

食品級果膠酵素 (Pectinase) 用於植物萃取：提升多酚、色素、蛋白與果汁澄清效率的酵素處理方案

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

食品級果膠酵素 (Food-Grade Pectinase) 用於植物萃取時，主要透過分解植物細胞壁與中膠層中的果膠，降低漿料黏度、削弱細胞間黏著，讓多酚、色素、香氣前驅物、植物蛋白與其他可溶性成分更容易釋出。相較於單純延長浸提時間或提高機械破碎強度，果膠酵素前處理可在較溫和條件下改善萃取、澄清、離心與過濾表現，並可與水 / 乙醇萃取、超音波、真空或其他綠色製程整合。Enzymes.bio 供應的此類產品為線上 1 kg 單位銷售的食品級酵素；CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，以支援企業內部品質與安全文件管理。

酵素名稱與主要應用

酵素名稱：Food-Grade Pectinase For Plant Extraction，中文可稱為「食品級果膠酵素」或「食品級果膠分解酵素」。

主要應用：植物原料萃取、果蔬副產物再利用、果汁與植物飲料澄清、果泥黏度調整、莓果與柑橘加工、植物多酚與天然色素釋出、植物蛋白回收輔助、酒類與發酵型飲料前處理。

在植物性原料中，果膠常存在於初生細胞壁與中膠層，是維持組織結構、細胞黏著與漿料黏稠度的重要多醣。果膠酵素的核心價值，不是「把所有細胞壁完全破壞」，而是選擇性降低果膠所造成的膠體穩定與質傳阻力，使目標成分更容易從固體基質進入液相；這也是近年酵素輔助萃取被視為植物副產物高值化與綠色萃取工具的原因之一 [1]。

為什麼植物萃取常需要果膠酵素？

許多植物原料看似已經經過粉碎、打漿或壓榨，但微觀上仍保留大量細胞壁網絡。葉片、果皮、果渣、種子外層與加工副產物中的果膠、纖維素、半纖維素與蛋白 / 多酚複合物，會共同形成黏稠、含懸浮膠體的漿料。當漿料黏度高、固液分離慢、過濾阻塞頻繁時，即使增加攪拌或延長萃取時間，也可能只是提高能耗與氧化風險，而不是有效提高目標成分回收率。

果膠酵素可針對這一類「由果膠造成的結構阻力」發揮作用。以黑醋栗榨汁殘渣的早期研究為例，酵素輔助處理被用於回收具有抗氧化性的酚類物質，說明果汁加工殘渣並非只能作為低價副產物，而可透過酵素處理提升機能性成分取得性 [2]。近年的研究也持續將果膠酵素納入植物殘渣、多酚、色素與

