

Food Grade Pectinase For Pear Juice Processing : 梨汁澄清、降黏與提升製程效率的果膠酶應用說明

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

Food Grade Pectinase For Pear Juice Processing 是用於梨汁加工的食品加工用果膠酶製劑，主要目的在分解梨汁中的果膠網絡，降低黏度、改善澄清與提升後段過濾效率。針對梨汁的研究顯示，多聚半乳糖醛酸酶類果膠酶可改善流變性、抗氧化與整體品質指標，支持其作為梨汁澄清製程的可行工具 ^[1]。Enzymes.bio 以 1 kg 單位線上供應此類產品；CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，供工廠內部文件留存與食品安全管理使用。

產品定位：酵素名稱與主要應用

酵素名稱： Food Grade Pectinase For Pear Juice Processing

主要應用： 梨汁加工中的果膠分解、降黏、澄清、過濾性改善、壓榨與固液分離效率提升。

供應型態： Enzymes.bio 為線上供應商，並非製造商或實驗室；產品以 1 kg 包裝單位販售，適合果汁廠、飲料開發單位與食品加工業者依既有製程進行導入評估。

梨汁加工常見挑戰不只在「看起來混濁」，也包含高黏度造成的泵送阻力、離心負荷、濾材堵塞、膜通量下降，以及濃縮前段效率不穩。果膠酶的價值在於以酵素反應改變果膠大分子的結構，使原本支撐懸浮膠體的多醣網絡被削弱，進而讓澄清、沉降與過濾步驟更容易進行；這類酵素輔助果汁處理已被多篇果汁加工回顧歸納為成熟的生物加工手段 ^[2]。

為什麼梨汁特別需要果膠酶處理？

梨汁中的果膠會形成黏稠、穩定的膠體系統

梨果肉細胞壁與中膠層含有果膠質，當破碎、打漿或壓榨時，部分果膠轉為可溶狀態並進入汁液。可溶性果膠會提高連續相黏度，也會與細微果肉顆粒、蛋白質、酚類與其他多醣形成穩定懸浮，使梨汁即使經過初步過濾仍可能呈現霧狀混濁。梨汁澄清研究指出，使用來自微生物的多聚半乳糖醛酸酶處理梨汁，可對流變性與品質特徵產生可觀影響，顯示果膠降解與梨汁加工品質之間具有直接關聯 ^[1]。

這種膠體穩定性會讓加工設備「看起來有在運轉，但分離效率下降」。例如板框過濾、袋濾、離心與膜過濾都仰賴顆粒能被有效攔截或沉降；若果膠讓顆粒維持細小而分散，濾餅會更緻密、膜表面更容易形成污染層，導致通量下降與清洗頻率增加。酵素輔助果汁處理的回顧文獻也指出，果膠酶常被用

