

食品級果膠酶 Food-Grade Pectinase For Fruit Pulping：用於果肉打漿、出汁與果汁澄清的酵素方案

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

食品級果膠酶 (pectinase) 用於 fruit pulping 時，主要功能是分解水果細胞壁與胞間層中的果膠網路，使果肉更容易釋放汁液、降低漿料黏度，並改善後續壓榨、離心、過濾與澄清效率。

對果汁、果泥、濃縮汁與水果副產物再利用製程而言，果膠酶是一種溫和的加工輔助工具，可在不過度依賴高熱處理的情況下提升固液分離表現與製程穩定性。

Enzymes.bio 供應的 Food-Grade Pectinase For Fruit Pulping 以 1 kg 單位在線上銷售，訂單會隨附 CoA 與 SDS，適合食品加工業者納入既有品管與文件管理流程。

產品定位：用於果肉打漿與果汁製程的食品級果膠酶

Food-Grade Pectinase For Fruit Pulping 是面向食品加工用途的果膠酶產品，適用於水果破碎、果肉打漿、浸漬、壓榨前處理、果汁澄清與部分果泥黏度調整等場景。果膠酶在果汁工業中的核心價值，並不是「把水果變甜」或「取代殺菌」，而是針對果膠造成的高黏度、懸浮穩定與濾速下降問題，提供生化層面的結構鬆解；相關綜述指出，果膠酶已被廣泛研究於果汁澄清、黏度降低與過濾性能改善等應用中 [1]。

在實務上，水果原料經破碎後會形成含細胞碎片、果膠、可溶性固形物、纖維與膠體顆粒的複雜漿料。若果膠網路完整，漿料會呈現較高黏稠度，壓榨時液體不易流出，離心或過濾也容易形成緊密濾餅或膜面阻塞。果膠酶處理的目的，是在壓榨或固液分離前降低這些結構性阻力，使既有設備更容易完成出汁與澄清任務；多項果汁澄清研究也將果膠分解視為改善加工效率的重要前處理步驟 [2]。

Enzymes.bio 在此產品中的角色是供應商，而非製造商或檢測實驗室；因此，本文聚焦於果膠酶在食品加工中的應用邏輯、文獻支持與導入情境，不提供製造端配方、活性單位定義或實驗室分析流程。產品以 1 kg 包裝單位在線上供應，CoA 與 SDS 會隨訂單提供，供加工端依自身 HACCP、GMP、原料驗收與文件保存制度納入管理。

為什麼 fruit pulping 需要果膠酶：果膠是出汁與澄清的主要阻力之一

水果細胞壁由果膠、纖維素、半纖維素與結構蛋白等共同構成，其中果膠特別集中於細胞壁基質與胞間層，負責維持細胞間黏著與組織完整性。當水果被破碎成泥狀或漿狀時，果膠會釋放到液相並形成膠體網路，使懸浮顆粒不易沉降，也使流體黏度上升；這正是許多果泥、濃縮汁與熱帶水果汁在抽送、過濾或離心階段遇到瓶頸的原因 [1]。

果膠酶是一群可作用於果膠主鏈或其酯化結構的酵素總稱，常見活性類型包括 polygalacturonase、pectin lyase、pectate lyase 與 pectin methylesterase 等。不同類型的果膠酶可透過水解或 β -消去反應，使高分子果膠轉變為較短片段，進而削弱果肉組織的膠結力與液相中的凝膠網路。文獻回顧指出，這些反應會反映在黏度下降、濁度降低、可過濾性增加與澄清速度提升等加工表現上 [1]。

