

木瓜蛋白酶 Papain Enzyme For Protein Hydrolysis : 蛋白質水解、肉品嫩化與副產物升值應用指南

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

Papain Enzyme For Protein Hydrolysis 是以木瓜蛋白酶 (papain) 為核心的蛋白質水解用酵素，主要用於將高分子蛋白質切割為較短胜肽與胺基酸片段。Papain 屬於半胱胺酸內切蛋白酶，來源通常與木瓜 (*Carica papaya*) 乳膠相關，已被研究於食品蛋白水解、肉品嫩化、乳品加工、水產副產物利用、飼料與油脂萃取等應用場景^[1]。對 B2B 使用者而言，它的價值不在於單一「添加效果」，而在於可透過受控水解改變蛋白原料的溶解性、質地、消化性、分散性與後續加工適配性。

酵素名稱與主要應用定位

酵素名稱： Papain，中文常稱木瓜蛋白酶。

主要應用： 蛋白質水解、蛋白水解物製備、肉品嫩化、水產與畜產副產物升值、飼料蛋白處理、乳品與植物性食品加工、油脂萃取輔助，以及部分非食品材料表面改質應用。

Papain 是一類以半胱胺酸殘基參與催化的蛋白酶，常見來源為未成熟木瓜果實乳膠；木瓜乳膠本身可能含有多種蛋白水解酵素，而 papain 是最具代表性且工業應用文獻相當多的一種^[2]。在 Enzymes.bio 的產品脈絡中，Papain Enzyme For Protein Hydrolysis 被定位為蛋白質水解用途的酵素原料，適合需要在線上以 **1 kg 單位** 採購並進行配方或製程導入的使用者；Enzymes.bio 是供應商，不是製造商，也不是實驗室，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供。

Papain 如何進行蛋白質水解？

半胱胺酸蛋白酶的催化核心

Papain 的核心功能是水解蛋白質中的胜肽鍵。從機制上看，活性中心的半胱胺酸硫醇基與鄰近鹼性殘基共同形成具親核性的催化環境；當蛋白質基質進入酵素活性位點後，半胱胺酸對胜肽鍵羰基進行親核攻擊，形成短暫的酰基酵素中間體，接著由水分子參與水解，使胜肽鍵斷裂並釋放較短片段^[1]。這也是 papain 能把完整蛋白質轉成多種分子量胜肽、游離胺基酸與可溶性氮片段的根本原因。

Papain 通常被視為內切型蛋白酶，意即它傾向在蛋白質鏈內部切割，而不是只從蛋白末端逐步移除單一氨基酸。這種作用方式使它在短時間內即可顯著改變蛋白質網絡、肌肉結構、膠原結構或乳化界面蛋白，進而影響質地、黏度、溶解性、乳化狀態與分散行為^[3]。對食品、飼料與生物加工而言，這種「結構改變」往往比單純提高游離胺基酸含量更重要。

