

İçme Sularının Dezenfeksiyonunda Kullanılan Metotlar ve Uygun Metotun Seçimi

Doç. Dr. Sami ÖZÇELİK

Selçuk Üniv. Ziraat Fakültesi Tarım Ürün. Tek. Bölümü — KONYA

ÖZET

İçme sularının dezenfekte edilmesinin amacı, su ile geçen hastalıklara sebep olan patojen mikroorganizmaları öldürmektir.

Kişisel tüketim için, az miktardaki içme suyu, bakteri filitrelerinden süzülerek veya kaynatılarak (10 - 20 dak.) dezenfekte edilebilir. İçme suları genel olarak, klor ve kloraminler (0.1 - 1.0 mg/l), ozon (0.1 - 0.5 mg/l), klor dioksit (0.3 - 0.5 mg/l), iyot (0.5 - 1.0 mg/l), brom (0.2 - 0.3 mg/l), ferratlar (1.2 - 6.0 mg/l),

yüksek pH şartları (10.0 - 12.5), hidrojen peroksit (30 - 90 mg/l), iyonize radyasyon (24.000 - 420.000 rad), potasyum permanganat (1.0 - 16.0 mg/l), gümüş ve bileşikleri (0.02 - 0.06 mg/l) ve ultra - viyole (UV) ışınları (240 - 280 nm, 160 - 1300 μ W. san/cm²) uygulanarak dezenfekte edilmektedir.

Mikroorganizmalara etkisi, maliyeti ve uygulama kolaylığı bakımından, içme suyu dezenfeksiyonu için en uygun dezenfektan maddeler, klor, ozon ve klor dioksit'tir.

DISINFECTION METHODS FOR DRINKING WATER AND SELECTION OF SUITABLE METHOD

Summary

The aim of disinfection of public water supplies is the elimination of the pathogens that are responsible for waterborne diseases.

Little amount of water for personal consume can be disinfected by filtration or boiling (10 - 20 min.). In general, drinking water is disinfected by chlorine and chloramines (0.1 - 1.0 mg/l), ozone (0.1 - 0.5 mg/l), chlorine dioxide (0.3 - 0.5 mg/l), iodine (0.5 - 1.0 mg/l), bromine (0.2 - 0.3 mg/l), ferrates (1.2 - 6.0

mg/l), high pH conditions (10.0 - 12.5), hydrogen peroxide (30 - 90 mg/l), ionizing radiation (24.000 - 420.000 rads), potassium permanganate (1.0 - 16.0 mg/l), silver (0.02 - 0.06 mg/l), and ultraviolet (UV) light (240 - 280 nm, 160 - 1300 μ W. sec/cm²).

According to efficacy against microorganisms, cost and applicability, the most suitable disinfectants for drinking water are chlorine, ozone and chlorine dioxide.

1. GİRİŞ

İçme suyu, insan beslenmesinde en önemli yeri almaktadır. Bu sebeple, berrak, renksiz olmalı, yabancı koku ve tad ihtiva etmemelidir. Uygun sıcaklık 8° - 12°C olup, kaynak ve içme - kullanma sularına göre pH değeri sırasıyla 6.5 - 8.5 ve 6.5 - 9.2 olmalı, toplam sertliği 10 ve 50 Fransız derecesini geçmemelidir (5).

İçme suyu, hiçbir patojen (hastalık yapan) mikroorganizma ihtiva etmemelidir. İçme suyunun 100 ml'sinde koliform bakteri (**Escherichia**, **Enterobacter**, **Citrobacter** ve **Klebsiella**) bulunmamalı, 1 ml'sindeki toplam bakteri sa-

yısı kaynak ve içme - kullanma sularına göre sırasıyla, 50 ve 500 den fazla olmamalıdır (5).

