

Catalase Enzyme for Wastewater Treatment: Atıksuda Hidrojen Peroksit Giderimi İçin Katalaz Enzimi

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

Catalase Enzyme for Wastewater Treatment, hidrojen peroksit kullanılan veya proses sonunda peroksit kalıntısı taşıyan atıksu akımlarında, H_2O_2 'nin su ve oksijene dönüştürülmesine yardımcı olan hedefe yönelik bir katalaz enzim ürünüdür. Katalazın temel değeri, genel bir "tüm kirleticileri giderme" iddiası değil; hidrojen peroksit kaynaklı oksidatif yükün biyokatalitik olarak azaltılmasıdır ^[1]. Enzymes.bio bu ürünü 1 kg birimler halinde çevrim içi doğrudan tedarik eder; üretici veya laboratuvar değildir ve CoA ile SDS siparişe birlikte sağlanır .

Katalaz enzimi atıksu arıtımında neden önemlidir?

Endüstriyel atıksu arıtımında hidrojen peroksit, oksidasyon, renk açma, dezenfeksiyon, ileri oksidasyon veya proses temizliği gibi adımlarda kullanılabilir. Ancak hidrojen peroksitin hedef reaksiyon tamamlandıktan sonra suda kalması, sonraki biyolojik arıtma adımlarında mikroorganizmalar üzerinde oksidatif baskı oluşturabilir veya proses kontrolünü zorlaştırabilir; katalaz enzimi bu noktada H_2O_2 'nin hızlı ve seçici parçalanması için kullanılır ^[1].

Atıksu arıtımı tek bir teknolojiye dayanmaz; biyolojik arıtma, membran prosesleri, ileri oksidasyon, doğa temelli sistemler, mikrobiyal konsorsiyumlar ve hibrit yaklaşımlar farklı kirleticiler için birlikte değerlendirilmektedir ^[2]. Katalaz bu geniş tablo içinde özellikle "oksidatif işlem sonrası peroksit kalıntısının düşürülmesi" rolüne oturur; yani organik yük, azot, fosfor, ağır metal veya tüm mikrokirleticiler için tek başına ana arıtım teknolojisi olarak konumlandırılmamalıdır.

Hidrojen peroksit, kontrollü dozlandığında faydalı bir oksitleyicidir; fakat arıtma hattının her bölümünde istenen bir bileşen değildir. Katalaz enzimi, bu peroksit kalıntısını kimyasal indirgeme yerine enzimatik bir yolla su ve oksijene dönüştürerek, özellikle biyolojik arıtma, membran sistemleri veya yeniden kullanım hedefleri öncesinde daha yönetilebilir bir su matrisi oluşturulmasına katkı sağlayabilir ^[3].

Catalase Enzyme for Wastewater Treatment nedir?

Katalaz, canlı sistemlerde reaktif oksijen türleriyle ilişkili hidrojen peroksitin kontrolünde görev alan temel antioksidan enzimlerden biridir. Biyokimyasal olarak katalazın ana reaksiyonu iki hidrojen peroksit molekülünü iki su molekülü ve bir oksijen molekülüne dönüştürmektir; bu nedenle atıksu uygulamalarında temel kullanım hedefi H_2O_2 giderimidir [1].

Basitleştirilmiş reaksiyon şöyledir:



Bu dönüşümün pratik önemi, reaksiyon ürünlerinin su ve oksijen olmasıdır. Katalaz bu nedenle, hidrojen peroksitin istenmeyen oksidatif etkisini azaltırken sisteme farklı bir kalıntı indirgeme kimyası eklemek istemeyen proseslerde ilgi görür; ancak enzimin etkinliği pH, sıcaklık, temas süresi, matris bileşimi ve hidrojen peroksit yükü gibi proses koşullarına bağlıdır [4].

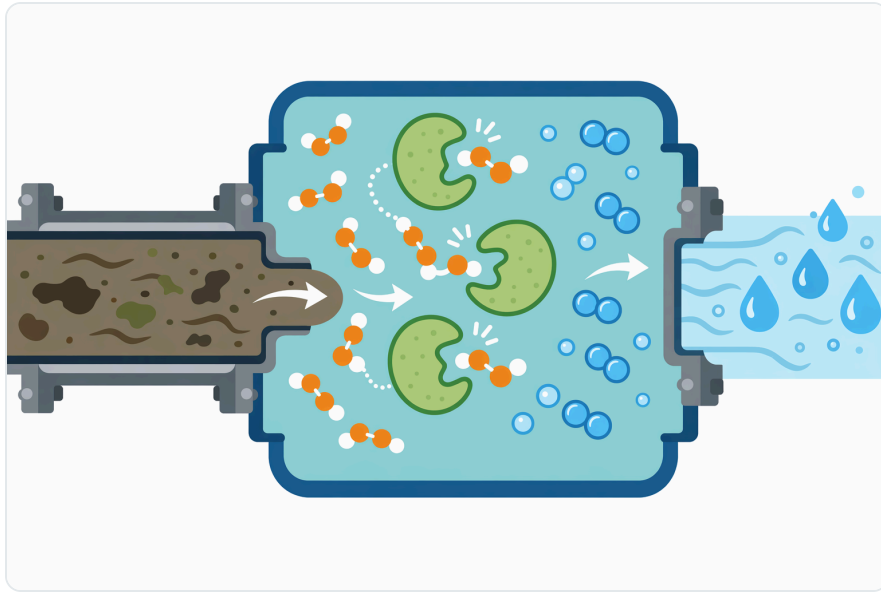


Figure 1. 카탈라아제는 산업 폐수에 남아 있는 과산화수소를 화학량론적 중화제를 추가하지 않고 물과 산소로 분해한다.

