

Glucose Isomerase w produkcji syropów fruktozowych i izomeryzacji cukrów

Zespół badawczy Enzymes.bio · Wellington, Nowa Zelandia · June 19, 2026

Glucose Isomerase to enzym technologiczny katalizujący odwracalną izomeryzację D-glukozy do D-fruktozy oraz, w wielu opisach literaturowych, D-ksylozy do D-ksylulozy. Jej najbardziej ugruntowane zastosowanie B2B dotyczy produkcji syropów fruktozowych, w tym high-fructose corn syrup, gdzie umożliwia kontrolowaną zmianę profilu cukrów po wcześniejszym scukrzeniu skrobi ^[1]. Nie należy jej mylić z **glucose 6 phosphate isomerase**, czyli enzymem metabolizmu komórkowego działającym na fosforylowane cukry, a nie na wolną glukozę w syropach przemysłowych.

Czym jest Glucose Isomerase i dlaczego jest ważna technologicznie?

Glucose Isomerase, często opisywana również jako xylose isomerase, należy do enzymów katalizujących przegrupowanie wewnątrzcząsteczkowe cukrów. W praktyce przemysłowej najważniejsza jest reakcja, w której D-glukoza — aldoheksosa o wzorze $C_6H_{12}O_6$ — przechodzi w D-fruktozę, czyli ketoheksozę o tym samym wzorze sumarycznym, ale innym układzie grup funkcyjnych. Z punktu widzenia producenta syropów nie chodzi więc o rozkład cukru ani o dodanie nowego składnika, lecz o zmianę izomeru, która wpływa na słodkość, rozpuszczalność, profil sensoryczny i zachowanie syropu w formulacji ^[1].

Znaczenie enzymu wynika z faktu, że przemysł skrobiowy wytwarza duże ilości syropów glukozowych po hydrolizie skrobi kukurydzianej, pszennej, ziemniaczanej lub innych surowców. Sama glukoza jest użytecznym cukrem, ale fruktoza ma inny profil słodzący, dlatego częściowa konwersja glukozy do fruktozy daje syropy o większej wartości technologicznej. Glucose Isomerase jest zatem enzymem „końcowego przeprofilowania” strumienia cukrowego: po upłynięciu i scukrzeniu skrobi pozwala przesunąć skład mieszaniny w stronę fruktozy ^[2].

W literaturze badawczej enzym pozostaje aktywnym tematem optymalizacji. Przykładem jest opis glukozoizomerazy z *Caldicellulosiruptor bescii*, ocenianej pod kątem potencjału w produkcji syropów wysokofruktozowych. Takie prace pokazują, że mimo dojrzałości technologii HFCS nadal poszukuje się

wariantów enzymów o korzystniejszej stabilności, aktywności w określonych warunkach oraz lepszym dopasowaniu do procesów przemysłowych [1].

Glucose Isomerase a glucose 6 phosphate isomerase — ważne rozróżnienie

W wyszukiwaniach technicznych obok hasła **glucose isomerase** pojawia się często fraza **glucose 6 phosphate isomerase**. Nazwy brzmią podobnie, ale odnoszą się do innych reakcji i innych zastosowań. Glucose Isomerase stosowana w przetwórstwie cukrów działa na wolne cukry, przede wszystkim D-glukozę i D-ksylozę, natomiast glucose-6-phosphate isomerase działa na cukry fosforylowane, takie jak glukozo-6-fosforan i fruktozo-6-fosforan, w szlakach metabolicznych komórek.

To rozróżnienie ma znaczenie praktyczne. Jeśli celem jest produkcja syropu fruktozowego z syropu glukozowego, właściwym punktem odniesienia jest Glucose Isomerase / xylose isomerase. Jeśli natomiast analizowany jest metabolizm glikolizy, glukoneogenezy lub regulacja przemian cukrów fosforanowych w komórce, chodzi o glucose 6 phosphate isomerase. W kontekście B2B dla przetwórstwa skrobi i słodzików przemysłowych te enzymy nie są zamienne.

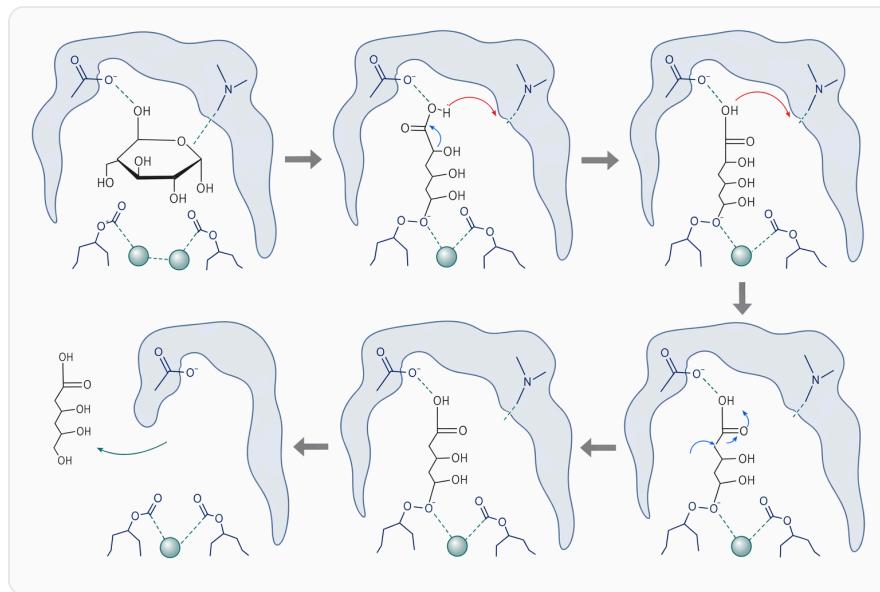


Figure 1. 글루코스 이성화효소는 금속 보조 알도스-케토스 재배열을 통해 D-글루코스를 D-프럭토스로 가역적으로 이성화하는 반응을 촉매한다.

