

SULARIN DEZENFEKSİYONU

1. Dezenfeksiyon :

Suda bulunan hastalık yapıcı organizmaların giderilebilmesi için uygulanan temel işlemler dezenfeksiyon olarak tanımlanır.

Sterilizasyon ise bütün canlı organizmaların giderilmesidir. Hastalık yapıcı ve diğer mikroorganizmalar sulardan değişik temizleme teknikleri uygulanması ile giderilirler.

Yavaş kum filtrelerinde suyun süzülmesi sırasında bu filtrelerde bulunan biyolojik aktivite ile hastalık yapıcı ve diğer organizmaların hemen hemen % 99' u giderilir.

Suya başka amaçlarla ilave edilen kimyasal maddeler, örneğin kireç ile yumuşatmada suda oluşan baziklik de, bakterilerin giderilmesini sağlayabilir.

Bir maddenin suyun dezenfeksiyonunda kullanılabilmesi için aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir.

1. Dezenfekte edilecek suda bulunan hastalık yapıcı organizmaların her türü ve tümünü giderebilmeli,
2. Dezenfeksiyonu sınırlı bir sürede ve suyun içinde bulunduğu şartlarda gerçekleştirebilmeli,
3. Kullanılmaları suda zehirli ve zararlı türler ve ürünler oluşturmamalıdır.
4. Uygulanması ucuz ve kolay olmalıdır.
5. Suyun tekrar kirlenmesine karşı koruyucu olmak üzere az bir miktarı suda fazlası kalabilmelidir.

2. Dezenfeksiyon Teknikleri :

Dezenfeksiyon teknikleri, sıcaklık, ışık ve kimyasal dezenfeksiyonu içine alan üç temel bölümde incelenebilir.

a) Sıcaklık: Suyu kaynatmak ve kaynatmayı 15-20 dk. devam ettirmek. Bu sıcaklığa dayanıklı organizmalar ve bakterilerin hiç biri sağlık bakımından zararlı olmadığından kaynatmak iyi fakat pahalı bir tekniktir. Bu işlemi havalandırma izlemelidir. Çünkü kaynama sırasında O_2 de uzaklaşır.

b) Işık: Güneş ışınları doğal bir dezenfeksiyon aracıdır. Suyun ultraviyole ışınlar karşısında bırakılması da bulanık olmayan sularda bir dezenfeksiyon yoludur.

c) Kimyasal Dezenfeksiyon: Su, uygun bir zaman aralığında, uygun derişimlerde kimyasal reaktiflerle dezenfekte edilebilir.

Yükseltgen Kimyasal Maddeler: Klor ve bileşikleri (NaOCl , Ca(OCl)_2 , Mg(OCl)_2 , ClO_2 , NH_4OCl) , brom, iyot, ozon, hidrojen peroksit ve potasyum permanganat gibi diğer yükseltgeyici maddelerle sularda bulunan mikroorganizmalar ve hastalık yapıcı mikroplar yükseltgenerek dezenfekte edilir.

Bütün halojenlerin içinde klor ve klor bileşikleri en ekonomik olan ve en çok kullanılan dezenfeksiyon vasıtalarıdır.

Brom daha ziyade küçük çapta, örneğin yüzme havuzlarında, iyot ise çeşmelerde kullanılabilir. Yine bazı yerleşim bölgelerinde florun diş çürümelerine karşı etkisinden dolayı suya az miktarda flor veya türevi katılır. Potasyum permanganat ve diğer yükseltgenlerin kullanımları maliyetleri nedeniyle daha azdır.

Ozon özellikle suda koku giderici olarak olumlu etki yapar, aynı zamanda renk de giderir.

Ozon daha çok şişe suları gibi içme sularının dezenfeksiyonunda yaygın kullanılır.

Hidrokarbon içeren sularda sağlığa zararlı klorlu hidrokarbon oluşumuna neden olduğundan klorlama uygun değildir. Böyle sularda ozon kullanımı zorunludur.

Ozon özel elektrikli düzeneikle üretilir. Son yıllarda klorlamanın yerini alması önerilmektedir.

