

Papain 木瓜蛋白酶：豬皮與魚膠原水解的植物性蛋白酶應用指南

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

Papain (木瓜蛋白酶) 是一種來自木瓜乳汁的植物性半胱氨酸蛋白酶，主要應用於豬皮、魚皮與其他含膠原原料的酵素水解、蛋白改質、肉品嫩化與膠原肽製程。

在膠原加工中，papain 的價值不在於「完全專一地切割膠原三股螺旋」，而是在溫和條件下切割可接近的胜肽鍵、鬆動非螺旋端區與已部分變性的膠原結構，進而提高可溶性蛋白與膠原胜肽的生成效率。

Enzymes.bio 供應此類 papain 膠原水解酵素，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，供批次追溯與安全處理參考。

酵素名稱與主要應用

酵素名稱：Papain (木瓜蛋白酶)

主要應用：豬皮與魚膠原水解、魚皮膠原萃取輔助、膠原蛋白水解物製備、肉品與海鮮質地改良、蛋白質加工改質。

Papain 屬於半胱氨酸蛋白酶，廣泛用於食品加工與生物技術流程，常見用途包括蛋白質水解、肉品嫩化、澄清輔助與蛋白原料改質；多篇綜述指出，papain 的工業價值來自其廣泛底物適應性、相對溫和的反應條件，以及可與既有食品製程整合的彈性^[1]。在膠原相關應用中，它常被用作「collagen hydrolase enzyme」或膠原蛋白水解輔助酵素，特別適合處理魚皮、豬皮、皮革邊料與其他富含結締組織的副產物。

需要釐清的是，papain 並非只針對膠原的高度專一性 collagenase。真正的膠原酶通常能更直接攻擊天然三股螺旋膠原，而 papain 的角色更接近廣譜蛋白酶：它可切割暴露區域、非螺旋端肽、已受熱或酸鹼處理而鬆動的蛋白鏈，以及膠原基質中伴隨存在的非膠原蛋白^[2]。因此，在實務上，papain 常與清洗、去脂、切碎、酸處理或溫和熱處理等前段步驟搭配，以提升酵素可接觸面積與水解效率。

為什麼 papain 適合豬皮與魚膠原加工？

豬皮與魚皮的共同特徵是含有大量膠原纖維，但原料組成差異明顯。豬皮通常脂肪與結締組織比例較高，魚皮則可能伴隨脂質氧化、魚腥味與較脆弱的蛋白結構；若完全依賴強酸、強鹼或長時間高溫處理，可能造成胜肽過度裂解、顏色加深、風味劣化或功能性片段流失。研究已顯示，papain 可作為較「綠色」的膠原萃取與水解工具，用於提高皮革原料邊料中膠原回收與降低嚴苛化學處理需求^[3]。

