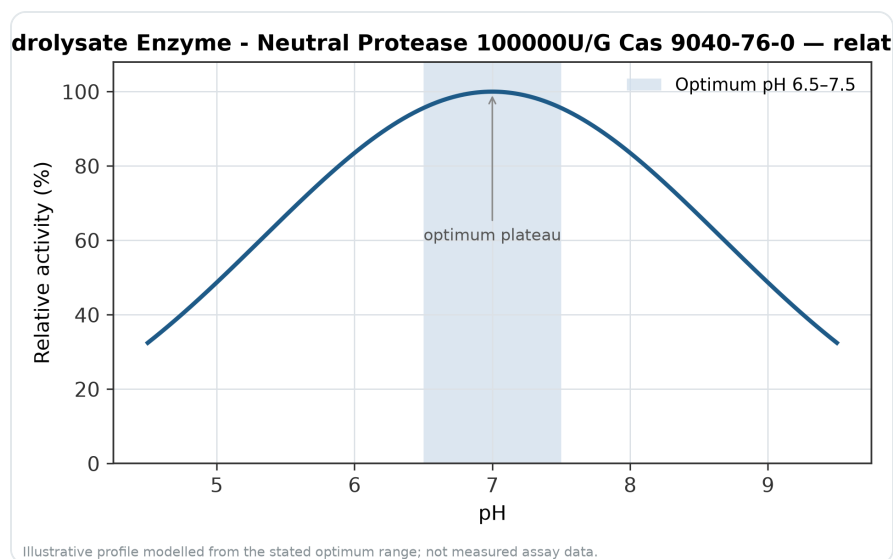


Figure 5. 蛋白水解物酶 - 中性蛋白酶 100000 U/g (CAS 9040-76-0) 相對活性隨 pH 值變化的關係，顯示其最佳活性平台位於 pH 6.5-7.5。

另有研究以食品廢棄物降解為方向，探討極端環境 *Bacillus* 菌株同時產生蛋白酶與 α -澱粉酶的能力，顯示在複合有機基質中，蛋白、澱粉與其他高分子通常需要多酵素協同降解 [14]。這對實務端的意義是：若原料不是單純蛋白，而是混合食物殘渣或副產物，中性蛋白酶可負責蛋白部分，但整體效率仍取決於其他高分子成分的處理策略。

製程整合：影響結果的關鍵變因

中性蛋白酶導入製程時，最重要的變因包括底物來源、蛋白濃度、顆粒大小、前處理、pH、溫度、反應時間、攪拌與終止方式。這些條件共同決定酵素可接觸的切割位點，以及最終水解物的分子量分布。以 *Bacillus* 來源蛋白酶生產與應用研究來看，不同基質與培養條件會影響酵素表現，這也反映出蛋白酶系統對環境條件相當敏感 [15]。

底物前處理尤其關鍵。大豆、豌豆、米糠與扁豆等植物蛋白常存在聚集、纖維包埋或脂質共存問題；魚類、肉類與海洋副產物則可能有脂肪氧化、鹽分、礦物質與內源性酵素干擾。若蛋白未充分分散，酵素即使存在，也只能作用於表面可接觸區域，導致反應不均。這也是許多研究會將熱處理、均質或脫脂與酵素水解搭配評估的原因 [6]。

反應終止同樣影響產品一致性。當水解達到目標程度後，通常需要透過製程條件改變使酵素反應停止，避免儲存或後續加工中持續水解造成黏度下降、苦味增加或功能性流失。這一點在高蛋白飲品、粉末配方與調味基底中尤其重要，因為少量持續水解也可能改變感官與物性。

