

Food-Grade Pectinase：用於蘋果汁澄清與黏度降低的果膠酶技術說明

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

Food-Grade Pectinase 是一類用於果汁加工的果膠分解酵素，可將蘋果汁中造成黏稠、霧濁與過濾阻力的果膠長鏈降解為較小片段，進而改善澄清、離心與過濾表現。對蘋果汁而言，果膠酶的核心價值不是改變風味，而是在溫和製程條件下降低膠體穩定性與液體黏度，使後續固液分離更有效率 [1]。

Enzymes.bio 供應的 Food-Grade Pectinase — Enzyme For Apple Juice Clarification And Viscosity Reduction 以 1 kg 單位線上直接銷售，定位為食品製程用酵素供應品；Enzymes.bio 是供應商，並非製造商或實驗室。CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，供工廠品管、倉儲與安全管理流程使用。

為什麼蘋果汁特別需要果膠酶處理？

蘋果果肉與果皮細胞壁含有大量果膠質，經破碎、壓榨與萃取後，部分果膠會進入汁液相，形成可溶性高分子與細小不溶性膠體的混合系統。這些果膠分子具有高保水性與高水合體積，即使含量不高，也能明顯增加蘋果汁黏度，使懸浮微粒不易聚集沉降，並降低過濾或膜分離的通量 [2]。

在未充分酵素處理的蘋果汁中，霧濁通常不只是「固形物太多」的問題，而是果膠、半纖維素、蛋白質、酚類與微細植物組織共同形成的穩定膠體。果膠可像保護膠一樣包覆或分散微粒，使粒子保持懸浮；當這種結構未被破壞時，離心與過濾設備需要更長處理時間，也較容易出現濾材堵塞、澄清不完全或批次差異 [3]。

果膠酶在果汁產業中的普及，正是因為它能在不依賴強烈化學澄清的情況下，針對霧濁與黏度的根本原因進行選擇性降解。綜述文獻指出，果膠酶已廣泛用於果汁萃取、澄清與出汁率改善，尤其適合蘋果、葡萄、柑橘與其他果膠含量較高或膠體穩定性較強的水果基質 [4]。

果膠酶的作用機制：從果膠長鏈到可分離膠體

果膠不是單一物質，而是一組結構複雜的多醣

果膠主要由半乳糖醛酸單元構成，包含同聚半乳糖醛酸區段、鼠李半乳糖醛酸區段與多種中性糖側鏈；其甲氧基化程度、分子量、支鏈密度與鈣離子交聯能力，會影響果汁的黏度、濁度與膠體穩定性。蘋果來源果膠通常具有足以影響流變特性的長鏈結構，因此在澄清型蘋果汁製程中，果膠降解是前處理的關鍵環節 [5]。

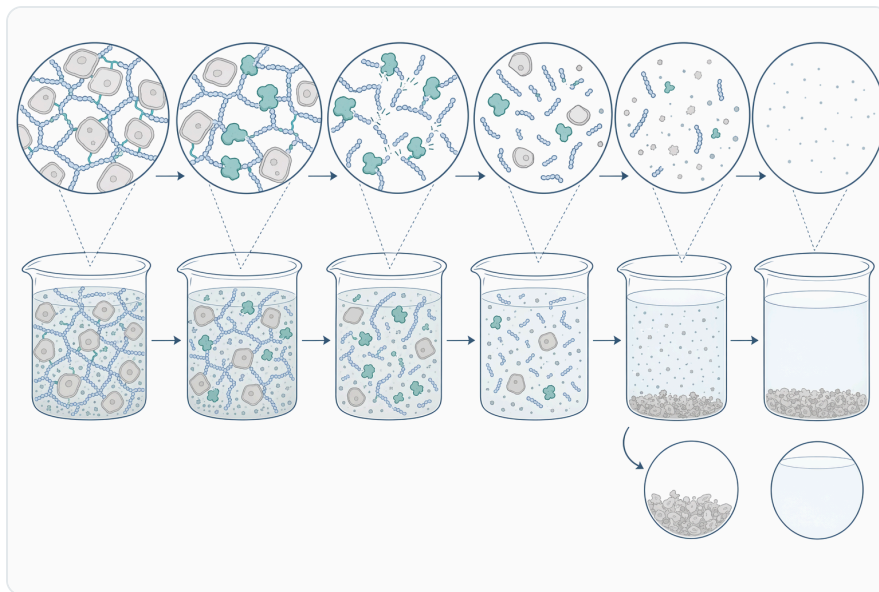


Figure 1. 食品級果膠酶將蘋果果膠水解為較短的可溶性片段，降低黏度並促進澄清。

Food-Grade Pectinase 並不是單一催化機制的代名詞，而是果膠分解酵素的商業性總稱。常見作用類型包括切斷果膠主鏈的聚半乳糖醛酸酶、對甲酯化果膠進行裂解的果膠裂解酶、作用於去甲酯化果膠的果膠酸裂解酶，以及改變甲酯化狀態的果膠酯酶；不同酵素活性之間的協同，決定了果膠降解的速度與程度 [6]。

