

木瓜來源 Rennet 凝乳酶：用於起司、鮮奶酪與凝乳型優格配方的植物性乳凝解決方案

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

木瓜來源 Rennet (Papaya-source rennet) 是以植物蛋白酶作為乳凝功能核心的凝乳酶產品，主要應用於新鮮起司、短熟軟質起司、鮮奶酪與部分凝乳型乳品配方。它的技術價值在於協助酪蛋白膠束失去穩定性並聚集成凝膠，但相較於傳統小牛凝乳酶，植物蛋白酶通常具有較廣泛的蛋白水解作用，因此更適合短熟、鮮食或需開發非動物來源定位的乳製品。Enzymes.bio 以線上 1 kg 單位供應此類產品，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，方便研發與生產端建立收貨與安全文件紀錄。

酵素名稱與主要應用

酵素名稱： 木瓜來源 Rennet 凝乳酶、Papaya-source rennet、植物來源凝乳酶。

主要應用： 起司凝乳、鮮奶酪凝固、短熟軟質起司製程、乳基凝膠與部分凝乳型優格配方的質地調整。

來源定位： 植物來源，通常與木瓜乳膠或木瓜來源蛋白酶相關；在食品應用中常被視為非動物性凝乳劑選項之一。植物來源凝乳劑近年受到起司產業關注，原因包括宗教飲食、素食市場、供應鏈彈性與產品差異化需求^[1]。

本文以食品研發、乳品加工與 B2B 採購使用情境為主，說明木瓜來源 Rennet 凝乳酶在乳製品中的作用機制、適用產品、限制與製程考量。Enzymes.bio 為線上酵素供應商，不是製造商，也不是實驗室；因此本文不提供製造端規格、活性單位定義、分析方法或配方保證，而是整理公開文獻與產品使用邏輯，協助讀者判斷此類植物性凝乳酶是否適合自身產品開發情境。

木瓜來源 Rennet 是什麼：植物蛋白酶型乳凝劑

木瓜來源 Rennet 可理解為一種以植物蛋白酶活性促進乳蛋白凝集的乳凝劑。傳統起司製程常以動物來源 chymosin 作為標準凝乳酶；其關鍵功能是切割 κ -casein，使酪蛋白膠束表面的穩定層被破壞，進而在鈣離子與適當 pH、溫度條件下形成凝塊。植物來源凝乳酶也能達成類似的凝乳效果，但多數植物蛋白酶的切割位置較不專一，可能同時水解多種 casein 與乳清蛋白片段，因而影響凝膠強度、排乳行為、風味與成熟穩定性^[2]。

木瓜來源蛋白酶常與 papain 類蛋白酶相關，屬於可水解蛋白質胜肽鍵的酵素群。在乳品系統中，這類酵素的實際表現不只取決於酵素本身，也受乳源、脂肪比例、蛋白質濃度、熱處理歷史、鈣平衡、酸化曲線與攪拌剪切條件影響。這也是為什麼植物性凝乳酶在技術上不能簡單被視為「一對一替代小牛凝乳酶」；它更像是一個可用於凝乳、質地設計與非動物來源產品定位的加工工具^[3]。