Catalase Enzyme for Wastewater Treatment, Enzymes.bio üzerinden 1 kg birimler halinde çevrim içi satın alınabilen bir üründür. Enzymes.bio bir üretici veya analiz laboratuvarı olarak değil, ürünü çevrim içi satış kanalıyla sağlayan tedarikçi olarak konumlanır; ürün dokümantasyonu kapsamında CoA ve SDS siparişiyle birlikte sağlanır .

Mekanizma: hidrojen peroksitin enzimatik ayrıştırılması

Katalazın çalışma mantığı, hidrojen peroksitin kendi içinde oksidasyon-indirgenme dengesine sokulmasıdır. Reaksiyonda bir H_2O_2 molekülü oksijen oluşumuna katkı verirken diğer H_2O_2 molekülü suya indirgenir; sonuçta net olarak peroksit azalır, su ve oksijen oluşur ^[1].

Bu mekanizma atıksuda üç somut sonuç doğurur. Birincisi, hedef molekül hidrojen peroksittir; katalazın ana görevi boya, farmasötik, yağ, deterjan veya metal gibi farklı kirletici sınıflarını doğrudan yok etmek değildir. İkincisi, reaksiyon oksijen çıkışıyla birlikte ilerleyebilir; bu nedenle kapalı veya düşük havalandırılmalı proseslerde gaz çıkışı proses tasarımı açısından dikkate alınmalıdır. Üçüncüsü, reaksiyonun gerçekleşmesi için enzim ile H_2O_2 'nin aynı su fazında yeterli temas kurması gerekir ^[4].

Katalazı “atıksu arıtma enzimi” yapan nokta, arıtım zincirindeki bir ara yükü seçici olarak azaltmasıdır. Örneğin ileri oksidasyon sonrası biyolojik arıtmaya geçişte ya da peroksit kullanılan bir endüstriyel ön işlemden sonra, kalan H_2O_2 'nin azaltılması mikrobiyal proseslerin daha öngörülebilir çalışmasına yardımcı olabilir; ileri oksidasyon ve biyolojik proseslerin birlikte ele alındığı farmasötik atıksu literatürü de bu tür entegrasyon ihtiyacını vurgular ^[5].

Atıksu proseslerinde katalazın konumlandığı başlıca senaryolar

Oksidasyon sonrası peroksit kalıntısının düşürülmesi

Hidrojen peroksit, oksidatif arıtım stratejilerinde yararlı olabilir; ancak reaksiyon sonrası kalıntı olarak kaldığında sonraki adımları etkileyebilir. Katalaz bu senaryoda peroksit kalıntısını hedef alır ve prosesin oksidatif bölümünden biyolojik, fiziksel veya membran temelli bölümlere geçişte destekleyici bir ara işlem olarak değerlendirilebilir ^[5].

Bu kullanım mantığı özellikle “oksitleyici ajan görevini yaptıktan sonra artık sistemden uzaklaştırılması gereken H_2O_2 ” kavramına dayanır. Katalaz, oksidasyonun kendisini güçlendirmek için değil, oksidasyon sonrası artık peroksitin kontrolü için kullanıldığında daha doğru teknik beklenti oluşturur ^[1].

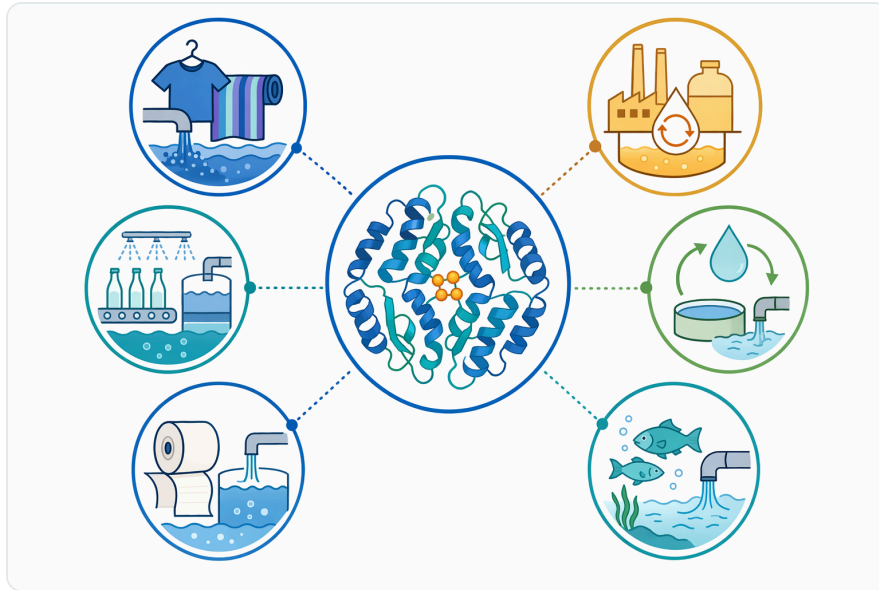


Figure 2. 과산화물이 포함된 폐수는 섬유 표백, 식음료 위생 처리, 유제품 관련 공정수, 펄프-제지 표백, 제약 설비 세정, 병원 소독, 화학적 산화, 산업용 세정 과정에서 발생할 수 있다.

