

Food Grade Glucose Oxidase for Gluconate Production：葡萄糖氧化酶用於葡萄糖酸與葡萄糖酸鹽製程的技術說明

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

Food Grade Glucose Oxidase (葡萄糖氧化酶，GOx) 可將葡萄糖選擇性氧化為葡萄糖酸內酯，進一步形成葡萄糖酸，並可透過中和或結晶步驟得到葡萄糖酸鈉、葡萄糖酸鈣等 gluconate 產品。此路徑的核心優勢是反應選擇性高、條件相對溫和，且能與 catalase、固定化酵素或連續反應器整合，以改善過氧化氫管理與酵素使用效率 ^[1]。

對於以葡萄糖、澱粉水解液或生質糖液為原料的企業，GOx 酵素法可作為微生物發酵之外的生物催化選項；但其經濟性取決於氧氣傳遞、過氧化氫去除、酵素穩定性、下游純化與是否採用固定化設計 ^[2]。Enzymes.bio 供應此類產品供線上直接購買，並非製造商或實驗室；產品以 1 kg 單位銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單提供。

酵素名稱與主要應用

酵素名稱：Food Grade Glucose Oxidase，中文常稱葡萄糖氧化酶，簡稱 GOx。

主要應用：以葡萄糖為底物，生產葡萄糖酸及其鹽類，例如 sodium gluconate、calcium gluconate，以及其他依製程設計形成的金屬葡萄糖酸鹽；同時，GOx 也被廣泛研究於食品加工、去氧、麵團改良與生物感測等領域 ^[1]。

在 gluconate production 的語境中，GOx 的價值不只是「把葡萄糖變成葡萄糖酸」，而是提供一條可控的氧化路徑：底物明確、主要反應清楚、可與酸鹼控制或金屬離子中和同步設計，並可在批次、半連續或固定化系統中調整停留時間與轉化率 ^[3]。這使它特別適合用於配方開發、中試、特殊鹽類開發，或需要降低活菌製程複雜度的場景。

GOx 生成葡萄糖酸的反應機制

GOx 是一類黃素依賴型氧化酶，其活性中心含有 FAD 輔因子。反應的第一步是 β -D-葡萄糖將電子轉移給酵素內的 FAD，形成被還原的 FADH_2 ，同時葡萄糖被氧化為 D-glucono- δ -lactone；第二步是 FADH_2 將電子交給分子氧，使氧氣被還原為過氧化氫，FAD 則回到可再次催化的狀態 ^[1]。

D-glucono- δ -lactone 在水相中會進一步水解成葡萄糖酸；若系統中存在鈉、鈣或其他適合的陽離子，或製程中透過中和步驟控制酸度，則可形成對應的葡萄糖酸鹽。這也是為什麼 GOx 製程常與 pH 控制、鹼液添加、金屬鹽形成或結晶段連動，而不是單純把酵素加入葡萄糖溶液即可完成工業化生產 [4]。

此反應同時消耗氧氣並產生過氧化氫，因此氧氣供應與 H_2O_2 管理是兩個相互牽動的工程因素。氧氣不足會限制 GOx 的再氧化與整體反應速率；但若只強化曝氣而沒有設計 H_2O_2 去除，過氧化氫累積又可能造成酵素氧化損傷、影響產物品質或增加後處理負擔 [5]。

