

# 葡萄糖氧化酶 ( Glucose Oxidase ) 飼料添加物：用於動物腸道微環境與非抗生素型配方支持

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

葡萄糖氧化酶 ( Glucose Oxidase, GOx / GOD ) 是一種氧化還原酶，可在氧氣存在下催化  $\beta$ -D-葡萄糖氧化，產生葡萄糖酸相關產物與過氧化氫；在動物飼料添加應用中，其價值主要來自「耗氧、酸化與低量氧化壓力調節」這三個可解釋機制。

作為飼料用功能性酵素，Glucose Oxidase Enzyme For Animal Feed Additives 常被納入家禽、豬隻與其他動物營養方案，用於支持腸道微生態、抗氧化狀態與抗生素減量背景下的配方設計。

Enzymes.bio 在此產品中是供應商，不是製造商或實驗室；產品以 1 kg 單位在線上銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，以利使用者保存內部文件與安全資訊。

## 產品定位：飼料用葡萄糖氧化酶不是傳統消化酵素

Glucose Oxidase Enzyme For Animal Feed Additives 是供動物飼料添加應用的葡萄糖氧化酶產品。與木聚醣酶、植酸酶、蛋白酶等「分解飼料基質、釋放營養」的消化型酵素不同，GOx 的核心功能是催化葡萄糖與氧氣的氧化反應，進而改變局部氧氣、酸度與氧化還原條件，因此更適合被理解為一種「腸道微環境調節型酵素」<sup>[1]</sup>。

葡萄糖氧化酶在產業上常見於真菌來源酵素系統，文獻中長期討論其在葡萄糖酸生產、食品加工、生物感測與抗微生物應用中的角色；這些領域雖然與飼料用途不同，但共同基礎都是 GOx 對葡萄糖氧化反應的高度專一性與可預測產物<sup>[1]</sup>。Enzymes.bio 產品頁將此商品定位為動物飼料添加物相關用途，並提供線上 1 kg 包裝購買資訊，而非以製造商或檢測實驗室身分提供客製化開發服務。

在飼料產業語境中，GOx 的討論通常與「非抗生素型添加物」、「腸道健康」、「微生物平衡」、「抗氧化能力」與「動物生長表現支持」相連。這些效果不應被寫成疾病治療或保證性能改善，而應視為配方策略中的支持性功能，特別是在斷奶仔豬、肉雞腸道壓力或病原挑戰模型中，研究較常觀察其對腸道屏障、發炎指標、菌相或抗氧化指標的影響<sup>[2]</sup>。

## 作用機制：葡萄糖、氧氣、葡萄糖酸與過氧化氫之間的關係

葡萄糖氧化酶的基本反應可簡化為：葡萄糖與氧氣在 GOx 催化下形成葡萄糖酸相關產物，同時生成過氧化氫。更精確地說，GOx 通常催化  $\beta$ -D-葡萄糖氧化成 D-葡萄糖酸- $\delta$ -內酯，該內酯再水解形成葡萄糖酸；氧氣則作為電子受體並轉化為  $H_2O_2$  [1]。