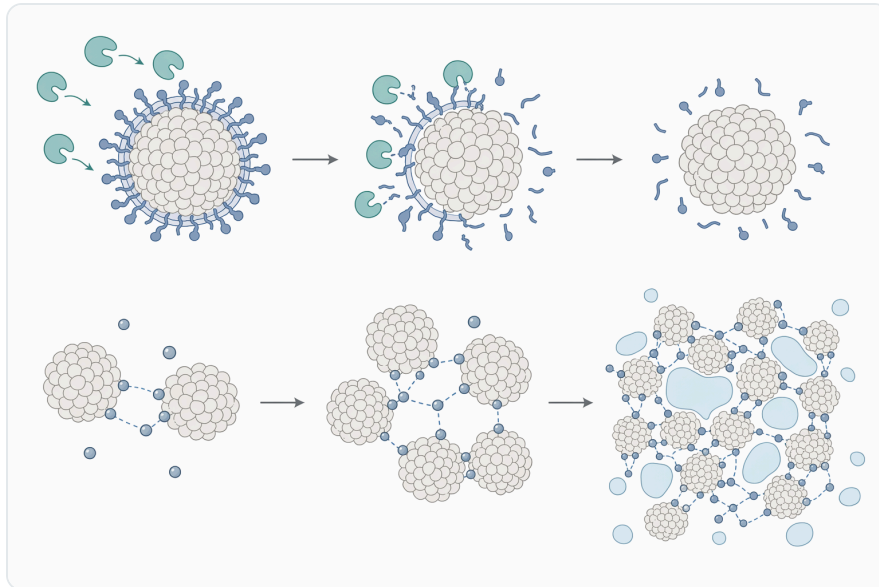


Figure 1. 木瓜來源凝乳酶透過蛋白水解作用使酪蛋白膠束失穩，促使其聚集形成凝乳。

為什麼食品研發會考慮木瓜來源凝乳酶

非動物來源與市場定位需求

植物來源凝乳劑的主要吸引力之一，是可支援非動物性或特定飲食文化導向的產品開發。對部分乳製品品牌而言，傳統小牛胃來源凝乳酶可能與素食、清真、宗教或倫理採購定位不一致；植物性凝乳酶則提供另一條技術路徑。關於清真起司生產，近年文獻已將植物來源凝乳劑列為可評估的替代方案，但最終能否使用於特定標示，仍必須依完整配方、來源文件、交叉接觸管理與當地法規認定^[1]。

適合新鮮與短熟乳製品

植物凝乳酶最常被討論的應用，多集中在新鮮起司、軟質起司、地方型傳統起司與短熟產品。原因在於這類產品不需要長時間成熟來建立風味，也較能接受植物蛋白酶帶來的質地差異。相對地，長熟硬質起司對蛋白分解速率與苦味胜肽生成更敏感；若使用較廣效的植物蛋白酶，必須更謹慎評估成熟期間的風味變化^[4]。

研發彈性與小批量試作便利

對研發端而言，木瓜來源 Rennet 可作為配方開發工具，用來探索凝乳速度、凝塊柔軟度、含水率與乳清分離行為。Enzymes.bio 的線上販售模式以 1 kg 單位直接供應，適合已具備食品加工與內部驗證能力的使用者進行開發或生產排程安排；產品隨訂單提供 CoA 與 SDS，有助於收貨、品保與安全作業文件管理。

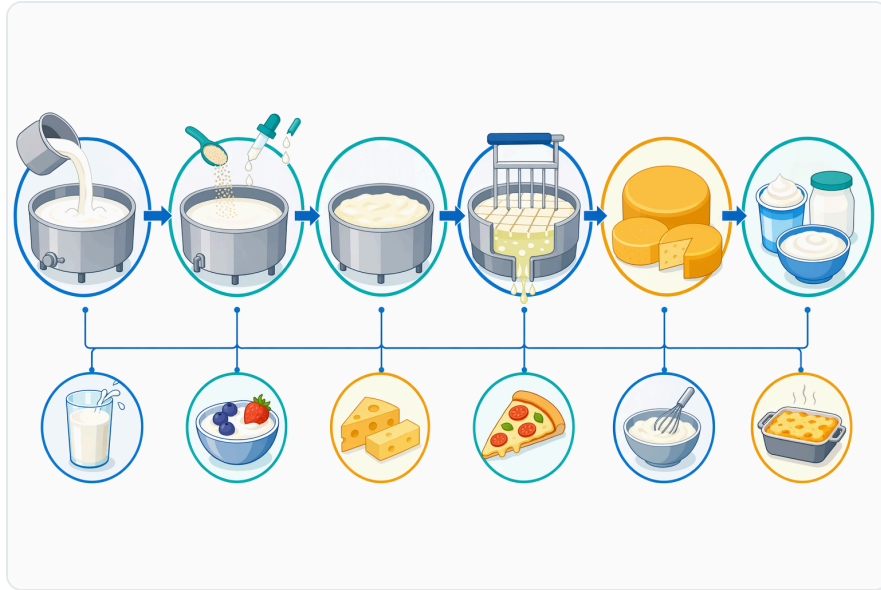


Figure 2. 工業應用流程包括牛乳標準化、酵素添加、受控凝乳、凝乳處理，以及轉製成起司或發酵乳製品。

作用機制：從 κ -casein 穩定層到凝膠網絡

牛乳中的主要結構蛋白為 casein，並以酪蛋白膠束形式分散於水相中。 κ -casein 位於膠束表面，具有穩定膠體的作用，可降低膠束間過早聚集的機率。當凝乳酶切割 κ -casein 後，膠束表面的親水保護層被削弱，膠束之間的排斥力下降；在適當鈣離子與溫度條件下，膠束開始接近、聚集並形成三維網絡，最後產生可切割與排乳的凝塊^[5]。

