

# 烘焙用葡萄糖氧化酶 Glucose Oxidase ( GOX ) : 麵粉改良與麵糰強化的技術應用

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

葡萄糖氧化酶 ( Glucose Oxidase, GOX/GOD ) 在烘焙中的主要用途，是利用麵糰中的葡萄糖與氧氣產生過氧化氫，進一步促進麩質蛋白與部分非澱粉多醣交聯，使麵糰更有彈性、較不黏手，並提升氣體保持與加工穩定性。

對商業烘焙而言，它不是單純「放大麵包體積」的添加物，而是一種管理麵糰結構、改善麵粉波動與製程容忍度的氧化型酵素工具。

Enzymes.bio 供應此類烘焙用葡萄糖氧化酶產品，產品以 1 kg 單位在線上銷售；CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供。

## 葡萄糖氧化酶是什麼？主要應用在哪裡？

葡萄糖氧化酶是一種含黃素輔因子的氧化還原酵素，能催化葡萄糖在氧氣存在下被氧化，並形成葡萄糖酸相關產物與過氧化氫；這個反應特性使它在食品、烘焙、除氧、葡萄糖檢測與生物技術領域都有長期應用基礎 [1]。在烘焙產業中，GOX 的核心價值不是提供風味或營養，而是透過溫和的酵素反應，影響麵糰中蛋白質與多醣網絡的形成。

公開綜述指出，葡萄糖氧化酶最常見的工業來源包括真菌與微生物系統，並已被研究用於食品加工、醫藥、生物感測與包裝相關應用 [2]。對麵包、吐司、餐包、漢堡胚、冷凍麵糰或全穀配方而言，GOX 常被歸類為「麵糰強化酵素」或「麵粉改良酵素」，功能上接近氧化性改良劑，但其作用來自酵素催化產生的氧化環境，而不是直接添加強氧化化學品。

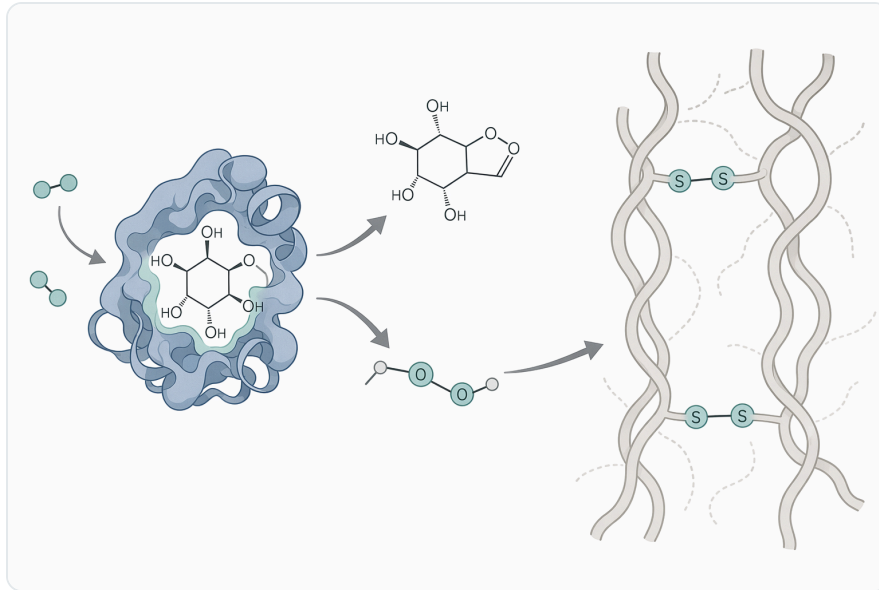
需要釐清的是，Enzymes.bio 是供應商，不是製造商，也不是實驗室；本文的目的，是用已公開的研究與產業資料，協助食品研發、採購與烘焙技術人員理解葡萄糖氧化酶的作用邏輯、合理期待與限制。本文不取代產品隨附文件，也不提供製造端規格、檢驗方法或配方保證。

