

纖維素酶粉末用於動物飼料添加劑：Cellulase Enzyme Powder 的作用機制、應用情境與證據解讀

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

Cellulase Enzyme Powder for Animal Feed Additives 是一種供飼料應用評估的外源性纖維分解酵素，主要用於協助分解植物性原料中的纖維素，提升高纖原料、農業副產物與粗飼料的營養可及性。其價值不在於「直接增加營養」，而在於透過水解植物細胞壁結構，讓澱粉、蛋白質、可發酵糖與其他營養成分更容易被動物或腸道 / 瘤胃微生物利用。Enzymes.bio 作為供應商提供此產品，線上以 1 kg 單位銷售，訂單會隨附 CoA 與 SDS。

產品定位：飼料添加用 Cellulase Enzyme Powder 是什麼？

Cellulase Enzyme Powder for Animal Feed Additives，中文可稱為「飼料添加用纖維素酶粉末」或「動物飼料用纖維分解酵素粉」，屬於外源性酵素添加物的一類。它針對植物細胞壁中以 β -1,4 葡萄糖鍵連結的纖維素聚合物，協助將不易被單胃動物直接消化、也可能限制反芻動物粗飼料利用率的纖維結構，轉化為較容易被微生物發酵或後續消化過程利用的小分子片段。外源酵素在單胃動物飼料中通常被歸類為動物技術性添加物，研究重點多集中在非澱粉多醣、細胞壁結構與營養釋放之間的關係 [1]。

在飼料產業中，纖維素酶的實務意義通常與三類場景有關：第一，高纖植物性原料比例上升，例如麩皮、秸稈、殼類、油籽粕、木質化程度較高的副產物；第二，青貯或預發酵處理希望提升發酵底物與降低結構性纖維障礙；第三，配方師希望在不完全依賴高成本易消化原料的前提下，提高原料利用率。以小麥麩皮等副產物為例，近年研究已將真菌共培養與整合水解用於釋放糖分並提供動物飼料價值，反映出「把纖維性副產物轉化為更可利用飼料資源」是飼料生物技術的重要方向 [2]。

Enzymes.bio 在此產品中的角色是供應商，而非製造商或實驗室。本文件以技術教育與 B2B 決策支援為目的，說明纖維素酶作為飼料添加劑的作用原理、可期待效益、限制條件與適用情境；不把單一產品描述成能保證所有動物、所有配方與所有加工條件皆產生一致生產效益的「萬用解方」。

為什麼飼料配方會需要纖維素酶？

高纖原料的營養被「鎖」在細胞壁中

植物細胞壁不是單純的纖維素集合，而是由纖維素、半纖維素、果膠、木質素與結構蛋白交織形成的複合網絡。纖維素微纖維提供剛性骨架，半纖維素如木聚醣則在纖維素表面形成連結，木質素進一步增加抗降解性。當飼料中包含較多副產物或粗飼料時，部分澱粉、蛋白質、脂質與可發酵碳水化合物會被困在細胞壁矩陣內，使內源性消化酶或微生物酶較難接觸到這些營養成分。酵素技術在食品與生物加工領域被廣泛用於破壞細胞壁、改善水解與釋放可利用成分，這一機制同樣構成飼料應用的生化基礎^[3]。

對單胃動物如肉雞、蛋雞、豬而言，腸道停留時間較短，且自身不具備足以高效分解纖維素的內源性酵素系統。纖維本身不一定是負面成分，但當不可溶纖維比例、粒徑、木質化程度或非澱粉多醣含量過高時，可能降低飼糧能量密度、影響營養接觸效率，並使配方中的實際可利用能量低於理論值。外源性酵素在單胃動物中的價值，通常不是完全消化所有纖維，而是降低細胞壁屏障、改善特定原料的可及性，並與其他飼料酵素形成互補^[1]。

反芻動物則不同。牛、羊、犛牛等動物依賴瘤胃微生物群分解纖維，理論上已具備天然纖維降解能力；但瘤胃纖維分解仍會受到原料木質化程度、飼糧結構、微生物群組成、環境與管理條件影響。以犛牛為例，瘤胃微生物、宿主與環境之間存在密切連結，對理解動物生產與飼養管理有直接意義^[4]。因此，反芻飼料中的纖維素酶更常被視為「促進粗飼料預處理、青貯發酵或瘤胃纖維降解起始」的工具，而不是取代瘤胃微生物。

