

# Pullulanase Enzyme Liquid: Glikoz ve Maltoz Şurubu Üretiminde Nişasta Hidrolizi İçin Dallanma Giderici Enzim

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

**Pullulanase Enzyme Liquid**, nişasta hidrolizinde özellikle amylopektin ve limit dekstrinlerdeki  **$\alpha$ -1,6 glikozidik dallanma bağlarını** hedefleyen sıvı bir pullulanaz enzim preparatıdır. Glikoz şurubu ve yüksek maltoz şurubu üretiminde, glukoamilaz veya  $\beta$ -amilaz gibi amilolitik enzimlerin daha erişilebilir, daha lineer zincirler üzerinde çalışmasına yardımcı olarak sakarifikasyon verimini destekler. Enzymes.bio bu ürünü üretici veya laboratuvar olarak değil, **1 kg birimler halinde çevrim içi doğrudan satış yapan tedarikçi** olarak sunar; CoA ve SDS siparişe birlikte sağlanır.

## Pullulanazın nişasta hidrolizindeki temel rolü

Pullulanaz, gıda endüstrisinde nişasta işleme, şurup üretimi ve dallanmış glukanların dönüştürülmesiyle ilişkilendirilen bir **dallanma giderici enzim** sınıfıdır. Literatürde pullulanazın önemi, nişasta kaynaklı polisakkaritlerde bulunan ve klasik amilazların tek başına etkin biçimde aşamadığı  **$\alpha$ -1,6 dallanma noktalarını** hidroliz edebilmesinden gelir <sup>[1]</sup>.

Nişasta, genel olarak iki ana fraksiyonla açıklanır: daha lineer karakterli **amiloz** ve yüksek oranda dallanmış **amylopektin**. Amiloz ağırlıklı olarak  $\alpha$ -1,4 glikozidik bağlardan oluşurken, amylopektin  $\alpha$ -1,4 bağlı zincirlerin  $\alpha$ -1,6 bağlarla dallandığı daha karmaşık bir yapı gösterir; bu dallanma noktaları, nişastanın tam hidrolizinde önemli bir yapısal sınırlama oluşturur <sup>[2]</sup>.

Glikoz ve maltoz şurubu üretiminde prosesin amacı, nişastayı kontrollü biçimde daha küçük şekerlere dönüştürmektir. Bu dönüşüm yalnızca nişastayı “parçalamak” anlamına gelmez; hedeflenen şeker profiline göre glikoz, maltoz, maltotrioz ve daha yüksek dekstrinlerin oranı yönetilir <sup>[3]</sup>.

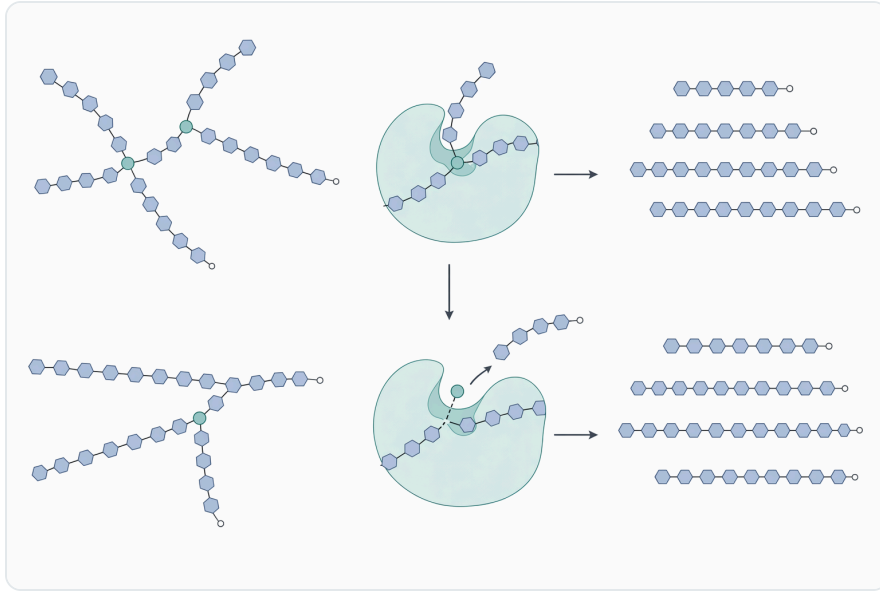
Pullulanaz burada doğrudan bir “tek başına şurup enzimi” gibi değil, daha çok **sakarifikasyonun tamamlanmasına yardımcı olan tamamlayıcı enzim** gibi düşünülmelidir.  $\alpha$ -amilaz sıvılaştırma aşamasında nişasta zincirlerini kısaltırken, glukoamilaz glikoz oluşumunu,  $\beta$ -amilaz ise maltoz oluşumunu destekler; pullulanaz bu enzimlerin dallı yapılarda karşılaştığı erişim engelini azaltır <sup>[4]</sup>.

Enzymes.bio tarafından tedarik edilen sıvı pullulanaz ürünü, nişasta bazlı glikoz ve maltoz şurubu proseslerinde bu teknik işlev için konumlandırılır. Ürün çevrim içi olarak 1 kg birimler halinde satın alınır; tedarikçi modeli kapsamında siparişle birlikte CoA ve SDS sağlanır.

