

LAKTAZ ENZİMİNİN İMMOBİLİZASYONU

Hazırlayan: Şeyma ARSLANTAŞ

Danışman: Doç. Dr. Adem ERGÜN



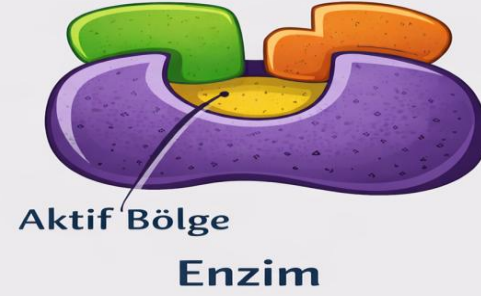
Amaç ve Kapsam



Bu sunumun amacı, laktaz enziminin immobilizasyonunu açıklamak ve serbest enzim kullanımına kıyasla sağladığı avantajları ortaya koymaktır. Bu kapsamda laktaz enziminin biyokimyasal özellikleri, immobilizasyon yöntemleri ve gıda endüstrisindeki uygulamaları ele alınmıştır.

Serbest bir biyokatalizörün, verimli ve sürdürülebilir üretim için nasıl bir temel teknolojiye dönüştüğünün hikayesi

Laktaz enziminin immobilizasyonu, enzimin serbest halde çözeltide bulunması yerine bir taşıyıcı yüzeye bağlanarak veya hapsedilerek sabitlenmesi işlemidir.



Enzim Nedir?

Enzimler, canlı hücrelerde gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonları hızlandıran, çoğunlukla protein yapılı biyolojik katalizörlerdir. Enzimler, reaksiyonun aktivasyon enerjisini düşürerek tepkimenin daha kısa sürede ve daha düşük enerjiyle gerçekleşmesini sağlarlar.

Laktaz Enzimi

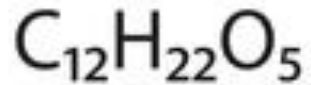
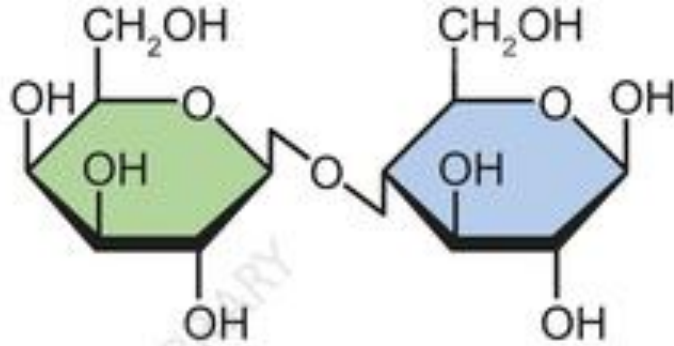
Laktaz enzimi (β -galaktozidaz), disakkarit yapısındaki laktozu, monosakkaritler olan glukoz ve galaktoza hidrolizleyen bir enzimdir. İnce bağırsağın epitel hücrelerinde doğal olarak bulunan bu enzim, laktozun sindirilmesinde temel rol oynar.

Laktoz intoleransı, dünya nüfusunun önemli bir bölümünü etkilemektedir. Bu durum laktozsuz gıdalara olan talebi artırmıştır.

Laktaz enzimi, laktozu sindirilebilir monosakkaritlere ayırarak laktozsuz ürün üretimini mümkün kılan temel biyokatalizördür.

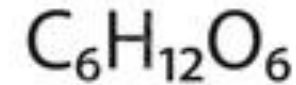
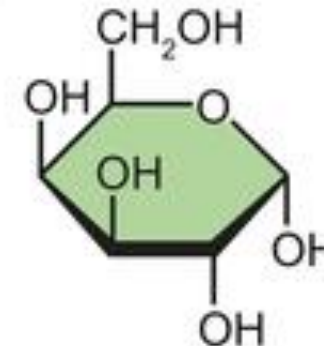
Neden Laktaz Enzimi ?