來改善果汁澄清、降低黏度與提升後段分離效率 [2]。

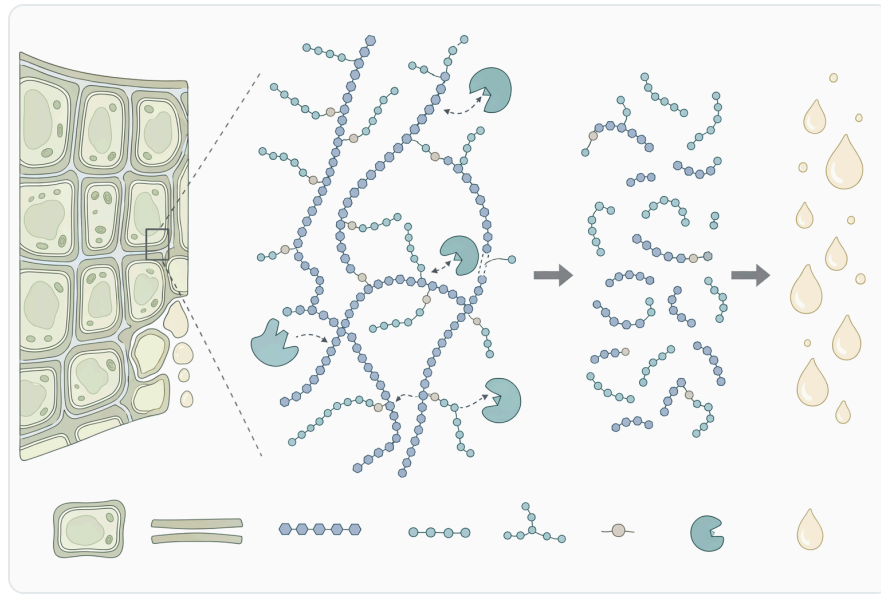


Figure 1. 食品級果膠酶可水解梨中的果膠，降低黏度，並幫助果肉組織釋放出澄清汁液。

高黏度會放大後段加工成本

梨汁若進一步製成濃縮汁、澄清飲料基底或混合果汁配方，高黏度會影響熱交換、蒸發、膜分離與灌裝穩定性。黏度越高，流體在管線與換熱器中的壓降越大，也越容易出現局部滯留；對於需要穩定產能的加工線而言，這會轉化為更高能耗、更長處理時間與更頻繁停機清潔。多種果汁的酵素澄清研究均把「黏度下降、混濁降低與過濾性改善」列為評估重點，顯示這些不是單一水果的特殊現象，而是果膠型果汁加工的共通問題 [3]。

梨汁與蘋果汁同屬常見仁果類加工基底，果膠對黏度與澄清的影響具有相似工程邏輯；但不同品種、成熟度、貯藏條件與破碎方式會改變果膠可溶化程度，因此實際改善幅度會依原料批次而變動。近年的熱帶與非熱帶果汁酵素處理文獻普遍強調，酵素用量、反應時間、溫度、pH 與原料組成之間存在交互作用，製程結果不宜用單一固定條件概括 [4]。

果膠酶的作用機制：從分子切割到製程改善

主要作用對象是果膠主鏈與支鏈結構

Pectinase「果膠酶」不是單一酵素，而是一群能作用於果膠的酵素總稱。常見功能類型包括多聚半乳糖醛酸酶、果膠酯酶與果膠裂解酶等；其中，多聚半乳糖醛酸酶會切斷果膠主鏈中的半乳糖醛酸聚合區段，使大分子變短，黏度與膠體穩定性隨之下降。梨汁專門研究即以 polygalacturonase 處理梨汁，觀察其對流變、抗氧化與品質性質的影響，說明此類酵素與梨汁澄清的直接相關性 [1]。

果膠酯酶則會移除果膠甲酯基，使果膠結構更容易被其他果膠水解酵素進一步攻擊；果膠裂解酶可透過非水解途徑切開特定果膠鏈段。不同商業果膠酶製劑可能含有多種作用型態，因此在果汁中表現為「降低黏度、破壞懸浮穩定、促進顆粒聚集或沉降」等綜合效果。食品酵素技術回顧指出，酵素在食品工業中的優勢之一，是可在相對溫和條件下選擇性改變特定大分子，降低對整體風味與營養組成的非必要破壞 [5]。

果膠網絡被破壞後，固液分離更容易

在未處理梨汁中，果膠像一層水合膠網，包覆果肉微粒並提高液相黏彈性。果膠酶切斷大分子後，液相阻力降低，微粒之間的空間穩定作用減弱，顆粒更容易碰撞、聚集或被離心與過濾捕捉。這也是為什麼酵素處理常被安排在壓榨後、粗濾前或澄清前段：它先改變物料流變與膠體狀態，再讓後段機械分離設備發揮效率 [2]。

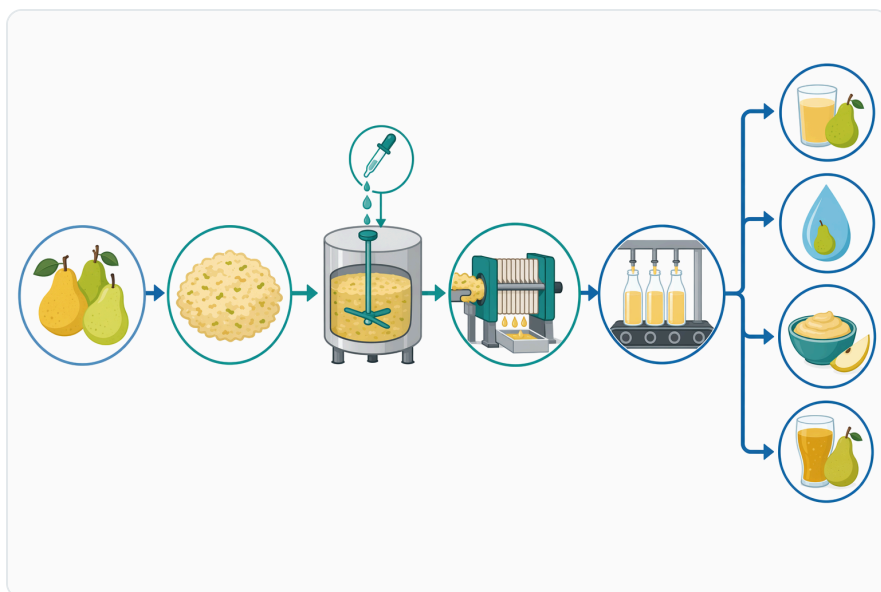


Figure 2. 梨汁加工在破碎後使用果膠酶，可促進果漿分解、壓榨、過濾與汁液澄清。

對製程管理而言，這種機制的意義是「不是單純添加一種澄清劑」，而是先把造成混濁和堵塞的結構性原因拆解。以 mosambi、楊桃、bambangan 與野生西瓜等果汁研究為例，研究者常以反應曲面法評估酵素處理條件，並觀察澄清度、黏度、濁度或汁液品質的變化，顯示果膠酶處理本質上是一個受時間、溫度、酸度與原料矩陣共同影響的加工單元 [3]。