Cecha	Glucose Isomerase / Xylose Isomerase	Glucose 6 Phosphate Isomerase
Główny substrat w zastosowaniach przemysłowych	D-glukoza; często także D-ksyloza	Glukozo-6-fosforan
Główny produkt reakcji	D-fruktoza; przy ksylozie D-ksyluloza	Fruktozo-6-fosforan

Cecha	Glucose Isomerase / Xylose Isomerase	Glucose 6 Phosphate Isomerase
Typowa rola	Izomeryzacja cukrów w syropach, HFCS, biokonwersje pentoz	Metabolizm komórkowy, szlaki fosforanowe
Znaczenie B2B w przetwórstwie żywności	Wysokie — syropy fruktozowe, przetwórstwo skrobi	Pośrednie — głównie biochemia i badania metaboliczne
Zamiennność technologiczna	Nie jest zamienna z enzymem glucose-6-phosphate isomerase	Nie jest zamienna z Glucose Isomerase w syropach

Mechanizm działania: jak enzym zmienia glukozę we fruktozę?

Glucose Isomerase katalizuje reakcję odwracalną. Oznacza to, że enzym może wspierać zarówno przejście glukozy do fruktozy, jak i reakcję przeciwną, a końcowy skład mieszaniny zależy od równowagi reakcji oraz warunków procesu. W układzie przemysłowym celem jest takie prowadzenie izomeryzacji, aby uzyskać powtarzalny udział fruktozy w syropie, bez nadmiernego powstawania produktów ubocznych typowych dla ostrzejszych metod chemicznych ^[2].

Na poziomie molekularnym enzym wiąże cukier w centrum aktywnym w odpowiedniej orientacji, stabilizuje stan przejściowy i ułatwia przeniesienie atomów wodoru oraz przegrupowanie między formą aldozową i ketozową. W praktyce oznacza to, że w cząsteczce nie zmienia się liczba atomów węgla, wodoru ani tlenu; zmienia się natomiast położenie grupy karbonylowej. Ta precyzja jest zasadniczym powodem, dla którego enzymatyczna izomeryzacja jest atrakcyjna w przetwórstwie spożywczym i biotechnologicznym.

Badania strukturalne nad wiązaniem inhibitorów i analogów substratu pokazują, że kanał wiążący substrat oraz miejsca metaliczne w enzymie wpływają na konformację centrum aktywnego. Praca dotycząca wiązania ksylitolu do miejsca M1 glukoizoizomerazy wskazuje, że obecność cząsteczki w tym obszarze może indukować zmianę konformacyjną kanału wiążącego substrat, co jest istotne dla zrozumienia selektywności i aktywności enzymu ^[3].

W wielu glukoizoizomerazach ważną rolę odgrywają jony metali dwuwartościowych, ponieważ stabilizują geometrię centrum aktywnego i uczestniczą w przebiegu katalizy. Z punktu widzenia użytkownika przemysłowego najważniejszy wniosek nie brzmi jednak „dodać konkretny jon w każdej sytuacji”, lecz: aktywność enzymu jest funkcją całego środowiska reakcji — składu syropu, pH, temperatury, czasu kontaktu, obecności inhibitorów oraz konfiguracji reaktora. Dlatego dane dla jednego szczepu lub jednego wariantu enzymu nie powinny być automatycznie przenoszone na wszystkie preparaty ^[1].