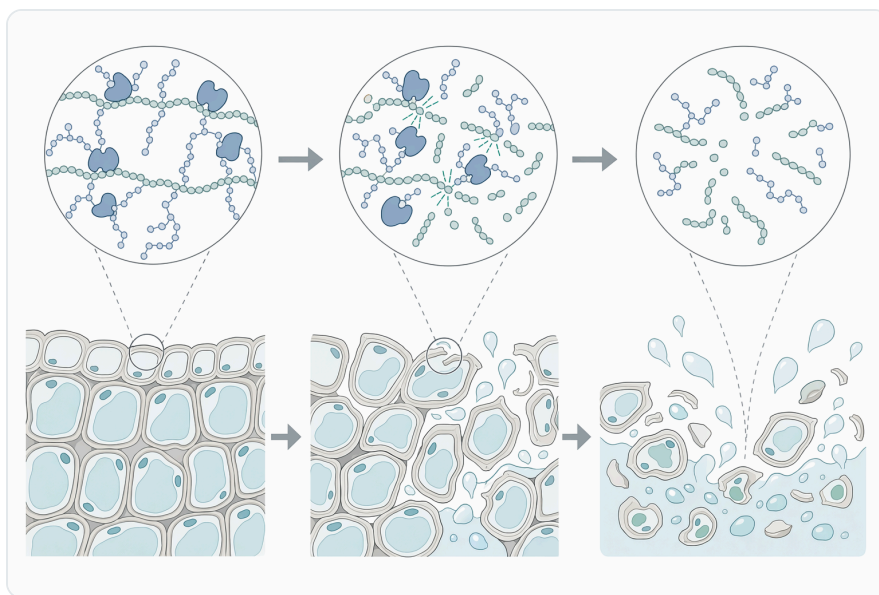


Figure 1. 果膠酶會分解植物細胞壁與中膠層中的果膠物質，使壓碎的果肉不再像凝膠般黏稠，而更像可分離的懸浮液。

在 fruit pulping 製程中，果膠酶通常不是孤立地發揮作用，而是與機械破碎、浸漬、壓榨、離心、板框過濾、袋濾或膜過濾等單元操作串聯。若酵素前處理能讓細胞壁鬆散、膠體顆粒失去穩定支撐，後段設備就能以較低阻力完成固液分離；在腰果果汁澄清研究中，以微生物果膠酶進行處理即被用來改善汁液澄清表現，顯示此類酵素在非典型水果原料上也具有加工應用價值 [3]。

作用機制：從細胞壁鬆解到黏度下降

1. 分解胞間層果膠，促進汁液釋放

新鮮水果的可食部位並不是單純的「水加糖」，而是由大量細胞與胞間膠結物組成。胞間層中的果膠像膠水一樣維持細胞排列；當果膠酶切斷這些多醣鏈時，細胞間黏附力下降，機械壓榨或離心時更容易讓細胞內液體釋放出來。針對棕櫚果果肉澄清的製程最佳化研究即顯示，果膠酶處理被用於改善果肉漿料澄清與出汁相關表現，說明其作用點與 fruit pulp 的細胞壁結構密切相關 [4]。

2. 降低可溶性果膠造成的黏稠度

許多水果在打漿後會出現「流得慢、濾得慢、泵送負荷高」的問題，關鍵常在於可溶性果膠增加了液相黏度。果膠酶將長鏈果膠切成較短分子後，液體流變性會改變，黏稠感下降，後續過濾時的阻力也會降低。以 *Aspergillus japonicus* 果膠酶進行果汁澄清的研究指出，微生物果膠酶可應用於果汁澄清，並與降低造成混濁與黏性的果膠成分有關 [5]。

3. 破壞膠體穩定性，幫助懸浮物沉降

未處理果汁中的細小果肉顆粒、蛋白質、多酚與果膠可形成穩定膠體系統，使果汁即使靜置也不易澄清。當果膠被酵素降解後，顆粒表面的保護性膠體層被削弱，懸浮物較容易聚集、沉降或被濾材攔截。果膠酶在果汁澄清中的研究與固定化技術綜述均指出，果膠降解是提升透明度與降低濁度的重要機制 [1]。

主要應用場景：果汁、果泥、濃縮與副產物回收

果汁與濃縮汁：提高壓榨與澄清效率

在果汁廠中，果膠酶最典型的應用是在破碎後、壓榨前或初步取汁後加入，使果膠在固液分離前先被部分降解。這對蘋果、梨、葡萄、莓果、芒果、番石榴、木瓜、百香果與其他果膠含量較高或纖維感較強的原料尤其有意義。以 *Aspergillus niger* 果膠酶應用於果汁澄清的研究顯示，果膠酶與果汁澄清、懸浮物減少及加工表現改善有直接關聯 [2]。

