

Pectinase 果膠酶作為動物飼料添加劑：高果膠植物原料、農產副產物與濕式飼料加工應用

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

Pectinase (果膠酶) 是一類可分解植物細胞壁果膠的碳水化合物活性酵素，主要用於改善含果膠植物性飼料原料的黏度、細胞壁破壞與養分釋放。作為動物飼料添加劑，它最適合出現在水果渣、蔬菜副產物、豆科或其他高可溶性纖維原料比例提高的配方情境中，而非被視為所有飼料配方都必然有效的通用促生長工具。Enzymes.bio 供應的 Pectinase Animal Feed Additives Enzymes 以 1 kg 單位在線上銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單提供；Enzymes.bio 的角色是供應商，並非製造商或實驗室。

Pectinase 是什麼：以「果膠降解」為核心的酵素群

Pectinase 並不是單一反應型態的酵素，而是泛指能作用於果膠結構的一組酵素，常見類型包括 polygalacturonase、pectin lyase、pectate lyase 與 pectin methylesterase 等。果膠本身是植物細胞壁與中膠層的重要多醣，富含半乳糖醛酸骨架，並可能帶有甲酯化、乙醃化及側鏈結構；不同 pectinase 會以水解、裂解或去酯化方式改變果膠的分子大小、電荷與溶解性 [1]。

在動物飼料語境中，pectinase 屬於 carbohydrate-active enzymes (CAZymes，碳水化合物活性酵素) 的一員，與 xylanase、 β -glucanase、cellulase 等同樣被用來處理植物細胞壁非澱粉多醣。這類酵素的共同邏輯是：動物本身對許多植物細胞壁聚合物的內源性降解能力有限，外加酵素可在飼料加工、胃腸道前段或微生物發酵階段，協助改變基質可及性與營養釋放速度 [2]。

果膠含量較值得關注的原料，通常不是玉米、小麥等典型澱粉主體，而是水果加工副產物、蔬菜下腳料、部分豆科牧草、甜菜或柑橘相關副產物等。近年飼料產業重視農產副產物與循環食品系統，促使這些非傳統原料更常被納入配方評估；但它們的水分、可溶性纖維、果膠與抗營養特性差異大，也使酵素處理的價值更依賴原料組成 [3]。

為什麼動物飼料會需要果膠酶

高果膠原料的第一個問題：黏度與包埋效應

果膠具有形成膠體與增加黏稠度的能力，這在果醬、果汁澄清或食品加工中可能是可控的功能性質，但在飼料與消化道中卻可能造成不同問題。當可溶性果膠或果膠片段提高食糜黏度時，消化酵素、膽鹽與營養分子擴散效率可能下降；同時，植物細胞壁也可能像物理屏障一樣包覆澱粉、蛋白質與脂質，使這些營養素不易被宿主酵素或腸道微生物接觸 [4]。

這種「包埋效應」在副產物配方中特別重要。許多農產副產物的名義粗蛋白、粗脂肪或總能量看似可用，但若細胞壁完整、可溶性纖維比例高、基質含水後高度黏稠，實際消化率可能低於配方表面數值。酵素水解木質纖維或果膠相關結構，被認為可改善部分殘渣類原料的營養釋放與飼料化潛力，但效果取決於原料種類與處理條件 [5]。

第二個問題：副產物利用率與配方彈性

飼料產業增加副產物利用，一方面可降低與人類食物競爭的壓力，另一方面也符合循環食品系統與降低廢棄物的方向。不過，副產物並非單純替代穀物即可成功，因為其纖維型態、可發酵碳水化合物、礦物質與批次變異都會影響動物表現。Pectinase 的定位，是讓含果膠副產物更容易被納入「可評估」的配方工具箱，而不是消除所有副產物變異 [6]。

