

Glucose Oxidase (葡萄糖氧化酵素，GOx)：主要應用於去氧保鮮、烘焙改質、葡萄糖生物感測與葡萄糖反應型配方

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

Glucose oxidase (葡萄糖氧化酵素，常縮寫為 GOx 或 GOD) 是一種含 FAD 的氧化還原酵素，主要催化 β -D-葡萄糖與氧反應，生成葡萄糖酸內酯 / 葡萄糖酸與過氧化氫；因此它同時具備「消耗氧氣」與「產生 H_2O_2 」兩種工藝功能。GOx 在食品加工、包裝去氧、烘焙麵糰強化、紙基或電化學 glucose oxidase-test、生物感測器，以及部分醫材與藥物遞送研究中都有廣泛文獻基礎 [1]。Enzymes.bio 以 1 kg 單位線上供應 glucose oxidase enzyme；CoA 與 SDS 會隨訂單提供，本文作為企業使用者的技術閱讀資料，不取代客戶端配方驗證、法規審查或產品安全評估。

什麼是 Glucose Oxidase (GOx / 葡萄糖氧化酵素)

Glucose oxidase 中文常譯為「葡萄糖氧化酵素」或「葡萄糖氧化酶」。它屬於氧化還原酵素，常見工業與研究來源包含真菌系統，尤其是 *Aspergillus* 與 *Penicillium* 相關來源；微生物生產、重組表達與應用開發長期是 GOx 研究的重要主題 [2]。

GOx 的核心功能可用一句話表示：以分子氧作為電子受體，將 β -D-葡萄糖氧化，並生成過氧化氫。這使 glucose oxidase reaction 在兩類場景特別有價值：第一，透過消耗氧氣降低氧化壓力；第二，透過可控生成 H_2O_2 建立抗菌、交聯或訊號放大的化學環境 [1]。

從 glucose oxidase structure 來看，典型真菌 GOx 為含黃素腺嘌呤二核苷酸 (FAD) 的糖蛋白，常以二聚體形式發揮功能；文獻常描述其 glucose oxidase molecular weight / glucose oxidase mw 約落在二聚體約 150–180 kDa、單體約 70–80 kDa 的範圍，實際大小會受來源、醣基化程度與製備形式影響 [1]。因此，搜尋 glucose oxidase size 時常見的差異，通常不是互相矛盾，而是由「單體或二聚體」、「脫醣或醣蛋白」、「來源菌株與製備條件」不同造成。

GOx 的反應機制：為什麼它能去氧、產酸並產生 H₂O₂

GOx 的催化循環可分為還原半反應與氧化半反應。第一步，β-D-葡萄糖進入活性位點後被氧化為 D-葡萄糖酸內酯，酵素中的 FAD 同時被還原；第二步，還原態 FAD 將電子轉移給分子氧，FAD 回到氧化態，氧則被還原形成過氧化氫 [1]。

