

Protein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidase : 蛋白水解去苦、風味成熟與游離胺基酸釋放的胺基肽酶

Enzymes.bio 研究團隊 · 紐西蘭威靈頓 · June 22, 2026

Protein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidase (胺基肽酶) 是一類外切肽酶，主要從胜肽或蛋白水解片段的 N 端逐步釋放胺基酸，常用於蛋白水解後段處理、風味調整與蛋白水解物去苦。其產業價值來自「與內切蛋白酶互補」：內切酶先把蛋白質切成較短胜肽，胺基肽酶再修飾 N 端胜肽組成，進一步改變苦味、鮮味、可溶性與游離胺基酸分布。

Enzymes.bio 以供應商角色提供 1 kg 單位線上銷售的 Aminopeptidase 產品；CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，便於工廠端做文件留存與安全管理。

胺基肽酶是什麼：在蛋白水解中的位置

胺基肽酶 (aminopeptidase) 屬於外切型肽酶，與直接切入蛋白質內部肽鍵的內切蛋白酶不同；它的典型作用是辨識胜肽的游離 N 端，逐步移除最前端的胺基酸。這種「由端點往內修剪」的特性，使 Aminopeptidase 特別適合用在已經被蛋白酶初步水解的基材，例如乳蛋白、大豆蛋白、魚肉蛋白、酵母蛋白、膠原或其他含蛋白副產物的水解液中。微生物來源的胺基肽酶在生物技術、食品加工與風味相關應用中受到重視，原因正是它們能改變短胜肽與游離胺基酸的比例，而這些小分子直接影響口感、鮮味、苦味與後續發酵表現 ^[1]。

在實務上，Protein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidase 通常不是蛋白水解的第一刀，而是「修飾水解結果」的工具。內切蛋白酶負責快速降低分子量、打開蛋白結構；胺基肽酶則進一步處理內切酶產生的短胜肽，尤其是 N 端帶有疏水性殘基、脯胺酸相關結構，或其他容易造成苦味與配方不穩定的胜肽片段。這也解釋了為什麼胺基肽酶常被歸入風味酵素、蛋白水解酵素與去苦酵素的交集，而不是單純視為一般蛋白酶替代品 ^[2]。

主要應用：去苦、風味成熟與蛋白原料升級

蛋白水解物去苦

蛋白水解物的苦味，常來自含疏水性胺基酸殘基的短胜肽；這些胜肽可能在蛋白質被內切酶大量切割後累積，造成飲品、營養配方、調味粉或發酵基底出現明顯苦味。胺基肽酶的價值在於，它能沿著 N 端逐步剪除胺基酸，讓原本具有苦味感受的短胜肽變成較不苦的片段或游離胺基酸。文獻對微生物胺

胺基酶的生物技術用途中，已將食品風味改善與蛋白水解物處理列為重要方向；這類用途的核心並非「提高總蛋白含量」，而是改變水解後小分子氮的組成 [1]。

去苦效果通常取決於三個層面：第一，原料蛋白本身的胺基酸組成；第二，前段內切蛋白酶產生的胜肽分布；第三，所用胺基酶對 N 端殘基與鄰近位置的偏好。若水解液中主要苦味胜肽可被胺基酶有效辨識，去苦效果會較明顯；若苦味主要來自無法被該酵素接近的結構、環狀或特殊修飾胜肽，效果就可能受限。這也是為什麼胺基酶常被定位為蛋白水解後段的精修工具，而非能保證消除所有苦味的單一解法 [3]。

