

Glucose Isomerase（グルコースイソメラーゼ） | 高フルクトースシロップ製造・糖質異性化・発酵基質設計向け酵素

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 Isomerase（グルコースイソメラーゼ）は、主にD-グルコースをD-フルクトースへ、D-キシロースをD-キシルロースへ可逆的に異性化する糖質変換酵素です。食品・甘味料分野では、高フルクトースシロップ製造においてグルコース主体の糖液をフルクトース含有糖液へ変換する中核酵素として利用されます。検索語として近い glucose-6-phosphate isomerase や glucose 6 phosphate isomerase とは基質と用途が異なるため、工業的な糖液変換では通常、遊離糖に作用する glucose isomerase を指します。

Enzymes.bioはGlucose IsomeraseをB2B用途向けに供給するオンライン供給業者です。

Enzymes.bioは製造業者・研究所ではなく、製品は1kg単位でオンラインから直接購入でき、注文時にCoAおよびSDSが併せて提供されます。

Glucose Isomeraseとは何か：アルドースとケトースを相互変換する糖質異性化酵素

Glucose Isomerase (GI) は、Xylose Isomerase (XI) とも呼ばれることが多い酵素で、糖の炭素骨格を切断せず、分子内の官能基配置を変える「異性化」を触媒します。代表的な反応はD-グルコースからD-フルクトースへの変換であり、同じ分子式を持つアルドースとケトースの比率を変えることにより、糖液の甘味特性、結晶化挙動、配合適性を調整できます。Glucose Isomeraseが高フルクトースコーンシロップ、すなわちHFCS製造に関連する産業用酵素として扱われるのは、このグルコース→フルクトース変換が食品甘味料工程の実用的な課題に直結するためです^[1]。

この酵素は「糖を分解する酵素」ではありません。アミラーゼやグルコアミラーゼがデンプンを加水分解して低分子糖を生じるのに対し、Glucose Isomeraseは既に存在する単糖の構造を変えます。したがって、デンプン糖化液の後段でGIを用いる場合、工程上の目的は糖鎖の短縮ではなく、グルコース主体の組成をフルクトース含有組成へ近づけることです。固定化された組換えGlucose IsomeraseをHFCSの効率的生産に用いる研究が報告されていることから、この酵素の実務上の位置づけは「糖質組成を調整する変換触媒」と捉えるのが適切です^[1]。

一方で、glucose-6-phosphate isomerase、または表記揺れとしての glucose 6 phosphate isomerase は、リン酸化糖であるグルコース-6-リン酸とフルクトース-6-リン酸の相互変換に関わる酵素を指す名称として使われます。名称が似ていても、食品糖液やHFCS工程で問題になる Glucose Isomeraseとは基質が異なります。B2Bの原料検索では両者が同じ検索結果に混在することがあるため、遊離D-グルコースやD-キシロースの異性化を目的とする場合は、glucose isomerase / xylose isomerase の文脈で確認する必要があります。

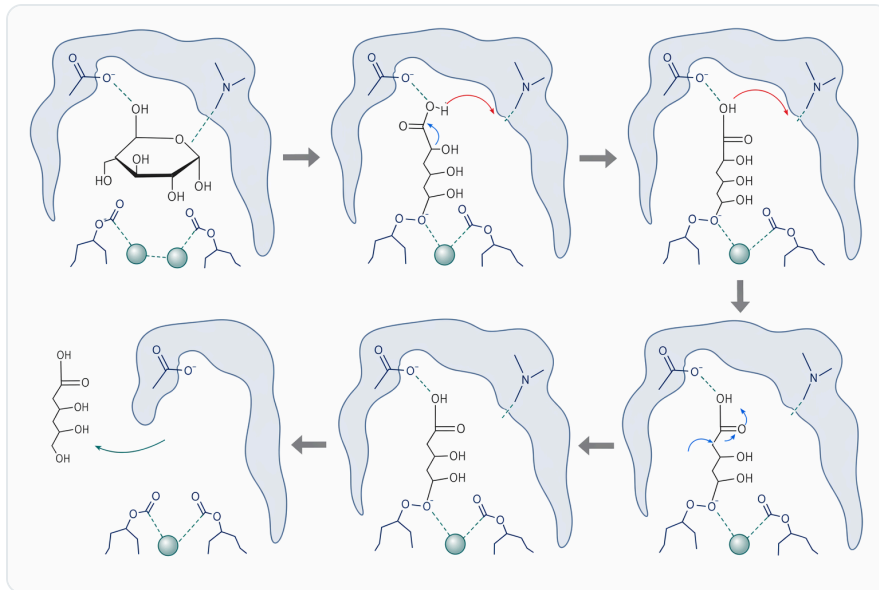


Figure 1. 글루코스 이성화효소는 금속 보조 알도스-케토스 재배열을 통해 D-글루코스를 D-프럭토스로 가역적으로 이성화하는 반응을 촉매한다.