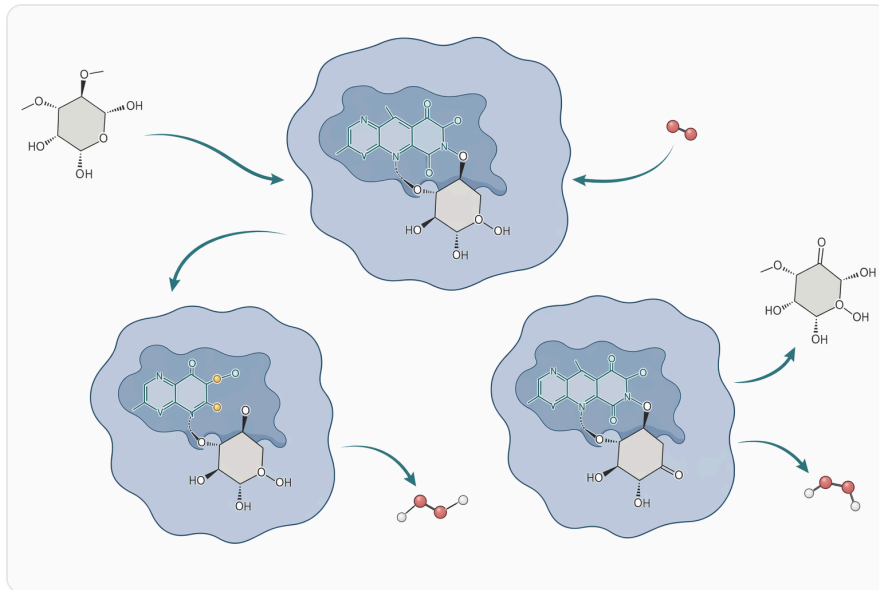


Figure 1. 葡萄糖氧化酶以氧氣將 β-D-葡萄糖氧化，生成葡萄糖酸內酯和過氧化氫。

整體反應可簡化表示為： $\beta\text{-D-glucose} + \text{O}_2 \rightarrow \text{D-glucono-}\delta\text{-lactone} + \text{H}_2\text{O}_2$ ；葡萄糖酸內酯在水相中可進一步水解為葡萄糖酸，使局部 pH 與酸度可能發生變化。這也是 GOx 在食品、飼料、感測與生醫材料中都必須被精準設計的原因：同一個 glucose oxidase function 可能同時帶來去氧、抗菌、酸化與氧化壓力四種結果 [3]。

GOx 對葡萄糖的選擇性，是它成為葡萄糖感測器基礎酵素的關鍵。許多電化學 glucose oxidase-test 不是直接「看見」葡萄糖本身，而是量測氧消耗、H₂O₂ 生成，或以電子媒介物將酵素反應轉換成可讀取的電流訊號 [4]。

主要應用一：食品與飲品的去氧、保鮮與抗氧化設計

在食品加工中，氧氣會促進脂質氧化、色素褪色、風味劣化與部分營養素損失。GOx 透過消耗溶解氧，可作為配方或包裝前處理中的生物去氧工具；若系統中存在葡萄糖與足夠水分，反應可降低可利用氧，進而減少氧化反應鏈被啟動的機會 [5]。

這種應用的優勢在於 GOx 不只是物理吸氧材料，而是以酵素反應持續消耗氧氣；然而它也不是「越多越好」。H₂O₂ 的生成若未被配方系統承受或分解，可能造成風味、色澤或敏感成分的氧化，因此食品體系常需要同步考慮葡萄糖含量、溶氧、pH、溫度、接觸時間與是否需要 H₂O₂ 控制策略 [1]。



Figure 2. 工業用葡萄糖氧化酶流程結合受控添加與曝氣，用於在食品與診斷應用中產生除氧或氧化效果。

在蜂蜜、乳製品、蛋製品、果汁或植物性飲品等含糖或可補充葡萄糖的系統中，GOx 的潛在價值通常不是單一「防腐劑替代」，而是納入整體氧化管理。相關文獻也指出，GOx 所生成的 H₂O₂ 是蜂蜜抗菌活性的一部分來源，顯示此反應系統在天然食品基質中具有生物學意義 [6]。

主要應用二：烘焙與麵糰結構改善

在烘焙應用中，glucose oxidase enzyme 常被討論為麵糰強化酵素。其關鍵不是直接補充麵筋，而是透過 H₂O₂ 促進麵筋蛋白與其他麵糰高分子之間的氧化交聯，使麵糰在攪拌、發酵與成形過程中更能維持結構 [5]。

這種機制可改善麵糰的黏彈性、耐攪拌性、持氣能力與成品體積穩定性。對工業烘焙而言，GOx 的價值在於協助製程對麵粉批次差異、機械應力與冷凍 / 解凍條件更有韌性；但若 H₂O₂ 生成過度，也可能使麵糰過度緊實、延展性下降或影響口感，因此實際使用需要以目標麵製品的質地設計為核心 [1]。

GOx 與其他烘焙酵素的差異也在於，它是以氧化還原環境改變麵糰網絡，而非像澱粉酶主要改變澱粉水解、木聚糖酶改變阿拉伯木聚糖行為。這使它常被定位為「結構調節型」酵素，而非單純的糖化或風味生成酵素 [5]。

主要應用三：葡萄糖感測、glucose oxidase peroxidase 與診斷背景

GOx 是葡萄糖生物感測器的經典核心酵素。早期與現代電化學葡萄糖感測器常利用 GOx 對葡萄糖的專一反應，再把 H_2O_2 生成、氧消耗或電子轉移訊號轉為電流；例如 GOx 固定於導電聚合物膜的安培式感測器，可用於葡萄糖測定研究 [4]。