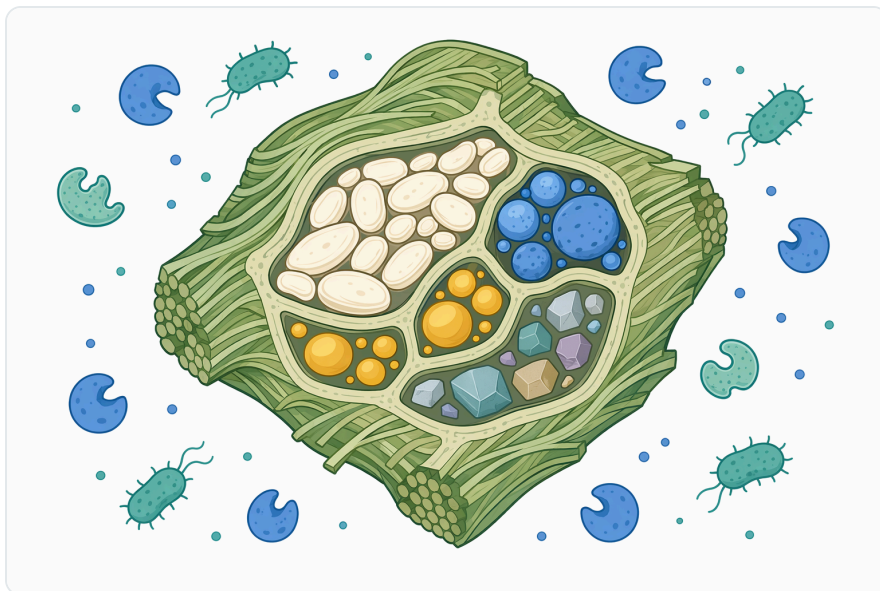


Figure 1. 富含纖維素的植物細胞壁，會在物理上限制纖維性飼料顆粒內部營養素的取得。

農業副產物利用與成本壓力推動酵素應用

飼料成本波動與永續供應鏈壓力，使農業副產物再利用變得更重要。木薯皮、麥麩、油籽粕、稻草、玉米秸稈等材料含有可利用的碳水化合物與其他營養，但也含有較高結構性纖維。許多纖維素酶生產研究本身即以農業廢棄物或副產物作為底物，顯示纖維性材料既是酵素生產研究的資源，也是後續飼料加值的對象^[5]。在飼料配方端，若能更有效釋放這類原料的可用營養，便有機會擴大原料選擇、降低對部分高價原料的依賴，並提高農業循環利用率。

不過，這種商業價值高度依賴配方條件。纖維素酶最適合被放在「原料特性—加工條件—動物種類—目標指標」的整體設計中理解，而不是單獨以添加與否判斷成敗。例如，處理高度木質化秸稈與處理麥麩、豆粕或油籽粕時，限制因子不同；肉雞日糧與乳牛粗飼料的消化環境也不同。這正是外源酵素在飼料產業中常需要與木聚糖酶、 β -葡聚糖酶、植酸酶、益生菌或青貯菌種搭配評估的原因。

纖維素酶如何作用：從纖維素水解到營養釋放

Cellulase 不是單一酵素，而是一組協同系統

纖維素酶通常不是一個單獨分子，而是一組能協同降解纖維素的酵素系統。常見功能包括：內切型葡聚糖酶切開纖維素鏈內部，使長鏈產生更多可作用端點；外切型纖維二糖水解酶或外切葡聚糖酶由鏈端逐步釋放纖維二糖； β -葡萄糖苷酶再將纖維二糖轉化為葡萄糖。絲狀真菌是研究與產業應用中重要的纖維素酶來源，近年綜述也持續整理其酵素生產與纖維水解能力的進展^[6]。

這種分工很重要，因為纖維素本身具有結晶區與非結晶區。內切型酵素較容易在非結晶區造成斷裂，外切型酵素沿著鏈端釋放寡糖， β -葡萄糖苷酶則降低纖維二糖累積造成的回饋抑制。若其中某一環節不足，纖維素水解可能停留在中間產物階段，無法有效轉化為可發酵糖或可被微生物快速利用的碳源。多功能酵素或複合酵素的研究，正是因為植物細胞壁結構複雜，單一切點往往不足以達到穩定效果^[7]。

解開細胞壁屏障，而不只是產生葡萄糖

在飼料應用中，纖維素酶的效益不應被簡化為「把纖維素變成葡萄糖」。實際上，較重要的作用常是破壞細胞壁結構，使被包埋的澱粉顆粒、蛋白質、脂質與礦物質更容易暴露。對單胃動物而言，這可以改善內源性澱粉酶、蛋白酶、脂肪酶對底物的接觸；對反芻動物而言，則可能提高瘤胃微生物附著與發酵速率，尤其在粗飼料或副產物占比較高時更具意義。從生物技術角度來看，纖維素酶與半纖維素酶的協同水解，是處理植物生物質時常見且必要的策略^[8]。

另外，纖維素酶可能間接影響腸道與瘤胃微生物生態。當纖維結構被部分水解，低聚糖與可發酵碳源增加，可能改變乳酸菌、纖維分解菌或其他發酵菌群的競爭條件。這一點在青貯與預發酵飼料中特別明顯，因為可溶性糖供應會影響乳酸生成、pH 下降速度與不良微生物抑制。乳酸菌作為脫水形式添

