

食品用途向けグルコースオキシダーゼ：グルコン酸塩製造向けの酵素反応と工程設計

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

直接回答：グルコースオキシダーゼ（GOx/GOD）は、酸素を電子受容体として β -D-グルコースをD-グルコノ- δ -ラクトンと過酸化水素へ酸化し、ラクトンの加水分解と中和を経てグルコン酸ナトリウムやグルコン酸カルシウムなどのグルコン酸塩製造に利用されます^[1]。グルコン酸塩製造では、反応そのものよりも、酸素供給、pH制御、過酸化水素の処理、酵素失活の抑制が生産性を左右します^[2]。Enzymes.bioは本酵素の供給業者であり、製品は1 kg単位でオンライン購入でき、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

グルコン酸塩製造でグルコースオキシダーゼが担う役割

グルコン酸塩製造におけるグルコースオキシダーゼの中心的な役割は、グルコース分子のアルデヒド相当部位を選択的に酸化し、D-グルコノ- δ -ラクトンを経由してグルコン酸系生成物へ導くことです。化学酸化では酸化剤の選択、過酸化副生成物、金属触媒残渣、反応後処理などが問題になり得ますが、GOxは水系で酸素を利用するため、糖質原料からグルコン酸塩へ進める酵素的な変換手段として研究されてきました^[3]。

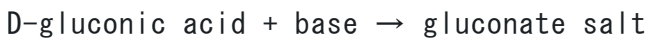
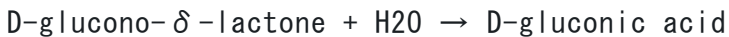
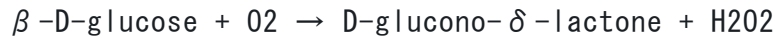
この用途で重要なのは、「グルコースを酸化できる酵素」という単純な機能だけではありません。GOx反応では生成物として過酸化水素が必ず生じるため、目的がグルコン酸塩の蓄積である場合、過酸化水素を放置すると酵素の失活、共存成分の酸化、下流工程への影響が起こり得ます。そのため、カタラーゼとの組み合わせ、通気条件、pH中和、反応熱と酸素移動の制御が、実工程での実用性を決める要素になります^[4]。

Enzymes.bioが供給する「Food Grade Glucose Oxidase For Gluconate Production」は、グルコン酸塩製造を想定した食品用途向けグルコースオキシダーゼ製品です。Enzymes.bioは製造業者や研究機関ではなく、酵素製品をオンラインで供給するサプライヤーであり、本製品は1 kg単位で直接購入できる形で提供されています。

反応機構：β-D-グルコースからグルコン酸塩まで

GOxの反応は、フラビンアデニンジヌクレオチド（FAD）を補因子として進む酸化還元反応です。まず酵素の酸化型FADがβ-D-グルコースから電子を受け取り、グルコースはD-グルコノ-δ-ラクトンへ酸化され、FADは還元型になります。次に還元型FADが分子状酸素へ電子を渡し、酸素は過酸化水素へ還元され、酵素は再び酸化型に戻ります^[1]。

反応式は簡略化すると次のように表せます。



この流れでは、GOxが直接「グルコン酸塩」を作るというより、グルコースをラクトンへ酸化し、その後の水中加水分解と中和によってグルコン酸塩が形成されます。ナトリウム塩を得る場合はナトリウム系中和成分、カルシウム塩を得る場合はカルシウム系中和成分が工程設計に組み込まれ、pH管理と生成物の溶解性・回収性が製品形態に影響します^[5]。