Figure 3. 葡萄糖氧化酶可用於烘焙、除氧、雞蛋脫糖、抗微生物系統、生物感測器，以及特定發酵製程。

在比色系統中，glucose oxidase peroxidase (常稱 GOD-POD) 概念則利用 GOx 先生成 H_2O_2 ，再由過氧化物酶或類過氧化物酶材料催化顯色反應。近年紙基比色葡萄糖感測器也採用普魯士藍奈米粒子作為類過氧化物酶，以降低儀器依賴並提高現場檢測便利性 [7]。

需要注意的是，本文不是 glucose oxidase method 的操作規程，也不提供檢測方法、試劑組成或活性定義。對企業使用者而言，感測領域的意義在於說明 GOx 的反應選擇性、固定化穩定性與訊號轉換技術已被長期驗證；若用於醫療、診斷或穿戴式監測，仍須依當地醫材法規與品質系統另行評估 [8]。

主要應用四：固定化 GOx 與連續反應系統

游離 GOx 在水相中反應快速，但也可能受到溫度、pH、 H_2O_2 累積與操作剪切影響。固定化技術把 GOx 結合於載體、薄膜、微膠囊或奈米材料上，可提高重複使用性、局部穩定性與製程控制能力，是葡萄糖感測與工業反應器研究中常見策略 [9]。

不同載體會改變酵素周圍的微環境。例如殼聚糖基質、海藻酸鹽 / 纖維素硫酸鹽膠囊、導電聚合物、磁性奈米粒子或親水性共聚物，可影響葡萄糖與氧的擴散、 H_2O_2 的離開速度、酵素構形穩定性與再利用表現 [10]。

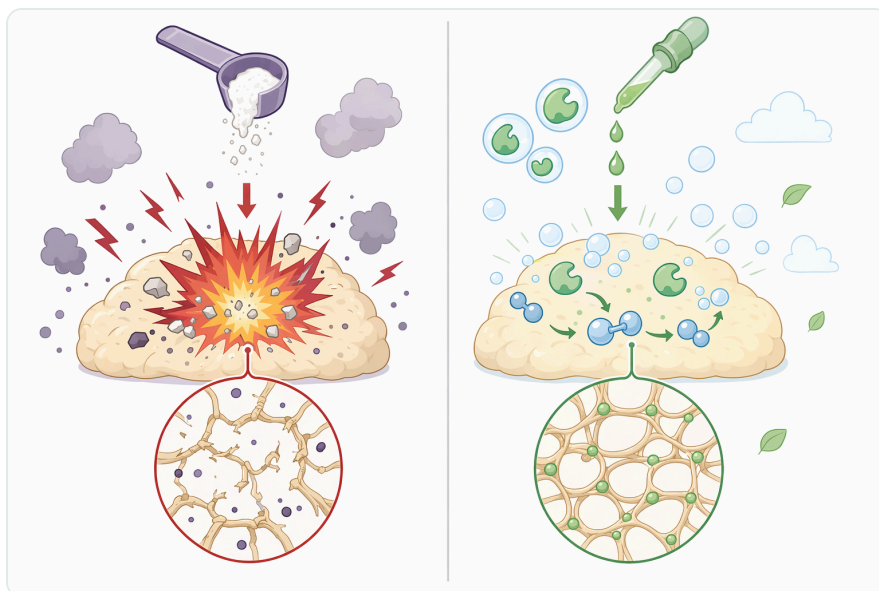


Figure 4. 在強化麵團方面，葡萄糖氧化酶可透過原位生成過氧化氫，取代或減少傳統化學氧化劑的使用。

固定化也會帶來取捨：若載體增加傳質阻力，反應表觀速率可能下降；若固定化位置或化學交聯影響活性位點附近構形，也可能降低 glucose oxidase activity 的表現。相反地，適當的固定化可減少酵素流失、改善保存穩定性，並讓 GOx 更適合用於膜、珠粒或表面功能化材料 [11]。

