

Acid Cellulase 酸性纖維素酶：動物飼料添加物用於高纖原料、青貯與發酵飼料

Enzymes.bio 研究團隊 · 紐西蘭威靈頓 · June 22, 2026

Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives 是偏酸條件下可作用的纖維素分解酵素，主要用於協助分解植物性飼料中的纖維素與細胞壁結構，適合高纖原料、青貯料、發酵全混合日糧與農副產物飼料化應用。

它的價值不是直接提供營養，而是透過水解 β -1,4 葡聚糖鏈、削弱細胞壁屏障，讓部分可發酵糖與被包埋營養更容易被微生物或動物消化系統利用。

在反芻動物、單胃動物與發酵飼料場景中，研究支持外源性纖維素酶具有改善消化率、發酵品質與高纖原料利用的潛力，但實際效益仍受物種、配方基質、加工條件與原料變異影響 [1]。

酵素名稱與主要應用

本品項名稱為 **Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives**，中文可稱為「動物飼料添加物用酸性纖維素酶」。主要應用包括植物性飼料配方、粗飼料與秸稈類原料、青貯料、發酵全混合日糧、果蔬加工副產物，以及其他含纖維素細胞壁的替代原料；這些場景的共同問題，是原料中結構性多醣限制了能量與營養的釋放 [2]。

在 B2B 飼料應用中，酸性纖維素酶通常被定位為「營養利用輔助工具」而非單一營養素。其功能在於協助打開植物細胞壁、降低部分纖維屏障，並為乳酸菌、瘤胃微生物或後腸微生物提供較易利用的寡糖與可發酵碳水化合物；碳水化合物活性酵素在飼料中被廣泛討論，核心即是改善非澱粉多醣與細胞壁相關基質的可利用性 [3]。

為什麼動物飼料需要酸性纖維素酶？

植物細胞壁是營養釋放的第一道屏障

多數飼料原料並不是單純的澱粉、蛋白質與油脂集合，而是被植物細胞壁包覆的複雜基質。纖維素、半纖維素、果膠與木質素交織形成細胞壁網絡，會限制消化酵素接觸細胞內營養；在麩皮、牧草、秸稈、果渣、豆類外皮與油籽粕中，這種屏障尤其明顯 [4]。

對單胃動物而言，內源性消化酵素無法有效切斷纖維素的 β -1,4 鍵，因此高纖配方可能降低能量利用、增加腸道內容物黏滯性或稀釋營養密度。對反芻動物而言，瘤胃微生物具備纖維分解能力，但其效率仍會受原料成熟度、木質化程度、發酵品質、通過速率與日糧結構影響；因此外源性纖維素酶常被研究作為強化纖維降解的輔助策略 [1]。

偏酸環境讓「acid cellulase」具實務意義

「Acid cellulase」的重點並非表示它只在單一 pH 下作用，而是指其設計概念與應用場景偏向酸性或酸化環境。動物胃部、青貯發酵、濕式發酵料與部分預處理流程，都可能經歷 pH 下降；若纖維素酶能在這類條件下維持作用，就有機會在飼料進入腸胃道前後或發酵保存過程中參與纖維水解 [5]。

青貯與發酵飼料的酸化過程尤其適合討論酸性纖維素酶。當纖維素酶從植物細胞壁釋放較小分子的可發酵糖，乳酸菌可利用這些底物產生乳酸，進而促進 pH 下降與抑制不利微生物；甜玉米秸稈與木薯渣青貯研究即評估纖維素酶與乳酸菌接種對發酵特性及體外消化率的影響 [5]。

作用機制：纖維素酶如何改變飼料基質？

從 β -1,4 葡聚糖鏈到可利用寡糖

纖維素由葡萄糖單元以 β -1,4 糖苷鍵連接而成，長鏈之間透過氫鍵排列成結晶區與非結晶區。外源性纖維素酶並非單一反應，而是多種酵素功能協同：內切葡聚糖酶先在纖維素鏈內部切割，增加新的鏈端；外切型酵素再由鏈端逐步釋放纖維二糖或短鏈寡糖； β -葡萄糖苷酶則將纖維二糖進一步分解成葡萄糖或更易利用的小分子 [6]。