Biyolojik arıtma öncesinde oksidatif baskının azaltılması

Biyolojik arıtma sistemlerinde mikroorganizmalar organik madde dönüşümü, besin maddesi giderimi ve bazı kirleticilerin parçalanmasında merkezi rol oynar. Fungi-mikroalg konsorsiyumları gibi biyolojik yaklaşımlar atıksu arıtımı için incelenmekte; bu sistemlerin işleyişi canlı hücrelerin metabolik kapasitesine bağlı olduğundan oksidatif stres oluşturan kalıntılar proses davranışını etkileyebilir ^[6].

Katalazın burada sağlayabileceği katkı, biyolojik reaktöre girmeden önce hidrojen peroksitin düşürülmesidir. Bu ifade, katalazın her biyolojik arıtma sorununu çözeceği anlamına gelmez; yalnızca peroksit kaynaklı oksidatif yükün azaltılması üzerinden biyolojik kademelerin korunmasına yardımcı olabileceği anlamına gelir ^[1].

Membran prosesleri ve yeniden kullanım hedefleriyle entegrasyon

Membran biyoreaktörler, ters ozmoz, nanofiltrasyon ve diğer membran temelli yaklaşımlar atıksu arıtımında kalite yükseltme ve yeniden kullanım hedefleri için yaygın biçimde değerlendirilir. Membran performansını artırmaya yönelik stratejiler, kirlenme, geçirgenlik ve proses stabilitesi gibi konulara odaklanır ^[3].

Katalaz bu sistemlerin yerine geçen bir membran teknolojisi değildir; peroksit kullanılan ön oksidasyon veya temizlik adımlarından sonra kalıntı H_2O_2 'nin azaltılması için destekleyici bir biyokatalitik araç olabilir. Böylece membran hattına taşınan oksidatif yükün azaltılması hedeflenebilir; ancak membran seçimi, kirlenme kontrolü ve geri kazanım tasarımı ayrı mühendislik konuları olarak kalır ^[3].

Doğa temelli ve hibrit arıtma sistemleri öncesinde peroksit yönetimi

Yapay sulak alanlar ve diğer doğa temelli çözümler, atıksu arıtımında ekosistem hizmetleri, düşük enerji ihtiyacı ve peyzaj entegrasyonu gibi nedenlerle ilgi görür. Bu sistemlerde bitki, mikrobiyal biyofilm, substrat ve hidrolük koşullar birlikte çalışır [7].

Eğer doğa temelli veya hibrit bir sisteme gelen su, önceki bir procesten hidrojen peroksit taşıyorsa, bu oksidatif kalıntının kontrolü biyolojik bileşenlerin korunması açısından önem kazanabilir. Katalaz burada ana arıtma mekanizması değil, canlı sistemlere ulaşmadan önce H_2O_2 yükünün azaltılmasına yönelik bir ara kontrol adıdır [8].

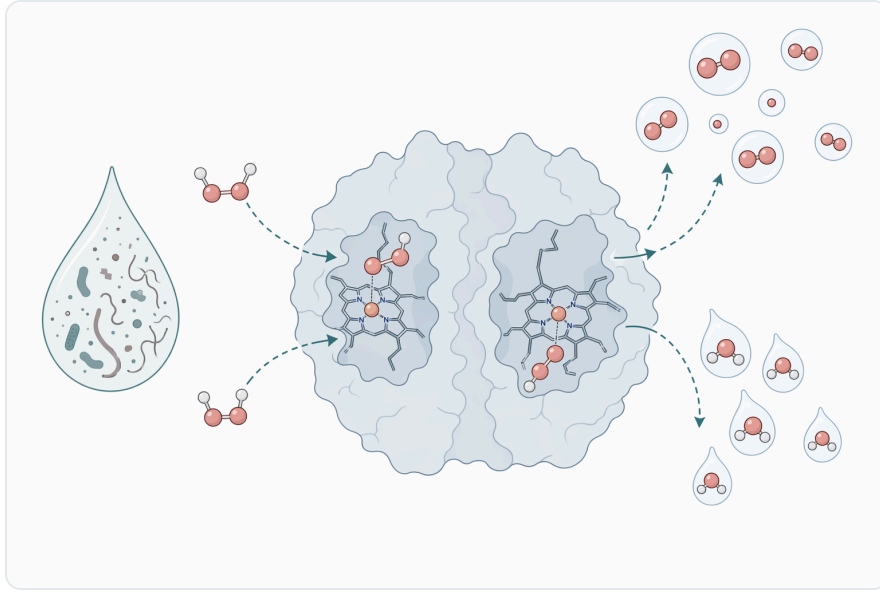


Figure 3. 카탈라아제는 활성 부위를 순환적으로 이용해 과산화수소 두 분자를 물 두 분자와 산소 한 분자로 전환한다.