## Mekanizma: $\alpha$ -1,6 bağlarının açılması neden önemlidir?

Nişasta hidrolizini somutlaştırmak için amylopektin yapısı dallı bir zincir ağı gibi düşünülebilir.  $\alpha$ -amilaz ağırlıklı olarak  $\alpha$ -1,4 bağları keserek uzun zincirleri daha kısa dekstrinlere dönüştürür; ancak  $\alpha$ -1,6 dallanma noktaları yerinde kaldığında, ortaya çıkan limit dekstrinler glukoamilaz veya  $\beta$ -amilaz için daha zor erişilen substratlar hâline gelebilir [1].

Pullulanazın ayırt edici teknik değeri, bu dallanma noktalarını hidroliz ederek daha lineer zincir parçaları oluşturmaktır. Lineerleşen bu yapılar, glukoamilazın zincir uçlarından glikoz salmasına veya  $\beta$ -amilazın maltoz birimleri üretmesine daha uygun bir substrat sunar [2].



**Figure 1.** 풀룰라나아제는 아밀로펙틴 유래 덱스트린의  $\alpha$ -1,6 가지 결합을 절단하여, 이후 가수분해에 더 적합한 선형 글루칸 사슬을 더 많이 생성한다.

Glikoz şurubu üretiminde glukoamilaz, dekstrinlerden glikoz açığa çıkaran ana sakarifikasyon enzimi olarak değerlendirilir. Ancak dallanmış dekstrinler glukoamilazın ilerlemesini sınırlayabildiği için pullulanazın debranching etkisi, glikoz oluşumunun daha ileri taşınmasına yardımcı olur [5].

Maltoz şurubu üretiminde ise hedef genellikle glikozdan çok maltoz ağırlıklı bir profil elde etmektir.  $\beta$ -amilaz, lineer  $\alpha$ -1,4 bağlı zincirlerden maltoz birimleri açığa çıkarır; pullulanazın dallanma noktalarını açması,  $\beta$ -amilazın zincir boyunca daha verimli ilerlemesine destek olur [1].

Bu nedenle pullulanazın pratik etkisi, yalnızca “bağ kesmek” olarak değil, **substrat mimarisini diğer amilolitik enzimler için daha uygun hâle getirmek** olarak tanımlanmalıdır. Bu mekanizma, nişasta bazlı şurup üretiminde enzim kombinasyonlarının neden tek enzime göre daha işlevsel olabildiğini açıklar <sup>[4]</sup>.

## Glikoz ve maltoz şurubu üretiminde proses içindeki yeri

---

Nişasta bazlı şurup üretiminde tipik akış, önce nişastanın hazırlanması ve jelatinizasyonu, ardından sıvılaştırma ve son olarak sakarifikasyon mantığıyla açıklanır. Enzimatik hidroliz, farklı nişasta kaynaklarından glikoz şurubu üretiminde asit hidrolizine alternatif veya tamamlayıcı bir yaklaşım olarak sistematik biçimde incelenmiştir <sup>[2]</sup>.

Sıvılaştırma aşamasında nişastanın viskozitesi düşürülür ve nişasta daha kısa dekstrinlere ayrılır. Bu noktada  $\alpha$ -amilaz gibi enzimlerin etkisi, sonraki sakarifikasyon için çözünür ve daha işlenebilir bir dekstrin matrisi oluşturur <sup>[6]</sup>.

Sakarifikasyon aşamasında hedef şeker profili belirleyici hâle gelir. Glikoz şurubu için glukoamilaz ön plana çıkarken, yüksek maltoz şurubu için  $\beta$ -amilaz temelli yaklaşımlar kullanılır; pullulanaz bu aşamada dallı dekstrinleri açarak her iki hedefe de proses tasarımına bağlı olarak katkı sağlayabilir <sup>[1]</sup>.

Tatlı patates nişastası, manyok nişastası, kolokazyta nişastası, tacca yumrusu nişastası ve benzeri alternatif nişasta kaynakları üzerinde yapılan çalışmalar, enzimatik hidrolizin farklı bitkisel hammaddelerde glikoz şurubu üretimi için değerlendirildiğini göstermektedir <sup>[7]</sup>. Bu çeşitlilik, pullulanazın işlevini hammaddeye göre değil, hammadde içindeki dallanmış glukan yapılarının varlığına göre anlamayı gerektirir.



**Figure 2.** 전분당 가공에서 풀룰라나아제는 일반적으로 호화 및 액화 공정 이후에 투입되며, 이 단계에서는 가용성 가지형 덱스트린이 탈분지와 당화에 이용될 수 있다.

Manyok nişastası gibi kök ve yumru nişastalarında da enzimatik hidroliz, glikoz üretimi ve fermantasyona uygun şekerlerin oluşturulması açısından araştırılmıştır. Bu çalışmalar, nişasta kaynağı değişse bile hidroliz veriminin ön işlem, enzim kombinasyonu ve sakarifikasyon koşullarına bağlı olduğunu göstermektedir [8].

## Pullulanazın hedeflediği pratik üretim sorunları

### Dallanmış dekstrinlerin kalması

Sıvılaştırma sonrası oluşan dekstrinlerin tamamı lineer değildir. Amylopektinden gelen dallanmış parçalar, özellikle  $\alpha$ -1,6 bağları korunduğunda daha ileri hidrolize direnç gösterebilir; dirençli nişasta ve hidrolize direnç mekanizmaları üzerine yapılan çalışmalar da nişasta yapısının enzim erişilebilirliğini doğrudan etkilediğini göstermektedir [9].