Kirlenmiş içme suyu tifo, paratifo, kolera, ishal, dizanteri, amipli dizanteri, epidemik sarılık, çocuk felci, leptospiroz, Weil hastalığı v.b. hastalıkların mikropları ile, barsak solucanı ve kurtları gibi parazitlerin yumurtalarını taşıyabilmektedir (22).

İçme sularının dezenfekte edilmesinin (dezenfeksiyon'un) amacı, su ile geçen hastalıklara sebep olan patojen mikroorganizmaları öldürmektir (1, 2, 4, 22).

Klorlanan içme sularında, sudaki organik maddelerin klor ile birleşerek kanserojen olan

trihalometan (THM)'ları ve diğer halojenlenmiş hidrokarbonları oluşturduğu, 1974 yılından sonra, özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan çalışmalarla bulunmuştur (11). Bunun sonucu, dezenfeksiyon metodlarının yeniden gözden geçirilmesi gereği duyulmuştur (4).

Dezenfeksiyon için, uygulanacak uygun metot ve dezenfektan maddenin (dezenfektan'ın) seçimi aşağıdaki faktörlere bağlıdır (1, 4, 18).

1. Dezenfeksiyonun sudaki patojen bakteri, virus, protozoa, kurt v.b. lerine karşı etkisi,
2. Metodun uygulanma kolaylığı ve kontrol edilme güvenilirliği,
3. Su sisteminde istenmeyen yan ürünler oluşturması,
4. Suyun estetik kalitesine etkisi,
5. Metodun uygulanma teknolojisinin bulunup bulunmaması ve
6. Ekonomik faktörler.

Etkili bir dezenfeksiyon için, aşağıdaki hususların bilinmesi gerekmektedir (1, 2, 4, 18).

1.1. Ham Su Kalitesi

Patojenlerden başka, sudaki organik ve inorganik moleküller, partiküller, omurgasız canlılar ve benzerleri, dezenfektan ile reaksiyona girerek, suyun dezenfektan ihtiyacını artırır, dezenfeksiyon işlemini engeller veya istenmeyen yan ürünler oluştururlar (4).

Sudaki kil, silt ve organik maddeler mikroorganizmaları adsorbe veya absorbe ederek, onların dezenfektan ile temaslarını fiziksel olarak engellerler. Mikroorganizmalar da birbirleri ile agregat veya küme oluştururlar. Bu sebeple, dezenfeksiyondan önce katı maddeler ayrılmalıdır.

Ham içme suyu, çöktürme ve süzme yoluyla berraklaştırılır. İstenmeyen çözünmüş maddeler ise, çökeltme, adsorbsiyon, havalandırma ve kimyasal madde ilavesiyle ayrılır (4).

Belirtilen işlemler sonucu, sudaki mikroorganizmalar, organik ve inorganik parçacıklar fiziksel olarak ayrılmış ve suyun dezenfektan

ihtiyacı azaltılmış olur. Ayrıca, dezenfektan ile organik maddelerin, istenmeyen yan ürünler oluşturması da engellenmiş olur (1, 4, 18).

1.2. İndikatör ve Dezenfeksiyon Model Mikroorganizmalar :

İçme sularında fekal kirlenmeyi gösteren «indikatör mikroorganizmalar», başta koliform bakteriler olmak üzere, mezofil ve termofil mikroorganizmalar, *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa*, enterokoklar (*Streptococcus faecium*), *Clostridium perfringens*, enteroviruslar ve bakteriyofajlardır (22).

Dezenfektan madde ve dezenfeksiyon metodunun tesirini belirlemek için, laboratuvarlarda model mikroorganizmalar kullanılmaktadır. Patojen olmayan bu mikroorganizmalar, patojenlerin benzerleri olup, dezenfektanlara karşı duyarlılıkları patojenler gibidir. Koliform grubu bakteriler, özellikle *Escherichia coli* hem indikatör, hem de enterik patojenler için dezenfeksiyon model mikroorganizma olarak başarıyla kullanılmaktadır. *E. coli* virusları, enterik viruslar için dezenfeksiyon model mikroorganizmalardır. Protozoa sistleri için kabul edilmiş bir dezenfeksiyon model mikroorganizma yoktur. Denemelerde, ergin patojenler veya sistleri kullanılmaktadır (4).