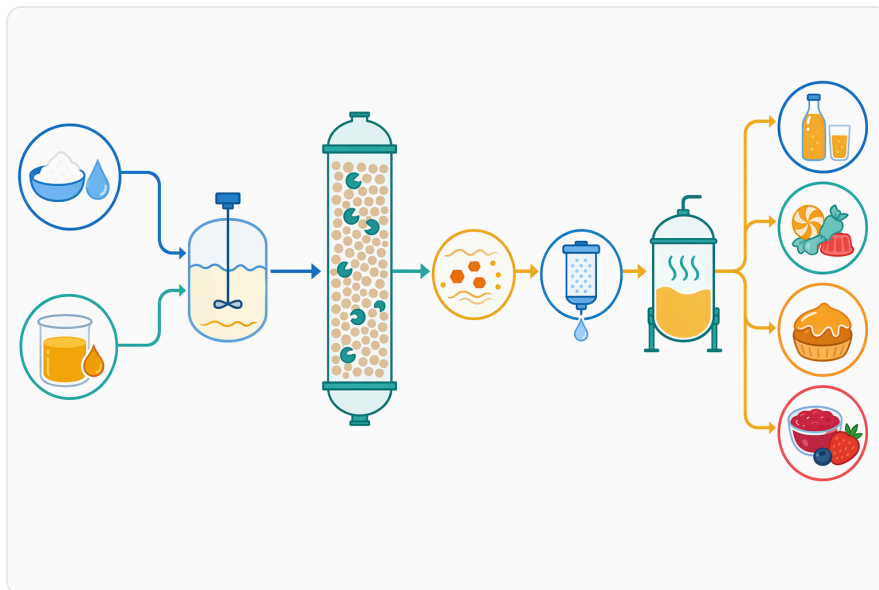


Figure 2. 산업용 글루코스 이성화효소는 일반적으로 고정화 충전층 반응기에 서 포도당 시럽으로부터 과당 함량이 높은 시럽을 생산하는 데 사용된다.

Najważniejsze zastosowanie: high-fructose corn syrup i syropy fruktozowe

Najlepiej udokumentowanym zastosowaniem Glucose Isomerase jest produkcja high-fructose corn syrup, czyli syropów kukurydzianych o podwyższonej zawartości fruktozy. Typowy łańcuch technologiczny obejmuje najpierw rozkład skrobi do dekstryn, następnie scukrzenie do syropu glukozowego, a dopiero później etap izomeryzacji glukozy do fruktozy. Glucose Isomerase pełni więc rolę enzymu, który nadaje końcowemu syropowi docelowy profil cukrowy [2].

W przemyśle spożywczym nazwy typu HFCS-42 lub HFCS-55 odnoszą się do przybliżonego udziału fruktozy w suchej masie cukrów. Sama reakcja enzymatyczna nie musi dawać od razu dowolnie wysokiego udziału fruktozy, ponieważ ogranicza ją równowaga izomeryzacji; w praktyce technologicznej stosuje się więc kontrolę warunków procesu i, zależnie od zakładu, dalsze operacje rozdzielania lub mieszania. Dla użytkownika B2B kluczowe jest to, że enzymatyczna izomeryzacja stanowi centralny etap przejścia od syropu glukozowego do syropu fruktozowego [1].

Praca dotycząca równoczesnej scukrzenia i izomeryzacji dekstryny do syropu wysokofruktozowego pokazuje jeden z kierunków intensyfikacji procesu: zamiast traktować scukrzenie i izomeryzację wyłącznie jako odseparowane etapy, badano mieszaninę immobilizowanej amyloglukozydazy i Glucose Isomerase. Taki układ ma znaczenie technologiczne, ponieważ integracja etapów może zmieniać kinetykę powstawania glukozy i jej natychmiastowej konwersji do fruktozy [2].

Zastosowanie w HFCS jest także dobrym przykładem, dlaczego przemysł enzymatyczny preferuje katalizę biologiczną zamiast ostrych warunków chemicznych. Glukoza i fruktoza są podatne na reakcje degradacji, karmelizacji i tworzenia produktów ubocznych przy wysokiej temperaturze i niekorzystnym pH. Enzym umożliwia bardziej selektywne przesunięcie składu cukrów, co jest istotne dla barwy, smaku, stabilności oraz powtarzalności syropu końcowego.

Immobilizacja: dlaczego forma unieruchomiona jest tak ważna?

Glucose Isomerase należy do klasycznych przykładów enzymu, którego wartość przemysłowa wzrosła dzięki immobilizacji. Unieruchomienie oznacza zwiążanie enzymu z nośnikiem lub włączenie go w strukturę, która pozwala utrzymać aktywny biokatalizator w reaktorze, podczas gdy roztwór substratu przepływa przez układ. Już historyczne prace nad immobilizowaną glukozoisomerazą koncentrowały się na uzyskaniu preparatu, który można stosować w powtarzalnych cyklach lub w procesie ciągłym ^[4].



Figure 3. 글루코스 이성화효소의 주요 상업적 용도는 과당 시럽 생산이며, 그 밖에도 단맛 식품, 음료 및 탄수화물 생물공정에서 활용된다.

W praktyce oznacza to kilka korzyści: łatwiejsze oddzielenie enzymu od syropu, możliwość dłuższej pracy złoża katalitycznego, większą przewidywalność procesu oraz mniejsze ryzyko wprowadzania białka enzymatycznego do produktu końcowego. Nie każda immobilizacja poprawia każdy parametr, ale ogólny kierunek rozwoju technologii jest jasny — dla dużych strumieni cukrowych enzym wolny jest zwykle mniej praktyczny niż biokatalizator zatrzymany w reaktorze ^[4].

Nowsze badania pokazują, że immobilizacja może być łączona z innymi strategiami inżynierii biokatalizatora. Przykładowo opisano permeabilizowane komórki *Bacillus subtilis* eksprymujące TreS, dekorowane Glucose Isomerase i otoczone powłoką ZIF-8, jako biokatalizator wielokrotnego użytku do

współprodukcji trehalozy i fruktozy. To nie jest standardowy schemat HFCS, ale dobrze ilustruje, jak Glucose Isomerase może być wbudowywana w bardziej złożone układy biokonwersji [5].

