

KLORLA DEZENFEKSİYON

1. DENEYİN AMACI

Amaç, suların dezenfeksiyonunda klor kullanımını uygulamalı görmek, gerekli klor miktarını hesaplayabilme becerisi kazanmaktır.

2. DENEYİN ANLAM VE ÖNEMİ

Su kaynaklarının veya atıksu deşarjlarının dezenfeksiyonundan maksat, patojenik organizma sayının azaltılarak bu kaynaklardan ortaya çıkabilecek risklerin minimize edilmesidir. Dezenfeksiyon işlemi ısıtma, ultraviyole, klorlama gibi yöntemlerle gerçekleştirilir. Bu yöntemler arasında klorlama yöntemi içme suyu ve atıksu arıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bir su numunesinin klor ihtiyacı, numuneye uygulanan klor miktarı ile belirli bir temas süresi sonunda ortamda bulunan serbest, bağlı veya toplam bakiye klor miktarı arasındaki farktan hesaplanabilir. Genel olarak tesis tasarımında serbest bakiye klor göz önünde bulundurulmaktadır. Bir suyun klor ihtiyacı uygulanan klor miktarı, pH, sıcaklık ve temas süresi ile yakından ilgilidir.

Tablo 1. pH = 7.5, 1 mgCl/L ve T = 25 °C için bazı patojen mikroorganizmaların klorla dezenfeksiyonu için gerekli temas süreleri

E.coli 0157 H7 bacterium	< 1 dakika
Hepatitis A virus	Yaklaşık 16 dakika
Giardia parasite	Yaklaşık 45 dakika
Cryptosporidium	Yaklaşık 9600 dakika (6,7 gün)

Dezenfeksiyona etki eden çeşitli faktörler vardır. Bunlar;

1. Mikroorganizmalara bağlı faktörler

- Mikroorganizmanın yapısı
- Mikroorganizmanın miktarı
- Mikroorganizmanın üreme periyodu

2. Dezenfektana bağlı faktörler

- Dezenfektanın cinsi
- Dezenfektanın konsantrasyonu
- Dezenfeksiyon işleminin ısısı
- Dezenfektana maruz kalma süresi

3. Ortam şartlarına bağlı faktörler

- Ortamın pH'sı
- Ortamın sıcaklığı
- Ortamda indirgen madde, amonyum ve organik madde varlığı ve miktarı

Klorla dezenfeksiyon işleminde uygulanması gereken dozun tahmini için yukarda sayılan faktörlerin bazıları göz önüne alınarak çeşitli matematiksel modeller bulunmuştur. Örneğin,

Collins modelinde indikatör bakterilerin miktarı, temas süresi ve klorlama sonrası bakteri sayısı matematiksel olarak şöyle ifade edilmiştir;

$$Y_t = Y_0(1 + 0,23CT)^{-3}$$

Y_t = Klorlama sonrasında ölçülen bakteri sayısı (MPN/100ml)

Y_0 = Girişteki bakteri konsantrasyonu

T = Klorla temas süresi

C = T süre sonraki bakiye klor miktarı (mg/l)

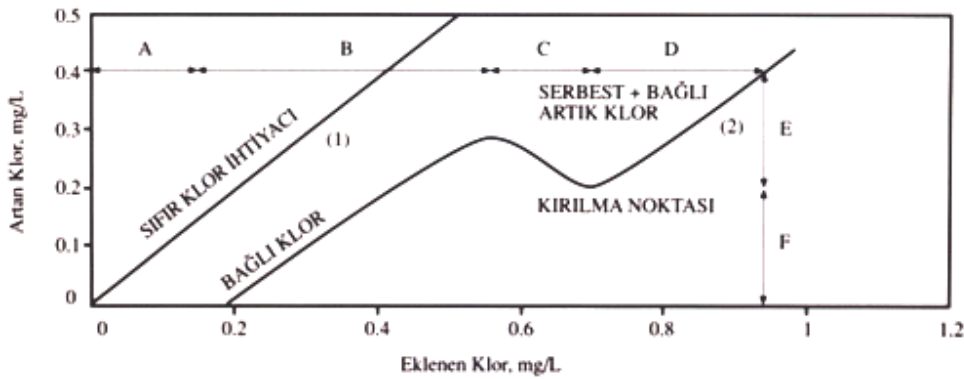
Dezenfeksiyon işlemi çeşitli yöntemlerle örneğin kimyasal dezenfektanlarla, klorla, UV veya ozonla yapılmaktadır. En çok tercih edilen klorla dezenfeksiyon yöntemidir. Klorla dezenfeksiyonun tercih edilme nedenleri şöyledir;

- Sonuçların kontrol edilebilmesi
- Etkinliğinin başka bir deyişle yükseltgenme özelliğinin yüksek olması
- Kimyaca saf olması
- Uygulama kolaylığı
- Dezenfeksiyon işlemi için gerekli tesisin basit oluşu
- Depolama ve nakliyesinin kolaylığı
- Ekonomik oluşudur.