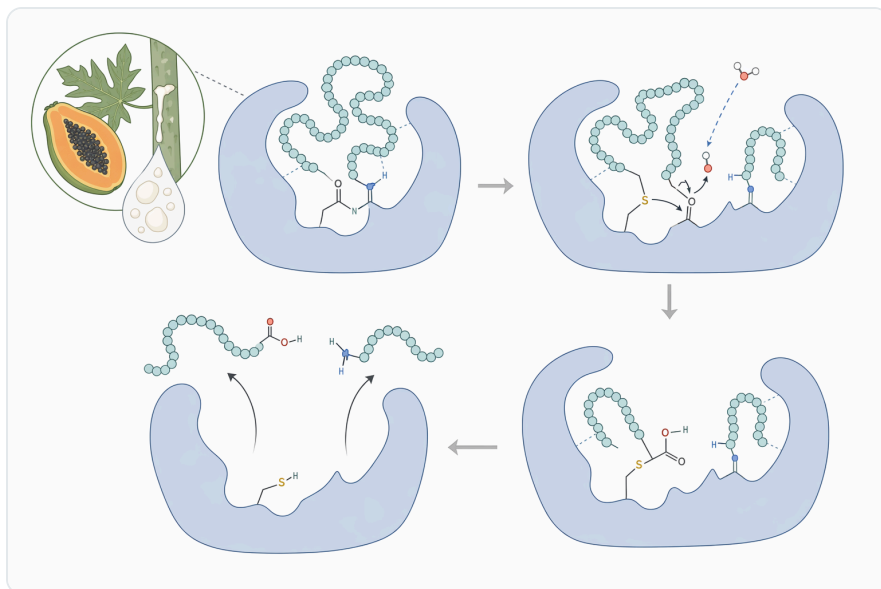


Figure 1. 木瓜蛋白酶是一種半胱氨酸蛋白酶，能切割可及蛋白質鏈中的內部肽鍵，產生較短的肽片段。

廣譜切割特性與水解結果的可變性

Papain 的切割特性相對廣泛，因此可作用於魚類蛋白、肉類肌原纖維與結締組織、乳蛋白、植物蛋白、明膠與部分含蛋白副產物。不過，「廣譜」不等於結果固定；不同原料中的蛋白構型、疏水區域暴露程度、交聯狀態、脂質或多醣共存情形，都會改變酵素可接近的切割位置^[4]。因此，同樣使用 papain，水解物可能在分子量分布、苦味、溶解性、起泡性、乳化性或沉澱傾向上呈現明顯差異。

以中國鱈蛋白水解研究為例，papain 水解條件會影響水解度與蛋白水解物的功能性；這類結果說明，水解時間、環境條件與酵素對基質比例等因素，會共同決定最終水解物特性^[4]。對工業端來說，papain 的合理使用方式不是假設「水解越多越好」，而是把水解程度控制在目標用途需要的範圍，例如飲品分散性、肉品嫩化程度、蛋白胍肽口感或飼料消化利用之間，往往存在不同的最佳點。

蛋白質水解能帶來哪些實務價值？

改善蛋白原料的加工適配性

許多蛋白原料在未處理時會面臨溶解性差、熱凝集、沉澱、黏度過高、咀嚼質地過硬或消化利用受限等問題。Papain 透過切斷胍肽鍵，能降低蛋白分子尺寸並破壞部分高階結構，使蛋白質從緊密聚集狀態轉向較容易分散或反應的狀態^[1]。這對蛋白飲品、調味基底、營養配方、寵物食品、水產飼料與副

產物再利用都具有實際意義。

在蛋白水解物開發中，papain 可作為單一酵素，也可與其他蛋白酶形成序列式或複合式水解策略。單一 papain 的優點是反應邏輯較清楚、風味與胜肽分布較容易追蹤；複合酵素策略則可能提高水解效率或改變胜肽輪廓，但也可能增加苦味、過度水解或終端規格控制難度^[5]。因此，papain 常被視為一種基礎且具彈性的蛋白加工工具，而非只服務於單一產業。