功能性配料的萃取流程，特別是在希望減少強酸、強鹼或高比例有機溶劑依賴的情境中 [3]。

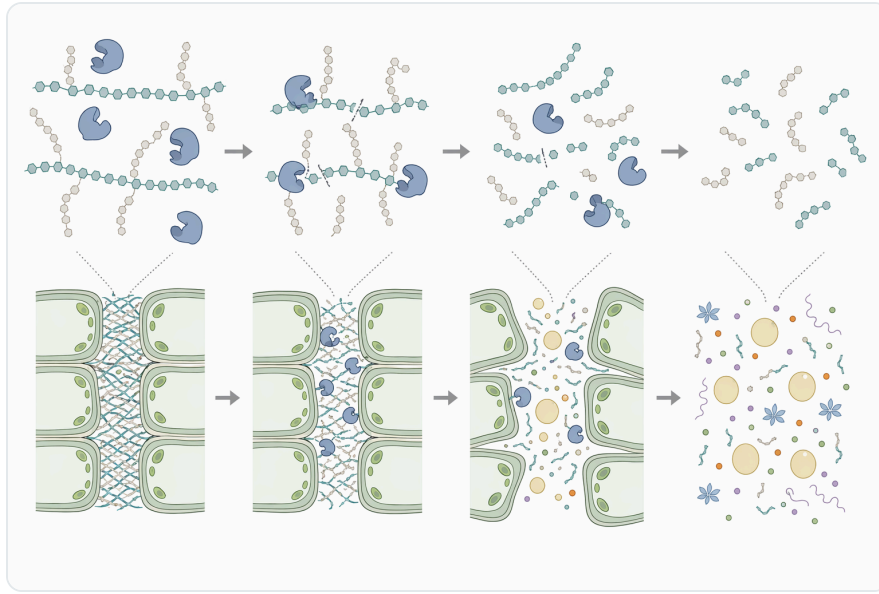


Figure 1. 果膠酶可透過解聚富含果膠的細胞壁物質來改善植物萃取，降低黏度、削弱細胞間黏附，並促進被困液體與可溶性化合物的釋放。

果膠在細胞壁中的角色：為何它會限制萃取？

果膠是一群富含半乳糖醛酸結構的酸性多醣，常位於植物細胞壁與中膠層，負責維持細胞間黏著、組織硬度與含水膠體特性。對食品加工而言，果膠既可能是有價值的質地來源，也可能成為萃取與澄清的障礙：它能提高液相黏度、穩定懸浮微粒，並與多酚、蛋白質或金屬離子產生交互作用，影響沉降、過濾與後續濃縮。

在植物萃取中，果膠造成的問題通常不是單一表現，而是連鎖效應。第一，果膠使打漿液更黏，降低溶劑滲透與對流效率；第二，果膠維持細胞間結構，使胞內或細胞壁結合型成分不易釋放；第三，果膠膠體會讓懸浮固形物更難沉降，增加離心與過濾負荷。果汁澄清相關研究反覆顯示，降低果膠與其他細胞壁多醣造成的混濁與黏度，是改善澄清效率的重要方向，例如木瓜、番石榴、檸檬與其他果汁研究均探討了果膠酵素或多酵素處理對澄清表現的影響 [4]。

果膠酵素的作用機制：不是單純「溶解」，而是結構性降解

商業果膠酵素通常不是單一催化功能，而是以多種果膠降解活性共同作用於果膠主鏈與側鏈結構。常見的功能包括聚半乳糖醛酸酶對果膠主鏈進行水解、果膠甲酯酶改變甲基酯化程度，以及果膠裂解酶透過裂解反應降低聚合度。不同活性比例會影響反應後的黏度下降、膠體 destabilization、可溶性寡糖形成與澄清效果，因此實務上更重視「原料—酵素—製程」的相容性，而不是只看單一指標。

當果膠主鏈被切短，原本能形成網絡的高分子果膠逐漸變成較小片段，液體黏度下降，細胞間黏著力減弱，固液界面也更容易被破壞。這使水、乙醇水溶液或其他食品相容萃取介質更容易進入植物組織內部，並讓多酚、花青素、可溶性蛋白、香氣相關物質或水溶性色素更容易擴散至液相。針對橙加工廢棄物的研究即把果膠酵素濃度、超音波時間與 pH 視為影響酚類萃取的重要操作因子，反映果膠降解與物理促進質傳可共同影響萃取結果 [5]。