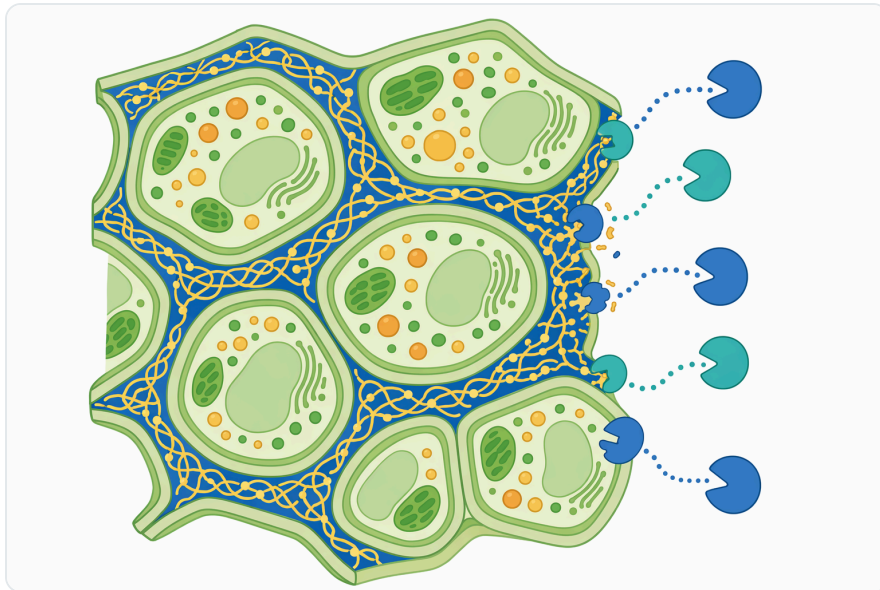


Figure 1. 果膠酶會作用於含果膠飼料原料中的果膠基質；這種基質有助於將植物細胞黏結在一起。

例如市場蔬果廢棄物、果渣或濕式植物殘渣可加工成飼料顆粒或半濕料，但若黏度過高、纖維包埋明顯或乾燥成本過高，配方端就會受到限制。酵素處理可以作為原料前處理或混合料添加的一環，目標是降低黏稠性、改善泵送或混合、增加可發酵或可消化組分釋放；但其經濟價值仍需要與原料價格、

加工能耗和動物反應一起判斷 [7]。

第三個問題：單胃與反芻動物的需求不同

在家禽與豬等單胃動物中，pectinase 的主要關注點通常是小腸前段的黏度、內源性酵素接觸效率、未消化底物進入後腸後的發酵負荷，以及幼齡動物對可消化能和腸道穩定性的敏感性。這類配方若使用較多果膠性副產物，果膠酶可能透過降低聚合物分子量與破壞細胞壁，間接改善營養利用 [2]。

在反芻動物中，情境則更複雜。瘤胃微生物本來就具備較強的多醣分解能力，外加 pectinase 的功能未必是「取代」瘤胃分解，而可能是改變基質進入瘤胃後的可發酵性、發酵速率或底物可及性。豆科牧草與半乾旱地區牧草等飼料資源的營養與瘤胃發酵研究顯示，原料的纖維組成與可發酵碳水化合物對反芻利用效率具有核心影響 [8]。

作用機制：果膠酶如何改變飼料基質

1. 切斷果膠骨架，降低分子量與黏性

果膠的主鏈多由 α -1,4 連結的半乳糖醛酸殘基構成，當 polygalacturonase 或 lyase 類酵素作用時，長鏈被切成較短片段。分子量下降後，原本形成膠體網絡的能力減弱，水相黏度下降，消化道內或濕式加工過程中的流動性因此改善。這種「先改變物理性質，再影響消化」的路徑，是 pectinase 在飼料應用中最容易理解的機制 [4]。

黏度下降不等於所有營養素都會自動變得可消化，但它可改善酵素與底物的接觸條件。對單胃動物而言，食糜黏度降低可能讓胰酵素、刷狀緣酵素與膽汁成分更均勻接觸飼料顆粒；對濕式或半濕式飼料加工而言，則可能改善混合、輸送、造粒前物料流動與設備清潔難度 [2]。