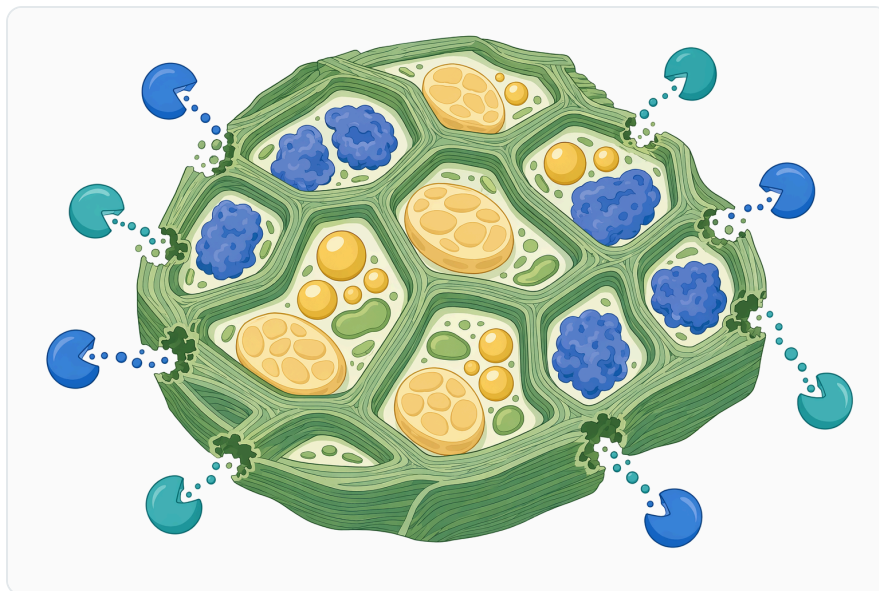


Figure 1. 酸性纖維素酶可用來削弱富含纖維素的植物細胞壁，使飼料組織中原本存在的營養成分更容易被利用。

這種分工使纖維素酶能從「表面破壞」與「鏈端釋放」兩個方向削弱纖維結構。對飼料而言，結果通常不是把所有纖維完全轉成糖，而是讓原本緊密的植物細胞壁變得較鬆散，增加微生物與消化酵素接觸底物的機會；因此纖維素酶的實務價值常反映在消化率、發酵效率與原料可用性，而不是單純以某一個化學反應終點來衡量 [3]。

為什麼不能只看「有沒有纖維」？

高纖原料不一定都對纖維素酶同樣敏感。年輕牧草與高度木質化秸稈的纖維可及性不同；果蔬皮渣中的果膠與可溶性纖維比例，和玉米秸稈、稻草、棕櫚副產物也不同。綜述指出，果蔬皮作為動物飼料具有營養與環境價值，但其纖維、抗營養因子與來源變異會影響實際利用方式 [2]。

因此，酸性纖維素酶在配方中的作用應理解為「針對纖維素基質的局部改善」。若原料主要限制因子是植酸、蛋白質抗營養因子、脂肪氧化、殼質或礦物質不平衡，單靠纖維素酶不會全面解決；在複雜原料中，纖維素酶有時需要與木聚糖酶、果膠酶、蛋白酶、植酸酶或發酵菌種共同構成更完整的加工與營養策略 [4]。

研究證據如何解讀？

反芻動物：消化率與瘤胃發酵是主要觀察點

反芻動物日糧中含有大量粗飼料，纖維分解直接關係到瘤胃發酵、揮發性脂肪酸供應、採食行為與能量利用。針對肉牛外源性飼料酵素的統合分析已將生長表現、營養消化率與瘤胃發酵參數納入評估，顯示外源性酵素在反芻營養中具有可研究且可量化的作用空間 [1]。