主要應用五：創傷、藥物遞送與腫瘤研究中的葡萄糖反應設計

GOx 在生醫材料中的研究快速增加，尤其是糖尿病傷口與葡萄糖反應型系統。其邏輯是利用局部葡萄糖作為底物，透過 GOx 產生葡萄糖酸與 H_2O_2 ，調節微環境、抑菌或啟動後續反應；但此類用途屬醫療與研究導向，不等同於一般食品或工業添加用途 [3]。

在葡萄糖反應型藥物遞送中，GOx 可作為「感應葡萄糖」的生化元件：葡萄糖升高時，GOx 反應造成氧氣消耗、pH 下降或 H_2O_2 增加，再觸發材料結構變化或藥物釋放。系統性回顧顯示，這類設計在糖尿病治療材料中具有潛力，但臨床轉譯仍涉及安全性、反應速率、低氧風險與材料降解控制 [12]。

腫瘤治療研究也使用 GOx 造成「飢餓療法」與氧化壓力：GOx 消耗腫瘤微環境中的葡萄糖與氧，並產生 H_2O_2 ，後者可與金屬催化或奈米材料級聯反應產生更強的氧化殺傷。不過這些屬於藥物遞送與腫瘤奈米醫學研究，不應被延伸為一般商品或保健用途宣稱 [13]。

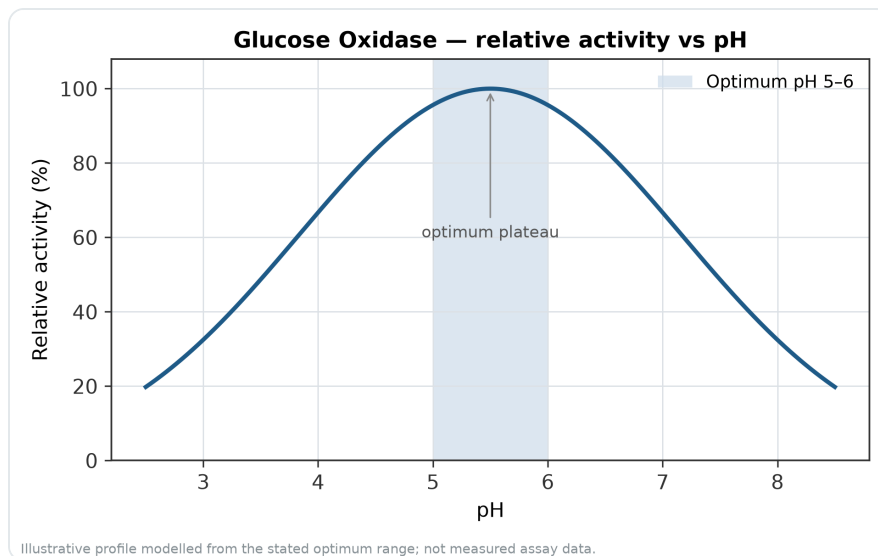


Figure 5. 葡萄糖氧化酶相對活性隨 pH 值變化的關係，顯示其最佳平台位於 pH 5–6。

glucose dehydrogenase vs glucose oxidase：兩類葡萄糖酵素的差異

葡萄糖氧化酵素與葡萄糖脫氫酵素都能參與葡萄糖感測，但反應邏輯不同。GOx 以氧作為天然電子受體並生成 H_2O_2 ；glucose dehydrogenase (GDH) 則依其輔因子類型，使用 NAD(P)、PQQ 或 FAD 相關電子受體，通常不以氧為主要反應受體，因此在感測設計上有不同優缺點 [4]。

比較項目	Glucose oxidase (GOx)	Glucose dehydrogenase (GDH)
主要反應特徵	氧化 β -D-葡萄糖，消耗 O_2 並產生 H_2O_2	氧化葡萄糖，依輔因子與電子受體轉移電子
對氧氣的依賴	高；氧是天然電子受體	通常較不依賴氧，視 GDH 類型而定
典型訊號來源	H_2O_2 、氧消耗、電子媒介物	電子媒介物、輔因子轉換
優勢	專一性高、文獻成熟、固定化與電極研究廣泛	低氧條件下可能更穩定，部分系統反應快
限制	受氧濃度影響， H_2O_2 可能造成副反應	不同 GDH 對其他糖類交叉反應風險差異較大
常見應用脈絡	食品去氧、烘焙改質、GOD-POD、葡萄糖感測	血糖感測器與不希望受氧波動影響的系統