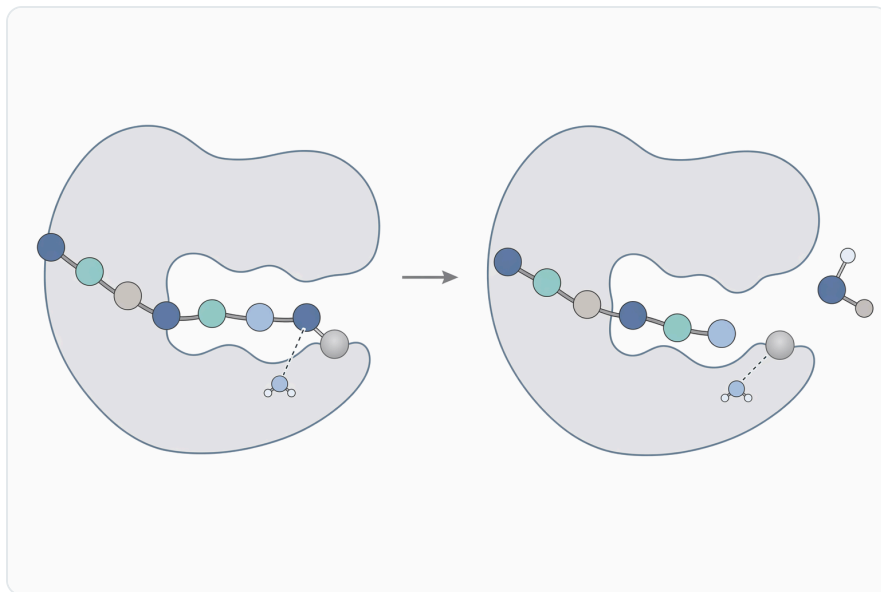


Figure 1. 胺基酶作為外肽酶，會從肽片段游離的 N 端逐步移除殘基。

調味料、醬料與發酵風味成熟

在醬油、發酵調味料、酵母抽出物、肉味基底與海鮮風味粉等產品中，游離胺基酸與短胜肽是風味骨架的重要來源。胺基酶能提高 N 端胺基酸釋放，進而影響鮮味、厚味、甜味、苦味與發酵後香氣前驅物的平衡。這類應用的目標通常不是追求完全水解，而是讓水解液在特定時間內達到較穩定的風味輪廓，降低批次間因發酵或蛋白分解不均造成的口感差異 [1]。

胺基酶在風味成熟中的角色也與「反應底物供應」有關。游離胺基酸可作為後續熱反應或發酵代謝的前驅物，例如在調味基底加熱時參與梅納反應，或在微生物發酵中被轉化為揮發性香氣物質。這並不表示胺基酶本身製造香氣，而是它透過釋放可反應的小分子，讓後續加工更容易建立目標風味。對 B2B 配方開發而言，這種間接但可設計的作用，往往比單純提高水解率更有商業意義 [2]。

機能性蛋白水解物與營養配方

在蛋白飲、醫療營養、特殊營養配方與高蛋白即食產品中，蛋白水解常被用來改善溶解性、降低黏度、調整消化特性或產生特定胜肽分布。然而，高水解度經常伴隨苦味增加與感官接受度下降。胺基肽酶可作為「降低苦味與提高游離胺基酸」的後處理工具，使蛋白水解物更容易被導入風味敏感的配方中 [1]。

這類應用仍需要區分「感官改善」與「健康宣稱」。胺基肽酶能合理支持的技術主張，是改變蛋白水解物的小分子組成、胜肽長度分布與游離胺基酸釋放；至於特定生理效果、吸收率提升幅度或臨床效益，必須依產品類別與當地法規取得相應證據。以技術文件角度，較穩健的說法是：