産業工程でGlucose Isomeraseが担う具体的な役割

グルコース糖液をフルクトース含有糖液へ変換する

デンプン由来糖液では、液化・糖化によって高濃度のグルコースを含む糖液が得られます。しかし、用途によってはグルコース単独の甘味、粘度、結晶化性、配合時の味質が望ましいとは限りません。Glucose Isomeraseは、糖液中のD-グルコースの一部をD-フルクトースへ変換することで、フルクトースを含む甘味料設計を可能にします。HFCS向けの固定化Glucose Isomeraseに関する研究では、酵素を反応系内に保持しながらグルコースの異性化を進める設計が検討されており、GIが連続的な糖質変換工程と相性のよい酵素であることが示されています^[1]。

この変換の価値は、単に「より甘くする」ことに限定されません。フルクトースはグルコースとは異なる甘味発現を示し、飲料、菓子、ソース、調味液、ベーカリー用シロップなどで配合上の選択肢を広げます。酵素異性化を利用すれば、糖液の主成分を加水分解で変えるのではなく、グルコースとフルクトースの比率を工程内で調整する方向に設計できます。これは、既存のデンプン糖化工程と接続しやすい点で、食品・飲料原料の製造プロセスにおける重要な利点です^[2]。

D-キシロースをD-キシロースへ変換し、発酵基質設計に關与する

Glucose IsomeraseはXylose Isomeraseとも呼ばれるように、D-キシロースからD-キシロースへの異性化にも關与します。リグノセルロース系原料やヘミセルロース分解物を扱う発酵プロセスでは、キシロースの利用性が全体収率に影響することがあります。D-キシロースをD-キシロースへ変換する反応は、キシロース代謝経路や発酵微生物の基質利用設計と關連します。Glucose IsomeraseがHFCSだけでなく糖質変換全般で注目される理由は、このようにヘキソースとペントースの両方に關わる応用可能性を持つためです^[2]。

ただし、発酵用途では、糖液中で酵素を用いて前処理する場合と、微生物内で酵素活性を利用する場合で課題が異なります。前者では反応液のpH、温度、糖組成、阻害物質が焦点になり、後者では宿主細胞内の金属環境、発現量、折りたたみ、代謝フラックスが問題になります。そのため、Glucose Isomeraseを発酵基質設計に用いる場合は、HFCS工程と同じ発想をそのまま当てはめるのではなく、基質糖、微生物、生成物、下流工程を含む全体設計の中で位置づける必要があります。