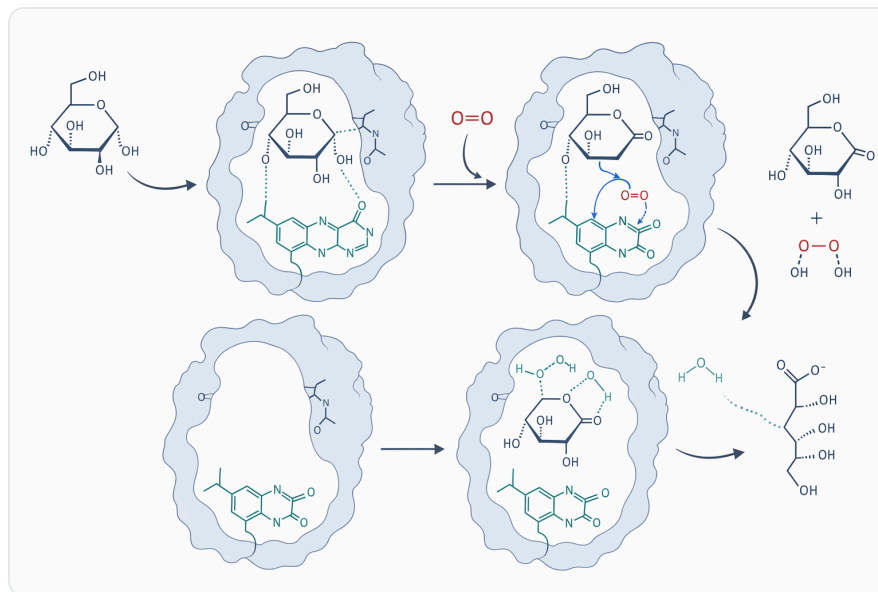


Figure 1. 포도당 산화효소는 산소를 이용해 포도당을 선택적으로 산화하여 D-글루코노락톤과 과산화수소를 생성하고, 이어 가수분해를 통해 글루콘산이 형성되며 중화되어 글루콘산염이 된다.

酸素はこの反応の共基質です。したがって、糖濃度や酵素量を増やしても、液中酸素の供給が追いつかなければ反応速度は酸素移動で制限されます。カルシウムグルコン酸製造を扱った外部循環式エアリフト反応器の研究では、固定化GOxを使う場合でも酸化反応、通気、液循環、生成物回収を一体として考える必要があることが示されています^[2]。

過酸化水素制御がなぜ重要か

GOx反応で生じる過酸化水素は、食品保存や抗菌を目的とする用途では有用に働く場合があります。しかし、グルコン酸塩製造では、目的は過酸化水素の蓄積ではなく、グルコースを継続的にグルコン酸へ酸化することです。過酸化水素が蓄積すると、GOx自体や他の酵素、原料中の微量成分に酸化ストレスを与え、反応の再現性を損なう要因になります^[1]。

この問題に対してよく検討されるのが、カタラーゼとの二酵素系です。カタラーゼは過酸化水素を水と酸素へ分解するため、GOx反応の阻害要因を減らすと同時に、酸素を反応系へ戻す方向に働きます。脱リグニン処理したトウモロコシ芯残渣由来糖を用いたグルコン酸ナトリウム製造研究では、GOxとカタラーゼの共固定化が反応継続性と過酸化水素管理の観点から検討されています^[4]。

カタラーゼ併用の意味は、単なる副反応防止だけではありません。GOxは酸素を消費し、カタラーゼは過酸化水素分解によって酸素を発生させるため、二酵素系は酸素利用の観点でも合理的です。ただし、酸素が完全に内部循環するわけではなく、実際には通気、攪拌、液深、粘度、泡制御などの酸素移動条件が並行して効きます^[6]。

グルコン酸ナトリウム製造への適用

グルコン酸ナトリウムは、キレート能、緩衝性、金属イオンとの相互作用を利用して、食品、洗浄、建材、金属処理、発酵関連工程などで使用される代表的なグルコン酸塩です。GOxを用いる場合、グルコースを酵素的にグルコン酸へ変換し、ナトリウム系中和条件下でグルコン酸ナトリウムとして蓄積させる設計が基本になります^[3]。