以玉米秸稈為基礎的發酵全混合日糧研究，則更接近高纖粗飼料實務場景。相關研究評估在玉米秸稈發酵 TMR 中補充外源性纖維素酶，對育成肉牛生長表現、消化率與瘤胃發酵的影響；這類研究有助於理解纖維素酶在「原料發酵 + 動物消化」雙重系統中的角色 [7]。

青貯與發酵料：纖維素酶與乳酸菌的協同作用

在青貯系統中，纖維素酶的關鍵並不只是提高纖維降解，而是協助產生可被乳酸菌利用的糖源。若乳酸菌有足夠底物，就能更快建立酸性環境，降低腐敗菌或不利發酵的風險；甜玉米秸稈與木薯渣青貯研究正是以纖維素酶和乳酸菌接種來觀察青貯特性與體外消化率變化 [5]。

農業廢棄物基礎完全飼料青貯研究也顯示，纖維素酶處理可用於改善發酵與體外消化特性。這類結果對飼料業具有實務意義，因為越來越多配方正在納入秸稈、果蔬副產物與加工殘渣，若能透過酵素與發酵管理提高穩定性，就能擴大低價或循環原料的可用範圍 [8]。

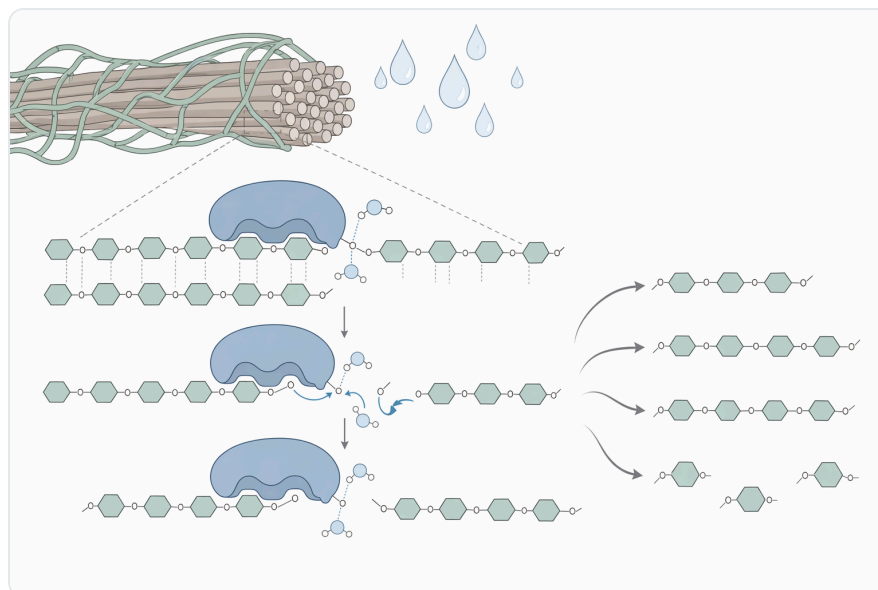


Figure 2. 纖維素酶系統會協同作用：內切纖維素酶打開纖維素鏈內部的作用位點，外切纖維素酶釋放纖維糊精，而 β -葡萄糖苷酶則將纖維二糖轉化為葡萄糖。

單胃動物：效果取決於基質與腸道階段

在豬、禽與水產等單胃動物中，外源性酵素的目標通常是降低非澱粉多醣造成的營養限制，並改善腸道內可消化養分釋放。單胃動物飼料酵素綜述指出，外源性酵素可作為動物技術添加物，用於處理不同基質中的抗營養或難消化組分，但實際效果會依動物年齡、飼料組成與酵素類型而變化 [4]。

例如離乳仔豬使用海藻原料時，研究會進一步評估褐藻多醣裂解酶或複合碳水化合物酶對營養消化率與腸道健康的影響。這說明單胃動物酵素應用必須緊扣「原料中的主要多醣類型」；若基質以纖維素與植物細胞壁為主，酸性纖維素酶才有明確的作用邏輯 [9]。