Aminopeptidase 可協助製備更適合配方應用的蛋白水解原料，而非直接宣稱特定醫療或治療效果 [1]。

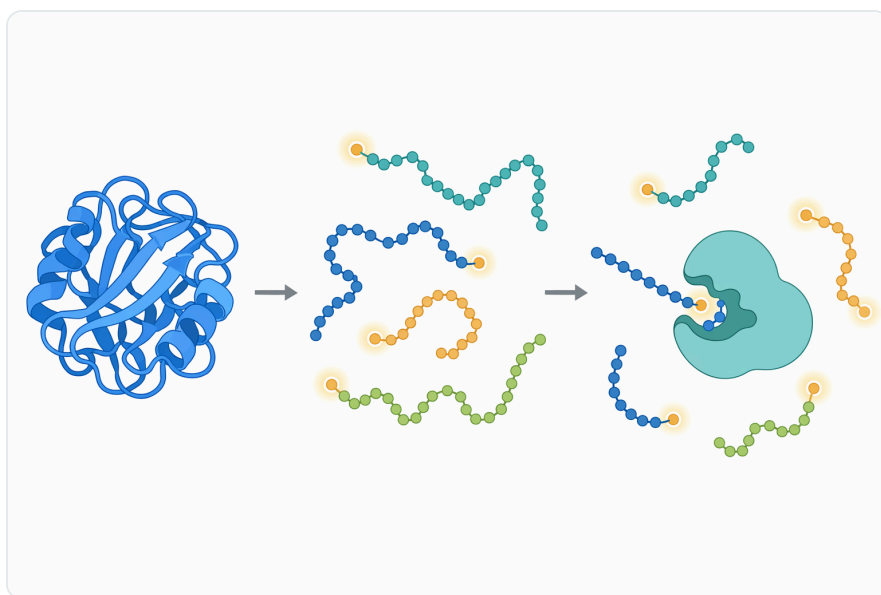


Figure 2. 預先展開或初步水解可暴露肽鏈末端，使胺基肽酶能有效進行修剪。

動物飼料與副產物再利用

魚粉、肉骨粉、植物蛋白粕、發酵蛋白與屠宰或水產副產物，都可能透過酵素水解提升可加工性與原料價值。胺基肽酶在這裡的功能是增加小胜肽與游離胺基酸比例，改善蛋白質水解液的均一性，並降低部分由短胜肽造成的苦味或異味。對飼料端而言，最終效益仍需回到動物品種、日糧設計、原料成本與生長表現；但在蛋白原料前處理階段，胺基肽酶提供了一種比單純高溫或酸鹼水解更溫和、可搭配其他蛋白酶的選項 [1]。

副產物再利用的重點是「把難以直接使用的蛋白資源轉成可配方化原料」。例如魚類、肉類或膠原相關副產物經內切酶處理後，常仍含有會影響口感或溶解性的胜肽片段；胺基肽酶可進一步修飾這些片段，使水解液更適合乾燥成粉、加入調味基底，或作為發酵培養基中的氮源。此處的經濟價值取決於原料價格、乾燥成本、風味要求與終端用途，而不是單靠酵素本身即可決定。

作用機制：為什麼 Aminopeptidase 能改變胜肽風味

從 N 端逐步水解肽鍵

胺基肽酶的基本催化邏輯，是讓胜肽 N 端進入酵素活性部位，使靠近 N 端的第一個肽鍵被水分子水解。與非選擇性水解相比，酵素的結合口袋會辨識底物的 N 端胺基、側鏈大小、電荷與鄰近胜肽鍵位置，因此不同胺基肽酶對 Leu、Ala、Met、Arg、Pro 相關序列等底物可能有不同偏好。M1 family aminopeptidase 的研究顯示，S1、S1' 與 S2' 等次位點與底物的互動會影響催化效率，代表「N 端第一個胺基酸」之外，鄰近序列也會左右水解結果 [3]。

這種次位點選擇性正是胺基肽酶能用於風味修飾的原因。苦味胜肽通常不是隨機小分子，而是與疏水性側鏈、胜肽長度、序列排列與末端暴露程度有關；當胺基肽酶能逐步移除造成苦味辨識的 N 端殘基時，苦味感受可能降低。相反地，如果苦味片段的關鍵殘基位於胜肽內部，或 N 端被阻擋，則需要內切蛋白酶、其他外切酶或發酵菌酶系共同作用 [3]。

金屬離子參與催化的常見模式

許多胺基肽酶屬於金屬依賴型肽酶，活性部位含有一個或兩個金屬離子，用於活化水分子、極化肽鍵羰基，並穩定水解過渡態。Aeromonas proteolytica 胺基肽酶的機制研究提出雙金屬離子參與肽鍵水解的模型；相關光譜與結晶研究也顯示，磷酸類過渡態類似物可用來描述水解過程中金屬中心與底物的幾何關係 [4]。