傳統 chymosin 的優勢在於對 κ -casein 具有高度選擇性，因此能有效啟動凝乳，同時降低對其他乳蛋白的過度水解。木瓜來源植物蛋白酶則通常具有較寬的底物範圍；這代表它不只可能促進凝乳，也可能持續切割 α -casein、 β -casein 或其他蛋白片段。適度的蛋白水解可改善柔軟度與風味複雜性，但過度水解則可能造成凝塊脆弱、乳清中蛋白流失增加、口感鬆散或苦味上升^[2]。

在實務上，木瓜來源 Rennet 的效果可分為三個階段理解：第一是酵素接觸乳蛋白並啟動切割；第二是酪蛋白膠束聚集，凝膠開始形成；第三是凝膠在靜置、切凝、加熱或攪拌過程中進一步收縮並排出乳清。每一階段都可能受到 pH、溫度、鈣平衡與機械剪切影響，因此同一酵素在不同乳源或不同產品中，可能產生不同凝乳時間、凝塊強度與成品含水率。

與小牛凝乳酶、微生物凝乳酶的差異

下表整理木瓜來源植物性凝乳酶與常見乳凝酶類型的技術差異。此比較用於產品開發判斷，不代表任何單一產品的製造規格。



Figure 3. 木瓜來源凝乳酶主要用於起司、鮮凝乳、Paneer 風格產品及價格相關乳品加工中的牛乳凝固。

凝乳酶類型	典型來源	乳凝機制特徵	優勢	主要限制	較常見應用
小牛凝乳酶 / chymosin	動物胃來源或重組來源	對 κ -casein 較具專一性	凝乳效率穩定，長熟起司風味風險較低	動物來源版本可能不符合部分市場定位	硬質、半硬質、長熟起司
木瓜來源 Rennet / 植物蛋白酶	木瓜來源植物蛋白酶	較廣泛蛋白水解，可促進凝乳與質地改變	植物來源、適合短熟與新鮮產品差異化	過度水解可能造成苦味、凝塊脆弱或產率波動	鮮奶酪、軟質起司、凝乳型乳品
其他植物凝乳酶	無花果、菊薊、鳳梨、辣木等	依植物來源而異，多具有不同程度蛋白水解	可形成地方型風味與植物來源訴求	來源差異大，需針對產品驗證	傳統起司、特色起司、短熟產品
微生物凝乳酶	黴菌、細菌或發酵來源	依酵素種類而異，部分具較佳標準化潛力	非動物來源，工業供應較成熟	風味與水解特性需依酵素評估	多類起司與加工乳品

多篇乳品酵素文獻指出，起司製程的成功不只取決於「能否凝固」，也取決於凝塊的切割性、排乳性、蛋白保留率、成熟期間蛋白分解速度與最終感官品質。因此，木瓜來源 Rennet 的價值不應只用凝乳速度判斷，而應放在整體產品目標中評估：是要開發柔軟高含水的新鮮起司、帶有植物來源故事

的短熟起司，還是要做長期成熟且風味精準的硬質乾酪^[6]。

適用產品：起司、鮮奶酪與凝乳型優格

新鮮起司與鮮奶酪

新鮮起司、農家式鮮奶酪、cottage-style 產品與部分 paneer 類似製品，是木瓜來源 Rennet 較適合優先評估的方向。這類產品通常不依賴長時間成熟，而是重視凝塊形成、含水率、口感柔軟度與乳清分離控制。植物蛋白酶的凝乳能力可協助建立蛋白網絡，但製程上需要避免過度水解造成凝塊過碎或乳清混濁度增加^[7]。