2) Metal İyonları: Gümüş ve iyonları (AgCl , $\text{Na}[\text{AgCl}_2]$, Ag_2SO_4) çok küçük derişimlerde dahi dezenfeksiyon etkisine sahiptir. Ancak gümüş pahalı olduğu için ekonomik değildir ve yalnız özel amaçlı (konservecilik gibi) kullanılır. Bakır iyonlarının bakteriler üzerinde etkisinin zayıf olmasına rağmen, yosunlar üzerine etkileri oldukça fazladır.

3) Bazlar ve Asitler: pH' sı çok yüksek ve çok düşük sular hastalık yapıcı bakterilerin yaşamasına izin vermezler. Örneğin suyun kireçle yumuşatılmasında oluşan baziklik, mikroorganizmaların tamamen giderilmesini de sağlar.

4) Yüzey aktif maddeler: Deterjanlar dezenfeksiyon etkisine sahiptirler. Bundan yıkama işleri esnasında yararlanılır.

Dezenfeksiyon vasıtaları ile daha çok bakteriler, protozoerler (tek hücreli canlılar) ve Virüsler gibi mikroorganizmalar giderilir. Bu işlem için mg/l düzeyinde serbest klor ihtiyacı duyulduğundan, dezenfekte edilmiş suların canlılar üzerinde olumsuz etkisi yoktur.

Dezenfeksiyonun en genel anlamda temeli, dezenfektan maddelerin canlı hücrelerin metabolik olaylarında çok önemli rol oynayan enzimlerle reaksiyona girerek, hücrenin canlı kalması için en gerekli maddelerin aktivitelerini kaybettirmeleri ile hücrelerin tahribi esasına dayanır. Klor ve bileşikleri ile yapılan dezenfeksiyon işlemi bu yolla açıklanabileceği gibi, örneğin suyun dezenfeksiyon için ısıtma işlemi uygulandığında hücrenin tahribi protoplazmanın (hücrede çekirdek ile zar arasındaki kısım) içindeki maddelerin ısı etkisi ile koagüle olması ile açıklanabilir.

Dezenfeksiyon üzerinde etkili başlıca faktörler:

Giderilecek organizmanın cinsi ve sudaki derişimi
Uygulanacak dezenfektan maddenin türü ve derişimi

Dezenfekte edilecek suyun türü: Suda bulunan süspansiyon halindeki maddeler canlı organizmaları dezenfektan maddelerin etkisine karşı korurlar. Organik maddeler yükseltgen dezenfektan maddeleri kendi yükseltgenmeleri için harcarlar. Diğer bazı maddeler de dezenfektan maddelerle tepkimye girip yapılarını değıştirirler.

Suyun Sıcaklığı: Sıcaklık yükseldikçe dezenfeksiyon hızı ve dezenfeksiyonun aktifliği artar.

Temas Süresi: Süre arttıkça suyun dezenfeksiyon oranı artar. Verilen bir sıcaklıkta belirli bir mikro organizma türü için, dezenfeksiyon süresi işlemin etkinliğini belirler.

3. Klor ve Bileşikleri ile Dezenfeksiyon

Klor ve bileşikleri ile suyun dezenfeksiyonu ekonomik olması ve kolay uygulanması nedeniyle diğer dezenfeksiyon yöntemlerinden daha çok kullanılmaktadır. Klor ve bileşikleri suya katıldığı zaman suda hangi gruplar oluşur?

1. HOCl (hipokloröz asidi) ve OCl⁻ (hipoklorit anyonu) ve elementel Cl₂

Suda bu üç türün dağılma oranı suyun pH' sına bağlıdır.

2. Monokloramin (NH_2Cl), dikloramin (NHCl_2) ve azot triklorür (NCl_3)

Bunların oluşumu suda bulunan organik bileşiklerdeki azot ile veya suya katılan amonyak ile olur. Suda bulunma oranları pH' a bağlıdır.