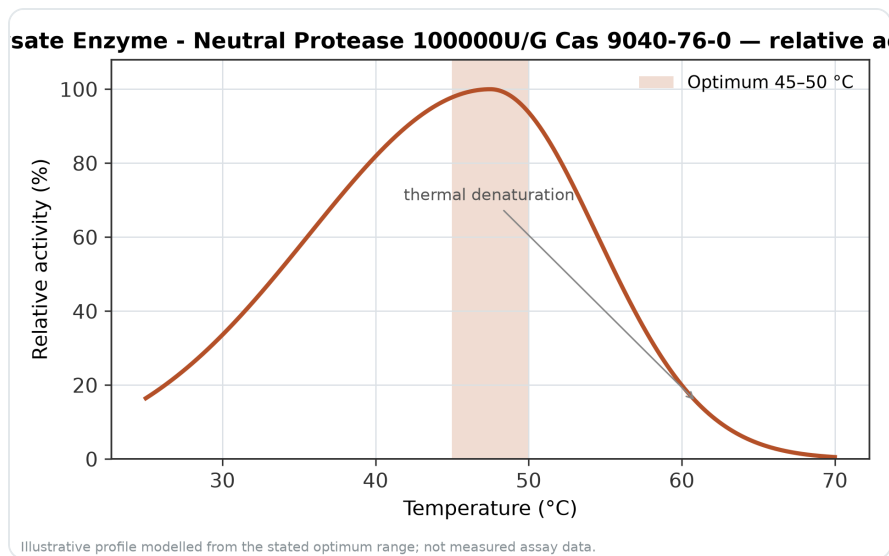


Figure 6. 蛋白水解物酶 - 中性蛋白酶 100000 U/g (CAS 9040-76-0) 相對活性隨溫度變化的關係，最佳溫度為 45–50 °C，且在超過最佳溫度後呈現典型的熱變性活性下降。

應用效果比較：不同原料的常見目標與注意事項

原料或應用場景	使用中性蛋白酶的主要目標	可能帶來的效益	需要留意的限制
大豆分離蛋白	改善起泡、乳化、消化與分散	有助於飲品、植物肉或高蛋白配方調整	過度水解可能削弱凝膠與帶來苦味

原料或應用場景	使用中性蛋白酶的主要目標	可能帶來的效益	需要留意的限制
豌豆蛋白	降低聚集、改善溶解與口感	適合植物蛋白飲與營養粉開發	需控制水解深度以保留結構功能
米糠蛋白	提升副產物價值與功能性	可開發抗氧化或功能性蛋白成分	原料中脂質與纖維可能影響反應
海洋副產物	製備蛋白水解物與候選活性胜肽	有助於資源化與高值化	氣味、鹽分與氧化控制重要
食物廢棄物 / 污泥	提高可溶性與後續微生物利用	可支援厭氧消化或發酵前處理	通常需與其他前處理或多酵素策略整合
調味基底	釋放胺基酸與呈味胜肽	可增強鮮味、厚味與湯感	苦味胜肽生成需管理

大豆蛋白凝膠研究顯示，蛋白結構改質策略可顯著影響凝膠性質，而酵素水解只是眾多改質方法之一^[16]。因此，在產品開發中，中性蛋白酶不應被視為通用解法，而應依最終產品需要的物性設定目標：飲品重視分散與穩定，植物肉重視凝膠與纖維感，調味基底重視風味釋放，副產物處理則重視可降解性與整體轉化效率。

感官與營養限制：苦味、過敏原與消化生理

蛋白水解常伴隨風味變化。當疏水性胺基酸序列被切成短胜肽時，苦味可能上升；當游離胺基酸與小胜肽增加時，鮮味、甜味、鹹感增強或金屬味也可能出現。這些變化不完全由酵素種類決定，也與原料序列、反應深度、熱處理、乾燥方式及配方中的鹽、糖、酸與香氣成分交互作用有關。

營養面上，蛋白水解通常可提升可溶性與消化接觸面積，但不代表所有水解物都具有相同生理效益。腸道暴露於食物來源蛋白酶抑制物的綜述指出，蛋白質消化與腸道健康涉及酵素、抑制物、基質與生理環境的交互作用^[17]。因此，若原料本身含有蛋白酶抑制物或抗營養因子，前處理與熱加工仍可能是必要的配套。

對過敏原而言，酵素水解可能降低某些蛋白表位的完整性，但也可能暴露新的片段或保留免疫反應相關序列。除非有針對特定過敏原與終產品的驗證，不能單憑「經中性蛋白酶水解」即推論為低敏或無過敏風險。這一點對嬰幼兒、醫療營養或特殊膳食產品尤其重要。