加於飼料產品的應用已受到關注，與纖維水解酵素搭配時，常被設計為改善發酵品質與保存穩定性的組合策略^[9]。

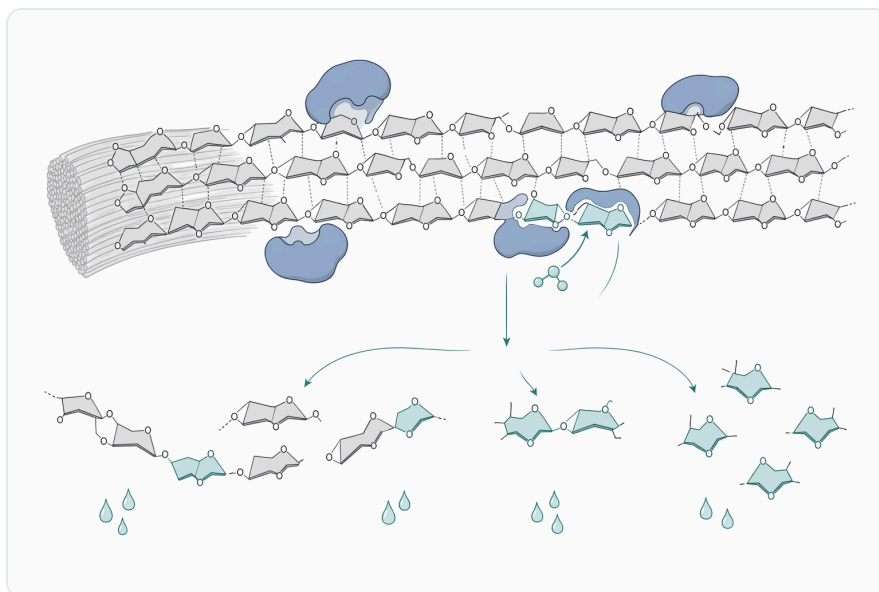


Figure 2. 纖維素酶會水解以 β 鍵連結的纖維素鏈，削弱細胞壁基質，並使營養素暴露出來以利消化或發酵。

主要應用一：高纖配方與農業副產物的營養加值

纖維素酶粉末常被納入高纖飼料配方評估，尤其是當配方含有較多麥麩、秸稈、殼類、油籽餅粕、木薯皮或其他農業副產物時。這類原料的共同特徵，是總營養含量不一定低，但可利用比例受到細胞壁、木質化程度與非澱粉多醣組成限制。以油籽餅粕發酵用於仔豬營養為例，研究關注點已不只在單一營養素，而是透過 *Bacillus subtilis* 發酵提高酵素生成與益生菌存活，反映出「副產物 + 微生物 / 酵素」是提升飼料價值的常見技術路徑^[10]。

對配方師而言，纖維素酶可能帶來的好處包括提高乾物中可利用能量、改善蛋白質與澱粉可及性、降低部分高纖原料造成的消化負擔，以及協助更彈性地使用在地農業副產物。不過，這些效益通常是條件性的。若原料本身纖維素含量不高，或主要限制因子是植酸、可溶性黏性多醣、抗營養蛋白、脂質氧化或胺基酸不平衡，單用纖維素酶未必是最有效策略。這也是為什麼飼料酵素實務上常採用多酵素或與發酵處理整合的設計。

比較表：纖維素酶與其他常見飼料酵素的定位

酵素類型	主要作用底物	在飼料中的主要目的	與纖維素酶的關係	證據解讀重點
纖維素酶 Cellulase	纖維素、部分 β -葡聚醣	破壞植物細胞壁、釋放被包埋營養、增加	核心纖維分解酵素，適合高纖原料與粗飼料情	對纖維水解機制證據強；對生產表現改善需依配方

酵素類型	主要作用底物	在飼料中的主要目的	與纖維素酶的關係	證據解讀重點
	鏈段	可發酵糖	境	與物種判讀
木聚醣酶 Xylanase	半纖維素中的木聚醣	降低細胞壁屏障與部分黏性 NSP 影響	與纖維素酶常具互補性，可同時打開纖維素與半纖維素網絡	纖維素酶與木聚醣酶在工業生物技術中常呈協同 ^[8]
β-葡聚醣酶	β-葡聚醣	降低部分穀物造成的腸道黏度、改善營養利用	視穀物種類與 NSP 組成搭配	在大麥、燕麥等特定原料條件下較常被重視
植酸酶 Phytase	植酸	釋放磷與降低植酸抗營養作用	作用目標不同，可與纖維素酶並行	固定化植酸酶等研究顯示其在飼料與食品產業的應用潛力 ^[11]
蛋白酶 Protease	蛋白質、抗營養蛋白	改善蛋白質消化與胺基酸可及性	若蛋白質被細胞壁包埋，纖維素酶可先增加暴露	效果取決於蛋白來源、加工熱損傷與配方平衡

