



BİYOBOZUNUR,ÇEVREYLE DOST ,AMBALAJLAMA SİSTEMLERİ



Hazırlayan : SEMİH BAKIRTAŞ

Danışman : Prof.Dr. SEDA BEYAZ

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN-
EDEBİYAT FAKÜLTESİ



BİYOBOZUNUR AMBALAJ NEDİR?

Biyobozunur ambalaj;
doğada bulunan
mikroorganizmalar
(bakteriler, mantarlar vb.)
tarafından zamanla parçalanarak
su, karbondioksit ve
biyokütle gibi zararsız
maddelere dönüşebilen
ambalaj türüdür. Genellikle
bitkisel, hayvansal veya
mikrobiyal kaynaklı
hammaddelerden üretilir ve
plastik kirliliğini azaltmayı
hedefler.



NEDEN BİYOBOZUNUR AMBALAJ?



Çevre kirliliğini azaltır



Fosil yakıtlara bağımlılığı düşürür



Atık yönetimini kolaylaştırır



Sürdürülebilir üretimi destekler



Tüketici çevre bilincine cevap verir

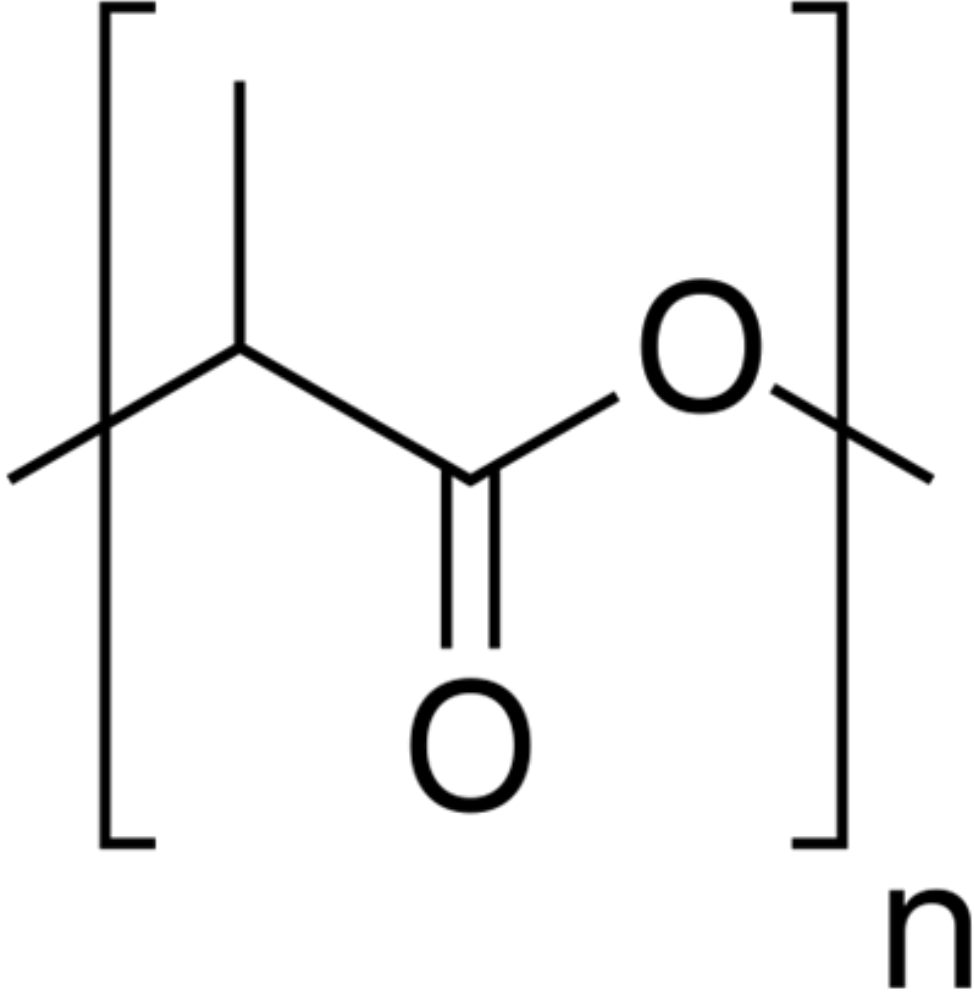
- Bu nedenlerle hem çevresel hem de ekonomik açıdan giderek daha fazla tercih edilmektedir.