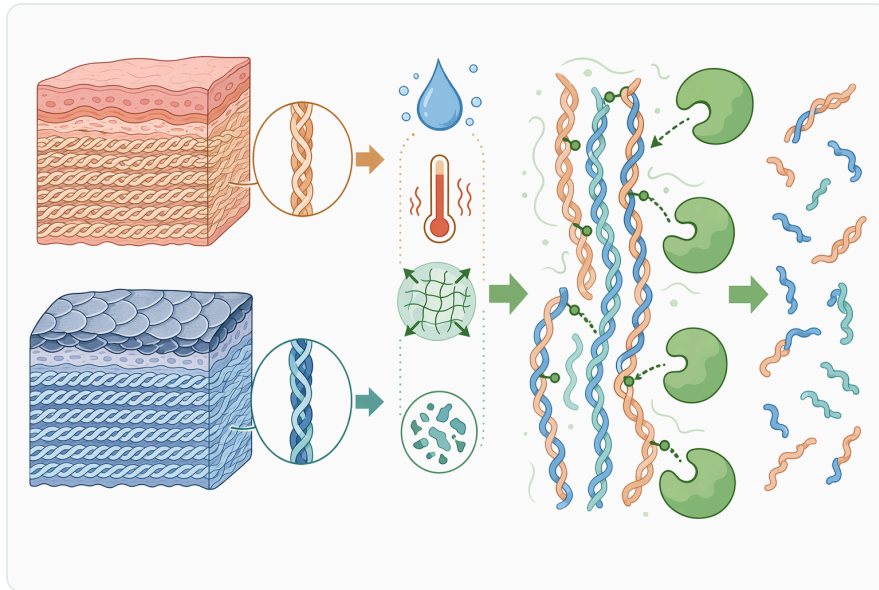


Figure 1. 在前處理使肽鍵於物理上更容易被接觸後，木瓜蛋白酶能最有效地水解膠原蛋白。

魚膠原加工尤其重視氣味、溶解性與分子量分布。以鮭魚皮等高脂魚皮為例，研究指出水解與去脂流程會影響最終水解膠原的魚腥味、脂質殘留與產品接受度；這代表酵素水解不是單一反應，而是與原料清潔、脂質控制、熱歷程與後段乾燥共同決定品質^[4]。Papain 在此類流程中的定位，是透過可控水解降低大分子膠原黏度、增加可溶性胜肽，同時避免過度處理造成苦味或低分子片段過多。

在大黃魚魚皮膠原研究中，papain 被用於促進膠原溶出並改善功能特性，顯示其可協助魚皮副產物轉化為具應用價值的蛋白原料^[5]。對 B2B 配方與製程而言，這類應用的商業意義不只在「提高萃取率」，也包括讓魚皮、豬皮等低價副產物轉化為膠原肽粉、飲品基底、營養補充品成分、寵物營養原料或化妝品概念成分。

作用機制：papain 如何水解膠原與結構蛋白？

Papain 的催化核心依賴活性部位中的半胱氨酸與組氨酸殘基。反應過程可簡化為：活性半胱氨酸的硫醇基被活化後，攻擊蛋白質肽鍵的羰基碳，形成短暫的酰基酵素中間體；接著水分子參與水解，使肽鍵斷裂並釋放較短胜肽。這類半胱氨酸蛋白酶機制，是 papain 在蛋白水解、食品加工與生物技術應用中被廣泛研究的基礎^[6]。

膠原分子具有三股螺旋結構，富含甘胺酸、脯胺酸與羧脯胺酸，天然狀態下對許多一般蛋白酶相對耐受。然而，膠原並非整條分子都同樣難以攻擊；其端肽區、交聯鬆動區、已受熱變性的區域，以及加工過程中暴露出的非螺旋片段，都可能成為 papain 的作用位點。當原料先經切碎、浸潤、溫和酸化、去脂或加熱後，蛋白鏈可及性增加，papain 對膠原基質的水解效果通常更明顯。