Su ürünleri ve yoğun biyolojik su sistemleriyle ilişkili yaklaşım

Nanobubble teknolojileri, su ürünleri yetiştiriciliğinde verim, su kalitesi, hastalık kontrolü ve atıksu yönetimi gibi başlıklarda incelenmektedir. Bu tür su sistemlerinde çözünmüş oksijen, mikrobiyal denge ve oksidatif bileşenler proses performansını etkileyebilir [9].

Katalazın su sistemleriyle ilişkisi, doğrudan hidrojen peroksitin parçalanması üzerinden okunmalıdır. H_2O_2 kullanılan dezenfeksiyon veya kontrol uygulamalarından sonra kalan peroksitin düşürülmesi, canlı organizma veya mikrobiyal topluluk içeren sistemlerde daha kontrollü bir geçiş sağlayabilir; ancak bu, katalazın hastalık kontrol ürünü veya genel su kalite düzenleyicisi olduğu anlamına gelmez [1].

Katalazın diğ er atıksu teknolojileriyle karşılaştırılması

Aşağıdaki tablo, katalazın atıksu arıtımındaki rolünü benzer veya tamamlayıcı teknolojilerden ayırmak için hazırlanmıştır. Amaç, katalazı geniş bir arıtma iddiasıyla değil, hidrojen peroksit giderimi gibi belirli bir proses ihtiyacıyla ilişkilendirmektir.

Yaklaşım	Ana hedef	Katalazla ilişkisi	Sınır
Katalaz enzimi	Hidrojen peroksit kalıntısını su ve oksijene dönüştürmek	H ₂ O ₂ gideriminde doğrudan biyokatalitik rol oynar	Tüm organik veya inorganik kirleticileri tek başına gidermez ^[1]
İleri oksidasyon prosesleri	Zor parçalanmış organik kirleticileri oksidatif yollarla dönüştürmek	AOP sonrası kalan H ₂ O ₂ 'nin düşürülmesinde destekleyici olabilir	Oksidasyon tasarımı ve mikrokirletici giderimi ayrı değerlendirilir ^[5]
Biyolojik arıtma	Organik yük ve bazı besin maddelerini mikroorganizmalarla dönüştürmek	Biyolojik kademe öncesi oksidatif peroksit yükünü azaltmaya yardımcı olabilir	Mikrobiyal ekoloji ve hidrolik koşullar katalazdan bağımsızdır ^[6]
Membran prosesleri	Katı, kolloid, tuz veya mikrokirletici ayırımı	Peroksit taşıyan akımların membran öncesi şartlandırılmasında rol alabilir	Membran kirlenmesi ve seçiciliği ayrı teknoloji konularıdır ^[3]
Yapay sulak alanlar	Doğa temelli arıtma ve ekosistem hizmetleri	Canlı sistemlere girmeden önce H ₂ O ₂ kontrolü için tamamlayıcı düşünülebilir	Hidrolik, bitki ve substrat tasarımı katalazla çözülmez ^[7]
Soğuk plazma ve diğ er ileri teknolojiler	Reaktif türlerle kirletici dönüşümü	Oluşan veya eklenen oksidatif türlerin yönetiminde dolaylı ilişki kurulabilir	Plazma reaksiyon kimyası katalazın doğrudan işlevi değildir ^[10]

Bu karşılaştırma, katalazın değerini azaltmaz; tersine doğru konumlandırır. Atıksu arıtımında her teknoloji farklı bir reaksiyon veya ayırma mekanizmasına dayanır; katalazın güçlü olduğu alan, hidrojen peroksit kalıntısının seçici ve biyokatalitik olarak azaltılmasıdır ^[2].

Uygulama mantığı: temas, koşul ve proses penceresi

Katalazın çalışabilmesi için enzim ile hidrojen peroksitin aynı fazda temas etmesi gerekir. Bu nedenle pratik uygulamada karıştırma, temas süresi, akımın homojenliği ve peroksitin sisteme nasıl dağıldığı önemlidir; enzim yalnızca ulaştığı H₂O₂ üzerinde katalitik etki gösterebilir ^[4].

pH ve sıcaklık gibi çevresel koşullar enzim performansını etkileyebilir. Katalaz doğal sistemlerde oksidatif strese yanıt veren bir enzim olsa da, endüstriyel atıksular; tuz, metal iyonları, yüzey aktif maddeler, boya bileşenleri, çözücüler veya diğer oksitleyiciler gibi karmaşık bileşenler içerebilir ve bu matrisler enzimin davranışını değiştirebilir [11].