主要應用場景比較

應用場景	常見原料或系統	酸性纖維素酶的主要作用	證據強度與解讀	實務限制
高纖植物性配方	麩皮、牧草粉、油籽粕、秸稈粉、果蔬皮渣	削弱細胞壁，釋放部分被包埋營養	機制明確，動物表現依配方而異	原料木質化高時效果可能受限
青貯料	玉米秸稈、甜玉米秸稈、木薯渣、農業廢棄物	釋放可發酵糖，支持乳酸菌酸化	多項青貯研究支持發酵與體外消化率改善方向 [5]	水分、壓實、厭氧條件仍是關鍵

應用場景	常見原料或系統	酸性纖維素酶的主要作用	證據強度與解讀	實務限制
發酵全混合日糧	玉米秸稈基 TMR、粗飼料加精料混合系統	在發酵前後協助纖維降解與瘤胃可利用性	肉牛研究提供動物端參考 [7]	動物反應受日糧結構與通過速率影響
替代原料開發	果蔬副產物、農副產物、非常規植物料	提高副產物飼料化可行性	永續飼料與副產物利用文獻支持方向 [2]	批次變異與營養平衡需配方管理
複合酵素策略	與木聚醣酶、果膠酶、蛋白酶或益生菌搭配	對應多種細胞壁與抗營養基質	符合碳水化合物活性酵素應用邏輯 [3]	不同酵素間需考量基質相容性

與其他飼料酵素的差異

酸性纖維素酶主要作用於纖維素，而木聚醣酶偏向半纖維素中的木聚醣， β -葡聚醣酶偏向大麥、燕麥等穀物中的 β -葡聚醣，果膠酶則針對果膠結構。這些酵素都屬於碳水化合物活性酵素，但底物不同；若把所有「纖維」都視為同一類，就容易高估單一酵素的適用範圍 [3]。

植酸酶與蛋白酶則屬於不同作用邏輯。植酸酶主要釋放植酸結合的磷與礦物質，蛋白酶協助蛋白質水解；它們可能與纖維素酶共同出現在配方設計中，但不能互相取代。對高纖植物原料而言，若限制因素同時包括細胞壁包埋、植酸結合與蛋白質可消化性不足，多酵素策略才可能比單一酵素更貼近實際問題 [4]。

在高纖與替代原料中的價值

飼料產業持續尋找可降低成本、減少浪費並符合循環經濟的原料。果蔬皮、加工副產物、秸稈、麩皮與其他農業殘餘物都具有再利用價值，但其纖維含量、批次變異與適口性限制，使它們不容易直接大量替代傳統原料 [2]。

酸性纖維素酶可作為這類原料的「可利用性提升工具」。透過部分水解細胞壁，它可增加可溶性糖與短鏈碳水化合物釋放，讓發酵微生物或動物腸胃道更容易接觸原料內部營養；但它不會消除所有原料限制，也不應被描述為能使低品質原料自動變成高營養原料 [8]。

在昆蟲蛋白、海藻、菇類副產物等新興飼料原料中，主要限制因子可能不一定是纖維素。例如昆蟲原料常涉及脂肪酸組成、殼質與加工條件，海藻則可能涉及褐藻膠、硫酸化多醣或礦物質組成；因此是否需要纖維素酶，應回到基質中的細胞壁與纖維素比例來判斷 [10]。

發酵飼料與青貯中的機制細節

青貯成功的核心，是在厭氧環境下讓乳酸菌快速利用可溶性糖產酸，使 pH 下降並保存飼料。當原料本身可溶性糖不足、纖維含量高或細胞壁緊密時，乳酸菌可用底物受限，發酵速度可能變慢；纖維素酶可透過釋放寡糖與葡萄糖片段，補強這個底物供應環節 [5]。