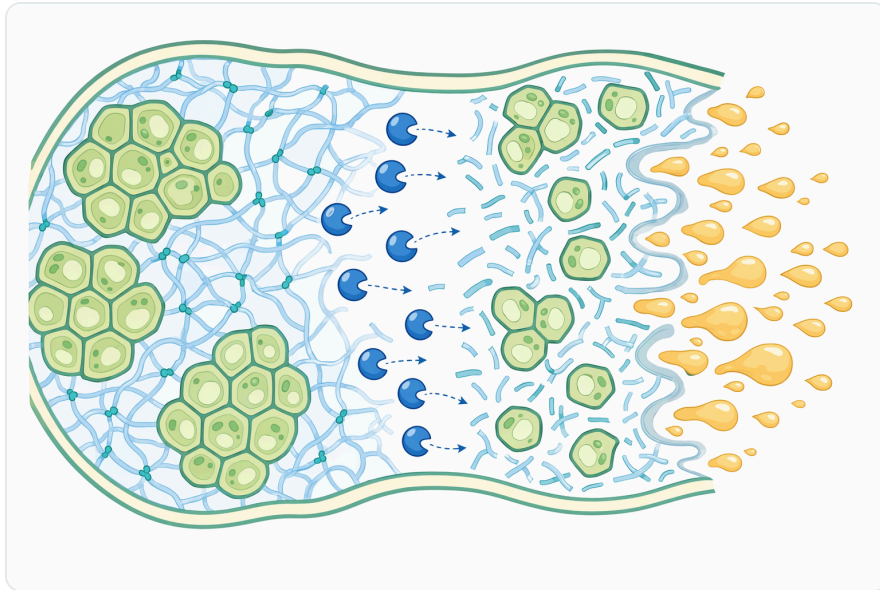


Figure 2. 果膠解聚、中膠層弱化與膠體崩解是相互關聯的變化，有助於降低黏度、釋放果汁並促進澄清。

在濃縮汁製程中，前段黏度若過高，會影響蒸發、熱交換、過濾與輸送效率。果膠酶前處理可先降低果汁或果泥基料的膠體負荷，使後續濃縮設備面對較穩定的進料。雖然實際效益會受到水果品種、成熟度、破碎粒徑、處理時間與溫度影響，但文獻整體支持果膠酶作為果汁澄清與黏度調整的常用加工助劑 [1]。

果泥與果醬前處理：調整流動性但需保留產品定位

果泥、果醬、果餡與水果基底產品不一定追求完全澄清，有時反而需要保留口感、果肉感或凝膠結構。因此，果膠酶在這類產品中的角色通常是「控制流動性」而非完全降解。適度果膠分解可降低打漿後的局部結塊、改善泵送與充填一致性，但若處理過度，可能使成品失去所需稠度或懸浮穩定性；木瓜汁固定化果膠酶研究也提醒，酵素處理會同時影響理化性質與抗氧化相關表現，需依產品目標平衡 [6]。

對需要後續加糖、加酸或熱濃縮的果醬基底而言，果膠降解程度會影響後續凝膠形成能力。若目標是清亮果汁，果膠酶處理可較積極；若目標是高果肉感果泥或可塗抹果醬，處理程度則應以降低製程阻力而不破壞成品口感為原則。這也是為什麼相同的果膠酶，在不同產品線上會被設計為不同加入點與處理強度。

熱帶水果與高果膠原料：改善高黏度漿料的可加工性

芒果、番石榴、木瓜、百香果、腰果果、棕櫚果等熱帶水果常含較高果膠或不溶性細胞壁成分，打漿後容易形成濃稠、顆粒感高且不易澄清的漿料。番石榴汁澄清研究中，固定化果膠酶被評估為降低澄清成本與提升處理穩定性的工具，反映出高果膠水果在工業加工中對果膠酶的需求 [7]。

腰果果汁澄清研究則顯示，使用由農工副產物培養所得的果膠酶，可應用於腰果果汁澄清，說明果膠酶處理不只適合傳統蘋果汁或葡萄汁，也能擴展到具地方特色或較難加工的水果原料 [3]。對多品項果汁廠而言，果膠酶能作為共通的前處理工具，但不同原料仍需依目標產品的濁度、黏度、得率與感官需求調整操作。

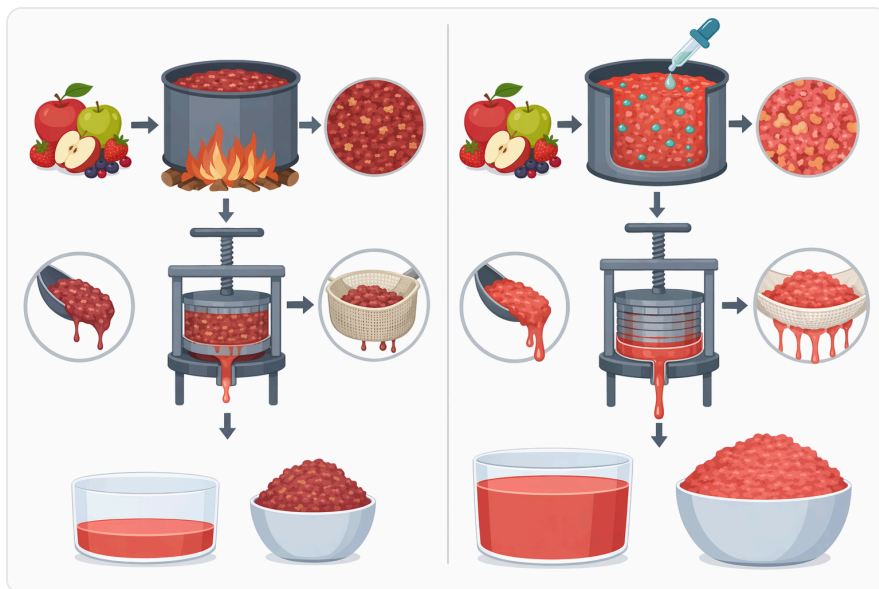


Figure 3. 多聚半乳糖醛酸酶、果膠裂解酶、果膠酸裂解酶與果膠甲酯酶，會透過對果膠主鏈或酯化狀態的不同作用而發揮效果。

水果副產物再利用：從果皮、果渣與果肉殘留中回收價值

水果加工後的果皮、果渣、籽周邊果肉與纖維殘留仍可能含有可溶性固形物、香氣成分、色素、多酚或可發酵糖。果膠酶可協助破壞殘留細胞壁，使這些成分更容易進入液相，作為副產物再利用、功能性萃取或發酵基質前處理的一部分。近年多篇研究也將水果加工廢棄物視為生產果膠酶或回收高值成分的資源，反映此領域與循環經濟的連結 [8]。