Dezenfektan maddelere karşı, tabii ortamlarında geliştirilen suşlara göre, daha dayanıklı bulunmuştur (14).

1.3. Dezenfektan Maddenin Uygulanması

Etkili bir dezenfeksiyon için, dezenfektan madde suya iyice karıştırılmalıdır. Radyasyon ile dezenfeksiyonda ise, su iyice karıştırılmıştır (1, 4).

Kimyasal bir dezenfektan ile mikrobiyal inaktivasyona ulaşmak için kalıntı (rezüdi), su da bir süre bulunmalıdır. Kalıntının miktar ve yapısı, temas süresiyle birlikte, dezenfeksiyonda etkilidir. Etkili dezenfeksiyon için gerekli olan doz ve kalıntı, tüketici sağlığına zarar vermemeli ve suyun estetik kalitesini de bozmalıdır (4).

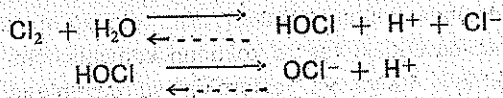
2. DEZENFEKTAN MADDELER VE DEZENFEKSİYON METODLARI

İçme sularının dezenfeksiyonunda, kullanı-

lacak dezenfektan madde miktarı (dozu) ve dezenfeksiyon metodunun etkisi, mikroorganizma türü, suyun sıcaklık ve pH'sı, temas süresi, sudaki çözülmüş organik ve inorganik maddelerin miktarına bağlıdır (1, 4, 18, 22).

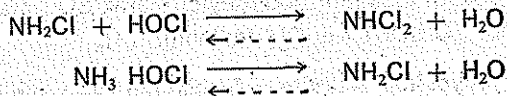
2.1. Klor ve Kloraminler

Oda sıcaklığında yeşil - sarı renkli gaz halinde olan klor, kuvvetli oksitleyici bir dezenfektandır. İçme suyu dezenfeksiyonu için 60 yıldır kullanılmaktadır. İlk defa, sodyum hipoklorit (NaOCl) şeklinde 1908 de New Jersey'de kullanılmıştır (1, 4, 18,22). Klor suda aşağıdaki şekilde iyonlaşır (4).



Hipoklorik asit (HOCl), pH ve sıcaklığa bağlı olarak iyonlaşır. pH 5'de % 100 HOCl, pH 10'da % 100 hipoklorit iyonları (OCl⁻) oluşur (1, 4).

Hipoklorik asit, sudaki amonyak (NH₃) ile reaksiyona girerek, inorganik kloraminleri oluşturur. Yeterli kloramin oluşması için, bazen suya NH₃ ilave edilir.



Amonyak ve klor 1 : 1 molar oranında, pH 5 ve altında dikloramin (NCl₂); pH 9 ve üstünde monokloramin (NH₂Cl) fazladır. İnorganik kloraminler, dezenfektan olarak HOCl ve OCl⁻ den daha zayıf oksitleyici oldukları için, daha stabildirler (1, 4).

Klor, aminlerle birleşerek, dezenfeksiyon kapasitesi inorganik kloraminlere göre daha az olan (15), organik kloraminleri oluşturur (4).



