

Glucose Oxidase（グルコースオキシダーゼ）：食品加工・製パン・酸素管理・グルコース検出向け酵素原料

Enzymes.bioリサーチチーム・ニュージーランド・ウェリントン・June 18, 2026

Glucose oxidase（グルコースオキシダーゼ、GOx/GOD）は、 β -D-グルコースを酸化してD-グルコノ- δ -ラク톤を生じ、同時に酸素を消費して過酸化水素を生成するフラビン酵素です。この反応により、食品・飲料の酸素低減、グルコース除去、製パンでの酸化的生地改良、グルコース検出、固定化酵素システムなどに利用されます^[1]。

Enzymes.bioは製造業者・研究所ではなく、Glucose Oxidaseを1kg単位でオンライン直接販売する酵素供給業者であり、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

Glucose Oxidaseの中核機能：グルコース酸化、酸素消費、 H_2O_2 生成

Glucose Oxidaseの基本反応は、酵素内部のフラビン補因子を介した二段階の酸化還元サイクルとして理解できます。まず β -D-グルコースが酸化され、酵素中のFADが還元型へ変化し、生成物としてD-グルコノ- δ -ラク톤が生じます。次に、還元型フラビンが分子状酸素によって再酸化され、その過程で過酸化水素が生成します。D-グルコノ- δ -ラク톤は水中でグルコン酸へ変化するため、実用系では「グルコース低減」「酸素低減」「グルコン酸生成」「過酸化水素生成」が同時に進む酵素反応として扱われます^[1]。

この同時性が、GOxを単なる糖分解酵素ではなく、食品品質、酸化還元環境、微生物制御、分析シグナルをつなぐ産業用酵素にしています。たとえば、酸素が品質劣化に関わる飲料・油脂含有食品・包装系では酸素消費が有利に働き、製パンでは生成した過酸化水素がタンパク質や多糖の酸化的架橋に関与します。一方、グルコース検出では、生成する H_2O_2 または酸素消費を測定信号に変換することで、determination of glucose by glucose oxidase、すなわちglucose oxidase法の基礎になります^[2]。

反応機序を工程目線で読む

FADを介した酸化還元サイクル

GOxは代表的なフラビン酸化酵素であり、活性中心で糖の酸化と酸素の還元を結びつけます。工程上重要なのは、酵素がグルコースだけでなく酸素にも依存する点です。グルコースが十分に存在しても、酸素供給が制限される厚い生地、粘性の高いシロップ、充填後の低酸素包装、固定化担体内部では、反応速度が見かけ上低下し得ます。逆に、酸素移動が十分であれば、グルコース消費とH₂O₂生成がより進みやすくなります^[3]。

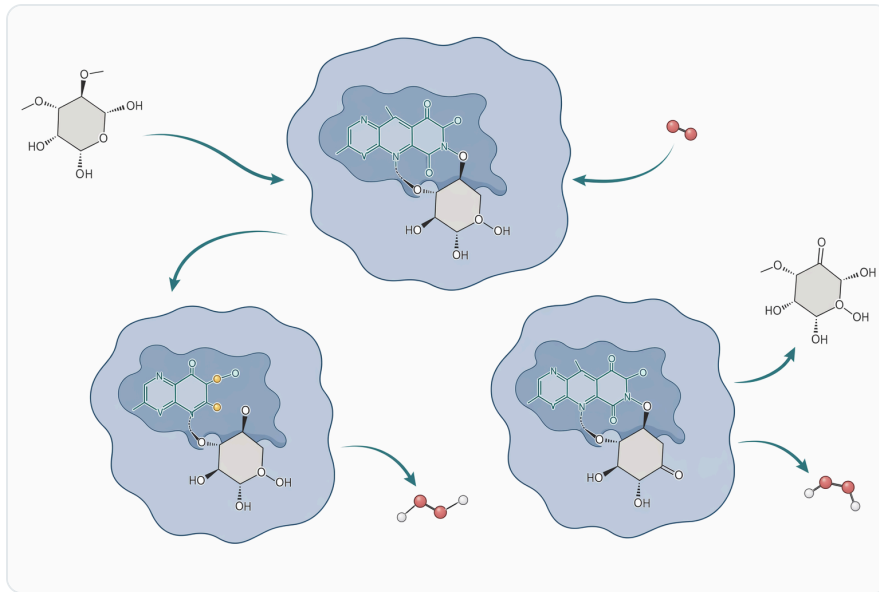


Figure 1. グルコース 산화효소는 산소를 이용해 베타-D-글루코스를 산화하여 글루코노락톤과 과산화수소를 생성한다.