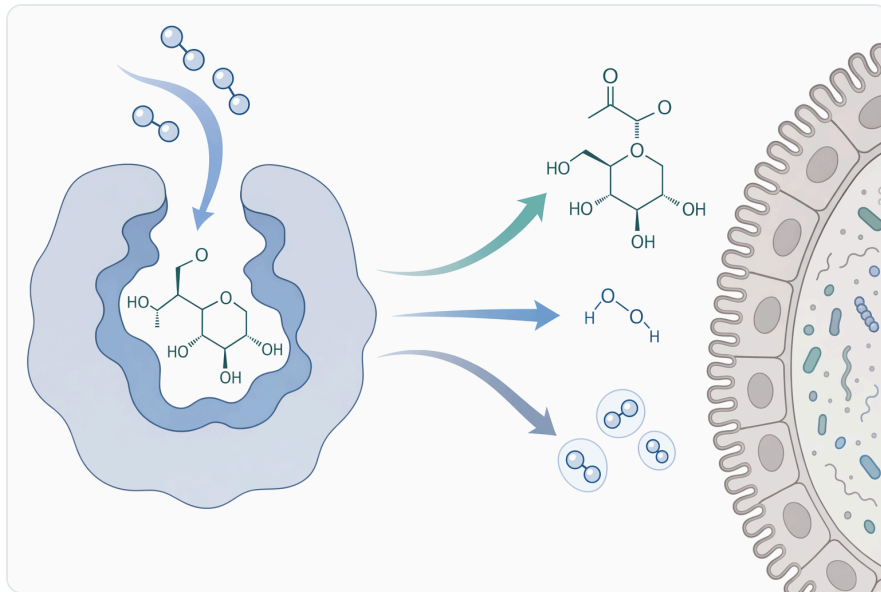


Figure 1. 葡萄糖氧化酶會催化  $\beta$ -D-葡萄糖與氧氣轉化為葡萄糖酸和過氧化氫。

這個反應在飼料與腸道中形成三個相互連結的結果。第一，GOx 會消耗局部氧氣，可能降低部分需氧菌或兼性厭氧菌在特定微環境中的競爭優勢；第二，生成的葡萄糖酸可參與局部酸化，使環境較不利於某些酸敏感不利菌；第三，低量  $H_2O_2$  具有氧化性，可能對部分微生物形成壓力，但其實際影響會受到水分、pH、飼料基質、腸道內容物與還原性物質共同調節 [3]。

GOx 的效果並非單一「殺菌」作用，而是多因素共同造成的微環境改變。若飼料或腸道內容物中可利用葡萄糖不足、氧氣擴散受限、加工熱歷程過強，或配方中存在大量可消耗  $H_2O_2$  的還原性成分，其反應程度都可能受到影響；因此在動物營養中，GOx 的合理定位是輔助腸道穩定，而不是取代整體衛生、原料品質與飼養管理 [2]。

### GOx 在腸道微環境中的三個主要功能軸

功能軸	直接反應基礎	對飼料與腸道的可能意義	應保守理解的邊界
耗氧	反應消耗分子氧	改變局部氧氣條件，可能影響需氧與兼性厭氧微生物競爭	不等於全面建立厭氧環境，效果受含水量與氧氣擴散影響

功能軸	直接反應基礎	對飼料與腸道的可能意義	應保守理解的邊界
產酸	葡萄糖酸相關產物形成	有助於局部酸化，配合有機酸或益生菌策略時具概念相容性	不應直接等同於強酸化劑，pH 變化取決於緩衝能力
低量氧化壓力	產生 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	可能對部分不利微生物形成氧化壓力，並參與微生態調節	不應宣稱為消毒劑或治療性抗菌產品

## 家禽應用：肉雞腸道挑戰模型中的證據

在肉雞研究中，葡萄糖氧化酶特別常被放在腸道壓力或病原挑戰情境下觀察。例如針對 AA 肉雞接受 *Clostridium perfringens* 挑戰的研究指出，日糧中添加 GOx 與生長表現、腸道健康及相關指標改善有關；這類模型的意義在於模擬壞死性腸炎相關壓力，而不是把 GOx 定義成治療藥物 [2]。

從機制上看，*C. perfringens* 等腸道不利菌增殖常與腸道屏障受損、未消化營養物增加、局部發炎與菌相失衡相互影響。GOx 透過耗氧、葡萄糖酸生成與 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 形成，可能降低某些不利菌生態位，並間接支持絨毛結構、緊密連結或發炎反應的穩定；但這些結果通常需要與日糧蛋白質、非澱粉多醣含量、球蟲壓力、墊料狀態與飼養密度一起判讀 [2]。