3. Kompleks Organik Kloraminler

Suda bulunan klor miktarı, genellikle spektrofotometrik olarak (o-toluidin-Arsenit / OTA) deneyi ile tayin edilir. Klor ve bileşiklerinin sudaki tepkimeleri iki grupta toplanır.

a. Organik ve mineral maddelerin yükseltgenmesi

Suya eklenen klor ve bileşiklerinin büyük bir kısmı suda bulunan organik ve anorganik (Fe^{2+} , Mn^{2+} , H_2S v.b. gibi) grupların yükseltgenmesi için harcanır. 20°C 'de yaklaşık 10 dk. da bu tepkimenin % 90' ı tamamlanmış olur. Bunun için harcanan klor "gerekli klor miktarı" olarak tanımlanır. Bu klor miktarının büyük kısmı anorganik maddelerin yükseltgenmesi için kullanılırken, organik maddeler için gerekli klor miktarı daha azdır. Hidrokarbonla zararlı bileşikler oluşturduğundan klorlama sakıncalı olur.

b. Bakteriler üzerine etki

Klorlamadan sonra 10 dk 'lık bir temas süresi sonunda kalan klor miktarı bakterilerin dezenfeksiyonunu sağlar.

3.1. Klorlama Teknikleri

Klorlama teknikleri direk, indirek ve aşırı klorlama şeklindedir.

Direk Klor Gazı ile Dezenfeksiyon: Klor gazının dezenfekte edilecek suya doğrudan doğruya verilmesi, klorun suya güç difüzlenmesi, soğukta difüzörlerin etrafında Klorhidrat kristal ($\text{Cl}_2\text{H}_2\text{O}$) oluşumu ve diğer taraftan çözünmüş gazın boru ve vanaları aşındırması nedeniyle çok fazla uygulama bulmaz. Klorun çözelti halinde uygulanmasına göre pahalıdır.

2. Klorun sulu çözelti halinde uygulanması, İndirekt Klorlama Tekniği

Klorun çözelti halinde, suya iyi bir karışmanın olabileceği uygun bir şekilde uygulanması ile en uygun dezenfeksiyon sağlanır. Direkt ve indirekt klorlamada dikkat edilecek nokta klorun suyla homojen karışmasının sağlanmasıdır.

3. Aşırı Klorlama

Suya dezenfeksiyon için gerekli klorun aşırısının eklenerek, sonrada aşırı kloru uygun metotlarla gidermek esasına dayanır. Kısa sürede dezenfeksiyon sağlanmış olur.

Normal sularda gerekli klor miktarı 0.1-0.3 mg/l 'dir ve klorlamadan sonra geriye kalan klor miktarı 0.05-0.1 mg/l dir. Klorun aşırısının tadı sodyum sülfid ilavesiyle giderilir. Yüksek miktarlar sağlığa zararlıdır. Bir suyun klor sarfiyatı hakkında fikir edinmek için suyun yükseltgenme kapasitesi (örneğin KMnO_4 ile) veya klor indisi tayin edilir. Klor gazı suya eklenince aşağıdaki dengelere göre iyonlaşma ve hidroliz olur.



$$K_n = [\text{HOCl}] [\text{H}_3\text{O}^+] [\text{Cl}^-] / [\text{Cl}_2] \quad (1)$$



$$K_i = [\text{OCl}^-] [\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{HOCl}]$$

$$[\text{OCl}^-] / [\text{HOCl}] = K_i / [\text{H}_3\text{O}^+] \quad (2)$$

(2) numaralı denklemden görüldüğü gibi hidrojen iyonu derişimi azaldığında (özellikle $\text{pH} > 3$) OCl^- miktarı artar. Ortam ne kadar asidik ise HOCl o kadar yüksektir. Sudaki mevcut bakterilerin % 99 'unu gidermek için gerekli etkin serbest klor miktarı değişik pH 'larda farklıdır. Küçük pH 'larda bu miktar çok azalır. Küçük pH 'larda denge HOCl 'nın lehinde olduğundan HOCl 'nin dezenfektan etkisinin çok büyük olduğu görülmektedir. Zira HOCl 'nin dezenfektan etkisi OCl^- 'nin dezenfektan etkisinin yaklaşık 100 katıdır.