研究面では、GOxとカタラーゼを組み合わせた二酵素系によるグルコン酸ナトリウム生産が複数報告されています。特に、オンサイト産生セルラーゼでリグノセルロース由来糖を得て、共固定化GOx・カタラーゼでグルコン酸ナトリウムへ変換する研究は、糖化と酸化を連結するプロセス設計の例として重要です^[4]。

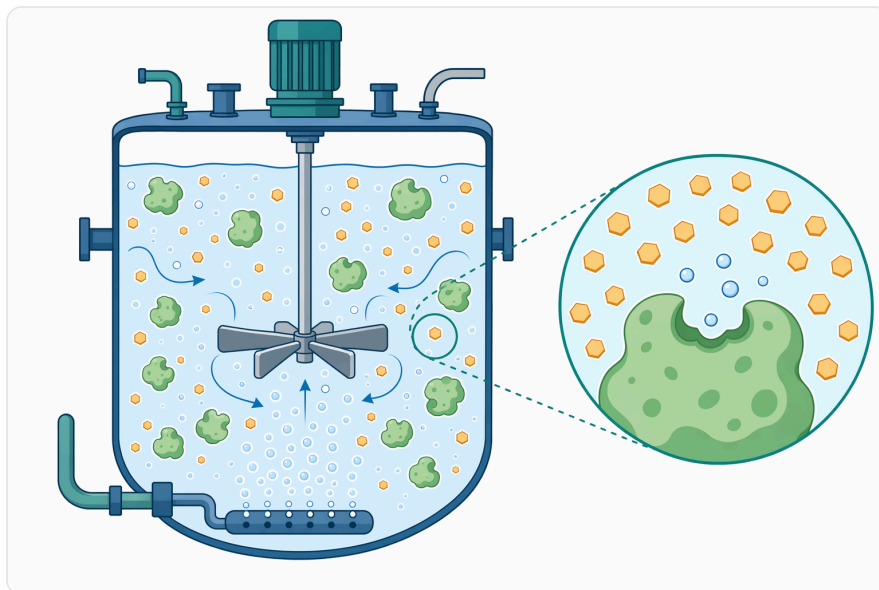


Figure 2. 포도당이 크게 과잉으로 존재하더라도 산소 전달이 제한 요인이 될 수 있다.

近年の二酵素系最適化研究でも、GOx単独ではなくカタラーゼと組み合わせることで、過酸化水素の蓄積を抑えながらグルコース酸化を進める考え方が採用されています。ここでの本質は、酵素反応速度の向上だけではなく、過酸化水素による失活、酸素供給、pH変化を同時に扱う点にあります[6]。

グルコン酸カルシウム製造への適用

グルコン酸カルシウムでは、グルコン酸の生成とカルシウム塩としての形成・回収を組み合わせる必要があります。カルシウム塩は溶解性や結晶化挙動が工程に影響するため、単純な液相反応だけでなく、反応と晶析を連動させる設計が研究されてきました[5]。

固定化GOxを用いたカルシウムグルコン酸製造の速度論研究では、空気酸化条件下でのグルコース酸化、固定化酵素の挙動、反応器内の酸素供給が検討されています。これは、GOxがグルコン酸カルシウム製造に理論上使えるという段階を超え、反応器設計と結び付けて検討されていることを示します[2]。

また、固定化GOxの失活動力学を扱った研究では、カルシウムグルコン酸生産において酵素活性の維持が長時間運転や再使用性に関わることが示されています。グルコン酸塩製造では、初期反応速度だけを見ても十分ではなく、反応中の酸化ストレス、温度、pH、生成物濃度の影響による時間依存的な低下を考慮する必要があります[7]。

工程設計で見るGOx反応の制約

GOxをグルコン酸塩製造へ使う場合、最初に考えるべき制約は酸素です。GOxは酸素を電子受容体とするため、反応液中の溶存酸素が不足すれば、基質であるグルコースが十分に残っていても反応は鈍化します。糖液が高濃度になるほど粘度や酸素移動の制約が強くなり、反応器の通気・攪拌・液量設計が酵素反応の上限を決めます^[8]。

次にpHです。グルコース酸化によってグルコン酸が生成すると、反応系は酸性側へ傾きます。グルコン酸塩製造では中和によりpHを維持しながら目的塩を形成させますが、pHが酵素構造、FAD周辺の電子移動、基質結合、生成物形態に影響するため、単なる中和操作ではなく反応制御の一部として扱う必要があります^[9]。



Figure 3. 전세포 발효, 화학적 산화, 생물전기화학적 산화, 분리된 포도당 산화효소는 각각 선택성, 제어성, 부산물, 장비 요구사항 측면에서 서로 다른 균형을 제공한다.