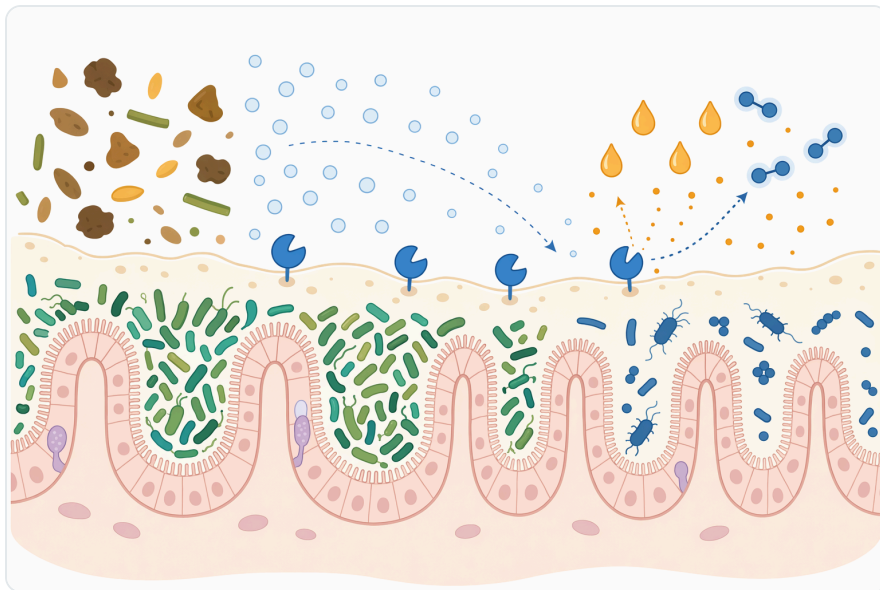


Figure 2. 此酶在腸道中的作用結合了耗氧、有機酸生成，以及可控的氧化性抗菌壓力。

對家禽配方而言，GOx 的實務價值不在於替代所有腸道健康添加物，而是可被納入多模組方案。例如在抗生素生長促進劑受限的市場中，配方常同時考慮有機酸、益生菌、酵素、植物萃取物與礦物質營養；GOx 的特色是反應機制清楚，且與腸道氧化還原環境直接相關 [4]。

## 豬隻應用：斷奶仔豬與 ETEC 挑戰下的腸道支持

斷奶仔豬是 GOx 飼料應用研究中另一個重要場景。斷奶會帶來採食下降、腸道絨毛變短、屏障功能不穩、氧化壓力上升與病原性大腸桿菌風險增加，因此任何可支持腸道微環境穩定的添加物，都會受到動物營養團隊關注 [3]。

在 enterotoxigenic *Escherichia coli* ( ETEC ) 挑戰仔豬研究中，日糧添加葡萄糖氧化酶與生長表現、臨床症狀、血清參數及腸道健康改善相關。這類研究支持 GOx 在斷奶壓力下的應用潛力，尤其是其對腸道屏障與發炎壓力的間接調節；但研究結果仍應依品種、日齡、挑戰強度、基礎日糧與飼養環境來解讀 [3]。

另有斷奶仔豬研究將植物萃取物、益生菌與加入 GOx 的複合策略進行評估，結果顯示抗氧化能力提升，並與肝臟及空腸 Nrf2/Keap1 訊號路徑上調有關。Nrf2/Keap1 是細胞抗氧化防禦的重要調控軸，這提示 GOx 可能不只透過微生物壓力調節，也可能間接影響宿主抗氧化反應，但此類效果多來自複方情境，不能簡化成 GOx 單一成分的普遍保證 [5]。