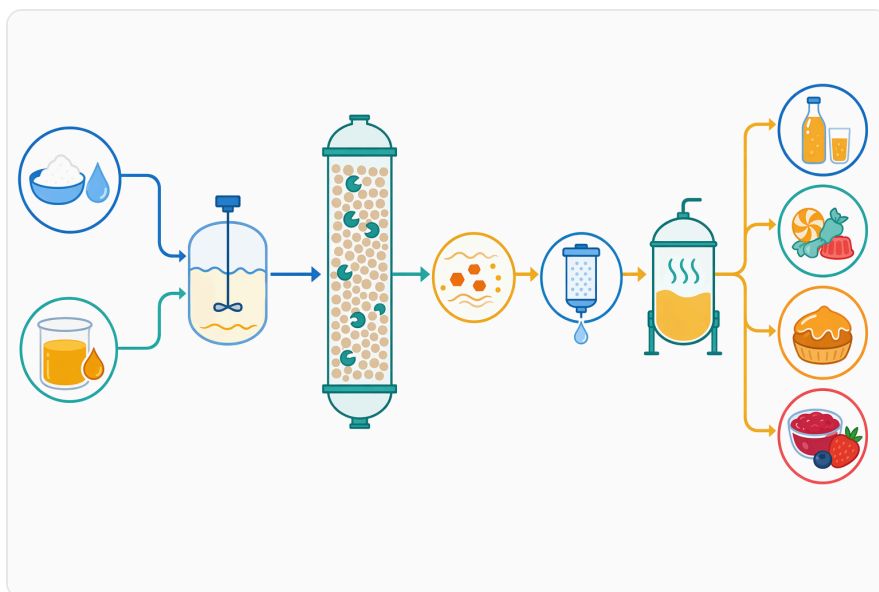


Figure 2. 산업용 글루코스 이성화효소는 일반적으로 고정화 충전층 반응기에서 포도당 시럽으로부터 과당이 풍부한 시럽을 생산하는 데 사용된다.

希少糖・機能性糖の研究用途にも広がる

Glucose Isomeraseは、標準的なグルコース→フルクトース変換以外の糖変換研究にも關わります。特に、糖の異性化は希少糖生産の候補反応として検討されることがあり、酵素の基質結合部位やチャンネル構造への理解が、基質範囲や反応効率の改良につながります。キシリトールがGlucose IsomeraseのM1部位に結合し、基質結合チャンネルの構造変化を誘導するという研究は、糖または糖アルコール様分子が活性部位周辺の構造をどのように動かすかを理解するうえで重要です^[3]。

希少糖用途では、反応そのものが成立するだけでなく、平衡組成、分離のしやすさ、未反応糖の回収、生成糖の安定性、食品または素材としての規格適合性が成否を左右します。GIが複数の糖質に関与し得るとしても、HFCSのように産業的に確立された用途と、希少糖のように基質・工程ごとの検証が必要な用途は分けて考えるべきです。Enzymes.bioのGlucose Isomeraseは、こうした糖質変換の検討に用いられる酵素原料として位置づけられますが、個別の希少糖工程の収率や製品規格を一律に保証するものではありません。

作用機序：なぜD-グルコースがD-フルクトースに変わるのか

Glucose Isomeraseの反応では、D-グルコースの炭素骨格そのものは保持され、アルデヒド型の糖がケトース型の糖へと変換されます。反応は酵素の活性部位で進み、基質糖が適切な向きで保持されることにより、分子内の水素移動と電子配置の再編成が起こります。結果として、D-グルコースはD-フルクトースへ、D-キシロースはD-キシロースへと変換されます。ここで重要なのは、GIが糖を低分子へ分解するのではなく、同じ炭素数を持つ異性体の比率を変える点です^[2]。

活性部位の理解では、基質結合チャンネルと金属結合部位が重要です。キシリトール結合を扱った構造研究では、Glucose IsomeraseのM1部位における結合が基質結合チャンネルの構造変化を誘導することが示されており、基質または基質類似分子の結合が酵素の局所構造を動かすことがわかります^[3]。このような構造変化は、基質の進入、正しい配向、反応後の生成物放出に関わるため、反応効率や基質選択性を考えるうえで中心的な意味を持ちます。



Figure 3. 글루코스 이성화효소의 주요 상업적 용도는 과당 시럽 생산이며, 단맛 식품, 음료 및 탄수화물 생물공정에서도 중요하게 활용된다.

実務的には、Glucose Isomeraseの性能は酵素そのものの由来、アミノ酸配列、固定化状態、反応液組成に左右されます。耐熱性や触媒効率の改善を目的とした部位特異的変異導入研究では、*Thermoanaerobacter ethanolicus*由来Glucose Isomeraseの触媒効率および耐熱性向上が検討されています^[4]。これは、GIが既に確立された酵素でありながら、工程条件への適合性を高める余地が現在も研究されていることを示します。

由来生物と酵素特性：同じGlucose Isomeraseでも挙動は同一ではない

Glucose Isomeraseは多くの場合、微生物由来酵素として扱われます。Streptomyces属のような放線菌、好熱性細菌、土壌由来微生物、植物内生菌や根圏微生物など、さまざまな微生物群がGI探索の対象になります。Streptomyces roseiscleroticusを土壌から得てGlucose Isomerase生産を最適化する研究や、*Guiera senegalensis*に関連する内生・根圏放線菌を新規GI源として検討する研究が報告されており、GIは単一の生物種に限定される酵素ではありません^[5]。