以番茄加工廢棄物提高茄紅素回收為例，真菌果膠酶被用於協助釋放與回收細胞壁包埋的色素成分，概念上與 fruit pulping 中釋放汁液、降低細胞壁阻力相同 [9]。這類應用不表示所有副產物都能得到相同結果，但說明果膠酶可從「單純澄清果汁」延伸到「提高植物組織中目標成分可及性」的前處理策略。

比較表：未使用果膠酶與使用果膠酶前處理的製程差異

製程面向	未使用果膠酶的常見狀況	使用食品級果膠酶前處理後的預期變化	對工廠的意義
果肉組織	細胞壁與胞間層較完整，汁液受困於組織內	果膠網路被部分分解，組織鬆散	壓榨、離心更容易釋放液體

製程面向	未使用果膠酶的常見狀況	使用食品級果膠酶前處理後的預期變化	對工廠的意義
漿料黏度	高果膠原料容易濃稠、流動性差	長鏈果膠被切短，黏度下降	改善泵送、攪拌與管線輸送
過濾表現	濾速慢、濾餅緻密、膜面易阻塞	膠體穩定性下降，固液分離較順暢	降低過濾負荷與停機清潔壓力
澄清度	懸浮顆粒與膠體不易沉降	顆粒聚集與沉降較容易	提升清汁、濃縮汁或透明飲品外觀
熱處理依賴	可能以加熱降低黏度，但易影響風味	可在較溫和條件下改善加工性	有助於保留色澤、香氣與熱敏成分
產品風險	果泥產品可保留天然稠度，但加工阻力高	若控制不當可能降低所需稠度	需依「清汁」或「果泥」目標設定處理程度

果膠酶前處理的優勢，通常不是單一指標的改善，而是出汁、黏度、濁度、濾速與設備負荷的整體平衡。果汁加工研究與綜述一致指出，果膠酶在澄清與過濾改善方面具有實用性，但其結果會依原料種類、成熟度與製程條件而變化 [1]。

與其他加工技術的搭配：溫和處理、固定化與低溫方向

果膠酶可與熱處理、機械破碎、超音波、離心、膜過濾或吸附澄清等技術搭配。近年關於果汁與飲料加工的研究指出，熱處理與非熱處理技術都會影響感官品質；因此，在追求較低熱負荷、保留香氣與色澤的產品開發中，酵素前處理可作為降低機械與熱處理壓力的一種選項 [10]。

固定化果膠酶是研究領域中的另一個方向，目標是提高酵素穩定性、重複使用性或便於從反應系統中分離。例如，纖維素水凝膠包埋、海藻酸鹽珠、磁性奈米材料或 nata de coco 支撐物等固定化載體，均曾被研究用於改善果膠酶的加工適用性或果汁澄清表現 [11]。這些研究有助於理解果膠酶的產業潛力，但 Enzymes.bio 所供應的此產品應依其銷售型態作為食品級酵素原料使用，不宜推論為特定固定化製程或設備解決方案。