Figure 3. 動物研究顯示，在挑戰條件下補充葡萄糖氧化酶，與抗氧化、腸道屏障、免疫及微生物群相關反應有關。

## 與益生菌、有機酸與植物萃取物的配方相容性

GOx 與益生菌、有機酸、植物萃取物等腸道健康工具在概念上具有相容性。原因在於 GOx 產生的葡萄糖酸與氧氣消耗，可能有利於建立較適合乳酸菌等有益菌群競爭的局部條件；同時，有機酸則可補強 pH 管理，而植物萃取物常被用於調節發炎或氧化壓力 [4]。

不過，配方相容性不代表效果必然加成。若配方中已含有強酸化劑、氧化還原活性成分或其他會影響 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 穩定性的物質，GOx 反應產物的實際濃度與作用時間可能改變；若飼料經過高溫製粒或長時間儲存，酵素蛋白也可能受到加工與環境條件影響。這些都使 GOx 更適合被視為「可整合的功能模組」，而不是獨立承擔所有腸道健康功能的單一方案 [6]。

在動物營養實務中，GOx 的可解釋性是其優點。相較於某些僅以經驗描述的添加物，GOx 具有明確底物、產物與反應條件；配方人員可以從葡萄糖可用性、氧氣、水分、pH 與熱穩定性角度理解其表現，而不是只依賴籠統的「促進健康」說法 [1]。

## 與其他飼料添加策略的比較

類別	主要目標	典型作用方式	與 GOx 的差異	配方上常見定位
葡萄糖氧化酶 GOx	調節腸道微環境	消耗氧氣、生成葡萄糖酸與 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	不是直接供應營養，也不是典型消化酵素	腸道微生態與抗氧化壓力支持
有機酸 / 酸化劑	降低 pH、抑制酸敏感菌	直接提供酸或酸鹽	酸化效果較直接，GOx 則需底物與氧氣反應	原料與腸道酸度管理
益生菌	支持有益菌群	活菌競爭、代謝物、免疫調節	GOx 不是活菌，但可改變有利於菌相穩定的環境	微生態管理
植酸酶、木聚醣酶等消化酵素	提升營養利用率	分解植酸、非澱粉多醣或其他基質	GOx 的主要價值不是釋放磷或能量	營養釋放與糞污營養排放管理
黴菌毒素吸附 / 轉化策略	降低毒素暴露風險	吸附、酵素轉化或生物降解	GOx 的氧化性具理論關聯，但不應單獨視為完整毒素管控	原料風險管理輔助

這個比較可幫助釐清 GOx 在飼料添加物中的位置：它既不是益生菌，也不是有機酸，更不是傳統營養釋放酵素。其最大特色是透過一個清楚的氧化反應，同時帶來耗氧、產酸與氧化性副產物，因此在腸道壓力管理與非抗生素型配方中具有差異化價值 [3]。