この酸素依存性は、GOxを食品・包装で酸素スカベンジャー的に使う場合の利点であると同時に、分析用途では設計上の制約にもなります。古典的なグルコースセンサー研究では、GOx反応を電気化学的に読み取る際、酸素分圧、過酸化水素の蓄積、膜を通じた拡散、長期安定性が重要な課題として扱われてきました^[4]。そのため、GOxは反応式だけで評価するのではなく、基質供給、酸素移動、生成物処理、担体または食品マトリックスとの相互作用を含めて設計する必要があります。

pH依存性と「glucose oxidase isoelectric point」の意味

GOxのpH依存性は、活性中心残基のプロトン化状態、フラビンの酸化還元、基質結合、生成物放出に関わります。近年のpH依存的活性機構の研究では、GOxが典型的なフラビタンパク質として、pHに応じて触媒ステップのバランスを変えることが議論されています^[5]。実務的には、最適pHを単一の固定値として暗記するより、使用する食品・飼料・反応液・担体のpHが、グルコース酸化とH₂O₂生成の両方に影響する点を把握する方が重要です。

関連検索でよく見られる「glucose oxidase isoelectric point」は、主に固定化、吸着、膜材料、タンパク質の表面電荷を考える場面で意味を持ちます。等電点付近ではタンパク質の正味電荷が小さくなり、担体表面への吸着、凝集傾向、拡散、局所pHの影響が変わり得ます。固定化GOxの産業応用レビューでは、担体、孔径、表面官能基、酵素の保持状態が反応効率や安定性に大きく関与することが整理されています^[6]。ただし、等電点は由来、精製状態、糖鎖、配合環境によって扱いが変わるため、一般論だけで工程性能を予測することはできません。

glucose oxidase inhibitorsをどう理解するか

「glucose oxidase inhibitors」と検索されることがありますが、産業工程で問題になるのは、必ずしも特定の阻害剤名だけではありません。GOxの見かけの働きを抑える要因には、酸素不足、過酸化水素の蓄積、pHの不一致、水分活性の低さ、粘度や担体内部での拡散制限、金属イオンや還元性成分との相互作用などがあります。メソポーラスシリカ中に固定化したGOxの輸送・反応モデル研究でも、基質輸送と反応が同時に制御因子になることが示されています^[3]。



Figure 2. 산업용 글루코스 산화효소 공정은 식품 및 진단 분야에서 산소 제거 또는 산화 효과를 내기 위해 제어된 투입과 통기를 결합한다.

過酸化水素はGOx反応の有用な生成物ですが、過剰に蓄積すれば酵素、食品成分、色素、香気成分、微生物、包装材料に影響し得ます。そのため、 H_2O_2 を利用したい工程では発生量と反応時間を管理し、 H_2O_2 を残したくない工程ではカタラーゼとの組み合わせが検討されます。GOxとカタラーゼの共固定化によるグルコン酸ナトリウム生産研究では、GOxが生成する H_2O_2 をカタラーゼが分解し、反応環境を整える考え方が示されています^[7]。

主な用途の比較：何を変えるためにGOxを使うのか

用途領域	主な狙い	反応上の中心機能	実務上の注意点	根拠の位置づけ
食品・飲料	酸素低減、品質保持、グルコース低減	O ₂ 消費、グルコース酸化	pH、酸素移動、糖組成、加熱履歴で効果が変わる	応用レビューで広く整理 ^[8]
製パン	生地安定性、酸化的架橋、ボリューム改善	H ₂ O ₂ 生成によるタンパク質・多糖への作用	過酸化が強すぎると生地物性に悪影響の可能性	食品産業用途の一部として確立 ^[6]
乾燥卵・糖含有原料	褐変要因となるグルコース低減	グルコース酸化	水分、酸素、反応時間が制御因子	食品応用として整理 ^[8]
グルコース検出	glucose oxidase法、H ₂ O ₂ またはO ₂ 変化の検出	H ₂ O ₂ 生成、O ₂ 消費	電極・発色系・膜拡散の設計に依存	バイオセンサー研究で蓄積 ^[2]
固定化酵素	再利用性、安定性、連続処理	担体内反応と拡散の組み合わせ	担体表面、孔構造、局所pHが重要	固定化レビュー・モデル研究で議論 ^[3]
飼料関連	腸内酸化還元環境や微生物環境への関与	グルコン酸、H ₂ O ₂ 、O ₂ 消費	動物種、飼料設計、飼養条件で差が出る	応用領域として検討