談到 advantages and disadvantages of glucose oxidase method，GOx 的優勢在於反應機制清楚、酵素取得容易、固定化技術成熟、可與過氧化物酶或電極搭配；限制則是氧濃度會影響反應、 H_2O_2 可能干擾材料或樣品、且在連續監測中需管理酵素穩定性與訊號漂移 [14]。

影響 GOx 表現的關鍵條件

GOx 活性受 pH、溫度、水分、葡萄糖濃度、氧傳輸與 H_2O_2 累積共同影響。一般而言，酵素在接近其來源與製備形式所適合的環境中表現較佳；偏離適宜 pH 或溫度時，蛋白質構形與 FAD 周邊電子轉移效率可能下降，導致反應速率降低或失活 [1]。

氧氣供應是 GOx 與許多水解酵素不同的地方。當葡萄糖充足但氧傳輸不足時，反應會受到氧限制；當氧充足但葡萄糖不足時，反應則受底物限制。因此在高黏度麵糰、凝膠、薄膜、包覆材料或低氧包裝中，GOx 的實際效果常由傳質條件決定，而不只是酵素本身的添加量 [15]。

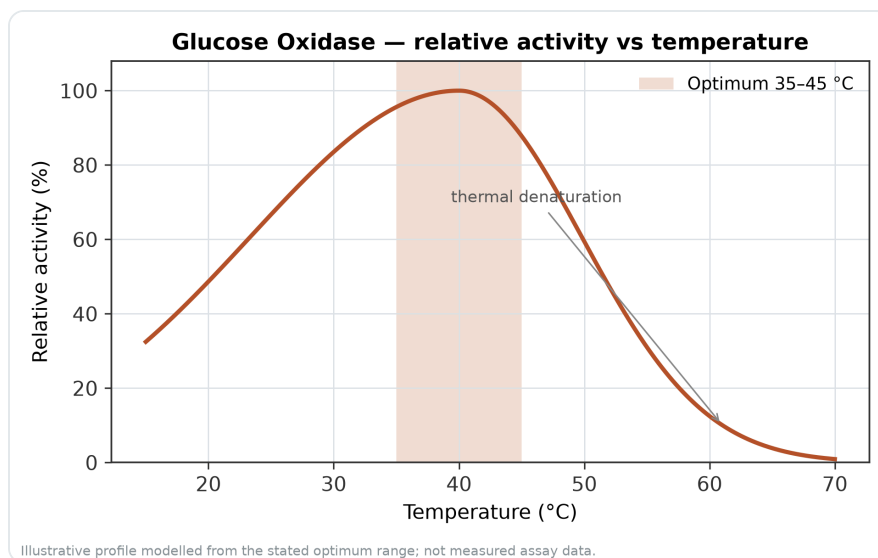


Figure 6. 葡萄糖氧化酶相對活性隨溫度變化的關係，最佳溫度為 35–45 °C，且高於最佳溫度後會出現典型的熱變性活性下降。

H_2O_2 是 GOx 的功能性產物，也是主要限制因素之一。適量 H_2O_2 可提供抗菌、顯色或交聯效果；過量 H_2O_2 則可能氧化蛋白、脂質、色素或酵素本身。許多研究因此採取與 catalase、過氧化物酶、奈米酶或載體系統搭配的策略，以調控 H_2O_2 的生成、消耗與局部濃度 [7]。

穩定化、保存與配方設計的技術邏輯

GOx 穩定化研究相當多，原因很直接：游離蛋白在長時間儲存、高溫、界面、氧化壓力與反覆使用中可能失活。將 GOx 固定於矽酸鎂、聚合物膜、石墨烯糊、殼聚糖或磁性粒子等材料，常被用來改善保存穩定性、操作穩定性或電極訊號重現性 [9]。

殼聚糖基質是常見例子。近期研究探討 GOx 在殼聚糖矩陣中的穩定性，重點在於基質如何影響酵素保留、擴散與電極應用；這類研究說明，配方微環境可顯著影響 GOx 的有效壽命，而不只是保護酵素免受外界破壞 [10]。