Pullulanaz, bu sınırlamayı azaltmak için dallanma noktalarına yönelir. Böylece daha kısa ve daha lineer zincirler ortaya çıkar; bu zincirler hedef prosese göre glukoamilaz veya  $\beta$ -amilaz tarafından daha verimli dönüştürülebilir [1].

### Hedef şeker profilinin daha net yönetilmesi

Glikoz şurubu ve maltoz şurubu aynı hammaddeden üretilirse de ürün özellikleri farklıdır. Glikoz ağırlıklı şuruplar yüksek fermente edilebilirlik ve tatlandırıcı uygulamalarıyla ilişkilendirilirken, maltoz ağırlıklı şuruplar daha farklı tatlılık, viskozite ve kristallenme davranışları nedeniyle belirli gıda

uygulamalarında tercih edilir [2].

Pullulanazın katkısı, hedef ürüne doğrudan “glikoz” veya “maltoz” eklemek değil, zincir mimarisini hedef enzimin çalışmasına uygun hâle getirmektir. Glukoamilazla birlikte kullanıldığında glikoz yönlü sakarifikasyonu,  $\beta$ -amilazla birlikte kullanıldığında maltoz yönlü dönüşümü destekleyen yapısal bir ara rol üstlenir [4].

### Dekstrin kalıntılarının azaltılması

Şurup üretiminde yüksek molekül ağırlıklı dekstrinlerin kalması, tatlılık, viskozite, filtrasyon, fermantasyon performansı ve son ürün standardizasyonu açısından istenmeyen etkiler oluşturabilir. Enzimatik hidroliz çalışmalarında dekstrinlerin daha küçük şekere dönüşürülmesi, proses verimi ve ürün kompozisyonu açısından merkezi bir başlık olarak ele alınır [3].

Pullulanaz, özellikle limit dekstrin karakterindeki dallanmış ara ürünlerin açılmasına katkı sağlayarak bu kalıntıların azaltılmasına yardımcı olabilir. Bu etki, tek başına pullulanaz aktivitesinden çok, pullulanazın diğer amilolitik enzimlerle oluşturduğu fonksiyonel sinerjiyle açıklanmalıdır [1].

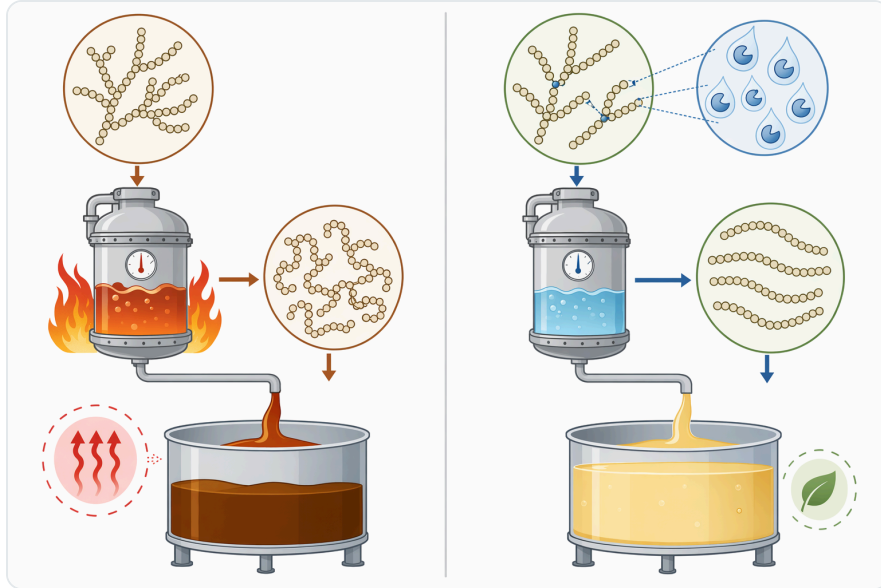


Figure 3.  $\alpha$ -amilaz, pullulanaz, glukoamilaz ve maltoz 생성 효소는 전분의 서로 다른 구조적 특징에 작용하므로 전분당 생산에서 상호 보완적인 역할을 한다.

### Pullulanaz, $\alpha$ -amilaz, glukoamilaz ve $\beta$ -amilaz karşılaştırması

Aşağıdaki tablo, nişasta hidrolizinde sık karşılaşılan enzimlerin işlevsel farklarını özetler. Değerler ürün spesifikasyonunu değil, literatürde kabul edilen proses rollerini açıklamak için verilmiştir [4].

Enzim	Temel hedef bağ veya yapı	Proses içindeki tipik rol	Glikoz şurubu açısından anlamı	Maltoz şurubu açısından anlamı
$\alpha$ -amilaz	Ağırlıklı olarak $\alpha$ -1,4 bağları	Sıvılaştırma; nişastayı daha kısa dekstrinlere ayırma	Glukoamilaz için başlangıç dekstrinleri oluşturur	$\beta$ -amilaz için işlenebilir zincirler oluşturur
Glukoamilaz	Zincir uçlarından glikoz salımı	Sakarifikasyon; glikoz üretimi	Ana glikoz oluşturucu enzimdir	Maltoz hedefinde sınırlı veya kontrollü kullanılır
$\beta$ -amilaz	Lineer zincirlerden maltoz salımı	Yüksek maltoz şurubu üretimi	Glikoz ağırlıklı üründe ana enzim değildir	Ana maltoz oluşturucu enzimlerden biridir
Pullulanaz	$\alpha$ -1,6 dallanma bağları	Dallanma giderme; limit dekstrinleri açma	Glukoamilaz erişimini artırarak glikoz yönlü sakarifikasyonu destekler	$\beta$ -amilaz erişimini artırarak maltoz oluşumunu destekler

Bu karşılaştırma, pullulanazın neden “ana hidroliz enzimi” yerine “dallanma giderici yardımcı enzim” olarak tanımlandığını açıkça gösterir. Prosesin hedefi glikoz ise pullulanazın değeri glukoamilazın önünü açmasında; hedef maltoz ise  $\beta$ -amilazın lineer zincirlerde daha etkin çalışmasına yardım etmesindedir [1].