Atıksuların klorlanması en önemli etken klor ihtiyacının belirlenmesidir. Buda kırılma noktası klorlaması şeklinde gerçekleşir.

Kırılma Noktası Klorlaması

Yaygın olarak uygulanan klorla dezenfeksiyon yönteminde atıksuya eklenen klor ile ölçülen serbest klor değerleri farklılıklar gösterecektir. Bunun temel nedeni eklenen klorun atıksuda çeşitli reaksiyonlara girmesidir. Dolayısıyla eklenen klorun bir kısmı kullanılacaktır. Tüm bu reaksiyonların gerçekleşmesinden sonra atıksuya eklenecek olan klor ile serbest klor doğrusal olarak artış gösterecektir. Eklenen klorla karşılık atıksu içerisindeki serbest klor ölçüldüğünde bir kırılma noktası olduğu gözlenir. Buna kırılma noktası klorlaması adı verilir. Şekil 1’de kırılma noktası klorlaması gösterilmektedir.



Şekil 1. Kırılma noktası klorlamasının şematik gösterimi

Klor dozlanmaya başladığında önce suda bulunan organik maddeler klorla reaksiyon vererek yükseltgenir ve kloru klorür iyonuna indirgerler. A bölgesinin sonundan itibaren suda sadece amonyak kalmıştır. Bu noktadan itibaren klor dozlaması devam ettirildiğinde kloraminlerin oluşumu başlar ve bu oluşum klor / amonyak mol oranının 1 olduğu B bölgesi sonuna kadar

devam eder. Bu noktaya kadar oluşan kloraminler monokloramin ve dikloramindir. Bunların oranı pH ve sıcaklığa bağlı olmakla birlikte hâkim olan bileşik monokloramindir.

C Bölgesi süresince klor dozlanmaya devam edildiği takdirde ortamdaki artık klor (serbest hazır klor ve bağlı hazır klor toplamı) azalmaya başlar. Bu azalmanın nedeni kloraminlerin klor ile ve kendi aralarında verdikleri reaksiyonlardır.

Kırılma noktasında(C noktası bitişi), ortamdaki mono ve dikloramin pratik olarak tamamen uzaklaştırılmıştır. Kırılma noktasının ötesinde klor dozlanmaya devam edildiğinde klor, ortamda ancak eser miktarda kalan dikloramin ile trikloramin dışında serbest klor halinde ilave edildiği miktarda artar.

D noktasında ise kullanılacak tüm klor kullanılmış olup, eklenen klor miktarı kadar bir artış gözlemlenecektir. Yani klor artışı artık eklenen klor artışına paralel olarak aynı oranda artacaktır. E kısmı ise, suda serbest halde bulunana klor miktarını göstermektedir.

Kırılma noktası klorlamasında suda, yukarıda belirtilen kolayca oksitlenen inorganik ve organik maddeler, örneğin azot içeren organik maddeler hemen oksitlenmez ve kırılma noktası eğrisinin şeklini etkiler. Bazı azot içeren organik maddeler, örneğin amino asitler klorla tamamen parçalanmaz.

Kırılma noktası klorlaması içme suyu arıtımında ve atık su arıtımında uygulanabilmektedir. Kırılma noktası klorlaması ayrıca bir azot giderme yöntemi olarak ta kullanılmaktadır.

Kısaca bu olayın açıklanması gerekirse yeterli miktarda klor, inorganik bileşikler ve azotlu bileşikler ile reaksiyona girmesi için ilave edilirse, ilave klor, en yüksek dezenfeksiyon gücüne sahip olan ‘Serbest Bakiye Klor’ şeklinde bulunacaktır. Bu durum, azotlu bileşikler içeren atık sularda nadiren meydana gelir. Bu nedenle kırılma noktası klorlaması atıksudaki klor ihtiyacını belirlememize yardımcı olur.

Evsel atık su veya endüstriyel atık sularda klor ihtiyacının tayini, projelendirmede önemli bir faktördür. Gerekli klorinatörlerin sayısı ile kullanımı için gerekli klor miktarını, tahliye kayıplarının tipini, klorun elde etme ve depolama için gerekli tüm aksamın belirlenmesinde yararlıdır.