這張比較表顯示，纖維素酶最適合用來處理「細胞壁造成的可及性問題」。若配方主要限制是磷利用率，植酸酶更直接；若問題來自黏性阿拉伯木聚醣，木聚醣酶可能更關鍵；若問題是蛋白質消化，蛋白酶才是主軸。纖維素酶的價值通常在於打開結構屏障，讓其他消化或發酵過程更有效率。

主要應用二：青貯、完全混合飼料與預處理

青貯與預發酵處理是纖維素酶較容易展現價值的場景之一。青貯成功需要足夠可發酵糖、適當厭氧環境與乳酸菌快速產酸；但許多高纖原料的可溶性糖不足，或糖被細胞壁結構限制。纖維素酶可在發酵初期釋放部分可利用糖，為乳酸菌提供底物，進而改善發酵方向。以農業廢棄物為基礎的完全飼料青貯研究顯示，纖維素酶處理可用於改善發酵與體外消化特性，這類結果支持其在預處理與青貯場景中的實務合理性^[12]。

青貯應用的另一個重點，是纖維素酶與微生物添加物的搭配。乳酸菌可將可溶性糖轉化為乳酸，快速降低 pH；Bacillus 類菌株則可能提供額外酵素活性或改善發酵微生態。當纖維素酶先增加糖源，菌種再利用糖源建立優勢發酵，兩者可能形成「酵素—微生物」協同。這種設計對低糖、高纖、木質化較高的原料尤其重要，因為單靠天然附著微生物與原料本身糖分，不一定能快速導向理想乳酸發酵。

在反芻動物完全混合飼料或粗飼料預處理中，纖維素酶也可作為提高纖維可降解性的工具。其目標不是讓飼料在進食前完全水解，而是讓部分細胞壁變得較容易被瘤胃微生物附著與分解。若預處理條件具備適當水分與接觸時間，酵素可能在進入消化道前先啟動結構鬆動；若直接乾拌於低水分飼料，則

作用更多取決於進食後的水化與腸胃環境。這種差異說明，纖維素酶的使用方式會影響實際效果，而不只是添加量本身。

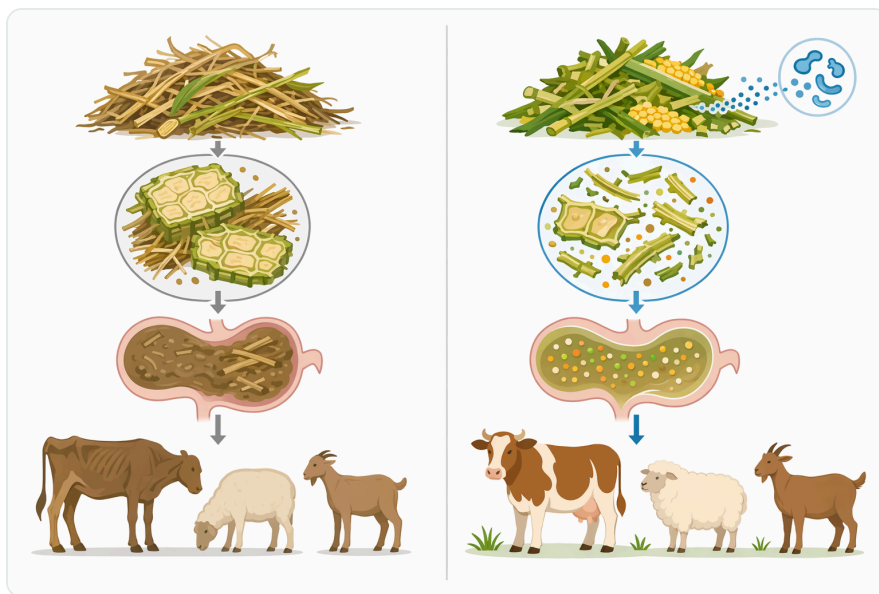


Figure 3. 飼料酵素具有基質專一性；纖維素酶作用於纖維素，而木聚醣酶、 β -葡聚醣酶、 β -甘露聚醣酶、植酸酶和蛋白酶則作用於不同的飼料成分。

主要應用三：單胃動物飼料中的條件性效益

對肉雞、蛋雞與豬而言，纖維素酶應被視為高纖配方管理工具，而不是所有標準玉米豆粕日糧都必然需要的添加物。單胃動物飼料中的外源酵素研究指出，酵素能透過降解非澱粉多醣、降低抗營養作用、增加營養可及性與調節腸道環境來改善生產表現，但結果會受到物種、日齡、原料組成、加工條件與酵素組合影響^[1]。

在肉雞配方中，若使用較高比例麥麩、稻殼副產物、葵花粕、菜籽粕或其他纖維較高的植物蛋白來源，纖維素酶可能協助降低細胞壁障礙。但肉雞腸道停留時間短，且胃腸道 pH 變化快速，單一纖維素酶能否充分作用，取決於酵素穩定性、底物可接觸性與是否搭配木聚醣酶等其他 NSP 酵素。家禽產業中也有許多非酵素型添加物如植生素、花青素等被研究用於腸道健康與氧化壓力管理，這提醒我們：纖維素酶應聚焦於纖維與營養釋放，不宜把所有健康效益都歸因於同一類添加物^[13]。