由来が異なると、pH適性、温度適性、糖に対する親和性、金属要求性、安定性、固定化後の保持率などが変わります。好熱性由来のGIでは高温工程への適合性が検討される一方、食品糖液工程では生成物品質や副反応、装置材料、運転時間とのバランスも重要です。*Thermoanaerobacter ethanolicus*由来GIの変異導入研究が触媒効率と耐熱性の改善を扱っていることは、工業用途において「高い反応性」と「長時間の安定性」が同時に求められることを反映しています^[4]。

新規GI源の探索は、既存酵素で対応しにくい条件に適した候補を見つけるためにも重要です。*Guiera senegalensis*由来環境に関連する内生・根圏放線菌を対象とした研究では、浸漬発酵下でGlucose Isomerase源を探索する視点が示されています^[6]。これは、GIの産業応用がHFCSに限定されず、特定の基質、温度、pH、発酵環境に合わせた酵素候補の探索へ広がっていることを示すものです。

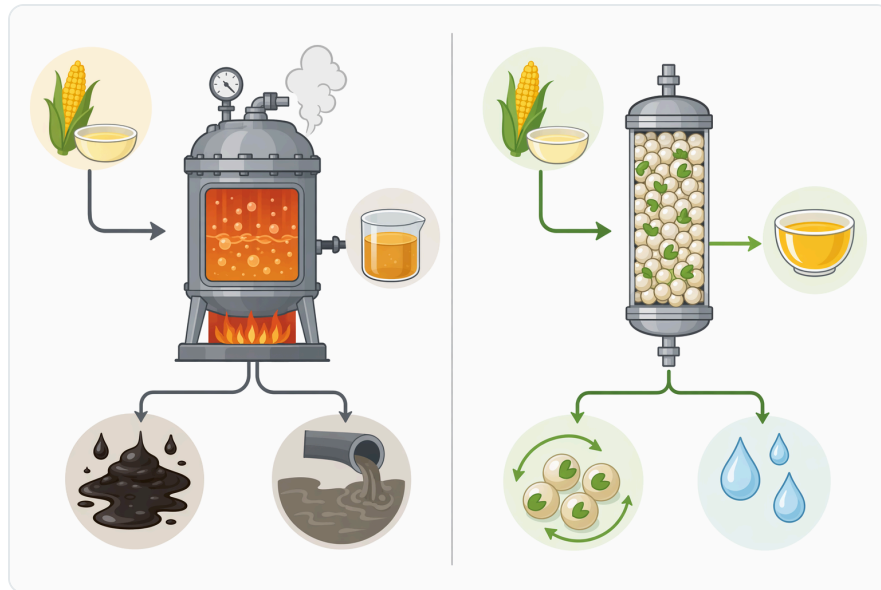


Figure 4. 비효소적 당 이성화와 비교했을 때, 글루코스 이성화효소는 더 온화한 조건에서 분해 부산물을 적게 생성하면서 선택적인 과당 생산을 가능하게 한다.

固定化Glucose Isomerase：連続運転に向く理由

HFCSや糖質異性化工程では、Glucose Isomeraseを遊離酵素として反応液へ投入するよりも、固定化酵素として反応器内に保持する設計が重視されます。固定化により、酵素を担体上または担体内に保持し、糖液を通液しながら連続的に反応させることができます。固定化組換えGlucose IsomeraseをHFCS生産に用いる研究は、酵素の再利用性、反応器設計、運転安定性が実用上の重要課題であることを示しています^[1]。

固定化の利点は、単に酵素を回収しやすいことだけではありません。反応器内で酵素位置が安定すれば、滞留時間、流速、温度、pHを制御しやすくなり、糖液の品質変動を抑える設計が可能になります。また、固定化担体が酵素の局所環境を変えることで、熱安定性やpH安定性に影響する場合があります。Anoxybacillus gonensis由来Glucose IsomeraseをDEAE-Sepharoseへイオンのまたは共有結合的に固定化する研究は、固定化方法そのものが酵素特性の一部として扱われることを示しています^[7]。

ただし、固定化方法の違いは、反応速度、拡散制限、酵素の向き、担体との相互作用、長時間運転時の失活挙動に影響します。イオン結合型では条件変化により保持状態が変わる可能性があり、共有結合型では保持は強くても活性部位近傍の自由度が変化することがあります。したがって、固定化Glucose Isomeraseを評価する際には、「固定化されているかどうか」だけでなく、担体、結合様式、基質糖液の粘度、反応器内拡散を含めて理解する必要があります^[7]。