Aşırı klorlamadan sonra klor fazlasını gidermek için NaHSO_3 , Na_2SO_3 ve $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ile SO_2 ve aktif kömür kullanılır. Bunlardan en çok uygulanan, daha kararlı ve ekonomik olması nedeniyle NaHSO_3 'dür. Bu maddeler ile klor arasındaki tepkimeler:



Aktif kömürden süzme sudaki klor fazlasını giderdiği gibi, aynı zamanda, sudaki kötü koku ve lezzeti gidererek suyu tortu ve mikro organizmalardan da kurtarır. Aktif kömür tabakasından geçen suyun, klor derişimi ile aktif kömür tabakasının kalınlığı arasındaki ilişki

$$\log \frac{C_a}{C} = k.I$$

ifadesi ile verilebilir.

C_a : Başlangıç Cl_2 derişimi

I : aktif kömür tabakasının kalınlığı

C : kömür tabakasından geçen suyun klor derişimi

K : sabit

Klorlanmış sularda geriye kalan kokunun başlıca iki sebebi olabilir :

a. Klor ve hipoklorit asidi kokusu veya klor bileşiklerinin kokusu

b. Organik maddelerin klor bileşiklerinin kokusu. Bazı hayvansal ve bitkisel maddelerin klor bileşikleri genellikle uçucu olduklarından havalandırma ile giderilebilirler. Fenol ve kresol gibi bazı maddelerin klor bileşikleri ise uçucu olmadıklarından havalandırma ile giderilemedikleri gibi, aşırı klor gönderilip yükseltgenme ile de uzaklaştırılamazlar.

3.2. Klor Bileşikleri ile Suyun Dezenfeksiyonu

Kireç Kaymağı ile Dezenfeksiyon: Kireç kaymağının bileşimi şu şekilde verilebilir:



Kireç kaymağı su çekici olup ve yaklaşık % 25-35 etkin klor içerir ve bunuda zamanla kaybeder. İçindeki $\text{Ca}(\text{OH})_2$ gibi güç çözünen kalsiyum bileşiği nedeniyle suda çamur oluşturur. Suda hidroliz olarak hipoklorit ve mevcut CO_2 ile hipokloröz asidi ve bikarbonat oluşturur. Kireç kaymağından suda çamur oluşumu zamanla etkin klor miktarının azalması gibi nedenlerle kullanılır.

Ham sulara ise m^3 başına 1-2 g, filtrasyon işlemi uygulanmamış sular için 4-5 g kireç kaymağı gereklidir.

Fazla kireç kaymağını uzaklaştırmak için sodyum tiyosülfat, hidrojen peroksit ve sodyum perborat kullanılır.

Kireç kaymağının bakteriyolojik etkisi bozunmasından oluşan aktif oksijenden ileri gelir. Kireç kaymağı amonyaklandırıldığında, yükseltgen özelliğinden ileri gelen ağartma özelliği kaybolurken, bakteriyolojik etkisi artar. Kireç kaymağının FeCl_3 ile birlikte kullanıldığında tekniğe “ferroklor tekniği” denir. Bu teknikle dezenfeksiyonla birlikte, sudaki koloidal maddeler de kısmen uzaklaştırılır.



Diğer bazı hipokloritler de çok sınırlı olarak dezenfektan madde olarak kullanılırlar.

Kloraminler ile Dezenfeksiyon:

Klorun suda azot bileşikleri ile oluşturduğu en önemli tepkime, hipoklorit asidinin amonyak ile verdiği tepkimesidir.



olduğu zaman monoklor aminler başlıca üründür.

İçme, kullanma sularına sıra ile klor ve amonyak katmakla klor aminlerin oluşumu sağlanır. Bu teknikle, suya amonyağın sulu çözeltisi veya amin tuzları ve sonra da klor katılır. NH_3 'ün Cl_2 'ye oranı, bir kısım amonyağa karşı 2-10 kısım Cl_2 arasında değişir. Oluşan kloraminlerin türü, yukarıda belirtildiği gibi suyun pH 'sına ve Cl_2 miktarına bağlıdır.

pH = 5.0 – 8.5 arasında mono ve dikloramin, pH < 7 ise daha fazla dikloramin oluşur. En iyi dezenfektan etkisi ise pH < 7 olan sularda görülür. Kloraminler karşılık geldikleri daha aktif yükseltgeyici maddelerin bakteriyolojik etkilerine rağmen büyük bir dezenfektan özelliği gösterirler. Klor aminlerin etki süresi klordan uzundur (2 saatten fazla). Kloraminler ile dezenfeksiyon sınırlı kullanılır. Üstün yanı etkisinin daha uzun süre devam etmesidir.