## Farklı nişasta kaynaklarında enzimatik hidroliz bağlamı

Glikoz şurubu üretimi yalnızca mısır nişastasıyla sınırlı değildir. Sistemik derlemeler, farklı nişasta kaynaklarının enzimatik veya asit hidrolizi yoluyla glikoz şurubuna dönüştürülmesini ele alır; bu durum nişasta hidrolizinin hammaddeye göre değişen ama temel biyokimyası ortak bir proses olduğunu gösterir [2].

Tatlı patates nişastası üzerinde yapılan ölçek büyütme odaklı enzimatik şurup üretimi çalışması, hammadde, proses parametreleri ve enzimatik dönüşüm arasındaki ilişkinin ürün verimi için kritik olduğunu vurgular [7]. Pullulanazın bu bağlamdaki rolü, tatlı patates veya başka bir kaynak ayırımından çok, amylopektin kaynaklı dallanma yapısının hidrolize etkisiyle ilgilidir.

Kolokazyaya nişastasından glikoz şurubu ekstraksiyonunun enzimatik hidrolizle optimize edilmesine yönelik çalışma, geleneksel olmayan nişasta kaynaklarında da enzim temelli proses tasarımının önemini ortaya koyar [10]. Bu tür çalışmalar, ticari şurup proseslerinde enzim seçiminin yalnızca hammaddenin nişasta içeriğine değil, nişastanın yapısal erişilebilirliğine de bağlı olduğunu destekler.

Tacca yumrusu nişastası, glikoz şurubu üretimi için potansiyel bir enzimatik substrat olarak incelenmiştir. Bu örnek, nişasta kaynağı çeşitliliğinin arttığı durumlarda dallanma derecesi, jelatinizasyon davranışı ve enzim erişilebilirliğinin proses sonuçlarını etkileyebileceğini gösterir [11].

Rumbia nişastasından glikoz tozu üretiminde optimum sakarifikasyon sıcaklığı gibi proses faktörlerinin incelenmesi, nişasta hidrolizinde yalnızca enzim türünün değil, proses ortamının da belirleyici olduğunu gösterir [12]. Pullulanaz kullanımı da aynı nedenle, bütün proses tasarımının bir parçası olarak değerlendirilmelidir.

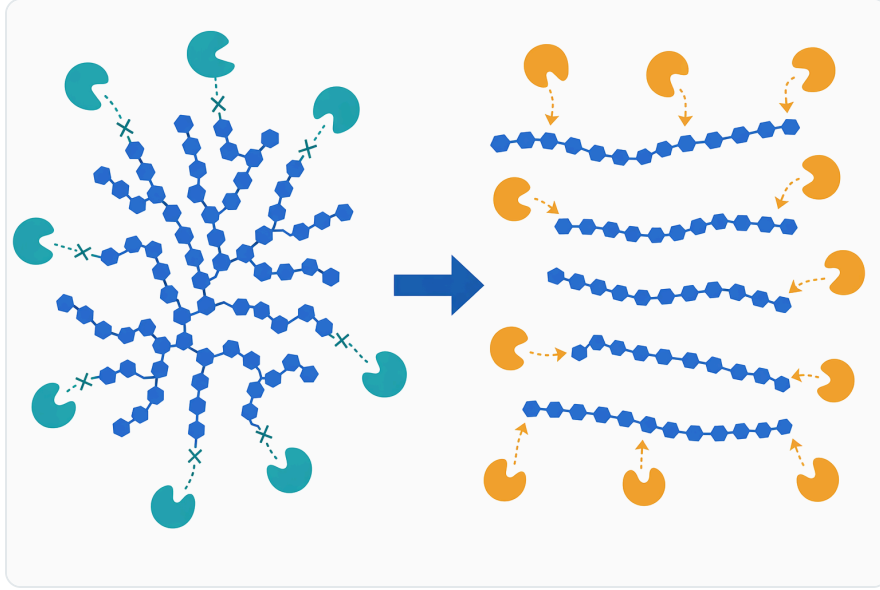


Figure 4. Talbenzizne gazi gubozuo inhan jznbekue jegeuhago jepeun ganehan seonheung saseul yeongyeokue neulimoseuseo tekseutrin jipeupui gubozuek heunghaeue beonhwasikinda.

## Glikoz şurubu üretiminde pullulanazın teknik değeri

Glikoz şurubu üretiminde amaç, nişasta zincirlerini yüksek oranda glikoza dönüştürmektir. Glukoamilaz bu dönüşümün merkezinde yer alsa da, dallanmış dekstrinlerin varlığı glukoamilazın zincir uçlarına erişimini sınırlayabilir; pullulanaz bu sınırlamayı azaltan tamamlayıcı rol oynar [5].

