

Glucose Isomerase: Glukoz Şurubundan Fruktoz Şurubu Üretimi İçin Teknik Rehber

Enzymes.bio Araştırma Ekibi · Wellington, Yeni Zelanda · June 21, 2026

Glucose isomerase, D-glukoza geri dönüşümlü olarak D-fruktoza dönüştüren ve nişasta bazlı tatlandırıcı üretiminde özellikle fruktoz şurubu prosesleriyle ilişkilendirilen bir biyokatalizördür. Aynı enzim literatürde çoğu zaman **xylose isomerase** olarak da geçer; çünkü D-ksiloz/D-ksiluloz dönüşümünde de çalışabilir ve bu çift substrat profili hem gıda şurubu hem biyoproses araştırmalarında önemlidir ^[1]. Enzymes.bio, bu ürünü 1 kg birimler hâlinde çevrim içi siparişe uygun biçimde tedarik eder; CoA ve SDS siparişe birlikte sağlar .

Glucose Isomerase Nedir ve Neden Önemlidir?

Glucose isomerase, şeker moleküllerinin atom dizilişini yeniden düzenleyerek aldoz-ketoz dönüşümünü hızlandıran bir enzimdir. Endüstriyel bağlamda en bilinen reaksiyonu **D-glukoz \rightleftharpoons D-fruktoz** dönüşümüdür; bu nedenle glukoz şurubunun fruktoz içeren şuruplara dönüştürülmesinde temel biyokatalitik basamak olarak değerlendirilir ^[2].

Bu enzimin literatürde “xylose isomerase” adıyla da anılması tesadüf değildir. Birçok çalışma, enzimin D-ksilozu D-ksiluloza dönüştürme özelliğine odaklanır; buna rağmen aynı protein ailesinin D-glukoza D-fruktoza izomerize edebilmesi, onu hem nişasta bazlı tatlandırıcı üretiminde hem de lignoselülozik şekerlerin biyodönüşümünde araştırılan bir hedef hâline getirir ^[3].

Gıda ve şeker işleme perspektifinden bakıldığında glucose isomerase'in değeri, nişastadan elde edilen glukoz şurubuna farklı bir tatlılık ve fonksiyonellik profili kazandırabilmesidir. Fruktoz içeriği artan şuruplar, içecek, şekerleme, fırıncılık ve işlenmiş gıda formülasyonlarında sakkaroz veya glukoz şurubuna alternatif tatlandırıcı sistemleri olarak kullanılabilir; bu ana uygulama, glucose isomerase'i ticari enzim tarihinin en görünür örneklerinden biri yapmıştır ^[2].

Ana Uygulama: Glukozdan Fruktoz Şurubu Üretimi

Glucose isomerase'in başlıca uygulaması, nişastadan hidrolizle elde edilen glukoz şurubunun fruktoz içeren şuruba dönüştürülmesidir. Tipik değer zincirinde nişasta önce daha küçük karbonhidratlara ve glukozu kadar parçalanır; ardından glukoz içeriği yüksek şurup, glucose isomerase ile kısmen fruktoza çevrilir [4].

Bu dönüşüm, yalnızca "daha tatlı bir şurup" elde etmekten ibaret değildir. Fruktoz oranı; algılanan tatlılık, çözünürlük, kristallenme eğilimi, ağız hissi, renk gelişimi ve formülasyondaki kuru madde dengesi gibi gıda teknolojisi parametrelerini etkileyebilir. Bu nedenle glucose isomerase, şeker işleme hattında ürün karakterini belirleyen bir proses aracı olarak görülmelidir [2].

Fruktoz şurubu üretiminde enzimin rolü, glukozun tamamını fruktoza çevirmek değil, proses dengesine ve hedef ürün profiline göre glukoz-fruktoz karışımı oluşturmaktır. Reaksiyon geri dönüşümlü olduğundan nihai kompozisyon; sıcaklık, pH, şurup bileşimi, temas süresi, iyon dengesi ve reaktör tasarımı gibi proses değişkenlerinden etkilenir [1].