ÖNE ÇIKAN BİYOBOZUNUR MALZEMELER

- Kağıt ve karton: Geri dönüştürülebilir ve doğal liflerden üretilir
- PLA (Polilaktik Asit): Mısır nişastası gibi bitkisel kaynaklardan elde edilir
- Nişasta bazlı biyoplastikler
- Bagas (şeker kamışı posası)
- Selüloz bazlı filmler
- Mantar (misel) bazlı ambalajlar



PLA'NIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ



Ester Bağları İçermesi (-COO-):

PLA zincirleri boyunca ester bağları bulunur.

Bu bağlar: Su (hidroliz), ısı, mikroorganizmaların salgıladığı enzimler etkisiyle kolayca kopabilir. Ester bağları kırıldıkça polimer zinciri küçülür ve biyobozunma başlar.

Hidrolize Duyarlı Polimer Yapısı :

PLA'nın ana bozunma mekanizması hidrolizdir. Zincirler laktik asit monomerlerine ayrılır. Bu süreç özellikle: Yüksek nem, 50-60 °C üzeri sıcaklık, endüstriyel kompost koşullarında hızlanır.

- Polar fonksiyonel gruplar içermesi su emilimini gerçekleştirerek hidrolizi hızlandırır.

KAĞIT VE KARTONUN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Hidroksil (-OH) Gruplarının Fazlalığı :

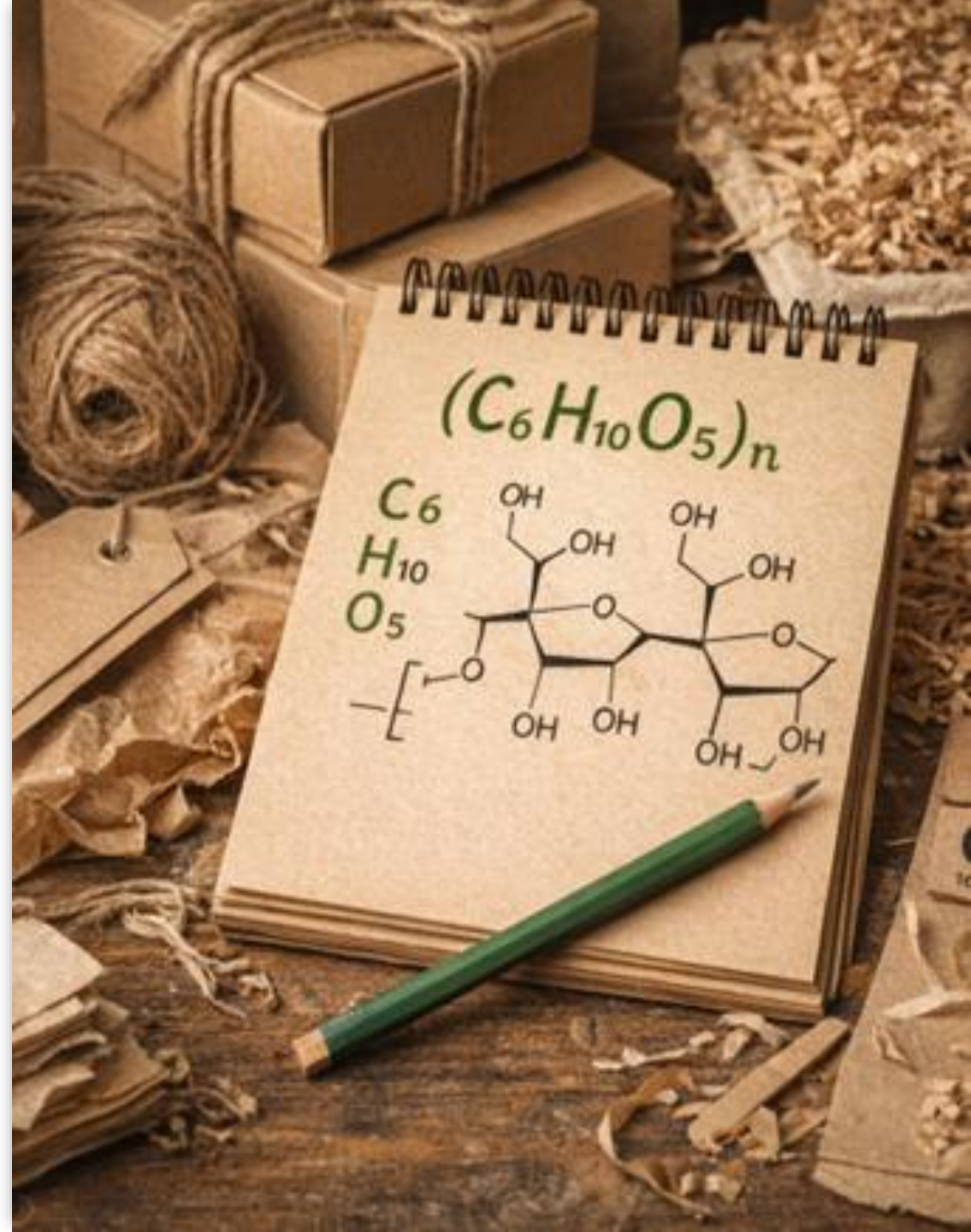
Selüloz zinciri boyunca çok sayıda-OH (hidroksil) grubu bulunur. Bunlar:

