

葡萄糖氧化酶 (Glucose Oxidase) 用於烘焙業：改善麵團強度、麵包體積與製程穩定性的酵素方案

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

葡萄糖氧化酶 (Glucose Oxidase, GOx) 在烘焙中的核心用途，是利用麵團中的葡萄糖與氧氣生成葡萄糖酸內酯 / 葡萄糖酸與過氧化氫，進而促進麵筋蛋白氧化交聯，使麵團更有彈性、耐攪拌並提升氣體保持能力。對麵包、吐司、漢堡胚、冷凍麵團與全麥配方而言，GOx 可作為減少傳統化學氧化劑依賴的生物性麵團改良工具，但實際效果仍取決於麵粉品質、配方含糖量、攪拌強度、發酵條件與整體酵素系統。Enzymes.bio 提供的「Glucose Oxidase Enzyme For Bakery Business」以 1 kg 單位在線上銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供；Enzymes.bio 為供應商，並非製造商或實驗室。

產品定位：烘焙用葡萄糖氧化酶不是「膨鬆劑」，而是麵團氧化改良工具

葡萄糖氧化酶是一類黃素蛋白酵素，通常以 β -D-葡萄糖為主要底物，並以分子氧作為電子受體；在食品與生物技術領域，它因能同時消耗氧氣並產生過氧化氫而被廣泛研究與應用^[1]。在烘焙場景中，GOx 的價值不在於直接產氣，也不是像酵母一樣發酵糖生成二氧化碳，而是透過改變麵團的氧化還原環境，影響蛋白質網絡與麵團流變性。

對商業烘焙廠而言，麵團穩定性通常比單次實驗室結果更重要：同一配方可能因麵粉批次、蛋白含量、灰分、破損澱粉、吸水率或全麥麩皮比例不同而出現攪拌耐受性下降、發酵後塌陷、爐彈不足或切片組織不均。近年的烘焙酵素綜述將 GOx 列為可用於麵團強化與貨架期相關品質改善的酵素之一，並指出酵素已從單一添加物轉向多酵素、配方化與製程導向的應用^[2]。

Enzymes.bio 所供應的 Glucose Oxidase Enzyme For Bakery Business 屬於烘焙業使用的酵素製劑，適合用於產品開發、配方調整與量產線導入評估。需要明確區分的是，Enzymes.bio 是供應商與線上銷售平台，不是原始製造商，也不是檢測實驗室；因此本文聚焦公開文獻中的作用機制、應用邏輯與實務注意事項，而不提供製造配方、活性單位定義或檢驗方法說明。

GOx 的核心反應：葡萄糖、氧氣與過氧化氫如何連到麵筋結構

GOx 催化的典型反應可簡化為：葡萄糖在氧氣存在下被氧化，生成葡萄糖酸內酯，後者可進一步水解為葡萄糖酸；同時，氧氣被還原為過氧化氫。這個反應說明了 GOx 在烘焙中的兩個關鍵功能：一是消耗麵團中的氧氣，二是提供可參與氧化反應的過氧化氫^[1]。

在麵團中，過氧化氫可促進麵粉蛋白中的巰基 (–SH) 氧化，增加二硫鍵或其他氧化交聯，使原本較鬆散的蛋白質網絡更連續。當麵筋網絡形成得更完整，麵團通常會表現出較好的耐攪拌性、彈性與氣體保持能力，這些性質與麵包體積、孔洞均勻性與切片完整性密切相關。全麥麵團研究顯示，GOx 可影響麵團組成、流變特性與微觀結構，尤其在麩皮與非澱粉多醣干擾麵筋形成的情境下具有工藝意義^[3]。