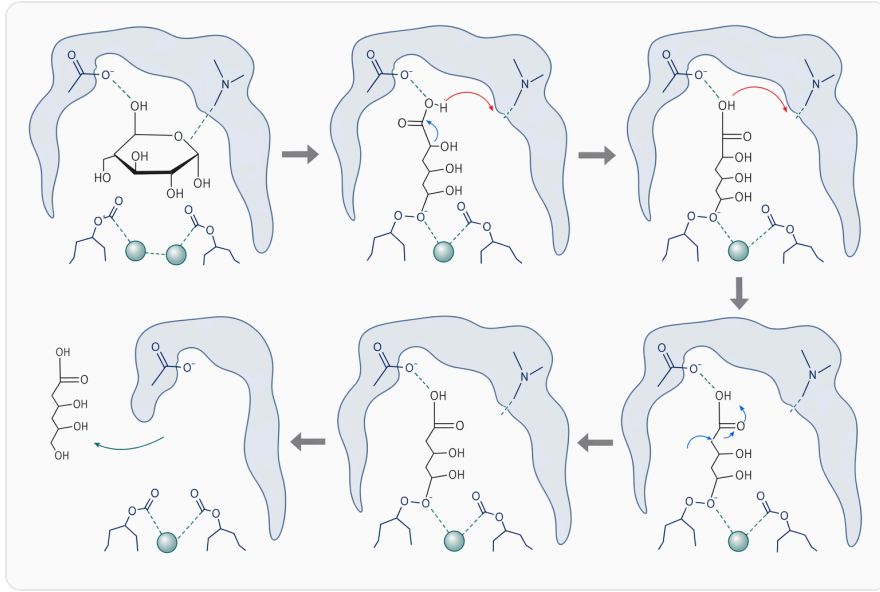


Figure 1. 글루코스 이성화효소는 금속 이온의 도움을 받는 알도스-케토스 재배열을 통해 D-글루코스를 D-프럭토스로 가역적으로 이성질화한다.

Moleküler Düzeyde Çalışma Prensibi

Glukoz ve fruktoz aynı molekül formülüne sahip olsa da yapısal olarak farklıdır: glukoz bir aldoz, fruktoz ise bir ketoz şekerdir. Glucose isomerase, açık zincirli şeker formu üzerinde karbonil grubunun konumunu değiştirerek glukoz-fruktoz izomerizasyonunu hızlandırır; basitleştirilmiş reaksiyon şu şekilde gösterilebilir [5]:

D-glukoz ⇌ D-fruktoz

Enzimin aktif bölgesi, substratı belirli bir geometride tutarak atomların yeniden düzenlenmesini kolaylaştırır. Glukoz molekülü aktif bölgeye yerleştiğinde, enzim yüzeyi şekerin hidroksil gruplarıyla çok noktalı etkileşimler kurar; bu konumlandırma, dönüşümün rastgele değil, seçici bir biyokatalitik süreç olarak ilerlemesini sağlar [5].

Glucose isomerase için metal destekli kataliz mekanizması da önemlidir. Literatürde xylose/glucose isomerase aktif bölgesindeki bağlanma ceplerinin ve substratla temas eden kalıntıların mutasyon çalışmalarıyla incelenmesi, enzimin hem substrat seçiciliğinin hem de katalitik performansının aktif bölge mimarisine bağlı olduğunu göstermiştir [5].

Endüstriyel kullanıcı açısından bu mekanizmanın pratik anlamı şudur: enzim, glukozun fruktoza dönüşmesi için gereken moleküler yeniden düzenlemeyi daha kontrollü ve seçici bir yolla hızlandırır. Böylece şeker şurubu üretiminde, yüksek derecede spesifik olmayan kimyasal dönüşümlere kıyasla daha öngörülebilir bir biyokatalitik adım elde edilir [2].

Glucose Isomerase ve Xylose Isomerase Aynı Şey mi?

Uygulamada “glucose isomerase” ve “xylose isomerase” terimleri çoğu zaman aynı enzim ailesini tanımlamak için kullanılır. Bunun nedeni, birçok enzimin hem D-ksiloz/D-ksiluloz hem de D-glukoz/D-fruktoz dönüşümlerini katalizleyebilmesidir; ancak her kaynak organizmadan elde edilen enzim aynı substrat tercihinin veya aynı proses davranışına sahip değildir [1].

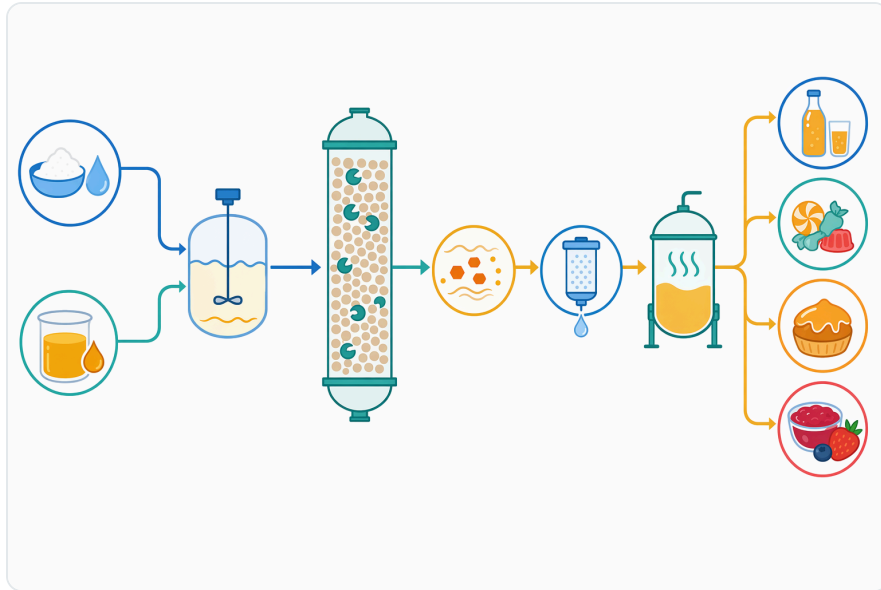


Figure 2. Sanayiyel glukoz isomerase reaktörleri genellikle sabit katmanlı reaktörlerden oluşur. Bu reaktörlerde şeker şurubu üretiminde kullanılan şeker şurubu konsantrasyonu artırılarak kullanılır.