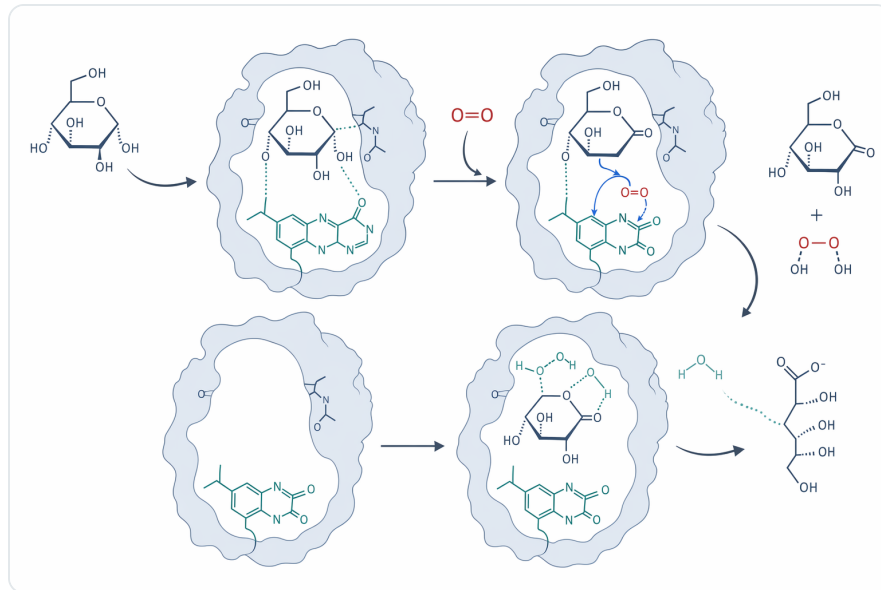


Figure 1. 葡萄糖氧化酶會以氧氣選擇性氧化葡萄糖，生成 D-葡萄糖酸內酯與過氧化氫，隨後水解為葡萄糖酸，並中和形成葡萄糖酸鹽。

為什麼葡萄糖酸製程會考慮 GOx 酵素法

葡萄糖酸與 gluconate 的工業生產長期以微生物發酵為主，常見菌種包括 *Aspergillus niger* 與 *Gluconobacter* 相關菌株。這些路徑成熟、可達高生產量，但也涉及菌種維持、培養基組成、菌體分離、副產物控制與發酵批次管理等問題 [2]。

GOx 酵素法則將反應聚焦於葡萄糖氧化本身，避免完整細胞代謝網絡帶來的副反應。對需要較清楚反應組成、希望縮短開發週期，或想在既有非發酵設備中導入生物催化段的企業而言，GOx 可作為較直接的氧化工具；不過，這不代表它必然取代發酵法，而是提供另一種可依產能、成本與品質目標評估的製程選項 [6]。

近年研究也顯示，葡萄糖酸不只可來自精製葡萄糖，也可來自澱粉、生質水解液或農業副產物轉化後的糖液。例如多酵素系統可將澱粉水解與葡萄糖氧化銜接，生質糖液則可能進一步透過 *Gluconobacter* 或其他生物氧化路徑升級為葡萄糖酸或相關有機酸 [7]。

與微生物發酵、化學氧化的比較

下表整理 GOx 酵素法、微生物發酵與化學 / 混合催化法在 gluconate production 中的典型差異。這些差異不是絕對優劣，而是製程設計時需要權衡的方向。

製程路徑	主要特徵	優勢	主要挑戰	適合情境
GOx 酵素法	以葡萄糖氧化酶催化葡萄糖生成葡萄糖酸內酯，再形成葡萄糖酸或鹽類	選擇性高、條件溫和、可與 catalase 或固定化系統整合	氧氣傳遞、H ₂ O ₂ 管理、酵素穩定性與回收成本	中試、特殊 gluconate、希望降低活菌處理的製程 [3]
微生物發酵	使用 Aspergillus niger、Gluconobacter 等微生物轉化糖源	技術成熟、適合大規模有機酸生產，可利用多種糖液	菌體與培養基管理、副產物、下游分離與批次變異	大宗葡萄糖酸或鈉鹽生產、生質糖液轉化 [8]
多酵素或整細胞串聯	澱粉水解、葡萄糖生成與氧化在同一或連續段落中進行	可整合上游原料轉化，降低中間分離需求	酵素或細胞間條件不一致，控制變數較多	澱粉或農產副產物升級利用 [7]
化學 / 混合催化	以金屬、氧化劑或混合催化系統進行葡萄糖氧化	反應速率與催化材料可工程化調整	選擇性、金屬殘留、條件強度與食品應用限制需評估	非食品化工、特殊催化平台或一鍋化反應研究 [9]