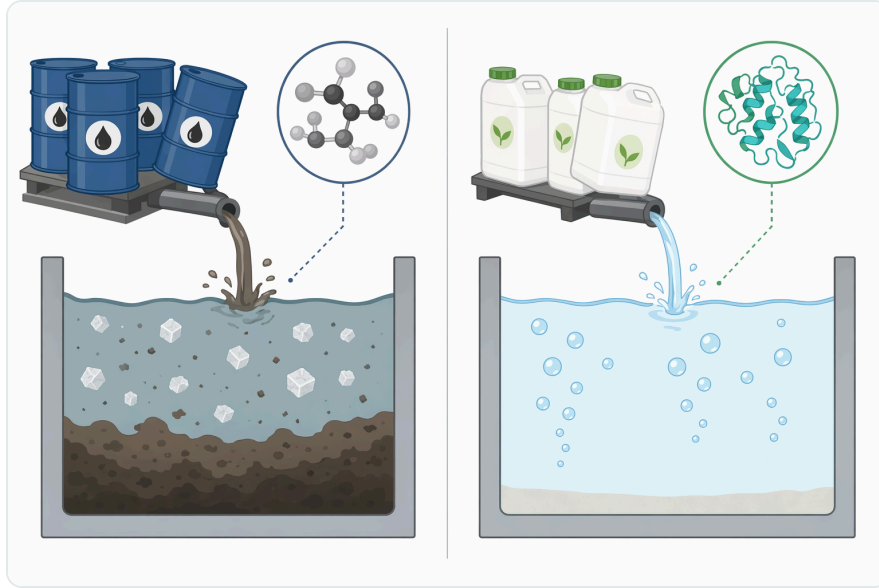


Figure 4. 카탈라아제는 과산화물 제거 반응이 중화제에서 유래한 용존 잔류물을 생성하는 대신 물과 산소를 만들기 때문에 아황산염계 켄칭과 다르다.

Atıksu hattında katalaz genellikle “ana arıtma reaktörü” gibi değil, prosesin belirli bir noktasında peroksit yükünü düşüren yardımcı biyokatalitik adım olarak düşünülmelidir. Bu nokta; oksidatif ön işlem sonrası, biyolojik reaktör öncesi, membran ünitesi öncesi veya yeniden kullanım hattı öncesi olabilir; seçilen konum, peroksitin nerede üretildiğine veya nerede istenmediğine bağlıdır [5].

Endüstriyel uygulamalarda enzim stabilitesi kritik bir konudur. Katalazın taşıyıcılara bağlanması veya farklı yüzeylerde immobilize edilmesi üzerine yapılan çalışmalar, aktivite ve dayanıklılık dengesinin pratik kullanım açısından araştırıldığını gösterir; örneğin plastik nanobead yüzeylerinde katalaz immobilizasyonu, arayüz özellikleriyle stabilite ve aktivite ilişkisini ele alan bir araştırma alanıdır [12].

Katalaz, immobilize enzimler ve ileri biyokatalitik sistemler

Atıksu arıtımında serbest enzim kullanımı kadar immobilize enzim sistemleri de araştırılmaktadır. Enzimin bir yüzeye veya taşıyıcıya bağlanması, tekrar kullanım, proses içinde tutma ve dış etkilerden kısmi koruma gibi hedeflerle incelenir; ancak bu yaklaşımlar ürün formuna, taşıyıcıya ve proses tasarımına bağlıdır [13].

Katalaz özelinde immobilizasyonun araştırılması, enzimin çevresel koşullara duyarlılığını azaltma arayışıyla ilişkilidir. “Sert kabuk–yumuşak çekirdek” gibi mimari yaklaşımlar da enzimlerin dış bozucu etkenlere karşı daha dayanıklı hâle getirilmesi için çalışılmaktadır; bu literatür, endüstriyel enzim uygulamalarında stabilitenin neden merkezi bir konu olduğunu gösterir [14].

Bununla birlikte, immobilize enzim veya biyokatalitik tekstil literatüründeki her bulgu doğrudan serbest katalaz ürününün performansına aktarılmamalıdır. Su arıtımı ve CO₂ yakalama gibi uygulamalarda immobilize enzimli tekstiller araştırılıyor olsa da, bu platformlar malzeme tasarımı, enzim bağlama ve reaktör mühendisliği gibi ek bileşenler içerir [15].

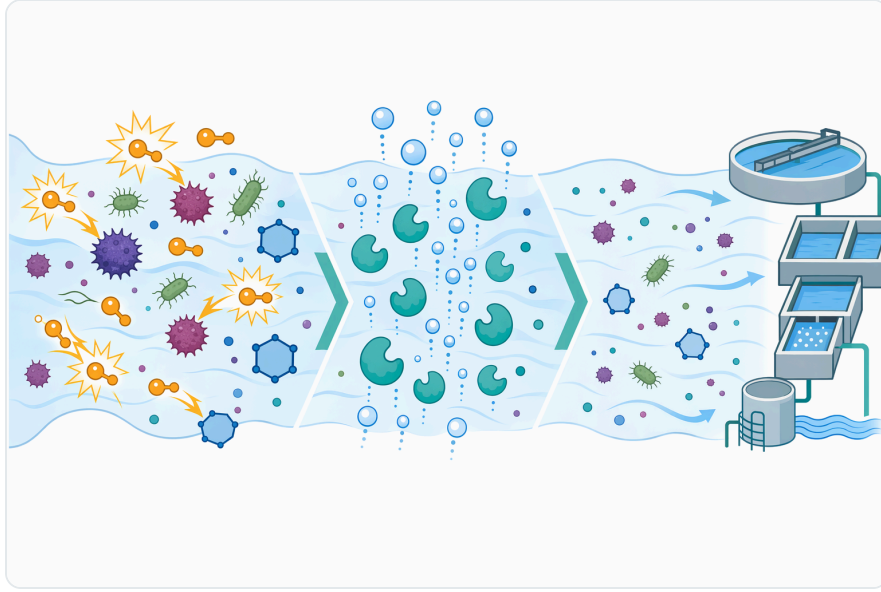


Figure 5. 카탈라아제는 과산화수소의 잔류 산화력을 제거하고 산소를 방출하지만, 그 자체로 다른 폐수 오염물질을 제거하지는 않는다.