Application of glucose oxidase in food industry：食品産業での使い分け

食品産業におけるapplication of glucose oxidase in food industryは、「何を除去するか」と「何を生成させるか」で整理すると理解しやすくなります。第一に、GOxはグルコースを減らします。乾燥卵や糖を含む食品原料では、グルコースが加熱・乾燥・保存中の褐変や品質変化に関与する場合があります。GOxによる糖処理は品質保持の一手段になります。第二に、GOxは酸素を消費します。酸素が香味劣化、色調変化、脂質酸化、栄養成分損失に関与するマトリックスでは、酵素的酸素低減が有利に働く場合があります^[8]。

第三に、GOxはH₂O₂を生成します。H₂O₂は抗菌的な環境形成、酸化的架橋、発色反応などに関与しますが、食品中で常に好ましいわけではありません。製パンではこの酸化力が生地改良に寄与し得る一方、飲料や香気成分の繊細な食品では酸化的影響を抑える設計が必要です。GOxは「酸化を起こす酵素」ではありますが、その酸化はグルコースと酸素に依存し、周辺成分や工程条件によって結果が変わります^[6]。



Figure 3. 글루코스 산화효소는 제빵, 산소 제거, 달걀의 당 제거, 항균 시스템, 바이오센서 및 일부 발효 공정에 사용된다.

製パンでのGlucose Oxidase : H₂O₂を利用した生地改良

製パンにおけるGOxの役割は、グルコースを減らすことよりも、むしろH₂O₂生成を通じた酸化的なネットワーク形成にあります。小麦生地では、グルテンタンパク質、アラビノキシラン、その他の生地成分が酸化的条件に反応し、生地の粘弾性、ガス保持性、機械耐性に影響します。GOxは反応中にH₂O₂を発生させるため、化学的酸化剤を直接加えるのとは異なる、酵素反応依存型の生地調整手段として使われます^[6]。

ただし、GOxの効果は単純に添加量を増やせば高まるものではありません。生地中の遊離グルコース、ミキシング時の酸素取り込み、発酵時間、pH、塩、糖、脂質、他の製パン酵素との組み合わせにより、H₂O₂の発生速度と作用点が変わります。過度な酸化は硬さ、伸展性低下、ボリューム低下につながる可能性があるため、GOxは「生地を強くする酵素」としてではなく、「酸化的架橋のタイミングと程度を調整する酵素」として理解する方が実務に適しています^[8]。

グルコース検出：glucose oxidase法と発色・電気化学シグナル

GOxはグルコース検出の代表的な酵素です。glucose oxidase法では、GOx反応によって生じる過酸化水素、酸素消費、pH変化、または電子移動を信号として利用します。電気化学式のグルコースセンサーでは、GOx反応と電極反応を結びつけることで、グルコース濃度を電流応答へ変換します。自己駆動型マイクロ流体グルコースバイオセンサーの研究でも、GOxを組み込んだ反応系がグルコース溶液や血液試料に対する信号生成に利用されています^[2]。

発色系では、glucose oxidase peroxidase chromogen reaktionという表現で検索されるように、GOxがH₂O₂を生成し、ペルオキシダーゼまたはペルオキシダーゼ様触媒が色原体を酸化して発色する流れが基本になります。近年は、白金ナノ粒子担持グラファイト状窒化炭素など、H₂O₂検出や酸化酵素ベースセンシングに使えるペルオキシダーゼ様材料も研究されています^[9]。ここで重要なのは、GOxが「グルコース選択的にH₂O₂を供給する酵素」として機能し、後段の発色または電気化学反応が信号増幅を担う点です。