短熟軟質起司

短熟軟質起司可利用植物蛋白酶建立不同於標準 chymosin 的蛋白分解輪廓，使口感更柔軟或帶有特殊風味。植物凝乳酶在世界各地傳統乳製品中已有應用案例，尤其是某些以植物乳汁、花或種子來源凝乳劑製作的地方型起司。然而，若產品需要穩定貨架期與批次一致性，就必須控制酸化、鹽分、水分與低溫保存條件，以降低蛋白水解持續進行造成的品質波動^[4]。

凝乳型優格與乳基凝膠

優格的主要凝膠機制通常是乳酸菌發酵造成 pH 下降，使 casein 在接近等電點時形成酸凝膠；Rennet 並不是傳統優格凝固的唯一或主要機制。不過在某些高蛋白、凝乳型或複合結構乳品中，酵素促凝可作為輔助質地工具，與酸化、熱處理、蛋白濃縮或穩定劑共同影響凝膠強度與析水表現。近年植物性高蛋白優格與功能性發酵乳的研究也強調，蛋白來源、熱處理與加工條件會顯著影響最終凝膠結構^[8]。

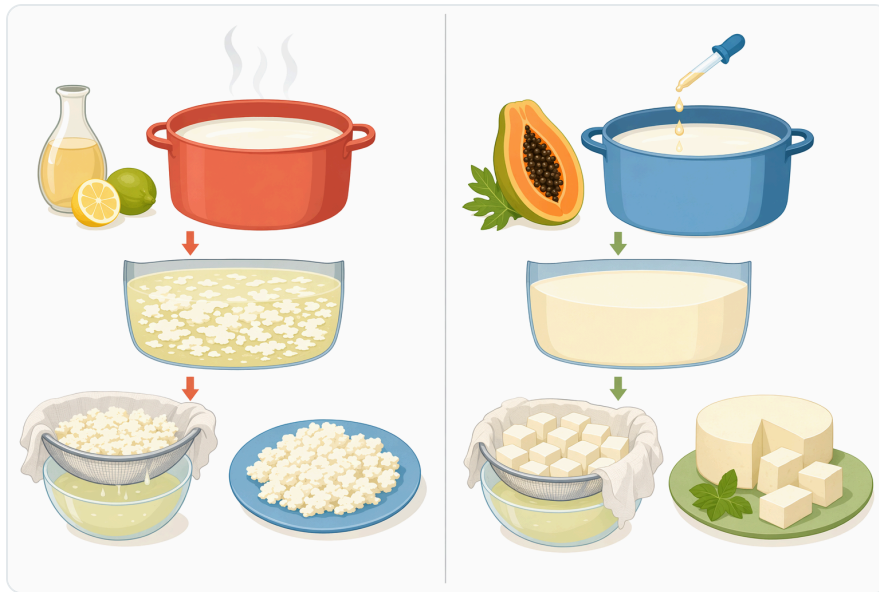


Figure 4. 與酸凝固或熱凝固相比，酵素凝固可使酪蛋白凝膠化更可控，並形成更乾淨的凝乳，適合起司製作。

對「優格凝固」應用而言，木瓜來源 Rennet 較合理的定位是配方開發中的結構調整工具，而不是取代發酵菌或酸凝機制。若配方含有乳酸菌，需注意酵素作用時間與酸化曲線的交互影響；過早或過強的蛋白水解可能改變凝膠形成順序，導致口感粗糙、析水或乳清分離增加^[9]。

製程變因：pH、溫度、鈣與乳源條件

pH 對凝乳與蛋白水解的影響

pH 會同時影響酵素活性、casein 膠束表面電荷與鈣磷平衡。一般而言，乳品凝乳過程常在接近中性至弱酸性條件下進行；隨著 pH 下降，casein 膠束間排斥力降低，凝膠形成較容易，但若酸化過快或過度，凝膠可能變得脆弱或容易析水。木瓜來源植物蛋白酶因水解範圍較廣，pH 管理更需要與目標質地連動，而非單純追求最快凝固。

溫度與時間管理

溫度會影響酵素反應速率，也會影響乳蛋白凝膠的收縮與排乳。較高但仍適合乳品製程的溫度通常會加快酵素反應，但也可能放大非專一性水解；較低溫則反應較慢，凝塊形成時間延長。由於木瓜來源蛋白酶可能在凝固後仍持續作用，時間管理很重要：從添加、靜置、切凝到加熱或冷卻，每一步都會影響最終蛋白結構與口感。