Enzimatik glikoz şurubu üretimi üzerine yapılan çalışmalar,  $\alpha$ -amilazla sıvılaştırma ve glukoamilazla sakarifikasyonun yaygın bir mantık olduğunu gösterir. Pullulanaz bu akışa eklendiğinde, özellikle amylopektinden gelen  $\alpha$ -1,6 bağlarının açılmasıyla glukoamilazın daha fazla işlenebilir uç bulmasına katkı sağlar [2].

Manyok nişastasından glikoz üretimine yönelik çalışmalar, enzimatik hidrolizin hammadde hazırlığı ve hidroliz koşullarıyla birlikte ele alınması gerektiğini gösterir. Pullulanazın etkisi de bu nedenle izole bir ürün özelliği gibi değil, sıvılaştırma ve sakarifikasyonun uyumu içinde değerlendirilmelidir [13].

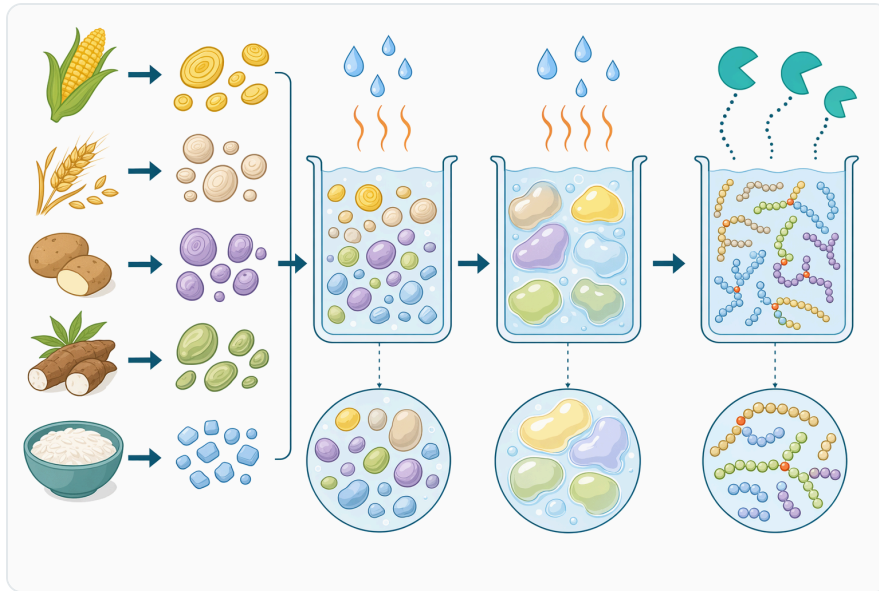
Atık veya yan akım nişasta içeren ortamlarda hızlı enzimatik hidroliz uygulamaları da araştırılmıştır. Örneğin mısır nişastası atık suyunun mikroalg üretimi için ön hidrolizle değerlendirilmesi, nişasta hidrolizinin yalnızca tatlandırıcı üretiminde değil, biyoproses besi akışlarında da önem taşıyabildiğini gösterir [14].

## Maltoz şurubu üretiminde pullulanazın teknik değeri

Yüksek maltoz şurubu üretiminde hedef, glikozdan çok maltoz birikimini destekleyen bir sakarifikasyon profili elde etmektir.  $\beta$ -amilaz, lineer nişasta türevlerinden maltoz salımı için önemlidir; ancak dallanma noktalarına yaklaştığında etkinliği sınırlanabilir [1].

Pullulanaz,  $\alpha$ -1,6 dallanma bağlarını açarak  $\beta$ -amilazın daha uzun lineer segmentlerde çalışmasına yardımcı olur. Bu, maltoz oluşumunun teorik temelini güçlendiren bir etkidir; ancak son maltoz oranı hammadde, sıvılaştırma derecesi, eşlik eden enzimler ve proses koşullarıyla birlikte belirlenir [2].

Glikoz şurubunda olduğu gibi maltoz şurubunda da pullulanazın etkisi “daha fazla enzim eklemek” mantığından ziyade, substratı doğru enzim için daha uygun hâle getirmek şeklinde anlaşılmalıdır. Bu ayırım, proses tasarımıyla pullulanazın nerede ve neden kullanıldığını netleştirir [4].



**Figure 5.** 식물성 전분의 구조와 전처리 방식은  $\alpha$ -1,6 가지 결합이 풀룰라나아제에 얼마나 잘 노출되는지에 영향을 미친다.

## Enzimatik hidroliz ile asit hidrolizi arasındaki bağlam

---

Glikoz şurubu üretiminde asit hidrolizi tarihsel olarak kullanılan bir yöntemdir; ancak enzimatik yöntemler daha seçici reaksiyonlar ve hedef ürün profili üzerinde daha iyi kontrol potansiyeli nedeniyle yaygın biçimde incelenmektedir. Sistematik derlemeler, farklı nişasta kaynaklarında enzimatik ve asit hidrolizi yaklaşımlarını karşılaştırmalı olarak ele alır <sup>[2]</sup>.

Asit hidrolizinde bağ kırılması daha az seçici olabilir; bu durum istenmeyen yan ürünler, renk oluşumu veya daha geniş molekül dağılımı gibi proses sorunlarıyla ilişkilendirilebilir. Enzimatik hidrolizde ise  $\alpha$ -amilaz, glukoamilaz,  $\beta$ -amilaz ve pullulanaz gibi enzimler belirli bağ tipleri veya reaksiyon rollerine göre seçilir <sup>[4]</sup>.