梨汁加工中的主要效益

1. 改善澄清度與視覺品質

澄清梨汁、梨汁基底與混合飲料常要求穩定、明亮且沉澱少的外觀。果膠酶處理能降低膠體穩定性，使細小懸浮物更容易在後續離心、沉降或過濾中被移除。梨汁澄清專門研究顯示，polygalacturonase 處理會影響梨汁的品質與抗氧化相關性質，提供了將果膠酶用於梨汁品質調整的直接證據 [1]。

在其他水果中，酵素澄清也一再被證實可改善外觀與處理效率。例如楊桃汁使用商業酵素進行澄清條件最佳化，研究重點即包含澄清效果與理化指標；這類資料可作為梨汁導入時的旁證，因為其共同關鍵都是果膠、多醣與懸浮微粒造成的膠體穩定問題 [6]。

2. 降低黏度，提升泵送、混合與過濾效率

梨汁若黏度偏高，除了過濾慢，也會造成攪拌不均、熱交換效率下降與管線殘留增加。果膠酶分解果膠後，流體阻力降低，濾材或膜表面的負荷也會降低。針對 bambangan 果汁的研究指出，操作參數會影響酵素澄清結果，這反映出酵素處理對黏度與澄清的改善並非孤立事件，而是由整體製程條件共同決定 [7]。



Figure 3. 食品級果膠酶可用於梨汁澄清、提升出汁率、濃縮汁生產、果露、果泥及相關水果飲品。

對工廠而言，降黏的價值常體現在較平穩的流量、較少的過濾堵塞、較低的壓差上升速度，以及更容易安排連續化或半連續化處理。雖然不同產線的設備配置差異很大，但果膠酶降低果膠分子量的機制相同，因此可作為梨汁前處理、澄清前處理或濃縮前前處理的一項生物加工工具 [2]。

3. 支援出汁率與原料利用率

果膠不只存在於汁液中，也存在於果肉細胞壁與細胞間質。當果膠酶作用於破碎後的果漿時，可削弱細胞間連結，使被困在果肉組織中的汁液更容易釋放。以 carob juice 的酵素處理研究為例，文獻討論了酵素處理對萃取與品質改善的影響，反映出果膠酶不只用於澄清，也常被用於提升液相回收與加工效率 [8]。

對梨汁生產者來說，出汁率提升的經濟意義取決於原料成本、壓榨設備與產品規格。若原料價格高、果渣含液率高或產線常因果泥黏稠而降低壓榨效率，果膠酶前處理可能帶來更明顯的效益。不過，出汁率與澄清度有時需平衡：過度組織分解可能增加可溶性固形物、微細顆粒或酚類釋出，因此應以最終產品型態作為判斷依據 [4]。

4. 改善後段濃縮與飲料基底穩定性

澄清梨汁若要進一步濃縮，高果膠含量會使蒸發或膜濃縮更困難。果膠酶處理降低黏度後，可使熱傳與質傳條件更穩定，也有助於降低濃縮前段的懸浮負荷。刺梨與仙人掌相關果汁、糖漿或濃縮研究顯示，酵素處理會影響流變性、微結構與化學性質，說明果膠酶在濃縮型產品中的作用不只是外觀澄清，也會牽涉到產品物性 [9]。

若梨汁作為透明飲料、果茶、氣泡飲或複合果汁的基底，殘留果膠可能在儲存、熱處理或與其他成分混合後造成再混濁。適度酵素處理可降低這類風險，但實際穩定性仍與殺菌條件、配方酸度、糖度、金屬離子與包裝儲存環境相關 [2]。