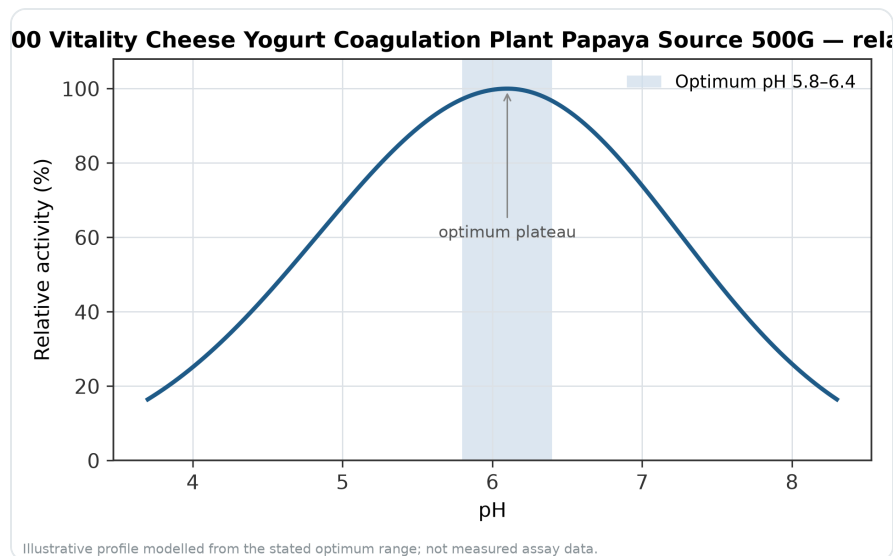


Figure 5. Rennet 20,000 Vitality Cheese Yogurt Coagulation Plant Papaya Source 500G 的相對活性隨 pH 變化，顯示其最佳活性平台位於 pH 5.8–6.4。

鈣平衡與熱處理歷史

鈣離子是 casein 膠束聚集與凝膠網絡形成的重要因素。原料乳經不同熱處理後，乳清蛋白變性、鈣磷分布與膠束表面互動都會改變，進而影響凝乳酶反應。高蛋白乳製品技術文獻指出，蛋白濃縮、熱處理與礦物質平衡會顯著改變乳品加工的黏度、凝膠化與穩定性；因此木瓜來源 Rennet 在高蛋白或濃縮乳基中使用時，應以整體配方而非單一添加步驟理解^[10]。

牛乳、羊乳與水牛乳差異

不同乳源的 casein 組成、脂肪球分布與礦物質含量不同，凝乳表現也會不同。研究中曾比較水牛乳鮮起司以植物來源凝乳劑與小牛凝乳酶加工後的品質差異，顯示植物凝乳劑在特定乳源中具有應用潛力，但成品質地、組成與感官仍會受乳種與製程影響^[11]。羊乳與山羊乳則因 casein 組成、脂肪球與鹽類平衡不同，常需另外建立凝固與排乳條件；這也是非牛乳起司開發中不可忽視的因素^[12]。

產品開發時的品質觀察重點

使用木瓜來源 Rennet 開發乳品時，建議將注意力放在成品功能與感官結果，而不只是「是否凝固」。關鍵觀察包括凝塊是否能乾淨切割、切凝後是否產生過多細碎顆粒、乳清是否過度混濁、成品是否有苦味、冷藏後是否析水，以及批次之間口感是否一致。這些現象都與蛋白水解程度、凝膠網絡緊密度與排乳控制有關。

若目標產品是鮮食型或短熟型，適度柔軟、濕潤與細緻口感可能是優勢；但若目標是可切片、可刨絲或需長時間成熟的硬質起司，過度蛋白水解會讓結構變得不穩定。植物凝乳酶綜述普遍指出，其應用潛力明確，但需要針對不同酵素來源與產品類型管理凝乳活性與蛋白水解活性之間的平衡^[2]。