## 為什麼烘焙配方會使用葡萄糖氧化酶？

商業烘焙最怕的問題之一，是麵糰在不同批次麵粉、不同攪拌狀態、不同發酵條件下表現不一致。麵糰若太弱，容易塌陷、氣體保持差、成品體積不足；若太黏，則會造成分割、滾圓、整形、輸送與模具脫離困難。葡萄糖氧化酶被研究與應用的原因，正是它可以在麵糰早期形成較穩定的氧化交聯環

境，提升麵糰抵抗機械應力與發酵壓力的能力 [3]。

在實務上，GOX 常被用於改善小麥麵糰的彈性、降低黏性、提升氣體保持能力，並使麵包組織更均勻。麵糰經攪拌時會混入空氣，氧氣成為 GOX 反應所需的關鍵底物；當葡萄糖與氧氣同時存在時，酵素反應產生的過氧化氫可促進麵糰內部的氧化交聯，讓麵筋網絡更緊密 [4]。



**Figure 1.** 葡萄糖氧化酶會將葡萄糖與氧氣轉化為葡萄糖酸和過氧化氫，其中過氧化氫提供氧化性的麵糰強化效果。

這些效果對連續化生產尤其有意義。自動化產線中的麵糰必須能承受分割、滾圓、輸送、整形與入模等多次機械處理；若麵糰結構不足，容易出現表皮破裂、黏附、氣泡粗大、成品高度不穩或批次差異放大。葡萄糖氧化酶可作為配方中的結構管理工具，協助提高製程容忍度，而不是單獨替代良好的攪拌、發酵與烘烤控制。

## 作用機制：GOX 如何讓麵糰更強？

### 反應核心：葡萄糖、氧氣與過氧化氫

葡萄糖氧化酶的基本反應可概念化為：葡萄糖在氧氣參與下被氧化，並生成過氧化氫。對烘焙來說，真正改變麵糰網絡的是後續形成的氧化環境；GOX 的角色，是在麵糰中原位產生這種氧化條件 [1]。因此，GOX 的效果會受到可利用糖源、氧氣混入量、水分、溫度、pH、攪拌時間與配方中其他還原 / 氧化物共同影響。

在麵糰中，葡萄糖來源可能來自麵粉本身、配方添加糖，或澱粉酶將澱粉水解後所產生的可發酵糖。氧氣則主要在攪拌階段被帶入麵糰；一旦氧氣被酵母呼吸或其他氧化反應消耗，GOX 的持續作用就會受限。這也是為什麼葡萄糖氧化酶在烘焙中的主要影響，通常被理解為發生在攪拌與早期麵糰形成階段，而不是在整個製程中無限制持續作用。

## 麩質蛋白交聯：提升彈性與抗延展崩塌

小麥麵糰的骨架來自麩質蛋白網絡。當麵粉加水並攪拌後，麥膠蛋白與麥穀蛋白形成具有黏彈性的結構，能包覆發酵產生的二氧化碳。GOX 產生的氧化環境可促進蛋白質中的硫氫基轉變，形成更多二硫鍵，讓蛋白鏈之間的連結增加；這種交聯有助於提升麵糰強度與彈性 [2]。

除了二硫鍵之外，研究也討論過其他氧化誘導的蛋白質交聯，例如酪胺酸殘基之間可能形成的交聯結構。這些反應不一定在所有配方中同等重要，但它們共同指向同一結果：麵糰網絡更能抵抗過度延展與氣泡合併。對吐司、餐包與漢堡麵包這類需要穩定孔洞結構的產品而言，這種網絡強化有助於維持較一致的內部組織。