Su ile hidrojen bağı kurar kağıdın su emmesini sağlar. Enzimlerin lif yapısına nüfuzunu kolaylaştırır bu durum biyobozunma hızını artırır.

Alifatik ve Aromatik Olmayan Omurga:

Selüloz : Aromatik halka içermez düz, alifatik bir polimerdir. Bu yapı : UV ve mikrobiyal etkilere karşı daha az dayanıklıdır bozunmayı kolaylaştırır.

- Düşük Kimyasal Stabilite (Sentetik Polimerlere Kıyasla)





ÇEVRESEL FAYDALAR

- ÇEVRE KORUMA :

Plastik atık miktarını azaltarak toprak ve su kirliliğini önler ,ekosistemleri korur.

- KARBON AYAK İZİNİ DÜŞÜRME:

Geri dönüşüm ve biyobozunma süreçleri sayesinde karbon ayak izi önemli ölçüde azaltır.

- SÜRDÜRÜLEBİLİR KAYNAKLAR :

Sürdürülebilir üretimle doğal kaynakların korunmasına ve gelecek nesillere aktarılmasına katkı sağlar.

UYGULAMA ALANLARI VE BAŞARI ÖRNEKLERİ

1. GIDA VE İÇECEK SEKTÖRÜ

Biyobozunur ambalajların en yaygın kullanıldığı alan gıda sektörüdür. Bunun nedeni hem tek kullanımlık ambalaj ihtiyacının yüksek olması hem de hijyen ve çevre hassasiyetidir.

Uygulamalar:

- Biyobozunur tabak, bardak, çatal-kaşık
- PLA bazlı şeffaf gıda kapları
- Kağıt + biyopolimer kaplı ambalajlar
- Şeker kamışı posasından (bagas) üretilen paketler

Başarı Örnekleri:

- Uluslararası fast-food zincirleri plastik yerine şeker kamışı bazlı ambalajlara geçerek yıllık plastik atığı ciddi oranda azaltmıştır.
- Kahve zincirleri biyobozunur bardak ve kapak kullanımıyla hem marka imajını güçlendirmiş hem de çevre bilincini artırmıştır.



2. KOZMETİK VE KİŞİSEL BAKIM SEKTÖRÜ

Bu sektör, çevre dostu ambalajı marka değeri ile doğrudan ilişkilendirmektedir.

Uygulamalar:

- Biyoplastik şişeler
- Kağıt tüpler
- Yenilenebilir kaynaklardan üretilmiş kaplar

Başarı Örnekleri:

- Doğal kozmetik markaları, ürün ambalajlarında PLA ve geri dönüştürülebilir karton kullanarak çevre bilincine sahip tüketicileri hedeflemiştir.
- Ambalaj atığının azaltılması sayesinde sadık müşteri kitlesi oluşturulmuştur.



3.TARIM VE GIDA ÜRETİMİ

- Biyobozunur ambalajlar tarım sektöründe hem ürün taşımada hem de doğrudan toprakla temas eden uygulamalarda kullanılır.