Katalazın sağlayabileceği teknik faydalar

Birinci fayda, hedefe yönelik peroksit giderimidir. Hidrojen peroksitin su ve oksijene ayrılması, katalazın en iyi tanımlanmış biyokimyasal işlevidir ve atıksu hattında oksidatif kalıntının düşürülmesi için net bir teknik gerekçe sağlar [1].

İkinci fayda, biyolojik arıtma kademeleriyle daha uyumlu bir geçiş oluşturma potansiyelidir. Biyolojik arıtma sistemlerinin canlı mikrobiyal metabolizmaya dayandığı düşünüldüğünde, fazla hidrojen peroksitin azaltılması oksidatif baskının düşürülmesine yardımcı olabilir; bu özellikle biyolojik veya hibrit arıtım sistemlerinin kullanıldığı hatlarda anlamlıdır [6].

Üçüncü fayda, reaksiyon ürünlerinin sade olmasıdır. Katalazla H_2O_2 gideriminde hedeflenen net ürünler su ve oksijendir; bu nedenle süreç, farklı kimyasal indirgeme ajanlarının oluşturabileceği ek iyonik veya organik yüklerden kaçınmak isteyen hatlarda değerlendirilebilir [4].

Dördüncü fayda, farklı atıksu teknolojileriyle tamamlayıcı kullanılabilmesidir. Katalaz; ileri oksidasyon, membran, biyolojik arıtma veya yeniden kullanım hattının yerine geçmez, fakat bu teknolojilerden önce veya sonra peroksit kalıntısının yönetilmesi gereken noktada yardımcı bir proses aracı olabilir [2].

Gerçekçi sınırlar: katalaz ne değildir?

Katalaz, genel amaçlı bir organik kirletici giderici değildir. Bir atıksuda renk, koku, KOİ, farmasötik kalıntı, mikroplastik, ağır metal veya toksik organik bileşik bulunması, katalazın bunları doğrudan parçalayacağı anlamına gelmez; katalazın doğrudan hedefi hidrojen peroksittir [1].

Farmasötik atıksu gibi karmaşık matrislerde ileri oksidasyon ve biyolojik proseslerin birlikte ele alınması, kirletici gideriminin çok mekanizmalı olduğunu gösterir. Bu tür sistemlerde katalaz, ancak peroksit kalıntısının kontrolü gerektiğinde anlamlıdır; ana kirletici dönüşümü farklı oksidatif, biyolojik veya ayırma mekanizmalarına dayanabilir [5].

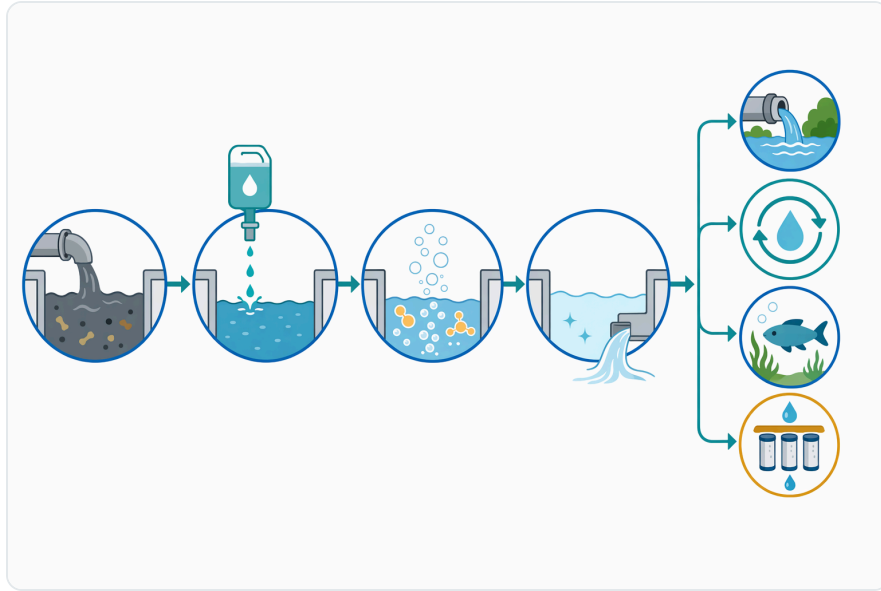


Figure 6. 실제 카탈라아제 처리 단계는 유입수와의 적합성, 효과적인 혼합, 충분한 접촉 시간, 산소 관리, 잔류 과산화물 감소 확인에 달려 있다.

Ağır metaller veya spesifik iyonik kirleticiler için de katalaz tek başına giderim çözümü değildir. Örneğin endüstriyel atıksulardan mangan iyonu ekstraksiyonu gibi konular farklı kimyasal veya ayırma stratejileri gerektirir; katalazın bu bağlamdaki görevi metal uzaklaştırma değil, varsa H_2O_2 yükünün azaltılmasıdır [16].

Mikroplastik, plastik kalıntıları ve karmaşık organik katkılar da ayrı çevresel sorunlardır. Plastik kalıntılarının toprak mikrobiyal toplulukları ve metabolit profilleri üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar, plastik kaynaklı kirliliğin biyolojik sistemlerde çok boyutlu sonuçlar doğurduğunu gösterir; katalaz bu tür kirliliği doğrudan ortadan kaldıran bir çözüm olarak sunulmamalıdır ^[17].