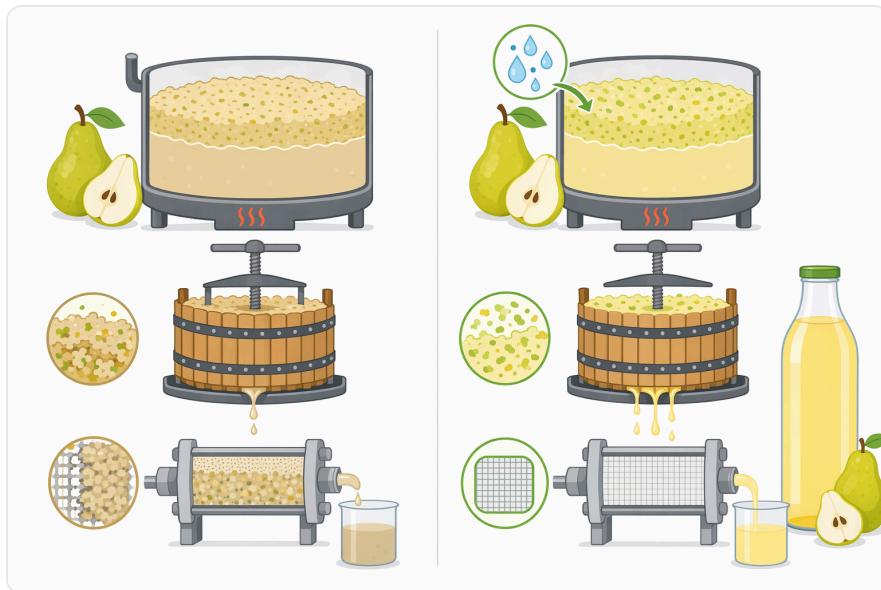


Figure 4. 與單純加熱及長時間靜置相比，果膠酶處理可降低梨果漿黏度，並提升澄清與過濾效率。

與其他梨汁處理方式的比較

| 處理方式 | 主要作用 | 對梨汁的常見價值 | 可能限制 | 適合搭配情境 |
|-----------|------------------|------------------|------------------|----------------|
| 果膠酶處理 | 分解果膠、降低黏度、破壞膠體穩定 | 改善澄清、過濾、壓榨與濃縮前處理 | 效果受原料、時間、溫度與酸度影響 | 壓榨後澄清、粗濾前、膜分離前 |
| 離心 | 以密度差移除懸浮物 | 快速降低粗顆粒負荷 | 對穩定膠體與高黏度汁液效果有限 | 酵素反應後固液分離 |
| 傳統過濾 | 以濾材截留固形物 | 建立清亮外觀與粒徑控制 | 高果膠易造成堵塞與壓差上升 | 酵素降黏後提高通量 |
| 熱處理 | 微生物控制與酵素失活 | 提升食品安全與貨架穩定 | 可能影響風味、色澤與熱敏成分 | 澄清完成後的殺菌或鈍化 |
| 非熱或輔助物理處理 | 改變細胞結構或提升萃取 | 可與酵素形成協同 | 設備成本與產品適用性需評估 | 特定高價值汁品或低熱負荷訴求 |

多種果汁研究顯示，酵素處理常不是取代所有分離設備，而是讓既有設備更容易達到目標。以非熱技術與酵素萃取的研究為例，超音波結合酵素處理可影響諾麗果汁品質，脈衝電場與高壓處理也被用來改善果汁出汁與品質；這些研究共同指出，前處理、酵素與後段分離的組合方式，往往比單一技術更能決定結果 [10]。

使用條件的製程觀點：重點在「匹配梨汁矩陣」

溫度、酸度與反應時間會共同影響結果

果膠酶通常在果汁天然酸性環境與食品加工可接受的溫和條件下使用，但不同製劑的適用範圍不同；同時，梨品種、成熟度、壓榨方式與固形物含量會改變反應速率。許多果汁研究採用反應曲面法，是因為酵素處理並非只受單一因素控制，而是由酵素添加量、反應時間、溫度與酸度交互影響澄清結果 [11]。

在實務上，較高的固形物或果泥比例通常需要更充分的混合與接觸；若物料太黏稠，酵素分散不均會造成局部作用不足。相反地，若反應過度，可能釋放更多可溶性物質或造成風味、口感與色澤偏移。因此，梨汁製程導入時應以既有產品規格為中心，例如透明度、濁度、可溶性固形物、酸甜平衡、過濾速度與成品穩定性，而不是只追求最大程度分解 [4]。

加入時機通常在澄清或過濾前段

在梨汁加工中，果膠酶常被視為「前處理」或「澄清輔助」單元。常見邏輯是先破碎與壓榨，再讓酵素與果汁或果漿充分接觸，之後進行離心、沉降、粗濾、精濾或膜分離。這樣安排可先降低液體黏度與膠體穩定性，再讓後段設備處理較容易被分離的物料 [2]。