黏度降低來自「分子尺寸」與「水合網絡」被破壞

蘋果汁黏稠的主要原因之一，是果膠長鏈在水相中形成高水合體積的多醣網絡。當果膠酶切斷主鏈後，果膠平均分子尺寸下降，分子纏結減少，保水與增稠能力降低；因此，即使固形物總量沒有立即大幅下降，液體流動性也會改善，後續泵送、沉降與過濾阻力可隨之降低 [1]。

從膠體化學角度看，果膠還會穩定懸浮微粒，讓雲霧狀顆粒不易互相碰撞、聚集與沉降。果膠酶降解保護性多醣層後，微粒表面的空間排斥與水合屏障下降，粒子更容易形成較大的聚集體，進而被離心、沉降或濾材截留；這正是「澄清」與「黏度降低」常同時發生的原因 [7]。

酵素澄清不是漂白，也不是單純去除顏色

果膠酶處理的目標是降低果膠造成的黏度與膠體穩定性，而不是把蘋果汁漂白或掩蓋原料缺陷。若原汁本身含有大量氧化褐變產物、過高懸浮固形物或微生物問題，果膠酶只能改善與果膠相關的分離瓶頸，不能取代原料管理、熱處理、衛生設計或最終產品規格控管 [8]。

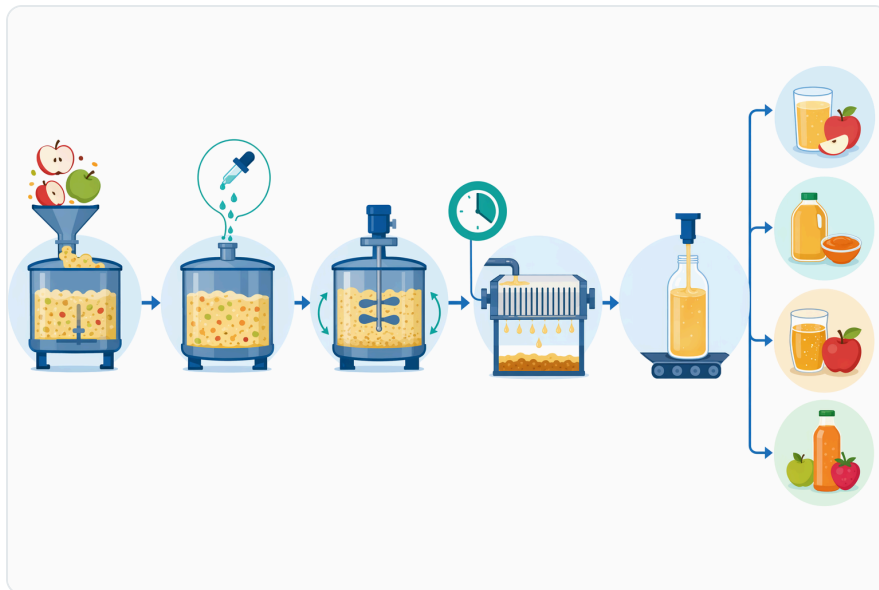


Figure 2. 在蘋果加工中，果膠酶於破碎後加入，以降低黏度、提高出汁率並加速過濾。

在蘋果汁製程中的典型導入位置

在澄清型蘋果汁製程中，果膠酶通常被安排在破碎壓榨後、離心或過濾前的前處理階段。其目的，是在固液分離設備承受主要負荷之前，先降低汁液中的果膠黏度與膠體穩定性，使後段設備處理的是較容易分離的液相，而不是高度穩定的果膠懸浮系統 [4]。

若製程採用果泥酵素處理，果膠酶可協助細胞壁與中膠層鬆散，使汁液更容易釋出；若製程採用原汁酵素處理，重點則偏向降低黏度、改善澄清與提升過濾效率。兩種導入方式都可見於果汁工業與研究文獻，但適合哪一種，取決於工廠既有設備、原料粉碎方式、壓榨策略與目標產品型態 [1]。