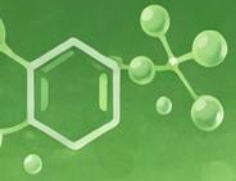
Uygulamalar:

- Biyobozunur fide saksıları
- Nişasta bazlı ürün ambalajları
- Toprakta çözünebilen ambalaj filmleri

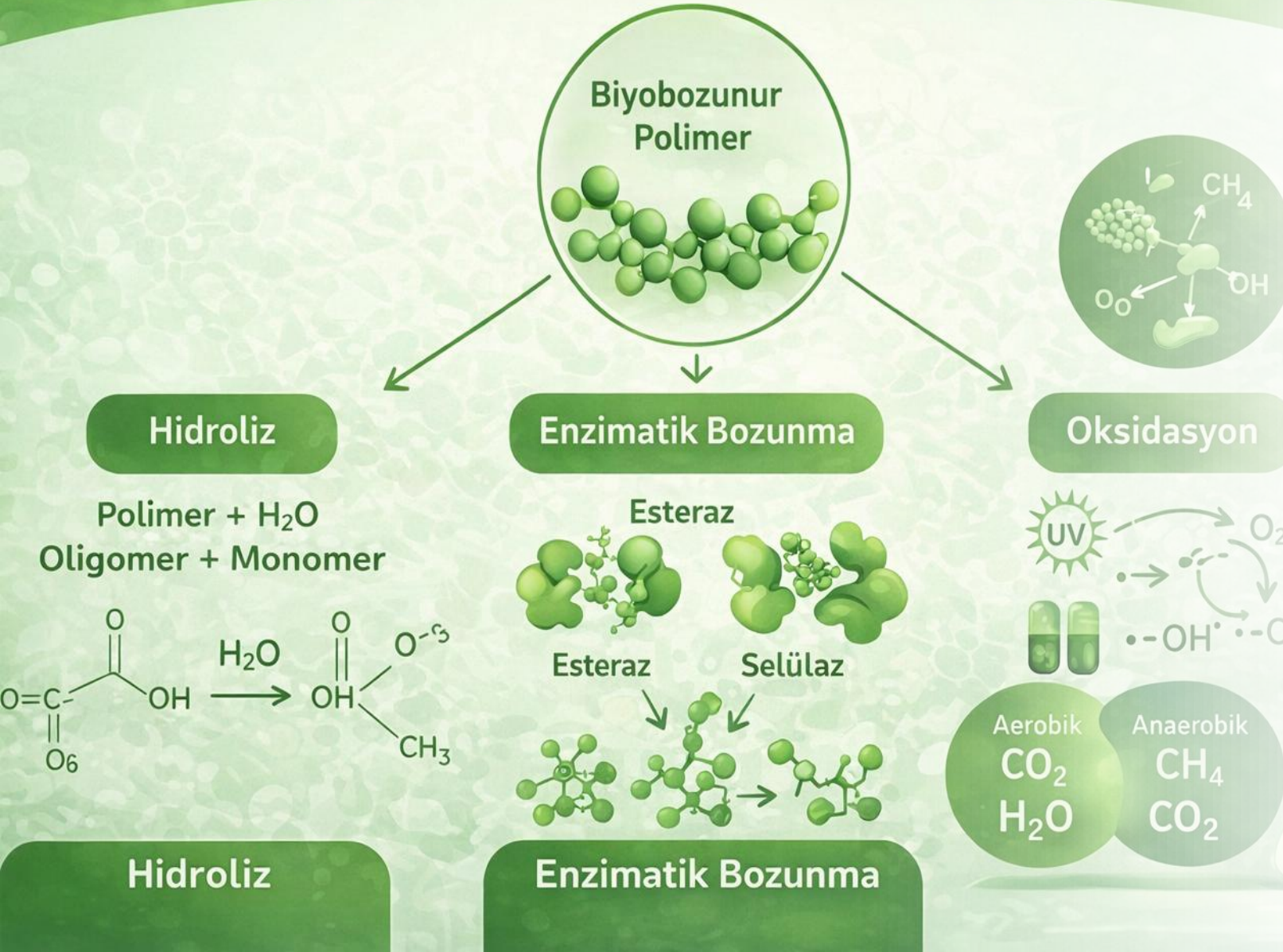
Başarı Örnekleri:

- Fide üreticileri, plastik saksı yerine toprakta çözünebilen saksılar kullanarak hem iş gücünü azaltmış hem de atık oluşumunu önlemiştir.
- Toprak kirliliğinin önlenmesi
- Doğaya uyumlu üretim





BİYOBOZUNMADA KİMYASAL REAKSİYONLAR



Biyobozunma, organik ve polimerik malzemelerin çevrede bulunan mikroorganizmalar, su, oksijen ve ışık gibi etkenlerin yardımıyla kimyasal yapılarının parçalanması sürecidir. Bu süreçte biyobozunur malzemelerin yapısında bulunan ester, glikozidik ve amide gibi bozunmaya duyarlı kovalent bağlar kırılır. Özellikle ester bağları hidrolize oldukça yatkındır ve su moleküllerinin polimer zincirine girmesiyle daha küçük moleküller oluşur. Biyobozunma sırasında gerçekleşen temel kimyasal reaksiyonlar hidroliz, enzimatik parçalanma, oksidasyondur. Hidroliz reaksiyonlarında su etkisiyle polimer zincirleri oligomer ve monomere ayrılırken, oksijen varlığında oksidasyon reaksiyonları zincir kırılmalarını hızlandırır. Güneş ışığındaki UV ışınları ise polimer bağlarını zayıflatarak biyobozunma sürecini kolaylaştırır. Aerobik ortamlarda biyobozunma sonucu genellikle karbondioksit ve su oluşurken, anaerobik koşullarda metan ve karbondioksit gibi gazlar meydana gelir.

HİDROLİZ

En basit tanımıyla hidroliz, suyun belirli bir maddenin bağlarını parçalamak için kullanılan kimyasal bir reaksiyondur.

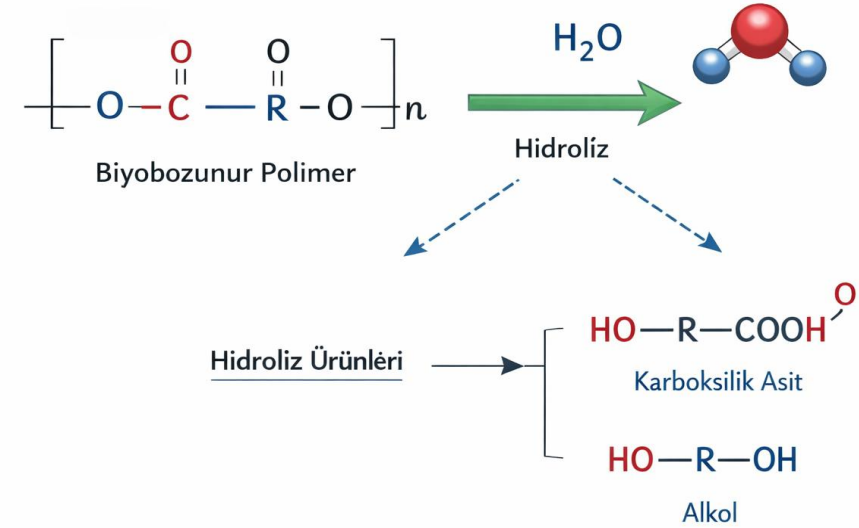
Biyoteknolojide ve canlı organizmalar söz konusu olduğunda, bu maddeler genellikle polimerlerdir. Hidrolizin üç ana türü vardır: tuz hidrolizi, asit hidrolizi ve baz hidrolizi.

Tuzlar : Hidroliz, zayıf bir baz veya asitten gelen tuzun sıvıda çözünmesiyle gerçekleşir. Bu durumda, su kendiliğinden hidroksit anyonlarına ve hidronyum katyonlarına iyonlaşır.