Lactose

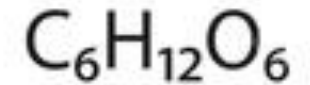
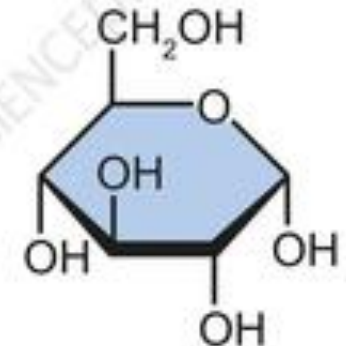


Lactase
→

Galactose



Glucose



LAKTAZ ENZİMİNİN KATALİZLEDİĞİ REAKSİYON

Laktaz enzimi (β -galaktozidaz), laktoz molekülündeki β -1,4-glikozidik bağın hidrolizini katalizleyerek glukoz ve galaktoz oluşumuna yol açar.

LAKTOZ INTOLERANSI

LAKTOZ INTOLERANSI, süt ve süt ürünlerindeki laktozu sindirmek için gereken laktaz enziminin yeterince üretilmemesi sonucu ortaya çıkan bir durumdur. Laktoz tüketildiğinde şişkinlik, gaz, karın ağrısı ve ishal gibi sindirim sorunlarına yol açabilir.



SERBEST ENZİMİN KIRILGANLIĞI: ENDÜSTRİYEL ENGELLER



Düşük Stabilité

Sıcaklık ve pH değişimlerine karşı hassasiyeti nedeniyle aktivitesini hızla kaybeder.



Tekrar Kullanılamama

Proses sonunda geri kazanımı zor olduğu için her seferinde yeni enzim gerektirir.



Yüksek Maliyet

Tek kullanımlık olması, endüstriyel ölçekte üretim maliyetlerini doğrudan artırır.



Kontrol Zorluğu

Reaksiyon ortamında serbestçe dağılması, proses kontrolünü ve ürün sağlığını olumsuz etkiler.

Serbest halde kullanılan laktaz enzimi ,sıcaklık ve pH değişimlerine karşı duyarlıdır. Reaksiyon sonunda ortamdan geri kazanılmadığı için genellikle tek kullanımlık olup, bu durum endüstriyel uygulamalarda maliyetin artmasına neden olur.

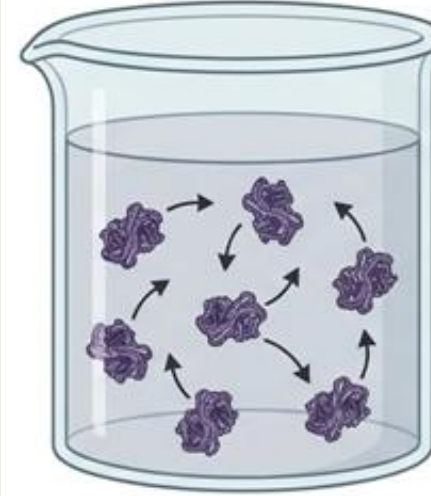
Neden İmmobilizasyon Gerekli ?

Serbest enzimlerin düşük stabilitesi ve tekrar kullanılamaması, endüstriyel uygulamalarda verim ve maliyet sorunlarına yol açmaktadır. Bu nedenle enzim immobilizasyonu, daha kararlı ve ekonomik sistemlerin geliştirilmesi için tercih edilmektedir.

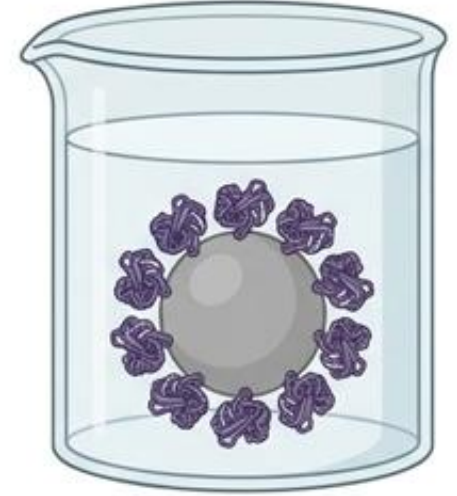
ENZİM İMMOBİLİZASYONU

Enzim immobilizasyonu, enzimin serbest halde çözeltide bulunması yerine bir taşıyıcı yüzeye bağlanarak veya bir matris içine hapsedilerek sabitlenmesi işlemidir.