對膜過濾或精密過濾製程而言，果膠酶前處理尤其重要。果膠與細小膠體容易形成濃差極化層與膜面沉積，造成通量下降與清洗負荷增加；文獻對果汁膜澄清的回顧指出，酵素前處理常被視為改善膜處理性能的重要策略之一 [9]。

與其他澄清方式的比較

下表以蘋果汁澄清與黏度降低為核心，整理果膠酶處理與常見工藝選項的差異。表中重點並非替任何單一技術背書，而是說明 Food-Grade Pectinase 在整體製程中的合理角色：它通常是前處理工具，可與離心、過濾或膜分離搭配，而不是完全取代所有後段澄清設備 [10]。

製程選項	主要作用對象	對黏度的影響	對澄清的影響	優點	主要限制
未加酵素，直接離心或過濾	懸浮固形物	低	視原料而定	流程簡單	果膠仍維持膠體穩定，過濾阻力較高
Food-Grade Pectinase 前處理	可溶性與膠體果膠	高	高	針對黏度與霧濁根因，利於後段分離	需與製程條件配合，效果受原料差異影響
果膠酶搭配半纖維素酶或纖維素酶	果膠、半纖維素、細胞壁多醣	高	高	對複雜果泥或副產物流可能更有效	酵素系統更複雜，條件需平衡
單純膜過濾	微粒、膠體與部分大分子	中至低	高	可得到清亮產品	若未降解果膠，膜污染與通量衰退較明顯
高壓、超音波或其他物理輔助	組織破碎、微生物或質傳	依條件而定	依條件而定	可與酵素形成互補	設備投資與條件控制要求較高

文獻證據如何支持果膠酶用於蘋果汁澄清？

多篇綜述將果膠酶列為果汁工業中最重要的加工酵素之一，應用包含果汁萃取、澄清、黏度降低與過濾效率改善。這類證據的強度來自不同水果、不同微生物來源與不同加工條件下的重複觀察：只要霧濁與黏度主要受果膠控制，果膠降解通常就會改善澄清與分離行為 [2]。

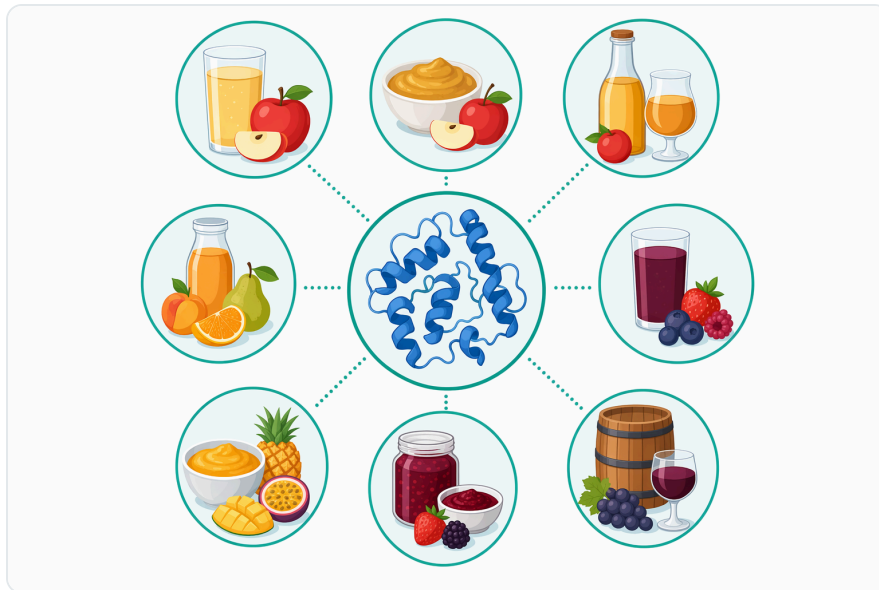


Figure 3. 食品級果膠酶廣泛用於果汁與水果加工應用，特別適合果膠導致混濁或高黏度的情況。

針對果汁澄清的研究也顯示，微生物來源果膠酶能有效降解果汁中的果膠，並以濁度下降、黏度降低、透光性提升或澄清速度改善等指標呈現效果。雖然不同研究使用的菌株、酵素組成與果汁基質不同，但共同機制都指向果膠主鏈或相關結構被破壞後，膠體系統穩定性下降 [7]。

在較新的果汁加工研究中，果膠酶也常與其他酵素或物理程序一起討論。例如同時產生木聚糖酶與果膠分解能力的酵素系統，被用於提高水果汁萃取與澄清效率；這反映出實際果汁原料不只含果膠，也含半纖維素與其他細胞壁多醣，因此多酵素協同有時比單一酵素更適合複雜基質 [11]。