Bu ikili adlandırma, özellikle literatür taramalarında önemlidir. Tatlandırıcı üretimiyle ilgilenen bir kullanıcı “glucose isomerase” ararken, biyoyakıt veya lignoselülozik fermantasyon araştırmacısı aynı proteini “xylose isomerase” başlığı altında inceleyebilir. Bu nedenle teknik dokümanlarda iki terimin birlikte görölmesi, farklı bir ürün ailesi değil, farklı uygulama odağı anlamına gelebilir [3].

Xylose isomerase mühendisliği üzerine yapılan çalışmalar, enzimin mikrobiyal fermantasyonda ksiloz kullanımını iyileştirme potansiyelini araştırır. Örneğin *Saccharomyces cerevisiae*'de mikroaerobik glukoz/ksiloz ko-fermantasyon performansını artırmaya yönelik moleküler evrim çalışmaları, bu enzim ailesinin yalnızca fruktoz şurubu değil, biyoproses verimliliği açısından da araştırıldığını gösterir [3].

Nişasta Bazlı şeker İşleme Hattındaki Yeri

Glucose isomerase genellikle nişastanın ilk parçalanma aşamalarında değil, glukoz şurubu oluştuktan sonra devreye girer. Nişasta işleme hattında önce nişasta molekülleri daha kısa zincirlere ve glukozu kadar hidrolize edilir; bu aşamanın verimi, daha sonra glucose isomerase ile yapılacak izomerizasyonun besleme kalitesini doğrudan etkiler [4].

Glukoz şurubu izomerizasyona girmeden önce genellikle çözünmüş katı madde, mineral yükü, renk, filtrasyon durumu ve istenmeyen yan bileşenler açısından kontrol altında tutulur. Bunun nedeni, izomerizasyonun yalnızca enzim-substrat etkileşimiyle değil, şurubun tamamının kimyasal ortamıyla ilişkili olmasıdır [2].

Bu bağlamda glucose isomerase, tek başına tüm şeker işleme prosesini tanımlamaz; daha geniş bir biyokatalitik zincirin son değer artırıcı adımıdır. Ön hidroliz yeterli değilse, glukoz konsantrasyonu veya şurup saflığı istenen düzeyde değilse, izomerizasyon performansı da teorik beklentiden sapabilir [4].

İmmobilizasyon ve Sürekli Proses Mantiğı

Fruktoz şurubu üretiminde glucose isomerase çoğunlukla yeniden kullanılabilir biyokatalizör konseptiyle değerlendirilir. Enzimin bir taşıyıcıya bağlanması veya hücre/partikül temelli yapılara entegre edilmesi, biyokatalizörün reaktörde tutulmasını ve şurubun kontrollü akışla temas ettirilmesini mümkün kılar [6].



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

İmmobilizasyonun temel proses mantığı, enzimi ürün akışından ayırarak tekrar kullanımı kolaylaştırmaktır. Serbest enzim çözeltide ürünle birlikte ilerlerken, immobilize enzim sabit bir yatakta, partikül yüzeyinde veya kapsüllenmiş yapıda kalabilir; böylece sürekli veya yarı sürekli işletme senaryoları daha uygulanabilir hâle gelir ^[7].

Zhu ve arkadaşlarının TreS eksprese eden *Bacillus subtilis* hücrelerini glucose isomerase ile dekore edip ZIF-8 kabuğuyla yeniden kullanılabilir biyokatalizör olarak tasarladığı çalışma, bu yaklaşımın yalnızca klasik şurup üretimiyle sınırlı olmadığını gösterir. Söz konusu sistem, trehaloz ve fruktozun birlikte üretimi için hücre yüzeyi, enzim ve koruyucu yapı kombinasyonunun kullanılabileceğini göstermiştir ^[6].

Benzer şekilde β -galaktosidaz ve glucose isomerase içeren kombine çapraz bağlı enzim agregatları üzerine yapılan çalışma, lactose'dan tek kapta fruktoz şurubu üretimi fikrini incelemiştir. Bu örnek, glucose isomerase'in farklı karbonhidrat akışlarını fruktoz içeren ürünlere dönüştüren kademeli enzim sistemlerinde de değerlendirilebildiğini ortaya koyar ^[7].

Uygulama Alanlarının Karşılaştırılması

Aşağıdaki tablo, glucose isomerase'in farklı teknik bağlamlarda nasıl konumlandığını özetler. Tablo, her kullanımın aynı olgunlukta veya aynı ticari yaygınlıkta olduğunu varsaymaz; amaç, enzimin kanıtlanmış ana uygulaması ile araştırma odaklı genişleyen kullanım alanlarını ayırmaktır.