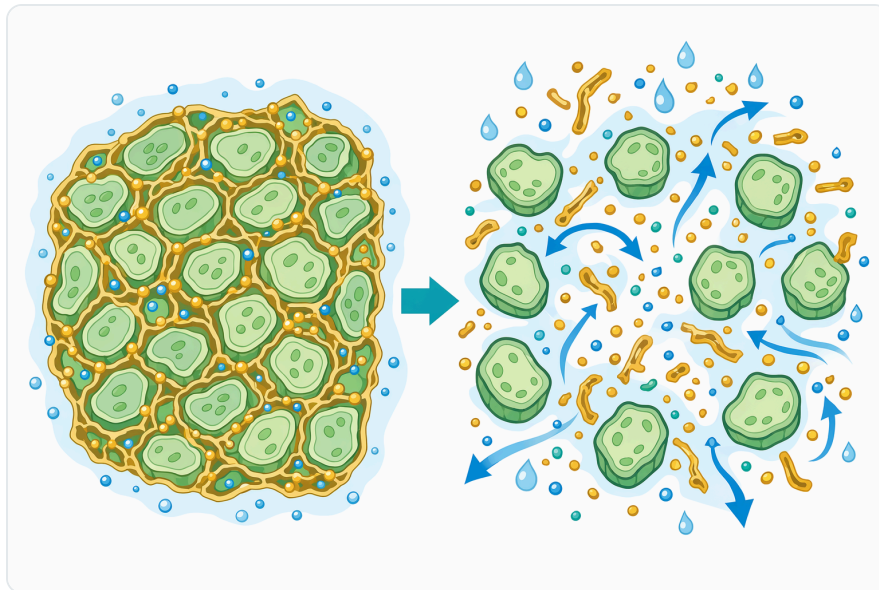


Figure 2. 分解果膠可降低組織的黏聚性，讓包埋其中的植物成分更容易被釋出與利用。

2. 打開植物細胞壁，釋放被包覆營養

植物細胞壁並非只有果膠，而是由纖維素、半纖維素、果膠、蛋白質與酚類交聯等組成的複合結構。果膠常位於中膠層與初生細胞壁，具有「膠合」細胞的作用；當 pectinase 破壞這個膠合網絡時，細胞間黏結減弱，內部澱粉粒、蛋白質、可溶性糖與微量營養物質更可能釋出。這也是果膠酶常與其他纖維分解酵素搭配討論的原因 [1]。

在農產副產物中，營養價值常被「結構性不可及」限制，而不是總含量不足。針對木質纖維殘渣的酵素水解與飼料化研究指出，酵素處理可改變纖維分率與化學組成，使殘渣更適合後續營養評估；pectinase 雖主要作用於果膠，但在複合酵素策略中可與 xylanase、cellulase 等共同提高細胞壁拆解程度 [5]。

3. 產生寡糖與可發酵底物，影響腸道微生態

果膠被部分水解後，可能形成果膠寡糖、半乳糖醛酸片段或其他可被微生物利用的小分子。這些產物在不同腸段可能成為發酵底物，影響短鏈脂肪酸生成、腸道 pH、微生物競爭與黏膜環境。近年動物營養研究對「由農工副產物衍生的益生元或可發酵纖維」特別關注，因為它們可能同時連結副產物利用與腸道健康 [9]。

不過，這個機制有正反兩面。適量可發酵底物可能支持有益菌與短鏈脂肪酸生成；過多、過快或位置不理想的發酵，則可能增加後腸滲透壓、氣體或糞便含水問題。因此，pectinase 在腸道健康上的效益不宜用單一方向概括，必須回到物種、年齡、原料、飼養環境與整體配方來判讀 [9]。

與其他飼料酵素相比：Pectinase 的定位

Pectinase 最適合被理解為「針對果膠與高可溶性植物細胞壁成分」的工具，而不是替代所有非澱粉多醣酵素。不同飼料酵素的靶點不同，對應的原料與預期效益也不同；在多纖維來源配方中，單一酵素可能不足以處理完整細胞壁網絡 [2]。