品質文件、供應形式與 Enzymes.bio 的角色

Enzymes.bio 供應 Protein Hydrolysate Enzyme — Neutral Protease (CAS 9040-76-0) 作為線上購買品項，採 1 kg 單位銷售；CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，方便下游客戶進行文件留存、入庫管理與內部合規程序。本文聚焦於應用原理與研究脈絡，不把 Enzymes.bio 描述為製造商或實驗室，也不將產品資訊延伸為製造端聲明。

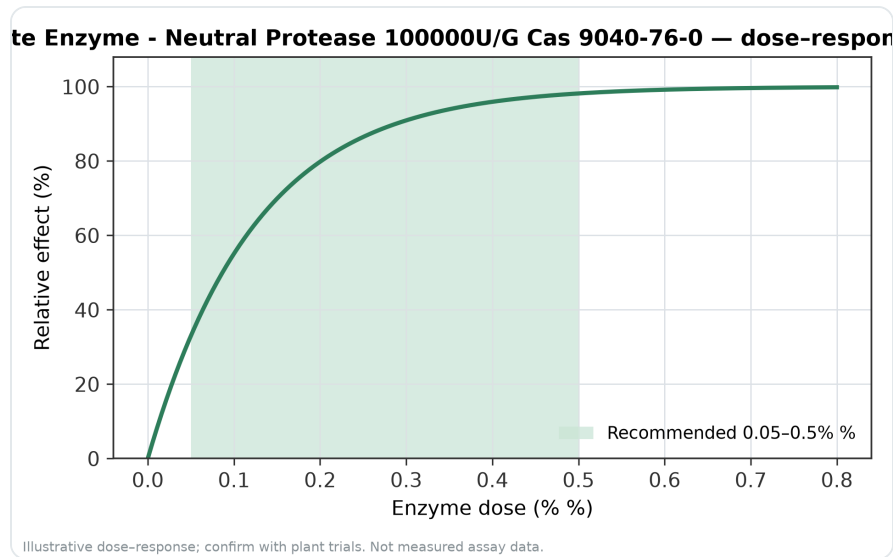


Figure 7. 蛋白水解物酶 - 中性蛋白酶 100000 U/g (CAS 9040-76-0) 在建議使用範圍 (0.05–0.5%) 內的示意性劑量反應。

對 B2B 使用者而言，CoA 與 SDS 的用途主要在於確認該批次文件、處理安全資訊與內部物料管理。實際是否適用於特定食品、飼料、營養補充、發酵或廢棄物處理流程，仍需依企業自身產品定位、地區法規與內部製程驗證判定。研究文獻可提供機制與應用方向，但不會取代個別配方的穩定性、感官與法規評估。

導入時的實務思路：以目標功能反推水解程度

導入中性蛋白酶時，較有效的方式是先定義終產品希望改善的功能，而不是先追求最大水解。若目標是蛋白飲品，重點可能是溶解性、低沉澱、低粉感與熱穩定；若目標是調味基底，重點可能是鮮味、厚味與低苦味；若目標是植物肉，則需避免破壞凝膠與纖維結構；若目標是厭氧消化，則重點會轉向可溶性有機氮與後續微生物利用效率 [3]。

在研發階段，常見做法是以小規模配方矩陣比較不同反應條件下的分散性、黏度、感官、熱穩定與下游加工相容性。這不是單純的酵素活性比較，而是觀察「水解後材料」是否符合產品需求。蛋白質一旦被切割，其在界面、凝膠、口腔加工與消化中的行為都會改變；兒童飲食質地研究也指出，食品質地會影響口腔處理與攝食行為，說明蛋白改質最終仍會回到感官與食用經驗 [18]。

永續與產業價值：提高蛋白原料利用率

中性蛋白酶的另一項價值，是協助提高蛋白資源利用率。食品加工與農產加工會產生大量含蛋白副產物，例如米糠、豆渣、海洋內臟、修整肉、乳品副流與混合食物殘渣。若這些物流只作為低價飼料、肥料或廢棄物處理，蛋白中的營養與功能價值未必被充分利用。透過酵素水解，部分副產物可轉化為可溶性蛋白水解物、調味基底、發酵氮源或生物能源前處理材料。