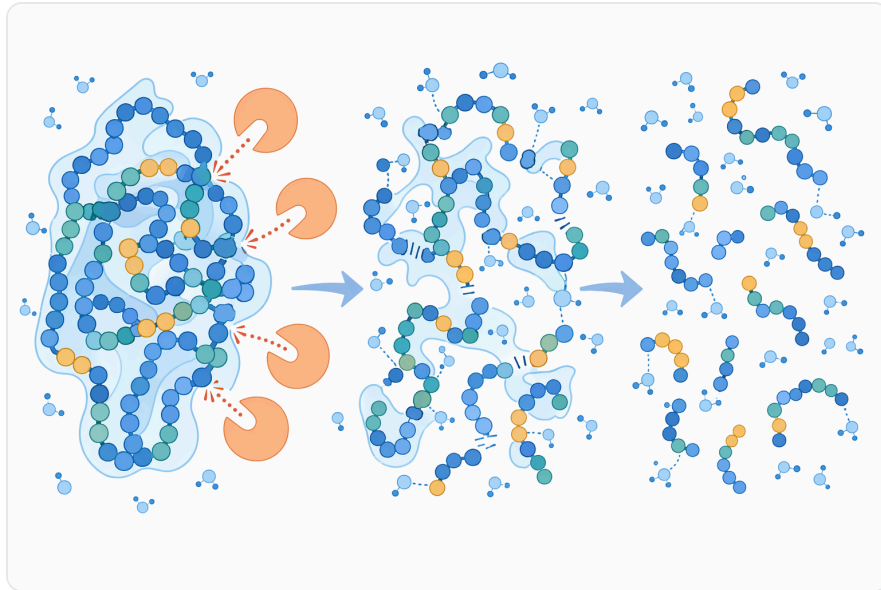


Figure 2. 木瓜蛋白酶水解會縮短蛋白質鏈長，並透過切割可及的鍵結改變其結構、溶解性與質地。

將副產物轉化為可利用中間原料

水產、畜產、乳品、油籽與植物加工過程會產生大量含蛋白副產物，包含骨架、皮、內臟、邊角肉、壓榨餅粕或含蛋白乳化相。若直接作為低價飼料或廢棄物處理，經濟價值有限；若透過 papain 水解，則可能轉為可乾燥、可混拌、可調味或可進一步分級的蛋白水解物^[6]。雞胸骨軟骨釋放糖胺聚醣的研究即顯示，papain 水解可作為從動物組織中釋放目標生物大分子的工具之一。

這類副產物升值的關鍵在於 papain 不只切割蛋白，也能鬆動蛋白與膠原、多醣、脂質或礦物質之間的物理結構。當原料中的蛋白質被切短，水相可溶性組分增加，固液分離、萃取、濃縮或乾燥步驟通常也更容易被設計。對 B2B 使用者而言，這讓 papain 在循環利用、食品副產物再加工與原料功能升級中具備可驗證的製程價值。

主要應用場景比較

應用場景	Papain 的主要作用	可能帶來的加工價值	需要控制的風險
食品蛋白水解物	切割蛋白質成胜肽與胺基酸片段	改善溶解性、分散性、消化性與配方相容性	過度水解、苦味、沉澱或風味偏移
肉品嫩化	降解肌原纖維與結締組織蛋白	降低咀嚼硬度、改善嫩度	過度軟化、組織鬆散、汁液流失
水產與畜產副產物	釋放可溶性蛋白片段與目標組分	提高副產物利用率與後續分離效率	原料波動、脂質氧化、異味管理
乳品與軟質乳製品	改變酪蛋白網絡與凝膠結構	支援植物性凝乳替代思路或質地調整	凝膠不穩、苦味胜肽、批次差異
飼料與水產飼料	預水解蛋白或作為外源酵素輔助	改善營養利用、消化適配性	不同物種反應差異、配方交互作用
油脂萃取輔助	水解界面蛋白或組織蛋白	促進破乳、提高油相釋放	乳化體系差異、含水量與離心條件影響

食品與蛋白水解物應用

水產蛋白與蛋白水解物

Papain 在水產蛋白水解中具有代表性，因為魚肉、魚皮、魚骨與加工副產物含有多種可被酵素作用的蛋白質。中國鱈蛋白水解研究顯示，使用 papain 時，水解條件會影響水解度與水解物功能性，代表 papain 可用於調節水產蛋白水解物的技術特徵^[4]。這對魚蛋白飲品、調味液基底、蛋白粉、寵物食品與水產副產物升值都具有參考價值。

水產蛋白水解的挑戰在於原料組成經常不穩定，例如脂質含量、膠原比例、灰分、血紅素與氧化狀態都可能改變風味與外觀。Papain 可協助蛋白變得較可溶，但也可能釋放疏水性胜肽或含硫、含脂氧化相關風味前驅物。因此，實際製程通常需要把 papain 水解程度、後續熱處理、離心、過濾、脫臭或乾燥策略一起考量，而不能只把酵素視為單獨變因。