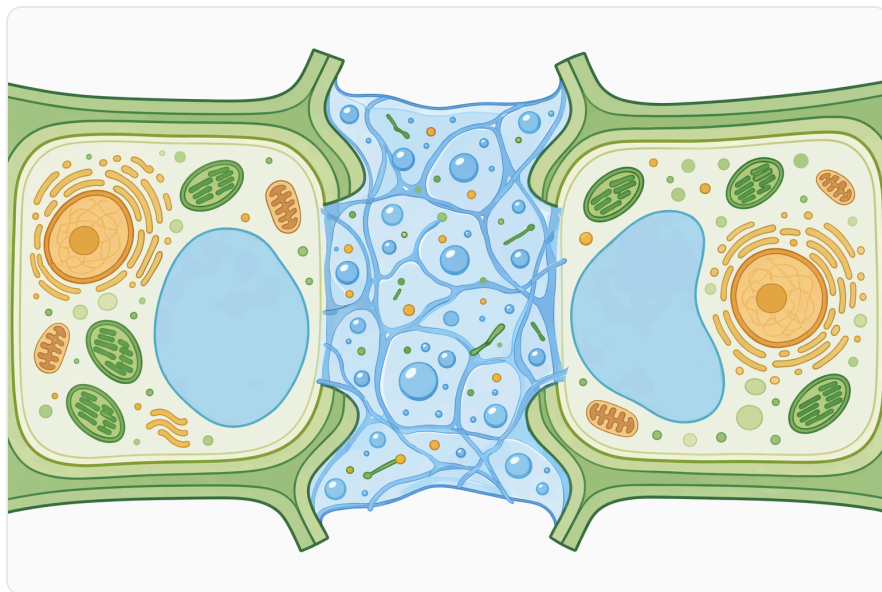


Figure 2. 中膠層與初生細胞壁中的水合果膠能結合水分、穩定細小顆粒，並使植物萃取液變得濃稠或混濁。

與傳統萃取方式相比，果膠酵素處理的差異

下表概述常見植物萃取策略的差異。實際結果會受植物種類、粒徑、含水量、果膠含量、目標成分穩定性與後段分離設備影響，但比較有助於理解果膠酵素在製程中的位置。

製程策略	主要作用	對萃取的可能優點	主要限制	適合情境
單純機械破碎	增加表面積、破壞部分組織	快速、設備常見、易整合	對細胞壁膠體結構破壞有限，可能造成高黏度漿料	前處理、粗萃取
延長水 / 乙醇浸提	依靠時間與濃度梯度擴散	流程簡單，適合熱穩定成分	時間長、溶劑消耗高，氧化或熱劣化風險增加	低黏度、易萃原料
果膠酵素前處理	降解果膠、降低黏度、促進細胞間分離	改善固液分離、提高目標成分釋出、可在溫和條件下操作	效果受原料果膠組成、pH、溫度與時間影響	果皮、果渣、葉片、果泥、植物飲料

製程策略	主要作用	對萃取的可能優點	主要限制	適合情境
超音波 / 真空輔助酵素萃取	物理擾動加上酵素降解	促進質傳、縮短處理時間、提高回收潛力	放大時需評估能量輸入與產品穩定性	高價機能成分、植物蛋白與多酚回收
微波或熱促進萃取	加熱與細胞結構擾動	速度快，適合部分耐熱成分	對熱敏感色素、香氣或酵素活性不一定友善	熱穩定多酚、乾燥副產物

近年文獻常將果膠酵素與超音波、真空或微波等技術比較或結合。例如芝麻麩研究探討真空與超音波輔助酵素萃取對植物蛋白與生物活性化合物回收的同步影響，顯示酵素並非只能用於果汁澄清，也可被納入蛋白與機能成分回收流程 [6]。洋薊副產物的先導規模研究則比較超音波、微波與結合方法，並納入果膠酵素前處理，反映酵素處理在放大與副產物高值化場景中的實務關聯 [7]。

植物多酚與抗氧化成分萃取

多酚常存在於液泡、細胞壁附近或與細胞壁多醣形成不同程度的結合。若原料為果皮、葉片、花材或榨汁殘渣，單純溶劑浸提可能無法充分打開果膠與細胞壁網絡，導致一部分酚類仍滯留在固相。果膠酵素透過降低果膠聚合度與組織黏著，可增加酚類化合物向液相遷移的機會。