$\text{Klor dozu} = \text{Klor ihtiyacı} + \text{Klor bakiyesi}$

$\text{Klor bakiyesi} = \text{Bağlı klor formları} + \text{Serbest klor formları}$

Deneyisel Çalışma Yöntemi

Bu kısımda evsel atıksu ile kirlenmiş ve amonyum da içeren bir su numunesinin klor ilavesi ile klor harcama durumu ve suda mevcut mikroorganizmaların azalmasının takibi ve değerlendirilmesi için gerekli deneyisel kısım ifade edilecektir. Bu kısım bu nedenle iki kısımda ele alınacaktır.

Dikkat! Dezenfeksiyon deneyine başlamadan önce öğrenciler, Deney sorumluları tarafından gösterilecek klor ve bakteri tayinlerini izler, öğrenir ve notlarını alırlar.

Klor İlavesi İle Oluşan Bakiye Klorun Takibi

Çalışma 5 grup öğrenci tarafından yapılacaktır. Her grup 500 ml hacmindeki aynı özellikteki kirli suya aşağıda değişen oranlarda klor ilavesi (HOCl) yapacaktır. Klor kaynağı olarak sodyum hipoklorit (NaOCl) içeren çamaşır suyu kullanılacaktır. Çamaşır suyunda yaklaşık

%4 oranında sodyum hipoklorit ($\text{NaOCl}=74,5$) bulunduğuna göre ($\text{Na}:23$, $\text{O}:16$, $\text{Cl}:35,5$) 500 ml kirli suya ilave edilecek çamaşır suyu hacimlerini hesaplayınız.

Grup No	İstenen Cl, mg/l	500 ml'ye ilave edilecek çamaşır suyu, ml Hesaplayınız.	Her grubun ilave edeceği seyreltilmiş çamaşır suyu, ml ? (2. kolondaki değerler ile orantılı olacak)
1	1	$0,5 \cdot 100 / 4000 \cdot 74,5 / 35,5 = 0,026 \text{ ml}$	Çamaşır suyu distile su ile %2,5 oranında seyreltilince, yaklaşık 1 ml
2	2		
3	4		
4	7		
5	10		

Tüm gruplar klor ilavesinden 5 dakika sonra klor tayini ve bakteri tayini yapmak üzere numune alıp, ayrı noktalarda bulunan klor tayini ve bakteri tayini setlerine ayrılarak hemen analizlerini yapacaklardır. Bunun için gruplar klor ilavelerini aynı zamanda başlatmayıp birbirlerinin klor ve bakteri tayini deneylerine fırsat verecek sırada yapmaları gerekir. Her grup tahtaya buldukları klor konsantrasyonlarını tablo halinde yazarlar. Bulunan klor değerlerine göre bakiye klor ile ilave edilen klor dozları için grafik çizilir ve evsel atıksu ile ağır biçimde kirlenmiş suda amonyak mevcut olduğunu da kabul ederek yorumlama yapılır.

Suda Klor tayini

Yöntemin Esası: $\text{pH} < 8$ 'de klor, potasyum iyodür çözeltisinden kaynaklanan iyodürün serbest kalmasına sebep olur. Serbest kalan iyodür standart sodyumtiyosülfat çözeltisi ile nişasta indikatörlüğünde titre edilir.

Girişimler: Manganın oksitlenmiş formları ve diğer oksitlenmiş bileşikler girişimlere yol açar. Organik sülfid gibi indirgeyiciler de girişimlere sebep olur. Titrasyonun nötr pH değerlerinde yapılması ile ferric ve nitrit iyonlarının yol açabileceği girişimler önlenebileceği halde, bağlı klorun bazı formlarının pH 7'de reaksiyon vermemesi dolayısıyla asit titrasyonu tercih edilmektedir. Numunenin asitlendirilmesi için her zaman asetik asit kullanılmalıdır. Sülfirik asit, girişimleri arttırmaktadır.

Tayin edilebilecek minimum konsantrasyon: 1L numune ve 0.01 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ kullanıldığında tayin edilebilecek minimum klor konsantrasyonu Cl_2/L cinsinden yaklaşık 40 $\mu\text{g Cl}$ dur. 1 mg/L'nin altındaki konsantrasyonlar bu yöntemle tayin edilemez.