Dezenfeksiyon özelliğine sahip olan HOCl, OCl⁻ ve kloraminler, SO₃⁻, S⁻, NO₂⁻, Fe⁺⁺ ve Mn⁺⁺ iyonlarını oksitlerler. Oluşan ürünler dezenfeksiyon özelliğine sahip değildir. Suya katılan klorun, dezenfeksiyon özelliğini azaltan organik ve inorganik bileşikler suyun «klor ihtiyacı» belirler. Klor ihtiyacı, uygulanan klor miktarı ile, belirli temas süresi sonunda ölçülen, serbest veya elverişli bileşik - klor mikta-

rı arasındaki farktır. İhtiyaçsız suya ilave edilen, klor dozu ile serbest klor kalıntısı arasında doğrusal bir ilişki vardır. Ancak, pratikte bu durum geçerli değildir. Böyle hallerde, kritik nokta (breakpoint, brechpunkt) klorlaması söz konusudur. Kritik nokta; ölçülebilen serbest, elverişli klor kalıntısını meydana getiren klor dozudur (1, 4).

Biyosidal Aktivite : Feng (15)'e göre, serbest klor ve bileşiklerinin mikroorganizmalara etki sırası; Cl₂ > HOCl > OCl⁻ > NHCl₂ > NH₂Cl > R - NHCl şeklindedir. Scarpino ve arkadaşları (26), 1.0 mg/l hipoklorik asitin 5°C de, pH 6.0 da, 10 saniyeden az süre içinde; 1.0 mg/l hipoklorit iyonlarının pH 10.0 da 50 saniyede *E. coli*'yi % 99 oranında öldürdüğünü bulmuşlardır.

Chang (9), 25°C de 10 dakikada, enterik bakterileri % 99.99 oranında öldürmek için 4 mg/l monokloramin ve 1.2 mg/l dikloramin gerektiğini hesaplamıştır.

Virusların, serbest klor (HOCl ve OCl⁻) ve kloraminlere karşı, bakterilerden daha dayanıklı oldukları bulunmuştur (26). Chang (9), enterovirusları 25°C de 10 dak. içinde % 99.99 oranında inaktive etmek için 5.0 mg/l dikloramin veya 20.0 mg/l monokloramin tavsiye etmiştir.

Stringer ve ark. (29), 2 mg/l serbest klor dozunun pH 6.0 da, temiz sudaki protozoa sistelerini 15 dak. da % 99.9 oranında inaktive ettiğini, pH 8.0 de % 99 luk inaktivasyon için 60 dakikalık temas süresinin gerektiğini bulmuşlardır. Aynı çalışmada, berraklaştırılmış kanalizasyon suyunda, pH 8.0 de 13.7 mg/l klor dozunun sistisit olarak etkisiz olduğu bulunmuştur.

Etki Mekanizması : Klor, bakterilerde sitoplazma zarının yapısını ve biyokimyasal aktivitesini bozmaktadır. Bunun sonucu, hücre muhtevası ortama geçmektedir. Solunum enzimlerinin oluşumunu engelliyerek O₂ alımını ve oksidatif fosforilasyonu durdurmaktadır. Çalışmalarda, klorun bakterilerde solunumu, protein ve DNA sentezini engellediği bulunmuştur (4).

Klor, viruslardaki kapsit proteinini bozmaktadır. Protein denatürasyonu, enzimatik R - S - H bağlarını parçalamaktan daha zor olduğu için, virusları inaktive etmek için daha çok klor gereklidir. Ayrıca, klorun viruslarda nükleik asitlerin yapısını da bozduğu gözlenmiştir (4).

Sonuç : İçme suyu dezenfeksiyonu için, en çok klor kullanılmaktadır. 0.1 - 0.2 mg/l klor dozu, 15 - 30 dak. da *E. coli* ve *Salmonella typhi* suşlarını % 99.9 oranında öldürmektedir. Viruslara karşı, serbest klor bileşikleri kloraminlere göre daha etkilidir (1, 4, 18, 22).

2.2. Ozon (O₃)

Ozon, açık mavi gaz halindedir. Organik ve inorganik bileşiklerle hızla reaksiyona giren, kuvvetli bir oksitleyicidir. Suda oksijenden 13 kat daha fazla çözünür. Temiz kuru hava veya oksijenin elektrik arkından geçirilmesiyle elde edilir. Stabil olmadığı için kullanılacağı yerde üretilmelidir (1, 4).