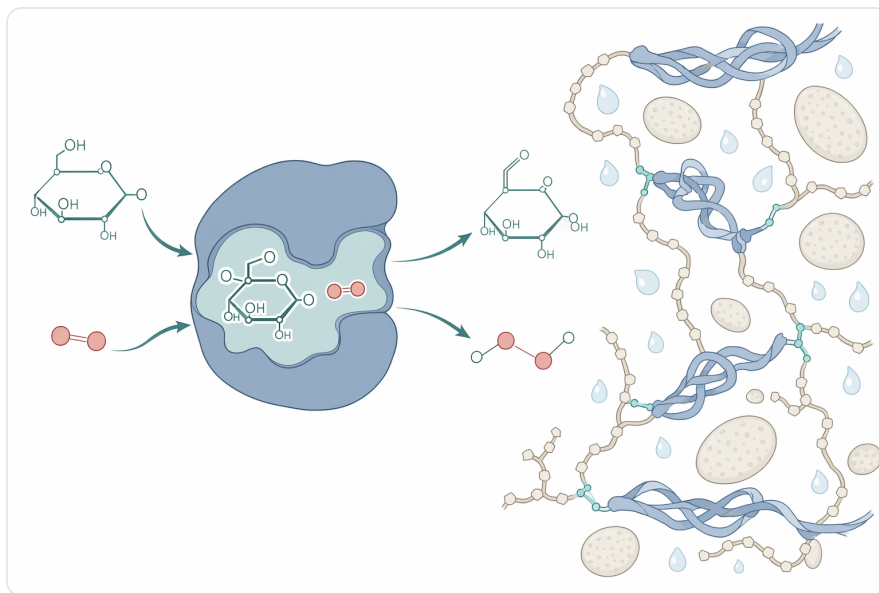


Figure 1. 葡萄糖氧化酶會將葡萄糖與氧氣轉化為葡萄糖酸和過氧化氫，而過氧化氫可促進強化麩質的氧化作用。

GOx 反應也會生成葡萄糖酸，可能使局部 pH 發生變化；這不一定是負面效果，但會讓配方更依賴整體平衡。若麵團中可利用糖、酵母量、鹽、乳化劑、有機酸或其他酵素同時存在，pH、氧化程度與發酵速度可能彼此牽動。因此，GOx 的效果通常不是線性增加，而是存在一個「足以強化麵團、但不致過度氧化」的操作窗口^[2]。

烘焙應用中的主要效益

改善麵團強度與攪拌耐受性

工業攪拌會同時帶入氧氣並施加剪切力，這正是 GOx 可發揮作用的階段。當麵筋在水合、延展與排列過程中遇到適量氧化環境，蛋白質網絡可變得更緊密，麵團在攪拌終點附近較不容易突然軟化或斷裂。以全麥麵團為例，研究指出 pentosanase 與 GOx 會改變麵團中可溶性組分、流變行為與微觀結構，反映不同酵素可透過碳水化合物與蛋白質路徑共同影響麵團表現^[3]。

對量產線而言，這種改善的價值常體現在操作容忍度：攪拌時間略有波動、麵團溫度略高、麵粉吸水略變時，配方仍能維持較一致的成形與發酵表現。不過，GOx 強化麵團的效果並不代表所有配方都會更柔軟；若氧化過度，麵團可能變得偏緊、延展不足，甚至影響整形與爐內膨脹。

提升氣體保持與麵包體積

麵包體積不是單靠酵母產氣決定，還取決於麵團能否在發酵與烘烤初期保留氣體。GOx 促進的氧化交聯可提高麵筋網絡承受膨脹壓力的能力，使氣泡壁較不容易破裂。近年烘焙酵素研究將 GOx 與麵團發展、體積改善、組織調整及保存品質連結，顯示其在麵包品質管理中屬於成熟且持續被研究的工具^[2]。

在實務上，這種效益較常見於需要強化骨架的產品，例如吐司、餐包、漢堡胚、冷凍麵團、全麥麵包或使用較弱筋麵粉的配方。相反地，若產品本身追求極高延展性、開放式孔洞或低氧化風味，GOx 的加入方式就必須更謹慎，避免讓麵團過度緊實。