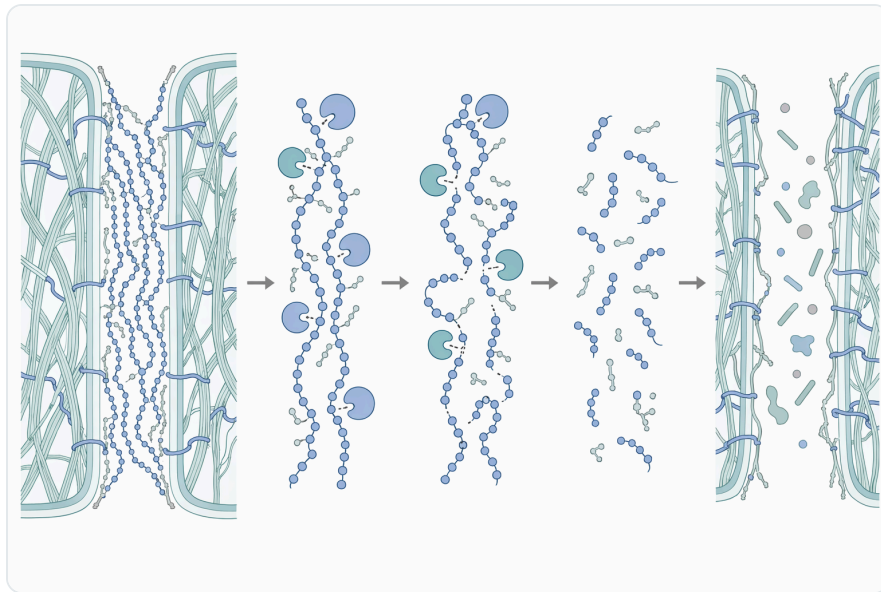


Figure 3. 果膠酶活性可縮短果膠聚合物，或改變其化學結構，進而降低其形成結構的能力。

酵素類型	主要作用底物	常見飼料情境	主要技術目的	與 pectinase 的差異
Pectinase 果膠酶	果膠、果膠酸、甲酯化果膠相關結構	果渣、蔬菜副產物、部分豆科或高可溶性纖維原料	降低黏度、破壞中膠層、釋放被包覆營養	特別針對果膠膠體與細胞黏結結構
Xylanase 木聚醣酶	阿拉伯木聚醣、半纖維素	小麥、黑麥、麩皮與部分穀物副產物	降低非澱粉多醣黏度、改善能量利用	更偏向穀物半纖維素，不是果膠主鏈
Cellulase 纖維素酶	纖維素 β -1,4 葡聚糖	粗纖維較高的植物殘渣或複合纖維原料	拆解纖維素結晶或非結晶區	對細胞壁骨架有幫助，但不專門處理果膠膠化
β -glucanase β -葡聚醣酶	β -葡聚醣	大麥、燕麥等	降低水溶性 β -葡聚醣造成的黏度	主要靶點是穀物 β -葡聚醣
Phytase 植酸酶	植酸與植酸鹽	植物性飼料普遍存在	釋放磷、降低植酸抗營養影響	作用於礦物質結合型抗營養因子，不是細胞壁黏度

這張比較表的重點是：如果配方問題來自果膠與果膠性副產物，pectinase 才有明確靶點；如果主要限制是植酸磷、阿拉伯木聚糖或 β -葡聚糖，其他酵素可能更直接。實務上，多酵素配方的價值往往來自「底物覆蓋率」，但過度複雜的酵素組合也可能增加成本與結果解讀難度 [2]。

主要應用場景

家禽飼料：降低黏性底物對消化效率的干擾

家禽消化道短、通過速度快，對食糜黏度與可消化能變化相當敏感。當配方中加入水果渣、蔬菜副產物或其他高可溶性纖維材料時，pectinase 可被用來降低果膠造成的黏性障礙，並增加植物細胞內容物的可及性。這類應用的合理性來自 CAZymes 在家禽與單胃飼料中處理非澱粉多糖的通用機制 [2]。

然而，家禽反應通常不只取決於是否添加 pectinase，也取決於原料處理方式、顆粒大小、製粒條件、基礎日糧能量密度與腸道健康狀態。若配方本身幾乎不含果膠性底物，果膠酶的邊際效益可能有限；若副產物比例提高，效果才更可能被觀察到 [3]。

豬飼料：幼齡與副產物配方的可消化性管理

豬隻特別是離乳後階段，對腸道環境與可消化養分供應變動敏感。若使用富含可溶性纖維或果膠的植物副產物，pectinase 的目標是降低黏度、協助釋放能量與可利用營養，並避免過多未消化底物進入後腸造成發酵壓力。這與以農工副產物改善腸道健康和資源利用的研究方向相符 [9]。

在成長肥育豬或母豬配方中，果膠性纖維也可能具有調節飽足感與腸道發酵的功能，因此不一定要被完全視為負面成分。Pectinase 的導入重點不是「消除纖維」，而是控制纖維的物理型態與可發酵性，使副產物能在不犧牲消化效率的情況下提高利用率 [10]。

反芻動物：調整可發酵底物與副產物利用

反芻動物能利用大量植物纖維，但不同纖維組成對瘤胃發酵速率、揮發性脂肪酸型態與採食表現仍有影響。果膠相較纖維素通常更容易被發酵，且不一定像澱粉那樣快速導致相同型態的酸負荷；因此，在含果膠副產物或豆科牧草比例較高的配方中，pectinase 可能用於調整底物可及性與發酵動態 [8]。

