

Aerobik ve Anaerobik Biyolojik Bozunma

1. Biyolojik Bozunma

Biyolojik bozunma, organik maddelerin canlı mikrobik organizmalar tarafından üretilen enzimler yoluyla daha ufak bileşenlere ayrıldığı süreçtir. Mikrobik organizmalar maddeyi metabolik ya da enzimatik süreçler yoluyla dönüşüme tabi tutarlar. Biyolojik bozunma süreçleri büyük ölçüde farklılık göstermekle birlikte biyolojik bozunmanın nihai ürünü çoğunlukla biyokütle , karbondioksit ya da metandır. Organik maddeler oksijenle (**aerobik**) ya da oksijensiz **anaerobik** ortamlarda biyolojik olarak ayrıştırılabilirler.

Biyolojik olarak ayrışabilen maddeler genellikle organik maddeler ya da bitkisel ve hayvansal maddeye mikroorganizmalar tarafından kullanılacak kadar benzer olan yapay malzemelerdir. Bazı tip mikroorganizmalar, hidrokarbonlar (örneğin petrol), poliklorlubifeniller (PCB'ler), poliaromatik hidrokarbonlar (PAH'lar), farmasötik maddeler, radyonüklitler ve metaller dahil olmak üzere çok çeşitli bileşenleri ayrıştırma, dönüştürme ya da biriktirme çeşitliliğine sahiptir.

2. Aerobik Biyolojik Bozunma

Aerobik biyolojik bozunma, ortamda oksijen var iken organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından parçalanmasıdır. Daha belirgin olarak, yalnız oksijenin mevcut bulunduğu ortamda oluşma ya da canlı kalma yeterliliğine işaret eder; dolayısıyla sistemin, ortamın ya da organizmanın yapısı, oksidatif koşullarla karakterizedir. Pekçok organik kirletici, aerob denilen aerobik bakteriler tarafından aerobik koşullarda hızla ayrıştırılır.

Aerobik bakteriler (aerob) oksijen tabanlı bir metabolizmaya sahiptir. Aeroblar hücre solunumu denilen bir süreçte enerji elde etmek amacıyla alt maddeleri (örneğin şekerler ve yağlar) oksitlemek (çürütmek) için oksijen kullanırlar.

Hücre solunumu başlamadan önce, glikoz molekülleri daha ufak iki moleküle parçalanır. Bu aerobların sitoplazmasında meydana gelir. Daha sonra daha ufak olan bu moleküller, aerobik solunumunun gerçekleştiği bir mitokondriye girerler. Ufak molekülleri suya ve karbondioksite parçalayan kimyasal tepkimelerde oksijen kullanılır. Tepkimeler sonucunda enerji de açığa çıkar.

Aerobik çürüme, anaerobik çürümenin aksine keskin kokulu gazlar meydana getirmez. Aerobik süreç, çoğu durumda maddeyi kütlece %50'den fazla oranda küçülterek , katı atıklarda ise yüzde yüze daha yakın bir oranda çürüme ile tamamlanır. Aerobik süreç ayrıca çalışanların ve hayvanların ortamını da iyileştirir ve patojenlerin kontrol altında tutulmasına yardımcı olur.

3. Anaerobik Biyolojik Bozunma

Anaerobik (oksijensiz ortamda) çürüme, anaerobik mikroplar aerobik mikroplara göre baskın olduğunda meydana gelir. Atık sahasındaki biyolojik olarak parçalanabilen atıklar, anaerobik çürüme süreci yoluyla oksijensiz ayrışırlar. Normalde birkaç yılda ayrışan kağıt ve diğer maddeler, anaerobic bir ortamda daha uzun sürede ve çok daha yavaş ayrışırlar. Biyolojik ayrışma sonucu ortaya çıkan biyogaz, karbondioksite göre küresel ısınma potansiyeli yaklaşık 21 kat daha fazla olan metan (CH₄) gazı içerir. Bu biyogaz, atığın yeni bir ürüne dönüşüm süreci kapsamında toplanarak çevreye dost enerji üretiminde kullanılır. (Örneğin elektrik enerjisi)

Anaerobik çürüme, mikroorganizmaların biyolojik olarak parçalanabilen maddeyi oksijensiz parçaladığı bir dizi süreçten oluşur. Girdi maddelerinin hacim ve kütesinin azaltılmasını sağladığından, atık su ve biyolojik olarak parçalanabilen atıkların artılmasında geniş çapta kullanılan bir metoddur.