Istotne jest również to, że immobilizacja nie musi dotyczyć wyłącznie jednego enzymu. W pracy nad combi-CLEAs zaprojektowano skojarzone agregaty enzymatyczne β -galaktozydazy i Glucose Isomerase do jednoetapowej produkcji syropu fruktozowego z laktozy. Taki przykład pokazuje, że glukozoizomeraza może być częścią kaskady enzymatycznej, w której pierwszy enzym uwalnia cukry, a drugi zmienia ich profil izomeryczny [6].

Zastosowania poza klasycznym HFCS

Chociaż produkcja syropów fruktozowych pozostaje najważniejszym zastosowaniem, Glucose Isomerase jest użyteczna także w bardziej wyspecjalizowanych biokonwersjach. Jednym z kierunków jest otrzymywanie rzadkich cukrów i pochodnych cukrowych poprzez kaskady enzymatyczne. W pracy nad produkcją D-allulozy z D-glukozy wykorzystano komórki *Escherichia coli* współeksprymujące geny Glucose Isomerase oraz D-psicose 3-epimerase, co pokazuje rolę glukozoizomerazy jako pierwszego ogniwa w przekształcaniu glukozy w bardziej specjalistyczne składniki [7].

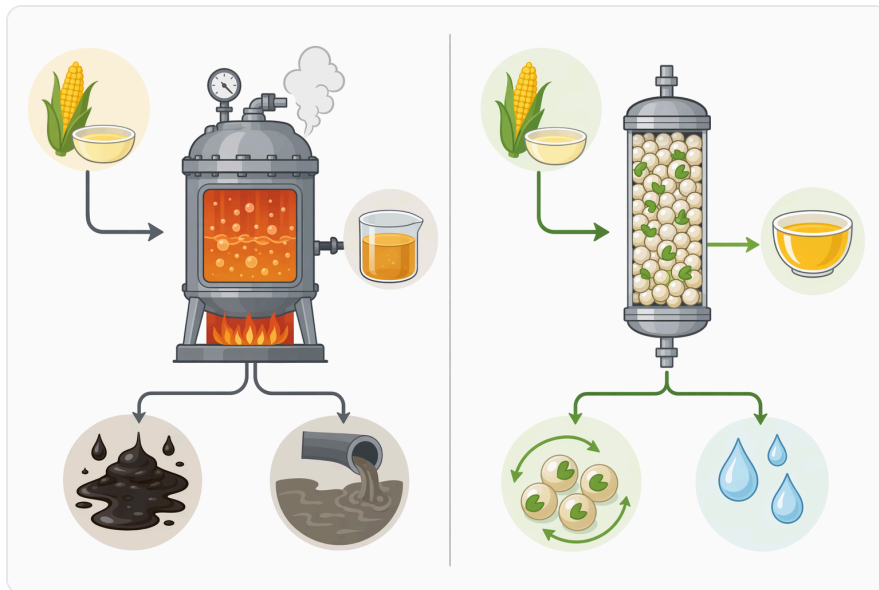


Figure 4. 비효소적 당 이성화와 비교할 때, 글루코스 이성화효소는 더 온화한 조건에서 분해 부산물이 적게 생성되면서 선택적으로 과당을 생산할 수 있게 한다.

Podobną logikę widać w produkcji D-mannozy z D-glukozy, gdzie zastosowano współekspresję D-glucose isomerase i D-lyxose isomerase w *E. coli*. Taki układ nie jest prostą zamianą glukozy na fruktozę dla syropów spożywczych, lecz przykładem projektowania kaskady enzymatycznej, w której kolejne izomerazy przesuwają skład mieszaniny w stronę docelowego cukru [8].

Znaczenie reakcji D-ksyloza–D-ksyluloza wynika natomiast z biotechnologicznego wykorzystania pentoz. Ksyloza jest cukrem pięciowęglowym obecnym w hydrolizatach lignocelulozowych, a jej przekształcenie do ksylulozy może być istotne dla dalszych szlaków fermentacyjnych. Dlatego termin xylose isomerase nie jest tylko historycznym synonimem; przypomina, że enzym ma szerszy zakres znaczenia niż sama produkcja fruktozy z glukozy ^[1].

Nowym kierunkiem są również systemy detekcji aktywności Glucose Isomerase. Praca o wykrywaniu glukozoizomerazy z użyciem samo-kaskadowego układu nanozymu tlenku miedzi pokazuje, że enzym jest interesujący nie tylko jako narzędzie produkcyjne, ale także jako obiekt kontroli analitycznej w bioprosesach i badaniach enzymatycznych ^[9]. Dla użytkownika przemysłowego praktyczny wniosek jest prosty: aktywność tego enzymu jest parametrem procesowym, który może być monitorowany różnymi metodami, choć konkretna metoda zależy od laboratorium i wymagań danego procesu.

Źródła mikrobiologiczne i rozwój nowych wariantów enzymu

Glucose Isomerase jest enzymem występującym u mikroorganizmów, a jej przemysłowa użyteczność zależy od pochodzenia, stabilności i dopasowania do środowiska reakcji. Badania nad nowymi źródłami, takimi jak endofityczne i ryzosferowe promieniowce związane z *Guiera senegalensis*, pokazują, że poszukiwanie producentów glukozoizomerazy nadal jest aktywnym obszarem bioprospekcji ^[10].