Proses entegrasyonu için teknik değerlendirme

Katalazın en doğru kullanım noktası, hidrojen peroksitin proses içinde nerede istenmeyen hâle geldiğine bağlıdır. Oksidatif işlem sonrası biyolojik arıtma öncesi, yeniden kullanım hattı öncesi veya hassas bir membran sistemine geçmeden önce peroksit kalıntısının düşürülmesi, katalaz entegrasyonunun tipik mantığını oluşturur ^[3].

Proses matrisinin karmaşıklığı, uygulama başarısında belirleyici olabilir. Endüstriyel atıksular çoğu zaman pH dalgalanması, tuzluluk, metal iyonları, organik yük ve oksitleyici/indirgeme ajanları gibi değişkenler içerir; bu nedenle katalaz performansı yalnızca enzimin varlığıyla değil, enzimin bulunduğu su fazının kimyasal koşullarıyla birlikte değerlendirilmelidir ^[11].

Katalazın proses rolü, “artık peroksiti azaltma” olarak net tanımlandığında hem mühendislik hem de kalite iletişimi daha tutarlı olur. Bu ifade, ürünün değerini somutlaştırır: katalaz arıtma hattında hedef reaksiyonu olan bir biyokatalizördür; atıksu arıtımının tüm parametrelerini tek başına düzelteren evrensel bir katkı maddesi değildir ^[2].

Enzymes.bio üzerinden ürün erişimi ve dokümantasyon

Enzymes.bio, Catalase Enzyme for Wastewater Treatment ürününü çevrim içi satış kanalıyla tedarik eder; üretici veya laboratuvar değildir. Ürün 1 kg birimler halinde doğrudan çevrim içi satın alınır ve sipariş süreci çevrim içi ödeme sonrasında ilerler .

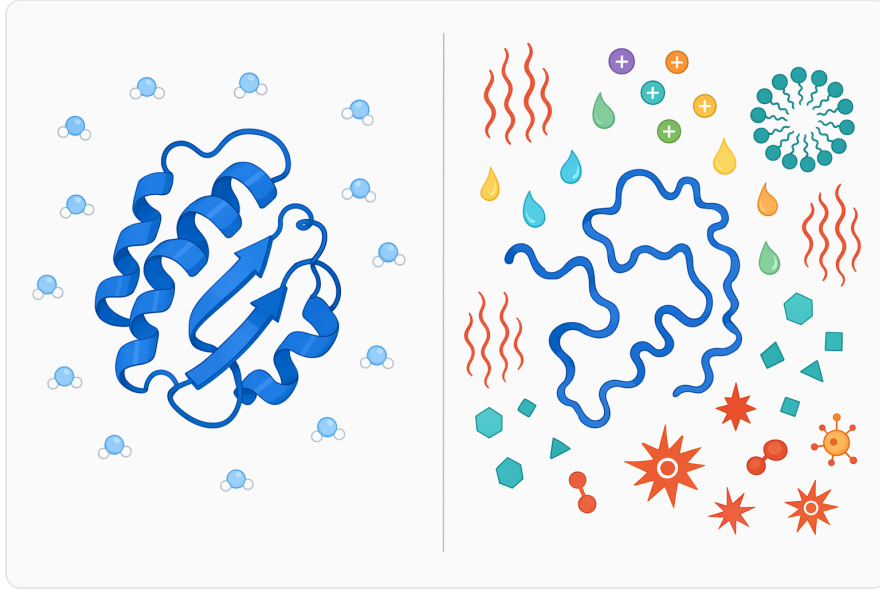


Figure 7. 페수 조건이 단백질 구조를 손상시키거나 효소의 활성 부위를 억제하면 카탈라아제 성능이 저하될 수 있다.

Ürünle birlikte CoA ve SDS sağlanır. CoA, sipariş edilen ürün partisine ilişkin belge niteliği taşıırken SDS güvenli elleçleme, depolama ve iş sağlığı güvenliği iletişimi açısından kullanılır; bu dokümanlar ürünün endüstriyel kullanım bağlamında kayıt altına alınmasına yardımcı olur .

Satın alma dili açısından en doğru konumlandırma, ürünün hidrojen peroksit kalıntısı yönetimine odaklanmasıdır. “Atıksu arıtımı için katalaz enzimi” ifadesi, peroksit kullanılan veya peroksit kalıntısı oluşan proseslerde anlamlıdır; buna karşılık ürün, tüm atıksu kirleticileri için tek adımlı arıtma çözümü gibi tanıtılmamalıdır [1].

Sonuç: katalazın atıksudaki doğru teknik rolü

Catalase Enzyme for Wastewater Treatment, atıksu proseslerinde hidrojen peroksit kalıntısının enzimatik olarak azaltılması için kullanılan hedefe yönelik bir biyokatalizördür. Katalazın temel reaksiyonu H_2O_2 'yi su ve oksijene dönüştürmek olduğundan, ürünün en güçlü teknik gerekçesi peroksit giderimi ve oksidatif yükün azaltılmasıdır [1].