温度は反応速度と酵素安定性を同時に変化させます。一般に温度上昇は短期的な反応速度を高めますが、タンパク質の構造揺らぎ、酸化失活、固定化担体との相互作用変化を通じて長期安定性を下げる場合があります。固定化GOxの失活研究が行われているのは、グルコン酸塩製造では反応速度だけでなく、運転時間に対する酵素性能の維持が経済性に直結するためです^[7]。

遊離酵素、二酵素系、固定化系の比較

GOxをどのような形で使うかは、目的塩、反応時間、酵素回収の必要性、連続運転の有無、過酸化水素管理によって変わります。遊離酵素は反応液への分散が容易で、初期検討や単回処理に適しています。一方、二酵素系や固定化系は工程安定性や酵素再利用を意識した設計であり、研究報告で

はグルコン酸ナトリウムやカルシウムグルコン酸の製造に関連して検討されています^[10]。

方式	主な狙い	グルコン酸塩製造での利点	注意点
GOx単独の遊離酵素	グルコース酸化	反応液へ均一に分散しやすく、工程へ導入しやすい	過酸化水素が蓄積しやすく、酸素供給とpH制御が律速になりやすい
GOx + カタラーゼ	過酸化水素制御	H2O2を水と酸素へ分解し、GOx失活リスクを下げやすい	二酵素の安定性、比率、反応環境の整合が必要
固定化GOx	酵素保持・再使用	反応器運転、連続処理、酵素分離に有利な場合がある	担体内拡散、酸素移動、固定化による構造変化が影響する
共固定化GOx・カタラーゼ	局所的なH2O2除去	GOx近傍でH2O2を分解し、反応継続性を高める設計が可能	細孔径、酵素配置、基質拡散が性能を左右する

共固定化が注目される理由は、GOxが過酸化水素を発生させる場所の近くにカタラーゼを配置できる点です。階層的細孔構造を使ってGOxとカタラーゼを共局在化させる研究では、酵素分子の大きさと担体細孔の関係が反応効率に関わることが示されており、過酸化水素の局所濃度を制御する設計思想が明確に表れています^[10]。

固定化と反応器研究から得られる実務的示唆

固定化GOxは、酵素を担体に保持することで、反応液からの分離、再使用、連続運転への適用を狙う技術です。ただし、固定化すれば必ず性能が上がるわけではありません。担体の親水性、細孔径、粒子サイズ、酵素の結合状態、基質と酸素の拡散抵抗が反応速度と安定性を左右します^[11]。

カルシウムグルコン酸結晶を連続的に得る統合型バイオリアクション・晶析プロセスでは、外部循環式エアリフトバブルカラムと固定化GOxゲルビーズが組み合わされています。この研究は、酵素反応だけでなく、生成物濃度、結晶化、液循環、気液接触を同時に設計する必要があることを示しています^[5]。

近年は、電気化学的な電子移動材料やレドックスハイドロゲルとGOxを組み合わせ、グルコン酸を生成する研究も報告されています。フェロセン系レドックスハイドロゲルに固定化したGOxによるバイオ電気化学的グルコン酸合成は、酸素依存の古典的GOx反応とは異なる電子移動設計を示す例です^[12]。