海藻酸鹽與纖維素硫酸鹽等膠囊化系統則可形成半透微環境，使葡萄糖與氧進出，同時保留酵素並降低外部抑制物接觸。這類設計對需要長時間反應、緩釋 H₂O₂ 或可回收酵素的應用特別有意義 [16]。

不同應用場景的機制、價值與限制比較

應用場景	GOx 的主要作用	可能帶來的價值	主要限制或設計重點
食品與飲品去氧	消耗溶解氧，降低氧化壓力	減少風味劣化、色澤變化與氧化反應	需控制 H ₂ O ₂ 、pH 變化與法規適用性
烘焙麵糰	生成 H ₂ O ₂ ，促進蛋白與多醣交聯	改善麵糰強度、持氣與成品一致性	過度氧化可能使口感變硬或延展性下降
glucose oxidase peroxidase 比色系統	先產生 H ₂ O ₂ ，再由過氧化反應轉為顏色	反應清楚、適合紙基或簡易檢測設計	受樣品干擾物與 H ₂ O ₂ 穩定性影響
電化學葡萄糖感測	將葡萄糖反應轉換為電流訊號	選擇性高、固定化技術成熟	需處理氧依賴、訊號漂移與酵素保存
葡萄糖反應型醫材研究	利用葡萄糖觸發 H ₂ O ₂ 、酸化或低氧	可設計智慧釋放、抗菌或腫瘤微環境反應	屬高法規門檻研究領域，安全性需嚴格驗證
固定化連續反應	將 GOx 保留於載體或膜中	可重複使用、提高穩定性與局部控制	傳質阻力與固定化造成的活性下降需平衡

這張表的重點是：GOx 不是單一功能添加物，而是一個「反應平台」。同樣的 glucose oxidase reaction，在飲品中可能用於去氧，在麵糰中用於交聯，在感測器中用於訊號產生，在醫材研究中則可能作為葡萄糖觸發元件 [17]。

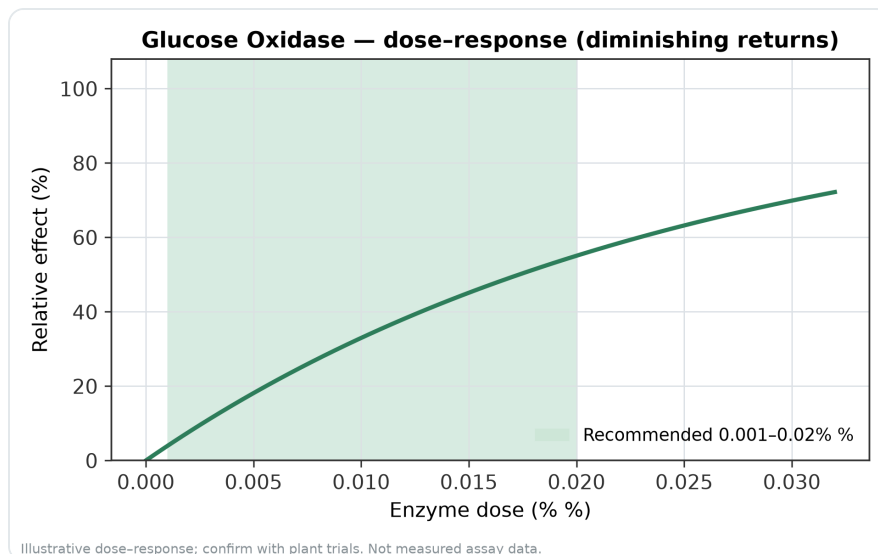


Figure 7. 葡萄糖氧化酶在建議使用範圍 (0.001–0.02%) 內的示意劑量反應。

風險、限制與合規注意

GOx 最常被低估的限制，是 H_2O_2 的雙面性。 H_2O_2 可抑菌、參與顯色或促成交聯，但也可能造成氧化傷害、感官改變、材料老化或酵素自我失活；因此任何以 GOx 為基礎的配方，都需要把 H_2O_2 視為必須管理的反應產物，而不是單純副產物 [3]。

另一個限制是氧依賴性。GOx 在低氧或高黏度環境中可能受到氧擴散限制，使實際反應低於理想水溶液條件；相反地，在氧氣供應充足且葡萄糖過量的條件下， H_2O_2 可能快速累積。這也是為什麼連續葡萄糖監測與植入式感測研究會特別關注酵素固定化、氧傳輸與訊號校正 [8]。