對食品與配方用途而言，GOx 的吸引力在於它是一種生物催化路徑，較容易與水相、低溫、低副反應的製程邏輯銜接。相對地，若目標是極大規模、低成本大宗酸鹽，傳統發酵仍可能在設備折舊、原料成本與既有操作經驗上具有優勢 [4]。

H₂O₂ 管理：GOx 製程的關鍵瓶頸

GOx 的副產物過氧化氫並非小問題，而是製程成敗的核心參數之一。H₂O₂ 能氧化蛋白質中的敏感胺基酸殘基，使 GOx 活性下降，也可能影響其他配方成分；在高轉化率或長時間反應中，若沒有控制其累積，反應初期表現良好並不代表後段仍能穩定運行 [5]。

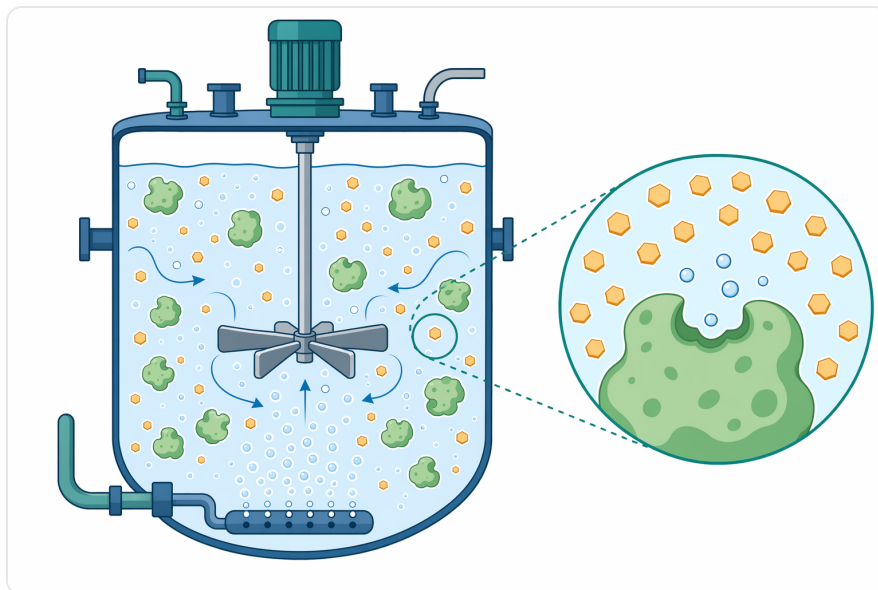


Figure 2. 即使葡萄糖大量過量存在，氧氣傳遞仍可能成為限制因素。

常見工程策略是加入 *catalase*，使 H_2O_2 分解為水與氧氣。這不僅降低氧化壓力，也能部分回補氧氣循環，改善氧氣利用效率；在共同固定化的設計中，*GOx* 與 *catalase* 被固定在相近空間，使 H_2O_2 在擴散到大量溶液前就被分解，有助於保護 *GOx* 與穩定反應環境 [10]。

另一個方向是反應器設計。例如固定化酵素可搭配循環式反應器、填充床、氣升式系統或外循環設計，使酵素保留在反應段中，底物與氧氣持續通過。相關模型研究指出，固定化酵素反應器的表現不只取決於酵素本身，也取決於停留時間、液相循環、氧氣供應與失活動力學 [3]。

固定化 *GOx* 在 gluconate production 的角色

固定化的目標不是把酵素「變強」，而是改善使用方式：讓酵素可以回收、重複使用、降低產品中游離蛋白殘留，並更容易放入連續或半連續設備。固定化載體可能透過吸附、包埋、交聯或共價連結等方式固定酵素，但不同方式會影響底物擴散、氧氣傳遞與酵素構形穩定性 [11]。