近年針對 *Verbascum nigrum* L. 的研究以最佳化酵素萃取方式提高酚類生物活性化合物取得，將此類流程定位為較永續的萃取策略 [3]。Jaboticaba 果皮的酵素萃取研究也聚焦於酚類化合物最佳化，說明富含色素與多酚的果皮副產物可透過酵素輔助方式提高利用價值 [8]。這些研究的共通重點在於：酵素不是取代所有萃取條件，而是降低細胞壁屏障，使後續溶劑與分離步驟更有效率。



Figure 3. 果膠酶、纖維素酶與半纖維素酶作用於不同的植物細胞壁聚合物，因此在複雜植物原料中的加工效果各不相同。

天然色素、風味與香氣相關成分

天然色素如花青素、類黃酮或部分水溶性植物色素，常與果皮、花瓣或細胞壁結構密切相關。若原料膠質高，色素釋出不完全會造成萃取液色價不足；但若處理過度，也可能增加雜質、褐變底物或不必要的可溶性固形物。因此，果膠酵素在色素萃取中的角色應被理解為「促進釋出與降低黏度」，而不是無限制提高分解程度。

洛神花萃取研究探討纖維素酵素與果膠酵素對風味化合物與抗氧化物的影響，顯示細胞壁降解酵素可能同時改變機能性成分與感官相關化合物的釋出 [9]。這對飲料、植物萃取物與天然配料開發很重要：若目標是鮮明色澤與特定香氣輪廓，酵素條件必須與熱處理、氧氣暴露、pH 與後段過濾一起考量。

果汁、果泥與植物飲料澄清

果汁澄清是果膠酵素最成熟的食物應用之一。高果膠果汁或果泥在壓榨後容易混濁、黏稠，並造成濾材阻塞；果膠酵素可降低黏度、削弱懸浮膠體穩定性，使沉降、離心與過濾更順暢。橙汁澄清研究指出，來源於 *Geotrichum candidum* 的果膠酵素具有應用於橙汁澄清的潛力，說明果膠降解與果汁加工品質之間有直接關係 [10]。

多酵素處理也常被用於含複雜細胞壁多醣的果汁。木瓜與番石榴澄清研究均探討果膠酵素、纖維素酵素與半纖維素酵素組合對澄清與製程參數的影響，反映實務上「只分解果膠」有時不足以處理所有懸浮與黏度來源 [4]。不過，對於以果膠為主要限制因子的原料，果膠酵素通常是優先考慮的前處理工具。



Figure 4. 透過縮短果膠鏈，果膠酶可改善富含果膠的植物性液體之澄清效果，並降低過濾阻力。

植物蛋白與副產物高值化

植物蛋白萃取常遇到兩個問題：蛋白質被細胞壁結構包覆，以及細胞壁多醣造成高黏度與分離困難。若原料來自油籽副產物、穀物麩皮、葉片或加工殘渣，酵素前處理可協助破壞非澱粉多醣網絡，使蛋白與多酚等成分更容易進入液相或被後續分級。芝麻麩的真空與超音波輔助酵素萃取研究，即把植物蛋白與生物活性化合物回收放在同一流程中考量 [6]。

這類應用的關鍵在於平衡「蛋白回收」與「雜質釋出」。果膠酵素可改善質傳，但也可能同時釋放更多可溶性多醣、酚類或色素，影響蛋白純度、顏色與風味。因此，在植物蛋白配料、機能性粉末或發酵基材開發中，果膠酵素通常需與離心、過濾、膜分離、沉澱或乾燥策略共同設計，而不宜單獨評估。

可整合的綠色萃取流程

食品級果膠酵素特別適合與水、乙醇水溶液、溫和加熱、超音波或真空輔助萃取整合。這些技術的共同目標是降低強烈化學處理需求，同時提高質傳與選擇性。關於超音波輔助酵素萃取操作條件的綜述指出，環境友善的植物材料萃取需要同時考慮酵素活性、物理能量輸入、基質特性與目標化合物穩定性，而非單純增加某一項處理強度 [11]。