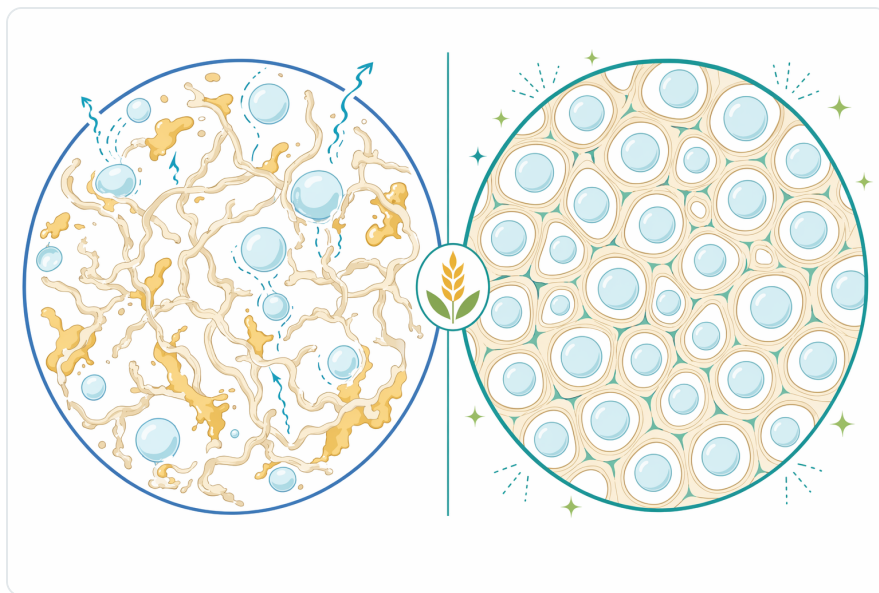


Figure 2. 受控的氧化作用可使較弱、黏手的麵團轉向更緊密連結的麩質網絡，並提升保氣性。

改善全麥與高纖配方的加工性

全麥粉中的麩皮、可溶性與不溶性阿拉伯木聚糖會干擾麵筋連續性，也會競爭水分，使麵團更黏、更易裂或更難保氣。GOx 在全麥配方中的意義，是透過蛋白質交聯補強被麩皮削弱的網絡；若與木聚醣酶或戊聚醣酶搭配，還可能同時改善水分分布與麵團流變性。全麥麵團研究顯示，xylanase 與 GOx 會影響麵團液相組成與泡沫性質，代表它們不只作用於固態麵筋，也會改變氣泡界面與液相黏彈特徵 [4]。

這對高纖麵包、雜糧麵包與營養強化配方特別重要。許多健康導向配方會加入麩皮、種子粉、豆粉或其他非小麥原料，這些材料常降低麵筋連續性；GOx 可作為配方工具之一，但通常需要與水量、攪拌能量、發酵時間及其他酵素一起平衡。

協助減少部分化學氧化劑的依賴

傳統烘焙中，抗壞血酸等氧化型改良方式常用於提升麵團強度。GOx 的吸引力在於它以酵素反應在麵團內原位生成氧化條件，可支援成分簡化或「酵素改良」方向的产品設計。2024 年烘焙酵素綜述指出，酵素在現代烘焙中的角色已涵蓋麵團發展、質地調整、貨架期品質與加工效率，而非只是一種添加物替代品 [2]。

不過，GOx 不能被簡化為所有氧化劑的一對一替代品。抗壞血酸、GOx、轉麩醯胺酸酶與半纖維素酶的作用路徑不同，對攪拌曲線、延展性、麵包組織和風味的影響也不同。導入 GOx 時，應把它視為配方系統中的氧化調節因子，而不是單一「增大體積」按鈕。