在葡萄糖酸鹽生產中，共固定化 *GOx* 與 *catalase* 特別常被研究，原因是兩者的功能天然互補：*GOx* 負責氧化葡萄糖，*catalase* 負責分解 H_2O_2 。以玉米芯殘渣水解液生產葡萄糖酸鈉的研究就示範了現場製備纖維素酶、糖化與 *GOx/catalase* 共固定化的整合概念，顯示生質原料到 *gluconate* 的連續化思維正在受到重視 [10]。

固定化也可與結晶段整合。以鈣葡萄糖酸為例，研究曾探討在外循環氣升式泡罩柱中使用固定化 *GOx* 凝膠珠，並將生物反應與結晶整合，以連續取得 *calcium gluconate crystals*；這類設計凸顯了 *GOx* 製程不只是酵素反應，也涉及固液平衡、晶體形成與設備操作 [12]。

原料來源：從精製葡萄糖到生質水解液

若使用精製葡萄糖，反應系統相對單純，較容易觀察 GOx 的催化效率與 H_2O_2 管理需求。若使用澱粉水解液或木質纖維素水解液，則需要考慮殘餘寡糖、蛋白質、酚類、鹽分或抑制物對酵素與下游純化的影響 [2]。



Figure 3. 全細胞發酵、化學氧化、生物電化學氧化以及分離的葡萄糖氧化酶，在選擇性、控制性、副產物與設備需求之間各有不同取捨。

Gluconobacter oxydans 的研究顯示，生質水解液可作為葡萄糖酸或 2-keto-gluconic acid 的碳源，但酸度、醋酸與其他水解液組成會改變氧化方向與代謝產物分布。這些結果對 GOx 酵素法也有參考意義：原料中非葡萄糖成分雖不一定被 GOx 直接轉化，卻可能影響反應環境、pH 緩衝、氧化還原狀態與純化負擔 [13]。

澱粉原料則可透過多酵素系統先產生葡萄糖，再由 GOx 氧化。使用 *Aspergillus niger* whole-cells 或多酵素平台從澱粉製備葡萄糖酸的研究顯示，上游糖化與下游氧化若能整合，可減少中間處理；但條件整合也會更複雜，因為糖化酵素與 GOx 的最適環境未必一致 [7]。

pH、氧氣與中和控制的製程邏輯

GOx 反應產生葡萄糖酸，因此若系統沒有緩衝或中和，反應環境會逐步酸化。酸度變化會影響 GOx 活性、葡萄糖酸內酯水解、鹽類形成與下游結晶；在發酵研究中，低 pH 壓力甚至會改變 *Gluconobacter* 對葡萄糖酸的累積行為，顯示酸度不是被動結果，而是產物分布與系統穩定性的控制因子 [8]。

對 GOx 酵素製程而言，中和劑選擇通常與目標產品相連。例如以鈉源中和可朝 sodium gluconate 方向設計，以鈣源中和則可能形成 calcium gluconate，後續可進一步濃縮或結晶。這類設計須同時注意鹽類溶解度、局部 pH 梯度、黏度變化與沉澱風險，而非只以酸生成量作為唯一判準 [12]。

氧氣供應則涉及氣液傳質。GOx 以分子氧作為電子受體，液相中的溶氧會限制反應速率；然而提高曝氣或攪拌也可能增加泡沫、剪切、氧化副反應與設備能耗。固定化系統中還需考慮氧氣與葡萄糖在載體孔道內的擴散阻力，這也是模型化研究在酵素反應器設計中有價值的原因 [3]。

食品加工相關延伸：GOx 不只用於 gluconate

雖然本文聚焦 gluconate production，GOx 在食品工業中還有其他成熟應用。它可透過消耗氧氣延緩氧化劣變，也可在麵團中促進蛋白質交聯與結構改善；冷適應型 GOx 在麵包烘焙中的研究顯示，不同來源與穩定性特徵的 GOx 會影響麵團與成品表現 [14]。