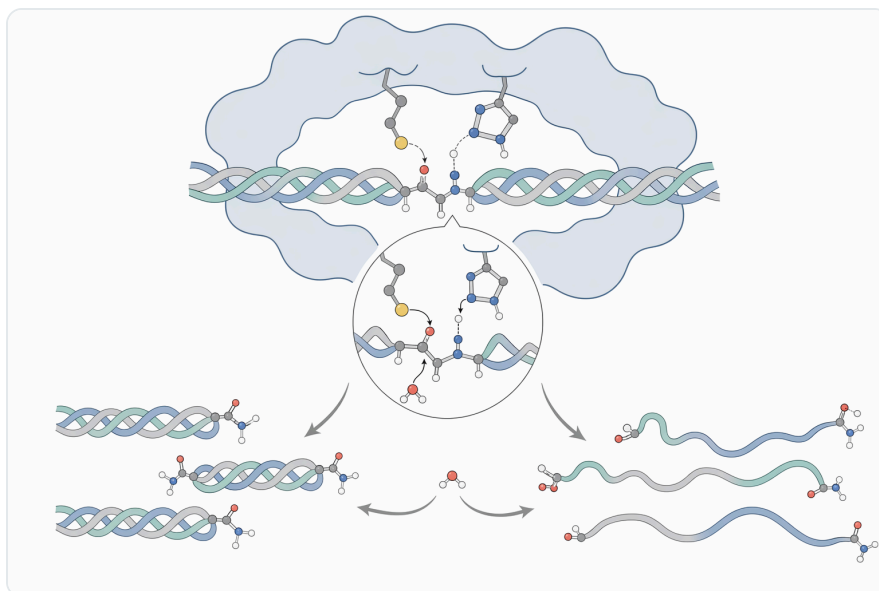


Figure 2. 木瓜蛋白酶是一種半胱氨酸蛋白酶，會反覆切割可接觸的肽鍵，將大型膠原蛋白或明膠鏈轉化為較短的胜肽。

Papain 的廣泛底物專一性也是其優勢。它不只作用於膠原，還能分解肌原纖維蛋白、彈性蛋白周邊蛋白、血漿蛋白與其他雜蛋白，使複雜動物組織中的蛋白網絡被局部鬆動。肉品加工研究指出，papain 可改變肉品蛋白結構、降低咀嚼硬度並促進嫩化，但若控制不當也可能導致表層過度軟化，因此反應時間、接觸方式與終止步驟是產品質地管理的關鍵^[7]。

與其他蛋白酶或處理方式的比較

下表以產業應用角度比較 papain 與常見膠原加工策略。此表為技術定位說明，實際結果仍取決於原料來源、前處理、配方條件與終端產品規格。

處理方式	主要作用特徵	對膠原加工的優點	可能限制	適合場景
Papain 木瓜蛋白酶	廣譜半胱氨酸蛋白酶，切割可接近蛋白區域	條件相對溫和，可提升可溶性胜肽與蛋白交質效率	非高度膠原專一；需控制過度水解	豬皮、魚皮膠原水解，膠原肽製程，肉品嫩化
Pepsin 胃蛋白酶	酸性條件下作用，常切割端肽區	常用於酸溶性膠原萃取輔助	酸性條件可能不適合所有配方與設備	魚皮膠原萃取、研究型膠原製備

處理方式	主要作用特徵	對膠原加工的優點	可能限制	適合場景
Trypsin 胰蛋白酶	偏好特定位點切割	可產生較可預期的切割模式	對複雜組織基質的鬆動能力受限	特定蛋白水解與胜肽製備
微生物 collagenase	對膠原螺旋具較高針對性	可直接降解天然膠原結構	成本、法規與底物選擇需評估	組織分離、特定生技流程
強酸 / 強鹼 / 高溫	非酵素性破壞蛋白結構	反應強、設備概念簡單	可能造成風味、顏色與活性片段損失	明膠、粗蛋白轉化、非高附加價值用途

Papain 與 pepsin-trypsin 等酵素系統都曾被用於魚皮膠原胜肽製備，並比較其 ACE 抑制與 DPP-IV 抑制等體外活性；研究顯示不同酵素會產生不同胜肽組成，進而影響功能性表現^[8]。這點對企業開發膠原肽產品很重要：選擇 papain 不只是為了「水解得更快」，而是為了取得特定分子量分布、溶解性、風味與潛在生物活性的平衡。

膠原胜肽與功能性的科學證據

酵素水解膠原可產生較短胜肽，這些胜肽可能具有抗氧化、金屬螯合、ACE 抑制、DPP-IV 抑制或皮膚保護相關的體外活性。不過，功能性並不由酵素名稱單獨決定，而是由原料物種、膠原型態、切割位點、分子量分布、胺基酸序列與後段純化共同決定。海參膠原以酵素水解製備抗氧化胜肽的研究指出，水解條件會影響胜肽的抗氧化能力與組成^[9]。