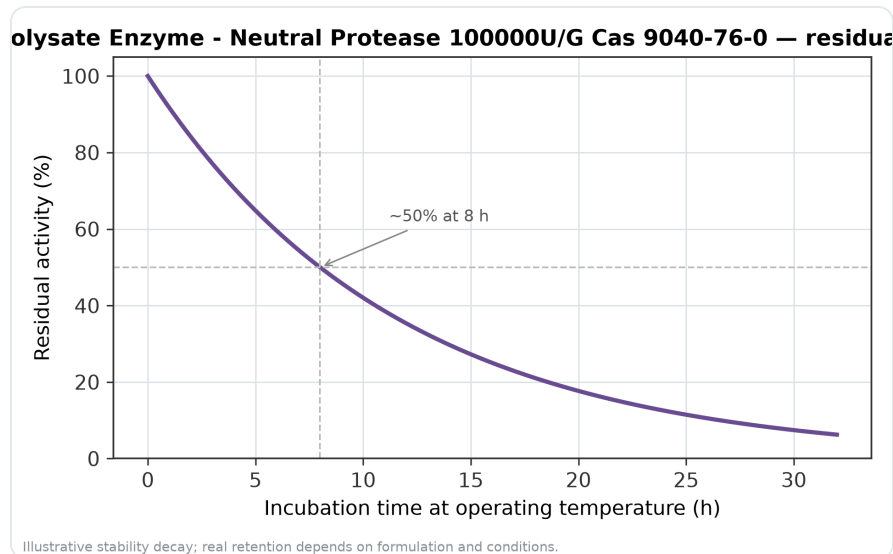


Figure 8. 蛋白水解物酶 - 中性蛋白酶 100000 U/g (CAS 9040-76-0) 的示意性熱穩定性衰減——在操作溫度下，殘餘活性隨時間下降。

在農食產業減碳與循環經濟討論中，生物炭、厭氧消化、廢棄物資源化與加工效率提升都是重要路徑。雖然中性蛋白酶本身不是減碳技術的全部，但它可作為含蛋白物流轉化的一個環節，幫助提高原料轉換率並降低有機廢棄物負擔。主糧作物碳中和研究亦顯示，農業系統減碳通常需要多技術整合，而非單一工具即可完成 [19]。

結論

Protein Hydrolysate Enzyme — Neutral Protease (中性蛋白酶，CAS 9040-76-0) 適合用於蛋白水解物製備、植物蛋白功能改質、調味基底開發、海洋與農產副產物升級，以及含蛋白廢棄物流的生物處理前段。其核心機制是受控切割肽鍵，進而改變蛋白分子量、結構暴露、溶解性、界面性、消化接觸面與胜肽組成。

研究證據支持中性蛋白酶在多種蛋白基質中具有應用潛力，但最終效果高度依賴原料、配方、反應條件與下游處理。對 B2B 客戶而言，最務實的定位是把它視為「可調整蛋白結構與功能的加工工具」，而非單一結果保證。Enzymes.bio 以 1 kg 單位線上供應此產品，並隨訂單提供 CoA 與 SDS，方便下游企業納入自身研發、生產與文件管理流程。

線上訂購 Protein Hydrolysate Enzyme - Neutral Protease 100000U/G Cas 9040-76-0

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 Protein Hydrolysate Enzyme - Neutral Protease 100000U/G Cas 9040-76-0 →](#)