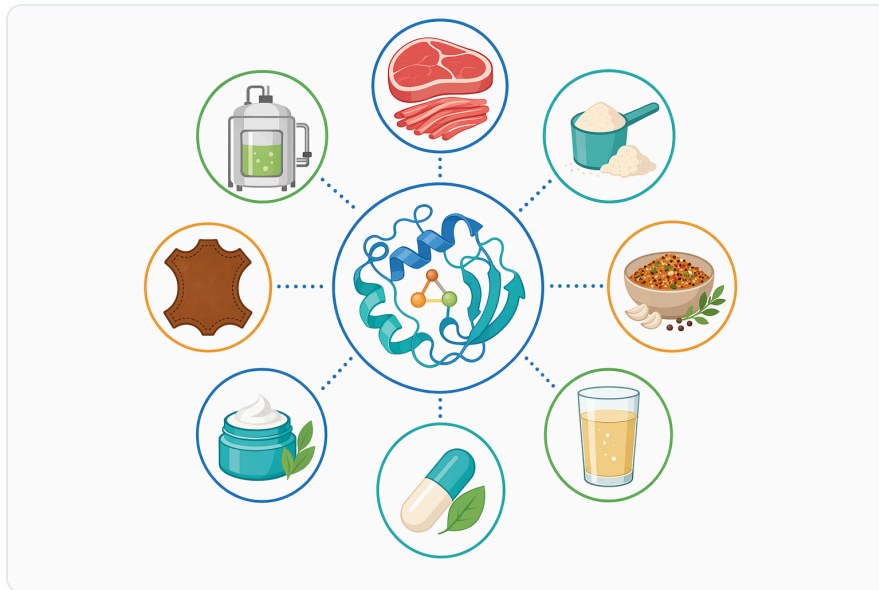


Figure 3. 木瓜蛋白酶可應用於結構化蛋白質基質，包括膠原蛋白與明膠基質、肉類、皮革生皮、副產物，以及富含角蛋白的美容護理表面。

肉品嫩化與質地調整

Papain 是肉品嫩化中相當典型的植物蛋白酶。肉品的韌性主要來自肌原纖維蛋白、結締組織與膠原結構；papain 能切割這些結構蛋白，使肌肉纖維網絡鬆動，進而降低咀嚼阻力^[3]。這也是它長期被研究於肉品加工、調理肉、醃漬系統與部分熟食製程的原因。

不過，肉品嫩化不是單純追求最大蛋白分解。若 papain 作用過強，肉塊可能出現表面糊化、切片性變差、彈性下降或口感過軟。對工業應用而言，更重要的是讓酵素作用深度、時間與熱處理終止點匹配產品型態，例如薄片肉、重組肉、醃漬肉與即食肉品需要的嫩化程度不同。換言之，papain 在肉品中的技術價值是「可控質地調整」，而不是無限制軟化。

乳品、軟質乳製品與植物性酵素替代

Papain 也被研究作為植物來源酵素應用於軟質乳酪製程。以反應曲面法最佳化軟質乳酪生產條件的研究指出，papain 可作為植物性酵素參與乳品凝集與質地形成相關製程^[7]。這類應用對於尋找動物凝乳酵素替代方案、開發特殊乳製品或調整凝膠質地的業者具有參考意義。

乳蛋白系統對酵素非常敏感，因為酪蛋白膠束、乳清蛋白、鈣平衡與酸化條件會共同決定凝膠強度與出水性。Papain 若水解過度，可能使凝膠結構變弱，甚至產生苦味胜肽；若水解不足，則未必達成預期凝集或質地改變。因此，在乳品應用中，papain 更適合作為質地與蛋白結構調整工具，而非直接等同於傳統凝乳酵素的完全替代品。