在豬隻方面，仔豬、育肥豬與母豬對纖維的反應不同。仔豬消化系統尚在成熟，過多不可溶或難發酵纖維可能降低日糧能量利用；但適度可發酵纖維也可能支持後腸微生物。從 Min pigs 篩選纖維素降解菌並優化纖維素酶生產的研究，反映出豬源腸道環境中確實存在與纖維降解相關的微生物資源，但這不代表所有豬日糧添加外源纖維素酶都會產生相同結果^[14]。實務上，豬飼料中的纖維素酶更適合與原料替代、發酵飼料或多酵素策略一起評估。

主要應用四：反芻動物與粗飼料利用

在牛、羊等反芻動物中，纖維素酶的核心價值是支持粗飼料利用與瘤胃發酵，而不是取代瘤胃微生物。瘤胃本身含有大量纖維分解菌、真菌與原蟲，能分解纖維素與半纖維素；然而，低品質粗飼料、高木質化秸稈或季節性牧草品質下降時，纖維降解速率可能限制採食量與能量供應。外源纖維素酶若能在飼料進入瘤胃前或瘤胃初期增加纖維表面可及性，便可能提高微生物附著與後續發酵效率。

值得注意的是，反芻動物研究結果常比體外纖維水解試驗更不一致。原因包括飼糧粗精比例、粗飼料種類、施用位置、飼前接觸時間、瘤胃 pH、動物生理狀態與既有微生物群差異。以犛牛等特殊反芻動物為例，瘤胃微生物、宿主與環境的連動性會影響生產管理判讀^[4]。因此，纖維素酶在反芻動物中更應被定位為「改善特定粗飼料處理與發酵潛力」的工具，而非保證提高乳量、增重或飼料效率的單一因子。

對牧場或粗飼料中心而言，較具可行性的應用通常包括青貯前添加、TMR 預混、低品質秸稈處理、與乳酸菌或其他發酵添加物搭配等。若飼料原料已高度木質化，纖維素酶能作用的纖維素表面有限，可能需要物理處理、發酵處理或其他酵素協同；若粗飼料品質本身良好，額外效益則可能較小。

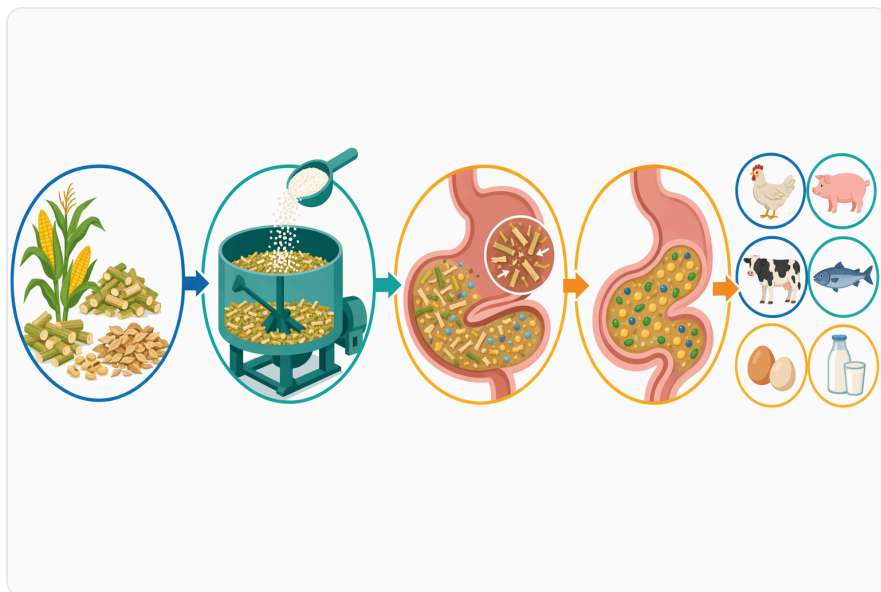


Figure 4. 在牧草與青貯系統中，纖維素酶可能在飼餵前的保存過程中發揮作用，並在纖維性物質的瘤胃發酵期間再次作用。

科學證據的強項：機制明確、加工與青貯應用較有基礎

纖維素酶的最強證據來自生化機制與植物生物質水解。纖維素由 β -1,4 鍵連結葡萄糖單元形成，纖維素酶系統能透過內切、外切與 β -葡萄糖苷酶步驟逐步降解，這一點在酵素學與工業生物技術中已有穩固基礎。近年針對絲狀真菌生產纖維素酶的研究進展，也顯示纖維素酶在生物質轉化、農業副產物利用與工業應用中持續受到重視^[6]。