Bu ürün, ileri oksidasyon, biyolojik arıtma, membran prosesleri veya doğa temelli sistemler gibi atıksu teknolojilerinin yerine geçmez; onların belirli noktalarında peroksit kalıntısı kontrolü için tamamlayıcı rol oynayabilir. En gerçekçi B2B değerlendirme, katalazı “peroksit kullanan veya peroksit kalıntısı taşıyan endüstriyel su ve atıksu hatlarında H_2O_2 yönetimine yardımcı enzim” olarak konumlandırmaktır [5].

Enzymes.bio üzerinden 1 kg birimler halinde çevrim içi erişilebilen Catalase Enzyme for Wastewater Treatment, üretici veya laboratuvar iddiası olmadan tedarik edilen bir üründür. Siparişle birlikte CoA ve SDS sağlanması, ürünün teknik dokümantasyonla birlikte değerlendirilmesine olanak tanır .

Catalase Enzyme For Wastewater Treatment 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.

[Catalase Enzyme For Wastewater Treatment 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. García-Caparrós, P., Filippis, L. D., Gul, A., Hasanuzzaman, M., Ozturk, M., Altay, V., & Lao, M. (2020). Oxidative Stress and Antioxidant Metabolism under Adverse Environmental Conditions: a Review. *The Botanical review*, 87, 421 - 466.
2. Al-Hazmi, H., Mohammadi, A., Hejna, A., Majtacz, J., Esmaili, A., Habibzadeh, S., Saeb, M., ... et al. (2023). Wastewater treatment for reuse in agriculture: Prospects and challenges. *Environmental Research*, 116711 .
3. Ahmed, S., Mehejabin, F., Momtahn, A., Tasannum, N., Faria, N. T., Mofijur, M., Hoang, A. T., ... et al. (2022). Strategies to improve membrane performance in wastewater treatment. *Chemosphere*, 135527 .
4. Pérez-Mozqueda, L. L., Aguilera, D. L., & Vázquez-Duhalt, R. (2026). Catalase from *Salinococcus roseus*, a potential enzyme for industrial uses. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 1-7 .
5. Adeoye, J. B., Tan, Y. H., Lau, S. Y., Tan, Y. Y., Chiong, T., Mubarak, N. M., & Khalid, M. (2024). Advanced oxidation and biological integrated processes for pharmaceutical wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 353, 120170 .
6. Leng, L., Li, W., Chen, J., Leng, S., Chen, J., Wei, L., Peng, H., ... et al. (2021). Co-culture of fungi-microalgae consortium for wastewater treatment: A review. *Bioresource Technology*, 330, 125008 .
7. Vymazal, J., Zhao, Y., & Mander, Ü. (2021). Recent research challenges in constructed wetlands for wastewater treatment: A review. *Ecological Engineering*, 169, 106318.
8. Agaton, C. B., & Guila, P. M. C. (2023). Ecosystem Services Valuation of Constructed Wetland as a Nature-Based Solution to Wastewater Treatment. *Earth*.
9. Yaparadne, S., Morón-López, J., Bouchard, D. A., Garcia-Segura, S., & Apul, O. G. (2024). Nanobubble applications in aquaculture industry for improving harvest yield, wastewater treatment, and disease control. *Science of the Total Environment*, 172687 .

10. Gururani, P., Bhatnagar, P., Bisht, B., Kumar, V., Joshi, N., Tomar, M. S., & Pathak, B. (2021). Cold plasma technology: advanced and sustainable approach for wastewater treatment. *Environmental science and pollution research international*, 28, 65062 - 65082.
11. Nikolić, T. V., Kojić, D., Orčić, S., Batinić, D., Vukašinović, E. L., Blagojević, D., & Purać, J. (2016). The impact of sublethal concentrations of Cu, Pb and Cd on honey bee redox status, superoxide dismutase and catalase in laboratory conditions. *Chemosphere*, 164, 98-105 .
12. Sáringer, S., Terjéki, G., Varga, Á., Maléth, J., & Szilágyi, I. (2024). Optimization of Interfacial Properties Improved the Stability and Activity of the Catalase Enzyme Immobilized on Plastic Nanobeads. *Langmuir*, 40, 16338 - 16348.
13. Kahoush, M., Behary, N., Guan, J., Cayla, A., Mutel, B., & Nierstrasz, V. (2021). Genipin-mediated immobilization of glucose oxidase enzyme on carbon felt for use as heterogeneous catalyst in sustainable wastewater treatment. *Journal of environmental chemical engineering*, 9, 105633.
14. Wang, Y., Tong, H., Ni, S., Huo, K., Liu, W., Zan, X., Yuan, X., ... et al. (2025). Combining Hard Shell with Soft Core to Enhance Enzyme Activity and Resist External Disturbances. *Advancement of science*, 12.
15. Morshed, M., Iyer, S., & Nierstrasz, V. (2026). Advances in biocatalytic textiles enabled by immobilized enzyme for water purification and CO2 capture applications. *Chemosphere*, 396, 144859 .
16. Pimneva, L., Zagorskaya, A., & Zhrebchuk, E. V. (2024). The impact of acid activation on manganese ion extraction from natural water and industrial wastewater. *Architecture Construction Transport*.
17. Dong, D., Guo, Z., Wu, F., Yang, X., & Li, J. (2023). Plastic residues alter soil microbial community compositions and metabolite profiles under realistic conditions. *Science of the Total Environment*, 906, 167352 .

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.