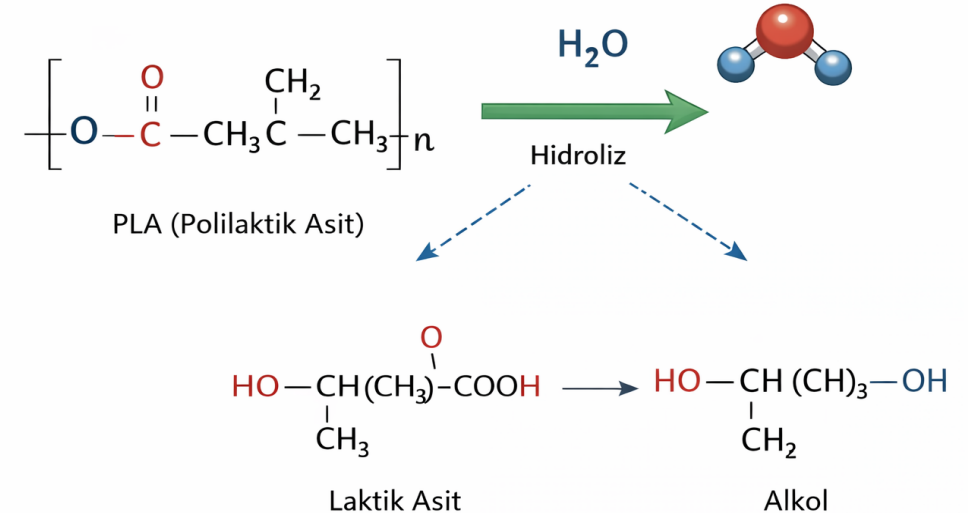
Asit : Bronsted-Lowry asit teorisine göre su, asit veya baz görevi görebilir. Bu durumda, su molekülü bir proton verir.

Baz : Bu reaksiyon, baz ayrışması için hidroliz reaksiyonuna çok benzer. Pratik bir örnek olarak, suda sıklıkla ayrışan bir baz amonyaktır.