Znaczenie takich badań jest praktyczne. Enzym do procesu syropowego powinien zachowywać aktywność w stężonych roztworach cukrów, tolerować temperaturę procesu, działać stabilnie w czasie i być kompatybilny z konfiguracją reaktora. Różne mikroorganizmy mogą dostarczać enzymów o odmiennych profilach stabilności, dlatego literatura koncentruje się zarówno na izolacji nowych źródeł, jak i na modyfikacji znanych enzymów ^[1].

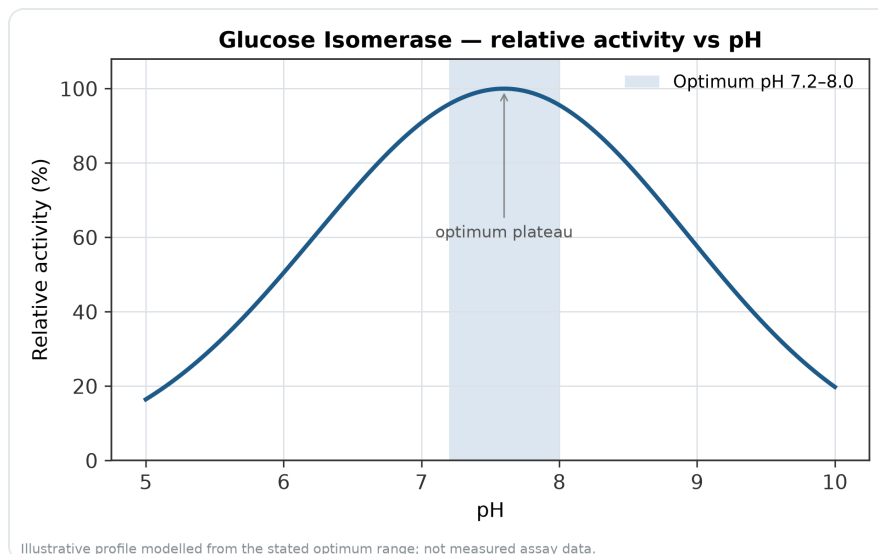


Figure 5. pH에 따른 글루코스 이성화효소의 상대 활성으로, pH 7.2–8.0에서 최적 활성 구간이 나타난다.

W przypadku bioprocessów opartych na całych komórkach ważne jest także to, jak enzym funkcjonuje w układzie z innymi białkami. Przykłady współekspresji kilku enzymów w *E. coli* pokazują, że Glucose Isomerase może być elementem szerszego projektu metabolicznego, a nie tylko izolowanym dodatkiem do syropu. W takim układzie liczy się nie tylko sama reakcja izomeryzacji, lecz także transport substratów, przepuszczalność komórek i równowaga kolejnych reakcji [7].

Porównanie głównych scenariuszy użycia Glucose Isomerase

Scenariusz zastosowania	Substrat wejściowy	Główny cel procesu	Poziom ugruntowania	Komentarz techniczny
Produkcja HFCS	Syrop glukozowy po scukrzeniu skrobi	Częściowa konwersja glukozy do fruktozy	Bardzo wysoki	Klasyczne zastosowanie przemysłowe, często związane z immobilizacją enzymu [1]
Równoczesne scukrzenie i izomeryzacja	Dekstryny / produkty hydrolizy skrobi	Integracja powstawania glukozy z jej izomeryzacją	Wysoki badawczo-technologiczny	Badane układy łączą amyloglukozydazę i Glucose Isomerase [2]
Syrop fruktozowy z laktozy	Laktoza	Kaskada: hydroliza laktozy i izomeryzacja powstałej glukozy	Specjalistyczny	Przykład combi-CLEAs β -galaktozydazy i Glucose Isomerase [6]

Scenariusz zastosowania	Substrat wejściowy	Główny cel procesu	Poziom ugruntowania	Komentarz techniczny
Produkcja D-allulozy	D-glukoza	Kaskada do rzadkiego cukru	Specjalistyczny	Współekspresja Glucose Isomerase i D-psicose 3-epimerase [7]
Produkcja D-mannozy	D-glukoza	Przekształcenie glukozy w D-mannozę przez układ izomeraż	Specjalistyczny	Współekspresja D-glucose isomerase i D-lyxose isomerase [8]
Biokonwersja ksylozy	D-ksyloza	Konwersja do D-ksylulozy	Istotny biotechnologicznie	Ważne w kontekście pentoz i hydrolizatów lignocelulozowych [1]

Warunki procesu: co naprawdę wpływa na wynik izomeryzacji?

Efektywność Glucose Isomerase zależy od więcej niż jednego parametru. Temperatura wpływa na szybkość reakcji, ale zbyt wysoka może przyspieszać dezaktywację enzymu lub degradację cukrów. pH zmienia stan jonizacji grup w centrum aktywnym oraz stabilność substratów. Stężenie glukozy wpływa na wydajność objętościową, lepkość syropu i transport masy w złożu immobilizowanym. Wreszcie czas kontaktu decyduje, jak blisko równowagi znajdzie się mieszanina reakcyjna.