Serbest Enzim



İmmobilize Enzim



Enzim İmmobilizasyonunun Genel Şematik Gösterimi



1) Adsorpsiyon

Adsorpsiyon yönteminde enzim, taşıyıcı yüzeye zayıf fiziksel etkileşimler (elektrostatik kuvvetler, hidrojen bağları, Van Der Waals kuvvetleri) ile bağlanır. Kimyasal bağ oluşmaz.

Avantajları

Uygulaması basit ve ucuzdur

Enzim yapısı büyük ölçüde korunur

Hafif koşullarda gerçekleştirilir

Dezavantajları

Bağlar zayıf olduğu için enzim sızıntısı görülebilir

pH ve iyonik güç değişimlerinden kolay etkilenir

Uzun süreli kullanıma sınırlı uygundur



2) Kovalent Bağlanma

Bu yöntemde enzim, taşıyıcıya kovalent (kimyasal) bağlar ile bağlanır. Enzimin amino, karboksil veya sülfidril grupları bağlanmada rol oynar.

Avantajları

Enzim taşıyıcıya çok güçlü şekilde bağlanır

Enzim sızıntısı görülmez

Uzun süreli ve sürekli sistemler için uygundur

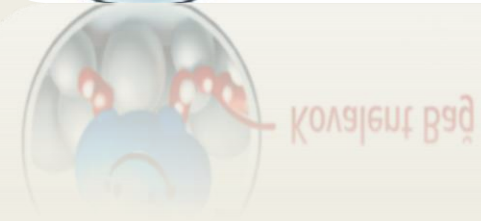
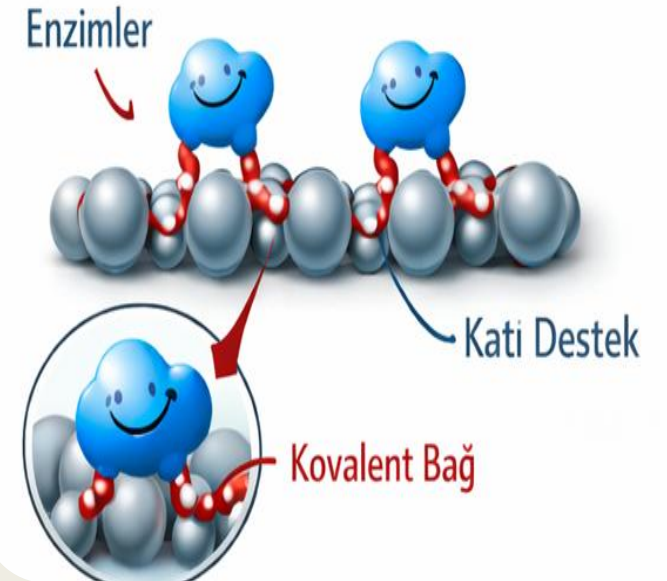
Dezavantajları

Kimyasal bağlanma enzimin aktif bölgesini etkileyebilir

Aktivite kaybı görülebilir

Uygulaması diğer yöntemlere göre daha karmaşıktır

Kovalent Bağlama



3) Tuzaklama

Tuzaklama yönteminde enzim, bir jel veya polimer matrisi içinde fiziksel olarak hapsedilir. Enzim taşıyıcıya bağlanmaz.