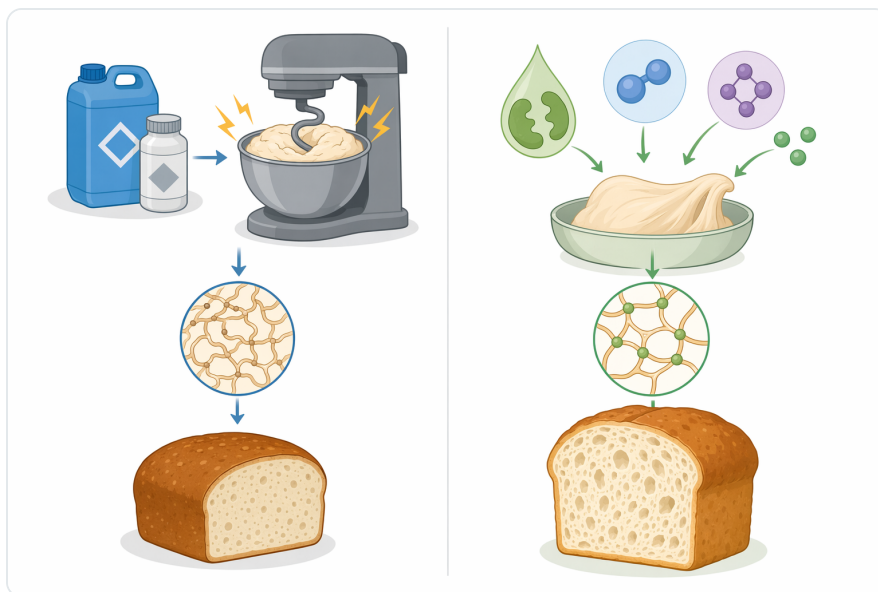


Figure 3. 葡萄糖氧化酶不同於抗壞血酸、化學氧化劑和添加麩質，因為它是在麵團系統內透過酵素作用產生氧化強化效果。

與其他烘焙改良工具的比較

以下比較可協助理解 GOx 在烘焙配方中的定位。表格為機制與應用層面的整理，不代表任一材料必然適用於所有產品。

改良工具	主要作用路徑	常見烘焙目的	優點	可能限制
葡萄糖氧化酶 (GOx)	氧化葡萄糖，消耗氧氣並生成過氧化氫，促進蛋白質氧化交聯	強化麵筋、提升攪拌耐受性、改善氣體保持	酵素反應具配方導向，可支援減少部分化學氧化劑	過度氧化可能使麵團偏緊；受糖、氧氣、pH 與製程影響
抗壞血酸	在麵團氧化環境中轉化並參與氧化還原循環	提升麵團強度與爐彈	成熟、效果明確、操作經驗多	標示與產品定位可能不符合部分少添加訴求
轉麩醯胺酸酶	促進蛋白質之間形成共價交聯	改善蛋白質網絡、增加彈性或咀嚼感	對蛋白質結構影響直接	過量可能造成口感過韌；與麵粉蛋白組成高度相關
木聚醣酶 / 戊聚醣酶	水解阿拉伯木聚醣，改善水分分布與麵團黏彈性	改善全麥或高纖麵團加工性、體積與柔軟度	對麩皮與非澱粉多醣干擾特別有用	過度水解可能使麵團黏軟或結構不足
α-澱粉酶	水解澱粉產生可發酵糖與糊精	改善發酵、上色、柔軟度與老化	對麵包柔軟與保存品質常有幫助	過量可能造成組織發黏或切片困難

GOx 與轉麩醯胺酸酶常被放在一起比較，因兩者都能影響蛋白質網絡，但機制並不相同。全麥麵團研究顯示，轉麩醯胺酸酶與 GOx 均可促進蛋白質聚合，但它們對聚合型態、麵團結構與最終品質的影響路徑不同，因此在配方中不能簡單互換^[5]。

研究證據：從流變、微結構到麵包品質

GOx 在烘焙中的證據主要來自三類研究：麵團流變與微結構研究、全麥或複合麵粉配方研究，以及麵包品質與貨架期相關研究。全麥麵團研究指出，GOx 可改變蛋白質聚合、麵團液相組成與泡沫性質，這些指標都與氣泡穩定、麵團延展與烘焙體積相關^[4]。

在蛋白質層面，GOx 可促進麵筋蛋白之間形成更高分子量的聚合結構。Niu 等人的比較研究將 GOx 與轉麩醯胺酸酶並列分析，指出兩種酵素皆會改變全麥麵團中的蛋白質聚合，但 GOx 的效果更與氧化環境和過氧化氫生成相關^[5]。這類研究支持了 GOx 作為麵筋強化工具的理論基礎。

在應用層面，也有研究將 GOx 固定化於氧化鋅奈米粒子並應用於麵包品質與保存期改善，報告其可影響麵包品質與微生物安全相關指標^[6]。然而，這類固定化奈米材料研究屬於特定研究設計，不能直接等同於一般商用粉狀 GOx 製劑；對烘焙廠來說，較保守的解讀是：GOx 的氧化與抑菌相關機制具有研究基礎，但具體產品宣稱仍需符合食品法規與實際配方驗證。