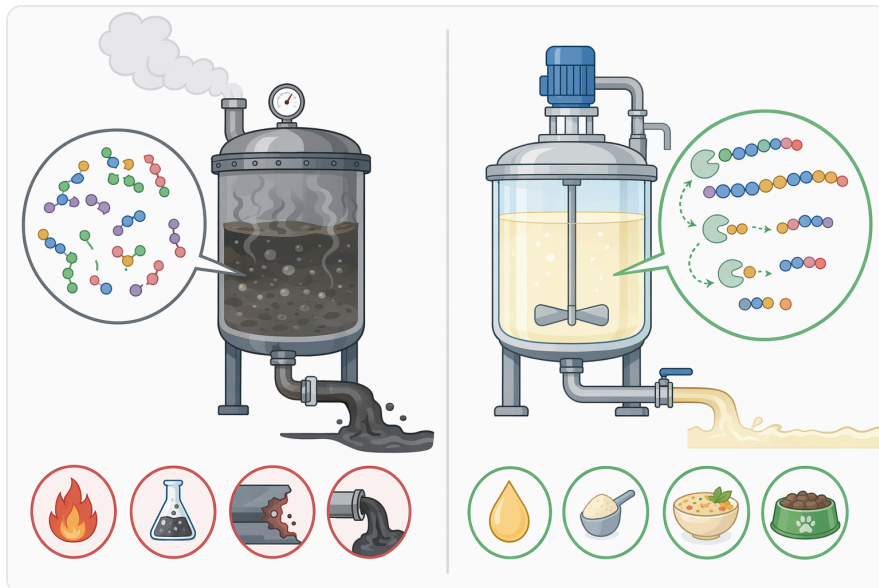


Figure 3. 胺基肽酶不同於化學水解、內切蛋白酶與羧基肽酶，因為它會以受控方式移除 N 端殘基。

在雙鋅 leucine aminopeptidase 的研究中，碳酸氫根曾被提出可作為一般鹼，協助活化水分子進行肽鍵水解；這說明胺基肽酶的反應中心不只是「金屬加水」那麼簡單，而是由金屬離子、活性部位胺基酸殘基、底物定位與周邊小分子共同建立催化環境 [5]。密度泛函理論研究則進一步支持，雙核金屬中心可透過協同方式降低水解反應能障，讓肽鍵在溫和條件下被有效斷裂 [6]。

抑制與失活因素的技術意義

由於不少胺基肽酶依賴金屬中心，製程中的螯合劑、過量特定金屬、極端 pH、過熱或高濃度鹽類，都可能改變酵素結構或活性部位狀態。Leucine aminopeptidase 與 bestatin 抑制的研究顯示，競爭性或過渡態類似物能與活性部位形成穩定相互作用，阻止正常胜肽底物水解；這對工業應用的啟示是，配方中的小分子不一定只是背景成分，有些會直接干擾催化 [7]。

另一個實務重點是「金屬依賴」不代表可任意添加金屬提高效果。不同胺基肽酶的金屬結合位點與最佳金屬狀態不同，錯誤的金屬環境反而可能降低活性或造成產品相容性問題。Streptomyces 雙核胺基肽酶的研究顯示，不同金屬位點在肽鍵與磷酸二酯水解中的角色並不完全相同，代表金屬中心的功能分工會影響酵素表現 [8]。

胺基肽酶與其他蛋白水解酵素的比較

酵素類型	主要切割位置	在蛋白水解製程中的角色	對風味與水解物的影響	常見搭配方式
內切蛋白酶 (endopeptidase)	蛋白或長胜肽 內部肽鍵	快速降低分子量、 打開蛋白結構	可能增加可溶性，但也 可能生成苦味短胜肽	常作為前段 主水解酵素
胺基肽酶 (aminopeptidase)	胜肽 N 端	逐步釋放 N 端胺基 酸，修飾短胜肽	可降低部分苦味、提高 游離胺基酸、調整鮮味 與厚味	常作為後段 或與內切酶 併用 [1]
羧肽酶 (carboxypeptidase)	胜肽 C 端	從 C 端逐步釋放胺 基酸	可改變末端胜肽組成， 與胺基肽酶互補	用於更完整 的外切修飾
Aminopeptidase P	N 端第二位為 脯氨酸的特定 胜肽	處理一般胺基肽酶 較難切的 Xaa-Pro 結構	對含 Pro 的風味胜肽或 生物活性胜肽具有特殊 意義	可與一般胺 基肽酶形成 互補 [2]

從表中可看出，Aminopeptidase 的價值不是取代所有蛋白酶，而是在蛋白水解流程中補上「端點修飾」能力。若只使用內切酶，常能快速降低蛋白分子量，卻未必能控制 N 端胜肽造成的苦味；若加入胺基肽酶，則可進一步把部分短胜肽轉化為游離胺基酸與更短片段。對於風味、可溶性與氮源利用要求高的產品，這種互補關係通常比單一酵素更重要 [1]。