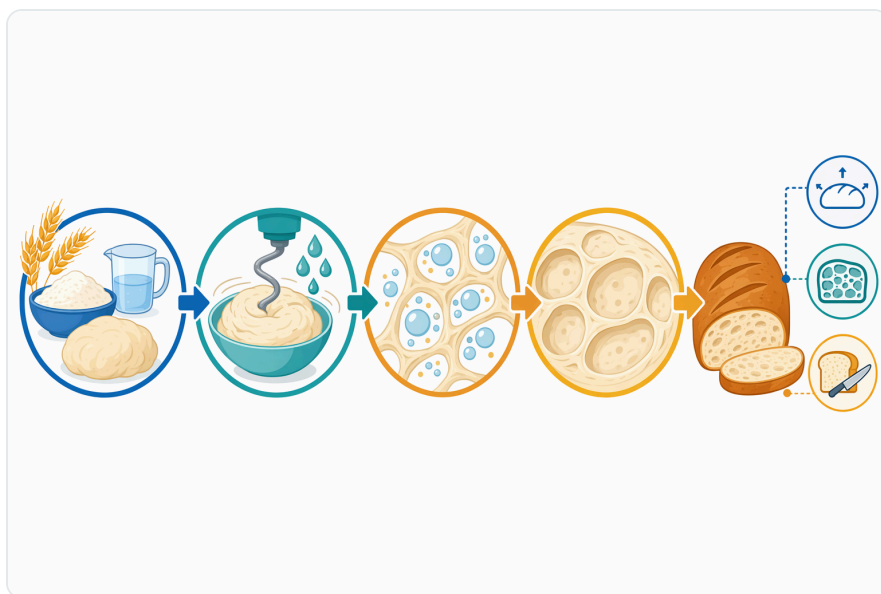


Figure 2. 氧化交聯能強化水合後的麩質網絡，使麵糰更具凝聚性、較不黏手，並更能保留發酵氣體。

## 阿拉伯木聚糖與非澱粉多醣：不只影響蛋白質

GOX 的烘焙效果並不只侷限於麩質蛋白。小麥粉中的阿拉伯木聚糖等非澱粉多醣，也可能在氧化條件下形成交聯，進一步影響麵糰的持水性、黏度與結構支撐。烘焙研究指出，葡萄糖氧化酶對麵糰流變性與麵包品質的影響，與蛋白質與多醣兩類生物聚合物的交聯都有關 [5]。

這一點在全穀、高纖或含麩皮配方中尤其重要。麩皮與膳食纖維會切割或干擾麩質網絡，造成麵糰較易破裂、發酵穩定性下降與成品體積降低。若能透過氧化酵素改善蛋白質與多醣之間的結構整合，GOX 就可能成為此類配方中有價值的輔助工具，但效果仍取決於纖維來源、粒徑、水合程度與整體配方。

## 研究證據：烘焙品質改善的可靠性與限制

早期烘焙研究已探討葡萄糖氧化酶、半纖維素酶與抗壞血酸對麵糰與麵包品質的影響，並顯示 GOX 可改變麵糰特性與成品表現 [3]。這類研究奠定了 GOX 作為麵糰氧化強化酵素的應用基礎，也說明它常與其他改良系統共同使用，而不是孤立地決定所有烘焙結果。

另一項研究以 alveograph 等方法評估小麥麵糰受 GOX 影響後的烘焙品質，指出葡萄糖氧化酶會改變麵糰的延展與抗拉特性，進而影響麵包製作表現 [4]。對技術人員而言，這代表 GOX 的效果不應只用「成品體積」單一指標判斷，也應觀察麵糰在攪拌結束、發酵中段、整形與入爐前的狀態。

近年的酵素改良劑綜述也將葡萄糖氧化酶列為可用於麵包製作的天然酵素型改良工具之一，並將其與澱粉酶、木聚糖酶、脂肪酶等酵素放在同一個烘焙改良框架下討論 [5]。這符合現代烘焙配方的趨勢：品質改善通常來自多個微調工具的組合，包括麵粉選擇、攪拌能量、吸水量、發酵曲線、乳化系統與酵素系統。