在實務流程上，常見設計是先將原料切碎、粉碎或打漿，使酵素能接觸細胞壁；接著在適合目標成分穩定性的條件下進行果膠酵素處理；之後再進入水 / 乙醇萃取、離心、過濾、濃縮或乾燥。若使用超音波或真空，通常是為了提升液體進出細胞壁孔隙的效率，而不是取代酵素對果膠結構的催化作用。

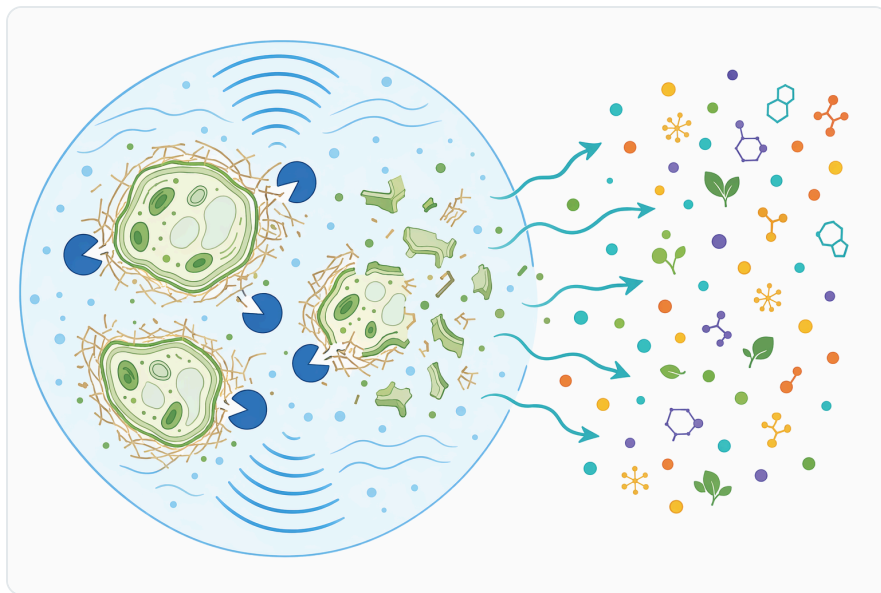


Figure 5. 結合物理與酵素的混合式萃取方法，可同時提升質量傳遞並對植物細胞壁聚合物進行生化切割。

製程條件的實務理解：以「相容性」而非固定數字思考

果膠酶的表現會受到 pH、溫度、反應時間、原料粒徑、固液比、攪拌、鹽類、糖度與植物內源性抑制物影響。不同原料的果膠甲酯化程度、支鏈比例與與鈣離子形成網絡的能力不同，因此同一酵素在柑橘皮、莓果果渣、洛神花、洋薊副產物或葉類材料中的效果不會完全相同。這也是為什麼近年多篇研究採用最佳化設計，而不是只比較「有加酵素」與「未加酵素」兩組 [5]。

對企業導入而言，較可靠的思路是先定義製程瓶頸：是出汁率不足、過濾太慢、黏度太高、色素釋出不足，還是多酚回收偏低。若瓶頸主要與果膠膠體或細胞間黏著有關，果膠酶的導入價值通常較高；若瓶頸來自木質化、澱粉糊化、蛋白沉澱或油脂乳化，則可能需要其他酵素或分離策略配合。

過度處理與品質風險

果膠酶處理並非越強越好。過度降解可能讓漿料失去必要的懸浮特性，增加可溶性雜質，改變口感，或使後段濃縮與乾燥時的黏壁、吸濕與粉體流動性變差。對果汁與飲料而言，過度處理也可能改變混濁度、沉澱型態或感官平衡；對植物萃取物而言，則可能增加非目標多醣與低分子片段，使精製負荷提高。

番石榴、木瓜、bambangan 等果汁澄清研究顯示，果膠酶處理需與時間、pH、溫度與其他操作因素一起最佳化，才能在澄清、抗氧化活性、理化性質與產線效率之間取得平衡 [12]。因此，果膠酶應被視為精準調整植物基質結構的工具，而不是單純追求最大降解。