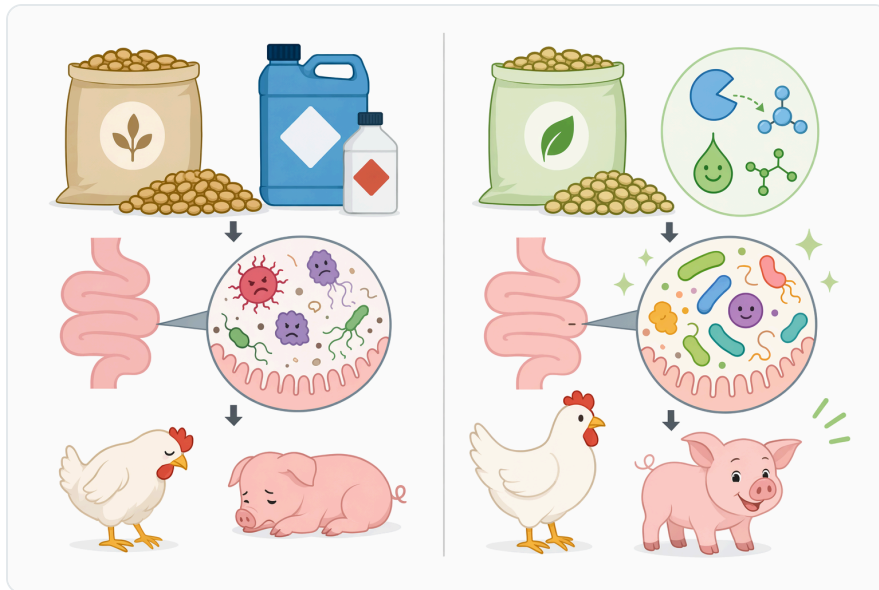


Figure 4. 葡萄糖氧化酶不同於酸化劑、益生菌、益生元及毒素控制工具，因為其作用是由葡萄糖與氧氣經酶促反應產生。

## 關於黴菌毒素與氧化反應的保守解讀

有些產品或應用資料會提到 GOx 產生的  $H_2O_2$  可能對某些飼料中不利物質造成氧化影響，這在化學邏輯上可以理解，因為  $H_2O_2$  是具氧化性的反應產物。然而，在飼料安全管理中，黴菌毒素尤其是黃麴毒素、伏馬毒素、嘔吐毒素等，通常需要依靠原料監測、儲存管理、吸附劑或特定生物轉化策略共同處理，不能僅以 GOx 的氧化性概括為完整解決方案 [7]。

若談到黃麴毒素風險，更專業的說法是：GOx 反應具備產生氧化性物質的基礎，但特定毒素降解效果必須依實際基質、含水量、反應時間、pH、溫度及驗證資料而定。對 B2B 飼料團隊而言，把 GOx 定位為腸道微環境與氧化還原調節工具，會比把它描述成單獨的黴菌毒素處理方案更準確 [8]。

這種保守表述也符合飼料添加物市場的合規方向。近年針對功能性飼料添加物的授權與科學證據要求，越來越重視安全性、功效證據、適用物種與宣稱邊界；因此，GOx 的文件應聚焦於已知酵素反應、動物研究與合理機制，而不是延伸成未經充分證實的治療或去毒宣稱 [8]。

## 加工、儲存與使用情境中的關鍵變因

GOx 是蛋白質型酵素，功能會受到溫度、pH、水分、氧氣與底物可用性影響。文獻中對 GOx 熱穩定性的改良有持續研究，例如透過計算設計改善 *Aspergillus niger* 來源 GOx 的耐熱性，這本身也說明熱穩定性是工業應用中需要被重視的特性 [6]。



**Figure 5.** 肉雞挑戰試驗通常會比較基礎日糧與霉玉米日糧在添加或未添加葡萄糖氧化酶時的差異，以評估依壓力而變化的反應。

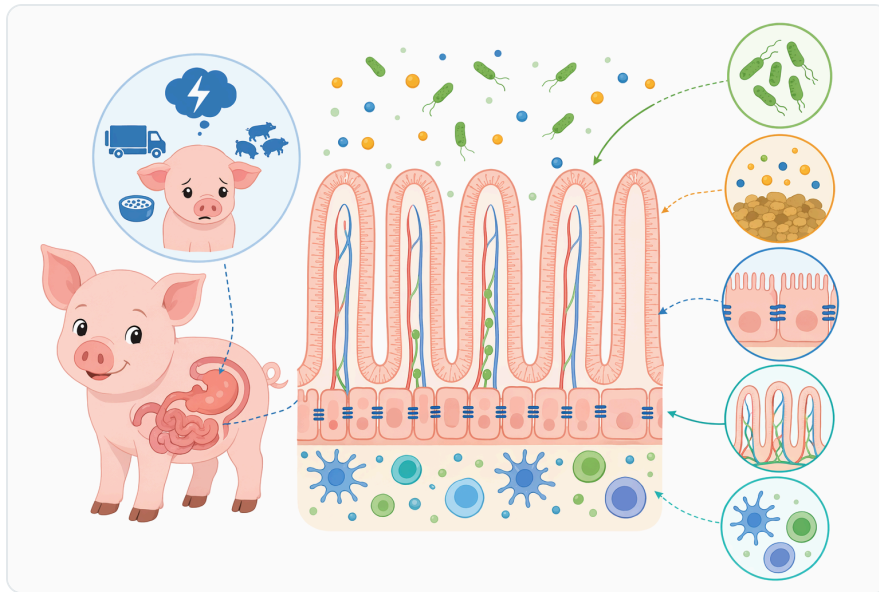
在飼料加工上，若製程包含高溫製粒、長時間混合、潮濕儲存或與強氧化 / 強還原性成分共存，酵素活性保留與反應表現可能受到影響。這不代表 GOx 不適合飼料應用，而是提醒使用者應將其視為對加工條件敏感的功能性蛋白，並把飼料型態、添加階段與儲存環境納入內部配方管理 [6]。