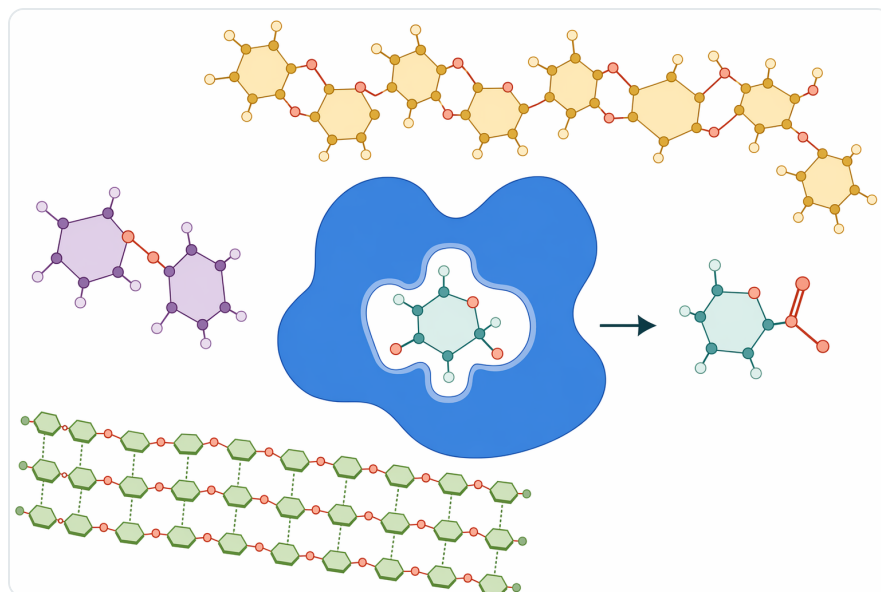


Figure 4. 葡萄糖氧化酶直接作用於葡萄糖，除非非葡萄糖類碳水化合物先被水解為葡萄糖，否則不會被其轉化。

這些食品應用與葡萄糖酸製程共享相同的核心化學：葡萄糖氧化、氧氣消耗與 H_2O_2 生成。差別在於目標不同：麵團改良利用的是氧化效應與蛋白質網絡變化；去氧應用利用的是氧氣消耗；而葡萄糖酸鹽生產則要最大化葡萄糖到目標酸鹽的轉化，並控制 H_2O_2 不成為品質與穩定性的風險 [1]。

因此，在配方或製程討論中不應把「GOx 可用於食品」直接等同於「任何食品配方都適合大量產生葡萄糖酸」。若目標是 gluconate，反應條件、底物量、氧氣、pH 與後處理必須圍繞產物收率與純化來設計；若目標是食品結構或保鮮，則通常關注的是低量反應對風味、質地與氧化狀態的影響 [6]。

與 gluconic acid、glucaric acid 與 2-keto-gluconic acid 的關係

葡萄糖氧化可以通往多種高價值氧化糖酸。葡萄糖酸是最直接的第一氧化產物；若進一步氧化醛糖末端或醇羥基，可能生成 glucaric acid 或 2-keto-gluconic acid 等化合物。相關綜述指出，從生質葡萄糖出發製備 gluconic acid 與 glucaric acid 是永續化學的重要方向，但不同產物需要不同催化路徑與選擇性控制 [2]。

GOx 的主要功能是將葡萄糖氧化到葡萄糖酸內酯 / 葡萄糖酸階段，並不同於完整的 glucaric acid 製程。若目標是 2-keto-gluconic acid，Gluconobacter 等微生物氧化系統常因其膜結合脫氫酶而受到研究；醋酸調控與低 pH 壓力對產物方向的影響也已被報告 [13]。

這種區分對採用 GOx 很重要：GOx 適合用於高選擇性的一段葡萄糖氧化；若目標是更高氧化態或不同位置氧化的糖酸，通常需要額外酵素、微生物、金屬催化或電化學系統。把產物名稱先定義清楚，可避免將 gluconic acid、gluconate、glucaric acid 與 keto-gluconate 混為同一製程 [9]。