Klor İlavesi İle Bakteri Azalmasının Takibi:

Yukarda 500 ml numuneler ile çalışan her bir gruptan bir öğrenci 5 dakika klor temasından hemen sonra hiç vakit geçirmeden sodyum tiyosülfat solüsyonu ilavesi ile bakteri sayımı için bakteri ekimi yapar. Bakteri sayım sonucu belirlendikten ve (internetten) ilan edildikten sonra klor dozajına göre bakteri azalma grafiği çizilir. İncelediğimiz suyumuz Collins modelinin uyup uymadığı incelenir.

Suda Bakteri Sayımı:

Evsel atıksu karıştırılmış olan numunede (kloru giderilmiş çeşme suyu ile seyreltilmiş) öncelikle Standart Plate Agar besiyeri kullanarak ne kadar bakteri olduğu belirlenir. Agarlı

besiyeri mikrobiyolojik tekniklere göre hazırlanıp otoklavda steril edildikten sonra petri kaplarına dökülür. Hazırlanmış besi yeri ihtiva eden petri kutularına numune çeşitli oranlarda seyreltilerek ekiviyon çubuğu veya kalın cam baget yardımıyla yayılarak ekim yapılır. Ekim yapılmış petri kapları 35 °C de bakteriyolojik etüvde 24 saat tutulduktan sonra koloni sayımı yapılır. Sayım sonucu, numunedeki toplam koliform bakterilerini verir. Beş farklı klorlama işleminden sonra alınan numunelerde benzer şekilde besiyerlerine ekilir ve 24 saat eğer üreme yoksa veya emin olunamıyorsa ikinci bir 24 saat daha beklenir. Elde edilen sonuçlar toplam koliform bakteri (adet)/100 ml cinsinden yazılır.

3. DENEY DÜZENEGİ

3.1. Kullanılan Araç ve Gereçler

- a) Ppetri kabı
- b) Ekiviyon çubuğu
- c) Bek alevi
- d) Pipet

3.2. Kullanılan Kimyasallar

- a) Asetik asit
- b) Potasyum iyodür, KI, kristal formda
- c) Standart Sodyum Tiyosülfat, 0,1 N: 25 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1 L saf suda çözülür
- d) Standart Sodyum Tiyosülfat, 0,01 N veya 0,025 N: Daha önce hazırlanmış olan 0,1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ çözeltisinden seyreltmeler yapılarak 0,01 ve 0,025 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ çözeltileri hazırlanır ve yukarıdaki şekilde standardize edilir. 0,01 ve 0,025 N çözeltileri $\text{Cl}_2/\text{l mL}$ cinsinden sırasıyla 354.5 ve 886.3 $\mu\text{g Cl}$ 'a eşdeğerdir.

4. DENEYİN YAPILIŞI

- a) *Numune hacmi:* 0,01 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 'den 20 mL den daha az sarf edecek şekilde numune alınır. 1-10 mg/L klor ihtiva eden numuneler için 500 mL numune kullanılabilir.
- b) *Numunenin hazırlanması:* 5 mL asetik asit veya pH'ı 3-4 civarında düşürmeye yetecek miktarda asetik asit, bir erlene yerleştirilir ve yaklaşık 1 g KI ilave edildikten sonra numune bu kaba boşaltılarak karıştırılır.
- c) *Titrasyon:* Güneş ışığından uzakta titrasyon yapılır. 0,025 N veya 0,01 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, iyodürden kaynaklanan sarı renk azalana kadar numuneye ilave edilir. Daha sonra 1 mL nişasta ilave edilir ve mavi renk kaybolana kadar titrasyona devam edilir.
- d) *Şahit titrasyonu:* Deneyde kullanılan numune kadar saf su numunesi ile yukarıdaki işlemler uygulanır. Şahit titrasyonu aşağıdaki iki şekilde gerçekleştirilebilir. Klor konsantrasyonu hesaplanmadan önce şahit titrasyonundan kaynaklanan sarfiyat numunenin sarfiyatından çıkarılmalıdır.

5. HESAPLAMALAR

Numunedeki toplam bakiye klor miktarı;

$$Cl_2 / L \text{ cinsinden } mg \text{ Cl} = \frac{(A - B) \times N \times 35450}{mL \text{ numune}}$$

İfadesiyle hesaplanır. Burada;

A = mL numune sarfıyatı

B = mL şahit sarfıyatı

N = Na₂S₂O₃ çözeltisinin normalitesi

6. DEĞERLENDİRME VE YORUM

Öğrenci yapmış olduğu deney ve sonuçlarını değerlendirip yorumlar. Ödevlerini bu kısma ekler.