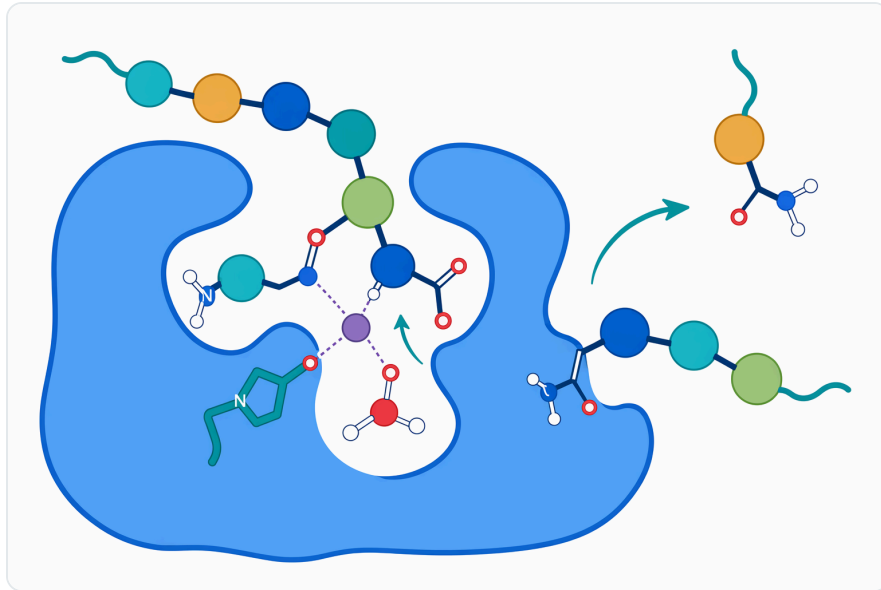


Figure 4. 許多胺基肽酶利用金屬依賴性的活性位點來活化水分子，並加速肽鍵水解。

不同胺基肽酶家族帶來的功能差異

胺基肽酶不是單一酵素，而是一群具有不同來源、結構與底物偏好的酵素。Leucine aminopeptidase 常被用於機制研究，因其對疏水性 N 端殘基有代表性意義；methionine aminopeptidase 則與蛋白質新生鏈 N 端甲硫胺酸移除相關，在微生物生理與藥物標的研究中受到關注 [9]。這些例子提醒使用者：商品名中的 Aminopeptidase 代表功能類別，實際加工效果仍取決於具體酵素來源與配方相容性。

Aminopeptidase P 是另一個值得理解的分支，因為脯胺酸的環狀結構會讓許多肽酶較難切割。Bacterial Aminopeptidase P 的結構功能研究指出，此類酵素對 N 端 Xaa-Pro 胜肽鍵具有特殊水解能力，這使它在處理含 Pro 胜肽、改善特定蛋白水解物組成時具有潛在工業意義 [2]。在乳蛋白、膠原或植物蛋白水解物中，Pro-rich 片段有時會影響口感與水解完全度，因此是否需要此類互補酵素，應視原料與目標產品而定。

也有胺基肽酶展現「moonlighting」或多功能水解特性，例如 *Streptomyces griseus* 來源的雙鋅胺基肽酶除肽鍵水解外，研究中亦討論其對磷酸二酯水解的顯著速率提升。這類基礎研究不代表食品製程要利用其非典型反應，而是顯示金屬水解酵素的活性部位可因金屬配置與底物定位而展現不同催化能力 [10]。

工業導入時的製程考量

與前段蛋白水解流程的相容性

胺基肽酶通常需要可接近的短胜肽作為底物，因此前段蛋白質展開與內切水解會影響其效率。若原料蛋白仍高度聚集、交聯或不溶，胺基肽酶可接觸的 N 端有限，效果會受限制；若前段水解過度，則可能已經累積大量游離胺基酸，後段再加入胺基肽酶的邊際效益也會下降。理想情境是內切酶先建立足夠的短胜肽底物，再由胺基肽酶修飾苦味與游離胺基酸分布 [1]。