Enzymes.bio 產品頁提供此項商品的線上購買與基本產品資訊，並說明 CoA 與 SDS 會隨訂單提供。這些文件可協助使用者進行批次留存、安全管理與內部作業紀錄；但 Enzymes.bio 並非製造商或檢測實驗室，因此本文件也不以製造規格、實驗方法或活性單位定義方式呈現。

## 安全與合規表述：避免把飼料酵素寫成藥品

在動物飼料文件中，GOx 應被描述為功能性飼料添加物，而不是抗生素、藥物或疾病治療方案。其科學基礎在於酵素反應與腸道微環境調節；即使動物試驗觀察到生長表現、腸道健康或抗氧化指標改善，也應以「支持」、「有助於」、「與改善相關」等語氣表述，避免保證療效或特定疾病控制效果 [2]。

對於抗生素減量背景，GOx 可作為配方工具之一，但不應被稱為抗生素的直接替代品。抗生素、疫苗、衛生管理、飼養密度、原料品質、益生菌、有機酸與其他添加物各自有不同角色；GOx 的定位是藉由耗氧、產酸與  $H_2O_2$  生成，協助塑造較穩定的腸道微生態條件 [3]。



**Figure 6.** 仔豬研究評估葡萄糖氧化酶在斷奶後腸道挑戰與產腸毒素性大腸桿菌挑戰模型中的營養支持作用。

若使用於不同市場，還需留意當地飼料添加物法規、標示規範與允許宣稱。科學證據越具體，越需要在物種、日齡、挑戰條件與配方背景中說明，不宜把單一肉雞或仔豬研究結果直接外推到所有家禽、反芻動物、寵物食品或水產飼料 [8]。

## 對 B2B 飼料與動物營養團隊的實務價值

對飼料品牌、動物營養配方、寵物食品與功能性添加物團隊而言，Glucose Oxidase Enzyme For Animal Feed Additives 的主要價值在於提供一個機制明確、可整合進非抗生素策略的酵素工具。它不靠提供高濃度營養素發揮作用，而是透過葡萄糖氧化反應改變腸道局部環境，協助微生態與氧化壓力管理 [1]。

在家禽與豬隻研究中，GOx 與腸道健康、病原挑戰下的生長表現、血清或腸道指標改善有關，尤其在 *C. perfringens* 挑戰肉雞與 ETEC 挑戰仔豬模型中具應用參考價值。這些研究不代表所有商業場域都會得到相同結果，但提供了配方開發與內部評估的生物學依據 [2]。

從採購與供應角度看，Enzymes.bio 提供的是 1 kg 單位的線上銷售商品，適合需要直接購買既有商品規格的使用者；CoA 與 SDS 隨訂單提供，可支援企業內部文件管理與安全作業需求。本文不將 Enzymes.bio 描述為製造端或檢測端，也不提供活性單位、檢測方法或客製化製程資訊。