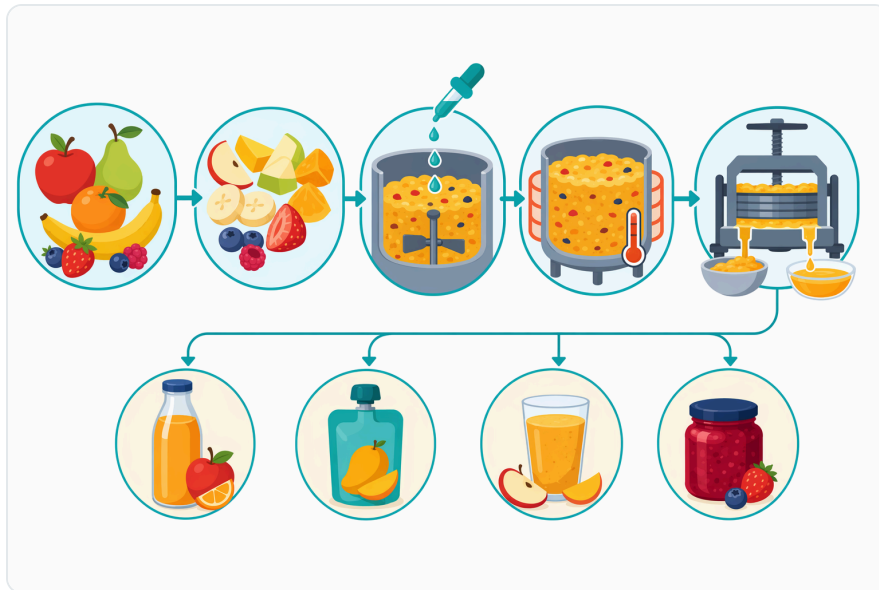


Figure 4. 果膠酶通常在分離步驟前加入壓碎的水果中，使富含果膠的基質在壓榨、瀝汁或過濾前先被弱化。

低溫或冷活性果膠酶也受到關注，特別是對熱敏性果汁、冷加工飲品或需要保留新鮮風味的產品。以柑橘皮廢棄物固態發酵生產冷活性果膠酶並應用於果汁澄清的研究，顯示低溫條件下的果膠分解具有實務吸引力 [12]。不過，冷活性、耐鹽、耐酸或鹼性果膠酶屬於不同酵素來源與性質的議題，實際製程仍須以所採用產品文件與工廠驗證資料為準。

原料差異會影響效果：水果種類、成熟度與果膠結構都重要

不同水果的果膠含量、甲酯化程度、分支結構、鈣交聯程度與纖維組成差異很大，因此果膠酶的效果不會在所有原料上完全相同。成熟度也是關鍵因素：未熟水果的細胞壁通常較堅硬，成熟或過熟水果則可能已有內源酵素造成部分軟化。木蘋果不同成熟階段的研究顯示，水果成熟階段會影響化學組成、植化素與抗氧化活性，這類變化也會連帶影響加工策略 [13]。

果膠酶對高果膠水果通常較容易呈現明顯的黏度與澄清改善，但若原料的主要阻力來自纖維素、半纖維素或不溶性纖維，單獨果膠酶可能不足以解決全部問題。部分研究會搭配木聚糖酶、纖維素酶或複合型細胞壁酵素，以提升更複雜植物組織的分解效率；鹼性果膠酶綜述也指出，不同 pH 與不同工業條件下的果膠酶性質差異，會決定其應用範圍 [14]。

因此，果膠酶的合理定位是「針對果膠造成的加工阻力提供前處理」，而不是保證所有水果、所有配方都出現同等程度的出汁提升或澄清改善。對多原料產線而言，最穩健的做法是將原料分成清汁型、高果肉型、高纖維型、濃縮型或發酵前處理型，再依產品目標設計不同程度的酵素處理。

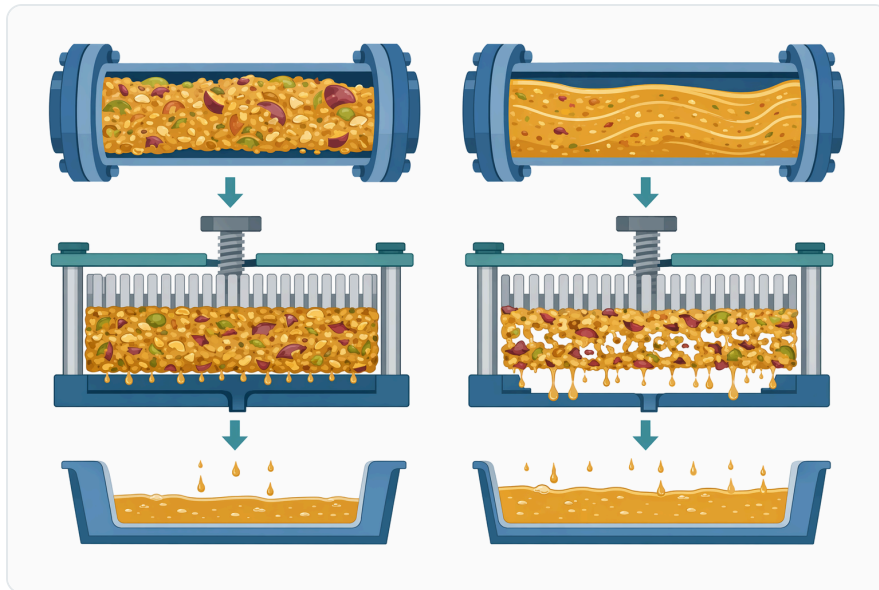


Figure 5. 降低由果膠造成的黏度，可讓果泥更容易泵送、混合、壓榨與分離。

品質與感官考量：改善加工性不等於犧牲風味

果膠酶處理若設計得當，通常可在較溫和條件下改善加工性，並可能降低為了降黏或澄清而採取的高熱、長時間處理需求。這對熱敏性香氣、天然色澤、維生素與部分多酚保留具有潛在意義；關於果汁與飲料加工技術的綜述指出，不同熱與非熱處理會對感官性質產生差異性影響，因此製程選擇需兼顧安全、穩定與品質 [10]。