Figure 4. 木瓜蛋白酶不同於酸性、中性與鹼性蛋白酶，因為它能在溫和水相條件下進行可控蛋白水解，適用於多種蛋白質基質。

飼料與水產養殖應用

外源 papain 在水產飼料中的研究主要集中於改善蛋白利用、成長表現與生理指標。Sangkuriang 鯰魚養殖研究評估外源 papain 添加於飼料後對成長與血液資料的影響，顯示 papain 在水產營養中被視為可能提升蛋白利用效率的工具^[8]。此類研究對水產飼料、寵物食品與幼齡動物飼料開發均有啟發，尤其是當配方含有較難消化的植物蛋白或副產物蛋白時。

另一項針對 cantang grouper 的研究評估不同 papain 劑量對成長與腸道狀態的影響，說明 papain 在不同魚種中的反應需要依物種與配方背景判讀^[9]。這很重要，因為飼料應用不只取決於酵素本身，也取決於飼料製粒溫度、胃腸 pH、蛋白原料來源、抗營養因子、脂質比例與魚種消化生理。Papain 可提供消化輔助方向，但不宜被描述為所有配方皆一致有效的通用解法。

在尼羅吳郭魚研究中，油籽粕搭配粗 papain 酵素的飼餵設計被用來評估魚體脂肪酸組成與感官特性，代表 papain 也可被納入植物性或油籽類原料利用的營養策略^[10]。對飼料端而言，papain 的合理定位是協助蛋白基質被預處理或在消化道中更容易被利用；最終成效仍需回到配方成本、魚種表現、製粒穩定性與終端產品品質。



Figure 5. 在膠原蛋白與明膠加工中，受控的木瓜蛋白酶處理有助於在萃取與後續分離前打開皮料或修邊料的結構。

油脂萃取與植物原料加工

Papain 不只用於蛋白水解物，也可協助某些油脂萃取流程。椰子油研究使用 papain 輔助萃取 virgin coconut oil，顯示蛋白酶可透過破壞乳化結構或細胞組織中的蛋白屏障，促進油相釋放^[11]。這類應用與蛋白水解的機制一致：當界面蛋白或結構蛋白被切割，原本穩定包覆油滴或限制油相流動的結構會被削弱。

對植物油、堅果、種子或高含油副產物而言，papain 的潛在價值在於協助破乳與提高分離效率。然而，油脂萃取體系通常同時受到水分、顆粒大小、乳化蛋白種類、離心條件、溫度與脂質氧化狀態影響。Papain 可以是製程工具之一，但不應被誤解為可單獨決定油得率；更合理的技術觀點是，它可降低蛋白質造成的界面穩定性，讓後續機械或相分離步驟更容易發揮效果。

非食品材料與表面改質參考

雖然本產品定位以蛋白質水解為主，papain 的蛋白水解能力也被延伸至纖維與材料表面處理。聚酯 / 棉混紡織物表面改質研究指出，papain 處理可影響布料的親水性與舒適性相關性質，原因可能與棉纖維表面蛋白或雜質結構變化有關^[12]。這說明 papain 的工業意義不只在食品中切割蛋白，也可用於需要溫和生物表面處理的材料場景。

材料應用與食品應用的差異在於，前者更重視表面能、親水性、觸感、染整相容性或生物相容性，後者則更重視風味、安全、營養與法規。若使用者將 papain 納入非食品流程，仍應根據終端用途評估材料相容性、殘留管理與安全資料。Enzymes.bio 作為供應商提供產品與隨單文件，但不以製造商或實驗室角度聲稱特定材料性能保證。

