



AGIR METAL VE BOYAR MADDE İÇEREN ATIKSULARIN ARITIMI

DOÇ.DR. DEMET CANSARAN-DUMAN

Çevre kirliliği ilk defa kentsel yaşamın başlaması sonucu ortaya çıkmış ve endüstriyel gelişmeye paralel olarak da artmıştır.

Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında, nüfus artısındaki hızlanmaya bağlı olarak artan çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuştur ve sonuçta ekosistemin bozulması giderek çok daha ciddi bir hal almıştır.

Ekosistemin bir bölümünü oluşturan su ortamı, kullanılmıs sular ve diğer atıklar için alıcı ve uzaklaştırıcı bölge olarak kullanıldığında, ekosistem içinde hava ve topraga oranla en yoğun kirlenmeye uğrayan kısım halini almıştır.

Kentlerde (evsel atıksular) ve endüstride kullanıldıktan sonra atılan sular için atıksu terimi kullanılmaktadır.

Atıksular fiziksel
(renk, koku, sıcaklık yükselmesi, asıltı maddeler
ve köpüklenme) ve

kimyasal (çözünmüs organik maddeler, toksik
maddeler ve fosforlu madde varlığı) kirlilik
gösterirler.

Atıksular
içindeki ağır metaller, endüstriyel atık ve bazı
pestisitlerin içinde yer almakta iken
boyarmaddeler ise kimyasal
kirleticiler olarak bilinmektedir.

Birçok sanayi kolunda (maden endüstrilerinde, enerji ve yakıt üretiminde, gübre ve pestisit sanayinde, metalurji ve demir ve çelik sanayinde, deri işleme, fotoğraf sanayinde) ağır metal içeren atıklar direkt ya da indirekt olarak doğaya verilmekte ve gün geçtikçe bu durum daha çok yaşanılmaktadır.

Özellikle büyümekte olan ülkelerde bu durum ciddi çevresel kirlenmeye ve canlı hayatını tehdit etmeye başlamıştır. Sentetik boyalar ise birçok alanda geniş ölçüde günümüz teknolojisi ile üretilip kullanılmaktadır. Kullanılan alanlara örnek olarak:

tekstil endüstrisinin birçok kolunda, deri tabaklama endüstrisinde, kâğıt sanayinde, gıda teknolojilerinde, zirai araştırmalarda, saç boyama ve kozmetik alanlarını örnek verebiliriz.

Agır metaller suda yasayan canlılar için oldukça zehirli kirleticilerdir. Agır metaller tehlikelidir çünkü biyobirikime eğilimlidirler. Bilesikler herhangi bir zamanda canlılarda birikebilirler ve onların vücuda alınmaları ve depolanması metabolize edilmelerinden veya atılmalarından daha hızlıdır. Atıksularda çok çeşitli türde ve istenmeyen miktarlarda bulunan boyarmaddeler ise renk kirliliğine neden olan, sudaki yaşamın fotosentetik aktivitesini etkileyen ve biyolojik bozunması çok güç olan kimyasallardır. Atıksulardaki bazı boyarmaddelerin yapılarında ağır metal iyonlarını içermelerinden ve atıksuya bu ağır metal iyonlarını da salmalarından dolayı canlı yaşamı üzerindeki toksik etkileri daha da fazla olmaktadır.

Bu tür atıksuların arıtımında kullanılan klasik yöntemler (**kimyasal çöktürme, iyon değişimi, ozonlama, koagülasyon-flokülasyon, adsorpsiyon** vb.) yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksekliği, arıtma sonrasında yeni kirleticilerin oluşması gibi nedenlerden dolayı pratik ve ekonomik olmaktan uzaktır.

Atıksu arıtımında en yaygın olarak kullanılan aerobik ve anaerobik biyolojik arıtımların bu tür kirleticileri içeren atıksuların arıtımında kullanımı ise, ağır metal iyonlarının **biyobozunur olmaması, boyarmaddelerin biyolojik oksidasyona dirençli** olarak üretilmeleri ve bu kirleticilerin aşırı miktarlarının **biyolojik arıtımda etken mikroorganizmaların üremesini engellemesi** gibi nedenlerle kısıtlı olmaktadır.

Son yıllarda ağır metal ve boyarmadde kirleticilerini içeren atıksularda üreyebilen ve bu kirleticilere karşı direnci fazla olan mikroorganizmaların, boyarmadde ve metal iyonlarını hücre yapısına alarak biriktirme (biyobirikim) yeteneğinden yararlanarak ağır metal ve boyarmadde kirliliğinin gideriminde kullanılmasıyla ilgili çalışmalar, aktif gelişen hücrelerin kullanılmadığı biyosorpsiyon çalışmalarına alternatif olarak, önem kazanmaya başlamıştır



Boyalar, genel olarak karmasık moleküler yapıları olan, yüksek molekül ağırlıklı, sentetik ve organik bileşiklerdir.

Kimyasal yapıları itibari ile ısıya, suya ve birçok kimyasala direnç gösterebildikleri için ve kompleks sentetik yapılarından dolayı dekolorizasyonları oldukça zordur.

Dahası bu atıkların canlılar için zehirli ve kanserojen oldukları kanıtlanmıştır (Li-yan Fu vd 2001).