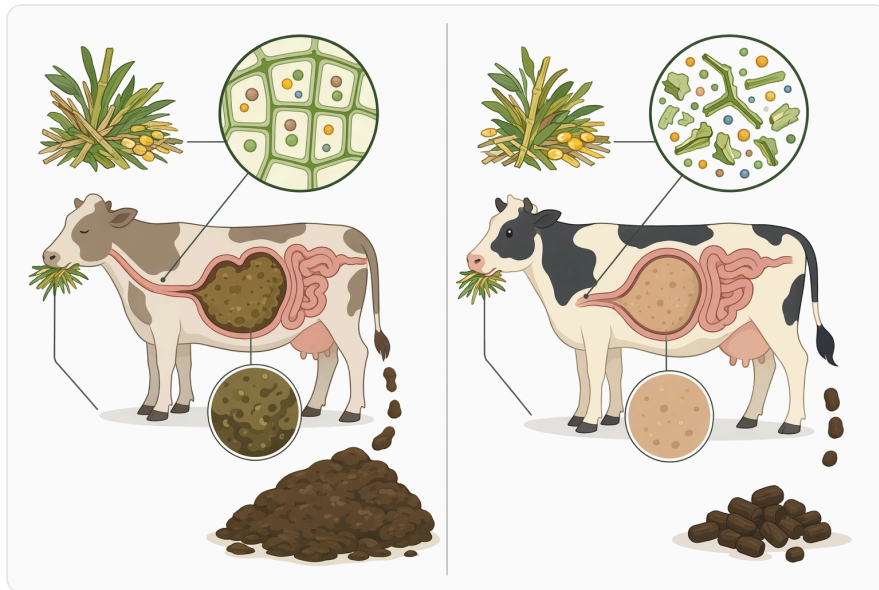


Figure 4. 不同飼料酵素會作用於不同基質，其中果膠酶專門作用於果膠及果膠類物質。

反芻應用需更謹慎解讀，因為瘤胃微生物本身已具備複雜的果膠分解能力。外加 pectinase 是否產生可測效益，可能取決於酵素在採食前的原料預處理效果、進入瘤胃前是否已改變基質，以及整體日糧中有效纖維、澱粉與蛋白質平衡 [2]。

農產副產物與循環飼料：提高低價原料的可評估性

Pectinase 在循環飼料中的價值，不只是改善動物表現，也包括讓高水分、高果膠或高黏性的副產物更容易加工、混合與標準化。對果汁、蔬果加工、植物蛋白或市場有機廢棄物衍生原料而言，酵素處理可作為降低加工阻力與提升營養釋放的技术選項 [7]。

從產業角度看，這類應用有助於把「廢棄物處理成本」轉化為「飼料原料價值」，但前提是安全、穩定與營養評估到位。農工副產物的分類、成分分析與用途分流，是提高循環利用效率的關鍵；pectinase 只是其中一個改善可用性的工具，而不是替代原料品質管理的方案 [3]。

配方與加工考量：哪些情境最可能看見效益

原料中是否真的有足夠果膠底物

Pectinase 的效果高度依賴底物存在。若配方主要由低果膠穀物、油脂與傳統蛋白源組成，果膠酶缺乏明確靶點，效益可能不明顯。相反地，當配方使用柑橘渣、蘋果渣、甜菜相關副產物、蔬菜副產物或某些豆科纖維來源時，果膠酶的作用空間較大 [3]。

這也是為什麼 pectinase 不應被描述為固定提升料肉比、增重或乳量的保證型添加物。它比較像「原料適應型酵素」：當配方因成本、供應或永續目標而提高高果膠副產物比例時，果膠酶才可能成為改善消化與加工風險的關鍵輔助 [6]。

製粒、熱處理與濕式加工的影響

酵素是蛋白質，會受到溫度、水分、pH、時間與剪切力影響。Pectinase 若被加入需要蒸氣調質或高溫製粒的流程，實際可保留的功能取決於製劑與加工條件；若用於濕式副產物預處理，則需要考量作用時間、基質水分、酸鹼環境與後續儲存穩定性。這些都是酵素型飼料添加劑常見的加工變因 [2]。



Figure 5. 果膠酶最適用於植物來源的飼料原料，例如果肉、果皮、果渣、植物殘渣，以及混合型含果膠副產品。

在濕式或半濕式飼料中，pectinase 的物理效益可能比乾料中更早被觀察到，例如黏度下降、泵送順暢、混合更均勻或沉降行為改變。不過，黏度改善不必然等同營養效益；若目標是動物表現，仍需把加工改善與採食量、糞便狀態、消化率或生產指標連結判讀 [5]。