然而，果膠酶也可能改變產品口感。對清汁而言，黏度下降與澄清提升通常是正面效果；但對果泥、冰沙基底、果餡或含果肉飲品而言，過度分解果膠可能降低稠度、懸浮穩定性或天然果肉感。木瓜汁固定化果膠酶研究顯示，酵素處理會影響理化特性與抗氧化相關指標，表示加工端需要把「品質變化」視為整體評估的一部分，而不只看澄清度 [6]。

在含有花青素、多酚或類胡蘿蔔素的水果中，細胞壁鬆解可能增加某些成分釋放，但同時也可能讓這些成分更暴露於氧氣、酵素褐變或熱處理條件。以猴麵包樹果肉為例，其果肉含有多種生物活性物質並具有抗氧化相關研究價值，這類原料在加工時更需要平衡萃取效率與活性成分保護 [15]。

製程導入方式：放在「破碎後、分離前」最常見

在工業果汁或果泥製程中，果膠酶常見加入點是在水果清洗、去皮或去籽、破碎打漿之後，且位於壓榨、離心或過濾之前。此時果膠酶能直接接觸細胞壁碎片與溶出果膠，對降低漿料黏度與改善固液分離最具意義。棕櫚果果肉澄清製程研究即以果肉漿料作為處理對象，說明果膠酶適合在果肉仍含大量懸浮固形物時發揮作用 [4]。

處理條件通常需考量水果天然 pH、溫度、接觸時間、攪拌均勻性與後段熱處理安排。多數果汁本身偏酸，這與許多食品用果膠酶的應用環境相容；但若原料酸度極端、含鹽量高、含多酚量高或經過前段加熱，酵素表現可能改變。耐鹽果膠酶生產菌與果蔬汁加工潛力的研究即顯示，特殊環境來源的果膠酶可能對特定加工條件具有研究價值 [16]。

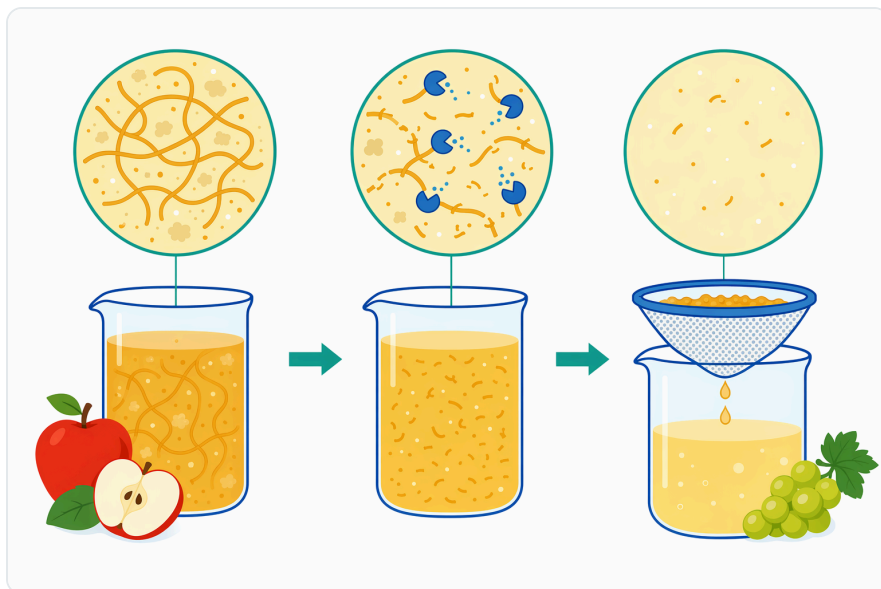


Figure 6. 果膠酶可分解果汁中的膠體性果膠物質，減少與果膠相關的混濁，並改善可過濾性。

酵素處理後，工廠通常會接續壓榨、離心、過濾、澄清、濃縮或殺菌。若最終產品不希望保留酵素活性，後段熱處理、低 pH 或其他食品加工條件常會降低蛋白質活性；但實際管理仍應依市場法規、產品類別與廠內品質系統判定。Enzymes.bio 隨訂單提供的 CoA 與 SDS，可作為收貨、文件歸檔與內部合規審查資料的一部分。

研究證據的強度與邊界

目前最穩固的證據，集中在果膠酶可改善果汁澄清、降低黏度、促進過濾與提升固液分離效率。這些結論不只來自單一水果或單一菌種，而是來自多篇果汁澄清研究、微生物果膠酶應用研究與綜述整理；Patel 等人的綜述即從果膠酶性質、果汁澄清應用與固定化支撐材料等角度，彙整了果膠酶在食品加工中的關鍵作用 [1]。

較具情境性的證據，則包括特定水果的出汁提升幅度、特定活性成分釋放量、感官改善程度與長期儲藏穩定性。這些結果會受到水果品種、成熟度、前處理方式、氧化控制、熱處理條件與包裝型態影響。例如以番茄副產物回收茄紅素的研究，可支持果膠酶有助於打開植物細胞壁與釋放包埋成分，但不應直接外推為所有水果色素或營養素都會以相同幅度增加 [9]。