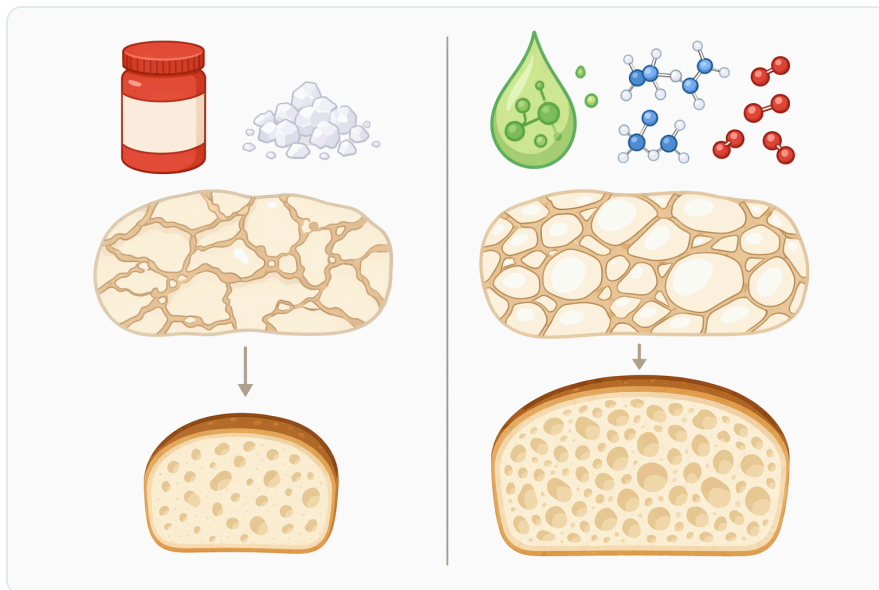


Figure 3. 葡萄糖氧化酶與其他麵糰強化工具不同，它是在麵糰內透過酵素作用產生過氧化氫，而不是以其他方式加入氧化劑或形成交聯。

也有研究討論葡萄糖氧化酶與抗壞血酸、 $\alpha$ -澱粉酶之間的協同作用，顯示 GOX 在特定搭配下可能改善麵糰性質、烘焙品質與部分貨架期相關指標 [6]。不過，協同作用並不代表任何配方都能直接套用同一結果；不同麵粉灰分、蛋白質品質、糖油比例與加工條件，都會改變 GOX 的實際表現。

## 與常見烘焙改良工具的比較

葡萄糖氧化酶常被放在「麵糰強化」的討論中，但它與抗壞血酸、木聚糖酶、澱粉酶或乳化劑的功能並不相同。下表以功能邏輯比較不同工具在烘焙中的角色，方便研發或生產人員理解 GOX 的定位。

改良工具	主要作用方向	對麵糰的典型影響	與葡萄糖氧化酶的差異
葡萄糖氧化酶 (GOX)	產生氧化環境，促進蛋白質與多醣交聯	強化麵糰、降低黏性、改善氣體保持	依賴葡萄糖與氧氣，效果與攪拌及配方條件高度相關
抗壞血酸	氧化還原系統中的麵糰強化劑	增加麵糰強度與發酵穩定性	非酵素；常與 GOX 在配方中呈現互補或協同討論 [6]
木聚糖酶	改變阿拉伯木聚醣結構與水分分布	改善麵糰操作性、體積與組織	偏向多醣水解與水分管理，不是以產生過氧化氫為主
$\alpha$ -澱粉酶	水解澱粉，提供可發酵糖與影響老化	改善發酵、上色、柔軟度與貨架期	主要作用於澱粉；可能間接提供 GOX 可利用的糖源
乳化劑	影響氣泡界面、澱粉與麩質相互作用	改善體積、柔軟度與切片性	非酵素；通常屬於物理界面與結構穩定工具