生物電化學與紅氧媒介：研究中的替代設計

除了以氧氣作為末端電子受體，近年也有研究將 GOx 固定於含二茂鐵紅氧水凝膠中，透過生物電化學方式合成 gluconate。這類設計的重點是讓電子從 GOx 轉移到電極或紅氧媒介，降低對傳統氧氣傳遞的依賴，並可能改善反應控制與訊號監測 [15]。

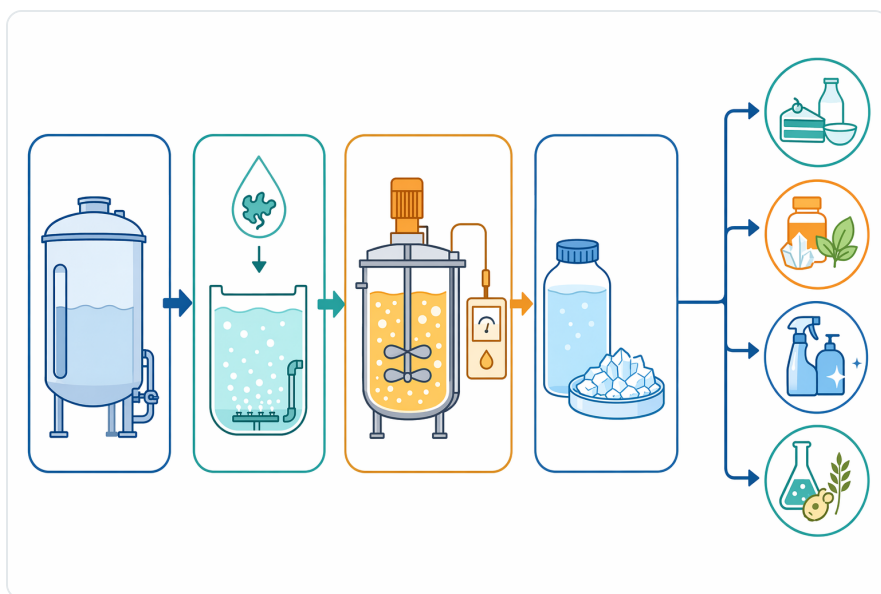


Figure 5. 有效的酵素法葡萄糖酸鹽生產，需要協調控制葡萄糖進料、曝氣與混合、pH 中和、溫度、過氧化氫酶輔助去除過氧化物，以及下游純化。

不過，生物電化學 GOx 系統目前更偏向研究與特殊反應平台，與一般食品用途或大宗葡萄糖酸鹽生產仍有距離。其優勢在於電子流可被外部電位調控，限制則包括材料成本、電極面積、紅氧媒介安全性、固定化壽命與放大工程；因此在實務導入前，仍需與傳統曝氣式 GOx 或發酵法比較 [15]。

適合導入 GOx 的製程情境

GOx 特別適合需要清楚氧化反應、希望減少活菌操作，或正在評估酵素催化 gluconate 的企業。例如，小型配方開發可用它快速建立葡萄糖酸生成模型；中試製程可用它比較批次、半連續與固定化條件；特殊金屬 gluconate 開發則可透過中和與結晶策略測試鹽類形成路徑 [3]。

若原料是澱粉水解液或農業副產物水解液，GOx 可放在糖化之後作為氧化模組。這種設計有助於將低價糖源升級為有機酸鹽，但需要注意水解液雜質、色度、灰分與抑制性成分；相關研究顯示，酵素水解液可支援葡萄糖酸與單細胞蛋白等串聯生物製程，但每段操作條件都會影響整體收率與分離成本 [16]。

若目標是長時間運行或降低酵素消耗，固定化 GOx 或 GOx/catalase 共固定化更值得評估。固定化可改善回收與連續操作，但也可能帶來傳質限制；因此它通常不是單純的材料替換，而是反應器、曝氣、流速、底物濃度與清洗策略的整體設計問題 [11]。