Üretimi için gerekli elektrik enerjisi, hava kullanılırsa 13 - 22 kWh/kg, O₂ kullanılırsa 7 - 11 kWh/kg ozon olarak verilmektedir. İçme suyu dezenfeksiyonu için 1906 dan beri kullanılmaktadır (4).

Ozon suda çözünür ve hidroksil (OH), hidroperoksil (HO₂), oksit (O-), ozonid (O₃-) kökleri ve muhtemelen serbest oksijen atomu (O) halinde bulunur (4).

Biyosidal Aktivite : *E. coli* ihtiva eden (5.10⁵/ml) tamponlanmış suda, 0.1 mg/l ozon kalıntısı ile pH 6 ve 10 da % 99 luk inaktivasyon için, sırasıyla 16.5 ve 21 saniyelik etki süresinin gerektiği ölçülmüştür (25).

Katzenelson ve ark. (17), poliovirus 1 in 5°C de pH 7.2 de % 99 luk inaktivasyonu için 0.3 mg/l ozon konsantrasyonunda 8 san. den daha kısa temas süresinin yeterli olduğunu bulmuşlardır.

Newton ve Jones (23), 0.3 mg/l ozon konsantrasyonunun 5 dak. da *Entamoeba histolytica* sistlerini % 98 - 99 oranında inaktive ettiğini bulmuşlardır.

Etki Mekanizması : Ozon'un, bakterilerde (*E. coli*) hücre duvarı ve sitoplazma zarındaki

yağ asitlerinin çifte bağlarını parçaladığı ve zar geçirgenliğini bozduğu, viruslarda (poliovirus 2) protein kapsidi parçaladığı bulunmuştur (4).

Özet ve Sonuç : Ozon'un etkisinde pH 6.0 - 8.5 arasında değişme olmamaktadır. Ozon, NH₃ ile birleşmez. Ozon'un yarı hayat süresi kısa olduğu için, sisteme başka bir dezenfektan ilave edilmelidir. Üretimi için fazla enerji gerekli olmakla beraber, iyi bir dezenfektandır (1, 4).

2.3. Klor Dioksit (ClO₂)

Klor dioksit ilk defa 1811 de hazırlanmıştır. Kağıt hamuru, un, yağ ve mumların ağartılmasında kullanılmaktadır. Klor dioksit'in Amerika'da sudaki tat ve kokunun kontrolü için, İngiltere, İtalya ve İsviçre'de su dezenfeksiyonunda kullanıldığı belirtilmektedir (4).

Klor dioksit, sudaki organik ve inorganik maddeler ile reaksiyona girer. Klor ile bulaşık değil ve klordan elde edilmemiş ise, suda THM ları oluşturmaz. NH₃ ile reaksiyona girmez, diğer aminler ile reaksiyona girer (4).

Klor dioksit üretiminde, sodyum klorat (NaClO₃), sodyum klorit (NaClO₂), Cl₂, NaCl ve NaOCl kullanılır. İndirgeyici olarak SO₂, metanol (CH₃OH) ve Cl⁻ kullanılır (4).

Biyosidal Aktivite : *E. coli*'nin, 0.25 mg/l dozdaki klor dioksit ile % 99 oranında inaktivasyonu için 5°, 10°, 20° ve 30°C de, sırasıyla 190, 74, 41 ve 16 san. lik temas süresi gerektiği bulunmuştur (6).

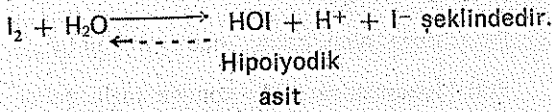
Cronier (13), poliovirus 1 ve coxsackievirus A9'un *E. coli*'den daha dayanıklı olduğunu bulmuştur. Yüksek pH da, virusun etkisi daha yüksek bulunmuştur.