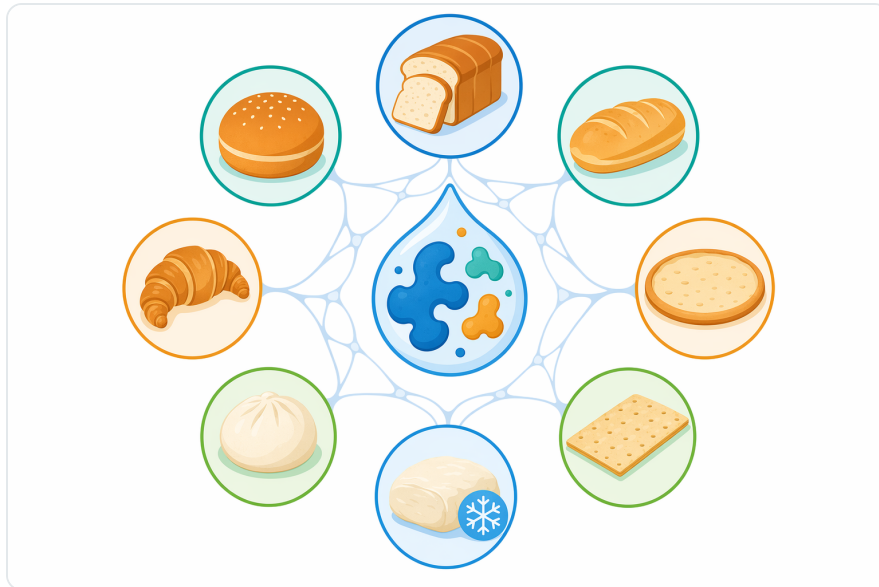


Figure 4. 葡萄糖氧化酶主要適用於依賴平衡保氣性的酵母發酵小麥製品，例如吐司、小餐包、麵包卷和壓延麵團。

關於貨架期，GOx 的潛在貢獻可能來自兩個方向：一是改善麵包結構，使水分分布與組織穩定性更好；二是反應中產生的過氧化氫在特定條件下具有抑菌意義。食品保存研究確實探討過固定化 GOx 在不同食品基質中的應用，包括水果與其他食品保存方向^[7]。但烘焙產品的保存期牽涉水活性、包裝、冷卻衛生、黴菌孢子負荷、防腐策略與通路溫度，不能只憑添加 GOx 就宣稱可延長保存期。

配方與製程中的關鍵影響因素

可利用葡萄糖與糖系統

GOx 需要葡萄糖作為底物；一般麵團中可能來自麵粉本身、澱粉酶作用產物或配方添加糖。若配方中可利用葡萄糖不足，GOx 反應受限；若糖系統與澱粉酶活性較高，GOx 的反應環境又可能更強。因此，不同麵粉、糖添加方式與發酵時間會改變 GOx 的實際效果^[1]。

這也是為什麼相同 GOx 在甜麵包、吐司、法式麵包、冷凍麵團和全麥麵包中的表現可能不同。甜麵團通常含糖、油脂與乳製品較多，麵筋形成受到稀釋與競爭水分影響；GOx 的強化效果可能有幫助，但也需要避免麵團過緊或發酵壓力增加。

氧氣供應與攪拌條件

GOx 的反應需要氧氣，因此攪拌設備、攪拌時間、麵團含水、缸體幾何與投料順序都會影響反應效率。高速攪拌與較強剪切通常會引入更多空氣，也更快建立麵筋網絡；此時 GOx 可能較快發揮氧化作用。相反地，低速短攪、低含水或密閉混合條件可能限制氧氣供應，使效果較不明顯^[2]。

這並不表示必須刻意增加氧氣，而是要理解：GOx 是一個與製程耦合的酵素。當工廠更換攪拌機、放大批量或調整攪拌曲線時，GOx 的表現也可能跟著改變。以生產管理角度看，GOx 導入後應觀察麵團終點、表面張力、延展性、黏手程度與發酵穩定性，而不是只看成品體積。