Glucose Isomeraseとglucose-6-phosphate isomeraseの違い

検索上、glucose isomerase と glucose-6-phosphate isomerase は混同されることがあります。前者は食品・糖化工業でD-グルコースやD-キシロースなどの遊離糖に作用する酵素として扱われるのに対し、後者はグルコース-6-リン酸とフルクトース-6-リン酸の相互変換に関わる細胞内代謝酵素として扱われます。名称に「glucose」「isomerase」が共通していても、基質のリン酸化状態、利用分野、反応系が異なります。

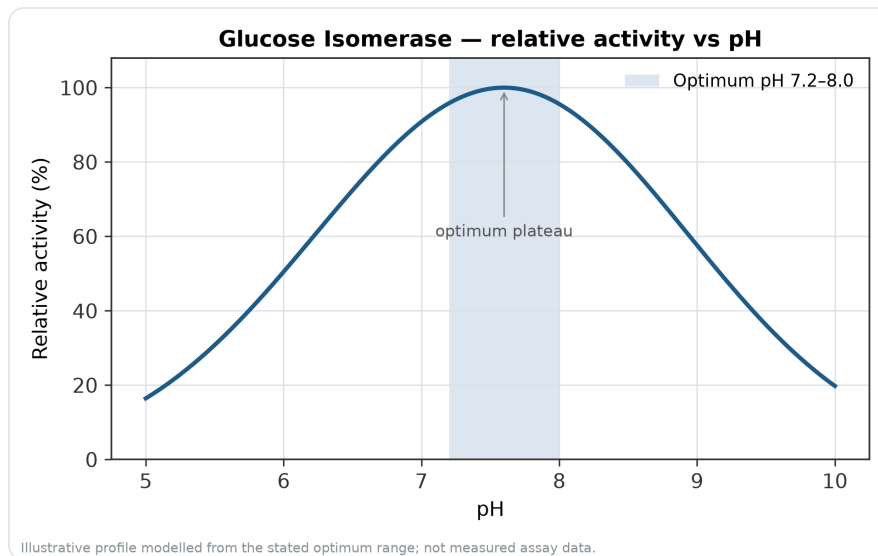


Figure 5. pH에 따른 글루코스 이성화효소의 상대 활성으로, pH 7.2-8.0에서 최적 활성 구간이 나타난다.

工業的な甘味料製造で「Glucose Isomerase」と言う場合、通常は高フルクトースシロップ製造に関連するGI/XIを意味します。glucose 6 phosphate isomerase は解糖系や糖新生などの代謝文脈で重要ですが、デンプン糖化液をフルクトース含有シロップに変換する目的で使用される酵素とは別です。Enzymes.bioのGlucose Isomeraseページを参照するB2Bユーザーにとっては、この区別が検索精度と用途判断の両方で重要になります。

主な用途別の位置づけ

用途領域	主な基質・目的	Glucose Isomeraseの役割	根拠の強さ	実務上の見方
高フルクトースシロップ製造	D-グルコース含有糖液からD-フルクトース含有糖液へ	グルコース→フルクトース異性化	強い	最も確立された代表用途。固定化酵素との相性が高い。
糖質組成調整	甘味、粘度、結晶化性、配合適性の調整	単糖組成の再設計	強い～中程度	食品・飲料・加工原料で工程設計に組み込みやす

用途領域	主な基質・目的	Glucose Isomeraseの役割	根拠の強さ	実務上の見方
				い。
発酵基質設計	D-キシロースからD-キシリロースへ	ペントース利用性の改善候補	中程度	微生物、阻害物質、代謝経路との組み合わせが重要。
希少糖・特殊糖研究	非標準基質、糖アルコール類似体、希少糖前駆体	基質範囲を利用した異性化	用途依存	平衡、分離、収率、コストの影響が大きい。
酵素工学研究	耐熱性、触媒効率、基質結合チャンネル	変異導入や構造理解の対象	中程度	工程条件に合わせた改良研究が継続している。

HFCS用途では、Glucose Isomeraseは既存のデンプン糖化工程に接続しやすい酵素として位置づけられます。デンプンを加水分解してグルコース糖液を得た後、GIによって一部をフルクトースへ変換すれば、甘味料としての用途範囲が広がります。固定化組換えGIを用いたHFCS生産研究は、この用途が単なる概念ではなく、酵素固定化と反応器運転を含む工業的テーマとして扱われていることを示しています^[1]。