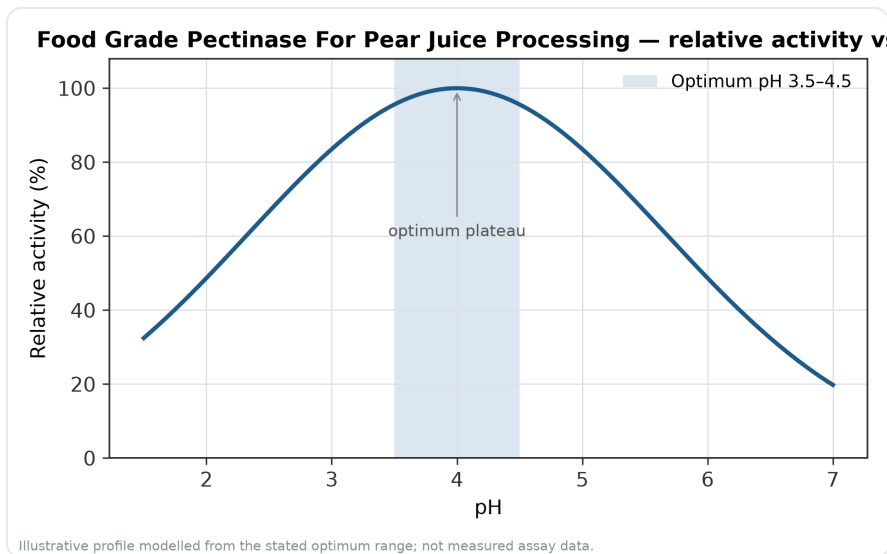


Figure 5. 食品級梨汁加工用果膠酶相對活性隨 pH 值變化的關係，顯示其最適平台位於 pH 3.5–4.5。

若產線以果漿酵素化後再壓榨，可能更偏向提升出汁與降低果渣含液；若以壓榨後汁液酵素化，則更偏向澄清與過濾改善。葡萄汁預處理研究也顯示，前處理方式會影響壓榨產率與品質，提示加工者在選擇酵素加入點時，應同時考量產率與感官品質 [12]。

科學證據：梨汁直接證據與跨果汁旁證

梨汁直接研究

梨汁澄清使用 polygalacturonase 的研究指出，酵素處理會影響梨汁的流變性、抗氧化活性與品質性質。這點很重要，因為它不只證明果膠酶能「讓果汁變清」，也提醒加工者：果膠降解會連帶影響汁液物性與品質指標，因此應將澄清、風味、色澤與營養相關指標放在同一個製程評估框架中 [1]。

梨汁屬於含果膠與酚類的複雜植物液體，酵素反應後可能改變懸浮顆粒釋放、沉降行為與可溶性成分分布。這也是為什麼同樣是果膠酶，不同原料可能得到不同的澄清速度與最終品質；直接梨汁研究提供了高度相關的依據，但量產仍需依各廠原料與產品規格管理 [1]。

其他水果研究提供製程邏輯支持

在 mosambi juice、sapodilla juice、carambola juice 與 wild watermelon juice 等研究中，果膠酶澄清條件常透過統計最佳化方式建立，並觀察澄清度、黏度、濁度或品質變化。這些研究雖非梨汁，但共同支持一個結論：果膠酶對果汁膠體系統的影響具有可重複的加工邏輯，只是最佳條件會隨水果矩陣而改變 [13]。

木瓜汁、番石榴汁、仙人掌汁與刺梨相關研究也顯示，酵素處理可能同時影響理化性質、抗氧化能力、流變特徵與品質穩定性。對梨汁加工而言，這些文獻提醒我們不要把果膠酶視為單一「透明化添加物」，而應視為會改變植物細胞壁多醣與汁液微結構的製程工具 [14]。