蘋果工業副產物再利用研究亦顯示，酵素處理可與高壓均質等技術搭配，用於改善由蘋果副產物流製備果汁的品質特性。這類研究對 B2B 讀者的意義在於：當原料來源從標準鮮果汁擴展到果渣、果泥或副產物萃取液時，果膠酶的角色可能從單純澄清延伸到提升萃取與降低黏度 [12]。

影響處理效果的關鍵製程因素

原料品種、成熟度與破碎條件

蘋果品種、成熟度與儲藏狀態會改變果膠含量、果膠甲酯化程度與細胞壁完整性。成熟度較高的果實可能已有部分內源性果膠變化，而儲藏或破碎條件也會影響果膠釋放量；因此同一種果膠酶在不同季節或不同原料批次中，可能呈現不同的澄清速度與黏度下降幅度 [3]。

破碎粒徑與壓榨策略同樣重要。過度劇烈的粉碎可能釋放更多細胞壁多醣與微細懸浮物，使澄清負荷增加；破碎不足則可能影響出汁率。果膠酶能改善這些問題的一部分，但它並不是機械前處理的替代品，而是用來降低果膠造成的流變與分離障礙 [4]。

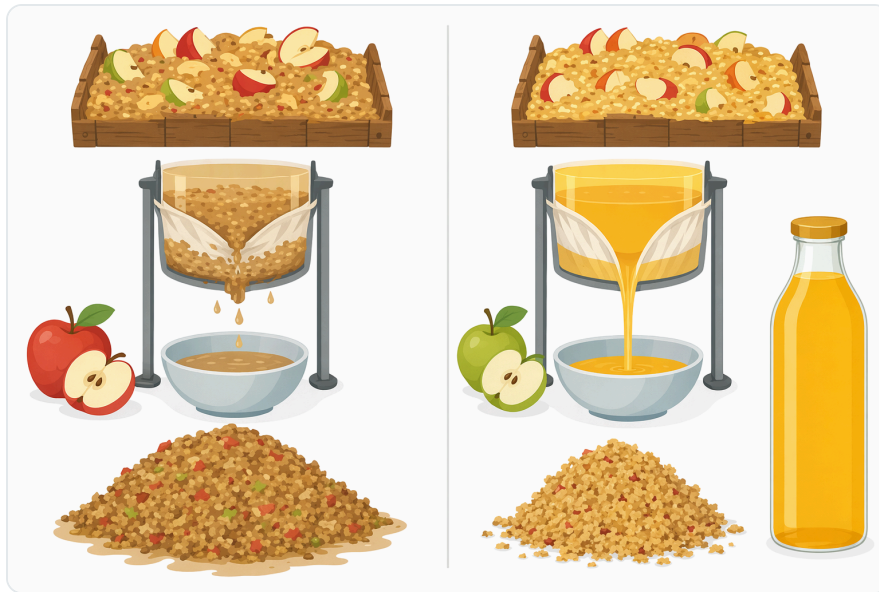


Figure 4. 相較於單靠高溫沉降或因難的過濾流程，果膠酶處理可更快速澄清，並製得黏度較低的蘋果汁。

酸度、溫度與接觸時間

多數用於果汁的果膠酶設計上會適應酸性水果環境，但實際反應仍會受酸度、溫度與接觸時間影響。若條件過度偏離酵素可有效作用的區間，果膠降解速度會下降；若接觸時間不足，果膠長鏈可能未被充分切斷，後續過濾仍會感受到高黏度與膜面沉積 [5]。

在工廠端，通常會將果膠酶處理視為製程參數的一部分，而非孤立添加步驟。攪拌均勻性、原汁固形物含量、槽體停留時間與後續加熱或失活安排，都會影響最終澄清表現；這也是為什麼文獻中的最佳條件不能直接等同於每條產線的最佳條件 [13]。

與後段離心、過濾與膜分離的銜接

果膠酶處理後，果膠降解與粒子聚集需要透過後段分離程序轉化為清亮外觀。若後段離心力、濾材孔徑、助濾系統或膜操作策略不匹配，即使果膠已被部分降解，仍可能出現澄清不足或通量不穩定；因此，果膠酶通常應被理解為「改善分離條件」而非「獨立完成所有澄清」的工具 [9]。

膜製程中特別需要注意果膠與其他多醣對膜污染的影響。研究回顧指出，提升果汁膜處理性能的策略包括前處理、操作條件控制、膜材選擇與清洗策略；果膠酶前處理可降低高分子果膠造成的阻力，但仍需與完整膜系統設計配合 [10]。

