

## 5.2. Proses Mikrobiyolojisi (devam)

Birinci aşama olan **hidroliz** kademesinde, katı veya çözülmüş halde olan yağ, polisakkarit, protein ve nükleik asit gibi karmaşık yapıları ve büyük moleküllü organik maddeler, “enzimatik transformasyonla”, daha basit yapıdaki küçük moleküllü maddelere dönüşür. Hidroliz hızını etkileyen en önemli faktörler pH, sıcaklık ve çamur yaşıdır. Yağ, selüloz ve lignin gibi hidroliz hızı yavaş olan maddeler içeren atık suların havasız arıtımında hidroliz kademesi hız kısıtlayıcıdır.

**Asit üretimi** olan ikinci kademe ise, asetojenik bakterilerle “bakteriyel dönüşüm” sonucu, bazı ara ürünler oluşur. Bu adıma “asidogenesis” de denir.

Üçüncü aşama olan **metan üretimi** kademesinde, diğer iki kademe oluşmuş ürünler metan üreten bakterilerce “bakteriyel dönüşüm” sonucu, CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> gibi son ürünlere dönüşür. Bu adıma “metanogenesis” de denir. Metan üretimi yavaş bir süreç olup havasız arıtmada hız sınırlayıcı safhadır. Metan, asetik asidin parçalanması ve/veya H<sub>2</sub> ile CO<sub>2</sub>'in sentezi sonucu üretilir. Oluşan metanın yaklaşık % 30'u H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>'den, % 70'i ise asetik asidin parçalanmasından oluşmaktadır.

Tüm bu dönüşümlerden mikroorganizma karışımı sorumludur. Bu kompleks ve birbirlerine etki eden prokaryotik organizmalar temel olarak “asit bakterileri” ve “metanojenler” olarak tanımlanmaktadır.

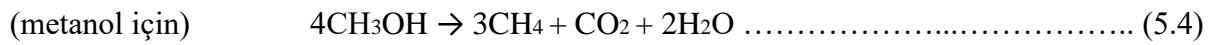
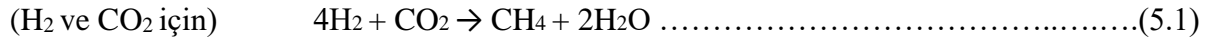
Havasız bozunma prosesi süresince birbirleriyle etkileşim halinde olan mikroorganizmaların birinci grubu, lipid (yağlar), polisakkarit (organik polimer), protein ve nükleik asit gibi molekülleri, amino asit ve monosakkaritler gibi daha basit ve temel yapılara hidroliz yoluyla dönüştürürler.

İkinci grup anaerobik bakteriler ise parçalanmış ürünleri organik asitlere dönüştürürler. Bu gruptaki mikroorganizmalar metanojik olmayan, fakültatif ve zorunlu anaerobik bakterilerdir. Bunlar “asitojenler” veya “asit üreticiler” olarak adlandırılırlar. Bu hidroliz ve fermantasyon bakterilerine *Clostridium spp.*, *Peptococcus anaerobus*, *Bifidobacterium spp.*, *Desulphovibrio spp.*, *Corynebacterium spp.*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Staphylococcus* ve *Escherichia coli* gibi örnekler verilebilir.

Üçüncü grup mikroorganizmalar da temel olarak, hidrojen (H<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub>) ve asetik asitten, metan gazı ve CO<sub>2</sub> üretenlerdir. Diğer substrat kaynakları format, metanol ve metilaminlerdir. Bu organizmalar anaerobiktirler ve “metanojenler (archaea)” veya “metan üreticiler” olarak adlandırılırlar.

Bu organizmalarda, çubuksu olan *Methanobacterium* ve *Methanobacillus* ile küresel olan *Methanococcus* ve *Methanosarcina* proseste hakim durumdadır.

Üçüncü aşamada gerçekleşen tepkimeler:



- Çözünmüş O<sub>2</sub> olmamalı
- Ağır metaller ve sülfidlerin derişimi inhibisyon sınırının altında olmalı
- pH 6.2'den küçük olmamalı (pH = 6.6 - 7.6)
- Uçucu yağ asitleri 250 mg/L'den az olmalı
- 30-38 °C mesofilik bakteriler
- 49-57 °C termofilik bakteriler
- Yeterli miktarda azot ve fosfor mikrobiyal üreme için bulunmalı

### 5.3. Havasız Arıtma Sistemlerinin Üstünlükleri (Avantajları)

Yüksek miktarda organik madde ( $BOI_5 > 1000-1500$  mg/lt) ve az miktarda katı madde içeren derişik atık suların arıtılmasında havalı (aerobik) proseslerin uygulanmasının pahalı oluşu havasız (anaerobik) proseslerin gelişmesine neden olmuştur.