発酵基質設計では、D-キシロースの利用が焦点になります。リグノセルロース系原料を発酵利用する場合、グルコースだけでなくキシロースの変換・代謝が全体効率に影響します。GI/XIがキシロース→キシリロース変換に関わることは、酵素的前処理や代謝工学の双方に関係しますが、実際の効果は微生物側の取り込み、下流代謝、発酵阻害物質の影響を受けます^[2]。

希少糖や特殊糖では、Glucose Isomeraseの基質結合部位の柔軟性が関心を集めます。M1部位へのキシリトール結合が基質結合チャンネルの構造変化を誘導するという知見は、基質類似体が酵素構造をどのように動かすかを示し、非標準基質への応用可能性を考える手がかりになります^[3]。ただし、研究上の反応性がそのまま商業的な製造効率を意味するわけではなく、生成糖の分離と精製が実用性を大きく左右します。

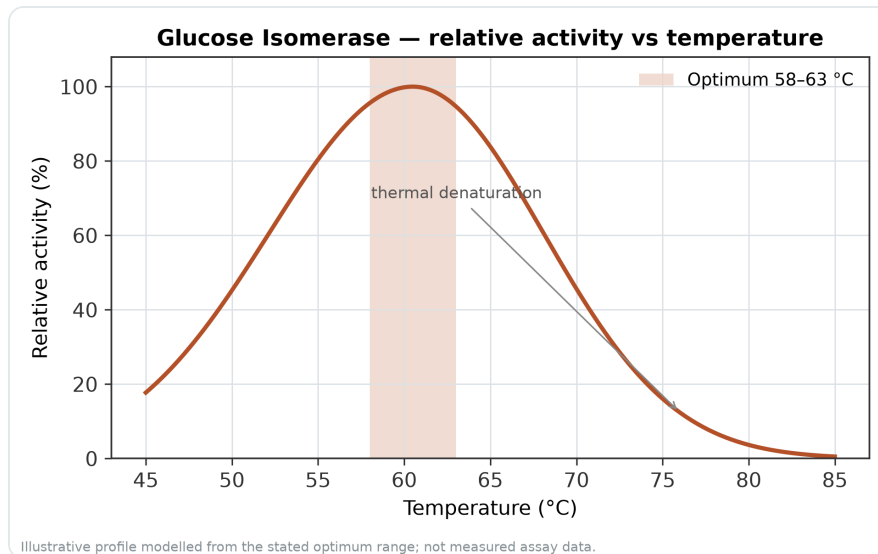


Figure 6. 온도에 따른 글루코스 이성화효소의 상대 활성으로, 58–63° C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타난다.

条件設計で重要になる工程因子

Glucose Isomeraseの反応では、pH、温度、糖濃度、基質組成、金属環境、阻害物質、固定化状態が主要な工程因子になります。高温条件で安定に働くGIは、糖液の粘度低下、微生物汚染リスクの低減、反応速度の向上といった利点を持ち得ますが、糖の着色、分解、副反応、設備負荷とのバランスも必要です。Thermoanaerobacter ethanolicus由来GIの触媒効率と耐熱性を部位特異的変異で改善する研究は、温度耐性がGIの産業的価値を左右する重要指標であることを示します^[4]。

pHも反応速度と安定性の両方に影響します。GIは活性部位の荷電状態、金属結合、基質の開環状態に依存するため、pHがずれると基質結合や異性化効率が変わります。さらに、糖液にはミネラル、塩、タンパク質分解物、有機酸、着色成分などが含まれる場合があり、これらが酵素表面や担体との相互作用を変えることがあります。固定化GIでは、担体表面の電荷や親水性も反応液との相互作用に関与します^[7]。

糖濃度は生産性に直結しますが、高濃度糖液では粘度が上がり、固定化担体内部への拡散が遅くなる可能性があります。見かけ上の反応速度が酵素の触媒能力ではなく、基質が活性部位へ到達する速度で制限される場合もあります。したがって、固定化Glucose Isomeraseの連続運転では、酵素そのものの活性だけでなく、担体粒子、流路、滞留時間、圧力損失、温度分布を含めたプロセス設計が必要です^[1]。