4. Ozon ile Dezenfeksiyon

Ozon (O_3) kuvvetli bir yükseltgen maddedir. Ozon karşısında yükseltgenebilen maddelere atom halinde oksijen vererek bunları yükseltger.

Suyun ozon ile dezenfeksiyonunda en önemli üstünlük, dezenfeksiyondan sonra geriye suyun özelliklerini bozacak artık kalmamasıdır. Suyun dezenfeksiyonu için 1- 4 mg/l ozon gereklidir ve 10-15 dakikalık bir temas süresi yeterdir. Ozon ile suyun koku ve tadında iyileşmeler gözlenir. Ozonlamada iki önemli dezavantaj, uygulamanın pahalı olması ve ozonun kararlılık problemidir.

Elektrik enerjisinin ucuz olduğu ÷lkelerde ekonomik bir şekilde kullanılabilir. pH arttıkça ozonun kararsızlığı da artmaktadır. Ozonlama ile virüsleri öldürme klorlamadan daha etkindir. Ozonlama ile atık olarak suya yalnızca oksijen bırakılır. Ozon ile dezenfeksiyon yapılacağı zaman, suda bulunan demir ve organik tortu maddelerinin, yükseltgenmelerinden dolayı fazla ozon harcanmasına sebep olacaklarından daha önce sudan uzaklaştırılmaları gereklidir.

5. Diğer Dezenfeksiyon Teknikleri

Yoğun olarak kullanılmamakla birlikte suların dezenfeksiyonunda klorlama ve ozonlama dışında başka yöntemlerde vardır. Bunlar :

5.1. Katadin Tekniği

Katadin tekniği gümüşün oligodinamik etkisine dayanır. Bu etki parlak gümüş gibi metal kapların içindeki suyun yosunlanmaması ve bu tür kaplarda destillenen sularda mikrop ürememesi olarak tanımlanır. Az miktarda gümüş ve bakır iyonlarının sulardaki zararlı organizmaları öldürücü etkilerine dayanır. Bu metotta kum ve çakıl taşı gibi maddeler ince gümüş ve bakır tabakası ile örtülür ve bunlar bir kulenin içine doldurulur. Su bu maddelerle belli bir süre temas ettirilir. Ag ve Cu iyonlarının sudaki mikropları öldürecek derişime çıkmaları için belli süre beklenilmelidir.

Bu süre suyun türüne ve bakteri miktarına bağlıdır. Suyun pH 'sı, sıcaklığı ve kolloid madde miktarı, dezenfeksiyon üzerinde etkilidir. Temas süresinin uzun olması, geniş yer ve fazla gümüş gerektirmesi bu metodu pahalı kılar.

Katadin tekniğinin geliştirilmesiyle ortaya konan teknik "elektro katadin tekniği" olarak bilinir. Gümüş elektrotlarının bulunduğu bir kaba dezenfekte edilecek su akıtılır. Elektrotlara 1.5-2 voltluk sürekli bir elektrik akımı uygulanır. Uygulması kolay olduğundan özellikle saf suya gereksinimi olan yerlerde su bu teknikle dezenfekte edilebilir. Enerji ve gümüş harcanması azdır, suyun özellikleri pH 'sı iyi sonuç almada ve verim üzerinde etkilidir.

5.2. Ultraviyole Işıklar ile Dezenfeksiyon

Güneş ışınlarının (ultraviyole ışınlar) bakterileri yok edici etkisinden suların dezenfeksiyonu için faydalanılabilir. Cıva lambaları gibi ultraviyole ışın yayan lambaların bulunduğu cihazlar suların dezenfeksiyonu için kullanılmaktadır. Pahalı olmasından dolayı sınırlıdır.