與其他酵素或功能性添加物的關係

Pectinase 常被放在多酵素策略中思考，特別是與 xylanase、cellulase、 β -glucanase 或 protease 共同處理複合植物原料。原因很直接：植物細胞壁是多層次結構，單一鍵結被切開後，其他聚合物仍可能限制營養釋放；多酵素組合可能提供更完整的底物拆解 [2]。

但協同不代表永遠加越多越好。若配方中主要問題是果膠，pectinase 的邊際價值可能高；若主要問題是植酸磷或穀物木聚糖，其他酵素可能更有效。良好的配方思維是先辨識限制因子，再選擇對應酵素，而不是把所有酵素視為同一類促效添加物 [11]。

科學證據的強弱：哪些可以確定，哪些仍需場域確認

較穩固的證據：果膠降解與黏度改變

Pectinase 能分解果膠、降低高果膠基質黏性並改變細胞壁結構，這部分有明確的酵素學與工業應用基礎。食品加工、果汁澄清、植物組織軟化與纖維材料處理都利用相似原理，只是在飼料中目標改為改善加工性與營養可及性 [4]。

飼料科學中，CAZymes 用於處理植物非澱粉多醣也已有廣泛討論。其核心不是直接提供營養，而是改變飼料基質的可消化性、通過性與微生物發酵條件；pectinase 在這個框架下屬於針對果膠底物的專門工具 [2]。



Figure 6. 果膠酶處理可從降低聚合物大小開始，進一步促進細胞分離、改變水分交互作用，並提升其他酵素的可及性。

中等或情境依賴的證據：副產物飼料化與營養改善

酵素水解農產殘渣可改善部分飼料化特性，但不同副產物差異很大。果渣、蔬菜殘渣、豆類副產物、海藻或其他新型植物資源各有不同多醣結構與抗營養因子；因此，pectinase 對某一種原料有效，不代表對所有副產物都有同等效果 [5]。

農工副產物用於益生元、功能性纖維或動物營養的研究正在增加，顯示這類原料可能同時提供營養、發酵底物與永續價值。然而，若要把 pectinase 與特定生產績效直接連結，仍需區分「基質在體外被降解」與「動物在現場獲得可量化效益」兩個層次 [9]。

需要謹慎的主張：固定提升生產績效

任何聲稱 pectinase 必然提高增重、降低料肉比、提高乳量或改善蛋品質的說法，都應謹慎處理。動物反應受物種、日齡、健康狀態、原料批次、基礎營養密度、製程與飼養管理影響；酵素的貢獻可能被其他限制因子掩蓋，也可能在高副產物配方中才顯著 [2]。

因此，較可信的表述方式是：pectinase 具有明確的果膠降解與加工 / 消化機制，並在含高果膠植物原料的飼料中具有應用合理性；但實際生產效益需由特定配方與飼養條件驗證，而不應預設為固定百分比或跨物種一致結果 [6]。

安全、合規與文件

Pectinase 屬蛋白質型酵素，粉體操作時需注意吸入暴露、皮膚與眼睛接觸等一般酵素安全議題。實務上，SDS 可用於確認搬運、儲存、個人防護與意外暴露處置資訊；CoA 則提供該批產品隨貨品質文件。Enzymes.bio 供應的產品會隨訂單提供 CoA 與 SDS。



Figure 7. 水分、受熱程度、pH環境、粒徑與混合情況，都會影響果膠酶是否能接觸到果膠並維持功能。

飼料添加物的使用也應符合所在地法規、物種適用範圍與標示要求。不同市場對酵素飼料添加劑的登錄、使用目的、標示與安全文件要求不完全相同；因此，商業導入時需由使用端依當地規範確認合規性。這一點對跨國飼料公司、代工廠與多市場銷售產品尤其重要 [2]。

Enzymes.bio 供應資訊的正確定位

Enzymes.bio 提供 Pectinase Animal Feed Additives Enzymes 的線上供應，產品以 1 kg 單位銷售，適合需要小包裝採購與內部配方評估的使用情境。本文所述重點是果膠酶在動物飼料中的科學機制、應用場景與限制；Enzymes.bio 並非製造商或實驗室，因此不應把本文解讀為製造端製程、活性定義或實驗室方法說明。