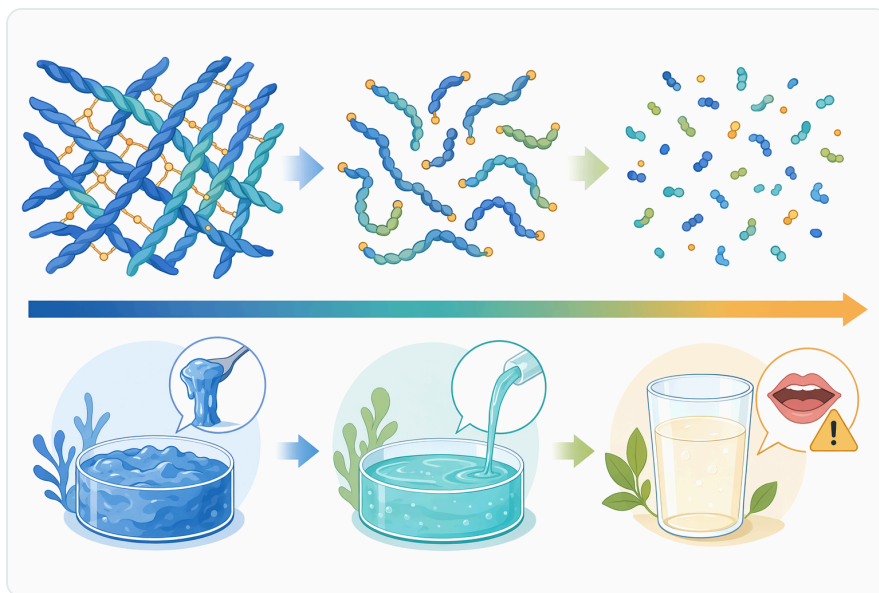


Figure 3. 隨著水解程度提高，膠原蛋白會由纖維狀高分子材料轉變為更小、溶解度更高的胜肽餽分。

魚皮來源膠原也有類似趨勢。大目鮪魚皮經酸-酵素水解取得的膠原，在化學特性與抗氧化表現上顯示可作為功能性蛋白原料的潛力^[10]。這類研究支持「魚皮副產物升級」的加工方向，但不代表任何 papain 水解物都自動具有相同功效；若終端用途涉及食品、保健品或化妝品宣稱，仍需由品牌方依產品配方、當地法規與自有驗證資料進行判斷。

近年也有研究關注膠原活性胜肽的結構—活性關係。複合酵素水解研究指出，胜肽序列、疏水性殘基、分子大小與構形會影響其活性表現，代表製程設計應以目標功能反推水解策略，而非只追求最高水解程度^[11]。對 papain 應用而言，合理的目標通常是取得可溶、風味可接受、分布穩定且符合終端配方需求的膠原水解物。

動物研究也提供了膠原攝取與皮膚光老化之間的生物學線索。例如，河豚來源膠原與膠原水解物在紫外線誘導皮膚光老化小鼠模型中顯示保護效果，涉及皮膚組織結構、氧化壓力與膠原代謝相關指標的改善^[12]。這類證據支持膠原水解物作為美容營養成分的研究方向，但仍應避免將原料酵素本身等同於最終產品功效。

製程整合：從原料到水解物的關鍵控制點

在豬皮與魚皮加工中，papain 通常不是第一個步驟。原料需先去除可見雜質、血污、部分脂質與非目標組織，再透過切碎或研磨增加表面積；魚皮還常需特別管理脂肪氧化與腥味來源。鮭魚皮水解膠原研究顯示，去脂流程會影響水解膠原的氣味與品質，說明前處理與酵素反應同樣重要^[4]。

反應環境通常會設定在 papain 可維持活性的溫和範圍，並避免極端酸鹼或過度加熱造成酵素失活與蛋白不可逆變性。研究 papain 活性最佳化時，常見變因包括酸鹼環境、溫度、時間與底物狀態；這些變因之間存在交互作用，因此放大製程不能只依單一條件判斷^[13]。在產業現場，常見做法是以小規模試產建立水解曲線，再依溶解性、黏度、感官與終端配方表現調整流程。