Uygulama bağlamı	Temel dönüşüm veya rol	Teknik olgunluk	Not
Fruktoz şurubu / HFCS tipi prosesler	D-glukozun D-fruktoza izomerizasyonu	Yerleşik endüstriyel uygulama	Glucose isomerase'in en bilinen kullanım alanıdır [2]
Lactose'dan fruktoz şurubu yaklaşımı	β -galaktosidaz ile lactose parçalanması, ardından glucose isomerase ile fruktoz oluşumu	Araştırma ve proses geliştirme	Combi-CLEA sistemiyle tek kap üretim modeli incelenmiştir [7]
Trehaloz ve fruktoz birlikte üretimi	Hücre yüzeyi/enzim dekorasyonu ile eşzamanlı biyodönüşüm	Araştırma uygulaması	Yeniden kullanılabilir biyokatalizör tasarımı rapor edilmiştir [6]
D-allulose biyokatalizi	D-glukozdan başlayan kademeli nadir şeker üretimi	Gelişen biyoproses alanı	Glucose isomerase ekspresyonu ve substrat arzı performans unsuru olarak ele alınmıştır [8]
Ksiloz bazlı fermantasyon	D-ksilozun D-ksiluloza dönüştürülmesi	Araştırma ve metabolik mühendislik	Glukoz/ksiloz ko-fermantasyonunda xylose isomerase mühendisliği incelenmiştir [3]

Fruktoz Şurubu Dışındaki Biyokatalitik Kullanımlar

Glucose isomerase'in ana ticari görünürlüğü fruktoz şurubundan gelse de, enzimin daha geniş karbonhidrat biyokimyası içinde kullanımı giderek daha fazla araştırılmaktadır. Özellikle nadir şekerler, kademeli enzim sistemleri ve hücre fabrikaları, glukozdan başlayan dönüşümlerde glucose isomerase'i bir ara basamak enzimi olarak konumlandırabilir [8].

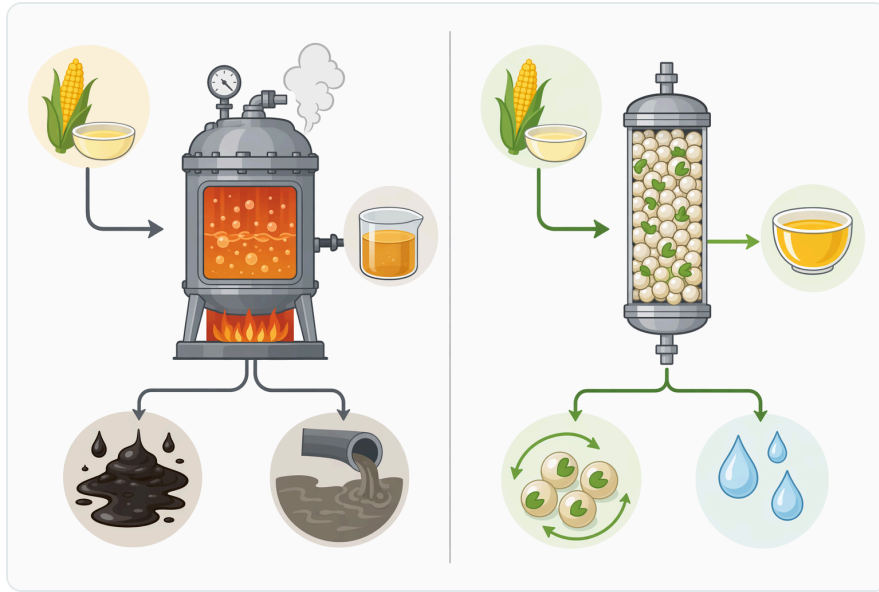


Figure 4. 비효소적 당 이성질화와 비교할 때, 글루코스 이성화효소는 더 온화한 조건에서 분해 부산물이 적은 선택적 과당 생산을 가능하게 한다.

D-allulose biyokatalizi buna iyi bir örnektir. Gao ve arkadaşlarının çalışması, mühendislenmiş *Escherichia coli*'de D-glukozdan D-allulose üretimini iyileştirmek için glucose isomerase ekspresyonunun ve substrat arzının artırılmasına odaklanmıştır; bu, enzimin yalnızca nihai ürün fruktoz olduğunda değil, fruktozun ara ürün olduğu kademelerde de önemli olabileceğini gösterir [8].

Bir başka alan, karbonhidratların tek kapta veya entegre kademelerde dönüştürülmesidir. Lactose'dan fruktoz şurubu üretimini hedefleyen combi-CLEA tasarımı, farklı enzimlerin aynı reaksiyon mimarisinde bir araya getirilmesiyle yan akış veya alternatif hammaddelerin değerlendirilebileceğini göstermiştir [7].

Enzimin geniş substrat davranışı da dikkat çekicidir. *Piromyces sp. E2* kaynaklı xylose isomerase üzerine yapılan çalışma, enzimin promiscuous yani birden fazla reaksiyon tipine yatkın olabileceğini ve epimeraz aktivitesi gösterebildiğini bildirmiştir; bu, yeni biyodönüşüm tasarımlarında potansiyel sunsa da her glucose isomerase ürününün aynı davranışı göstereceği anlamına gelmez [1].

Proses Değişkenleri: Sonucu Ne Belirler?

Glucose isomerase uygulamasında dönüşüm sonucu yalnızca enzimin varlığına bağlı değildir. Besleme şurubunun glukoz içeriği, safsızlık profili, çözünmüş katı madde düzeyi, iyon dengesi, pH, sıcaklık, temas süresi ve reaktör geometrisi birlikte değerlendirilmesi gereken proses değişkenleridir [2].