Figure 7. 當動物因穀物品質不穩、霉菌暴露、斷奶、生產壓力、溫度壓力或減抗方案而面臨腸道壓力時，葡萄糖氧化酶最具相關性。

## 結論：GOx 的核心價值在於可解釋的腸道微環境調節

葡萄糖氧化酶作為動物飼料添加物，其最可靠的科學基礎是明確的酵素反應：消耗葡萄糖與氧氣，生成葡萄糖酸相關產物與過氧化氫。這套反應使 GOx 可在飼料與腸道情境中扮演微環境調節角色，並與腸道菌相穩定、酸化條件、氧化壓力與非抗生素型配方策略產生關聯 [1]。

現有家禽與豬隻研究支持 GOx 在腸道挑戰與斷奶壓力下的應用潛力，但其效果仍受物種、日齡、基礎日糧、加工條件與飼養環境影響。較負責任的定位，是把 GOx 視為整體腸道健康與抗生素減量方案中的功能性模組，而不是單一解決所有病原、毒素或生產性能問題的添加物 [3]。

對需要科學化、可解釋且便於整合的飼料添加工具的 B2B 使用者而言，Glucose Oxidase Enzyme For Animal Feed Additives 提供了清楚的反應邏輯與動物研究基礎。透過合宜的配方定位與保守宣稱，它可成為家禽、豬隻與其他動物營養策略中值得評估的酵素型腸道支持選項。

### 線上訂購 Glucose Oxidase Enzyme 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 Glucose Oxidase Enzyme 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. Kornecki, J. F., Carballares, D., Tardioli, P., Rodrigues, R., Berenguer-Murcia, Á., Alcántara, A., & Fernández-Lafuente, R. (2020). Enzyme production of d-gluconic acid and glucose oxidase: successful tales of cascade reactions. *Catalysis Science & Technology*, 10, 5740-5771.
2. Zhao, Y., Fu, J., Li, P., Chen, N., Liu, Y., Liu, D., & Guo, Y. (2021). Effects of dietary glucose oxidase on growth performance and intestinal health of AA broilers challenged by Clostridium perfringens. *Poultry Science*, 101.
3. Wang, W., Xie, R., Cao, Q., Ye, H., Zhang, C., Dong, Z., Feng, D., ... et al. (2022). Effects of glucose oxidase on growth performance, clinical symptoms, serum parameters, and intestinal health in piglets challenged by enterotoxigenic Escherichia coli. *Frontiers in Microbiology*, 13.
4. Muzaffar, K., Jan, R., Bhat, N. A., Gani, A., & Shagoo, M. A. (2021). Commercially Available Probiotics and Prebiotics Used in Human and Animal Nutrition. *Advances in Probiotics*.
5. Zhang, J., Liu, Y., Yang, Z., Yang, W., Huang, L., Xu, C., Liu, M., ... et al. (2020). Non Ruminant Nutrition Illicium verum extracts and probiotics with added glucose oxidase promote antioxidant capacity through upregulating hepatic and jejunal Nrf2/Keap1 of weaned piglets.
6. Mu, Q., Cui, Y., Tian, Y., Hu, M., Tao, Y., & Wu, B. (2019). Thermostability improvement of the glucose oxidase from Aspergillus niger for efficient gluconic acid production via computational design. *International Journal of Biological Macromolecules*.
7. Wallace, R., Chesson, A., Gropp, J., Glandorf, B., Herman, L., & Tebbe, C. (2014). Scientific Opinion on the safety and efficacy of fumonisin esterase (FUMzyme®) as a technological feed additive for pigs 1 EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP) 2,3.
8. Tricarico, J., Garcia, F., Bannink, A., Lee, S., Miguel, M., Newbold, J. R., Rosenstein, P. K., ... et al. (2025). Feed additives for methane mitigation: Regulatory frameworks and scientific evidence requirements for the authorization of feed additives to mitigate ruminant methane emissions. *Journal of Dairy Science*, 108 1, 395-410.


### 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](mailto: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