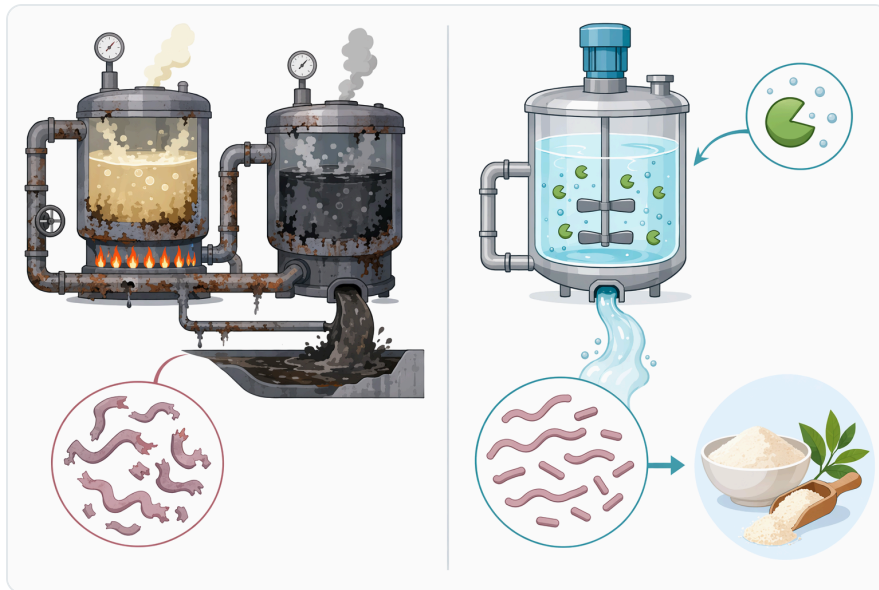


Figure 4. 酸輔助、木瓜蛋白酶、鹼性及分階段製程，會以不同方式影響膠原蛋白的可及性、胜肽生成與下游材料性質。

反應終止也很關鍵。若 papain 持續作用，膠原水解物可能出現過度低分子化、苦味增加、黏度下降過頭或凝膠功能喪失等問題。因此在達到目標水解程度後，通常會透過熱處理或條件調整使酵素失活，再進入固液分離、濃縮、脫味、乾燥或配方化步驟。這些後段單元操作會影響粉體流動性、溶解速度、顏色與風味穩定性。

主要產業應用

1. 膠原蛋白水解物與膠原肽原料

Papain 可用於豬皮、魚皮或其他動物皮膠原原料的水解，目標是降低大分子蛋白黏度、提升可溶性並產生較易配方化的胜肽混合物。對膠原飲、粉包、營養補充品或寵物營養原料而言，水解後的溶解性、澄清度、苦味與腥味管理往往比單純蛋白含量更能決定商業可用性。魚皮膠原經 papain 輔助溶出與功能特性評估的研究，支持其在魚副產物升級中的應用價值^[5]。

2. 魚皮與水產副產物加值

水產加工會產生大量魚皮、魚鱗、魚骨與修整邊料，其中魚皮是膠原的重要來源。以酵素方式處理魚皮，可降低對高強度化學處理的依賴，並使加工條件更適合保留胜肽品質。大目鯖魚皮與其他魚種皮膠原研究顯示，魚皮來源膠原具有可進一步開發為抗氧化或功能性蛋白原料的潛力^[10]。

3. 豬皮與皮革邊料膠原回收

豬皮與皮革邊料含有豐富結締組織，但也可能伴隨脂肪、鹽分與加工殘留，因此需要更完整的原料管理。Papain 被研究作為皮革原料邊料膠原萃取的較環境友善策略，可協助提升膠原回收並降低部分傳統化學處理負擔^[3]。對企業而言，這代表副產物不一定只能低價處理，也可能轉化為明膠、膠原水解物或其他蛋白基材料的前段原料。