W procesach ciągłych szczególnie ważne są przepływ przez złożę, równomierność kontaktu z enzymem i stabilność biokatalizatora w czasie. Zbyt krótki czas przebywania może dawać niedostateczną konwersję, natomiast zbyt długi nie zawsze jest ekonomicznie uzasadniony, ponieważ reakcja jest ograniczona równowagą. Dlatego projektowanie procesu z Glucose Isomerase polega na znalezieniu kompromisu między konwersją, produktywnością, stabilnością i jakością syropu [4].

W kaskadach enzymatycznych dochodzi dodatkowy poziom złożoności. Jeśli Glucose Isomerase pracuje razem z amyloglukozydazą, β -galaktozydazą lub epimerazą, warunki muszą być akceptowalne dla wszystkich składników układu. Praca nad jednoetapową produkcją syropu fruktozowego z laktozy za pomocą combi-CLEAs dobrze pokazuje, że przy projektowaniu układu wieloenzymowego nie wystarczy znać optimum jednego enzymu; trzeba dopasować całą kaskadę [6].

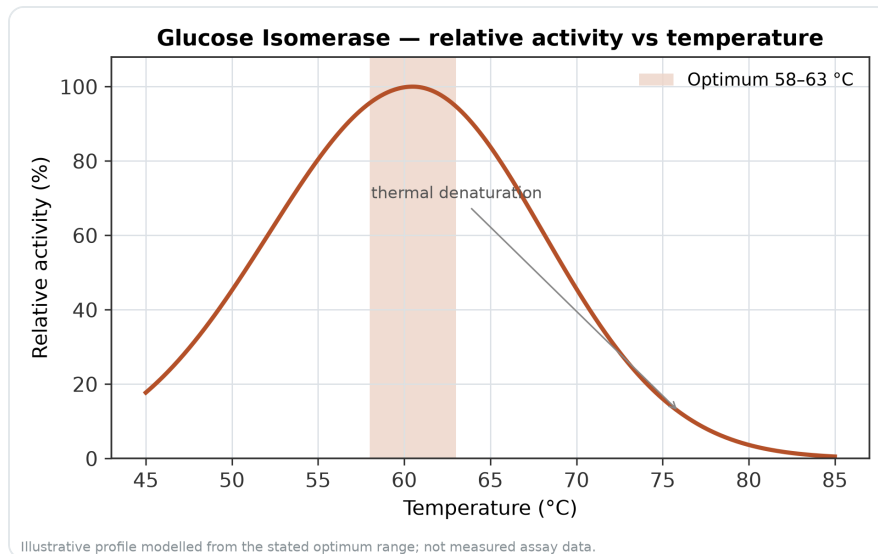


Figure 6. 온도에 따른 글루코스 이성화효소의 상대 활성으로, 58–63 °C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성에 따른 특징적인 활성 감소가 나타난다.

Nie należy też zakładać, że parametry opisane dla jednego wariantu enzymu, jednego mikroorganizmu lub jednej publikacji będą uniwersalne. Badania nad nowymi źródłami glukozioizomerazy oraz nad wariantami termostabilnymi pokazują, że właściwości enzymu mogą istotnie zależeć od pochodzenia biologicznego i sposobu przygotowania biokatalizatora [10].

Korzyści technologiczne dla klientów B2B

Pierwszą korzyścią jest selektywność. Glucose Isomerase ukierunkowuje proces na konkretną zmianę izomeryczną, zamiast prowadzić mieszaninę cukrów przez mniej kontrolowane przemiany chemiczne. W produkcji syropów oznacza to lepszą kontrolę profilu glukoza–fruktoza i większą powtarzalność parametrów produktu końcowego [1].

Drugą korzyścią jest możliwość pracy w układach ciągłych. Immobilizowana Glucose Isomerase może być utrzymywana w reaktorze, podczas gdy syrop przepływa przez złożę katalityczne. Taka konfiguracja ogranicza straty enzymu, ułatwia separację i pozwala traktować biokatalizator jako element infrastruktury procesu, a nie jednorazowy dodatek do każdej partii [4].

Trzecią korzyścią jest elastyczność w projektowaniu kaskad enzymatycznych. Enzym można łączyć z hydrolazami, epimerazami lub innymi izomerazami, aby uzyskać produkty inne niż standardowy syrop fruktozowy. Przykłady D-allulozy i D-mannozy pokazują, że Glucose Isomerase może być pierwszym etapem w przekształcaniu taniego substratu glukozowego w bardziej specjalistyczny cukier [7].

Czwartą korzyścią jest lepsze wykorzystanie strumieni cukrowych. W przetwórstwie skrobi glukoza jest łatwo dostępna po scukrzeniu, ale nie zawsze jest najbardziej pożądanym końcowym profilem cukru. Glucose Isomerase pozwala zwiększyć udział fruktozy bez zmiany surowca wejściowego, co ma znaczenie dla producentów syropów, napojów, półproduktów spożywczych i składników technologicznych [2].