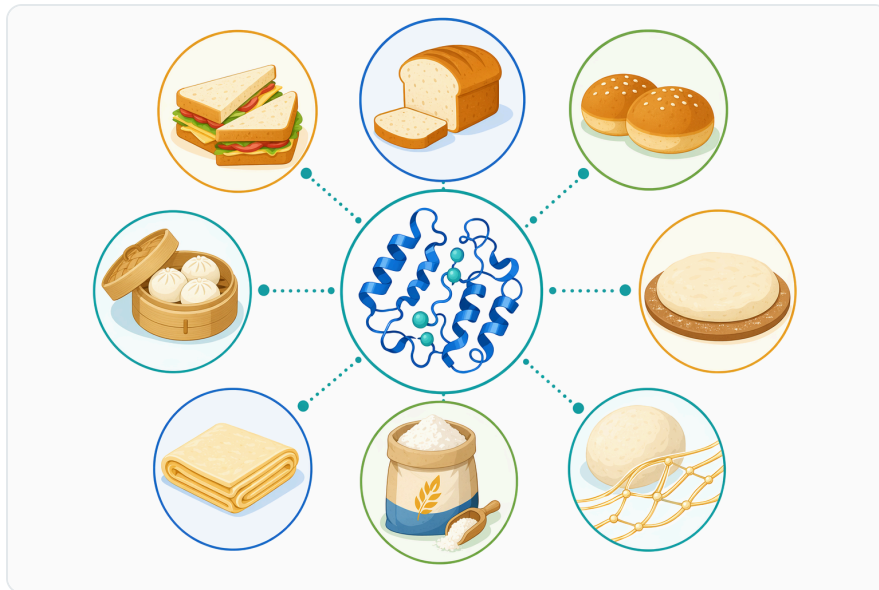
這張比較表的重點是：GOX 應被視為「氧化交聯型」工具，而不是萬用麵包改良劑。若配方的主要問題是澱粉老化太快，可能需要澱粉酶或乳化系統；若問題是全穀麩皮干擾麵筋，可能需要同時處理吸水、粒徑與多醣系統；若問題是攪拌不足或發酵失控，單靠 GOX 也不一定能修正。

## 適合的烘焙應用情境

### 白吐司、餐包與漢堡胚

在白吐司、餐包與漢堡胚等高比例小麥粉產品中，葡萄糖氧化酶常被用來改善麵糰強度、整形穩定性與成品組織。這些產品通常要求內部孔洞均勻、體積穩定、外形飽滿，且要能承受分割與整形過程中的機械應力；GOX 所帶來的交聯效果，能支援麵糰在發酵與烘烤膨脹時維持結構 [7]。

對工廠型吐司生產而言，麵糰太黏會造成設備沾黏與重量誤差，麵糰太弱則可能造成頂部塌陷或切片組織不均。GOX 的價值在於改善麵糰的「加工手感」與「結構容忍度」，讓麵糰在標準化製程下更容易維持一致表現。



**Figure 4.** 研究與應用案例支持葡萄糖氧化酶可用於小麥麵包、饅頭、全麥麵糰、冷凍麵糰系統，以及部分無麩質配方。

## 冷凍麵糰與延遲發酵系統

冷凍麵糰或延遲發酵系統對麵糰結構要求更高，因為冷凍、解凍與長時間低溫儲存可能破壞麩質網絡與酵母活性。雖然 GOX 不是冷凍穩定劑，但其對麵糰網絡的強化效果，可能有助於減少結構在加工與儲存過程中的弱化。實際效果仍需與麵粉筋性、酵母耐受性、油脂比例與冷凍條件一起評估。

在延遲發酵產品中，過度延展與氣泡合併是常見問題。GOX 透過提升麵糰強度，可能讓麵糰在較長製程中保持較好的氣體保留性；但若氧氣在早期已被消耗，後段反應不應被假設為持續發生。這也是使用 GOX 時必須理解反應時機的原因。

## 全穀、高纖與營養強化麵包

全穀粉、麩皮、種子粉、植物蛋白與膳食纖維常會降低麵糰延展性與氣體保持能力，使成品更緊實或體積下降。GOX 在這類配方中可作為結構補強工具之一，透過氧化交聯協助麵筋與多醣系統形成更穩定的網絡。相關烘焙文獻也將氧化型酵素納入高纖麵包品質改善的技術討論 [5]。