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. Olatunde, O. O., Owolabi, I. O., Fadairo, O., Ghosal, A., Coker, O. J., Soladoye, O. P., Aluko, R., ... et al. (2022). Enzymatic Modification of Plant Proteins for Improved Functional and Bioactive Properties. *Food and Bioprocess Technology*, 16, 1216-1234.
2. Elleuch, J., Kacem, F. H., Amor, F. B., Hadrich, B., Michaud, P., Fendri, I., & Abdelkafi, S. (2020). Extracellular neutral protease from Arthrospira platensis: Production, optimization and partial characterization. *International Journal of Biological Macromolecules*.
3. Jiang, W., Jiang, Y., Tao, J., Luo, J., Xie, W., Zhou, X., Yang, L., ... et al. (2024). Enhancement of methane production from anaerobic co-digestion of food waste and dewatered sludge by thermal, ultrasonic and alkaline technologies integrated with protease pretreatment. *Bioresource Technology*, 411, 131357.
4. Shuai, X., Gao, L., Geng, Q., Li, T., He, X., Chen, J., Cheng-Liu, ... et al. (2022). Effects of Moderate Enzymatic Hydrolysis on Structure and Functional Properties of Pea Protein. *Foods*, 11.
5. Xu, B., Li, Z., Guo, Q., Zha, L., Li, C., Yu, P., Chen, M., ... et al. (2025). The Purification and Characterization of a Novel Neutral Protease from Volvariella volvacea Fruiting Bodies and the Enzymatic Digestion of Soybean Isolates. *Journal of Fungi*, 11.
6. Guijiang, L., Chen, W., Qie, X., Zeng, M., Qin, F., He, Z., & Chen, J. (2020). Modification of soy protein isolates using combined pre-heat treatment and controlled enzymatic hydrolysis for improving foaming properties. *Food Hydrocolloids*, 105, 105764.
7. Singh, T., Siddiqi, R. A., & Sogi, D. S. (2021). Enzymatic modification of rice bran protein: Impact on structural, antioxidant and functional properties. *Lwt - Food Science and Technology*, 138, 110648.
8. Glušac, J., & Fishman, A. (2021). Enzymatic and chemical modification of zein for food application. *Trends in Food Science and Technology*, 112, 507-517.
9. Lu, X., Wang, M., Yue, H., Feng, X., Tian, Y., Xue, C., Zhang, T., ... et al. (2024). Novel peptides from sea cucumber intestines hydrolyzed by neutral protease alleviate exercise-induced fatigue via upregulating the glutaminemediated Ca²⁺ /Calcineurin signaling pathway in mice. *Journal of Food Science*.

10. Du, Q., Li, H., Tu, M., Wu, Z., Zhang, T., Liu, J., Ding, Y., ... et al. (2024). Legume protein fermented by lactic acid bacteria: Specific enzymatic hydrolysis, protein composition, structure, and functional properties. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 238, 113929 .
11. Vieco-Saiz, N., Belguesmia, Y., Raspoet, R., Auclair, E., Gancel, F., Kempf, I., & Drider, D. (2019). Benefits and Inputs From Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins as Alternatives to Antibiotic Growth Promoters During Food-Animal Production. *Frontiers in Microbiology*, 10.
12. Vogelsang-O' Dwyer, M., Sahin, A., Bot, F., O' Mahony, J., Bez, J., Arendt, E., & Zannini, E. (2022). Enzymatic hydrolysis of lentil protein concentrate for modification of physicochemical and techno-functional properties. *European Food Research and Technology*, 249, 573-586.
13. Ayantokun, A. S., Matambo, T., Rashama, C., Merwe, I. V., & Niekerk, J. (2025). A critical review of food waste and poultry manure anaerobic co-digestion: an eco-friendly valorization for sustainable waste management and biogas production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
14. Pham, V., Kim, J., Shim, J., Chang, S., & Chung, W. (2021). Purification and Characterization of Strong Simultaneous Enzyme Production of Protease and α -Amylase from an Extremophile-Bacillus sp. FW2 and Its Possibility in Food Waste Degradation. *Fermentation*.
15. Madhu, P. (2016). Utilization of Dairy Effluent for Food Grade Protease Production Using Bacillus sp.. *American Journal of BioScience*, 4, 90.
16. Liang, P., Chen, S., Fang, X., & Wu, J. (2023). Recent advance in modification strategies and applications of soy protein gel properties.. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23 1, 1-21 .
17. Kårlund, A., Paukkonen, I., Gómez-Gallego, C., & Kolehmainen, M. (2021). Intestinal Exposure to Food-Derived Protease Inhibitors: Digestion Physiology- and Gut Health-Related Effects. *Healthcare*, 9.
18. Tournier, C., & Forde, C. (2023). Food oral processing and eating behavior from infancy to childhood: evidence on the role of food texture in the development of healthy eating behavior. *Critical reviews in food science and nutrition*, 64, 9554 - 9567.
19. Xia, L., Cao, L., Yang, Y., Ti, C., Liu, Y., Smith, P., Groenigen, K. V., ... et al. (2023). Integrated biochar solutions can achieve carbon-neutral staple crop production. *Nature Food*, 4, 236 - 246.


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。