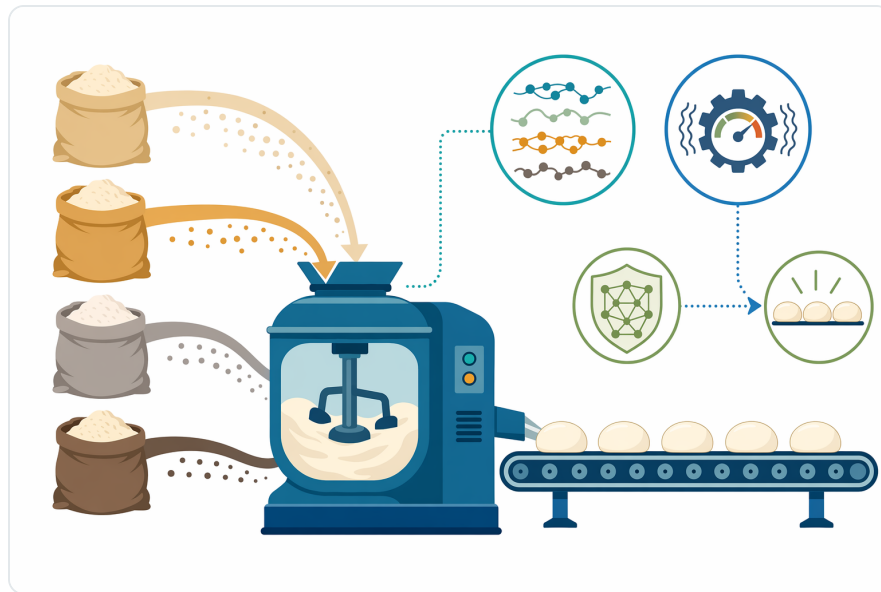


Figure 5. 葡萄糖氧化酶可在麵團發展過程中強化其結構，有助於降低中等程度麵粉差異對加工造成的影響。

pH、鹽與酵母發酵

GOx 生成葡萄糖酸後，可能造成局部酸化；而鹽會影響麵筋與酵母活性，酵母也會競爭糖源並改變氧化還原環境。若 GOx 使用過強，可能使麵團網絡變得過度緊密，讓氣體膨脹受到限制；若發酵較長，酸化與氧化效果也可能累積。因此，GOx 最適合被視為「調整麵團曲線」的工具，而非單純增強劑^[1]。

在冷凍麵團或預發酵產品中，情況更複雜。冷凍會損傷酵母與麵筋結構，解凍後麵團常見出水、弱化與發酵不穩；GOx 可能有助於提高網絡強度，但也可能讓解凍後麵團延展不足。因此，冷凍麵團應特別關注解凍後整形性、醒發高度與烘烤後組織。

與其他酵素搭配的應用邏輯

GOx 很少在現代烘焙中孤立存在。它常與澱粉酶、木聚醣酶、脂肪酶、磷脂酶或蛋白質交聯相關酵素一同出現在麵包改良系統中。烘焙酵素綜述指出，不同酵素分別作用於澱粉、非澱粉多醣、脂質與蛋白質，配方設計的重點是讓多條機制共同改善麵團發展、體積、柔軟度與保存品質^[2]。

例如，全麥麵包可利用木聚醣酶降低麩皮與阿拉伯木聚醣造成的水分束縛，再以 GOx 補強蛋白質網絡。Liu 等人的研究顯示，xylanase 與 GOx 會改變全麥麵團液相組成與泡沫性，代表兩者的交互作用不只發生在麵筋本身，也涉及氣泡界面與液相黏度^[4]。

若與轉麩醯胺酸酶併用，則需要特別注意口感與彈性。轉麩醯胺酸酶透過蛋白質間的共價交聯增加網絡強度，而 GOx 透過氧化環境促進蛋白質聚合；兩者若同時過強，可能使麵包咀嚼感偏韌或體積受限。比較研究已指出兩者雖都能促進蛋白聚合，但作用模式與品質結果不同^[5]。



Figure 6. 此酵素的效果取決於相互連動的製程環境，包括葡萄糖供應、攪拌時氧氣的帶入、水分、發酵與配方平衡。

安全、法規與操作注意事項

食品酵素的安全性需要依來源菌株、製程、使用條件與法規地區判定。歐洲食品安全評估曾針對來自基因改造 *Aspergillus oryzae* 菌株的葡萄糖氧化酶進行安全評估，結論是基於其評估條件與資料，該食品酵素在預期用途下不引起安全疑慮^[8]。這類文獻可支持 GOx 作為食品酵素的安全評估框架，但不能自動替代特定商業批次或各市場法規要求。

對工廠操作而言，酵素製劑本質上是蛋白質，粉末型產品可能造成粉塵暴露；職場中應避免吸入粉塵、長時間皮膚接觸或眼睛接觸，並依隨訂單提供的 SDS 進行儲存與處理。CoA 與 SDS 會隨 Enzymes.bio 訂單一併提供，便於企業內部留存與品保文件管理。