不過，高纖產品的挑戰往往不只來自麵筋不足，也包括吸水競爭、顆粒破壞氣泡壁、澱粉糊化受限與口感粗糙。GOX 可支援麵糰強化，但不能取代對吸水量、攪拌時間、纖維前水合與發酵條件的調整。

## 使用時應理解的製程因素

### 氧氣是關鍵，不只是添加量

GOX 反應需要氧氣，因此攪拌方式與混入空氣的程度會影響其功能。高速攪拌、螺旋攪拌、真空攪拌或低氧環境都可能改變麵糰中氧氣供應，使同一配方出現不同反應強度。這也是為什麼 GOX 在不同工廠、不同設備或不同批次中可能表現不同，而不能只用固定添加概念推論結果。

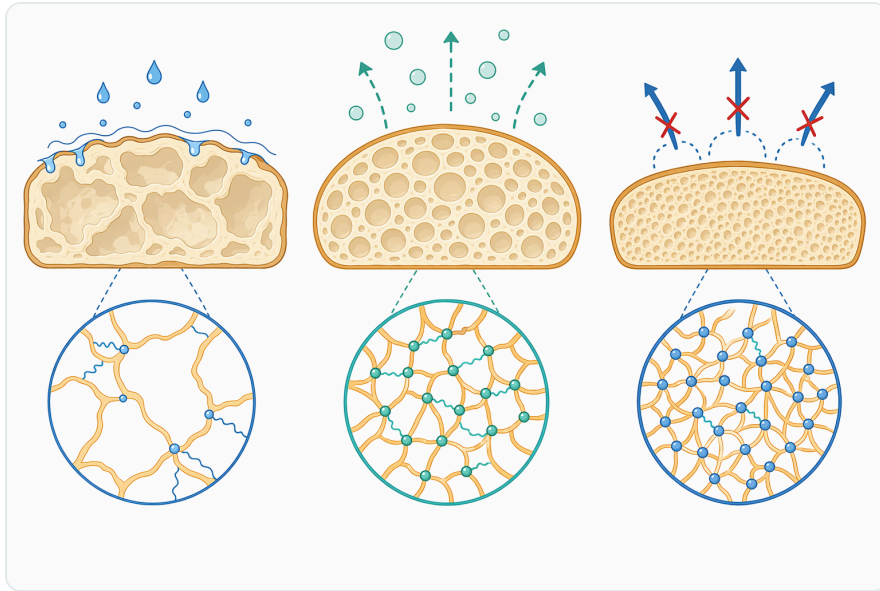


Figure 5. 當氧化作用能改善黏彈性平衡，而不會讓麵糰緊實到難以膨脹時，葡萄糖氧化酶最為有用。

### 糖源與其他酵素會改變反應背景

葡萄糖是 GOX 的主要底物；若配方中可利用葡萄糖不足，反應可能受限。另一方面，若配方同時使用澱粉酶，澱粉水解可能增加可利用糖源，進而改變 GOX 的反應背景。研究中也常將 GOX 與澱粉酶、抗壞血酸等系統一起討論，反映烘焙改善常是多因素互動的結果 [6]。

### 過度強化也可能造成負面口感

麵糰強化不是越多越好。若氧化交聯過強，麵糰可能變得過緊、延展不足，導致成形困難、體積受限或內部組織偏密。這種情況在本身筋性較強、配方含水不足或攪拌能量偏高的系統中尤其需要注意。GOX 的合理角色，是把麵糰調整到更穩定的工作區間，而不是追求最大化氧化。

### pH、溫度與水分會影響酵素活性

和其他食品酵素一樣，GOX 的反應會受 pH、溫度、水活性與離子環境影響。甜麵包、高油脂麵糰、酸種麵包、冷凍麵糰與全穀麵糰的環境條件不同，因此 GOX 的表現也可能不同。這些變因使得葡萄糖氧化酶更適合被視為「配方系統的一部分」，而不是單獨的品質保證工具。