Avantajları

Enzim yapısı korunur

Kimyasal bağlanma olmadığı için aktivite kaybı düşüktür

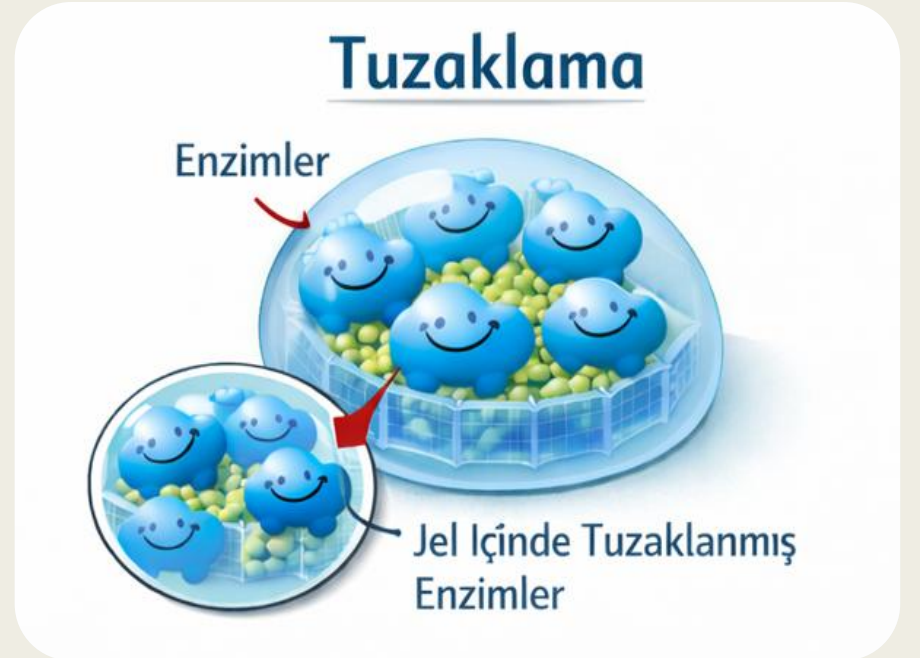
Uygulaması görece kolaydır

Dezavantajları

Substrat ve ürünlerin difüzyonu sınırlı olabilir

Büyük moleküller matrikse girmekte zorlanabilir

Uzun süreli kullanımda enzim sızıntısı olabilir



4) Çapraz Bağlanma

Bu yöntemde enzim molekülleri, genellikle bir çapraz bağlayıcı ajan (örneğin glutaraldehit) kullanılarak birbirine bağlanır. Taşıyıcı kullanılmayabilir.

Avantajları

Yüksek mekanik ve kimyasal stabilite sağlar

Taşıyıcıya ihtiyaç duyulmaz

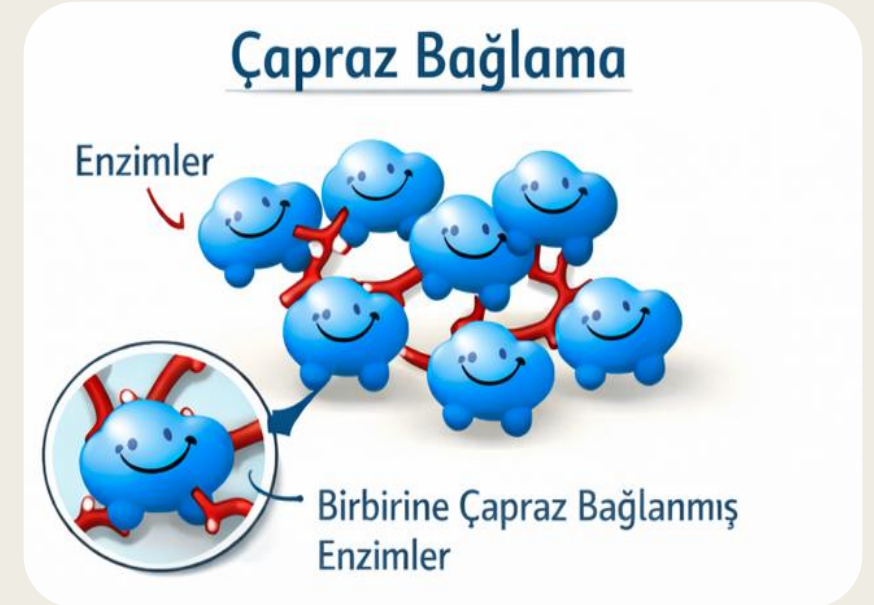
Endüstriyel uygulamalar için uygundur

Dezavantajları

Enzim aktivitesi azalabilir

Optimizasyon gerektirir

Uygulama koşulları hassastır



Laktaz İçin Endüstriyel Tercih: Hangi Yöntemler Öne Çıkıyor?