在標示與宣稱方面，GOx 可作為烘焙酵素或加工助劑的使用方式，實際標示取決於銷售市場法規、產品類別、殘留狀態與當地主管機關要求。若產品訴求「少添加」、「不使用特定化學氧化劑」或「延長保存」，應以合法標示與實際驗證資料為基礎，而不是只依據酵素機制推論。

Enzymes.bio 供應形式與文件說明

Enzymes.bio 的 Glucose Oxidase Enzyme For Bakery Business 以 1 kg 單位在線上直接銷售，適合烘焙業者、食品開發團隊或配方應用單位作為商業採購與內部評估使用。本文不提供具體活性數值、活性單位定義、檢驗方法或等級描述；這些資訊應以實際隨貨文件與產品頁面標示為準。

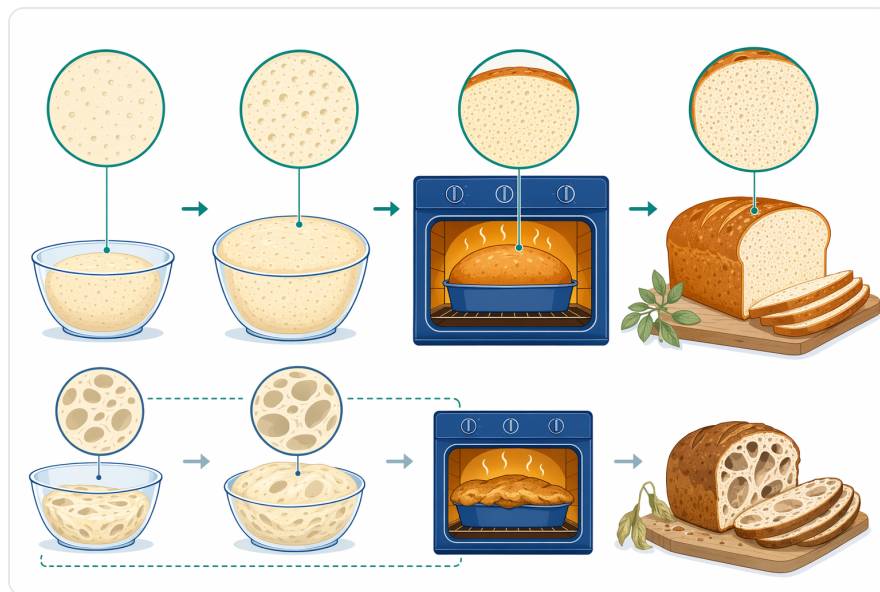


Figure 7. 烘烤前麵團結構改善，可轉化為更均勻的烘焙膨脹與內部組織形成。

需要再次強調，Enzymes.bio 並非製造商或實驗室，因此本文不以「工廠製程」、「內部檢驗」或「原廠研發」口吻描述產品。其角色是供應烘焙用途酵素產品，並於訂單中提供 CoA 與 SDS 等商業文件，以支援客戶的品保留存、入庫管理與安全操作。

導入烘焙配方時的評估重點

實務導入 GOx 時，應從麵團行為與成品品質兩端同時觀察。麵團端可關注攪拌終點、延展性、彈性、黏手程度、醒發穩定性與整形適性；成品端則可比較體積、組織均勻度、外觀對稱性、切片性、口感與儲存後質地變化。這些指標比單一「是否變大」更能反映 GOx 是否真正改善生產穩定性^[2]。

若是全麥或高纖產品，建議特別觀察麵團是否由鬆散轉為可成形、是否降低醒發塌陷、是否改善孔洞粗大與局部密實。全麥麵團研究已顯示 GOx 對流變、組成與微觀結構有可測得影響，這些變化可為工廠評估提供方向，但實際配方仍需以自身原料與設備條件確認^[3]。

若是吐司或漢堡胚等要求均勻細緻組織的產品，GOx 的目標通常是提高氣體保持與結構彈性，而不是追求極端氧化。若成品出現體積下降、麵包邊緣收縮、口感偏硬或孔洞過細，可能代表整體氧化或交聯程度過高，需從配方與製程平衡角度重新調整。

限制與誠實邊界

GOx 的效果高度依賴配方基質。麵粉蛋白品質不足、麵筋形成條件不佳、過度添加麩皮或油脂比例過高時，GOx 可能改善部分結構問題，但無法取代良好的麵粉選擇、適當水合、正確攪拌與發酵管理。烘焙酵素的價值在於放大與穩定既有配方能力，而不是修復所有原料缺陷^[2]。