Biyobozunur Polimerin Hidroliz Reaksiyonu

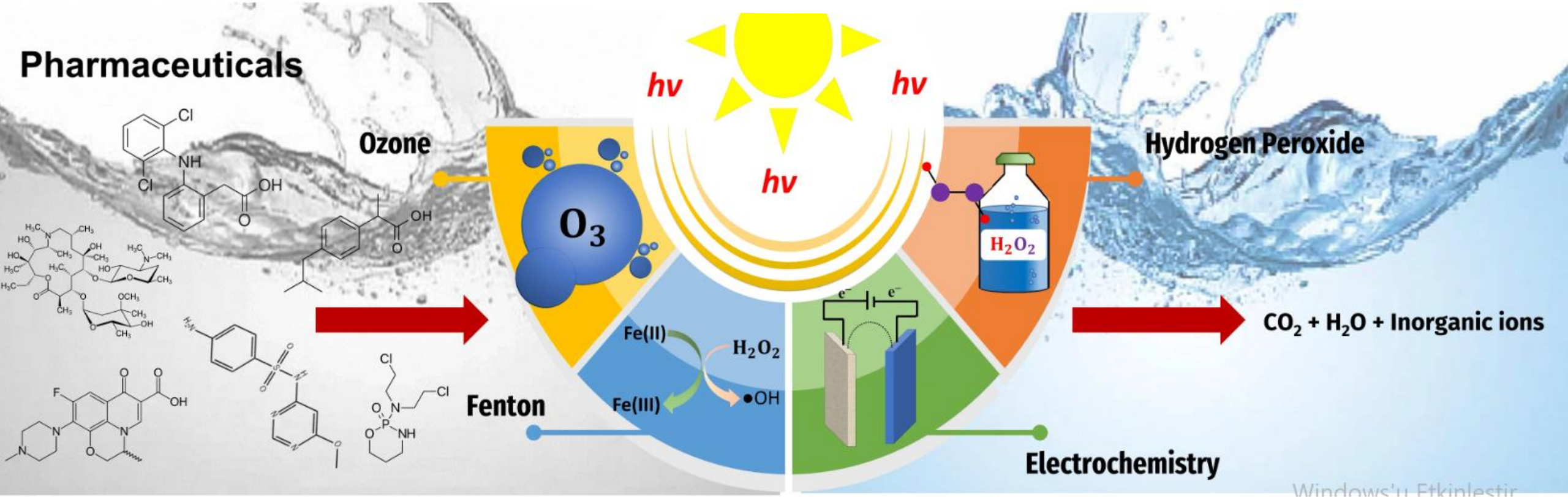


PLA'nın Hidrolizi



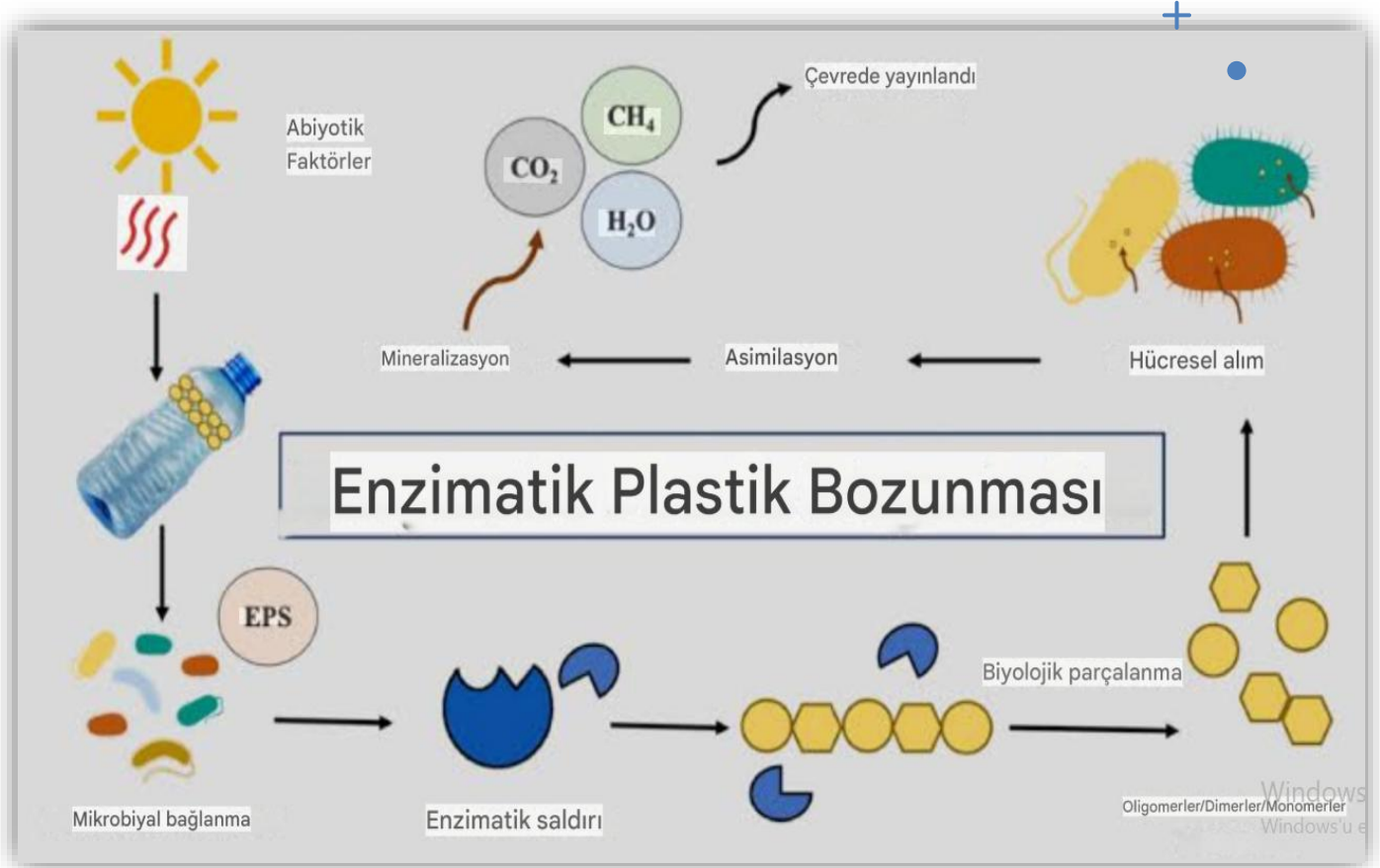
OKSİDASYON

Bir organik molekülün oksidasyonu, oksijen miktarının artışı veya hidrojen miktarının azalması olarak tanımlanabilir. Başka bir deyişle oksidasyon, atom veya iyonun elektron miktarındaki azalmadır . Bir fonksiyonel grubun değerliğinin daha fazlasına yükselmesi de bir oksidasyon reaksiyonudur.