在食品、飼料、化妝品或醫材等不同市場，GOx 的法規定位與允許用途不會完全相同。企業使用者應依最終產品類別、銷售地區與宣稱內容進行內部合規判斷；Enzymes.bio 隨訂單提供 CoA 與 SDS，可作為品質與安全文件的一部分，但不替代法規核准或產品上市責任。

Enzymes.bio 供應資訊與文件定位

Enzymes.bio 線上供應 1 kg 單位的 glucose oxidase，適合企業研發、配方開發與生產導入前的技術評估使用。Enzymes.bio 不是製造商，也不是實驗室；本文不提供活性單位數值、等級宣稱、檢測規程或分析方法定義，避免把教育性資料誤解為製造規格書。

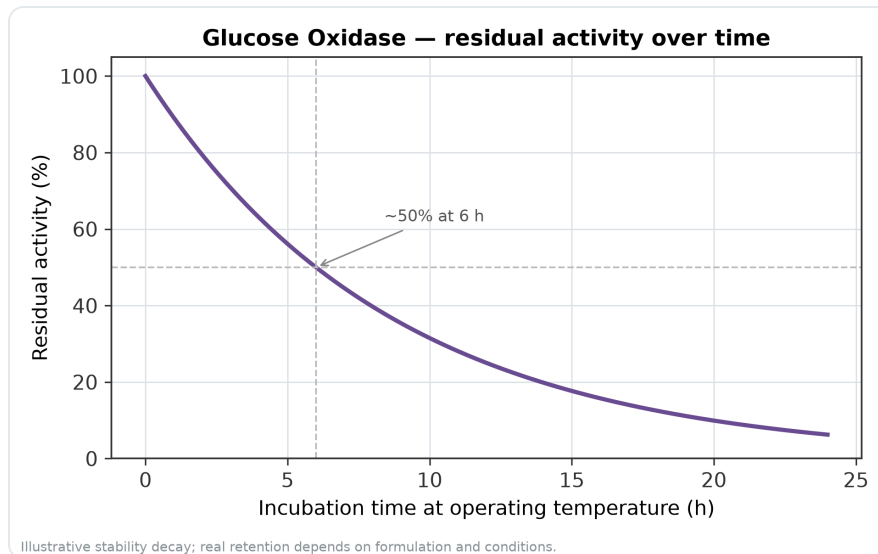


Figure 8. 葡萄糖氧化酶的示意熱穩定性衰減——在操作溫度下，殘餘活性隨時間下降。

CoA 與 SDS 會隨訂單提供，供客戶納入自身品質、EHS、HACCP 或法規文件管理流程。對產品開發團隊而言，最實用的閱讀方式是先確認 GOx 在目標系統中扮演哪一種角色：去氧、產 H₂O₂、交聯、感測訊號、抗菌微環境，或葡萄糖反應型材料觸發；不同角色會導向完全不同的配方設計與風險控制。

結語：GOx 的價值在於「可設計的氧化還原反應」

Glucose oxidase 是成熟且用途廣泛的氧化還原酵素，其核心價值來自一個清楚而可設計的反應：以葡萄糖與氧為底物，生成葡萄糖酸相關產物與 H₂O₂。這個反應使 GOx 能用於食品去氧、烘焙結構改善、glucose oxidase peroxidase 顯色、生物感測器、固定化反應系統，以及部分高階生醫材料研究 [1]。

企業導入 GOx 時，關鍵不是只看「glucose oxidase activity」這個抽象概念，而是理解底物、氧傳輸、pH、溫度、H₂O₂ 管理與最終產品法規之間的相互關係。只要把 GOx 視為一個需要邊界條件的反應工具，而非萬用添加物，它就能在多種 B2B 配方與加工場景中提供明確、可驗證的技術價值。

線上訂購 Glucose Oxidase

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 →](#)