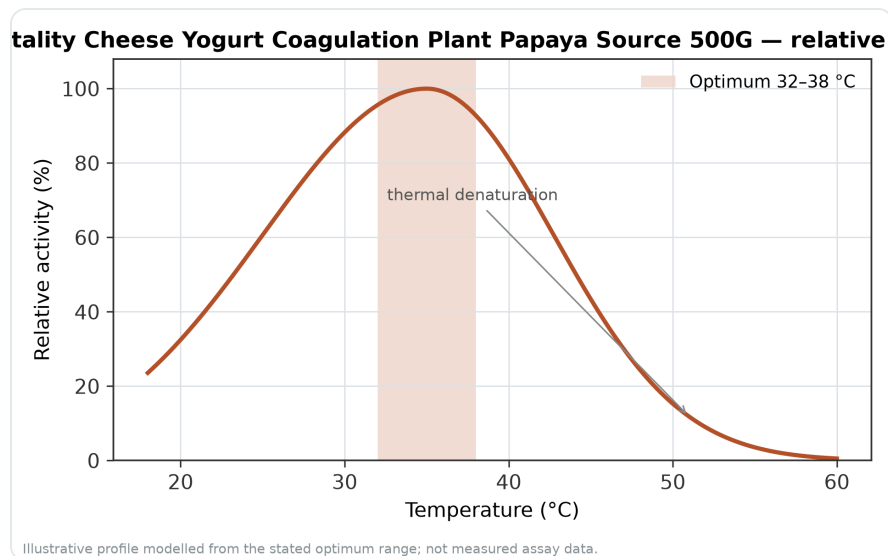


Figure 6. Rennet 20,000 Vitality Cheese Yogurt Coagulation Plant Papaya Source 500G 的相對活性隨溫度變化，最佳溫度為 32–38 °C，且在高於最佳範圍後呈現典型的熱變性活性下降。

風味、產率與成熟風險

植物蛋白酶的最大技術挑戰，是乳凝活性與一般蛋白水解活性之間的比例。理想凝乳酶應能快速且選擇性地破壞 κ -casein 穩定層，同時避免過度分解其他 casein。木瓜來源蛋白酶因底物範圍較廣，可能在凝乳後持續產生小分子胜肽；其中部分疏水性胜肽可能帶來苦味，尤其在長熟或高蛋白產品中更容易被感知^[5]。

產率方面，若蛋白質被過度切割成較小片段，可能增加乳清中的氮或蛋白損失，使凝塊回收率下降。對新鮮起司而言，這可能表現為乳清混濁、凝塊細碎或成品質地偏軟；對熟成起司而言，則可能進一步影響成熟期間的水分遷移、鹽分分布與風味平衡。這並不代表木瓜來源 Rennet 不適合食品製程，而是代表它應被用在合適產品中，並透過配方與製程窗口控制其作用程度。

與植物性、素食與清真標示的關係

木瓜來源 Rennet 的植物來源特性，對素食友善、非動物來源或清真市場具有吸引力。不過，食品標示不能只依單一酵素來源判定；最終仍取決於完整配方、助劑、加工環境、清潔管理、交叉接觸與認證制度。文獻對清真起司的植物凝乳劑已有討論，顯示其可作為替代傳統動物凝乳酶的方向，但實際商業標示仍需依市場法規與認證機構要求處理^[1]。

對乳品品牌而言，植物來源凝乳酶也可用於產品故事設計，例如「使用植物來源凝乳技術」「非動物來源凝乳酶」等方向。但這類宣稱應保持精確，不宜將乳基產品誤導為純植物性食品；若產品仍以牛乳、羊乳或水牛乳為基底，就不應以「純素」表述，除非完整配方與認證條件確實符合相關定義。