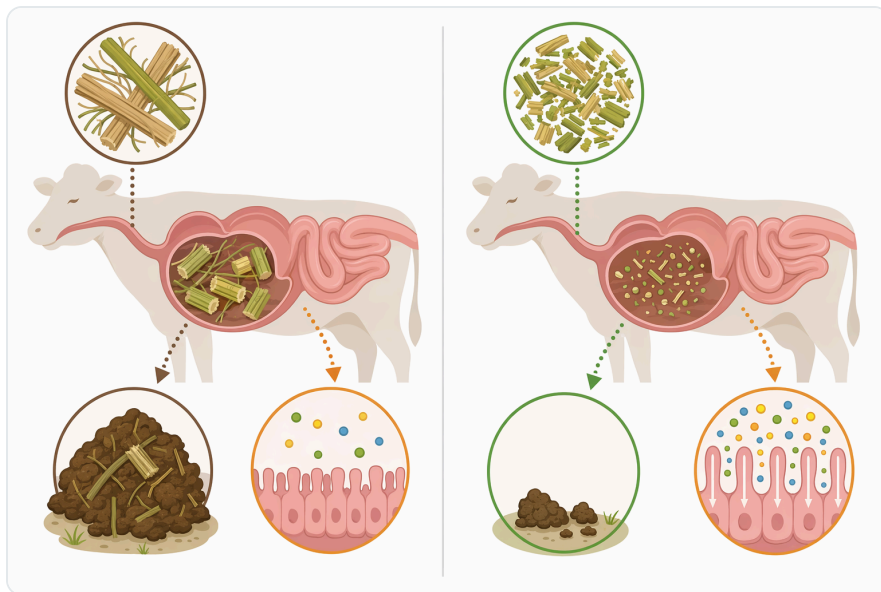


Figure 3. 飼料酶會因作用基質而有所不同；纖維素酶以纖維素為目標，而木聚糖酶、 β -葡聚糖酶、植酸酶和蛋白酶則用於處理其他飼料限制因素。

農業廢棄物基礎完全飼料青貯研究將纖維素酶處理與發酵、體外消化特性連結，顯示酵素在「保存」與「消化利用」之間具有橋接作用。對飼料廠或畜牧場而言，這代表纖維素酶不只是一種動物吃下後才作用的添加物，也可能在發酵保存過程中先行改變原料結構 [8]。

不過，青貯效果仍需依原料水分、切碎長度、壓實程度、厭氧密封、可溶性糖含量與乳酸菌狀態而定。酸性纖維素酶可以支持發酵，但不能取代良好的青貯管理；若氧氣滲入、含水率失衡或污染嚴重，酵素本身無法保證發酵品質 [5]。

對反芻動物的應用考量

在牛羊等反芻動物中，纖維降解牽涉瘤胃微生物群、瘤胃 pH、日糧精粗比、顆粒大小與通過速率。外源性纖維素酶可能在飼料進入瘤胃前先吸附於植物纖維表面，或在瘤胃中與微生物酵素形成互補，使纖維表面更容易被微生物定殖與分解 [1]。

玉米秸稈發酵 TMR 補充外源性纖維素酶的研究，特別適合說明這種應用場景。玉米秸稈纖維含量高、木質化程度較明顯，若經發酵與酵素處理，可在一定程度上改善基質可及性；但反芻動物最終表現仍取決於整體日糧能量、蛋白質供應與瘤胃發酵平衡 [7]。

此外，瘤胃微生物本身就是龐大的纖維降解系統。來自犛牛瘤胃宏基因體的 GH5 纖維素酶研究，凸顯反芻動物微生物群中存在具纖維水解能力的酵素資源；外源性纖維素酶的概念，正是嘗試利用類似的生物化學機制，增強飼料纖維的可分解性 [6]。