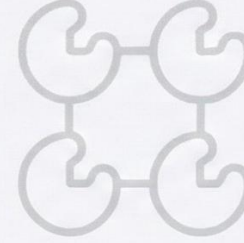
Adsorpsiyon



Kovalent
Bağlanma



Tuzaklama



Çapraz
Bağlanma

“Laktaz enziminin immobilizasyonunda en yaygın kullanılan yöntemler, **tuzaklama** ve **kovalent bağlanma**dır.”

- ✓ **Yüksek Stabilité:** Her iki yöntem de enzimin operasyonel ömrünü önemli ölçüde uzatır.
- ✓ **Aktivitenin Korunması:** Enzimin katalitik aktivitesini büyük ölçüde korurlar.
- ✓ **Tekrar Kullanılabilirlik:** Endüstriyel proseslerde enzimin defalarca kullanılmasını sağlarlar.
- ✓ **Gıda Güvenliği:** Gıda endüstrisine uygunluk açısından avantaj sunarlar.

İmmobilize Laktaz Enziminin Avantajları

Termal ve pH stabilitesinin artması

Enzimin tekrar kullanılabilmesi

Reaksiyon ortamından kolay ayrılma

Enzim kaybının azalması

Uzun süreli kullanım imkânı

Laktaz Enziminin Endüstriyel Uygulamaları

İmmobilize laktaz teknolojisi, gıda endüstrisinde devrim yaratarak milyonlarca insan için yeni ürünlerin geliştirilmesini sağlamıştır

Laktozsuz ürünler, laktoz intoleransı olan bireylerde sindirim sistemi rahatsızlıklarını azaltarak besinlerin daha rahat ve güvenli tüketilmesine katkı sağlar.

Laktaz İçin Endüstriyel Tercih: Hangi Yöntemler Öne Çıkıyor?



Laktosuz Süt Üretimi

Sütteki laktozun önceden hidrolize edilerek sindirimi kolay ürünler elde edilmesi.



Laktosuz Yoğurt ve Peynir Üretimi

Fermentasyon süreçlerini optimize etmek ve ve son ürün kalitesini artırmak.



Sürekli Biyoreaktör Sistemleri

Büyük ölçekli, kesintisiz ve otomatize edilmiş üretim hatlarında enzimin stabil bir şekilde kullanılması.

Geleceğin Üretimi: Verimli, Ekonomik ve Sürdürülebilir

“Laktaz enziminin immobilizasyonu, laktozsuz ürünlerin endüstriyel ölçekte **verimli, ekonomik ve sürdürülebilir** şekilde üretilmesine olanak sağlamaktadır.”



Verimli



Ekonomik



Sürdürülebilir

Ana Çıkarımlar

1) Problem: Serbest laktaz enzimi, endüstriyel üretim için doğası gereği kararsız, maliyetli ve verimsizdir.

2) Çözüm: İmmobilizasyon , enzimi sabitleyerek stabilite, tekrar kullanılabilirlik ve kontrol kazandıran güçlü bir teknoloji sunar

3) Etki: Bu teknoloji, gıda endüstrisinde büyük ölçekli ,ekonomik ve sürdürülebilir üretimin kapılarını açarak laktozsuz ürün pazarını mümkün kılmıştır

Kaynakça

- Nelson, D. L., & Cox, M. M. *Lehninger Principles of Biochemistry*. W.H. Freeman, 2021.
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., & Stryer, L. *Biochemistry*. W.H. Freeman, 2019.
- Illanes, A. *Enzyme Biocatalysis: Principles and Applications*. Springer, 2008.
- Husain, Q. (2010). Beta-galactosidase and its applications. *Critical Reviews in Biotechnology*.
- Panesar, P. S., et al. (2010). Applications of immobilized β -galactosidase. *Enzyme Research*.
- Türköz, B. ve ark. (2024). Gıda endüstrisinde immobilize enzim uygulamaları. *DergiPark*.



BENİ DİNLEDİĞİNİZ İÇİN
TEŞEKKÜR EDERİM