Etki Mekanizması : Klor dioksidin hücre duvarında adsorbe edildiği, hücre içine geçen klor dioksidin sülfhidril grubu ihtiva eden enzimleri bozduğu, hücredeki enzim faaliyetine etki ettiği ve protein sentezini durdurduğu bulunmuştur (4).

Sonuç : Klor dioksit, iyi bir bakterisit ve virusit'tir. Sağlığa etkisi bakımından, bilinmeyen yönleri sebebiyle maksimum konsantrasyon 1 mg/l olarak belirlenmiştir (4).

2.4. İyot (I)

İyot antiseptik olarak, deri yaralanmaları ve mukoza yüzeyleri için eskiden beri kullanılmaktadır. Oda sıcaklığında katı olan, suda en az çözünen, en düşük oksitleme potansiyeline sahip olan ve organik madde ile en az reaksiyona giren halojen iyot'tur (4). Suda hidrolizi;



Biyosidal Aktivite : Düşük pH da etki daha fazla olmaktadır. Yüksek pH, 20° - 26°C de % 99.9 luk bakteriyel inaktivasyon için 1 mg/l den az konsantrasyon yeterli olmaktadır (8).

Cramer ve ark. (12), virusların, vejetatif bakteri şekillerine göre daha dayanıklı olduğunu belirtmektedir.

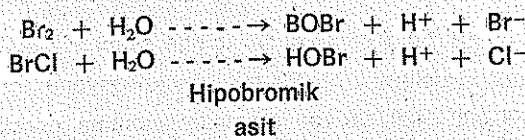
Düşük pH da (pH < 4.0), iyot çok iyi bir sistisittir (29).

Etki Mekanizması : İyot, protein yapısındaki vital amino asitlerle reaksiyona girmektedir. Viruslarda protein yapısını değiştirmektedir (4).

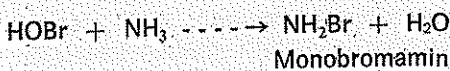
Sonuç : İçme suyu dezenfeksiyonu için, 0.5 - 1.0 mg/l konsantrasyonundaki iyot yeterli olup, sağlığa zararlı yan etkisi yoktur. Fakat, maliyeti, uygulama güçlüğü, yüksek dozun sağlığa zararlı etkileri sebebiyle uygulanması yaygın değildir (1, 4).

2.5. Brom (Br₂)

Brom, dezenfektan olarak suya ilk defa 1935 de sivilleştirilmiş brom olarak uygulanmıştır. Brom klorür (BrCl) gazı veya katı brominatlar halinde de uygulanabileceği belirtilmektedir (4). Suda hidrolizi;



şeklindedir. Brom ve brom klorür, nitrojenli bileşiklerle kombine bromür ve bromaminleri oluşturur (4).



Brom, bromca zengin (% 0.05-0.6) çözeltilerin, klor ile oksitlenmesi sonucu elde edilir (4).

Biyosidal Aktivite : *E. coli*'yi 0.15 mg/l *S. typhi*'yi 0.6 mg/l oranındaki hipobromik asit, 30 dak. da tamamen öldürmektedir. *Bacillus subtilis* sporlarının aynı sürede tamamen öldürülmesi için 150 mg/l den fazla brom gereklidir (30).

Taylor ve Johnson (31), ØX 174 *E. coli* fajının 0°C de % 99 luk inaktivasyonu için, 0.32 mg/l hipobromik asit gerektiğini, moleküler bromun hipobromik aside göre 3 kat daha etkili olduğunu bulmuşlardır.

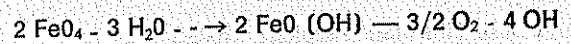
E. histolytica sistlerini pH 4.0 ve 10 dakikada % 99.9 oranında öldürmek için 1.5 mg/l brom, 2 mg/l klor ve 5 mg/l iyot gerekmiştir. pH 10 da aynı sonuç için 4 mg/l brom, 12 mg/l klor ve 20 mg/l iyot gerekmiştir (29).