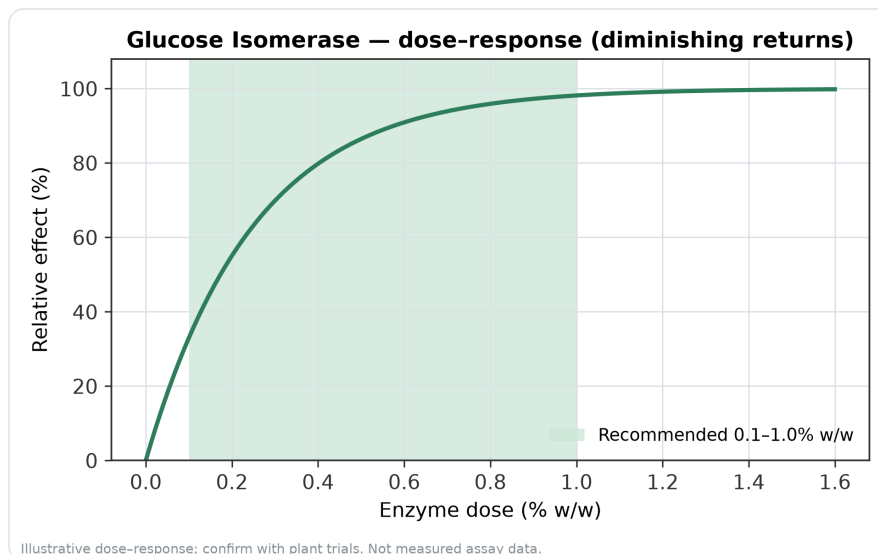


Figure 7. 권장 사용 범위(0.1–1.0% w/w)에서 글루코스 이성화효소의 예시적 용량-반응 관계.

Ograniczenia i odpowiedzialne stosowanie

Glucose Isomerase nie jest enzymem „uniwersalnie zwiększającym słodkość” w każdej matrycy. Działa na określone cukry, w określonych warunkach i w ramach reakcji ograniczonej równowagą. Jeśli substratem nie jest odpowiednio przygotowany syrop glukozowy lub jeśli w mieszaninie występują inhibitory, zanieczyszczenia mineralne, produkty degradacji cukrów albo niekorzystna lepkość, wynik procesu może odbiegać od oczekiwań.

Nie należy również mylić zastosowań spożywczo-technologicznych z zastosowaniami medycznymi lub diagnostycznymi. Glucose Isomerase przekształca cukry w procesie technologicznym; nie jest składnikiem przeznaczonym do leczenia metabolizmu glukozy u ludzi. Źródła dotyczące sensorów glukozy, inhibitorów SGLT2 czy metabolizmu cukru we krwi odnoszą się do zupełnie innych mechanizmów i nie powinny być używane jako argument za działaniem glukoizoizomerazy w organizmie.

W zastosowaniach do rzadkich cukrów potrzebna jest szczególna ostrożność interpretacyjna. Prace nad D-allulozą, D-mannozą czy układami wieloenzymowymi są wartościowe, ale często dotyczą konkretnych konstrukcji komórkowych, wybranych genów, określonych warunków hodowli lub

specyficznych reaktorów. Nie są one prostym dowodem, że każdy preparat Glucose Isomerase będzie skuteczny w każdej kaskadzie cukrowej [8].

Informacja o dostępności przez Enzymes.bio

Enzymes.bio działa jako dostawca enzymów dla klientów B2B i oferuje enzymy do zastosowań przemysłowych, badawczych oraz przetwórstwa żywności; nie jest przedstawiane tutaj jako producent ani laboratorium wykonujące rozwój procesu. Glucose Isomerase jest dostępna do bezpośredniego zakupu online w jednostkach 1 kg, a dokumenty CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem .

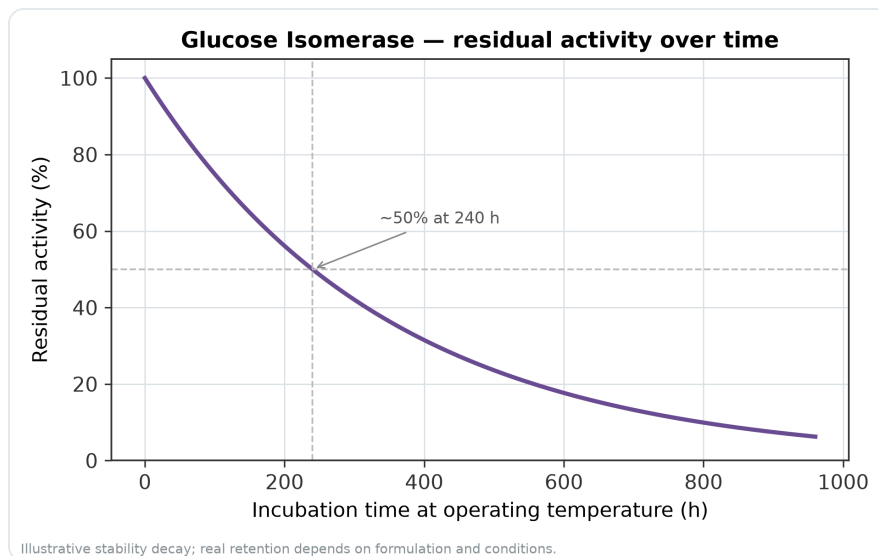


Figure 8. 운전 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소하는 글루코스 이성화효소의 예시적 열 안정성 저하.