Figure 6. 已發表的酵素輔助萃取研究涵蓋多樣的植物基質，包括果皮、果渣、葉片、花朵與假果。

不同應用場景的效益與注意點

應用場景	果膠酵素的主要作用	可能帶來的製程效益	需留意的品質面向
果汁澄清	降低果膠黏度與膠體穩定	提高沉降、離心與過濾效率	混濁度、口感、色澤與香氣保留
果皮 / 果渣多酚萃取	破壞細胞壁屏障、促進酚類釋出	提高副產物利用價值	氧化、褐變與雜質共萃
天然色素萃取	促進色素由細胞組織釋放	改善色澤強度與萃取效率	pH、熱與氧氣造成的色素不穩定
植物蛋白回收	降低多醣網絡阻力	改善固液分離與蛋白釋出	多酚結合、顏色與風味
植物飲料與發酵基材	調整黏度與可發酵 / 可萃成分釋出	改善加工流動性與一致性	過度水解造成口感變化

植物殘渣高值化研究已將酵素水解視為取得生物活性成分與功能性配料的重要策略，尤其適用於果蔬加工副產物、皮渣、葉片與其他過去未被充分利用的生物質^[1]。然而，每一種應用的「最佳」並不相同：果汁加工追求清澈與流速，色素萃取追求色澤與穩定，蛋白萃取追求回收與純度，這些目標有時會互相拉扯。

與固定化酵素與多酵素系統的關聯

部分研究探討固定化果膠酵素或多酵素系統在果汁加工中的可重複使用性與製程穩定性，例如以 nata de coco 作為固定化果膠酵素支撐材料的番石榴汁澄清技術經濟分析，以及固定化果膠酵素海藻酸珠對木瓜汁理化性質、抗氧化活性與重複使用的影響^[13]。這些研究對工業化思考有參考價值，因為它們反映酵素不只影響單批產品，也會牽涉設備配置、酵素回收與操作成本。

不過，對多數食品與植物萃取產線而言，粉末或液態商業酵素前處理仍是較直覺的整合方式。是否需要固定化或多酵素系統，取決於產線連續化程度、產品型態、清潔流程與原料變異，而非所有場景都需要複雜化。

Enzymes.bio 供應定位與文件支援

Enzymes.bio 是酵素產品供應商，並非製造商或實驗室；本文目的為協助企業理解食品級果膠酵素在植物萃取中的應用邏輯、機制與常見製程考量。產品以 1 kg 單位在線上直接銷售，適合需要將食品級酵素納入研發、試產或既有加工流程的企業使用；CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，方便內部品質、安全與合規文件管理。



Figure 7. 果膠酶通常在潤濕或浸漬之後施用，並在壓榨、離心、過濾、精製、濃縮或乾燥之前進行。

對企業端而言，選用食品級果膠酵素的重點在於流程相容性：原料是否富含果膠、目標成分是否可因細胞壁鬆解而提高釋出、後段設備是否受黏度或膠體影響、最終產品是否需要維持特定口感與外觀。若這些瓶頸明確存在，果膠酵素通常可作為較溫和、可整合且具文獻基礎的製程工具。

結論：食品級果膠酵素是植物萃取的結構調控工具

Food-Grade Pectinase For Plant Extraction 的核心價值，在於透過果膠降解調整植物細胞壁與漿料膠體結構，使多酚、天然色素、香氣相關物質、植物蛋白與其他可溶性成分更容易釋出，同時改善黏度、澄清、離心與過濾表現。從黑醋栗榨汁殘渣、橙加工廢棄物、洋蔥副產物、Jabuticaba 果皮到芝麻麩與多種果汁澄清研究，文獻皆支持酵素輔助處理在植物副產物利用與食品加工中的重要性 [2]。