Anaerobik çürüme yenilenebilir bir enerji kaynağıdır, Çünkü bu süreçte fosil yakıtların yerine , enerji üretimi için uygun metan ve karbondioksit açısından zengin biyogaz meydana gelir. Ayrıca çürüme sonrası geride kalan besin ögesi açısından zengin katılar da gübre olarak kullanılabilir.

3.1. Anaerobik Süreç

Çürüme süreci karbonhidratlar gibi bozunmayan organik polimerleri parçalamak ve diğer bakteriler için hazır bulundurmak için girdi maddelerinin bakteriyel hidrolizi ile başlar. Daha sonra asetojen şeker ve amino asitleri karbondioksit, hidrojen, amonyak ve organik aside dönüştürür. Ardından asetojenik bakteriler ortaya çıkan bu organik asitleri ilave amonyak, hidrojen ve karbondioksit ile birlikte asetik aside çevirir. Sonunda metanojen bu ürünleri metana ve karbondioksite çevirebilir.

Anaerobik çürüme sürecine, asetik asit oluşturan bakteriler ve metan oluşturan bakterileri içeren bir dizi bakteri dahil olur. Bu bakteriler; sonunda biyogaza dönüşmeden önce hammaddeyi şeker, hidrojen ve asetik asit içeren ara moleküllere dönüştüren bir dizi farklı süreçten geçen başlangıçtaki hammaddeyi beslerler.

Anaerobik Biyolojik Bozunma Aşamaları

Anaerobik çürümede dört temel biyolojik ve kimyasal aşama vardır:

- 1. Hidroliz**
- 2. Asidojenez**
- 3. Asetat Oluşumu**
- 4. Metan Oluşumu**

3.1.1.Hidroliz

Çoğu durumda biyokütle büyük organik polimerlerden oluşur. Anaerobik dijestörlerdeki bakterilerin maddenin potansiyel enerjisine ulaşması için bu dizilerin öncelikle daha ufak öğelere parçalanması gerekir. Bu öğeler ya da şeker gibi monomerler diğer bakteriler tarafından kolaylıkla kullanılabilir. Bu dizileri parçalama ve daha ufak moleküllerin çözelti içinde bozunması sürecine hidroliz denir. Dolayısıyla moleküler ağırlığı yüksek olan bu polimerik bileşenlerin hidrolizi, anaerobik çürümede gerekli ilk aşamadır. Hidroliz yoluyla karmaşık organik moleküller basit şekerlere, amino asitlere ve yağ asitlerine parçalanır.

İlk aşamalarda oluşan asetat ve hidrojen metanojenler tarafından doğrudan kullanılabilir. Dizi boyu asetata göre daha fazla olan uçucu yağ asitleri (VFA'lar) gibi diğer moleküller öncelikle metanojenler tarafından doğrulan kullanılabilen bileşiklere katabolize edilmelidir.

3.1.2. Asidojenez

Biyolojik Asidojenez süreci, kalan bileşenlerin asidojenik (fermente edici) bakteriler tarafından parçalandığı aşamadır. Bu aşamada VFA'larla birlikte, yan ürünlerin yanı sıra amonyak, karbondioksit ve hidrojen sülfür de oluşur. Asidojenez süreci sütün kesilme şekliyle benzerdir.

3.1.3. Asetat Oluşumu

Anaerobik çürümenin üçüncü aşaması Asetat Oluşumdur. Bu aşamada asidojenez aşaması ile oluşan basit moleküller, karbondioksit ve hidrojenin yanı sıra büyük ölçüde asetik asit meydana getirmek üzere asetojenler tarafından parçalanır.