研究根拠から見た信頼性と限界

Glucose Isomeraseの信頼性が最も高い領域は、D-グルコースからD-フルクトースへの異性化と、HFCS製造への利用です。固定化組換えGlucose Isomeraseを効率的なHFCS生産に用いる研究が存在し、食品甘味料製造におけるGIの位置づけは明確です^[1]。この用途では、反応の目的、基質、生成物、工程上の意義がはっきりしており、B2B用途でも理解しやすい領域です。

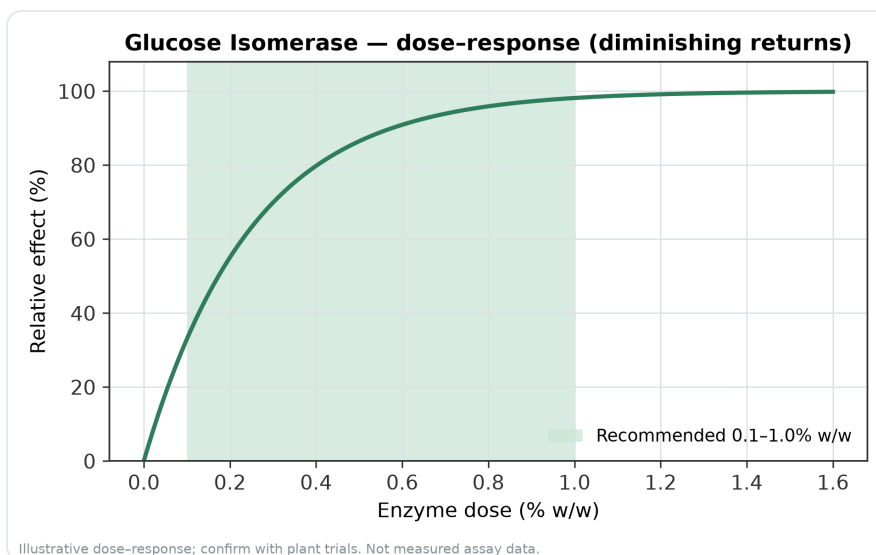


Figure 7. 권장 사용 범위(0.1–1.0% w/w)에서 글루코스 이성화효소의 예시적 용량-반응 관계.

次に根拠があるのは、固定化による連続運転適性と安定性改善の方向性です。DEAE-Sepharoseへのイオニック・共有結合的固定化を扱った研究は、固定化手法によってGIの取り扱い性や反応特性を変えられることを示しています^[7]。ただし、固定化の結果は担体と酵素の組み合わせに依存するため、すべての固定化GIが同じ性能を示すとは限りません。

酵素工学による改良も、根拠のある研究領域です。部位特異的変異によりThermoanaerobacter ethanolicus由来GIの触媒効率と耐熱性を高める研究は、GIの性能がアミノ酸配列レベルで調整可能であることを示します^[4]。これは、既存のGIが完成された単一仕様の酵素ではなく、用途条件に合わせて改良対象となり得ることを意味します。

一方で、希少糖や特殊基質への応用は、酵素ごとの基質範囲、反応平衡、生成物分離に依存するため、用途ごとに慎重な評価が必要です。M1部位へのキシリトール結合と基質結合チャネルの構造変化に関する知見は、GIの基質認識を理解するうえで有用ですが、特定の希少糖を高収率で商業生産できることを直接意味するものではありません^[3]。

Enzymes.bioでのGlucose Isomeraseの位置づけ

Enzymes.bioが供給するGlucose Isomeraseは、食品・飲料原料、甘味料、糖質変換、発酵基質設計、特殊糖検討などに関心を持つB2Bユーザー向けの酵素原料です。Enzymes.bioは製造業者または研究所ではなく、オンラインで1kg単位の直接購入に対応する供給業者です。注文時にはCoAおよびSDSが併せて提供されるため、社内記録、安全管理、受入管理に利用できます。