原料糖液とバイオマス由来グルコース

グルコン酸塩製造の基質は精製グルコースだけとは限りません。リグノセルロース系バイオマスを糖化して得たグルコース含有液を、GOx反応でグルコン酸ナトリウムへ変換する研究もあります。この場合、糖化酵素、残存阻害物質、着色成分、金属イオン、粘度、ろ過性がGOx反応と下流精製に影響します^[4]。

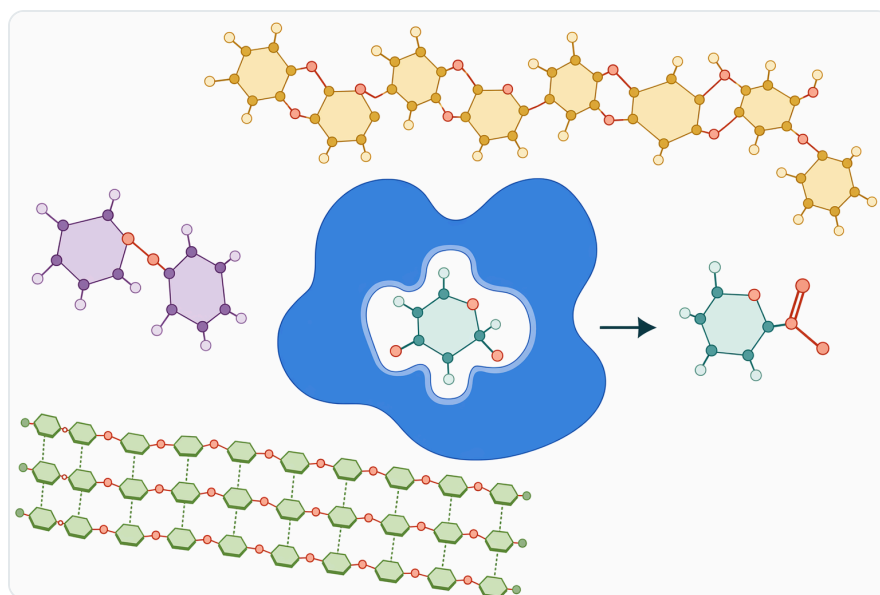


Figure 4. 포도당 산화효소는 포도당에 직접 작용하며, 비포도당 탄수화물은 먼저 포도당으로 가수분해되지 않는 한 전환하지 않는다.

トウモロコシ芯残渣のような農業副産物を原料とする場合、セルロースの加水分解によって得たグルコースを、GOx・カタラーゼ系でグルコン酸塩へ変換する流れになります。この設計では、糖化工程で得られるグルコース濃度と副生成物プロファイルが、酸化工程のpH制御、過酸化水素管理、酸素移動に結び付きます^[4]。

発酵法による金属グルコン酸塩製造では、微生物がGOxなどの酵素を産生しながらグルコースを酸化する設計もあります。酵素を外部から添加する方法と、微生物発酵で酵素を産生させる方法は工程思想が異なりますが、いずれもグルコース酸化をグルコン酸塩形成へ結び付ける点では共通しています^[3]。

pH、電子受容体、酵素設計の研究動向

GOxの基本反応は古くから知られていますが、実用条件に合わせた改変研究は現在も続いています。pH適性や電子メディエーターとの相互作用を変えるための酵素設計研究では、GOxの反応環境への適応性を高める試みが行われています。これは、食品・発酵・電気化学プロセスなど、用途ごとに最適な反応条件が異なるためです^[9]。

グルコン酸塩製造に直接関係するのは、酸素を使う通常反応での安定性と、過酸化水素に対する耐性です。一方、バイオセンサーやバイオ燃料電池の分野では、GOxから電極やメディエーターへ電子を取り出す設計が研究されており、GOxの電子移動特性を理解する上で参考になります^[13]。

ただし、センサーや医療材料でのGOx研究結果を、食品用途のグルコン酸塩製造へそのまま移すことはできません。固定化薄膜、ナノ材料、レドックスポリマー、電極界面で観察される挙動は、バルクの糖液反応器とは拡散距離、酸素供給、酵素濃度、生成物除去の条件が大きく異なります^[14]。