Enzimatik izomerizasyon denge reaksiyonudur; bu nedenle belirli bir noktadan sonra daha uzun temas süresi her zaman doğrusal biçimde daha fazla fruktoz anlamına gelmez. Dengeye yaklaşma hızı ve ulaşılan kompozisyon, proses ortamına ve kullanılan biyokatalizör formatına göre değişebilir [1].

İmmobilize sistemlerde ek olarak difüzyon etkileri devreye girer. Şeker moleküllerinin enzimin bulunduğu yüzeye veya matriks içine ulaşması, reaksiyon bölgesinden ürünlerin uzaklaşması ve yatak içindeki akış dağılımı, pratik performansı etkileyebilir; bu nedenle laboratuvar veya literatür çıktıları doğrudan her üretim hattına kopyalanamaz [6].

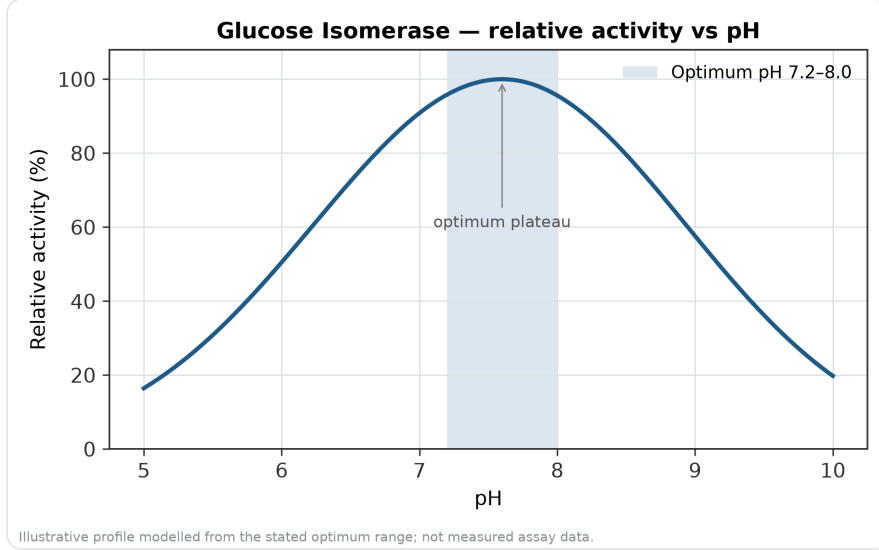


Figure 5. pH'e 따른 글루코스 이성화효소의 상대 활성으로, pH 7.2–8.0에서 최적 활성 구간이 나타난다.

Metal iyonları ve inhibitör bileşenler de dikkate alınması gereken teknik unsurlardır. Xylose/glucose isomerase aktif bölgesinin bağlanma ve kataliz davranışına ilişkin mutasyon çalışmaları, enzimin performansının yalnızca substrat derişimiyle değil, aktif bölge mimarisi ve ortam bileşenleriyle ilişkili olduğunu göstermiştir [5].

Enzimatik İzomerizasyon ile Kimyasal Yaklaşımın Karşılaştırılması

Glukozdan fruktoz üretimi teorik olarak kimyasal yollarla da hedeflenebilir; ancak endüstriyel gıda şurubu üretiminde glucose isomerase'in öne çıkmasının nedeni seçicilik, proses kontrolü ve karbonhidrat matrisine uygunluktur. Enzim, şeker molekülünü aktif bölgesinde yönlendirerek istenen izomerizasyonu hızlandırdığı için proses tasarımında daha kontrollü bir biyokatalitik seçenek sunar [2].

Kriter	Glucose isomerase ile enzimatik izomerizasyon	Kimyasal izomerizasyon yaklaşımı
Seçicilik	Substrat aktif bölgede yönlendirilir; hedef dönüşüm daha kontrollüdür	Daha genel kimyasal reaksiyon ortamı yan dönüşümlere açık olabilir
Proses entegrasyonu	Nişasta hidrolizi sonrası şurup hattına biyokatalitik basamak olarak eklenebilir	Gıda şurubu kalitesi için ek kontrol ve arıtma yükü doğurabilir

Kriter	Glucose isomerase ile enzimatik izomerizasyon	Kimyasal izomerizasyon yaklaşımı
Ürün profili	Glukoz-fruktoz dengesi proses koşullarıyla yönetilir	İstenmeyen renk veya tat etkileri daha fazla izleme gerektirebilir
Tekrar kullanım	İmmobilize formatlarla reaktörde tutulabilir	Katalizör/reaktif yönetimi farklı bir proses mantığı gerektirir
Geliştirme yönü	Enzim mühendisliği ve immobilizasyonla iyileştirilebilir	Kimyasal koşulların optimizasyonuna dayanır

Bu karşılaştırma, her durumda tek bir yöntemin mutlak üstün olduğu anlamına gelmez; gıda şurubu uygulamalarında glucose isomerase'in güçlü konumu, biyokatalitik seçiciliğin nişasta bazlı proses zinciriyle uyumlu olmasından kaynaklanır ^[7].

Enzim Mühendisliği Neden Önemli?