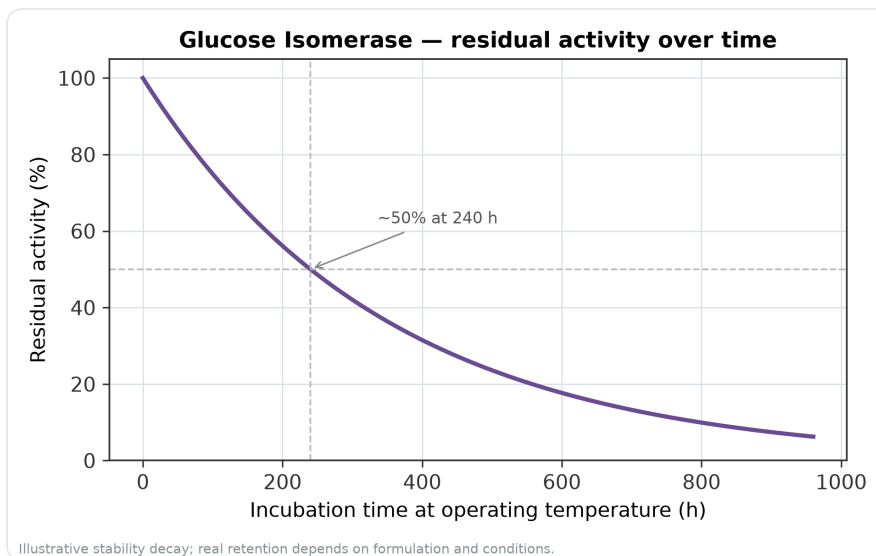


Figure 8. 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소하는 글루코스 이성화효소의 예시적 열 안정성 저하.

この酵素の価値は、グルコース、フルクトース、キシロース、キシルロースといった糖の比率を、加水分解ではなく異性化によって調整できる点にあります。HFCS製造では確立された糖質変換酵素として、発酵基質設計ではペントース利用を考える補助的手段として、希少糖研究では基質結合と異性化反応の可能性を探る酵素として扱われます。Glucose Isomeraseを選ぶ際には、単に名称だけで判断するのではなく、目的が遊離糖の異性化なのか、glucose-6-phosphate isomeraseのようなリン酸化糖代謝なのかを明確に区別することが重要です。

B2B用途でGlucose Isomeraseを検討する場合、最初に整理すべきなのは、反応させたい糖がD-グルコースなのかD-キシロースなのか、目的がフルクトース含有シロップなのか発酵基質なのか、あるいは特殊糖の検討なのかという点です。GIは強力で汎用性のある糖質異性化酵素ですが、すべての糖に同じように働く万能酵素ではありません。基質、温度、pH、固定化状態、反応器設計が組み合わさって、最終的な工程性能が決まります^[5]。

Glucose Isomeraseは、長い産業利用の蓄積を持ちながら、現在も固定化、耐熱化、触媒効率改善、基質結合機構の解明が進む酵素です。HFCSのような確立用途では安定した糖質変換の中核として、発酵・特殊糖領域では工程開発の選択肢として、食品およびバイオプロセス分野で引き続き重要な役割を担っています^[6]。

Glucose Isomerase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 Isomerase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. Jin, L., Xu, Q., Zhi-Liu, Jia, D., Liao, C., Chen, D., & Zheng, Y. (2017). Immobilization of Recombinant Glucose Isomerase for Efficient Production of High Fructose Corn Syrup. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 183, 293-306.
2. Glucose Isomerase Enzyme. *Catalexbio*.
3. Xu, Y., & Nam, K. (2023). Xylitol binding to the M1 site of glucose isomerase induces a conformational change in the substrate binding channel. *Biochemical and Biophysical Research Communications - BBRC*, 682, 21-26 .
4. Jin, L., Jin, Y., Jing-Zhang, Zhi-Liu, & Zheng, Y. (2021). Enhanced catalytic efficiency and thermostability of glucose isomerase from Thermoanaerobacter ethanolicus via site-directed mutagenesis. *Enzyme and Microbial Technology*, 152, 109931 .
5. Okwuenu, P. C., Onosakponome, I., Oparaji, E. H., Isoje, A. O., & Omo-okoroh, M. O. (2025). Optimization of Glucose Isomerase Production by Streptomyces roseiscleroticus from Soil. *Nigerian Journal of Pure and Applied Sciences*.
6. Namaki, H. I., Imam, A. U., Ibrahim, H., Muhammmad, M., Gobir, Y. S., & Babuga, U. U. (2025). Endophytic and Rhizospheric Actinobacteria from Guiera senegalensis as Novel Sources of Glucose Isomerase under Submerged Fermentation. *UMYU Scientifica*.
7. Akpinar, Z., YILDIRIM, M. K., & Karaoglu, H. (2022). Ionic and covalent immobilization of glucose isomerase of thermophilic Anoxybacillus gonensis on DEAE-sepharose. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*.


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。