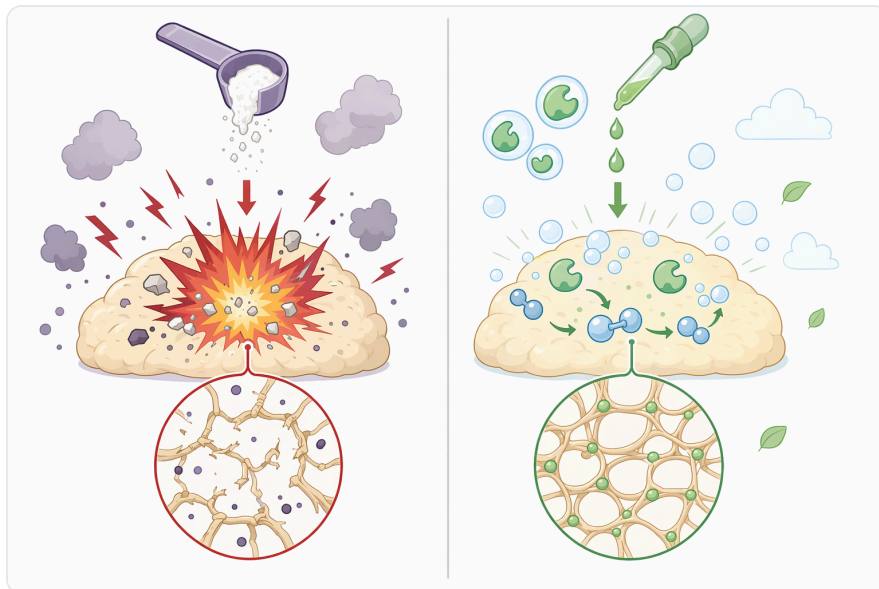


Figure 4. 반죽 강화에서 글루코스 산화효소는 현장에서 과산화수소를 생성함으로써 기존 화학 산화제를 대체하거나 그 사용량을 줄일 수 있다.

固定化GOx：担体内で何が変わるか

GOxは溶液中で使われるだけでなく、シリカ、キトサン、ハイドロゲル、磁性担体、膜、ナノ複合体などに固定化して用いられることがあります。固定化の目的は、酵素の保持、再利用、連続反応、局所反応場の構築、過酸化水素の制御、他酵素との近接配置などです。GOx固定化に関するレビューでは、食品、環境、バイオセンサー、化学品生産など幅広い応用が整理されています^[6]。

固定化で見逃されやすいのは、酵素そのものの活性だけでなく、担体内部へのグルコースと酸素の拡散、生成したH₂O₂とグルコン酸の移動、局所pH、孔径、表面電荷が反応を支配する点です。SBA-15メソポーラスシリカに固定化したGOxの輸送・反応モデル研究では、孔内拡散と酵素反応の結合が性能評価に重要であることが示されています^[3]。この視点は、膜型センサー、固定化食品酵素、連続反応器、包装材料を考える際にも共通します。

ハイドロゲルを使ったGOx固定化では、水を多く含む三次元ネットワーク内に酵素を保持できるため、基質拡散と酵素安定性のバランスを調整しやすくなります。Aspergillus niger由来GOxをポリアクリルアミド系ハイドロゲルへ封入した研究では、安定性や触媒効率の改善が産業応用に向けた観

点から検討されています^[10]。また、GOx自体を機能性ネットワーク材料の構成要素として用いる全酵素ハイドロゲル研究も進んでおり、GOxは単なる添加酵素から、材料機能を担う分子部品へと応用範囲を広げています^[11]。

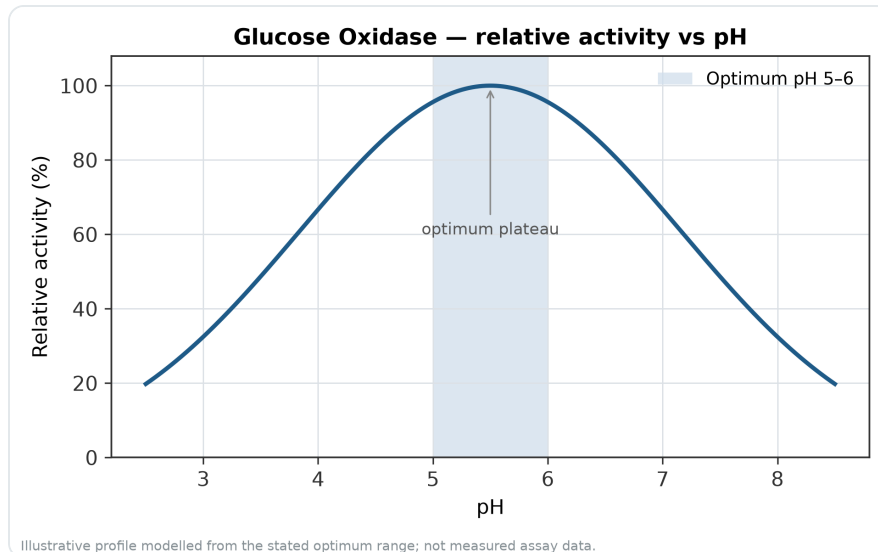


Figure 5. pH에 따른 글루코스 산화효소의 상대 활성으로, pH 5-6에서 최적 활성 구간이 나타난다.