對單胃動物的應用考量

單胃動物缺乏瘤胃這類大型前胃發酵系統，因此纖維素酶的效果更依賴酵素在胃腸道前段或飼料加工階段能否有效接觸底物。對仔豬、家禽或水產而言，高纖原料可能稀釋能量、包埋蛋白質或影響腸道內容物流動；酸性纖維素酶可作為改善細胞壁可及性的工具，但並非所有纖維問題都由纖維素造成 [4]。

單胃動物酵素應用文獻通常強調「基質對應」。例如含海藻日糧可能需要褐藻膠裂解酶或更廣泛的碳水化合物酶組合，而非只依賴纖維素酶；這提醒配方設計者，酸性纖維素酶最適合用於纖維素與植物細胞壁明確構成限制的配方 [9]。

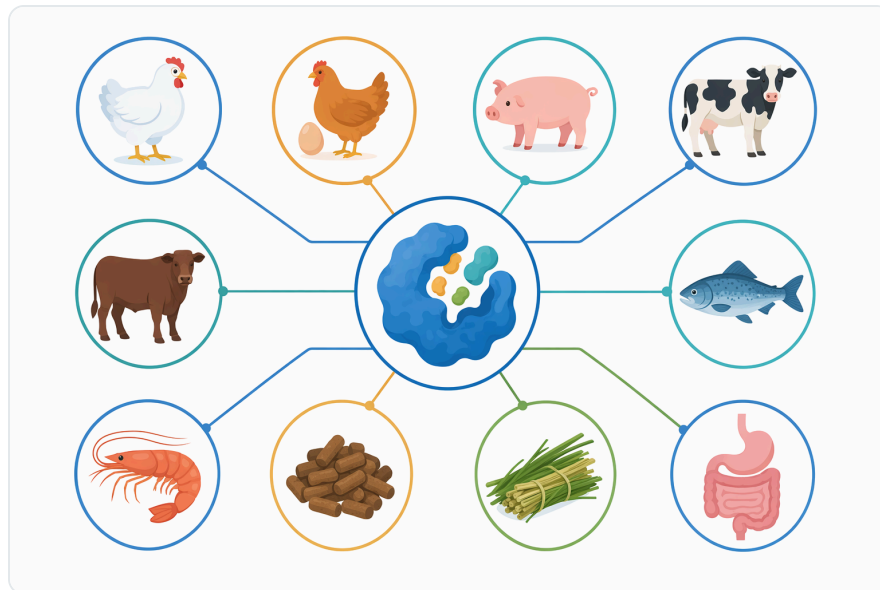


Figure 4. 纖維素酶最適用於稻草、秸稈、牧草、麩皮、外殼、穀物加工副產物及發酵植物殘渣等高纖維基質。

加工、儲存與配方條件的影響

酵素是蛋白質，會受熱、濕度、pH、時間與基質接觸程度影響。製粒、膨化、長時間高溫處理或不當儲存，皆可能降低酵素在最終飼料中的有效作用；因此酸性纖維素酶的應用應放在整體製程中思考，而不是只看配方表上是否添加 [3]。

水分也是關鍵因素。乾粉配方中酵素與基質接觸有限，濕拌、發酵或青貯環境則提供水相與時間，使酵素更容易接觸纖維表面；這也是為什麼許多纖維素酶研究會出現在青貯、發酵 TMR 或農業廢棄物預處理場景中 [8]。

粒徑與混合均勻度同樣重要。較細的原料通常有較大表面積，可增加酵素接觸機會，但過度粉碎也可能影響反芻動物咀嚼、瘤胃墊層與消化生理；因此在反芻日糧中，纖維素酶應與物理有效纖維概念一起考量，而不是單純追求原料越細越好 [1]。

可合理期待的效益

酸性纖維素酶最合理的效益描述，是「支持高纖植物原料的部分水解與可利用性提升」。在適當基質與條件下，它可能增加可溶性糖釋放、改善體外消化率、支持瘤胃或發酵系統中微生物對纖維的利用，並有助於提高農副產物納入配方的彈性 [7]。