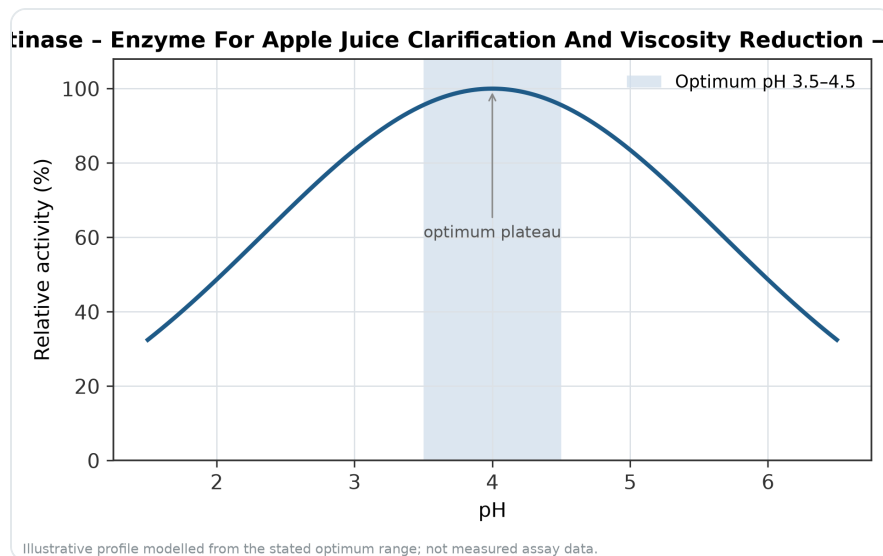


Figure 5. 食品級果膠酶——用於蘋果汁澄清與降低黏度的酵素，其相對活性隨 pH 值變化，顯示在 pH 3.5–4.5 時具有最佳活性平台。

食品品質、風味與營養面的邊界

果膠酶的主要功能是加工輔助，而不是營養強化。它可幫助取得更清亮、黏度較低且更易過濾的蘋果汁，但不應被解讀為能直接提升所有營養成分；果汁中的多酚、維生素與香氣物質會受到破碎、氧化、熱處理、澄清、濃縮與儲存等多個單元操作影響 [8]。

100% 果汁中的多酚與植物性成分具有營養研究價值，但澄清型果汁與混濁型果汁在膳食纖維、懸浮固形物與部分結合態成分上本來就不同。果膠酶澄清可能降低部分膠體與懸浮物，但也能減少加工過程中的過度機械負荷與長時間處理；對營養與感官的最終影響需放在整體製程中評估 [14]。

對風味而言，適當的果膠酶處理通常被視為溫和前處理，可減少為了達到澄清而採用更嚴苛加熱或過度機械分離的需求。然而，若原料氧化、停留時間過長或微生物控制不足，果膠酶本身無法補救由製程衛生或氧暴露造成的風味劣化 [15]。

與新興加工技術的關係：互補而非互斥

近年果汁加工也關注高壓、冷電漿、超音波、超高壓均質與其他非熱或低熱技術。這些技術的目標可能包括微生物控制、組織破碎、質傳強化或品質保存；它們與果膠酶的交集，在於都試圖降低傳統強熱處理對風味與敏感成分的影響，但作用機制並不相同 [16]。

果膠酶的優勢是分子層級的選擇性：它針對果膠結構進行降解。物理技術的優勢則常在於改變細胞結構、促進質傳或改善微生物安全。若兩者搭配，可能在特定製程中提升萃取或澄清效率；但是否值得導入，取決於設備成本、能源、產能與產品定位，而非單一文獻結果即可決定 [12]。