Figure 8. 葡萄糖氧化酶用於達成平衡的強化效果，因為氧化不足會使麵團偏弱，而氧化過度則可能降低延展性。

GOx 也不應被過度包裝為防腐劑。雖然過氧化氫與氧氣消耗在食品保存研究中具有意義，且固定化 GOx 在不同食品保存應用中受到探討^[7]，但一般麵包保存期仍主要受衛生、包裝、配方水活性、冷卻條件與通路溫度影響。若對外宣稱保存期延長，應有對應產品與市場條件下的數據支持。

最後，GOx 的「天然感」或「酵素方案」不等於可以忽略法規。不同國家或地區對食品酵素、加工助劑、過敏原、標示與有機產品允許物質的要求不同；商業上市前仍需由企業依目標市場完成合規確認。

結論：GOx 適合用於需要麵團強化與穩定量產的烘焙產品

葡萄糖氧化酶是烘焙業中具明確機制基礎的酵素工具：它透過葡萄糖氧化反應生成葡萄糖酸與過氧化氫，進而改變麵團氧化環境、促進蛋白質交聯並改善麵筋網絡。研究顯示，GOx 可影響全麥麵團的流變、微結構、蛋白質聚合與泡沫相關性質，這些都與麵包體積、組織穩定與製程容忍度密切相關^[3]。

對烘焙業者而言，GOx 特別適合評估於吐司、餐包、漢堡胚、全麥麵包、冷凍麵團與需要減少部分化學氧化劑依賴的產品線。其最佳使用方式不是單獨追求「更強」，而是與麵粉品質、糖系統、攪拌、發酵、其他酵素與產品定位共同設計。Enzymes.bio 提供的 Glucose Oxidase Enzyme For Bakery Business 以 1 kg 單位線上銷售，CoA 與 SDS 隨訂單提供；本文則作為烘焙應用與技術理解的教育性資料，協助使用者更準確地評估 GOx 在自身產品中的角色。

線上訂購 Glucose Oxidase Enzyme For Bakery Business

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 Bakery Business →](#)

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. Chowdhury, M. A. H., Sarkar, F., Reem, C. S. A., Rahman, S. M., Mahamud, A. U., Rahman, M., & Ashrafudoulla, M. (2024). [Enzyme applications in baking: From dough development to shelf-life extension](#). *International Journal of Biological Macromolecules*, 137020.
3. Liu, L., Yang, W., Cui, S., Jiang, Z., Chen, Q., Qian, H., Wang, L., ... et al. (2018). [Effects of pentosanase and glucose oxidase on the composition, rheology and microstructure of whole wheat dough](#). *Food Hydrocolloids*.
4. Liu, L., Yuan-Sun, Yue, Y., Yang, J., Chen, L., Ashraf, J., Wang, L., ... et al. (2020). [Composition and foam properties of whole wheat dough liquor as affected by xylanase and glucose oxidase](#). *Food Hydrocolloids*, 108, 106050.
5. Niu, M., Xiong, L., Zhang, B., Jia, C., & Si-Zhao (2018). [Comparative study on protein polymerization in whole-wheat dough modified by transglutaminase and glucose oxidase](#). *Lwt - Food Science and Technology*, 90, 323-330.

6. Khan, J., Khurshid, S., Sarwar, A., Aziz, T., Naveed, M., Ali, U., Makhdoom, S. I., ... et al. (2022). Enhancing Bread Quality and Shelf Life via Glucose Oxidase Immobilized on Zinc Oxide Nanoparticles—A Sustainable Approach towards Food Safety. *Sustainability*.
7. Shouket, S., Khurshid, S., Khan, J., Batool, R., Sarwar, A., Aziz, T., Alhomrani, M., ... et al. (2023). Enhancement of shelf-life of food items via immobilized enzyme nanoparticles on varied supports. A sustainable approach towards food safety and sustainability. *Food Research International*, 169, 112940.
8. Silano, V., Bolognesi, C., Castle, L., Chipman, K., Cravedi, J., Fowler, P., Franz, R., ... et al. (2018). Safety evaluation of the food enzyme glucose oxidase from a genetically modified *Aspergillus oryzae* (strain NZYM-KP). *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 16.

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。