Pullulanazın bu bağlamdaki katkısı, enzimatik yöntemin seçiciliğini güçlendirmesidir. Çünkü pullulanaz özellikle  $\alpha$ -1,6 dallanma bağlarına yönelerek genel hidroliz yerine yapısal olarak sınırlayıcı bir noktayı hedefler <sup>[1]</sup>.

## Proses tasarımında performansı etkileyen faktörler

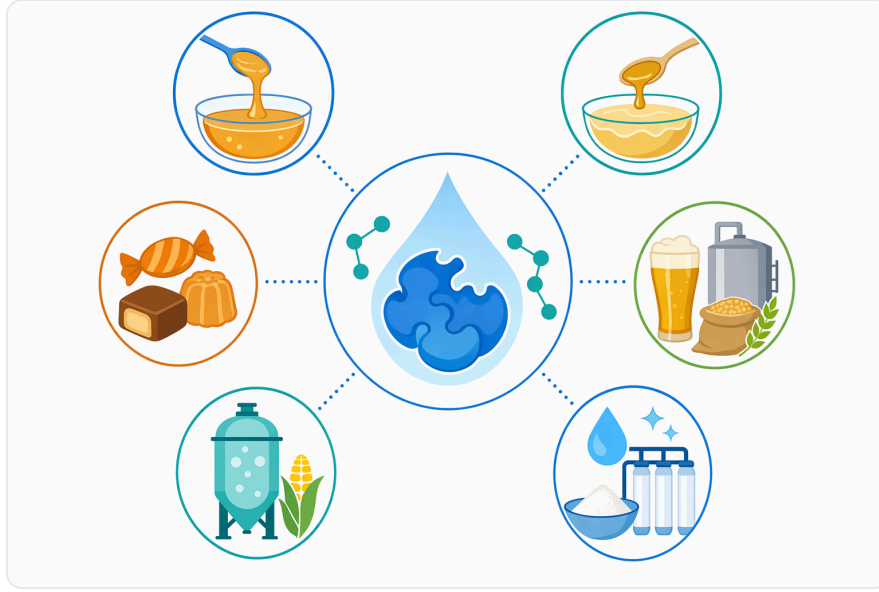
---

Pullulanazın gerçek proses performansı, nişasta kaynağının botanik kökenine, amylopektin oranına, ön jelatinizasyon düzeyine, sıvılaştırma sonrası dekstrin profilinin niteliğine ve sakarifikasyonda kullanılan diğer enzimlere bağlıdır. Alternatif nişasta kaynakları üzerine yapılan çalışmalar, aynı “enzimatik hidroliz” başlığı altında bile sonuçların hammaddeye ve proses tasarımına göre değiştiğini göstermektedir <sup>[10]</sup>.

Ön işlem, nişasta granüllerinin su alması, şişmesi ve enzimlere daha açık hâle gelmesi açısından kritik olabilir. Manyok nişastasında ekstrüzyon ve enzimatik hidrolizin birlikte incelendiği çalışmalar, fiziksel işlem ile enzimatik erişilebilirlik arasındaki bağlantıyı ortaya koyar <sup>[8]</sup>.

Sıvılaştırma derecesi de pullulanazın etkisini belirler. Çok yetersiz sıvılaştırılmış bir matriste enzim erişimi sınırlı olabilir; aşırı parçalanmış veya hedef dışı şeker profiline kaymış bir matriste ise pullulanazın katkısı proses hedefi açısından farklı değerlendirilir <sup>[6]</sup>.

Sakarifikasyon aşamasında glukoamilaz veya  $\beta$ -amilaz ile birlikte kullanıldığında pullulanazın etkisi daha anlamlı hâle gelir. Çünkü pullulanazın oluşturduğu daha lineer yapılar, bu enzimlerin hedef reaksiyonlarına uygun substratlar üretir <sup>[1]</sup>.



**Figure 6.** 동일한 풀룰라나아제의 탈분지 작용은 함께 사용되는 효소 시스템에 따라 포도당 시럽, 말토오스 시럽 또는 발효 가능한 당류 스트림 생산을 지원할 수 있다.

## Gıda endüstrisinde mikrobiyal enzimlerin yeri

Pullulanaz, gıda endüstrisinde kullanılan mikrobiyal enzimler arasında teknik olarak önemli bir sınıfta yer alır. Mikrobiyal enzimler; nişasta, protein, lipid ve lif gibi gıda bileşenlerinin işlenmesinde kontrollü dönüşümler sağlamak için yaygın biçimde incelenmektedir [15].

Gıda proseslerinde enzim kullanımı, kimyasal reaksiyonlara göre daha seçici dönüşüm, daha kontrollü ürün profili ve belirli proses koşullarında çalışabilme gibi avantajlarla ilişkilendirilir. Bu genel çerçevede pullulanaz, nişasta bazlı şeker proseslerinde  $\alpha$ -1,6 bağ seçiciliğiyle ayrıştırır [4].

Rekombinant teknoloji ve mikrobiyal ifade sistemleri de gıda endüstrisinde enzim üretimi ve uygulamaları açısından önemli bir araştırma alanıdır. Bu durum, pullulanaz gibi proses enzimlerinin endüstriyel ölçekte neden farklı kaynak ve formülasyonlarla piyasada bulunabildiğini açıklayan daha geniş biyoteknolojik arka planı oluşturur [16].