GOxとカタラーゼの組み合わせ：H₂O₂を使うか、分解するか

GOx反応で生じるH₂O₂は、用途によって有効成分にも制御対象にもなります。抗菌補助や製パンではH₂O₂の酸化力が望ましい場合がありますが、グルコン酸塩生産、風味保持、酵素安定性維持、長時間反応ではH₂O₂を分解した方がよい場合があります。カタラーゼはH₂O₂を水と酸素へ分解するため、GOxと組み合わせると、過酸化水素蓄積を抑えつつ酸素を再供給する反応設計が可能になります^[7]。

多孔性磁性キトサンマイクロスフェアにGOxとカタラーゼを共固定化した研究では、グルコン酸ナトリウム生産を目的として、二酵素の近接配置が検討されています^[7]。このような二酵素系では、GOxがグルコースを酸化し、カタラーゼが副生成物であるH₂O₂を処理するため、単独酵素よりも反応環境を保ちやすくなります。食品・分析・バイオプロセスのいずれでも、GOxの価値はH₂O₂を「出す」ことだけでなく、必要に応じて「制御できる」ことにもあります。

バイオエレクトロケミカル応用：電子移動と酵素工学

GOxはバイオエレクトロケミカル応用でも長く研究されてきました。グルコースを酸化する際の電子の流れを電極へ結びつけることで、グルコースセンサー、バイオ燃料電池、自己駆動型デバイスなどの基盤になります。GOx工学に関する研究では、電子移動、酸素依存性、酵素安定性、電極材

料との接続が主要課題として整理されています[1]。

ただし、天然GOxは本来、酸素を電子受容体として利用してH₂O₂を生成する酵素です。そのため、電極へ直接電子を取り出すには、酵素の向き、活性中心と電極の距離、媒介分子、導電性材料、固定化膜の厚みが影響します。埋め込み型グルコースセンサー研究で指摘されてきたように、生体環境では酸素、拡散、膜汚染、長期安定性などが複合的な制約になります[4]。このため、GOxは分析技術の標準的酵素でありながら、デバイス化には材料工学との統合が不可欠です。

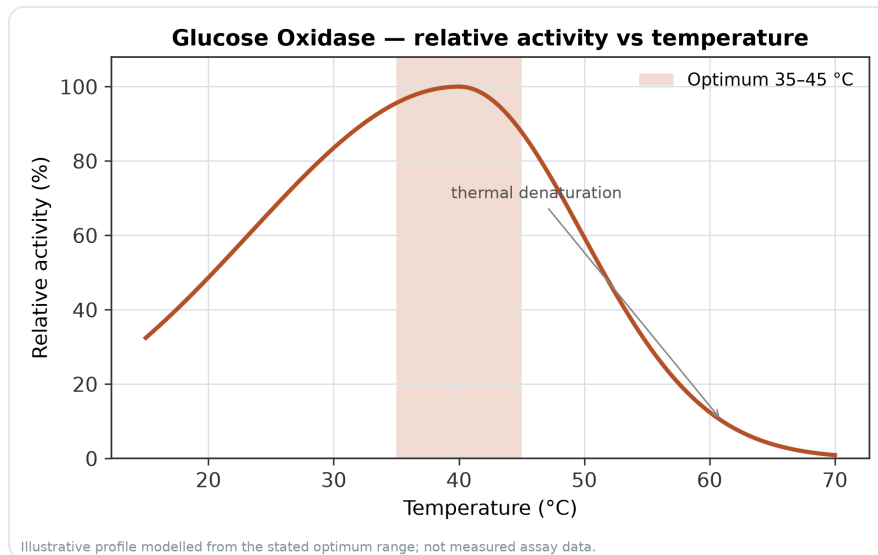


Figure 6. 온도에 따른 글루코스 산화효소의 상대 활성으로, 35–45° C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타난다.