ENZİMATİK BOZUNMA

Enzim katalizli hidroliz veya redoks reaksiyonları sonucu, yüksek molekül ağırlıklı polimerlerin daha küçük moleküllere parçalanmasıdır. Enzimatik bozunma, makromoleküler yapıdaki polimerin substratlara özgül bağlanarak, polimer zinciri boyunca yer alan hidrolize veya redoksa duyarlı kovalent bağları kinetik olarak aktive etmesi ve bu bağların kontrollü zincir kopmaları yoluyla, daha düşük molekül ağırlıklı oligomerler ve monomerlere dönüşmesini sağlayan degradasyon sürecidir.



POLİMER ZİNCİR UZUNLUĞUNUN BİYOBOZUNURLUĞA ETKİSİ

Polimer zincir uzunluğunun biyobozunurluğa etkisi, biyobozunur malzemelerin (özellikle ambalajlarda kullanılan polimerlerin) çevrede ne kadar hızlı ve etkin parçalanacağını belirleyen temel kimyasal faktörlerden biridir.

1. KISA ZİNCİRLİ POLİMERLERİN ETKİSİ

Daha hızlı biyobozunur

Nedenleri: Enzimlerin zincire erişimi daha kolaydır . Hidroliz (su ile parçalanma) daha hızlı gerçekleşir. Zincir uç sayısı fazladır → kimyasal saldırıya daha açıktır. Kristallik genelde daha düşüktür
Düşük molekül ağırlıklı PLA (Polilaktik asit), yüksek molekül ağırlıklı PLA'ya göre daha hızlı bozunur .

2. Uzun Zincirli Polimerlerin Etkisi

Daha yavaş biyobozunur

Nedenleri : Zincirler sıkı paketlenmiştir .Enzim ve su penetrasyonu zorlaşır Kristallik ve mekanik dayanım artar. Kimyasal bağlara ulaşmak daha zordur

BİYOBOZUNUR AMBALAJLAMA SİSTEMLERİ İLE GELECEKTE BİZİ NE BEKLİYOR?

Bozunur ambalajlama sistemlerinin geleceği; polimer kimyası, kontrollü bozunma mekanizmaları ve fonksiyonel yüzey tasarımlarının birleşimiyle şekillenecek; çevresel etkiyi azaltırken ambalaj performansını koruyan çok fonksiyonlu yapılar ön plana çıkacaktır.

- Sürdürülebilir polimer kimyası.
- PLA, PHA (Polihidroksialkanoatlar), PBS(Polibütillen Süksinat) gibi biyobozunur polimerlerin yaygınlaşması .
- Kopolimerler ve polimer karışımları ile mekanik özelliklerin iyileştirilmesi.
- Yenilenebilir hammaddelere dayalı üretim.

KAYNAKÇA

- www.sciencedirect.com(Sustainable modifications in food packaging: A comprehensive review of biodegradable material revolutions)
- www.nature.com(A review of multilayer and composite films and coatings for active biodegradable packaging)
- www.sciencedirect.com(Ecological packaging and creating sustainable solutions for biodegradable cellulose derivatives)
- www.mdpi.com(From Agricultural Waste to Recyclable Biodegradable Packaging: A Systematic and Bibliometric Review)
- www.stmjournals.com(A Comprehensive Review of Biodegradable Polymers in Sustainable Packaging Applications)
- www.dergipark.org.tr(Biyobozunur Gıda Ambalaj Malzemeleri - Türkçe akademik makale)
- www.tarimorman.gov.tr(Biyobozunur plastikler - tez/rapor, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı)
- www.aa.com.tr(Bursa Teknik Üniversitesi çevre dostu ambalaj projesi haberi)
- www.unis.sinop.edu.tr(Çevre dostu biyobozunur akıllı ambalaj projeleri)
- www.timesofindia.indiatimes.com(Mycelium (mantar) bazlı biyobozunur ambalaj araştırmaları)
- <https://www.thoughtco.com/what-is-hydrolysis-375589>
- <https://earthhow.com/chemical-weathering/>
- https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/10655/mod_resource/content/0/oksidasyon-reduksiyon.pdf
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894720343230>