Bu dokümanda amaç, herhangi bir üretim yöntemi veya laboratuvar analizi iddiası sunmak değildir. Enzymes.bio'nun rolü, ilgili ürünü çevrim içi satış modeliyle tedarik etmektir; ürünle birlikte sağlanan CoA ve SDS, sipariş dokümantasyonunun parçasıdır.

## Uygulama alanlarının net sınırlandırılması

Bu sıvı pullulanaz preparatının ana uygulama bağlamı, **nişasta hidrolizi yoluyla glikoz ve maltoz şurubu üretimidir**. Pullulanaz literatürde farklı gıda ve biyoproses uygulamalarıyla ilişkilendirilse de, burada teknik değerlendirme şurup üretimindeki dallanma giderme işleviyle sınırlı tutulmalıdır <sup>[1]</sup>.

Fermantasyon proseslerinde nişasta hidrolizi, mikroorganizmalar için fermente edilebilir şekerlerin oluşturulması açısından önemlidir. *Oxalis tuberosa* nişastasından etanol üretimi üzerine yapılan çalışma, nişasta hidrolizi ve fermantasyonun birbirine bağlı proses adımları olduğunu gösterir <sup>[17]</sup>.

Bununla birlikte, fermantasyon uygulamalarında pullulanaz kullanımı her zaman zorunlu değildir; ihtiyaç, hammadde yapısına, hedef şeker profiline ve kullanılan mikroorganizmanın metabolik gereksinimlerine bağlıdır. Bu nedenle pullulanazın değeri, “her nişasta prosesinde gerekir” şeklinde değil, dallanmış dekstrinlerin sınırlayıcı olduğu proseslerde teknik olarak anlamlı olabilir şeklinde ifade edilmelidir <sup>[9]</sup>.

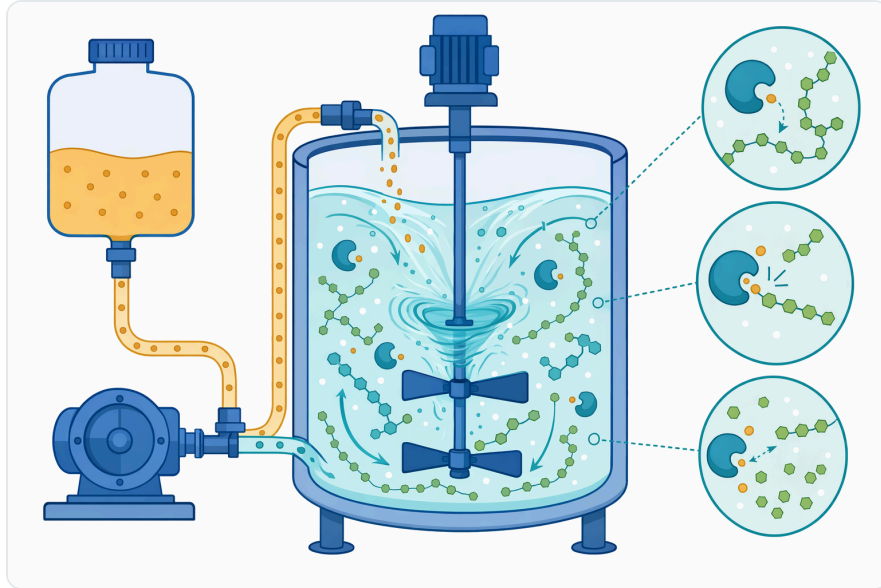


Figure 7. 액상 풀룰라나아제 제형은 수성 전분 가수분해 공정 흐름에 정량 주입하고 균일하게 분산시키는 데 적합하다.

## Enzymes.bio ürün konumlandırması

Enzymes.bio, **Pullulanase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis In Glucose And Maltose Syrup Production** ürününü tedarikçi olarak sunar. Ürün 1 kg birimler hâlinde çevrim içi doğrudan satın alma modeliyle listelenir; Enzymes.bio üretici veya laboratuvar değildir.

Bu konumlandırma, ürünün teknik kullanım amacını değiştirmez: sıvı pullulanaz preparatı, nişasta bazlı glikoz ve maltoz şurubu üretiminde  $\alpha$ -1,6 dallanma bağlarının hidrolizine destek olmak için değerlendirilir. Ancak ürün performansı, prosesin tamamındaki hammadde, ön işlem, enzim kombinasyonu ve sakarifikasyon tasarımıyla birlikte ele alınmalıdır [2].

Siparişle birlikte CoA ve SDS sağlanır. Bu belgeler ürün dokümantasyonunun parçasıdır; proses uygunluğu, kullanım koşulları ve tesis içi değerlendirme ise kullanıcının kendi uygulama bağlamında ele alınmalıdır.

## Sonuç: pullulanaz ne zaman anlamlı bir proses enzimi olur?

Pullulanaz, nişasta hidrolizinde özellikle amylopektin ve limit dekstrinlerden kaynaklanan  **$\alpha$ -1,6 dallanma engelini** azaltmak için anlamlıdır. Glikoz şurubu üretiminde glukoamilazın, yüksek maltoz şurubu üretiminde ise  $\beta$ -amilazın daha erişilebilir lineer zincirler üzerinde çalışmasına yardımcı olur [1].

Bu ürünün teknik değeri, tek başına tüm hidrolizi gerçekleştirmesinden değil, nişasta hidroliz zincirindeki kritik bir yapısal engeli hedeflemesinden gelir. Bu nedenle en güçlü kullanım alanı, sıvılaştırma sonrası dekstrinlerin sakarifikasyonunda glikoz veya maltoz profiline daha verimli ilerlemek isteyen nişasta bazlı şurup prosesleridir [4].