先端研究領域：腫瘍、マイクロニードル、ナノ材料でのGOx

GOxは医療材料やナノ材料研究でも利用されていますが、これらは一般的な産業用酵素原料の用途とは区別して読む必要があります。腫瘍関連研究では、GOxが腫瘍環境のグルコースを消費し、H₂O₂を供給する性質を利用して、フェントン反応、光熱療法、光線力学療法、二酵素カスケードなどと組み合わせる設計が報告されています[12]。

たとえば、Fe(III)/タンニン酸ナノ複合体にGOxを封入して、GOx由来H₂O₂をフェントン反応に結びつける研究や、リポソームGOxを光熱・光線力学療法に組み合わせる研究があります[13]。また、GOxと銅カーボンドット、ヒアルロン酸を自己集合させ、自己供給型H₂O₂による二酵素カスケードを強化する研究も報告されています[14]。これらはGOxの反応機能を高度に利用した研究例ですが、医療効果を一般製品用途として示すものではありません。

グルコース応答性マイクロニードルでも、GOxはグルコース濃度を化学的変化へ変換する要素として検討されています。レビューでは、GOx反応によって生じる局所pH変化やH₂O₂生成を利用し、材料の膨潤、分解、薬物放出に結びつける設計が整理されています^[15]。このような研究はGOxの将来性を示しますが、Enzymes.bioが供給する酵素原料の説明では、医療機器・治療効果としてではなく、研究上の反応原理として扱うのが適切です。

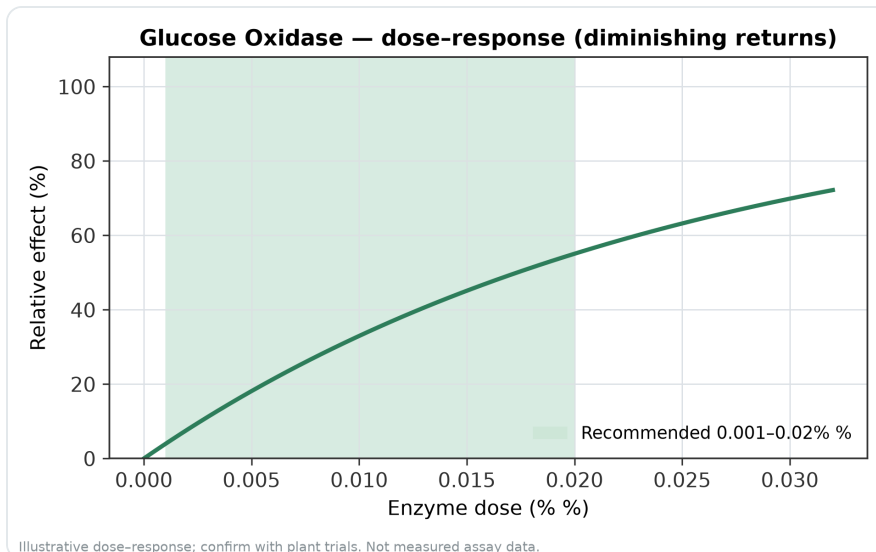


Figure 7. 권장 사용 범위(0.001-0.02%)에서 글루코스 산화효소의 예시적 용량-반응 관계.

飼料・畜産関連での位置づけ

飼料分野では、GOxはグルコース、酸素、過酸化水素、グルコン酸を介して腸内環境に影響し得る酵素素材として検討されています。Enzymes.bioのGlucose Oxidase製品ページも、動物飼料添加物向け酵素原料としての利用文脈を示しています。反応機構から見ると、GOxは腸管内または飼料中で酸素を消費し、グルコン酸を生じ、条件によってH₂O₂を発生させるため、微生物環境や酸化還元状態に関与する可能性があります。

ただし、飼料での効果は、動物種、日齢、飼料組成、腸内微生物叢、水分、通過時間、他の添加素材との組み合わせに左右されます。したがって、GOxを抗生物質の単純な置換物として表現するより、酵素反応を通じて飼料・腸内環境の酸化還元バランスに関わる素材として捉える方が科学的です。供給業者の立場では、用途名だけでなく、GOxの反応が成立する条件を理解したうえで、配合設計側が評価することが重要になります。