第二個較有力的證據領域是青貯與預處理。因為青貯環境中的目標相對明確：增加可發酵糖、促進乳酸發酵、改善纖維降解與提高體外消化特性。農業廢棄物基完全飼料青貯加入纖維素酶處理後，可用於評估發酵品質與體外消化改善，這比直接推論動物長期生產表現更接近酵素本身作用^[12]。因此，若客戶的主要需求是改善高纖原料發酵或提升預處理效率，纖維素酶通常比「直接在標準日糧中期待立即提高生產指標」更容易建立技術邏輯。

第三個強項是酵素協同。纖維素與半纖維素在細胞壁中互相纏結，單獨攻擊纖維素不一定能完全打開結構；木聚糖酶、 β -葡聚糖酶與其他輔助酵素可降低半纖維素屏障，讓纖維素酶更容易接觸底物。纖維素酶與木聚糖酶協同在工業生物技術中已被反覆討論，這為多酵素飼料策略提供了合理基礎^[8]。

證據限制：不能把纖維水解直接等同於生產表現保證

纖維素酶能水解纖維，不代表在所有動物試驗中都會穩定改善料肉比、日增重、產蛋率或乳量。動物生產表現是多因子結果，受能量、胺基酸、礦物質、健康狀態、飼養密度、環境溫度、原料品質與管理條件共同影響。外源酵素若只改善其中一個限制環節，而該環節並非當前配方的主要瓶頸，實際表現就可能不明顯。單胃動物外源酵素綜述也強調，酵素作為動物技術性添加物的效果需要依據日糧基質與使用情境來判讀^[1]。

此外，體外水解、青貯發酵與體內動物表現不能直接畫上等號。體外環境可控制溫度、水分與接觸時間；動物消化道則包含胃酸、蛋白酶、膽汁、腸道蠕動、微生物競爭與短暫停留時間。某些酵素在加工或消化過程中可能部分失活，某些底物在飼料中也可能因顆粒結構或木質素包覆而不易接觸。這些因素使纖維素酶的效果呈現場景依賴性。

最後，耐熱性與加工條件也會影響結果。部分研究會探討耐熱纖維素酶作為動物飼料添加劑的應用，原因正是飼料加工可能涉及熱、壓力與水分變化，酵素作為蛋白質對環境條件敏感^[15]。因此，在顆粒化、高溫乾燥或長時間儲存條件下，纖維素酶的實際活性保留與作用機會，需要以產品文件與實際流程條件共同理解；本文不提供活性單位或檢測方法描述。

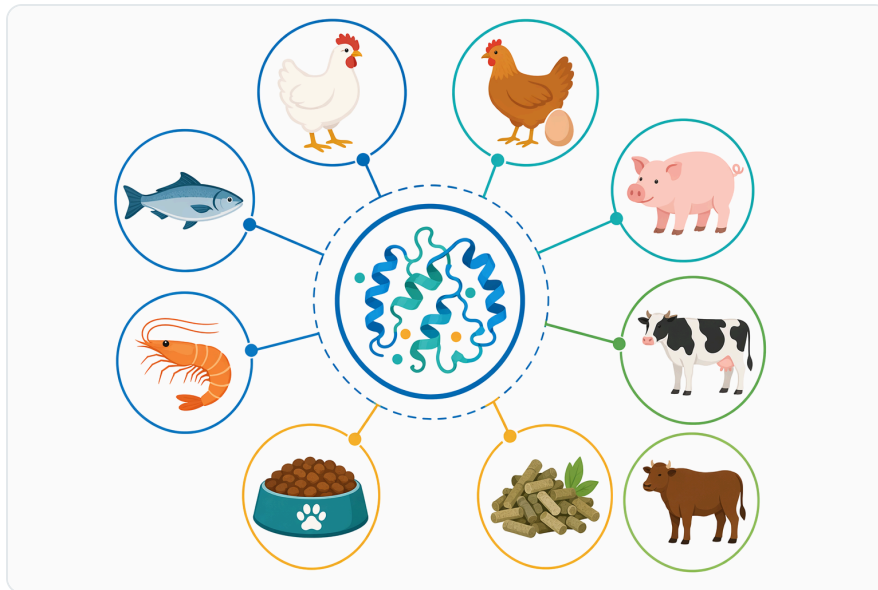


Figure 5. 當穀物副產物、麩皮、外殼或酒糟為豬隻日糧提供會限制營養素取得的細胞壁纖維時，纖維素酶最具相關性。

與微生物添加物、發酵飼料和永續飼料策略的連結

纖維素酶與微生物技術的結合，是近年飼料生物技術的重要趨勢。Bacillus、Lactobacillus、真菌共培養與固態發酵等策略，都旨在把低價或高纖副產物轉化為更有價值的飼料材料。固態發酵以廢棄物生產纖維素酶的綜述顯示，農業副產物不僅可作為飼料原料，也可成為酵素生產與生物轉化的底物^[5]。這種循環思維與飼料成本控制、農業廢棄物減量和低碳供應鏈目標相互呼應。