在青貯與發酵飼料中，可期待的方向包括較好的發酵底物供應、較順利的乳酸發酵，以及原料保存與消化特性的改善。甜玉米秸稈、木薯渣與農業廢棄物基礎青貯研究均支持纖維素酶在發酵品質與體外消化率相關指標上的應用潛力 [5]。

在動物表現方面，較審慎的說法是：酸性纖維素酶可能透過改善營養消化率與纖維利用，間接支持生長、飼料效率或反芻發酵穩定性，但不能保證在所有物種、所有配方與所有加工條件下都出現相同幅度結果。外源性飼料酵素統合分析的價值，正是在於呈現不同研究條件下效果存在變異 [1]。

不應過度承諾的範圍

酸性纖維素酶不是藥物，也不是抗生素、益生菌或防黴劑的替代品。它不應被描述為可治療疾病、消除黴菌毒素、取代獸醫管理，或在任何高纖配方中必然改善生產性能；其主要定位仍是纖維素基質處理與營養利用輔助 [4]。

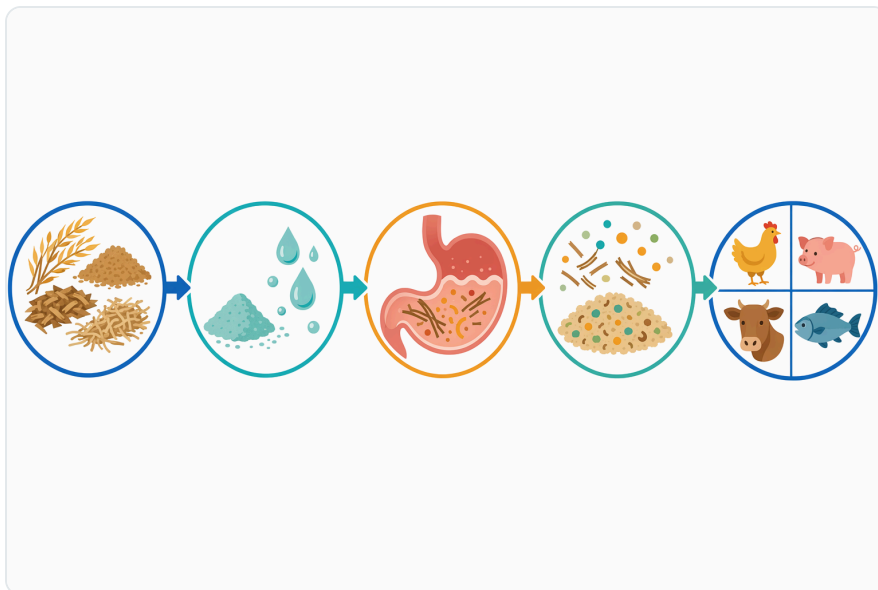


Figure 5. 在青貯飼料中，纖維素酶可從纖維質生物質中釋放可溶性碳水化合物，供乳酸菌轉化為酸，以達到保存效果。

它也不能完全克服木質素屏障。高度木質化的秸稈或成熟粗飼料中，纖維素被木質素與半纖維素包圍，酵素可及性受限；即使纖維素酶具備明確水解機制，若無適當加工、發酵或物理處理，實際降解程度仍可能有限 [3]。

此外，替代原料的風險不只來自纖維。果蔬皮渣與農副產物可能有水分高、批次差異、礦物質不平衡、抗營養因子或污染控制問題；酸性纖維素酶可提升部分細胞壁可利用性，但不能替代完整的配方平衡與原料品質管理 [2]。

Enzymes.bio 供應資訊

Enzymes.bio 以供應商角色提供 **Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives**，此品項在線上以 **1kg 單位** 直接銷售。本文為技術教育內容，用於說明酸性纖維素酶在動物飼料、高纖原料、青貯與發酵飼料中的科學基礎與應用邏輯，不構成製造商聲明、實驗室報告或特定配方效果保證。