供應與文件定位

Enzymes.bio 作為供應商，提供 Food Grade Glucose Oxidase for Gluconate Production 這類酵素產品供線上直接購買；其角色是供應與文件交付，而非宣稱製造端菌株、發酵條件或實驗室檢測服務。購買單位為 1 kg，CoA 與 SDS 會隨訂單提供，便於企業進行內部收料、儲存、安全與追溯管理。

在技術文件使用上，CoA 與 SDS 應被視為該訂單批次的品質與安全資料來源；本文則是應用導向說明，協助理解 GOx 在葡萄糖酸與 gluconate 製程中的反應邏輯、工程限制與文獻背景。實際導入時，企業仍需依自身產品類別、銷售市場與用途進行法規、標示與製程驗證判斷 [17]。



Figure 6. 生物感測器、食品降糖系統、生物電化學研究與葡萄糖酸鹽合成研究，都依賴同一種選擇性葡萄糖氧化化學反應。

主要技術風險與可控變因

第一個風險是把酵素活性視為唯一關鍵。GOx 製程的限制常來自氧氣傳遞、 H_2O_2 累積、pH 下降、鹽類溶解度與下游濃縮，而不只是酵素本身；即使酵素在初期有良好反應，長時間操作仍可能因失活或傳質不足而偏離預期 [5]。

第二個風險是忽略 catalase 或 H_2O_2 分解策略。對目標為葡萄糖酸鹽的製程而言， H_2O_2 通常不是希望保留的成分；若沒有即時分解，可能造成 GOx 自我失活與其他成分氧化。共固定化 GOx/catalase 的研究之所以受到重視，就是因為它直接處理了酵素氧化產物與酵素穩定性之間的矛盾 [10]。

第三個風險是原料變異。精製葡萄糖與水解液的反應表現不應直接類推；水解液中的有機酸、殘餘酚類、金屬離子或未完全水解糖類，可能改變氧化反應與純化難度。Gluconobacter 研究中對低 pH、醋酸與水解液組成的討論，也提醒我們生質原料不是單一葡萄糖溶液 [13]。

總結：GOx 在葡萄糖酸與葡萄糖酸鹽生產中的價值定位

Food Grade Glucose Oxidase for Gluconate Production 的核心價值，是提供一條以葡萄糖為起點、反應選擇性高、可工程化整合的生物催化路徑。它可用於葡萄糖酸、sodium gluconate、calcium gluconate 或其他 gluconate 產品的開發，並能搭配 catalase、固定化、曝氣控制與結晶段設計，形成更完整的製程模組 [1]。

與微生物發酵相比，GOx 酵素法降低了活菌代謝與菌體分離的複雜度，但需要更精細地管理氧氣、H₂O₂、pH 與酵素穩定性；與化學氧化相比，它的條件較溫和、選擇性較明確，但放大經濟性仍取決於反應器與酵素使用策略^[2]。對正在評估 gluconate production 的企業而言，GOx 最適合作為可控、模組化、食品應用導向的氧化工具，而不是被簡化為單一添加物或萬用替代製程。

線上訂購 Food Grade Glucose Oxidase For Gluconate Production

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 Food Grade Glucose Oxidase For Gluconate Production →](#)