果膠酶來源本身也會影響應用表現。研究中常見來源包括 *Aspergillus*、*Penicillium*、*Saccharomyces* 與多種細菌；例如 *Saccharomyces cerevisiae* 分離株利用水果與農工廢棄物增產果膠酶，並被探討於水果與纖維加工應用，顯示不同微生物來源果膠酶都可能具備加工價值 [17]。但商業採購與生產使用時，仍應以實際產品文件、食品法規與工廠驗證結果為依據。

適合的使用者與不適合的期待

Food-Grade Pectinase For Fruit Pulping 適合已具備食品加工流程、需要改善果肉打漿、出汁、澄清、過濾或果渣再利用效率的企業使用，包括果汁廠、濃縮汁廠、果泥與果醬製造商、飲料基底加工商，以及處理水果副產物的食品或發酵業者。對這些使用者而言，果膠酶的價值在於把原本由機械力或長時間靜置才能達成的組織鬆解，轉化為可整合到製程中的生化前處理步驟。

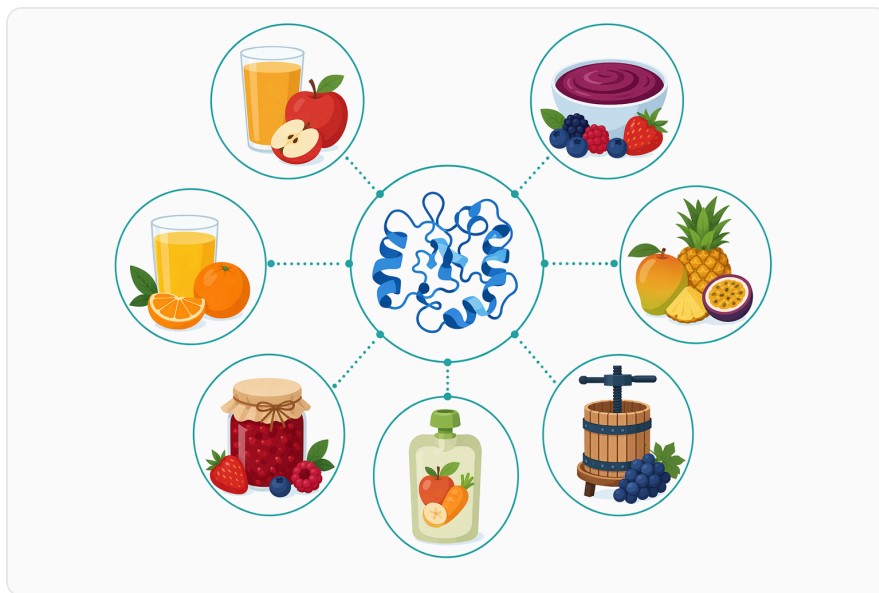


Figure 7. 果汁、蘋果與梨果泥、莓果與葡萄醃、柑橘或熱帶水果果漿，以及水果製品，都會依不同需求使用果膠酶，以達到黏度控制、果汁釋放、澄清與萃取等效果。

不適合的期待則包括：以果膠酶取代殺菌、取代所有澄清設備、保證所有水果得率一致增加，或在不調整產品設計的情況下同時取得「完全澄清」與「高果肉稠度」。果膠酶的本質是加工助劑，其效果會隨基質與製程目標而變化；研究中即使在相同果汁澄清主題下，也會因酵素來源、固定化方式與原料不同而呈現不同結果 [18]。

對 Enzymes.bio 的此產品而言，重點是提供食品級果膠酶作為可直接購買的加工用酵素原料。由於 Enzymes.bio 不是製造商或實驗室，本文不提供製造規格、活性單位定義、分析方法或第三方測試承諾；使用者應將隨訂單提供的 CoA 與 SDS 納入自身文件流程，並依內部品質管理制度管理批次、儲存、投料與最終產品合規。

結論：果膠酶是 fruit pulping 製程中改善出汁與澄清的關鍵工具

食品級果膠酶用於 fruit pulping 的核心機制，是分解水果細胞壁與胞間層中的果膠，使果肉組織鬆散、汁液更易釋放，並降低漿料黏度與膠體穩定性。這些作用可轉化為更順暢的壓榨、離心、過濾與澄清流程，尤其適合高果膠、高黏度或難澄清水果原料；多篇果汁澄清與果膠酶應用研究均支持此一加工邏輯 [1]。

Food-Grade Pectinase For Fruit Pulping 可被視為果汁、果泥、濃縮汁與水果副產物再利用製程中的前處理工具，而非單一萬能解法。其最佳使用方式取決於原料特性、產品定位與後段設備配置；對清汁產品，重點通常是澄清與濾速，對果泥產品則需兼顧流動性與口感。Enzymes.bio 以 1 kg 單位在線上供應此食品級果膠酶，並隨訂單提供 CoA 與 SDS，方便食品加工業者納入既有採購、品管與生產文件管理流程。