Glucose isomerase ailesi, protein mühendisliği açısından uzun süredir çalışılan bir enzim grubudur. *Actinoplanes missouriensis* kaynaklı xylose/glucose isomerase üzerinde yapılan bölgeye yönelik mutagenез çalışmaları, substrat bağlanma bölgesindeki amino asitlerin değiştirilmesinin enzimin davranışını etkileyebileceğini göstermiştir ^[5].

Bu tür çalışmaların pratik anlamı, enzimin belirli proses hedeflerine göre uyarlanabilir olmasıdır. Daha iyi substrat uyumu, daha yüksek sıcaklık toleransı, farklı şekerlere karşı seçicilik veya immobilizasyon sonrası stabilite gibi hedefler, endüstriyel biyokataliz geliştirme programlarında önemli olabilir ^[3].

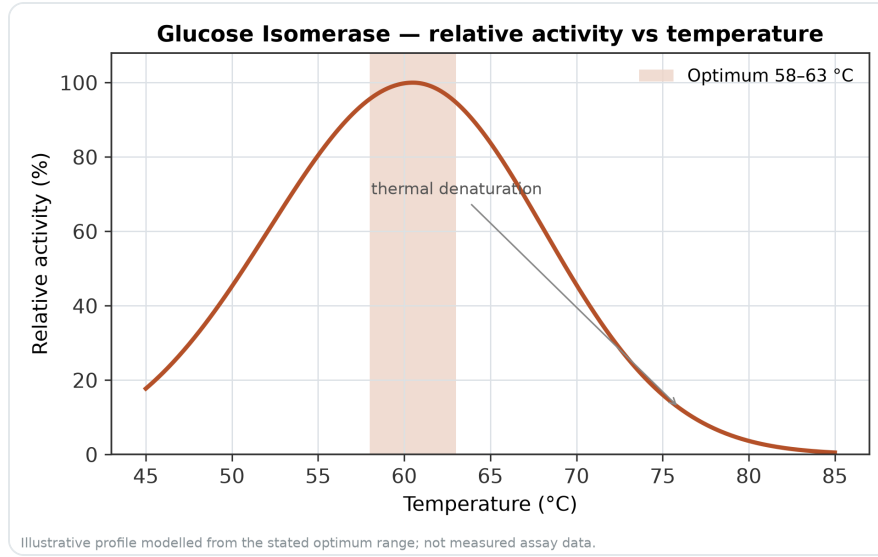


Figure 6. 온도에 따른 글루코스 이성화효소의 상대 활성으로, 58–63°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성에 따른 특징적인 활성 저하가 나타난다.

Saccharomyces cerevisiae’de xylose isomerase’in moleküler evrim yoluyla geliştirilmesi, özellikle glukoz ve ksilozun birlikte bulunduğu fermantasyon ortamlarında enzim performansının hücresel metabolizmayla birlikte düşünülmesi gerektiğini göstermiştir. Bu, fruktoz şurubu dışındaki biyoproseslerde glucose isomerase/xylose isomerase kullanımının doğrudan enzim aktivitesinden daha karmaşık olduğunu ortaya koyar ^[3].

Promiscuous enzim davranışı da mühendislik açısından ilgi çekicidir. Piromyces sp. E2 enziminin epimeraz aktivitesi göstermesi, aynı protein iskeletinin farklı karbonhidrat dönüşümlerine açılabilirliğini düşündürür; ancak bu bulgu, uygulamaya aktarılırken enzim kaynağına ve proses hedeflerine göre ayrı ayrı doğrulanmalıdır ^[1].

Ürün Kalitesi, Dokümantasyon ve Enzymes.bio Tedarik Formatı

Enzymes.bio, glucose isomerase ürününü çevrim içi siparişe uygun 1 kg birimler hâlinde sunan bir tedarik platformudur; şirket bu bağlamda üretici veya laboratuvar olarak konumlandırılmamalıdır . Bu ayırım önemlidir, çünkü proses performansı ve uygulama tasarımı, nihai kullanıcının kendi üretim hattı, ürün matrisi ve kalite sistemleri içinde değerlendirilir.

Siparişe birlikte CoA ve SDS sağlanması, profesyonel kullanımda temel dokümantasyon ihtiyacını destekler. CoA ürün partisine ilişkin kalite bilgilerinin, SDS ise güvenli kullanım ve depolama bilgilerinin izlenmesi için kullanılır; bu belgeler özellikle gıda, teknik üretim ve Ar-Ge ortamlarında kayıt yönetimi açısından değerlidir .

Glucose isomerase kullanımında ürünün kendisi kadar proses uygunluğu da önemlidir. Aynı enzim, fruktoz şurubu, alternatif karbonhidrat dönüşümleri veya araştırma ölçekli biyokataliz senaryolarında farklı sonuçlar verebilir; bu nedenle performans değerlendirmesi hedef substrat, reaksiyon ortamı ve işletme koşullarıyla birlikte ele alınmalıdır [7].

B2B Kullanıcı İçin Teknik Değer

Glucose isomerase'in B2B değeri, glukoz bazlı bir akışı daha yüksek fruktoz içeren ve formülasyon açısından farklı davranan bir şuruba dönüştürebilmesinden gelir. Bu özellik, nişasta bazlı tatlandırıcı üreticileri, içecek formülasyonu yapan işletmeler, şekerleme ve fırıncılık uygulamaları için doğrudan proses değeri taşır [2].