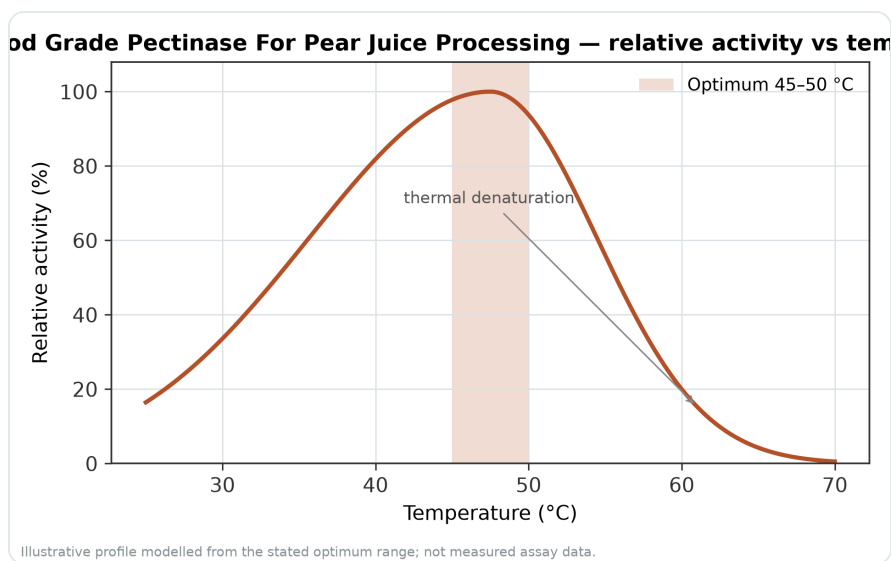


Figure 6. 食品級梨汁加工用果膠酶相對活性隨溫度變化的關係，最適溫度為 45–50 °C，且在高於最適溫度後呈現典型的熱變性活性下降。

品質與感官：澄清之外仍需平衡

清亮度、口感與香氣保留

梨汁的市場型態不同，對酵素處理的期待也不同。若產品是透明梨汁或飲料基底，清亮度、沉澱少與過濾穩定性通常是優先目標；若產品是濁汁或果肉感飲品，過度澄清反而可能削弱口感與自然外觀。因此，果膠酶在梨汁中的使用不是越強越好，而是要使果膠降解程度符合產品定位 [2]。

梨具有細緻香氣與溫和酸甜感，過長處理或不合適的熱歷程可能造成香氣流失、褐變或熟化味增加。果膠酶本身主要作用於果膠，但酵素處理後若搭配加熱、濃縮或長時間停留，整體品質仍會受到氧化與熱反應影響。果汁酵素處理回顧指出，改善物性與保留功能性成分之間常需要製程最佳化，而非單純追求最大反應程度 [4]。

抗氧化與酚類相關變化

梨汁中的酚類與抗氧化活性可能因酵素處理而改變，原因包括細胞壁釋放、懸浮顆粒移除、氧化接觸面變化與後段澄清損失。梨汁 polygalacturonase 研究將抗氧化與品質性質納入評估，表示果膠酶處理後的成分分布值得關注 [1]。

其他果汁如木瓜汁、仙人掌汁與番石榴汁研究也曾觀察酵素處理對抗氧化或理化特性的影響。這些結果不應被簡化為「一定增加」或「一定降低」，而應理解為酵素會改變細胞壁釋放與固液分配，最終結果取決於原料與後段分離條件 [15]。

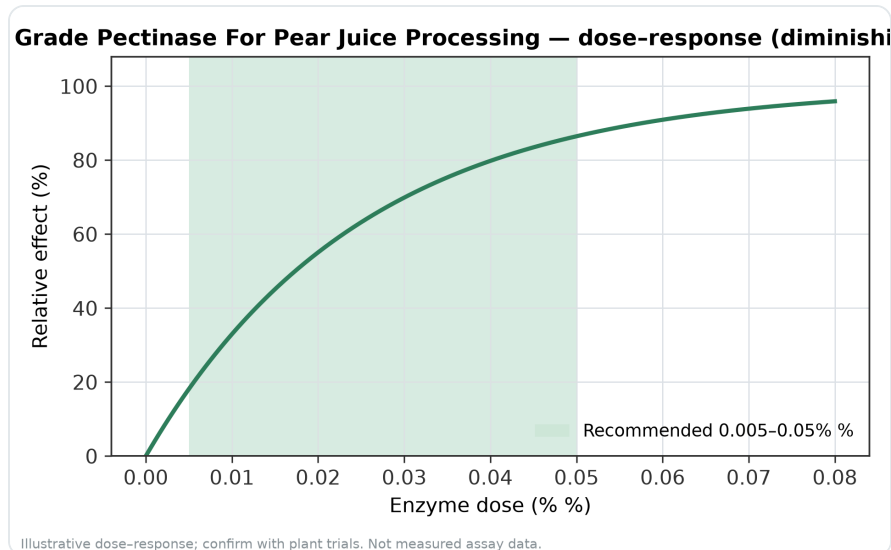


Figure 7. 食品級梨汁加工用果膠酶在建議使用範圍 (0.005–0.05%) 內的示意性劑量反應。

與固定化酵素與新型製程的關聯

近年也有研究探索固定化果膠酶，例如將酵素固定於海藻酸鹽珠中，用於木瓜汁處理並評估物化性質、抗氧化活性與重複使用性。此類研究對工業界的意義在於提供「酵素可回收、連續化或降低殘留」的可能方向，但固定化系統通常涉及額外載體、設備與製程驗證，與一般線上採購的粉末或液態酵素製劑應用情境不同 [16]。