Enzymes.bioでの購入導線と製品文書

Enzymes.bioは、Glucose Oxidaseを1kg単位でオンライン直接販売する酵素供給業者です。製品ページから注文でき、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。Enzymes.bioは製造業者でも研究所でもないため、本文では製造工程、独自試験法、活性単位の定義、研究所としての性能保証を示す表現は避け、供給業者としての製品提供に範囲を限定します。

英語圏ではglucose oxidase、日本語ではグルコースオキシダーゼ、中国語・東南アジア圏の検索では用途名と併せて探されることがあり、インドネシア語の購入意図を含む「jual glucose oxidase」のような検索語も見られます。こうした検索の背景にあるニーズは、食品加工、製パン、飼料、分析、研究開発などで使えるGOx原料を入手したいというものです。Enzymes.bioでは、オンラインで1kg単位の購入導線を提供し、注文時の文書提供により、業務利用に必要な基本情報へアクセスできる形を取っています。

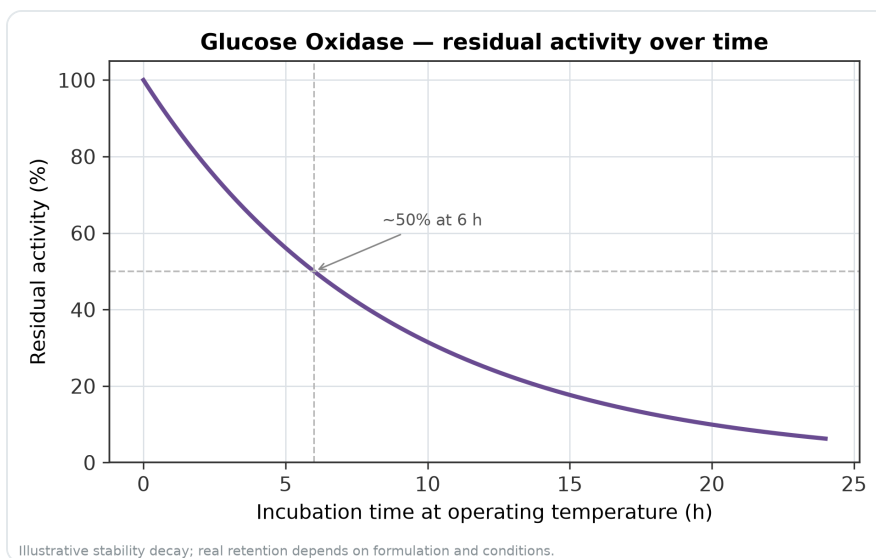


Figure 8. 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소하는 글루코스 산화효소의 예시적 열 안정성 감소.

まとめ：GOxは「糖を酸化する酵素」以上の工程制御ツール

Glucose Oxidaseは、 β -D-グルコースの酸化を起点として、酵素消費、 H_2O_2 生成、グルコン酸生成を同時に引き起こすフラビン酵素です。この反応の組み合わせにより、食品・飲料の酸素管理、乾燥卵などでのグルコース低減、製パンの生地改良、glucose oxidase法によるグルコース検出、固定化酵素反応、飼料関連用途、材料研究へ応用されています^[8]。

実務上の評価では、GOxを「入れれば効く酵素」としてではなく、グルコース、酸素、水分、pH、温度、拡散、 H_2O_2 制御、担体または食品マトリックスとの相互作用で性能が決まる反応システムとして扱う必要があります。特に固定化やセンサーでは、酵素活性そのものに加えて、基質輸送、酸

素供給、生成物拡散、表面電荷、局所pHが結果を左右します^[3]。Enzymes.bioのGlucose Oxidaseは、こうした科学的背景を踏まえて検討できる1kg単位のオンライン販売酵素原料であり、CoAとSDSは注文時に併せて提供されます。

Glucose Oxidaseをオンライン注文

1 kg単位で販売、在庫あり・即出荷可能です。オンラインストアで直接ご注文・決済いただければ、当社でご注文を処理します。すべてのご注文に試験成績書（CoA）と安全データシート（SDS）が付属します。

[Glucose Oxidaseを購入 →](#)