グルコン酸塩別の工程上の違い

同じGOx反応を出発点としても、得たい金属塩によって工程の重点は変わります。ナトリウムグルコン酸塩では水溶液中での蓄積、pH中和、濃縮・乾燥の考え方が中心になります。カルシウムグルコン酸塩では、カルシウム供給、溶解性、結晶化、反応と固液分離の関係がより重要になります^[5]。

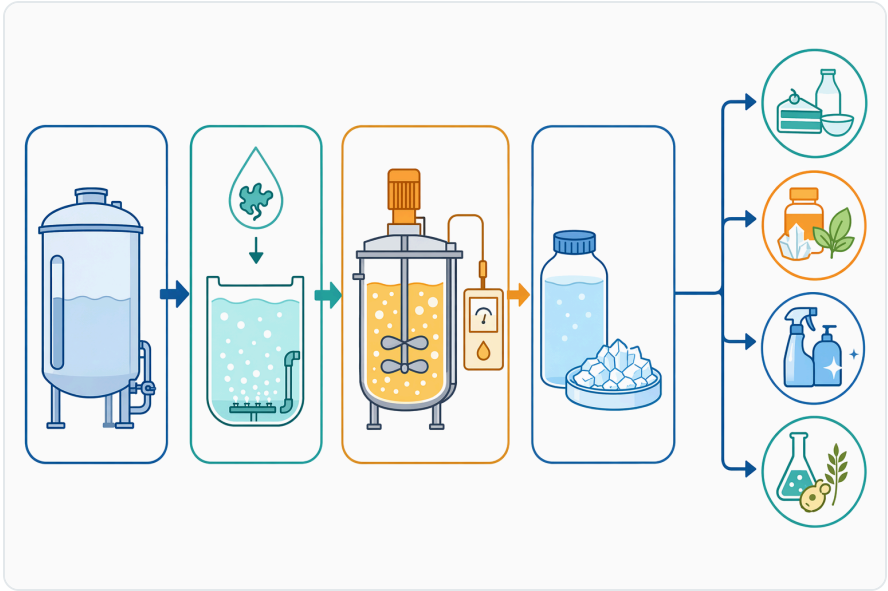


Figure 5. 효과적인 효소적 글루콘산염 생산에는 포도당 공급, 통기와 혼합, pH 중화, 온도, 카탈라아제 보조 과산화수소 제거, 하류 정제를 조화롭게 제어하는 것이 필요하다.

目的生成物	GOx反応後の主な工程要素	重要な制御因子	研究上の代表的な論点
グルコン酸ナトリウム	グルコン酸生成、中和、濃縮	pH、H2O2除去、糖液純度、酸素供給	GOx・カタラーゼ二酵素系、バイオマス糖液利用
グルコン酸カルシウム	グルコン酸生成、カルシウム塩形成、晶析	酸素移動、結晶化、固定化酵素の失活	エアリフト反応器、反応晶析、固定化酵素安定性

目的生成物	GOx反応後の主な工程要素	重要な制御因子	研究上の代表的な論点
その他の金属グルコン酸塩	金属イオンとの塩形成	金属イオンの反応性、沈殿、錯形成	発酵法または酵素法による金属グルコン酸塩形成

金属グルコン酸塩への応用では、グルコン酸のキレート性が利点になる一方、金属イオンが酵素、担体、pH緩衝、沈殿挙動に影響する可能性があります。発酵法で金属グルコン酸塩を作る研究では、単にグルコースを酸化するだけでなく、金属塩として安定に得るための培地・反応条件が重要になります^[3]。

食品加工でのGOx利用との関係

GOxはグルコン酸塩製造だけでなく、食品加工でも広く研究されてきました。食品分野では、酸素除去、グルコース低減、過酸化水素生成による保存性への寄与、パン生地改良など、反応生成物である酸素消費と過酸化水素生成を利用する用途があります^[1]。