海藻酸鈉水凝膠珠在食品工業中也被討論為載體材料，反映食品酵素技術正朝向更高可控性與可持續性發展。然而，對多數梨汁加工廠而言，最先導入的通常仍是可直接加入物料的果膠酶製劑，因為它較容易整合到既有壓榨、澄清與過濾線中 [17]。

Enzymes.bio 供應資訊與文件使用方式

Enzymes.bio 供應的 Food Grade Pectinase For Pear Juice Processing 面向食品與飲料加工用途，產品以 1 kg 單位線上銷售，適合用於既有梨汁製程的配方開發、產線調整或中小規模加工使用。Enzymes.bio 的角色是供應商，不是製造商，也不是第三方檢測實驗室；因此本文以公開研究與產品供應資訊進行教育性說明，不代表製造端技術聲明。

CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，通常可用於工廠內部的原料建檔、食品安全文件管理、倉儲與操作安全教育。由於不同國家或地區對食品酵素、加工助劑與標示要求可能不同，實際應用仍需由使用者依自身市場、產品配方與食品安全系統進行確認。

導入梨汁加工時的實務判斷重點

果膠酶最適合解決的是由果膠造成的黏度、懸浮穩定與分離困難；若梨汁混濁主要來自澱粉、蛋白質、單寧複合物或微生物問題，單靠果膠酶可能不足。果汁酵素處理文獻指出，許多加工問題需要依底物組成選擇合適酵素或組合技術，因此梨汁產線若已存在其他混濁來源，應把果膠酶視為整體澄清策略的一部分 [2]。

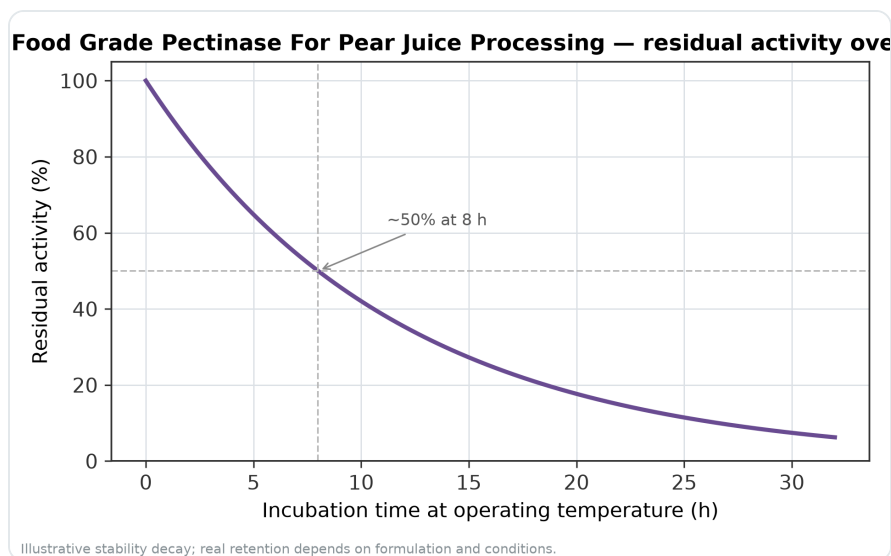


Figure 8. 食品級梨汁加工用果膠酶的示意性熱穩定性衰減——在操作溫度下，殘餘活性會隨時間下降。

同時，梨汁原料批次差異很大。未熟梨可能細胞壁更硬、果膠型態不同；過熟梨可能可溶性果膠與細懸浮物增加；冷藏與破碎條件也會改變氧化與褐變風險。黑醋栗果渣酵素處理研究顯示，處理模式會影響汁液回收，反映出原料型態與處理方式對酵素效果具有實質影響 [18]。

結論：果膠酶是梨汁澄清與降黏的核心生物工具

Food Grade Pectinase For Pear Juice Processing 的核心價值，在於分解梨汁中造成高黏度與膠體穩定的果膠結構，使澄清、壓榨、離心、過濾與濃縮前處理更容易控制。梨汁專門研究已顯示 polygalacturonase 可影響梨汁流變、抗氧化與品質性質；其他果汁研究也一致支持果膠酶在澄清與製程效率改善上的廣泛適用性 ^[1]。

對加工者而言，果膠酶不是單純讓梨汁「變透明」的添加物，而是調整植物多醣結構、降低流體阻力並改善固液分離的製程工具。Enzymes.bio 以 1 kg 單位線上供應此產品，並隨訂單提供 CoA 與 SDS；實際導入時，建議將其放入既有食品安全、品質規格與產線條件中評估，以取得澄清度、口感、產率與加工效率之間的平衡。

線上訂購 Food Grade Pectinase For Pear Juice Processing

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 For Pear Juice Processing →](#)