参考文献

初出引用順に番号を付けています。各出典はオープンアクセスで、公開時にアクセス可能であることを確認済みです。本文中の引用番号からこちらにリンクしています。

1. Mano, N. (2019). Engineering glucose oxidase for bioelectrochemical applications. *Bioelectrochemistry*, 128, 218-240 .
2. Escalona-Villalpando, R., Sandoval-García, A., Espinosa - Lumbreras, J., Miranda-Silva, M., Arriaga, L., Minter, S., & Ledesma-García, J. (2022). Design and Evaluation of a Microfluidic Device Such As a Self-Powered Glucose Biosensor Using a Solution of Glucose and Human Blood. *ECS Meeting Abstracts*.
3. Nair, J. J., & Praveen, T. (2026). Semi-analytical Galerkin modeling of glucose transport and reaction in glucose oxidase-immobilized SBA-15 mesoporous silica. *Frontiers in Chemistry*.
4. Thévenot, D. (1982). Problems in Adapting a Glucose-Oxidase Electrochemical Sensor into an Implantable Glucose-Sensing Device. *Diabetes Care*, 5, 184 - 189.
5. Tu, T., Zhang, Y., Yan, Y., Li, L., Liu, X., Hakulinen, N., Zhang, W., ... et al. (2024). Revealing the intricate mechanism governing the pH-dependent activity of a quintessential representative of flavoproteins, glucose oxidase. *Fundamental Research*, 6, 919 - 928.
6. Rajendran, D., Sethi, P., Venkataraman, S., & Vaidyanathan, V. (2026). Immobilization of glucose oxidase for various industrial applications: advances, challenges, and future perspective towards sustainable development goals. *Environmental Technology Reviews*.
7. Liu, Y., Zou, P., Huang, J., & Cai, J. (2022). Co-immobilization of glucose oxidase and catalase in porous magnetic chitosan microspheres for production of sodium gluconate. *International journal of Chemical Reactor Engineering*, 20, 989 - 1001.

8. 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.
9. Yang, G., Chen, Y., Shi, R., Chen, R., Gao, S., Zhang, X., Rao, Y., ... et al. (2023). Platinum Nanoparticles Loaded Graphitic Carbon Nitride Nanosheets with Enhanced Peroxidase-like Activity for H₂O₂ and Oxidase-Based Sensing. *Molecules*, 28.
10. Rukhma, Ali, S., Jahangeer, M., Rehman, M., Liyaqat, I., & Qamar, S. (2024). Entrapment of glucose oxidase from *Aspergillus niger* ISL-09 in poly (acrylamide-co-acrylic acid) hydrogels for improved stability and catalytic efficiency towards industrial applications. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*.
11. Laurent, H., Brockwell, D., & Dougan, L. (2025). Nanomachine Networks: Functional All-Enzyme Hydrogels from Photochemical Cross-Linking of Glucose Oxidase. *Biomacromolecules*, 26, 1195 - 1206.
12. Du, K., Liu, Q., Liu, M., Lv, R., He, N., & Wang, Z. (2019). Encapsulation of glucose oxidase in Fe(III)/tannic acid nanocomposites for effective tumor ablation via Fenton reaction. *Nanotechnology*, 31.
13. Xia, Y., Wu, Y., Cao, J., Wang, J., Chen, Z., Li, C., & Zhang, X. (2022). Liposomal Glucose Oxidase for Enhanced Photothermal Therapy and Photodynamic Therapy against Breast Tumors. *ACS Biomaterials Science & Engineering*.
14. Lu, Y., Zhu, X., Huo, Y., Zhang, H., Yang, Z., Wang, Z., Wu, X., ... et al. (2025). Glucose oxidase/copper-carbon dots/hyaluronic acid self-assembly for self-supply hydrogen peroxide in a double-enzyme cascade to enhance anti-tumor therapy. *International Journal of Biological Macromolecules*, 143286 .
15. Wang, Y., Yu, H., Wang, L., Hu, J., & Feng, J. (2023). Progress in the preparation and evaluation of glucose-sensitive microneedle systems and their blood glucose regulation. *Biomaterials Science*.


Enzymes.bioへお問い合わせ

ご注文に関するご質問は、当社チームが喜んでサポートします。

メール wholesale@enzymes.bio

電話（米国） **+1 (507) 428-6057**

[お問い合わせ →](#)

 **400+** B2B顧客

 **60+** 大学研究パートナー

 **54** 世界各国に供給

© 2026 Enzymes.bio · 産業用 · 食品加工用酵素の供給 · 人の摂取用または小売販売用ではありません。