對飼料配方師與動物營養研發人員而言，最務實的導入邏輯是先判斷配方限制是否與果膠相關，再評估 pectinase 是否能改善原料加工性、消化可及性或副產物利用率。若配方目標是增加高果膠副產物、降低濕料黏度或提高植物細胞內容物釋放，pectinase 會比在傳統低果膠日糧中更有技術意義 [3]。

結論：Pectinase 是副產物與高果膠配方的精準工具

Pectinase 作為動物飼料添加劑的核心價值，在於分解果膠、降低黏度、破壞植物細胞壁膠合結構，並提高含果膠原料的營養可及性。它特別適合用於果渣、蔬菜副產物、部分豆科或其他高可溶性纖維原料比例提高的配方，也可服務於濕式或半濕式飼料加工中對流動性與混合性的需求 [1]。

與此同時，pectinase 不應被過度宣稱為所有動物、所有配方皆有效的性能提升劑。其證據最強的部分是果膠降解與基質物理化學改變；至於增重、料肉比、乳量或其他生產績效，仍取決於原料底物、物種、加工條件與整體營養平衡。以這種定位使用 pectinase，最能兼顧科學可信度與飼料產業實務價值 [2]。

線上訂購 Pectinase Animal Feed Additives Enzymes

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 Pectinase Animal Feed Additives Enzymes →](#)

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. Mwaheb, M. A., El-Aziz, B. M. A., Abd-Elhalim, B. T., El-Kassim, N. A., & Radwan, T. (2024). Study of Different Cultivated Plants Rhizosphere Soil Fungi-Mediated Pectinase: Insights into Production, Optimization, Purification, Biocompatibility, and Application. *Microbial Ecology*, 87.

2. Plouhinec, L., Neugnot, V., Lafond, M., & Berrin, J. (2023). Carbohydrate-active enzymes in animal feed. *Biotechnology Advances*, 108145 .
3. Priyanka, G., Singiri, J. R., Adler-Agmon, Z., Sannidhi, S., Daida, S., Novoplansky, N., & Grafi, G. (2024). Detailed analysis of agro-industrial byproducts/wastes to enable efficient sorting for various agro-industrial applications. *Bioresources and Bioprocessing*, 11.
4. Pectinase Types Mechanisms Industrial Applications And Emerging Uses.Html?Srsltid=Afmbooo Kpeauhv2Bm 16Hacyy6CcyjI Cu9Dqavjejs5A Ws19F3So8. *Amerigoscientific*.
5. Teixeira, A. J., Menegat, F. D., Weschenfelder, L. M., Oro, C. E., Astolfi, V., Valduga, E., Zeni, J., ... et al. (2022). Enzymatic hydrolysis of lignocellulosic residues and bromatological characterization for animal feed. *Ciência Rural*.
6. Gatto, A., Kuiper, M., Middelaar, C., & Meijl, H. (2024). Unveiling the economic and environmental impact of policies to promote animal feed for a circular food system. *Resources, Conservation and Recycling*.
7. Wahyuni, E., Widyastuti, A., Tugiyo, & Rajiani, I. (2019). UTILIZATION OF MARKET ORGANIC WASTE INTO ANIMAL FEED PELLETS. *International Journal of Medical and Biomedical Studies*.
8. Singh, S., Singh, T., Koli, P., Anele, U., Bhadoria, B. K., Choudhary, M., & Ren, Y. (2023). Nutrient and Rumen Fermentation Studies of Indian Pasture Legumes for Sustainable Animal Feed Utilisation in Semiarid Areas. *Animals*, 13.
9. Ravanal, M., Contador, C., Wong, W., Zhang, Q., Roman-Benn, A., Ah-Hen, K., Ulloa, P., ... et al. (2025). Prebiotics in animal nutrition: Harnessing agro-industrial waste for improved gut health and performance. *Animal Nutrition*, 21, 179 - 192.
10. Yang, Z., Urriola, P., & Shurson, G. (2024). 112 Nutritional, feed safety, and environmental benefits and limitations of using soybean co-products in swine diets. *Journal of Animal Science*.
11. Henninger, C., Hoferer, M., Ochsenreither, K., & Eisele, T. (2023). Cross-linked phytase aggregates for improved phytate degradation at low pH in animal feed. *European Food Research and Technology*, 249, 2377-2386.


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。