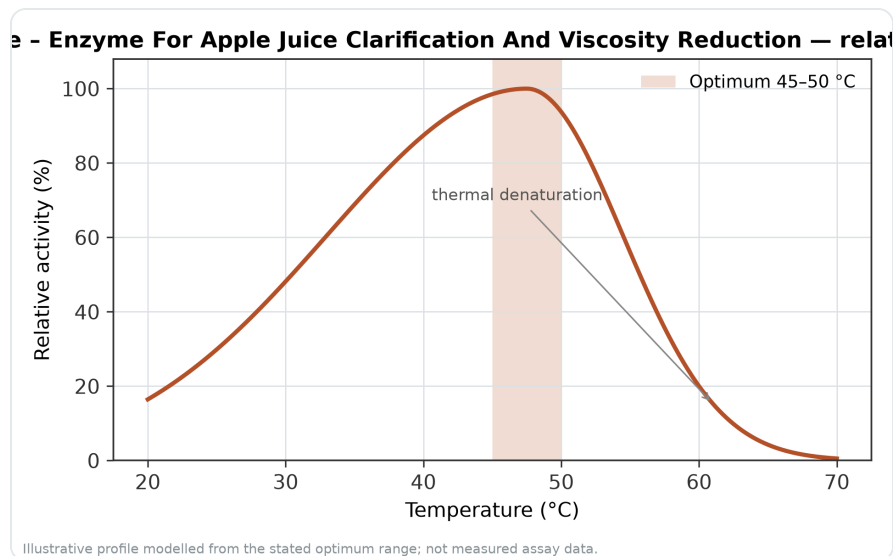


Figure 6. 食品級果膠酶——用於蘋果汁澄清與降低黏度的酵素，其相對活性隨溫度變化，最佳溫度為 45–50 °C，且在超過最佳溫度後呈現典型的熱變性活性下降。

固定化酵素也是研究中常見的方向。將果膠酶固定於載體上，理論上可提高重複使用性、操作穩定性或與連續式分離系統整合的可能；然而，固定化通常牽涉載體成本、質傳限制、清洗與食品接觸材料管理，因此更適合被視為進階工程方案，而非所有蘋果汁產線的必要條件 [17]。

Food-Grade Pectinase 在 B2B 採購與製程導入中的定位

對果汁廠、飲料代工廠與配方開發團隊而言，Food-Grade Pectinase 的價值在於縮短澄清瓶頸、降低黏度造成的操作阻力，並提高後段分離的一致性。它特別適合處理蘋果汁、蘋果濃縮汁前段原汁、含蘋果基底的混合果汁，以及因果膠造成過濾困難的水果萃取液 [1]。

Enzymes.bio 作為供應商，提供此類食品製程用果膠酶產品的線上購買通路，產品以 1 kg 單位直接銷售。由於 Enzymes.bio 並非製造商或實驗室，技術文件應將重點放在酵素應用機制、文獻支持與製程整合邏輯，而不是宣稱製造端能力或實驗室服務。

CoA 與 SDS 隨訂單提供，可協助工廠完成批次文件、物料登錄與安全資料管理。實際使用時，工廠仍需依所在地食品法規、產品類別、標示要求與內部品質系統，將酵素處理納入既有製程與紀錄管理。

導入後可觀察的製程改善方向

果膠酶處理後，最直接可觀察的方向通常包括原汁黏度下降、沉降速度改善、離心後上清液更清亮、濾速提升、濾材堵塞減少，以及膜處理通量更穩定。這些改善並非每一批都以相同幅度出現，因為原料果膠組成、懸浮固形物與製程條件都會影響反應結果 [13]。

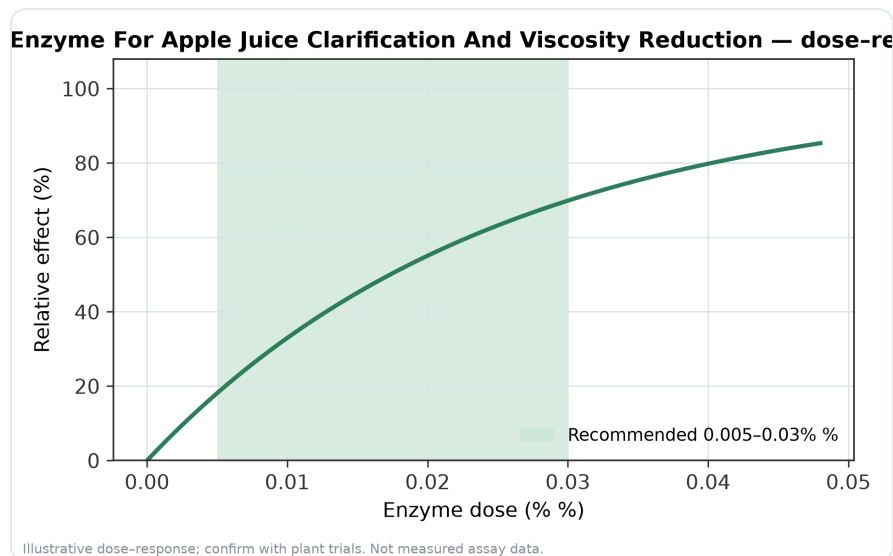


Figure 7. 食品級果膠酶——用於蘋果汁澄清與降低黏度的酵素，在建議使用範圍 (0.005–0.03%) 內的示意劑量反應。

對產線管理而言，更穩定的澄清與過濾行為往往比單次最大澄清效果更重要。若果膠酶前處理能降低批次間黏度差異，後段設備就較容易維持固定節拍；這有助於排程、降低等待時間，也能減少因過濾不順造成的臨時調整 [10]。