## 除烘焙外的食品相關用途

雖然本文聚焦麵粉與麵糰改良，葡萄糖氧化酶在食品領域也有其他用途。由於它能消耗氧氣與葡萄糖，GOX 可用於降低某些食品系統中的氧氣含量，或減少葡萄糖參與褐變反應的機會；這些應用背後仍是同一個葡萄糖氧化反應 [8]。在蛋粉、飲料或包裝相關系統中，GOX 的目的通常不再是強化麵糰，而是管理氧氣或葡萄糖帶來的品質變化。

近年也有研究將 GOX 與包埋、固定化、奈米材料或食品安全應用結合，例如以載體保護酵素、調控釋放或延伸其在食品系統中的功能 [9]。這些方向顯示 GOX 的反應特性仍具有開發價值，但烘焙用產品的實際應用仍應回到麵糰配方與製程需求。

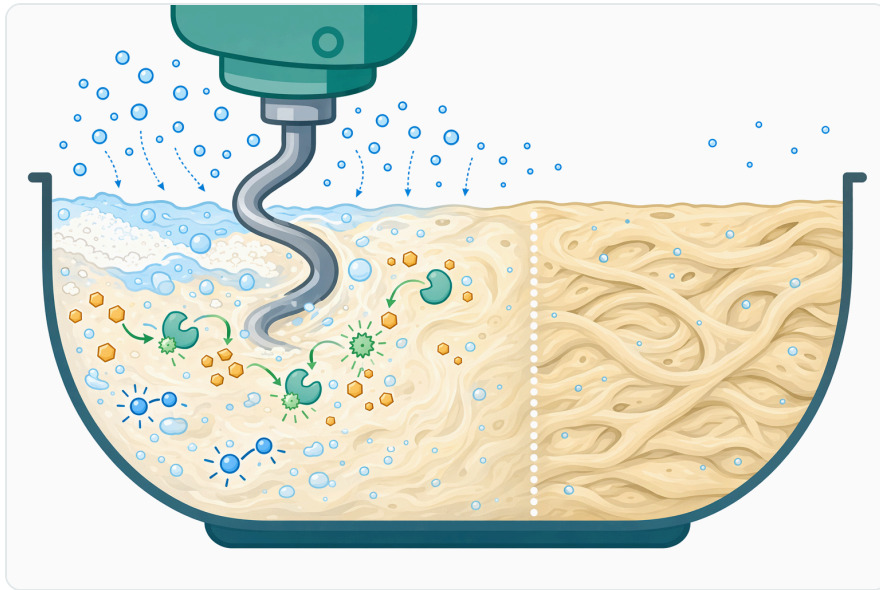


Figure 6. 攪拌會供應葡萄糖氧化酶作用所需的氧氣，因此此酵素在麵糰形成初期最具影響力。

## 證據強度與可合理主張的範圍

主題	證據狀態	可合理表述	應避免的延伸
GOX 是食品與工業常用氧化還原酵素	強	可用於食品、檢測、除氧與生物技術等領域 [1]	不應宣稱所有來源或製劑表現相同
烘焙中可強化麵糰	中至強	可改善麵糰強度、彈性與加工穩定性 [3]	不應保證所有配方都有同等體積提升
作用來自過氧化氫形成的氧化環境	強	以葡萄糖與氧氣為底物，產生氧化交聯條件 [2]	不應描述為無需氧氣即可作用

主題	證據狀態	可合理表述	應避免的延伸
可改善麵包品質	中至強	研究支持其影響麵糰流變與麵包品質 [4]	不應把研究結果直接轉成固定商業效果
與其他酵素或改良劑有互動	中	可與抗壞血酸、澱粉酶等系統共同影響品質 [6]	不應假設所有組合都呈現協同
高纖、全穀配方應用	中	可作為結構補強工具之一 [5]	不應忽略吸水、粒徑與纖維來源差異
人體健康或血糖宣稱	不建議延伸	可作為加工助劑或配方功能工具理解	不應宣稱食用後可控制血糖或提供醫療效果