パン生地では、GOxが生成する過酸化水素がタンパク質や多糖の酸化的架橋に関与し、生地の構造形成に影響すると考えられています。この用途では過酸化水素が機能的に働く場合がありますが、グルコン酸塩製造では過酸化水素の蓄積はむしろ制御対象になるため、同じ酵素でも工程目的によって望ましい挙動が異なります^[15]。

乾燥卵や飲料の酸素除去でGOxが利用される場合、主目的はグルコースまたは酸素の低減です。これに対してグルコン酸塩製造では、グルコース酸化によって生じるグルコン酸を定量的に蓄積し、目的塩へ変換することが中心であり、生成物側の管理がより重要になります^[1]。

Enzymes.bioでの提供形態と文書の位置づけ

Enzymes.bioは、食品・発酵・バイオプロセス関連で使用される酵素製品をオンラインで供給するサプライヤーです。本製品は1 kg単位でオンラインから直接購入でき、注文時にはCoAおよびSDSが併せて提供されます。Enzymes.bioは製造業者または研究所ではないため、本記事は独自試験結果ではなく、公開文献に基づく技術解説として位置づけられます。

この製品ページの意義は、購入前後の利用者がGOxの反応機構、グルコン酸塩製造との接続、工程制御で問題になる酸素・pH・過酸化水素・失活の関係を理解できるようにすることです。具体的な工程性能は、原料糖液、反応器、通気、温度、pH制御、目的塩、下流回収条件に依存するため、文献で示された結果をそのまま個別設備へ当てはめることはできません^[7]。



Figure 6. 바이오센서, 식품의 포도당 저감 시스템, 생물전기화학 연구, 글루콘산염 합성 연구는 모두 동일한 선택적 포도당 산화 화학에 기반한다.

エビデンスの整理

GOxについて最も根拠が強いのは、 β -D-グルコースをD-グルコノ- δ -ラクトンと過酸化水素へ酸化する反応機構です。この反応は酵素学、食品応用、バイオセンサー、バイオプロセス研究で一貫して扱われており、グルコン酸塩製造の基礎反応として十分に確立しています^[1]。

論点	根拠の強さ	内容	主な制約
GOxの基本反応	強い	β -D-グルコースをラクトンとH ₂ O ₂ へ酸化	酸素供給が必要
グルコン酸ナトリウム製造	強い	GOx・カタラーゼ系、糖化液利用で研究例あり	H ₂ O ₂ 除去、pH維持、原料糖液の品質
グルコン酸カルシウム製造	強い	固定化GOx、エアリフト反応器、反応晶析研究あり	酸素移動、結晶化、酵素失活
カタラーゼ併用	中～強	H ₂ O ₂ を分解しGOx反応環境を安定化	二酵素の安定性と配置が影響
固定化GOx	中	酵素保持、連続運転、再使用に有利な場合あり	担体拡散、局所pH、酸素移動
個別工程での収率予測	限定的	文献は原理と設計方向を示す	設備・原料・運転条件に依存

固定化や共固定化に関する研究は、GOx反応を工業的に扱うための重要な知見を提供しますが、担体や反応器が変わると結果も変わります。したがって、固定化研究から読み取るべきなのは、特定の数値性能ではなく、過酸化水素をGOx近傍で除去する、酸素移動を確保する、酵素失活を時間軸で評価するという設計原理です^[10]。

まとめ：グルコン酸塩製造における実用的な位置づけ

食品用途向けグルコースオキシダーゼは、グルコースをグルコン酸系生成物へ選択的に導くための中核酵素です。GOxは酸素を利用して β -D-グルコースをD-グルコノ- δ -ラクトンへ酸化し、ラクトンの加水分解と中和によってグルコン酸ナトリウム、グルコン酸カルシウムなどの製造に接続できます^[1]。