Enzymes.bio tarafından 1 kg çevrim içi satış formatında tedarik edilen bu sıvı pullulanaz preparatı, glikoz ve maltoz şurubu üretiminde araştırma temelli, mekanizması açık ve prosesle uyumlu bir enzim çözümü olarak değerlendirilebilir. CoA ve SDS siparişle birlikte sağlanır; ürünün uygulamadaki performansı ise hedef şeker profili ve proses tasarımının bütünüyle birlikte değerlendirilmelidir.

### Pullulanase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis In Glucose And Maltose Syrup Production 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.

[Pullulanase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis In Glucose And Maltose Syrup Production satın alın](#)  
→

## Kaynaklar

---

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

1. Naik, B., Kumar, V., Goyal, S., Tripathi, A. D., Mishra, S., Saris, P. E. J., Kumar, A., ... et al. (2023). [Pullulanase: unleashing the power of enzyme with a promising future in the food industry](#). *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11.
2. Musdalifa, M., Laga, A., & Rahman, A. N. (2024). [Glucose syrup production through enzymatic methods and acid hydrolysis using different starch sources: a systematic review](#). *Journal of Food Measurement & Characterization*, 18, 8976 - 8992.
3. [Production Of Glucose Syrup By The Hydrolysis Of Starch](#). *Semantic Scholar* (2021).
4. Kumar, A., Dhiman, S., Krishan, B., Samtiya, M., Kumari, A., Pathak, N., Kumari, A., ... et al. (2024). [Microbial enzymes and major applications in the food industry: a concise review](#). *Food Production, Processing and Nutrition*, 6.
5. Costa Luchiari, I., Cedeno, F. R. P., Macêdo Farias, T. A., Picheli, F., Paula, A. D., Monti, R., & Masarin, F. (2021). [Glucoamylase Immobilization in Corncob Powder: Assessment of Enzymatic Hydrolysis of Starch in the Production of Glucose](#). *Waste and Biomass Valorization*, 12, 5491 - 5504.
6. Aderibigbe, F. A., Babatunde, E. O., Ochapa, S. O., & Saka, H. (2024). [Green Synthesis for the Production of Glucose Syrup from Waste Cassava Starch Using Alpha-Amylase](#). *FUOYE Journal of Engineering and Technology*.
7. Rezvanian, K., Gichuhi, P., & Bovell-Benjamin, A. (2025). [Response Surface Methodological Approach for Scaling Up an Enzymatic Production of Sweet Potato Starch Syrup](#). *Journal of food processing and preservation*.
8. Fasheun, D. O., Silva, A. S., Teixeira, R., & Ferreira-Leitão, V. (2023). [Dark fermentative hydrogen production from cassava starch: A comprehensive evaluation of the effects of starch extrusion and enzymatic hydrolysis](#). *International journal of hydrogen energy*.
9. Zhong, H., She, Y., Yang, X., Wen, Q., Chen, L., Wang, X., & Chen, Z. (2024). [Analysis of the mechanism of resistance to enzymatic hydrolysis of RS-5 resistant starch.](#) *Food Chemistry*, 452, 139570 .
10. Teshome, B., Abewaa, M., Abdu, J., Rangaraju, M., Mengistu, A., Tibebe, S., & Haddis, T. (2025). [Optimization of glucose syrup extraction from Colocasia esculenta starch using enzymatic hydrolysis](#). *Results in Chemistry*.
11. Kareem, S., Makinde, M. T., Adeleye, T., Adebawale, A., Ibrahim, H., & Alabi, F. (2022). [Tacca Tuber Starch—A Potential Substrate for Enzymatic Production of Glucose Syrup](#). *Starke (Weinheim)*.
12. Alzena, J. N., Dewi, E., & Junaidi, R. (2023). [Processing Rumbia Starch Into Glucose Powder by Enzymatic Hydrolysis with Optimum Saccharification Temperature](#). *Jurnal Teknologi*.
13. Olosunde, A., Kelechi, S. O., & Antia, O. O. (2023). [Investigation into Optimal Conditions for Enzymatic Hydrolysis of Cassava Starch to Glucose by Amylase from Rice](#). *American Journal of Smart Technology and Solutions*.
14. Zheng, H., Wang, Y., Li, S., Wu, Q., Feng, X., Zheng, Y., Leong, Y. K., ... et al. (2022). [Lutein production by microalgae using corn starch wastewater pretreated with rapid enzymatic hydrolysis.](#) *Bioresource Technology*, 126940 .
15. Okpara, M. (2022). [Microbial Enzymes and Their Applications in Food Industry: A Mini-Review](#). *Advances in Enzyme Research*.

16. Liu, M., Xiao, R., Li, X., Zhao, Y., & Huang, J. (2025). A comprehensive review of recombinant technology in the food industry: Exploring expression systems, application, and future challenges. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24 2, e70078 .
17. Rafael-Ayala, A., & Vejarano, R. (2024). Ethanol production from Oxalis tuberosa starch: study of enzymatic hydrolysis and alcoholic fermentation. *Proceedings of the LACCEI international multi-conference for engineering, education and technology.*

## Enzymes.bio ile iletişime geçin

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

E-POSTA [wholesale@enzymes.bio](mailto: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.