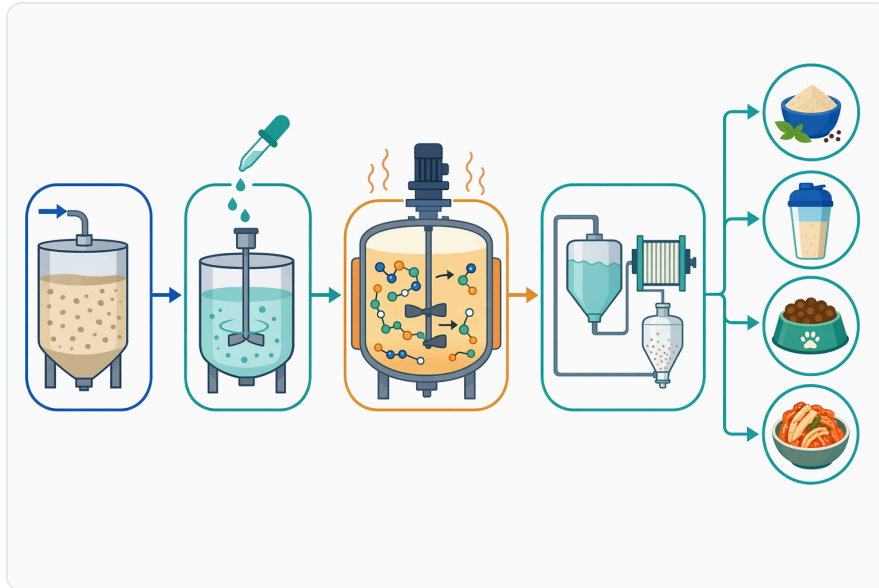


Figure 5. 典型的水解流程會先使用內切蛋白酶產生肽片段，接著由胺基肽酶修剪，以增加較小肽和游離胺基酸的含量。

此處的關鍵不是追求最高水解度，而是設定終端產品的感官與配方目標。飲料用蛋白水解物可能重視低苦味與澄清度；調味基底可能重視鮮味、厚味與反應香氣前驅物；飼料蛋白水解物則可能更在意氮源利用、乾燥穩定性與成本。胺基肽酶的添加點、作用時間與是否搭配其他外切酶，都應回到這些產品目標，而非只用單一水解指標判斷。

pH、溫度與配方背景

不同來源的胺基肽酶對 pH 與溫度的適應性不同；金屬依賴型胺基肽酶還可能受到螯合劑與金屬離子環境影響。從機制角度看，pH 會影響 N 端胺基、活性部位酸鹼殘基與水分子活化狀態；溫度則同時影響反應速率與酵素構形穩定性。因此在實際製程中，胺基肽酶應被視為蛋白質催化劑，而不是耐受所有配方條件的化學添加物 [5]。

若製程含有防腐鹽、螯合劑、還原劑、氧化劑或高濃度風味前驅物，需注意它們可能改變酵素表現。特別是金屬中心參與催化的胺基肽酶，活性位點周圍的配位環境對反應非常重要；結構與抑制研究顯示，小分子與活性部位的結合足以明顯改變水解能力 [11]。這也是為什麼同一酵素在不同蛋白原料、

鹽度或調味配方中，可能呈現不同效果。

酵素終止與後續加工

完成目標水解後，工廠通常會透過既有製程條件讓酵素失活或降低作用，例如熱處理、pH 調整、乾燥或與後續分離濃縮流程銜接。這一步的目的，是避免蛋白水解物在儲存或後段加工中持續變化，導致風味漂移、胺基酸過度釋放或小分子比例失衡。由於胺基肽酶會逐步釋放胺基酸，過度作用未必總是有利，尤其在需要保留特定胜肽口感或功能性片段的產品中更要留意 [1]。

對調味品而言，過度水解可能使鮮味上升但苦味、澀味、胺味或發酵異味也同步變化；對營養配方而言，過度釋放游離胺基酸可能影響滲透壓、甜苦平衡與熱反應顏色。換言之，Aminopeptidase 的工業價值在於可控制的修飾，而不是無限制地把所有胜肽切成游離胺基酸 [3]。