## Enzymes.bio 供應資訊與文件定位

Enzymes.bio 供應烘焙用葡萄糖氧化酶品項，適合希望在線上以 1 kg 單位購買的食品加工與烘焙應用使用者。CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，作為產品批次與安全資訊文件；由於 Enzymes.bio 不是製造商或實驗室，本文不提供製造端活性定義、分析方法或製程規格。

對使用者而言，較務實的理解方式是：葡萄糖氧化酶是一種可支援麵糰氧化交聯的酵素工具，適合放在麵粉品質、吸水量、攪拌能量、發酵控制與其他改良系統的整體框架中評估。它可以幫助麵糰更穩定、更有彈性、較不黏手，並改善氣體保持與組織均勻度；但最終結果仍取決於配方與製程，而不是酵素本身單獨決定。

## 結論：GOX 的價值在於麵糰結構管理

葡萄糖氧化酶在烘焙中的主要價值，是透過葡萄糖與氧氣反應產生過氧化氫，建立可促進蛋白質與多醣交聯的氧化環境。這種機制能支援麵糰強化、降低黏性、改善氣體保持與提升製程穩定性，因此特別適合吐司、餐包、漢堡胚、全穀麵包與自動化產線等需要穩定麵糰結構的應用。

不過，GOX 不是萬能改良劑，也不應被用來做健康功效宣稱。它的效果取決於葡萄糖、氧氣、麵粉品質、攪拌方式、水分、pH、溫度與其他配料的共同作用；最可信的應用方式，是把它視為烘焙配方中的「氧化交聯型麵糰管理工具」，用於支援更穩定、更可預期的製程與成品質地。

## 線上訂購 Glucose Oxidase 10,000 U/G Bread Flour Product Baking Food Grade

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 10,000 U/G Bread Flour Product Baking Food Grade →](#)

## 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. Bauer, J. A., Zámocká, M., Majtán, J., & Bauerová-Hlinková, V. (2022). Glucose Oxidase, an Enzyme “Ferrari” : Its Structure, Function, Production and Properties in the Light of Various Industrial and Biotechnological Applications. *Biomolecules*, 12.
3. Dağdelen, A. F., & Gocmen, D. (2007). EFFECTS OF GLUCOSE OXIDASE, HEMICELLULASE AND ASCORBIC ACID ON DOUGH AND BREAD QUALITY. *Journal of Food Quality*, 30, 1009-1022.
4. Vukic, M., Hadnađev, M., Tomić, J., & Mastilović, J. (2013). Alveograph and Bread Making Quality of Wheat Dough as Affected by Added Glucose Oxidase.
5. Gadallah, M. G., & Aljalisi, A. I. (2025). Enzymatic Improvers as Natural Alternatives to Chemical Additives in Bread-Making. *The Egyptian Science Magazine*.
6. Kriaa, M., Ouhibi, R., Graba, H., Besbes, S., Jardak, M., & Kammoun, R. (2016). Synergistic effect of Aspergillus tubingensis CTM 507 glucose oxidase in presence of ascorbic acid and alpha amylase on dough properties, baking quality and shelf life of bread. *Journal of food science and technology*, 53, 1259-1268.
7. Glucose Oxidase. *Bakerpedia*.
8. Paloyan, A., Dukova, K. G., & Hambardzumyan, A. (2023). Characterization of glucose Oxidase from Penicillium chrysogenum MDC 8358: Prospects for application in food industry. *Functional Foods in Health and Disease*.
9. Yang, S., Feng, M., Xu, J., Deng, Z., & Zhang, H. (2024). Encapsulation, characterization and in vitro releasing of xylanase and glucose oxidase (GOD) into cellulose nanocrystals stabilized three-layer microcapsules. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135515 .


## 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

© 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。