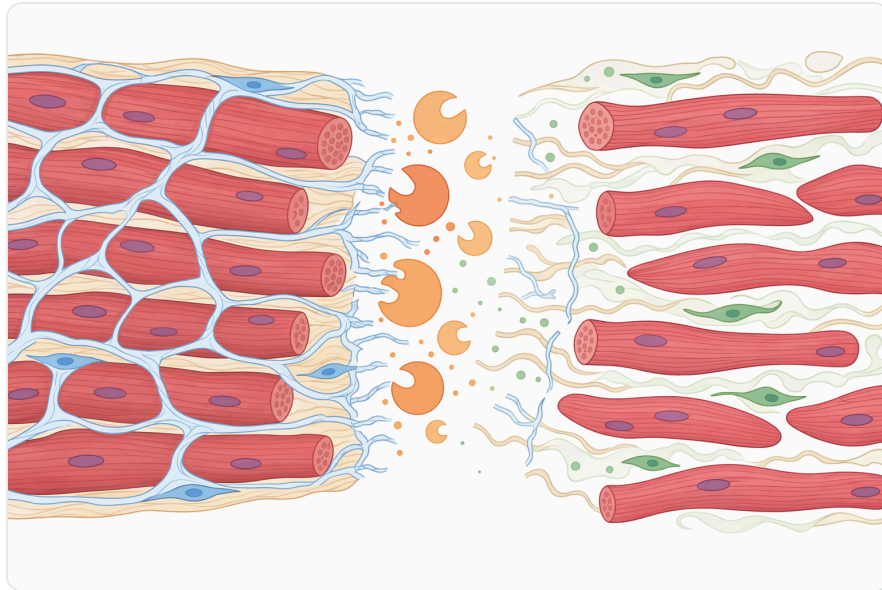


Figure 6. 木瓜蛋白酶可透過部分切割造成咀嚼阻力的肌肉與結締組織蛋白，使肉質變嫩。

影響 papain 水解結果的關鍵因素

原料蛋白結構

Papain 能否有效作用，首先取決於蛋白質是否能被酵素接近。緊密折疊、交聯程度高、脂質包覆、礦物質結合或已高度熱變性的蛋白，都可能讓切割位點暴露程度不同。雞胸骨軟骨釋放糖胺聚醣的研究即反映出，papain 在組織型原料中常扮演鬆動蛋白基質、釋放目標組分的角色^[6]。因此，蛋白水解不是只看蛋白含量，更要看蛋白在原料中的物理位置與結構狀態。

pH、溫度與時間的交互作用

Papain 的活性與穩定性會受到 pH、溫度與反應時間影響，但不同基質的最佳條件不一定相同。反應曲面法最佳化 papain 活性的研究顯示，條件組合會影響酵素表現，這也解釋了為何實際應用常需要根據原料與產品目標調整製程窗口^[5]。若條件過於溫和，水解可能不足；若條件過強或時間過長，則可能造成過度水解、風味劣化或功能性下降。

氧化、抑制與穩定性

Papain 的催化能力與活性中心硫醇狀態密切相關，因此氧化環境、金屬離子、配方中的抑制性成分或高溫長時間暴露都可能影響其穩定性。關於 papain 化學穩定性的綜述指出，包埋與穩定化系統常被研究用於降低失活、提升配方適配性或延長可用性^[13]。這對含鹽、含多酚、含金屬離子、含氧化脂質或需長時間加工的系統尤其重要。

使用 papain 時的合理期待與限制

Papain 可提升蛋白水解效率，但水解不必然等於更好風味。蛋白被切割後，疏水性胜肽可能暴露並帶來苦味；某些原料經水解後也可能釋放腥味、澀味或硫味前驅物。這是蛋白水解物開發中常見的取捨：分子量降低可能改善溶解性與消化性，卻也可能讓感官風險上升^[4]。因此，水解程度需要與產品形態搭配，例如膠囊、粉末、調味液、飲品或飼料對苦味的容忍度並不相同。



Figure 7. 木瓜蛋白酶可協助將低價值、富含蛋白質的副產物流轉化為可萃取的膠原蛋白、明膠、肽類或可溶性水解物。

Papain 也不應被過度延伸為特定健康功效的保證。雖然許多蛋白水解物研究會探討抗氧化、酵素抑制或生物活性胜肽潛力，但這些結果多與特定原料、特定水解條件及特定評估模型有關。對終端食品或營養產品而言，若要涉及機能宣稱，仍需依當地法規、配方濃度、人體證據與標示規範進行判斷，而不能僅以 papain 作為水解酵素便推論具有特定生理效果。