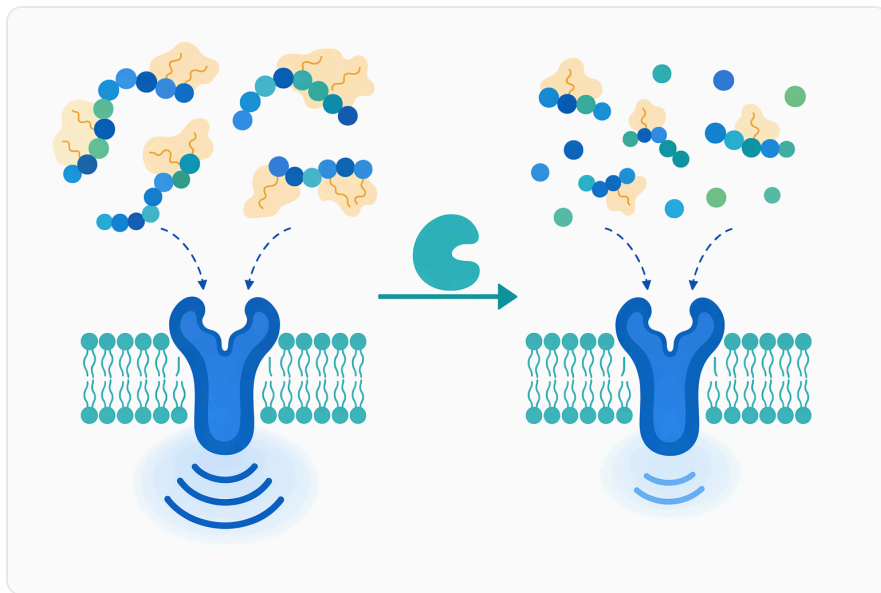


Figure 6. 在某些食品水解物中，胺基酶可透過改變肽分子本身來降低苦味。

證據強度：哪些主張較穩健，哪些需要製程驗證

較穩健的主張包括：胺基肽酶能從 N 端釋放胺基酸；許多胺基肽酶具有金屬依賴型催化中心；底物次位點會影響催化效率；胺基肽酶可與內切蛋白酶形成互補，改變蛋白水解物的胜肽與游離胺基酸組成。這些主張有結構生物學、酵素動力學與生物技術綜述支持，並且能直接解釋其在蛋白水解後段處理中的角色 [4]。

中等強度、需依配方驗證的主張包括：特定原料的去苦幅度、風味成熟加速程度、鮮味提升感受，以及對飼料消化利用的實際經濟效益。這些結果受到原料蛋白、前處理、酵素組合、加工時間、pH、溫度與終端感官標準影響，因此不宜只用單一文獻結果外推到所有製程。較負責任的技術表述是：

Aminopeptidase 具備降低部分苦味胜肽與提高游離胺基酸釋放的機制基礎，但最終效果需在使用者自有製程中確認 [1]。

較不應誇大的主張包括：保證完全去苦、保證提高動物生長表現、保證產生特定生理活性胜肽，或保證取代發酵成熟時間。胺基肽酶能提供明確的催化功能，但食品與飼料產品的終端表現是多因素結果。尤其在風味系統中，苦味降低不一定等於整體接受度提高；游離胺基酸增加也不一定等於鮮味必然提升，因為鹽度、酸度、香氣、糖類與熱反應產物都會共同影響感官結果 [2]。

Enzymes.bio 供應資訊與文件使用方式

Enzymes.bio 提供 Aminopeptidase 作為線上銷售的商業供應品，採 1 kg 單位購買；其角色是酵素供應商，不是酵素製造商，也不是檢測實驗室。對 B2B 使用者而言，這類產品頁資訊適合作為採購與研發團隊了解應用方向、包裝形式與安全文件配置的入口；CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，便於內部收料、倉儲與安全作業留存。

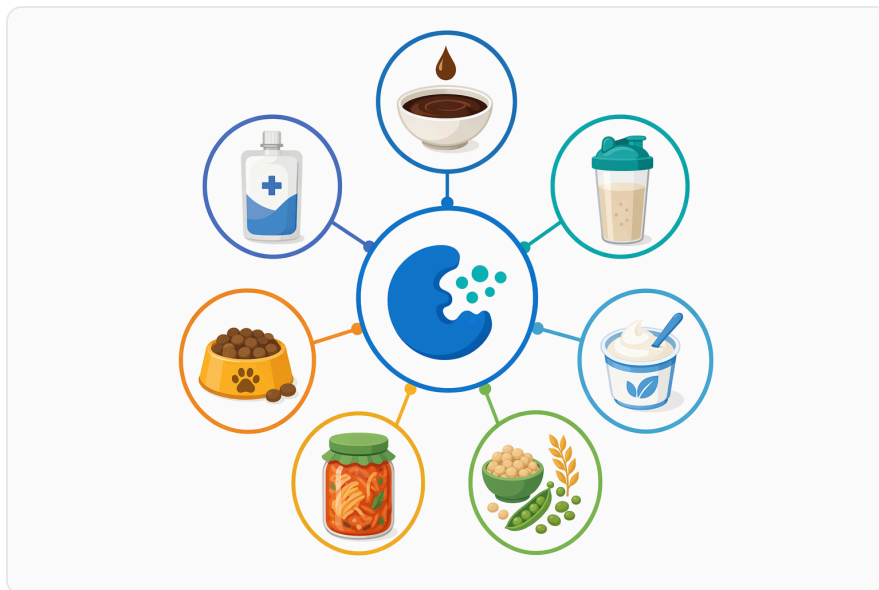


Figure 7. 胺基肽酶在食品水解物、營養配方、肽加工、藥物研發及研究應用等領域皆具有相關性。

在文件解讀上，CoA 可用於確認該批產品隨貨文件資訊，SDS 則用於操作安全、儲存與危害溝通。酵素製劑本質上是蛋白質，粉體或氣膠形式可能造成呼吸道、皮膚或眼部刺激，對敏感人員也可能有致敏風險；因此工廠端應依 SDS 與內部職安規範管理接觸、投料與清潔作業。