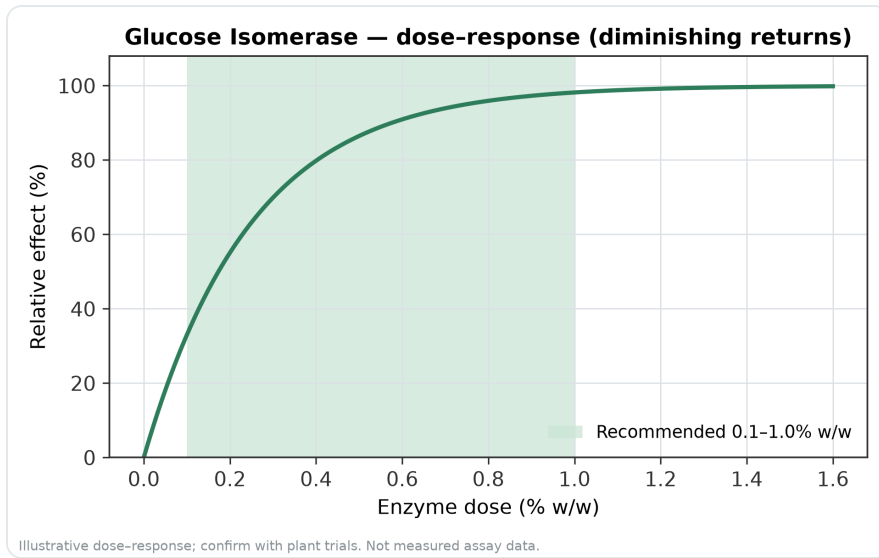


Figure 7. 권장 사용 범위(0.1–1.0% w/w)에서 글루코스 이성화효소의 예시적 용량-반응 관계.

Enzim, mevcut nişasta işleme zincirine “son dönüştürme basamağı” olarak entegre edilebilir. Önce glukoz şurubu oluşturulur, ardından glucose isomerase ile glukoz-fruktoz dengesi hedeflenen profile yaklaştırılır; böylece hammadde olarak nişasta kullanan işletmeler daha geniş tatlandırıcı portföyü geliştirebilir [4].

Araştırma ve proses geliştirme ekipleri için ikinci değer alanı, glucose isomerase'in kademeli biyokatalizlerde kullanılabilmesidir. D-allulose üretimi, lactose'dan fruktoz şurubu tasarımı ve trehaloz/fruktoz birlikte üretimi gibi örnekler, enzimin tek bir geleneksel uygulamayla sınırlı olmadığını gösterir [8].

Bununla birlikte, fruktoz şurubu dışındaki uygulamalar daha bağlama bağımlıdır. Ksiloz fermantasyonu, nadir şeker üretimi veya hücre temelli biyokataliz sistemlerinde sonuçlar, yalnızca enzimin katalitik özelliğine değil, metabolik akışa, substrat taşınımına, hücre fizyolojisine ve yan reaksiyonlara da bağlıdır [3].

Güçlü Kanıt Alanları ve Sınırlar

Glucose isomerase için en güçlü kanıt alanı, D-glukozun D-fruktoza izomerizasyonu ve bunun fruktoz şurubu üretimindeki kullanımınıdır. Bu uygulama, enzimin endüstriyel gıda teknolojisindeki ana rolünü oluşturur ve “glucose isomerase” arama teriminin en sık karşılık geldiği ticari bağlamdır [2].

İkinci güçlü alan, enzimin xylose isomerase kimliğiyle D-ksiloz/D-ksiluloz dönüşümünde araştırılmasıdır. Bu bilgi, enzimin aktif bölge davranışının ve substrat esnekliğinin anlaşılması açısından değerlidir; ancak ksiloz fermantasyonu verileri doğrudan fruktoz şurubu performansı olarak yorumlanmamalıdır [1].

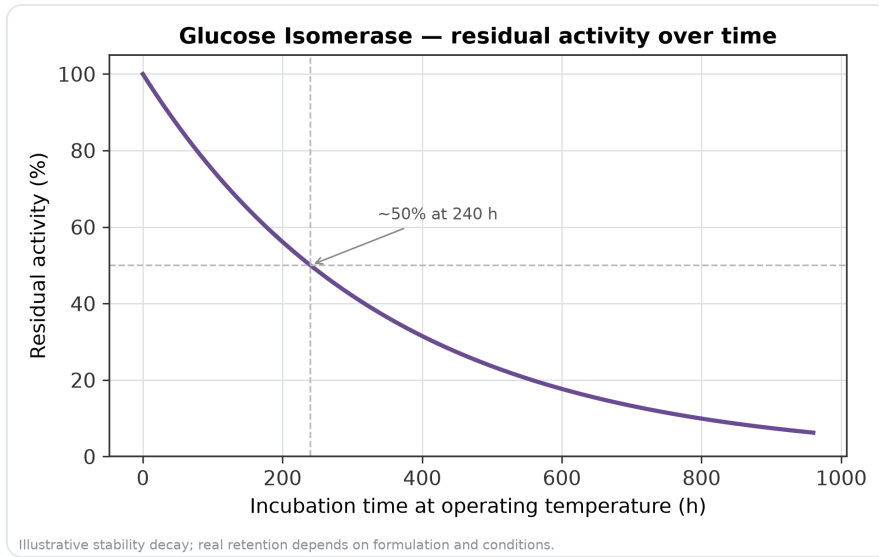


Figure 8. 운전 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소하는 글루코스 이성화효소의 예시적 열 안정성 감소 양상.