在產品外觀上，澄清型蘋果汁通常追求較高透明度與較低沉澱風險。果膠酶透過破壞果膠膠體，使微粒更容易被移除；但若產品定位是混濁型蘋果汁或保留果肉感的飲品，酵素處理強度與後段分離程度就必須配合產品概念，而不是一味追求完全清亮 [4]。

適合的應用情境與限制

Food-Grade Pectinase 最適合用於果膠是主要黏度來源或澄清障礙的系統，例如蘋果汁、梨汁、部分莓果或混合水果基底。當霧濁主要來自澱粉、蛋白質、微生物污染、氧化聚合物或不溶性纖維過量時，單靠果膠酶可能不足，需要從原料、前處理、其他酵素或分離程序共同處理 [2]。

若配方中含有大量果泥、纖維懸浮物或植物性副原料，果膠酶仍有幫助，但可能需要與半纖維素酶、纖維素酶或其他製程單元搭配。文獻中雙酵素或多酵素系統的研究，反映出複雜植物基質往往不只受果膠控制；因此，對高固形物果汁或副產物萃取液，單一酵素的效果可能較標準清汁製程更具條件依賴性 [18]。

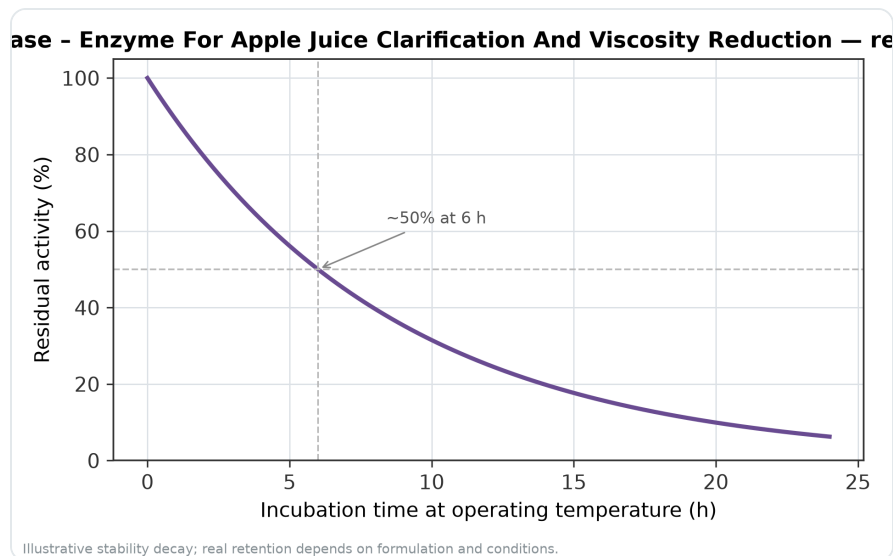


Figure 8. 食品級果膠酶——用於蘋果汁澄清與降低黏度的酵素，其示意熱穩定性衰減；在操作溫度下，殘餘活性會隨時間下降。

另一方面，果膠酶也不是保存技術。它不能取代巴氏殺菌、無菌充填、冷鏈、微生物監控或食品安全設計；若將其與非熱處理或低熱處理結合，也仍需確保微生物控制與法規要求。果膠酶的核心任務始終是果膠降解與製程性改善 [15]。

結論：蘋果汁澄清的成熟酵素工具

Food-Grade Pectinase 用於蘋果汁澄清與黏度降低，具有明確的生化機制與廣泛文獻支持：它透過分解果膠長鏈，降低高分子多醣造成的黏度與膠體穩定性，使懸浮微粒更容易沉降、離心或過濾移除 [1]。

在商業製程中，果膠酶最適合被視為前處理與分離效率改善工具，可與壓榨、離心、板框過濾、助濾或膜分離系統銜接。其實際效益取決於蘋果原料、製程條件、產品型態與後段設備配置；對澄清型蘋果汁而言，它是成熟、溫和且具工業合理性的酵素選項 [2]。

Enzymes.bio 供應的 Food-Grade Pectinase 以 1 kg 單位在線上直接銷售，適合需要將果膠酶納入果汁加工流程的食品與飲料業者。CoA 與 SDS 隨訂單提供；文件與製程使用仍應依各工廠所在地法規、品管系統與產品定位進行管理。