安全與合規考量

Papain 作為食品酵素已有長期應用背景，近年也有針對來自 *Carica papaya* 乳膠之 papain 食品酵素的安全評估文獻^[14]。這類安全評估的存在，反映 papain 在食品供應鏈中屬於受關注且具既有應用歷史的酵素；不過，實際合規仍取決於使用地區、產品類別、添加目的、標示要求與終端消費族群。

Papain 也可能涉及過敏或職業暴露風險，特別是在粉體處理、吸入暴露或對木瓜乳膠相關成分敏感的情境下。另一份針對 papain 半胱胺酸內切蛋白酶複合物的食品酵素安全評估，也提醒使用者應從來源、用途與暴露情境理解其安全管理需求^[15]。Enzymes.bio 隨訂單提供 CoA 與 SDS，可作為使用者內部文件留存與安全管理依據；實際操作仍應依公司 EHS、食品安全或品保制度執行。

Enzymes.bio 供應脈絡

Enzymes.bio 提供 Papain Enzyme For Protein Hydrolysis 作為蛋白質水解用途的酵素產品，採 **1 kg 單位在線上直接銷售**。此定位適合希望以明確包裝單位取得酵素、用於研發導入、試產規劃或既有製程補充的 B2B 使用者。Enzymes.bio 並非製造商或實驗室，因此本文件不提供特定活性單位數值、等級宣稱、分析方法或活性單位定義，也不把產品描述成由 Enzymes.bio 自行製造或檢測。

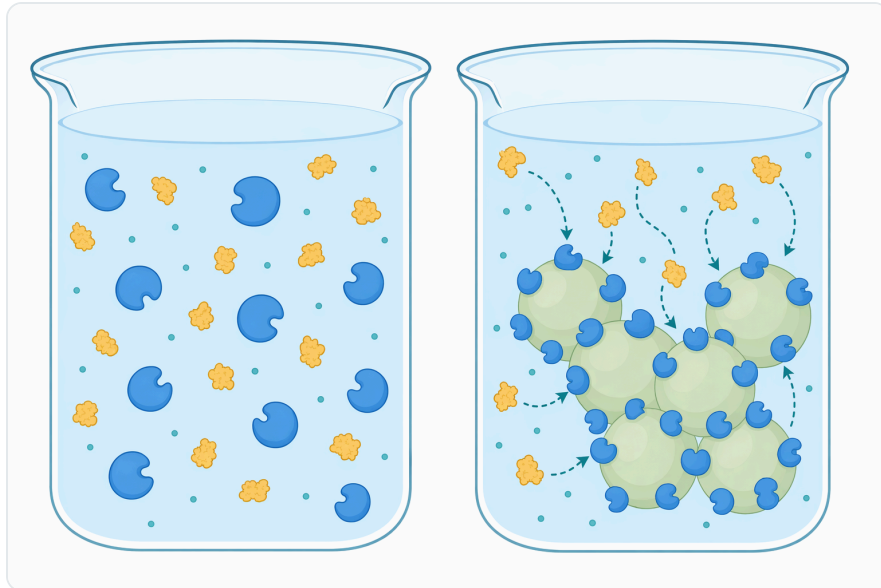


Figure 8. 固定化木瓜蛋白酶將催化酶保留在載體上，使水解作用發生於局部接觸表面，而不是整個溶液中。

對使用者而言，較實際的理解是：papain 是一種已被廣泛研究的蛋白水解工具，可支援多種蛋白原料的結構改質；但每個應用都需要回到原料特性、產品目標與製程條件。訂單隨附的 CoA 與 SDS 可協助文件保存、批次識別與安全溝通，但不取代使用者自身的法規判斷、產品驗證與製程確認。

結論：Papain 的技術價值在於可控蛋白結構改變

Papain Enzyme For Protein Hydrolysis 的核心價值，是以半胱氨酸蛋白酶機制切割蛋白質胜肽鍵，將大分子蛋白轉化為較短胜肽與胺基酸片段，進而改變原料的溶解性、質地、分散性、消化適配性與分離行為。研究已涵蓋魚類蛋白水解、肉品加工、乳品製程、水產飼料、椰子油萃取與材料表面改質等領域，顯示 papain 具有跨產業的蛋白水解應用彈性^[11]。