線上訂購 Food-Grade Pectinase For Fruit Pulping

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 Fruit Pulping →](#)

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. Patel, V. B., Chatterjee, S., & Dhoble, A. S. (2022). [A review on pectinase properties, application in juice clarification, and membranes as immobilization support.](#) *Journal of Food Science*.
2. Wagh, V., Patel, H., Patel, N., Vamkudoth, K., & Ajmera, S. (2022). [Pectinase Production by Aspergillus niger and Its Applications in Fruit Juice Clarification.](#) *Journal of Pure and Applied Microbiology*.
3. Omeje, K., Nnolim, N., Ezema, B. O., Ozioko, J., Ossai, E., & Eze, S. (2023). [Valorization of agro-industrial residues for pectinase production by Aspergillus aculeatus: Application in cashew fruit juice clarification.](#) *Cleaner and Circular Bioeconomy*.
4. Sobini, N., Wickramasinghe, I., & Subajini, M. (2018). [Process optimization of pectinase enzyme in Palmyrah fruit pulp for clarification.](#) *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 3, 178-181.
5. Alencar Guimarães, N. C., Glienke, N. N., Contato, A., Galeano, R. M. S., Marchetti, C. R., Rosa, M. P., Sá Teles, J. S., ... et al. (2023). [Production and Biochemical Characterization of Aspergillus japonicus Pectinase Using a Low-Cost Alternative Carbon Source for Application in the Clarification of Fruit Juices.](#) *Waste and Biomass Valorization*, 15, 177-186.

6. 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 .
7. Zahari, N. A., & Mokhtar, M. N. (2025). Techno-Economic Analysis of Nata de Coco as a Supporting Medium for Immobilizing Pectinase in Guava Juice Clarification. *Advances in Agricultural and Food Research Journal*.
8. Sajish, S., Tomar, G., Singh, S., & Kaushik, R. (2025). A low-cost and sustainable approach to microbial pectinase production from fruit processing wastes: from peel to profit. *Environmental technology*, 47, 1386 - 1403.
9. Patil, P., & Vedpathak, D. (2026). Valorisation of Tomato Processing Waste for Enhanced Lycopene Recovery Using Fungal Pectinase. *South Asian Journal of Research in Microbiology*.
10. Zia, H., Slatnar, A., Košmerl, T., & Korošec, M. (2024). A review study on the effects of thermal and non-thermal processing techniques on the sensory properties of fruit juices and beverages. *Frontiers in Food Science and Technology*.
11. Hu, R., & A, M. (2021). Compartmentalization of Pectinase within Cellulose Hydrogel: An Efficient Technique to Enhance the Catalytic Properties of Pectinase for Industrial Applications. *Austin Journal of Biotechnology & Bioengineering*.
12. Alhomaidi, E., Abalkhail, T., Mezher, M. A., & Al-Bedak, O. (2025). Exploitation of Citrus Peel Waste in Solid-State Fermentation for Eco-Friendly and Cost-Effective Production of Cold-Active Pectinase by *Penicillium crustosum* KSA 98 and its Application in Fruit Juice Clarification. *International Journal of Food Science & Technology*.
13. Srivastava, R., Mishra, N., Arshi, Tripathi, S., Smriti, Fatima, N., & Mishra, N. (2025). Influence of fruit stages on chemical compositions, phytochemicals, and antioxidant activity of wood apple (*Feronia limonia* (L.) Swingle). *Heliyon*, 11.
14. Kohli, P., & Gupta, R. (2015). Alkaline pectinases: A review. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 4, 279-285.
15. Vinha, A., Costa, A. S. G., Pimentel, F., Santo, L. E., Sousa, C., Freitas, M., Fernandes, E., ... et al. (2024). Bioactive Compounds and Scavenging Capacity of *Adansonia digitata* L. (Baobab Fruit) Pulp Extracts against ROS and RNS of Physiological Relevance. *Applied Sciences*.
16. Alswat, A., Alharthy, O. M., Alzahrani, S. S., & Alhelaify, S. (2024). Halophilic Pectinase-Producing Bacteria from *Arthrocnemum macrostachyum* Rhizosphere: Potential for Fruit-Vegetable Juice Processing. *Microorganisms*, 12.
17. Poondla, V., Yannam, S., Gummadi, S., Subramanyam, R., & Obulam, V. S. R. (2016). Enhanced production of pectinase by *Saccharomyces cerevisiae* isolate using fruit and agro-industrial wastes: Its application in fruit and fiber processing. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 6, 40-50.
18. Kharazmi, S., Taheri-Kafrani, A., & Soozanipour, A. (2020). Efficient immobilization of pectinase on trichlorotriazine-functionalized polyethylene glycol-grafted magnetic nanoparticles: A stable and robust nanobiocatalyst for fruit juice clarification. *Food Chemistry*, 325, 126890 .


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。