Dla użytkownika technologicznego oznacza to prosty model zaopatrzenia w enzym do własnych prac procesowych, walidacji aplikacyjnej lub zastosowań produkcyjnych zgodnych z wewnętrznymi wymaganiami zakładu. Dobór warunków reakcji, konfiguracji reaktora, kompatybilności z matrycą i ocena jakości produktu końcowego pozostają częścią procesu technologicznego prowadzonego przez użytkownika.

Podsumowanie techniczne

Glucose Isomerase jest jednym z najważniejszych enzymów przemysłowych w obszarze przetwarzania cukrów, ponieważ umożliwia odwracalną izomeryzację D-glukozy do D-fruktozy. Jej główne zastosowanie to produkcja syropów fruktozowych, zwłaszcza HFCS, gdzie stanowi etap łączący wcześniejsze scukrzenie skrobi z uzyskaniem syropu o wyższym udziale fruktozy [1].

Największa wartość technologiczna enzymu wynika z połączenia selektywności, możliwości immobilizacji i przydatności w kaskadach enzymatycznych. Oprócz klasycznego zastosowania w syropach fruktozowych Glucose Isomerase pojawia się w badaniach nad D-allulozą, D-mannozą, biokonwersją ksylozy oraz systemami wieloenzymowymi, co potwierdza jej znaczenie jako elastycznego narzędzia biokatalitycznego [7].

Kluczowe jest jednak prawidłowe rozumienie zakresu działania enzymu. Glucose Isomerase nie jest tym samym co glucose 6 phosphate isomerase, nie działa niezależnie od warunków procesu i nie zastępuje projektowania technologii. W dobrze dobranym układzie stanowi natomiast precyzyjny biokatalizator do kontrolowanej zmiany profilu cukrów — szczególnie tam, gdzie celem jest przejście od glukozy do fruktozy w skali przemysłowej.

Zamów Glucose Isomerase online

Sprzedawany w jednostkach 1 kg, dostępny z magazynu i gotowy do wysyłki. Zamów bezpośrednio w naszym sklepie — zapłać online, a my przetworzymy Twoje zamówienie. Do każdego zamówienia dołączamy Certyfikat Analizy i Kartę Charakterystyki.

[Kup Glucose Isomerase →](#)

Bibliografia

Ponumerowano według kolejności pierwszego cytowania. Źródła open access, każde zweryfikowane jako dostępne w momencie publikacji; numery cytowań w tekście prowadzą tutaj.

1. Dai, C., Miao, T., Hai, J., Xiao, Y., Li, Y., Zhao, J., Qiu, H., ... et al. (2020). [A Novel Glucose Isomerase from Caldicellulosiruptor bescii with Great Potentials in the Production of High-Fructose Corn Syrup.](#) *BioMed Research International*, 2020.
2. Amaral-Fonseca, M., Morellon-Sterling, R., Fernández-Lafuente, R., & Tardioli, P. (2021). [Optimization of simultaneous saccharification and isomerization of dextrin to high fructose syrup using a mixture of immobilized amyloglucosidase and glucose isomerase.](#) *Catalysis Today*, 362, 175-183.
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. Hupkes, J., & Tilburg, R. (1976). [Production and Properties of an Immobilized Glucose Isomerase.](#) *Starch-starke*, 28, 356-360.
5. Zhu, L., Shen, B., Song, Z., & Jiang, L. (2020). [Permeabilized TreS-expressing Bacillus subtilis cells decorated with glucose isomerase and a shell of ZIF-8 as a reusable biocatalyst for the co-production of trehalose and fructose.](#) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.

6. Araya, E., Urrutia, P., Romero, O., Illanes, A., & Wilson, L. (2019). Design of combined crosslinked enzyme aggregates (combi-CLEAs) of β -galactosidase and glucose isomerase for the one-pot production of fructose syrup from lactose. *Food Chemistry*, 288, 102-107 .
7. Zhang, W., Li, H., Jiang, B., Zhang, T., & Mu, W. (2017). Production of d-allulose from d-glucose by Escherichia coli transformant cells co-expressing d-glucose isomerase and d-psicose 3-epimerase genes. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97 10, 3420-3426 .
8. Huang, J., Yu, L., Zhang, W., Zhang, T., Guang, C., & Mu, W. (2018). Production of d-mannose from d-glucose by co-expression of d-glucose isomerase and d-lyxose isomerase in Escherichia coli. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98 13, 4895-4902 .
9. Liu, J., Feng, Y., Xiao, Y., Chen, L., Huang, Y., Lin, S., Zhang, Y., ... et al. (2025). High-performance glucose isomerase detection enabled by self-cascade copper oxide nanozyme system. *Talanta: The International Journal of Pure and Applied Analytical Chemistry*, 297 Pt B, 128705 .
10. 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*.

Skontaktuj się z Enzymes.bio

Masz pytania dotyczące zamówienia? Nasz zespół chętnie pomoże.

E-MAIL wholesale@enzymes.bio

TELEFON (USA) **+1 (507) 428-6057**

[Skontaktuj się z nami →](#)



400+ klientów B2B



60+ partnerów badawczych z uczelni



54 obsługiwanych na całym świecie

© 2026 Enzymes.bio · Dostawy enzymów przemysłowych i do przetwórstwa żywności · Nie do spożycia przez ludzi ani sprzedaży detalicznej.