Havasız ile havalı biyoteknolojiler karşılaştırıldığında havasız arıtmanın birçok üstün yönü olduğu görülmektedir:

İlk olarak, havasız proseslerde biyolojik büyüme hızı havalı sistemlere göre daha azdır. Havasız proseslerde organik maddenin sadece %5-15'i biyokütleye dönüşmektedir. Bu durum, arıtma sonrasında biyolojik çamur atımının (bertarafının) havalı sistemlere göre daha kolay ve düşük maliyetli olacağını göstermektedir.

Biyolojik proseslerde biyokütle sentezi için ortamda fosfor ve azot gibi temel besi maddeleri mutlaka bulunmalıdır. Endüstriyel atık sular her zaman bu maddeleri yeterli oranda içermediklerinden biyolojik arıtma öncesi besi maddesi eklenmesi gerekmektedir. Ancak havasız sistemlerde biyolojik büyüme hızının düşük olmasına bağlı olarak ek besi maddesi ihtiyacı da daha az olmaktadır.

Havasız arıtma sırasında metan gazının oluşması sistemin diğer bir üstünlüğüdür. Metan elektrik veya ısı enerjisi üretimi için kullanılabilir enerji kaynağıdır ve enerji değeri standart şartlarda ( $0^\circ\text{C}$ , 760 mmHg) 35,8 kJ/L'dir. Havalı sistemlerin işletilmesi sırasındaki yüksek enerji ihtiyacına karşın, havasız sistemlerde hem enerji sarfiyatı daha az olmakta, hem de sistem kullanılabilir enerji kaynağı üretmektedir.

Havasız sistemler çok yüksek organik yüklemelerde çalıştırılabilmektedir. Buna karşın, havalı sistemlerde oksijen transferi sınırlı olduğundan yüksek organik yükler uygulanmamaktadır. Bu durumda,  $KOİ$  değeri 5000 mg/L'den büyük olan atıksuların arıtılmasında havasız sistemlerin kullanılması daha verimli arıtma sağlamaktadır.

#### 5.4. Havasız Arıtma Sistemlerinin Kısıtları (Dezavantajları)

Havasız arıtmanın kısıtlarının başında mikroorganizmaların büyüme hızlarının düşük olması gelmektedir. Havasız arıtma için önemli olan metanojenlerin çoğalma hızları, havalı arıtmadaki mikroorganizmalara göre yarı yarıya daha azdır.

Buna bağlı olarak, havasız proseslerde hem başlangıçta sistemin dengeye gelme süresi uzun olmakta, hem de olumsuz çevre şartlarından dolayı sistemde biyokütle kaybı yaşanması durumunda sistemin tekrar eski haline gelmesi uzun sürmektedir.

Havasız sistemlerin diğer bir olumsuz tarafı, atık suda sülfat bileşiklerinin olması durumunda ortaya çıkmaktadır. Sülfatların indirgenmesi veya proteinlerin parçalanması sonucu ortaya çıkan  $H_2S$  hem toksik, hem de korozif niteliktedir. Ayrıca, gazdaki  $H_2S$  istenmeyen kötü kokulara neden olmaktadır. Biyogazın yakılması durumunda  $H_2S$ 'in  $SO_2$ 'ye oksitlenmesi ile koku problemi azalmaktadır. Ancak, bu durumda da hava kirletici parametre olan  $SO_2$  meydana gelmektedir. Bu nedenle, havasız arıtmada  $H_2S$  oluşumu her zaman kontrol altında tutulmalıdır.

Havasız ayrışma sırasında ara ürün olarak organik asitlerin oluşması ortamın pH değerini sürekli düşürmektedir. Metan üreten bakterilerin yaşayabileceği pH aralığı 6.5 – 8.0 olduğundan sistemde sürekli pH kontrolü yapılmalı ve tampon eklenmelidir. Havasız arıtmada bu ihtiyacın sağlanması havalı sistemlere göre hem daha hassas, hem de daha maliyetli olmaktadır.

Bunlara ek olarak, KOİ değeri 1000 mg/L'den az olan seyreltik atık suların havasız proseslerde arıtılması durumunda havalı sistemlere göre daha düşük arıtma verimi elde edilmektedir.