Boyar maddeler iki ana bileşenden oluşmuştur.

İki renk veren kromofor grupları ve ikincisi ise boyayı ipliğe bağlayan fonksiyonel gruplardır.

Boyarlar genel anlamda:

reaktif,

asidik,

azo boyalar,

antrokinoon temelli boyalar,

dispers boyalar ve metal kompleks boyalar olarak

gruplandırılmışlardır (Kocaer vd 2002).

Endüstri alanında daha geniş kullanım alanına sahip olan boyalar ise:

azo boyalar,

antrokinon temelli boyalar,

sülfür,

indigoid,

trifenilmetil ve fitalosiyenin temelli boyalardır.

Tekstil endüstrisinde en büyük kullanım alanını azo boya ve türevleri oluşturmaktadır (Esther vd 2004).

Birçok alanda kullanılan boyar maddeler atık su oluşturdıklarında bu suların oldukça fazla renkli olmaları ve geri dönüşü olmayan bu atıkların alıcı su ortamlarına verilmeleri ile çevre için oldukça büyük zarar oluşturmaktadırlar. Atıksuya bakıldığında saptanabilen ilk kontaminant renktir. Bu renklenme fotosentez yapan sucul canlıların ışığı kullanmalarını önlemekte ve böylece bu canlılar besinlerini üretememekte ayrıca yapılarındaki metal ve kloridler nedeni ile sucul yasayanlar için toksik olmaktadır. Ayrıca estetik açıdan da oldukça kötü gözükmetedir. Doga kendi kendine giderimi oldukça yavas yapabilmektedir.

Direnç Mekanizmaları

Mikroorganizmalarda metal direncinden sorumlu genler plazmid ya da kromozomal DNA da bulunmaktadır.

Mikroorganizmalarda metal direncinden sorumlu olan pek çok plazmid izole edilmistir. Antibiyotik direnç genlerini taşıyan bazı plazmidlerin civa ve arsenik direnç genlerini de taşıdığı bilinmektedir.

Mikrobiyel hücre aşağıda özetlenen şekilde metallere direnç göstermektedir.



1) Ekzopolisakkarit üretimi:

Bazı mikroorganizmaların hücre yüzeylerinde metalleri bağlayarak hücreye girmelerini engelleyen EPS olarak adlandırılan bir tabaka bulunur. Bu tabakanın pek çok metal iyonunu bağladığı gösterilmiştir. Bazı bakterilerin metalli ortamda EPS üretimini arttırdıkları bilinmektedir. Ayrıca ekstrasellüler (siderophore) selat bileşikler de metalleri hücre dışında bağlayarak detoksifiye ederler.

Siyanobakterilerde bakır toksitesinin hücreden salgılanan siderophore ile azaltıldığı gösterilmiştir (Madigan vd 1997).

2) İndirgeme:

Bazı metaller sıfır değerlikli hale indirgenerek detoksifiye edilirler. Örneğin iki değerlikli civa Gram negatif *Pseudomonas aeruginosa* bakterisinin plazmidinde bulunan *mer operonu* olarak adlandırılan genlerle sıfır değerlikli hale indirgenir. Periplazmik Hg⁺² bağlayıcı MerP proteini civayı membranda transport proteini olan MerT'ye verir. Sitoplazmada bulunan civa redüktaz enzimi (MerA) civayı indirger. Bu şekilde oluşan sıfır değerlikli civa buharlaşarak hücreyi terk eder. İndirgeme krom detoksifikasyonunda da görülür.

Kromat redüktaz olarak adlandırılan enzim altı değerlikli çözünebilir formdaki toksik kromu, çözünenmez üç değerlikli forma indirger. Enzim hücre içinde ise krom hücre içinde biriktirilir. Enzim hücre membranında ise krom hücreye girmeden hücre dışında indirgenir. Sonuçta oluşan üç değerlikli krom çözünenmediği için hücrelere girip toksik etki gösteremez ve çökerek ortamdan uzaklaşır (Madigan vd 1997).

3) Biyobirikim:

Bazı mikroorganizmalar metalleri hücre içlerinde biriktirirler. Ökaryot mikroorganizmalar vakuollerinde biriktirebilir. Bazı hücreler sentezledikleri Metallothionein benzeri proteinlerle hücre içinde metalleri bağlarlar. Metal bulunan ortamlarda bazı mikroorganizmalar tarafından üretilen metallothioneinler, küçük moleküler ağırlıklı sisteince zengin proteinlerdir. Bazı hücreler metal tuzları şeklinde hücrede metalleri çöktürürler (Aksu ve Dönmez 2000a).

4) Hücre dışına pompalama:

Bazı metaller hücre dışına membran taşıyıcı proteinleri yardımıyla çıkarılır
(Madigan vd 1997).

5) Biyosorpsiyon: Bazı metaller hücre dışı membranındaki ya da hücre duvarındaki karboksil, amino, tio ya da hidroksil gruplarına bağlanarak pasif olarak hücre dışında tutulur (Kapoor ve Viraraghavan 1995).

Bir hücre metali ortamda yukarıdaki mekanizmaların bir ya da daha fazlasını kullanarak ağır metalleri detoksifiye edebilir.