實務上，果膠酵素不應被視為單一萬用添加物，而應被納入完整製程設計：前處理決定酵素接觸效率，酵素反應決定細胞壁鬆解程度，萃取介質與物理輔助技術決定質傳效率，後段分離則決定產品品質與產線效能。當這些條件相互配合時，食品級果膠酵素能協助企業以較溫和、可放大且更符合綠色加工趨勢的方式，提高植物原料利用率與產品一致性。

線上訂購 Food-Grade Pectinase For Plant Extraction

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 Plant Extraction →](#)

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. Puton, B. M. S., Oro, C. E. D., Bernardi, J. L., Finkler, D. E., Venquiaruto, L., Dallago, R., & Tres, M. (2025). Sustainable Valorization of Plant Residues Through Enzymatic Hydrolysis for the Extraction of Bioactive Compounds: Applications as Functional Ingredients in Cosmetics. *Processes*.
2. Landbo, A., & Meyer, A. (2001). Enzyme-assisted extraction of antioxidative phenols from black currant juice press residues (*Ribes nigrum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 7, 3169-77 .
3. Brienza, F., Calani, L., Bresciani, L., Mena, P., & Rapacioli, S. (2025). Optimized Enzymatic Extraction of Phenolic Compounds from *Verbascum nigrum* L.: A Sustainable Approach for Enhanced Extraction of Bioactive Compounds. *Applied Sciences*.
4. Kumar, R., & Singh, A. K. (2019). Effect of Multi-enzyme (Pectinase, Cellulase and Hemicellulase) Treatment on Clarification of Papaya (*Carica papaya*) Fruit Juice. *International journal of recent technology and engineering*.
5. Shahram, H., Dinani, S. T., & Amouheydari, M. (2018). Effects of pectinase concentration, ultrasonic time, and pH of an ultrasonic-assisted enzymatic process on extraction of phenolic compounds from orange processing waste. *Journal of Food Measurement & Characterization*, 13, 487-498.
6. Görgüç, A., Özer, P., & Yılmaz, F. (2020). Simultaneous effect of vacuum and ultrasound assisted enzymatic extraction on the recovery of plant protein and bioactive compounds from sesame bran. *Journal of Food Composition and Analysis*, 87, 103424.
7. Gil-Martínez, L., Torre-Ramírez, J. M. D., Martínez-López, S., Ayuso-García, L. M., Dellapina, G., Poli, G., Verardo, V., ... et al. (2025). Green Extraction of Phenolic Compounds from Artichoke By-Products: Pilot-Scale Comparison of Ultrasound, Microwave, and Combined Methods with Pectinase Pre-Treatment. *Antioxidants*, 14.
8. Coniglio, R., Díaz, G., Bordaquievich, M. F., Altamirano, C. G., Albertó, E., & Zapata, P. (2025). Optimized Enzymatic Extraction of Phenolic Compounds From Jaboticaba Peels Using *Auricularia fuscusuccinea*. *Food Bioengineering*.
9. M, M., Fulazzaky, M. A., Juanda, D., Rahmawati, S., & Amalia, L. (2025). Effects of cellulase and pectinase on flavor compounds and antioxidants in roselle extract. *Food Research*.
10. Ahmed, A., & Sohail, M. (2020). Characterization of pectinase from *Geotrichum candidum* AA15 and its potential application in orange juice clarification. *Journal of King Saud University - Science*, 32, 955-961.
11. Suchkov, S. (2024). Environmentally Friendly Approaches for Extraction from Plant Material through the View of the Ultrasound-Assisted Enzymatic Extraction Operating Conditions. *Annals of Advanced Biomedical Sciences*.
12. Divina, I. B., Chew, W. Y., Lee, J., Saallah, S., Nor, M., & Roslan, J. (2024). Effects of Operating Parameters on Enzymatic Clarification of Bambangan (*Mangifera pajang*) Juice Using Pectinase. *JOURNAL OF BIOCHEMISTRY, MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY*.

13. 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*.

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。