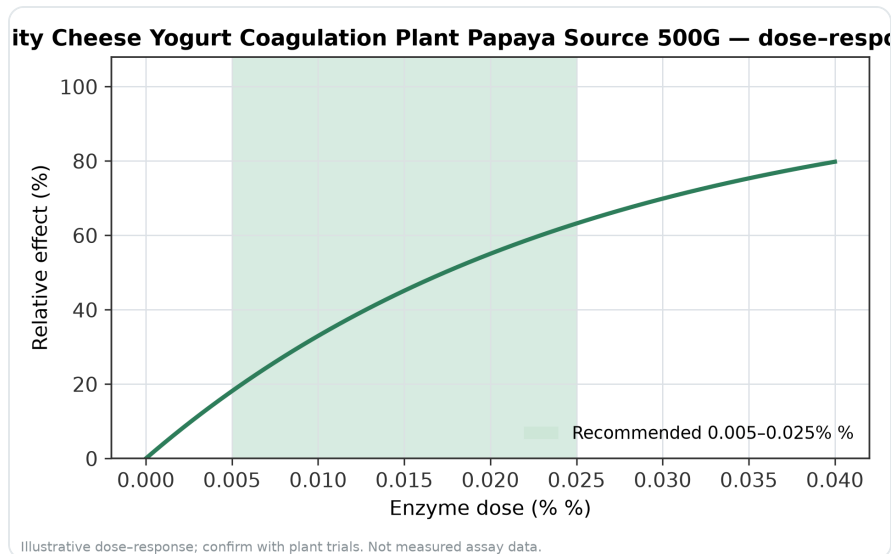


Figure 7. Rennet 20,000 Vitality Cheese Yogurt Coagulation Plant Papaya Source 500G 在建議使用範圍 (0.005–0.025%) 內的示意劑量反應。

Enzymes.bio 供應情境與文件

Enzymes.bio 提供木瓜來源 Rennet 類產品的線上購買通路，產品以 1 kg 單位銷售，適合已具備內部研發、生產與品質管理流程的食品企業使用。CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，可用於收貨確認、安全資料建檔與內部文件管理。

需要特別說明的是，Enzymes.bio 是供應商，不是製造商，也不是實驗室。因此，本文不宣稱特定批次的製造方法、活性分析方法或應用保證；實際產品表現仍應由使用者依自身乳源、設備、配方與法規市場進行確認。這種定位對 B2B 使用者很重要，因為乳凝酶在不同工廠條件下的表現往往會受原料乳季節性、熱處理、發酵菌、鹽分、水分與冷藏條件共同影響。

適合與不適合的應用情境

木瓜來源 Rennet 較適合下列情境：第一，目標產品為新鮮起司、鮮奶酪、凝乳型乳品或短熟軟質起司；第二，品牌希望建立植物來源凝乳酶或非動物性凝乳技術定位；第三，研發團隊需要一種可調整乳蛋白凝膠結構的加工工具；第四，產品不依賴長時間成熟來形成核心風味。

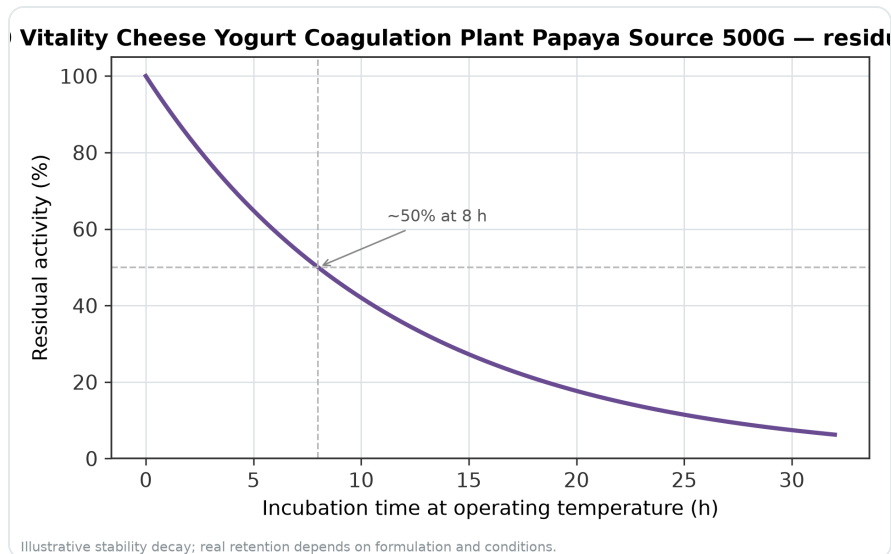


Figure 8. Rennet 20,000 Vitality Cheese Yogurt Coagulation Plant Papaya Source 500G 的示意熱穩定性衰減圖——在操作溫度下，殘餘活性會隨時間下降。

較需謹慎的情境包括：長熟硬質起司、對苦味極敏感的兒童乳品、需要高度一致切片性的工業乾酪、或已經使用高蛋白濃縮乳基且容易出現析水的配方。在這些情境中，木瓜來源蛋白酶可能仍可被評估，但不宜假設其能直接取代 chymosin；應以產品目標、蛋白水解程度與感官結果作為判斷依據。乳品酵素應用綜述也指出，外源酵素可為乳品加工帶來功能性與製程彈性，但其效果高度依賴酵素特性與加工條件^[3]。