產品相關文件如 **CoA** 與 **SDS** 會隨訂單一併提供。對飼料配方、畜牧營養與發酵飼料應用團隊而言，較務實的理解方式是：把酸性纖維素酶視為能協助處理植物細胞壁與纖維素基質的工具，並依動物種類、原料組成與加工條件評估其在整體配方中的位置。

結論

Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives 適合用於高纖植物性飼料、青貯料、發酵全混合日糧與農副產物飼料化場景。它透過水解纖維素 β -1,4 鍵、削弱植物細胞壁屏障，協助釋放可發酵糖與被包埋營養，並可與乳酸菌或其他碳水化合物酵素形成互補應用 [5]。

目前研究對其機制支持度高，對青貯與發酵飼料的應用證據也相對具體；在反芻與單胃動物生產表現上的效果則需依物種、配方基質與製程條件審慎解讀。對 B2B 飼料應用而言，酸性纖維素酶的最大價值，是讓高纖原料更容易進入可消化、可發酵與可配方化的狀態，而不是把單一添加物包裝成所有飼料問題的解方 ^[1]。

線上訂購 Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives

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 Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives →](#)

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. Ferreira, I. M., Mantovani, H., Vedovatto, M., Cardoso, A. S., Rodrigues, A. A., Homem, B. G. C., Abreu, M. J. I. J. I., ... et al. (2025). Impact of dietary exogenous feed enzymes on performance, nutrient digestibility, and ruminal fermentation parameters in beef cattle: a meta-analysis. *Animal*, 19 5, 101481 .
2. Haider, M. W., Abbas, S. M., Saeed, M. A., Farooq, U., Waseem, M., Adil, M., Javed, M. R., ... et al. (2025). Environmental and Nutritional Value of Fruit and Vegetable Peels as Animal Feed: A Comprehensive Review. *Animal Research and One Health*.
3. Plouhinec, L., Neugnot, V., Lafond, M., & Berrin, J. (2023). Carbohydrate-active enzymes in animal feed. *Biotechnology Advances*, 108145 .
4. Sureshkumar, S., Song, J., Sampath, V., & Kim, I. (2023). Exogenous Enzymes as Zootechnical Additives in Monogastric Animal Feed: A Review. *Agriculture*.
5. Kaewpila, C., Thip-uten, S., Cherdthong, A., & Khota, W. (2021). Impact of Cellulase and Lactic Acid Bacteria Inoculant to Modify Ensiling Characteristics and In Vitro Digestibility of Sweet Corn Stover and Cassava Pulp Silage. *Agriculture*.
6. Bature, I., Liang, Z., Wu, X., Yang, F., Yang, Y., Dong, P., & Ding, X. (2025). Isolation, cloning, and characterization of a novel GH5 cellulase from yak rumen metagenome for enhanced lignocellulose hydrolysis in biofuel production and ruminant feed utilization. *Enzyme and Microbial Technology*, 191, 110737 .
7. Xu, J., Wang, X., & Niu, H. (2024). Effects of corn straw-based fermented total mixed rations supplemented with exogenous cellulase on growth performance, digestibility, and rumen fermentation in growing beef cattle. *Animal bioscience*, 38, 293 - 302.

8. Santoso, B., Widayati, T., & Hariadi, B. (2020). Improvement of Fermentation and the In Vitro Digestibility Characteristics of Agricultural Waste-Based Complete Feed Silage with Cellulase Enzyme Treatment. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 8.
9. Ribeiro, D. M., Luise, D., Costa, M., Carvalho, D., Martins, C., Correa, F., Pinho, M., ... et al. (2024). Impact of dietary Laminaria digitata with alginate lyase or carbohydrase mixture on nutrient digestibility and gut health of weaned piglets. *Animal*, 18 6, 101189 .
10. Cattaneo, A., Meneguz, M., & Dabbou, S. (2023). The fatty acid composition of black soldier fly larvae: the influence of feed substrate and applications in the feed industry. *Journal of Insects as Food and Feed*.

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。