線上訂購 Food-Grade Pectinase – Enzyme For Apple Juice Clarification And Viscosity Reduction

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 Food-Grade Pectinase – Enzyme For Apple Juice Clarification And Viscosity Reduction →

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. Sharma, H., Patel, H., & Sugandha (2017). Enzymatic added extraction and clarification of fruit juices–A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57, 1215 - 1227.
2. Nighojkar, A., Patidar, M., & Nighojkar, S. (2019). Pectinases: Production and Applications for Fruit Juice Beverages. *Processing and Sustainability of Beverages*.
3. Patidar, M., Nighojkar, S., Kumar, A., & Nighojkar, A. (2018). Pectinolytic enzymes-solid state fermentation, assay methods and applications in fruit juice industries: a review. *3 Biotech*, 8, 1-24.
4. Ramadan, M. (2019). Enzymes in Fruit Juice Processing. *Enzymes in Food Biotechnology*.
5. Haile, S., & Ayele, A. (2022). Pectinase from Microorganisms and Its Industrial Applications. *TheScientificWorldJournal*, 2022.
6. Kc, S., Upadhyaya, J., Joshi, D., Lekhak, B., Chaudhary, D. K., Pant, B. R., Bajgai, T. R., ... et al. (2020). Production, Characterization, and Industrial Application of Pectinase Enzyme Isolated from Fungal Strains. *Fermentation*, 6, 59.
7. Meena, B., Sowmeya, V. G., Praveen, A. B., Swetha, A., Chandra, D., & Kavitha, M. (2021). Pectin Degradation in Fruit Juices by Pectinase from Meyerozyma sp. VITPCT75 Isolated from Phyllanthus emblica. *Journal of Pure and Applied Microbiology*.
8. Lan, T., Wang, J., Bao, S., Zhao, Q., Sun, X., Fang, Y., Ma, T., ... et al. (2023). Effects and impacts of technical processing units on the nutrients and functional components of fruit and vegetable juice. *Food Research International*, 168, 112784 .
9. Sarbatly, R., Sariau, J., & Krishnaiah, D. (2023). Recent Developments of Membrane Technology in the Clarification and Concentration of Fruit Juices. *Food Engineering Reviews*, 1 - 18.
10. Katibi, K. K., Nor, M. Z. M., Yunos, K. F. M., Jaafar, J., & Show, P. (2023). Strategies to Enhance the Membrane-Based Processing Performance for Fruit Juice Production: A Review. *Membranes*, 13.
11. Sikodia, N., Battan, B., Chahal, S., & Sharma, J. (2024). EFFICIENT EXTRACTION AND CLARIFICATION OF FRUIT JUICES USING CONCURRENTLY PRODUCED XYLANO-PECTINOLYTIC ENZYMES. *Journal of*

Microbiology, Biotechnology and Food Sciences.

12. Aksu, M., Şimşek, S. S., Turan, E., Konar, N., & Atalar, I. (2026). Combined Effects of Ultra-High-Pressure Homogenization and Enzyme Treatments on the Quality Properties of Juice From Apple Industrial By-Products. *Journal of food process engineering.*
13. Vinjamuri, S. (2015). Optimization Studies on Enzymatic Clarification of Mixed Fruit Juices.
14. Ho, K., Ferruzzi, M., & Wightman, J. D. (2019). Potential health benefits of (poly)phenols derived from fruit and 100% fruit juice. *Nutrition reviews.*
15. Jiménez-Sánchez, C., Lozano-Sánchez, J., Segura-Carretero, A., & Fernandez-Gutiérrez, A. (2017). Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing. Part 1: Techniques and applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57, 501 - 523.
16. Sharma, R., Nath, P., Rustagi, S., Sharma, M., Inbaraj, B., Dikkala, P., Nayak, P. K., ... et al. (2025). Cold Plasma—A Sustainable Energy-Efficient Low-Carbon Food Processing Technology: Physicochemical Characteristics, Microbial Inactivation, and Industrial Applications. *International journal of food Science*, 2025.
17. Maghraby, Y. R., El-Shabasy, R. M., Ibrahim, A. H., & Azzazy, H. M. (2023). Enzyme Immobilization Technologies and Industrial Applications. *ACS Omega*, 8, 5184 - 5196.
18. Kharazmi, S., & Taheri-Kafrani, A. (2023). Bi-enzymatic nanobiocatalyst based on immobilization of xylanase and pectinase onto functionalized magnetic nanoparticles for efficient fruit juice clarification. *LWT.*


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。