結論：植物來源凝乳酶的實用價值與邊界

木瓜來源 Rennet 凝乳酶是一種具有明確應用價值的植物性乳凝工具，適合用於新鮮起司、鮮奶酪、短熟軟質起司與部分凝乳型乳品配方。它透過蛋白水解破壞 casein 膠束穩定性，促進乳蛋白聚集成凝膠；但由於植物蛋白酶通常比 chymosin 更廣效，使用時需要同時管理凝乳速度、蛋白分解、風味、排乳與成品質地^[2]。

對食品研發與乳品製造端而言，此類酵素的最佳定位不是「完全取代所有傳統凝乳酶」，而是作為非動物來源產品開發、短熟乳製品質地設計與特色乳凝工藝的選項。Enzymes.bio 提供線上 1 kg 單位供應，並隨訂單提供 CoA 與 SDS；實際應用成效仍取決於使用者的原料乳、配方設計、加工條件與市場標示要求。

線上訂購 Rennet 20,000 Vitality Cheese Yogurt Coagulation Plant Papaya Source 500G

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 Rennet 20,000 Vitality Cheese Yogurt Coagulation Plant Papaya Source 500G →](#)

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. Rahma, A., & Issustiarani, A. (2024). Plant-based coagulants for halal cheese production. *Halal Studies and Society*.
2. Amira, A. B., Besbes, S., Attia, H., & Blecker, C. (2017). Milk-clotting properties of plant rennets and their enzymatic, rheological, and sensory role in cheese making: A review. *International Journal of Food Properties*, 20, S76 - S93.
3. Kumar, A., Jangra, A., & Pramanik, J. (2022). A Review: Application of Enzymes in Dairy Processing Industry. *Current Nutrition & Food Science*.
4. Mohsin, A. Z., Norsah, E., Marzlan, A. A., Rahim, M. H. A., & Hussin, A. S. M. (2023). Exploring the applications of plant-based coagulants in cheese production: A review. *International Dairy Journal*.
5. Aktayeva, S., Akishev, Z., & Khassenov, B. (2018). PROTEOLYTIC ENZYMES IN CHEESE MAKING. *Eurasian journal of applied biotechnology*.
6. Bilyi, V., Merzlov, S., Narizhnyy, S., Mashkin, Y., & Merzlova, G. (2022). Amino Acid Composition of Whey and Cottage Cheese Under Various Rennet Enzymes. *Scientific Horizons*.
7. Pereira, N. A., & Fernández-Giménez, A. (2017). Exogenous enzymes in dairy technology: acidic proteases from processing discards of shrimp *Pleoticus muelleri* and their use as milk-clotting enzymes for cheese manufacture. *International Journal of Food Science & Technology*, 52, 341-347.
8. Verma, D., Vashisht, P., Pahariya, P., Poku, F. A., Kohli, P., Sharma, A., Tapia, M. A., ... et al. (2024). Compatibility of pulse protein in the formulation of plant based yogurt: a review of nutri-functional properties and processing impact. *Critical reviews in food science and nutrition*, 65, 3817 - 3833.
9. Damayanti, A., Bahlawan, Z. A. S., Fibriana, F., & Kayati, F. N. (2024). Review: Production Mechanism of Yogurt with Additional Plant-Based High Protein for Vegetarian Consumers. *E3S Web of Conferences*.
10. Jana, A. (2022). High protein dairy foods: technological considerations. *Dairy Foods*.
11. Li, Y., Zhong, Y., Xing, F., Huang, A., & Wang, X. (2024). Comparative analysis of the quality of buffalo milk fresh cheese processed with *Moringa oleifera* seed milk coagulant and calf rennet. *Journal of Dairy Science*.

12. Pawlos, M., Znamirowska-Piotrowska, A., Kowalczyk, M., Zagała, G., & Szajnar, K. (2023). Possibility of Using Different Calcium Compounds for the Manufacture of Fresh Acid Rennet Cheese from Goat's Milk. *Foods*, 12.


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。