對發酵飼料而言，纖維素酶釋放糖分後，可提高乳酸菌或其他有益菌的發酵底物供應；而微生物發酵又可能產生有機酸、酵素、胜肽或改善風味，提高飼料穩定性與適口性。油籽餅粕以 *Bacillus subtilis* 發酵並用於仔豬營養的研究，便呈現出酵素生成、益生菌活性與營養改善之間的整合思路^[10]。纖維素酶粉末可被視為這類整合策略中的一個功能元件，而非孤立添加物。

永續面向上，纖維素酶支持的不是單一「減碳效果」宣稱，而是更具體的資源效率：提高副產物可用性、降低部分原料浪費、改善青貯保存、提升粗飼料利用潛力。若這些改善能在場域中轉化為更佳飼料效率或更低原料替代成本，才會進一步產生商業與環境效益。

使用情境與配方判讀：哪些條件下較可能看見價值？

纖維素酶較可能有價值的第一類條件，是日糧中存在明確纖維屏障。例如副產物比例高、粗纖維或中性洗滌纖維較高、原料粒徑與結構導致營養被包埋，或青貯底物可溶性糖不足。這些情況下，纖維素酶的作用點與配方瓶頸較一致，技術邏輯較清楚。若日糧已高度精製、纖維含量低且主要限制是胺基酸或礦物質，纖維素酶的邊際效益通常較難凸顯。

第二類條件，是有足夠水分與接觸機會的處理流程。酵素水解需要底物、水分與時間；在青貯、濕式預處理或發酵飼料中，這些條件通常較充分。乾粉直接混入乾燥成品飼料時，酵素仍可能在動物攝食後遇水作用，但接觸時間、pH 與消化道流速會更受限制。這並不代表乾拌無效，而是其結果更依賴動物種類與配方基質。

第三類條件，是與其他酵素或微生物搭配。纖維素酶針對纖維素，木聚醣酶針對半纖維素， β -葡聚醣酶針對特定 β -葡聚醣，植酸酶針對植酸磷；不同酵素處理不同限制因子。當原料細胞壁是多醣複合結構時，多酵素策略往往比單一酵素更符合基質現實。纖維素酶與木聚醣酶的協同已是生物技術文獻中的重要主題，也能解釋為何許多飼料應用不會只依賴單一纖維素酶^[8]。

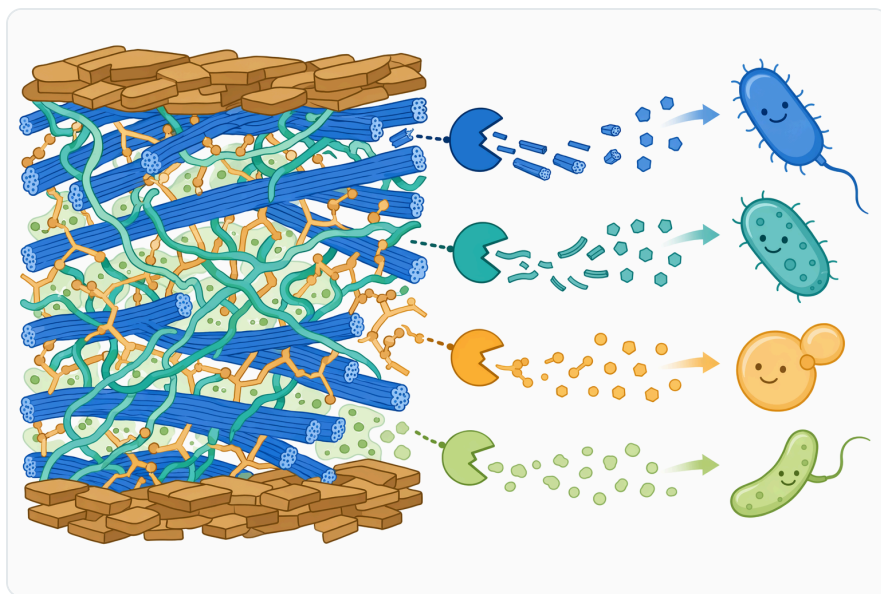


Figure 6. 由於植物細胞壁含有多種相互作用的聚合物，纖維素酶通常會與其他酵素或發酵微生物共同作用。

Enzymes.bio 供應資訊與文件

Enzymes.bio 提供 Cellulase Enzyme Powder for Animal Feed Additives 作為飼料應用相關的酵素粉末供應品項。產品以 1 kg 單位在線上直接銷售，適合需要固定包裝單位進行配方評估、飼料加工應用或內部技術導入的 B2B 使用者。訂單會隨附 CoA 與 SDS，以協助客戶進行收貨文件管理、安全處置與內部品質紀錄。

需要明確說明的是，Enzymes.bio 不是製造商，也不是實驗室；因此，本文不以製造端口吻描述生產菌株、製程參數、活性單位、分析方法或單位定義。客戶在實務導入時，應依自身配方、加工流程、動物種類與目標指標進行內部判讀，並將產品文件與場域條件一起納入評估。