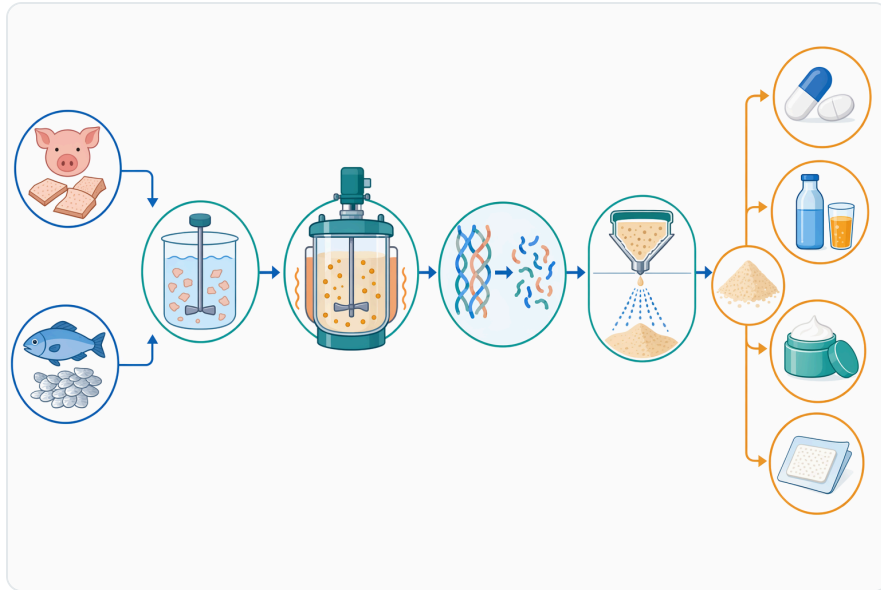


Figure 5. 典型的木瓜蛋白酶膠原蛋白水解流程，會從原料準備開始，經過酵素反應控制，再進入下游的澄清、濃縮、乾燥或混合等步驟。

4. 肉品與海鮮質地改良

Papain 是經典肉品嫩化酵素，可切割肌肉與結締組織中的蛋白質，使口感變軟、烹調時間縮短，並改善較韌部位的加工適性。肉品應用研究指出，papain 可影響蛋白結構與嫩度，但使用過量或作用時間過長會造成表面糊化、失去咀嚼感或出水問題^[7]。因此在肉品與海鮮製程中，papain 更適合被視為精準質地調整工具，而非單純「越多越好」的添加物。

5. 蛋白澄清與加工改質

Papain 也可用於某些蛋白混濁或沉澱問題的輔助處理，例如將大分子蛋白切割為較不易聚集的片段，以改善過濾、離心或配方穩定性。食品工業中 papain 的應用趨勢顯示，它可在飲料、發酵產品、蛋白原料與副產物利用中扮演加工助劑角色^[6]。不過，澄清用途需考量終端產品風味、標示與法規定位，並由使用方依當地規範確認。

品質、安全與文件資訊

Papain 是蛋白質性酵素粉體，處理時應避免吸入粉塵、避免眼睛與皮膚直接接觸，並依 SDS 建議採取通風、手套、護目鏡與粉塵控制等措施。酵素粉體對部分敏感人員可能引發刺激或過敏反應，因此企業在導入製程時，應將其納入一般酵素原料的職業安全管理。

Enzymes.bio 是供應商，不是製造商，也不是實驗室。此產品以 1 kg 單位在線上直接銷售；CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，用於批次資訊、基本品質追溯與安全處理參考。本文提供的是技術背景與應用說明，不取代企業內部的製程驗證、法規審查或終端產品功效確認。



Figure 6. 經木瓜蛋白酶處理的膠原蛋白水解物，可依原料品質與法規背景，應用於食品與營養、化妝品、寵物營養，以及技術性蛋白質加工領域。

實務判斷：何時適合選用 papain ？

若目標是將豬皮、魚皮或其他膠原原料轉化為可溶性蛋白水解物，並希望降低強酸鹼或長時間高溫造成的品質風險，papain 是值得評估的酵素選項。它特別適合需要溫和水解、提升溶解性、改善黏度、處理結締組織、或將水產與畜產副產物升級為膠原肽原料的流程。

若目標是高度保留完整三股螺旋膠原，papain 的使用需更保守，因為它可能切割非螺旋端區與暴露胜肽鍵，進而改變分子完整性。相反地，若目標是膠原水解物、膠原胜肽、嫩化肉品或蛋白改質，papain 的廣譜水解能力反而是優勢。與 pepsin、trypsin 或微生物 collagenase 相比，papain 的定位在於加工彈性與實務可整合性，而不是單一位點的高度專一切割。