Etki Mekanizması : Klora benzemektedir. Bakteri sporlarını öldürme sırası; klor, brom, iyot şeklindedir. Bu durum, oksidasyon potansiyelinin fazlalığına molekül ağırlığının azlığı ile ilgilidir. Brom, viral RNA ve protein kılıfa etki etmektedir (4).

Özet ve Sonuç : Brom, etkili bir bakterisit ve virusittir. Amonyak varlığında, klordan daha etkilidir. Sistisit olarak da oldukça etkilidir. Geniş pH aralığında etkilidir. En büyük dezavantajı, amonyak ve diğer aminlerin varlığında etkisini kaybetmesidir (1, 4).

2.6. Ferratlar

Ferratlar, ferrik asidin (H₂FeO₄) tuzları olup, 19. yüzyılın oftalarında sentez edilmiş, kuvvetli oksitleyici bileşiklerdir. Potasyum ferrat (K₂FeO₄) suda stabil değildir (4).



Biyosidal Aktivite : *Salmonella typhimurium* ve *Shigella flexneri*'nin pH 8.0 de % 99 luk inaktivasyonu için, sırasıyla 12 mg/l ve 60 mg/l konsantrasyon, 5 ve 15 dakikalık etki süresi gerekmiştir (32).

Viruslara karşı etkileri, pH ya oldukça bağlıdır. Bakteriyel RNA f2 virusunun % 99 luk inaktivasyonu için pH 6.0 da 1.2 mg/l doz ve 4 dakikalık etki süresi, pH 8.0 de 13 dak.lık etki süresi gerekmiştir (32).

Etki mekanizması : Ferratların etki mekanizması hakkında, şimdilik fazla bilgi yoktur.

Sonuç : Ferratların biyosidal etkisi, kloraminler gibidir. Virusit olarak daha etkilidir. Diğer dezenfektanlarla beraber, koagüle edici ve dezenfektan olarak kullanılabilir (4).

2.7. Yüksek pH Şartları

Su sertliğine sebep olan Ca^{++} ve Mg^{++} iyonlarının çöktürülerek ayrılmasıyla yüksek pH sağlanır. $Ca(OH)_2$ ve NaOH hidroksit kaynağı olarak kullanılır. Yüksek pH'nın biyosidal etkisi 1940 yılından beri bilinmektedir (4).

Biyosidal Aktivite : pH yükselince karbonatlar, oksitler ve hidroksitler çökler. Çökelen bileşikler, mikroorganizmaları adsorbe ve koagüle ederler (4).

Riehl ve ark. (24), *E. coli*'nin destile suda % 95 lik inaktivasyonu için, 5°C de pH 10.5 da 8 saatlik, 15°C de 2 saatlik ve 25°C de 30 dak. ılık temas süresinin gerektiğini bulmuşlardır.

Sproul (28), 100 mg/l NaCl ihtiva eden suda, 22° - 23°C de poliovirus l'in pH 11.5 da 30 dak. da % 7 sinin, pH 11.9 da aynı sürede % 59 unun, pH 12.5 da 5 dak. da % 99.83 ünün inaktive olduğunu bulmuştur.

Etki Mekanizması : Bakterilere etkisi üzerinde çalışma yoktur. Yüksek pH, viruslarda kapsit yapısının bozulmasını ve RNA'nın ortama geçmesine sebep olmaktadır (4).

Sonuç : Yüksek pH ile dezenfeksiyon mümkündür. Ancak, kullanılmadan önce suyun pH'ı düşürülmelidir. Etki süresi uzundur. Suyun yumuşatılması söz konusu ve biyolojik kalite düşük ise tavsiye edilir (4).

2.8. Hidrojen Peroksit (H_2O_2)

Hidrojen peroksit kuvvetli bir oksitleyicidir. Bir asırdan beri dezenfeksiyon için kullanılmaktadır. Stabil olmaması ve konsantrasyonun hazırlanma güçlüğü, kullanımını sınırlamaktadır. Kirli suların dezenfeksiyonu için kullanılmaktadır (4).