結論：纖維素酶粉末的合理期待

Cellulase Enzyme Powder for Animal Feed Additives 的核心價值，是協助分解植物性飼料中的纖維素與細胞壁結構，提高高纖原料、農業副產物、粗飼料與青貯材料的營養可及性。其作用機制具有清楚的生化基礎：透過纖維素酶系統的協同水解，降低細胞壁屏障，釋放可發酵糖並改善其他營養素被消化或發酵利用的機會。

從證據強度來看，纖維素酶在纖維水解、植物生物質轉化、青貯與預處理中的機制支持較強；在直接改善所有動物生產表現方面，證據則較受配方、物種、加工與管理條件影響。最務實的定位，是把纖維素酶視為高纖配方、青貯發酵、副產物增值與多酵素策略中的功能性工具，而不是單獨保證料肉比、增重、產乳或產蛋表現的添加物。

對需要處理植物性纖維、提高副產物利用或改善粗飼料發酵潛力的飼料企業而言，纖維素酶粉末提供了一個具科學基礎的配方與加工選項。Enzymes.bio 以 1 kg 單位供應此產品，並於訂單隨附 CoA 與 SDS；其實際價值應放在具體原料、加工條件與動物營養目標中判讀。

線上訂購 Cellulase Enzyme Powder 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 Cellulase Enzyme Powder 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. Sureshkumar, S., Song, J., Sampath, V., & Kim, I. (2023). Exogenous Enzymes as Zootechnical Additives in Monogastric Animal Feed: A Review. *Agriculture*.
2. Mittermeier, F., Fischer, F., Hauke, S., Hirschmann, P., & Weuster-Botz, D. (2024). Valorization of Wheat Bran by Co-Cultivation of Fungi with Integrated Hydrolysis to Provide Sugars and Animal Feed. *BioTech*, 13.
3. 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.
4. Tan, H., Yao, J., Chen, X., Degen, A., Wang, W., Dong, Y., Guo, W., ... et al. (2024). Linkages between rumen microbiome, host, and environment in yaks, and their implications for understanding animal production and management. *Frontiers in Microbiology*, 15.

5. Maftukhah, S. (2019). Cellulase Enzyme Production Using Solid State Fermentation Method From Waste – A Review. *UNISTEK*.
6. Zhang, Z., Xing, J., Li, X., Lu, X., Liu, G., Qu, Y., & Zhao, J. (2024). Review of research progress on the production of cellulase from filamentous fungi. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134539 .
7. Battisti, J. A., Rocha, G. B., Rasbold, L. M., Delai, V. M., Costa, M. S. S. M., Kadowaki, M. K., Conceição Silva, J. L., ... et al. (2024). Purification, biochemical characterization, and biotechnological applications of a multifunctional enzyme from the *Thermoascus aurantiacus* PI3S3 strain. *Scientific Reports*, 14.
8. Bajaj, P., & Mahajan, R. (2019). Cellulase and xylanase synergism in industrial biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 8711 - 8724.
9. Moretti, A., Brizuela, N., Bravo-Ferrada, B., Tymczyszyn, E. E., & Golowczyc, M. (2023). Current Applications and Future Trends of Dehydrated Lactic Acid Bacteria for Incorporation in Animal Feed Products. *Fermentation*.
10. Dumitru, M., Rambu, D., Ciurescu, G., Cornescu, G., & Panaite, T. (2025). Enhanced Enzyme Production and Probiotic Viability in Oilseed Cakes Fermented with *Bacillus subtilis* for Piglet Nutrition. *Fermentation*.
11. Lopes, M., Coutinho, T. C., Malafatti, J., Paris, E., Sousa, C. P., & Farinas, C. (2021). Immobilization of phytase on zeolite modified with iron(II) for use in the animal feed and food industry sectors. *Process Biochemistry*, 100, 260-271.
12. 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.
13. Changxing, L., Chenling, M., Alagawany, M., Jianhua, L., Dongfang, D., Gaichao, W., Wenyin, Z., ... et al. (2018). Health benefits and potential applications of anthocyanins in poultry feed industry. *Worlds Poultry Science Journal*, 74, 251 - 264.
14. Li, F., Yingjie, X., Gao, X., Mingxu, S., Sun, C., Niu, Y. D., & Shan, A. (2020). Screening of cellulose degradation bacteria from Min pigs and optimization of its cellulase production. *Electronic Journal of Biotechnology*, 48, 29-35.
15. Phichitchaiphan, S., Intra, B., Khunrae, P., & Euanorasetr, J. (2024). CHARACTERIZATION OF CRUDE THERMOSTABLE CELLULASE FROM *GEOBACILLUS KAUSTOPHILUS* STRAIN SBKS0103 AND ITS APPLICATION AS AN ANIMAL FEED ADDITIVE. *Suranaree Journal of Science and Technology*.


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。