整體而言，Papain 木瓜蛋白酶是豬皮與魚膠原水解中實用且研究基礎充足的植物性蛋白酶。它能在溫和加工條件下促進膠原基質鬆動與胜肽生成，並可延伸至膠原肽、魚皮副產物加值、肉品嫩化與蛋白加工改質等場景。對 B2B 使用者而言，導入 papain 的核心不只是選擇一種酵素，而是將原料前處

理、反應控制、終止步驟與後段品質管理整合成可重複的製程。

線上訂購 Papain 650,000 U/G Pigskin Fish Collagen Hydrolase 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 Papain 650,000 U/G Pigskin Fish Collagen Hydrolase 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. Shouket, H. A., Ameen, I., Tursunov, O., Kholikova, K., Pirimov, O., Kurbonov, N., Ibragimov, I., ... et al. (2020). Study on industrial applications of papain: A succinct review. *IOP Conference Series: Earth and Environment*, 614.
2. Sorapukdee, S., Sumpavapol, P., Benjakul, S., & Tangwatcharin, P. (2020). Collagenolytic proteases from Bacillus subtilis B13 and B. siamensis S6 and their specificity toward collagen with low hydrolysis of myofibrils. *Lwt - Food Science and Technology*, 126, 109307.
3. Maliha, M., Rashid, T., & Rahman, M. M. (2024). A green strategy for collagen extraction from tannery raw trimmings using papain enzyme: Process optimization by MW-TOPSIS for enhanced yield. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130040 .
4. Nilswan, K., Chantakun, K., Chotphruethipong, L., & Benjakul, S. (2021). Development of Hydrolysis and Defatting Processes for Production of Lowered Fishy Odor Hydrolyzed Collagen from Fatty Skin of Sockeye Salmon (Oncorhynchus nerka). *Foods*, 10.
5. Wang, B., Li, W., Liu, S., Hu, X., Zhang, S., & Yang, S. (2023). Extraction Process Optimization and Functional Characteristics of by Papain Solubilized Collagen from Large Yellow Croaker (Pseudosciaena crocea) Skin. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*.
6. Fernández-Lucas, J., Castaneda, D., & Hormigo, D. (2017). New trends for a classical enzyme: Papain, a biotechnological success story in the food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 68, 91-101.
7. Israelian, V., Holembovska, N., & Slobodyanyuk, N. (2021). Application of papain enzyme in technology of meat products. *Animal Science and Food Technology*.
8. Elisha, C., Bhagwat, P., Amobonye, A., & Pillai, S. (2026). ACE inhibitory and DPP-IV inhibitory activity of collagen peptides derived from the snapper salmon (Otolithes ruber) skin collagen via papain and pepsin-trypsin hydrolysis. *Collagen and Leather*.

9. Jin, H., Xu, H., Li, Y., Zhang, Q., & Xie, H. (2019). Preparation and Evaluation of Peptides with Potential Antioxidant Activity by Microwave Assisted Enzymatic Hydrolysis of Collagen from Sea Cucumber *Acaudina Molpadioides* Obtained from Zhejiang Province in China. *Marine Drugs*, 17.
10. Devita, L., Nurilmala, M., Lioe, H., & Suhartono, M. (2021). Chemical and Antioxidant Characteristics of Skin-Derived Collagen Obtained by Acid-Enzymatic Hydrolysis of Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*). *Marine Drugs*, 19.
11. Hu, X., Yan-Yang, Chang, C., Li, J., Su, Y., & Gu, L. (2023). The targeted development of collagen-active peptides based on composite enzyme hydrolysis: a study on the structure-activity relationship. *Food & Function*.
12. Chen, B., Lin, S., Yang, X., Cai, S., Qiao, K., Tang, H., Xu, M., ... et al. (2024). Oral Intake of Collagen and Collagen Hydrolysate From *Takifugu bimaculatus* Attenuates Ultraviolet-Induced Skin Photoaging in Mice. *Food Science & Nutrition*, 12, 10605 - 10617.
13. Dejene, F., Molla, Y., & Wedajo, B. (2024). Optimization of Papain Enzyme Activity Using a Response Surface Methodology Approach. *American Journal of Biological and Environmental Statistics*.


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。