最合理的使用期待是：papain 能提供可控的蛋白結構改變，但不保證所有原料都會得到相同水解度、風味或功能結果。當它被放入正確的原料系統、製程窗口與產品目標中，papain 可成為食品加工、飼料營養、水產副產物升值、肉品嫩化與蛋白水解物開發中實用且具文獻基礎的生物催化工具。

線上訂購 Papain Enzyme For Protein Hydrolysis

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 Enzyme For Protein Hydrolysis →](#)

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. Choudhary, R., Kaushik, R., Chawla, P., & Manna, S. (2024). Exploring the extraction, functional properties, and industrial applications of papain from Carica papaya. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.
2. Khatun, M., Saeid, A., Mozumder, N., & Ahmed, M. (2023). Extraction, purification and characterization of papain enzyme from papaya. *Food Research*.
3. Israelian, V., Holembovska, N., & Slobodyanyuk, N. (2021). Application of papain enzyme in technology of meat products. *Animal Science and Food Technology*.
4. Noman, A., Xu, Y., AL-Bukhaiti, W. Q., Abed, S. M., Ali, A. H., Ramadhan, A. H., & Xia, W. (2018). Influence of enzymatic hydrolysis conditions on the degree of hydrolysis and functional properties of protein hydrolysate obtained from Chinese sturgeon (Acipenser sinensis) by using papain enzyme. *Process Biochemistry*, 67, 19-28.
5. 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*.
6. Vien, N. T. L., Nguyen, P., Cuong, L. D., An, T. T. T., & Dao, D. (2021). Studies on Optimization of Papain Hydrolysis Conditions for Release of Glycosaminoglycans from the Chicken Keel Cartilage. *New Visions in Science and Technology Vol. 1*.
7. A.M., S. R., M.N., N., A.H., M. Y., A., N., Z.A., S. A. S., & M.S., A. (2022). Optimisation of soft cheese production conditions using papain as a plant-based enzyme by response surface methodology (RSM). *Food Research*.
8. Rachmawati, D., Samidjan, I., & Hutabarat, J. (2020). The effects of exogeneous papain enzyme in the feed on growth and blood profiles of Sangkuriang catfish (Clarias sp.) cultivated in the pond. *IOP Conference Series: Earth and Environment*, 530.
9. Rostika, R., Pratiwy, F., & Permana, R. (2021). The effect of papain enzyme in various doses to the growth and intestinal of cantang grouper (Epinephelus fuscogutattus lanceolotus). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 744.

10. Kirimi, J., Musalia, L., Munguti, J., & Magana, A. (2022). Carcass fatty acid composition and sensory properties of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on oilseed meals with crude papain enzyme. *East African Journal of Science, Technology and Innovation*.
11. Rohyami, Y., Hidayat, H., Wijaya, A. R., & Fatimah, I. (2022). Papain Enzyme Assisted Extraction of Virgin Coconut Oil as Candidate In-House Reference Material. *Processes*.
12. Tegegne, W., & Haile, A. (2024). Effect of papain enzyme surface modification on hydrophilic and comfort properties of polyester/cotton blend fabric. *Discover Materials*, 4.
13. Channamade, C., Raju, J. M., Vijayaprakash, S. B., Bora, R., & Shekhar, N. R. (2021). Promise Approach on Chemical Stability Enhancement of Papain by Encapsulation System: A Review. *Journal of Young Pharmacists*.
14. Zorn, H., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Catania, F., Gadermaier, G., Greiner, R., Mayo, B., ... et al. (2026). Safety evaluation of the food enzyme papain from the latex of *Carica papaya* L. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 24.
15. Zorn, H., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Catania, F., Gadermaier, G., Greiner, R., Mayo, B., ... et al. (2026). Safety evaluation of the food enzyme papain, a cysteine endopeptidase complex from the latex of *Carica papaya* L. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 24.


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。