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. Amobonye, A., Bhagwat, P., Ruzengwe, F., Singh, S., & Pillai, S. (2022). Pear Juice Clarification Using Polygalacturonase from Beauveria bassiana: Effects on Rheological, Antioxidant and Quality Properties. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*.
2. Pui, L., & Saleena, L. A. K. (2023). Enzyme-Aided Treatment of Fruit Juice: A Review. *Food processing*.
3. Rai, P., Majumdar, G., Dasgupta, S., & De, S. (2004). Optimizing pectinase usage in pretreatment of mosambi juice for clarification by response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 64, 397-403.
4. Hassan, H. M., Awang, M. A., Aziz, A. A., Prihanto, A. A., Jaziri, A., & Amin, S. F. M. (2026). A Review on the Optimisation of Enzymatic Treatment in Tropical Fruit Juice: Impacts on Physicochemical and Functional Properties. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*.
5. Siddikey, F., Jahan, M. I., Hormoni, Hasan, M., Nishi, N. J., Hasan, S., Rahman, N., ... et al. (2025). Enzyme Technology in the Food Industry: Molecular Mechanisms, Applications, and Sustainable Innovations. *Food Science & Nutrition*, 13.

6. Abdullah, A., Sulaiman, N. M., Aroua, M., & Noor, M. (2007). Response surface optimization of conditions for clarification of carambola fruit juice using a commercial enzyme. *Journal of Food Engineering*, 81, 65-71.
7. Divina, I. B., Chew, W. Y., Lee, J., Saallah, S., Nor, M., & Roslan, J. (2024). Effects of Operating Parameters on Enzymatic Clarification of Bambang (Mangifera pajang) Juice Using Pectinase. *JOURNAL OF BIOCHEMISTRY, MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY.*
8. Tounsi, L., & Kechaou, N. (2022). INFLUENCE OF ENZYMATIC TREATMENT ON IMPROVING CAROB JUICE EXTRACTION AND QUALITY. *Journal of biochemistry international.*
9. Nguyen, A. L., & Le, N. (2021). Effects of enzymatic treatment on the chemical composition, antioxidant and rheological properties of cactus cladode juice. *IOP Conference Series: Earth and Environment*, 947.
10. Wang, S., Liu, Z., Zhao, S., Zhang, L., Li, C., & Liu, S. (2022). Effect of combined ultrasonic and enzymatic extraction technique on the quality of noni (Morinda citrifolia L.) juice. *Ultrasonics sonochemistry*, 92.
11. Sin, H. N., Yusof, S., Hamid, N., & Rahman, R. (2006). OPTIMIZATION OF ENZYMATIC CLARIFICATION OF SAPODILLA JUICE USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY. *Journal of Food Engineering*, 73, 313-319.
12. Nadulski, R., Sobczak, P., Mazur, J., & Łysiak, G. (2025). Effect of Pre-Treatment on the Pressing Yield and Quality of Grape Juice Obtained from Grapes Grown in Poland. *Sustainability.*
13. Mamabolo, M. M., & Tabit, F. (2022). Process optimisation for enzymatic clarification of indigenous wild watermelon (Citrullus lanatus) juice. *Food science and technology international = Ciencia y tecnologia de los alimentos internacional*, 29, 779 - 788.
14. Rashima, R. S., Ong, W. L., Nadiah, Z. A., & Maizura, M. (2022). Effects of acidified blanching water and pectinase enzyme pretreatments on physicochemical properties and antioxidant capacity of Carica papaya juice. *Journal of Food Science.*
15. Santana, M. L., Tavares, I. M. C., Costa, F. S., Teshima, E., Sena, A. R., Franco, M., & Assis, S. A. (2022). The improvement of guava (Psidium guajava) juice quality using crude multi-enzymatic extracts obtained from yeasts. *Biotechnology and applied biochemistry*, 70, 1310 - 1319.
16. Ishak, N. A., Serri, N. A., Samsudin, H., & Murad, M. (2025). Impact of immobilized pectinase-alginate beads on physicochemical properties, antioxidant activity, and reusability in papaya juice processing. *Journal of Food Science*, 90 4, e70177 .
17. Zhao, Q., Chen, X., Ji, W., Zhang, J., Li, X., Liu, Z., Wang, W., ... et al. (2025). From lab to table: Recent advances in the application of sodium alginate-based hydrogel beads in the food industry. *Food Research International*, 217, 116843 .
18. Osokina, N., Herasymchuk, O., Kostetska, K., Podopriatov, H., & Piddubnyi, V. (2024). Modes and methods of treatment of blackcurrant pomace with an enzyme preparation to increase juice yield. *Scientific Horizons.*


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。