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. [Pmc8946809](#). *PubMed Central*.
2. Sarfaraz, M., Sukmawati, D., Shakir, H. A., Khan, M., Franco, M., & Irfan, M. (2025). [Microbial production and applications of glucose oxidase](#). *Systems Microbiology and Biomanufacturing*, 5, 890 - 914.
3. Liao, Y., Zhang, Z., Zhao, Y., Zhang, S., Zha, K., Ouyang, L., Hu, W., ... et al. (2024). [Glucose oxidase: An emerging multidimensional treatment option for diabetic wound healing](#). *Bioactive Materials*, 44, 131 - 151.
4. Arslan, F., Ustabas, S., & Arslan, H. (2011). [An Amperometric Biosensor for Glucose Determination Prepared from Glucose Oxidase Immobilized in Polyaniline-Polyvinylsulfonate Film](#). *Italian National Conference on Sensors*, 11, 8152 - 8163.
5. Dharmadhikari (2018). [STUDIES ON APPLICATIONS OF FUNGAL GLUCOSE-OXIDASE IN APPLIED INDUSTRY](#).
6. Gajger, I. T., Dar, S., Ahmed, M. M. M., Aly, M. M., & Vlainić, J. (2025). [Antioxidant Capacity and Therapeutic Applications of Honey: Health Benefits, Antimicrobial Activity and Food Processing Roles](#). *Antioxidants*, 14.
7. Tong, L., Wu, L., Zai, Y., Zhang, Y., Su, E., & Gu, N. (2022). [Paper-based colorimetric glucose sensor using Prussian blue nanoparticles as mimic peroxidase](#). *Biosensors & bioelectronics*, 219, 114787 .
8. Heinemann, L., Schoemaker, M., Schmelzeisen-Redecker, G., Hinzmann, R., Kassab, A., Freckmann, G., Reiterer, F., ... et al. (2020). [Benefits and Limitations of MARD as a Performance Parameter for Continuous Glucose Monitoring in the Interstitial Space](#). *Journal of Diabetes Science and Technology*, 14, 135 - 150.
9. Ozyilmaz, G., Tükel, S., & Alptekin, Ö. (2005). [Activity and storage stability of immobilized glucose oxidase onto magnesium silicate](#). *Journal of Molecular Catalysis B-enzymatic*, 35, 154-160.
10. Chmayssem, A., Shalayel, I., Marinesco, S., & Zebda, A. (2023). [Investigation of GOx Stability in a Chitosan Matrix: Applications for Enzymatic Electrodes](#). *Italian National Conference on Sensors*, 23.
11. Arica, M., & Bayramoglu, G. (2004). [Polyethyleneimine-grafted poly\(hydroxyethyl methacrylate-co-glycidyl methacrylate\) membranes for reversible glucose oxidase immobilization](#). *Biochemical Engineering Journal*, 20, 73-77.
12. Liu, J., Yi, X., Zhang, J., Yao, Y., Panichayupakaranant, P., & Chen, H. (2024). [Recent Advances in the Drugs and Glucose-Responsive Drug Delivery Systems for the Treatment of Diabetes: A Systematic Review](#). *Pharmaceutics*, 16.
13. Fu, Y., Sun, J., Wang, Y., & Li, W. (2023). [Glucose oxidase and metal catalysts combined tumor synergistic therapy: mechanism, advance and nanodelivery system](#). *Journal of Nanobiotechnology*, 21.
14. Pełowski, A., Janczak, D., & Jakubowska, M. (2015). [Stabilization of glucose-oxidase in the graphene paste for screen-printed glucose biosensor](#). *Symposium on Photonics Applications in Astronomy*,

Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments (WILGA), 9662.

15. Zhao, L., Wen, Z., Jiang, F., Zheng, Z., & Lu, S. (2020). Silk/polyols/GOD microneedle based electrochemical biosensor for continuous glucose monitoring. *RSC Advances*, 10, 6163 - 6171.
16. Vikartovska, A., Bučko, M., Mislavičová, D., Pätoprstý, V., Lačík, I., & Gemeiner, P. (2007). Improvement of the stability of glucose oxidase via encapsulation in sodium alginate–cellulose sulfate–poly(methylene-co-guanidine) capsules. *Enzyme and Microbial Technology*, 41, 748-755.
17. He, R., Yang, P., Liu, A., Zhang, Y., Chen, Y., Chang, C., & Lu, B. (2023). Cascade strategy for glucose oxidase-based synergistic cancer therapy using nanomaterials. *Journal of materials chemistry. B.*


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。