結論：Aminopeptidase 適合用在需要「修飾水解結果」的蛋白加工

Protein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidase 的核心價值，是在蛋白水解後段精修短胜肽：降低部分苦味來源、提高游離胺基酸釋放、協助風味成熟，並讓蛋白水解物更容易進入調味料、營養配方、發酵基底、飼料蛋白與副產物再利用等應用。其機制並非模糊的「改善蛋白」，而是透過 N 端逐步水解、底物次位點辨識與金屬依賴催化，實際改變水解液中小分子氮的結構與比例 [6]。

對技術決策者而言，胺基肽酶最適合被視為「與內切蛋白酶互補的風味與水解物修飾工具」。當目標是降低蛋白水解物苦味、建立更穩定的風味基底、增加游離胺基酸或提升蛋白副產物的可配方化程度時，Aminopeptidase 具有清楚的科學基礎與產業應用邏輯；但具體效果仍需依原料、製程條件與產品目標判斷。Enzymes.bio 以 1 kg 單位供應 Aminopeptidase，並隨訂單提供 CoA 與 SDS，適合需要直接取得商業包裝酵素並在自有製程中評估應用的 B2B 使用者。

線上訂購 Protein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidase

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 Hydrolysis Enzymes Aminopeptidase →](#)

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. [Pmc7186005](#). *PubMed Central*.
2. Omar, M. N., Rahman, R. N. Z. R. A., Noor, N. D. M., Latip, W., Knight, V. F., & Ali, M. (2021). [Structure-Function and Industrial Relevance of Bacterial Aminopeptidase P](#). *Catalysts*.
3. Dalal, S., Ragheb, D., & Klemba, M. (2012). [Engagement of the S1, S1' and S2' subsites drives efficient catalysis of peptide bond hydrolysis by the M1-family aminopeptidase from Plasmodium falciparum](#). *Molecular and biochemical parasitology (Print)*, 183, 70 - 77.
4. Chen, G., Edwards, T., D'souza, V. M., & Holz, R. (1997). [Mechanistic studies on the aminopeptidase from Aeromonas proteolytica: a two-metal ion mechanism for peptide hydrolysis](#). *Biochemistry*, 36 14, 4278-86.
5. Sträter, N., Sun, L., Kantrowitz, E., & Lipscomb, W. (1999). [A bicarbonate ion as a general base in the mechanism of peptide hydrolysis by dizinc leucine aminopeptidase](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96 20, 11151-5.

6. Chen, S., Marino, T., Fang, W., Russo, N., & Himo, F. (2008). Peptide hydrolysis by the binuclear zinc enzyme aminopeptidase from *Aeromonas proteolytica*: a density functional theory study. *Journal of Physical Chemistry B*, 112 8, 2494-500 .
7. Burley, S., David, P., & Lipscomb, W. (1991). Leucine aminopeptidase: bestatin inhibition and a model for enzyme-catalyzed peptide hydrolysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88, 6916 - 6920.
8. Ercan, A., Tay, W., Grossman, S., & Ming, L. (2010). Mechanistic role of each metal ion in *Streptomyces* dinuclear aminopeptidase: PEPTIDE hydrolysis and 7x10(10)-fold rate enhancement of phosphodiester hydrolysis. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 104 1, 19-29 .
9. Vanunu, M., Schall, P., Reingewertz, T., Chakraborti, P., Grimm, B., & Barkan, D. (2019). MapB Protein is the Essential Methionine Aminopeptidase in *Mycobacterium tuberculosis*. *Cells*, 8.
10. Ercan, A., Park, H., & Ming, L. (2006). A "moonlighting" dizinc aminopeptidase from *Streptomyces griseus*: mechanisms for peptide hydrolysis and the 4 x 10(10)-fold acceleration of the alternative phosphodiester hydrolysis. *Biochemistry*, 45 46, 13779-93 .
11. Stamper, C. C., Bennett, B., Edwards, T., Holz, R., Ringe, D., & Petsko, G. (2001). Inhibition of the aminopeptidase from *Aeromonas proteolytica* by L-leucinephosphonic acid. Spectroscopic and crystallographic characterization of the transition state of peptide hydrolysis. *Biochemistry*, 40 24, 7035-46 .


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。