3.1.4. Metan Oluşumu

Anaerobik çürümenin son aşaması biyolojik Metan Oluşum sürecidir. Bu aşamada, metanojenler önceki aşamalarda oluşan ara ürünleri kullanarak bunları metan, karbondioksit ve suya dönüştürür. Sistemden yayılan biyogazın büyük bir bölümünü bu bileşenler oluşturur.

3.2. Çevresel Faydalar

Anaerobik çürüme tesisleri, büyük enerji santrallerine göre sermaye yoğunluğu daha az olduğundan **Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı** kapsamında en faydalı enerji tedarik kaynaklarından biri olarak kabul edilmiştir.

Anaerobik çürüme teknolojilerinin kullanılması, sera gazı emisyonunun azaltılmasına çeşitli şekillerde yardımcı olabilir:

- Fosil yakıtların yerini almak
- Atık sahalarından kaynaklanan metan emisyonunu azaltmak
- Endüstriyel olarak üretilen kimyasal gübreleri kaldırmak
- Elektrik şebekesi nakil kayıplarını azaltmak

Anaerobik çürüme tesislerinde üretilen metan ve enerji, fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin yerine kullanılmak suretiyle sera gazı emisyonunu azaltabilir. Bunun nedeni biyolojik açıdan parçalanabilen maddedeki karbonun, karbon döngüsünün bir parçası olmasıdır.

4. Bio-Plastikler

Plastiklerde biyolojik bozunma, ortamdaki mikroorganizmaların çevreye daha az zararlı humus benzeri etkisiz bir madde üretmek üzere plastiklerin moleküler yapısını metabolize etmesidir. Genel tanım olarak bu sürece dahil olabilen plastiklere biyolojik olarak çözünebilen, bio-plastik adı verilir. Günümüzde bu sınıfa giren çok az sayıda polimer tipi mevcuttur.

Bio-plastikler, bileşenleri yenilenebilir hammadde kaynaklarından üretilen plastikler olduğu gibi (örneğin nişasta bazlı polimerler, PSM, PLA vs.), petrol temelli bileşiklerden de oluşabilirler.

5. Plastikler İçin Biyolojik Bozunma Standartları

Amerikan Malzeme Test Birliği (ASTM) olarak bilinen ASTM International malzeme, ürün, sistem ve hizmetlere yönelik teknik standartlar için güvenilir bir kaynak, dünyanın en büyük gönüllü standart geliştirme kuruluşlarından biridir. Yüksek teknik kalitesi ve piyasa uygunluğu ile tanınan ASTM, küresel ekonomide tasarım, imalat ve ticarete rehberlik eden, bilgi altyapısı alanında önemli bir role sahiptir.

ASTM International, biyolojik olarak parçalanabilen plastikler için bir dizi şartname, test yöntemi ve ilke geliştirmiştir. Detaylar için ASTM web sitesini ziyaret edebilirsiniz: <http://www.astm.org>.

6. Plastikler İçin ASTM Biyolojik Bozunma Standartları

6.1.Şartnameler

- D6400 Kompostlanabilen Plastiklere İlişkin Standart Şartname

6.2.Test Yöntemleri

- D5247 Belirli Mikroorganizmalar Yoluyla Parçalanabilir Plastiklerin Aerobik Biyolojik Bozunabilirliğini Belirlemeye Yönelik Standart Test Yöntemi
- D5338 Kontrollü Kompostlama Koşullarında Plastik Malzemelerin Aerobik Biyolojik Bozunmasını Belirlemeye Yönelik Standart Test Yöntemi
- D5511 High-solid Anaerobik Çürüme Koşullarında Plastik Malzemelerin Anaerobik Biyolojik Bozunmasını Belirlemeye Yönelik Standart Test Yöntemi
- D5338 Kontrollü Kompostlama Koşullarında Plastik Malzemelerin Aerobik Biyolojik Bozunmasını Belirlemeye Yönelik Standart Test Yöntemi

6.3. İlkeler

- D6002 Çevresel Açıdan Parçalanabilir Plastikleri Kompostlama Yeterliliğinin Değerlendirilmesine Yönelik Standart İlkeler