Daha sınırlı kanıt alanları, nadir şekerler ve entegre kaskad reaksiyonlarıdır. D-allulose çalışmaları veya combi-CLEA tasarımları teknik olarak umut verici olsa da, bunlar proses tasarımı, biyokatalizör formatı ve hedef ürün ekonomisine bağlı olarak değerlendirilmelidir [8].

Bu nedenle glucose isomerase seçilirken temel ayırım şudur: glukozdan fruktoz şurubu üretimi yerleşik bir uygulamadır; alternatif şeker dönüşümleri ise çoğunlukla proses geliştirme ve uygulama doğrulaması gerektiren daha özel senaryolardır [7].

Sonuç: Glucose Isomerase'in Endüstriyel Rolü

Glucose isomerase, glukoz şurubunu fruktoz içeren şuruba dönüştüren temel biyokatalizörlerden biridir. Enzimin endüstriyel değeri, D-glukoz/D-fruktoz izomerizasyonunu seçici biçimde hızlandırması ve nişasta bazlı tatlandırıcı zincirinde ürün profilini değiştiren kritik basamak olarak görev yapmasından kaynaklanır ^[2].

Aynı enzim ailesinin xylose isomerase olarak da çalışılması, glucose isomerase'in daha geniş karbonhidrat biyoteknolojisi içindeki yerini açıklar. Ksiloz fermantasyonu, nadir şeker üretimi, immobilize biyokatalizör tasarımları ve tek kap kademeli reaksiyonlar, bu enzimin araştırma ve proses geliştirme değerini genişletir ^[3].

Enzymes.bio üzerinden 1 kg birimler hâlinde çevrim içi sipariş edilebilen glucose isomerase, üretim hattı, pilot proses veya teknik geliştirme çalışmaları için dokümantasyonla birlikte tedarik edilen bir enzim ürünüdür. CoA ve SDS'nin siparişe birlikte sağlanması, profesyonel kullanımda kalite ve güvenlik kayıtlarının yönetilmesine yardımcı olur .

Glucose Isomerase ürününü online sipariş edin

1 kg birimler halinde satılır; stokta mevcut ve sevkiyata hazırdır. Mağazamızdan doğrudan sipariş verin — online ödeme yapın, siparişinizi işleme alalım. Her siparişe Analiz Sertifikası ve Güvenlik Bilgi Formu dahildir.

[Glucose Isomerase satın alın →](#)

Kaynaklar

İlk atıf sırasına göre numaralandırılmıştır. Açık erişimli kaynaklardır; her birinin yayım sırasında erişilebilir olduğu doğrulanmıştır. Metindeki atıf numaraları buraya bağlantı verir:

1. Barreto, M. Q., Garbelotti, C., Moura Soares, J., Grandis, A., Buckeridge, M., Leone, F. A., & Ward, R. (2023). Xylose isomerase from *Piromyces* sp. E2 is a promiscuous enzyme with epimerase activity. *Enzyme and Microbial Technology*, 166, 110230 .
2. Glucose Isomerase Enzyme. *Catalexbio*.
3. Seike, T., Kobayashi, Y., Sahara, T., Ohgiya, S., Kamagata, Y., & Fujimori, K. (2019). Molecular evolutionary engineering of xylose isomerase to improve its catalytic activity and performance of micro-aerobic glucose/xylose co-fermentation in *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology for Biofuels*, 12.

4. Optimisation of enzymatic fermented glucose production of wild cocoyam starch using response surface methodology. *Semantic Scholar* (2022).
5. Lambeir, A., Lauwereys, M., Stanssens, P., Mrabet, N., Snauwaert, J., Tilbeurgh, H., Matthyssens, G., ... et al. (1992). Protein engineering of xylose (glucose) isomerase from *Actinoplanes missouriensis*. 2. Site-directed mutagenesis of the xylose binding site. *Biochemistry*, 31 24, 5459-66 .
6. 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*.
7. 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 .
8. Gao, S., Li, Y., Cui, Q., Guo, C., Wang, J., Li, J., Wang, T., ... et al. (2026). Improvement of D-Allulose Biocatalysis from D-Glucose in Engineered *Escherichia coli* by Enhancing Glucose Isomerase Expression and Substrate Supply. *Fermentation*.

Enzymes.bio ile iletişime geçin

Siparişinizle ilgili sorularınız mı var? Ekibimiz yardımcı olmaktan memnuniyet duyar.

E-POSTA wholesale@enzymes.bio

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

[Bize ulaşın →](#)



400+ B2B müşteriler



60+ üniversite araştırma ortakları



54 dünya genelinde hizmet

© 2026 Enzymes.bio · Endüstriyel ve gıda işleme enzim tedariki · İnsan tüketimi veya perakende satış için değildir.