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. Khatami, S. H., Vakili, O., Ahmadi, N., Fard, E. S., Mousavi, P., Khalvati, B., Maleksabet, A., ... et al. (2021). Glucose oxidase: Applications, sources, and recombinant production. *Biotechnology and applied biochemistry*, 69, 939 - 950.
2. Zhang, Q., Wan, Z., Yu, I. K., & Tsang, D. C. W. (2021). Sustainable production of high-value gluconic acid and glucaric acid through oxidation of biomass-derived glucose: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 312, 127745.
3. Li, C., Jian-Lin, Gao, L., Lin, H., & Lin, J. (2018). Modeling and simulation of enzymatic gluconic acid production using immobilized enzyme and CSTR–PFTR circulation reaction system. *Biotechnology Letters*, 40, 649 - 657.
4. Anastassiadis, S., & Morgunov, I. (2007). Gluconic acid production. *Recent Patents on Biotechnology*, 1 2, 167-80 .
5. Bao, J., Furumoto, K., Fukunaga, K., & Nakao, K. (2001). A Kinetic Study on Air Oxidation of Glucose Catalyzed by Immobilized Glucose Oxidase for Production of Calcium Gluconate. *Biochemical Engineering Journal*, 8, 91-102.
6. Li, Z., Chen, Y., Chen, X., Guo, Z., Guan, G., Feng, Y., & Chen, H. (2025). Modification and applications of glucose oxidase: optimization strategies and high-throughput screening technologies. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 41.
7. Pucci, E., Buffo, M. M., Sousa, M. D. B., Tardioli, P., & Badino, A. (2023). An innovative multi-enzymatic system for gluconic acid production from starch using *Aspergillus niger* whole-cells. *Enzyme and Microbial Technology*, 171, 110309 .

8. Dai, L., Lian, Z., Fu, Y., Zhou, X., Xu, Y., Zhou, X., Kuznetsov, B., ... et al. (2023). Low pH Stress Enhances Gluconic Acid Accumulation with Enzymatic Hydrolysate as Feedstock Using *Gluconobacter oxydans*. Fermentation.
9. Yang, Z., Wang, Z., Dong, X., & Sun, Y. (2023). Hybrid Catalysts for One-pot Cascade Production of Gluconic Acid. *ChemCatChem*, 15.
10. Han, X., Liu, G., Song, W., & Qu, Y. (2018). Production of sodium gluconate from delignified corn cob residue by on-site produced cellulase and co-immobilized glucose oxidase and catalase. *Bioresource Technology*, 248 Pt A, 248-257 .
11. Sharma, T., Xia, C., Sharma, A., Raizada, P., Singh, P., Sharma, S., Sharma, P., ... et al. (2022). Mechano-chemical and biological energetics of immobilized enzymes onto functionalized polymers and their applications. *Bioengineered*, 13, 10518 - 10539.
12. Arimatsu, Y., Bao, J., Furumoto, K., Yoshimoto, M., Fukunaga, K., & Nakao, K. (2004). Continuous Production of Calcium Gluconate Crystals in an Integrated Bioreaction–Crystallization Process Using External Loop Airlift Bubble Columns with Immobilized Glucose Oxidase Gel Beads. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 37, 1035-1040.
13. Dai, L., Jiang, W., Jia, R., Zhou, X., & Xu, Y. (2022). Directional enhancement of 2-keto-gluconic acid production from enzymatic hydrolysate by acetic acid-mediated bio-oxidation with *Gluconobacter oxydans*. *Bioresource Technology*, 126811 .
14. Ge, J., Jiang, X., Liu, W., Wang, Y., Huo-Huang, Bai, Y., Su, X., ... et al. (2019). Characterization, stability improvement, and bread baking applications of a novel cold-adapted glucose oxidase from *Cladosporium neopsychrotolerans* SL16. *Food Chemistry*, 310, 125970 .
15. Radomski, J., Vieira, L., & Sieber, V. (2023). Bioelectrochemical synthesis of gluconate by glucose oxidase immobilized in a ferrocene based redox hydrogel. *Bioelectrochemistry*, 151, 108398 .
16. Cheng, L., Huang, R., Ying, J., Fu, Y., Zhou, X., & Jiang, K. (2023). Sequential Bioprocess with *Gluconobacter oxydans* and *Candida tropicalis* for Gluconic Acid and Single-Cell Protein Production from Enzymatic Hydrolysate. *Fermentation*.
17. Hassoun, A., Jagtap, S., Trollman, H., Garcia-Garcia, G., Duong, L. N. K., Saxena, P., Bouzembrak, Y., ... et al. (2024). From Food Industry 4.0 to Food Industry 5.0: Identifying technological enablers and potential future applications in the food sector. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23 6, e370040 .

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。