グルコン酸塩製造での成功要因は、酵素を添加すること自体ではなく、酸素供給、pH制御、過酸化水素分解、酵素失活の抑制、生成物回収を一体として設計することです。文献では、GOx・カタラーゼ二酵素系、固定化GOx、共固定化、外部循環式エアリフト反応器、反応晶析などが、これらの課題に対応する方法として検討されています^[6]。

Enzymes.bioの「Food Grade Glucose Oxidase For Gluconate Production」は、こうしたGOx反応を利用したグルコン酸塩製造を検討する事業者向けに、1 kg単位でオンライン購入できる酵素製品です。CoAおよびSDSは注文時に併せて提供され、利用者は公開文献で確立されたGOxの反応原理を踏まえ、自社の原料糖液と工程条件に合わせて活用できます。

Food Grade Glucose Oxidase For Gluconate Production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。

[Food Grade Glucose Oxidase For Gluconate Production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. [Pmc8946809](#). *PubMed Central*.

2. 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.
3. Khurshid, S., Kafiat, T., Hanif, U., Ulfat, M., Qureshi, M., Bashir, T., sajid, A., ... et al. (2013). Application of glucose oxidase for the production of metal gluconates by fermentation. *African Journal of Biotechnology*, 12, 6766-6775.
4. 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 .
5. 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.
6. Ren, J., Li, P., Wei, X., Wang, J., Guo, C., Liu, K., Wang, J., ... et al. (2025). Optimization of biocatalytic production of sodium gluconate using a dual-enzyme system. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 13.
7. Bao, J., Koumatsu, K., Furumoto, K., Yoshimoto, M., Fukunaga, K., & Nakao, K. (2004). Deactivation kinetics of immobilized glucose oxidase for production of calcium gluconate in an external loop airlift bioreactor. *Biochemical Engineering Journal*, 22, 33-41.
8. Kirthiga, M., Rajendran, L., & Fernández, C. S. (2017). Theoretical treatment of diffusion and kinetics of osmium redox polymer mediated glucose oxidase enzyme electrodes: Analytical expression of current density for varying potential. *Electrochimica Acta*, 230, 89-97.
9. Ostafe, R., Fontaine, N., Frank, D., Chong, M. N. F., Prodanović, R., Pandjaitan, R., Offman, B., ... et al. (2020). One - shot optimization of multiple enzyme parameters: Tailoring glucose oxidase for pH and electron mediators. *Biotechnology and Bioengineering*, 117, 17 - 29.
10. Zhuang, W., Huang, J., Liu, X., Ge, L., Niu, H., Wang, Z., Wu, J., ... et al. (2019). Co-localization of glucose oxidase and catalase enabled by a self-assembly approach: Matching between molecular dimensions and hierarchical pore sizes. *Food Chemistry*, 275, 197-205 .
11. Fornerod, M. J. J., Alvarez - Fernandez, A., Michalska, M., Papakonstantinou, I., & Guldin, S. (2023). Glucose Oxidase Loading in Ordered Porous Aluminosilicates: Exploring the Potential of Surface Modification for Electrochemical Glucose Sensing. *Chemistry of Materials*, 35, 7577 - 7587.
12. Radomski, J., Vieira, L., & Sieber, V. (2023). Bioelectrochemical synthesis of gluconate by glucose oxidase immobilized in a ferrocene based redox hydrogel. *Bioelectrochemistry*, 151, 108398 .
13. Guan, G., Liang, Q., Yani, Z., Wang, P., Kong, F., Zhang, Y., Lin, Z., ... et al. (2025). Recent advances in glucose monitoring utilizing oxidase electrochemical biosensors integrating carbon-based nanomaterials and smart enzyme design. *Frontiers in Chemistry*, 13.
14. Gorbachev, I., Smirnov, A., Ivanov, G., Venelinov, T., Amova, A., Datsuk, E., Anisimkin, V., ... et al. (2023). Langmuir–Blodgett Films with Immobilized Glucose Oxidase Enzyme Molecules for Acoustic Glucose

Sensor Application. *Italian National Conference on Sensors*, 23.

15. D0Cy00819B. *Rsc*.

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。