Biyosidal Aktivite : *E. coli*, *S. typhi* ve *Staph. aureus* saf ve karışık kültürleriyle yapılan çalışmada 30 - 60 mg/l H_2O_2 dozu, 10 - 420

dak. ılık etki süresinde bakterileri, % 99 oranında inaktive etmiştir (34).

Mentel ve Schmidt (20), rhinovirus (tip 1A, 1B ve 7)'nin % 1.5 luk konsantrasyonda % 99 luk inaktivasyon için 24 dak. ılık temas süresinin, % 3 lük konsantrasyonda 4 dak. etki süresinin gerektiğini bulmuşlardır.

Parazitlere olan etkisi incelenmemiştir.

Etki Mekanizması : Bu konuda fazla çalışma yapılmamıştır. Hidroksil köklerinin etkili olduğu belirtilmektedir (4).

Sonuç : Yüksek maliyeti ve istenilen sürede dezenfeksiyon için, yüksek konsantrasyon gerektiğinden H_2O_2 , içme suyu için uygun bir dezenfektan değildir (4).

2.9. İyonize Radyasyon

İyonize radyasyon, elektromanyetik veya partikel olabilir. Dezenfeksiyon ve sterilizasyonda kullanılan elektromanyetik radyasyonlar; ultra - viyole (UV), gama ve X - ışınları ile, α ve β partikelleri, nötronlar, mesonlar, pozitronlardır. Suya uygulanmaları 1953 de olmuştur (4).

Sıvılar ince bir tabaka halinde yayılmalı ve çalışanlar korunmalıdır. İyonize radyasyonda kalıntı yoktur (4).

Biyosidal Aktivite : 0.067 M fosfat tampounda süspanse edilmiş yıkanmış hücreler (1.10⁸ hücre/ml), yüksek enerji elektronları ile muamele edilmiştir. % 99 luk inaktivasyon için gerekli enerji miktarı rad olarak; *E. coli* (K 12) 38.000, *S. typhimurium* (LT 2) 24.000, *Micrococcus* sp. 35.000, *Aspergillus* sporları 78.000, *Streptococcus faecalis* 300.000 ve *Clostridium perfringens* (sporları) 400.000 bulunmuştur (3).

pH 7.0, 0.05 M glisin içinde süspanse edilmiş virusların % 99 luk inaktivasyonu için 300.000 - 420.000 rad arasında ışınlama gerektiği bulunmuştur (3).

Brannan ve ark. (7), 30.000 rad'lık ışınlanmanın, *Ascaris lumbricoides* yumurtalarının embriyo haline geçmelerini % 90 oranında önlediğini bulmuşlardır.

Etki Mekanizması : Direkt etkide ışınlar, DNA yapısını bozmaktadır. İndirekt olarak ışınlar, hücrede H_2O_2 , organik peroksitler ve serbest kökler oluşturmaktadır (4).

Sonuç : İyonize radyasyon, suları etkili olarak dezenfekte edebilir. Ancak, zengin kaynak temini, korunma ve suyun ince bir tabaka halinde yayılması gibi mühendislik ve emniyet güçlükleri vardır (4).

2.10. Potasyum Permanganat ($KMnO_4$)

Potasyum permanganat, kuvvetli bir oksitleyici olup, ilk defa 1913 yılında Londra'da şehir suyunun dezenfeksiyonunda kullanılmıştır. Algisit olarak ve tat, koku kontrolünde etkilidir (4).

Biyosidal Aktivite : Cleasby ve ark (10), laktozu buyyondaki *E. coli* kültüründe, 1 - 16 mg/l $KMnO_4$ dozunun, pH 5.9, 7.4 ve 9.2 de, 0° ve $20^\circ C$ de % 99 luk inaktivasyon sağlamak için, etki süresini 4 - 120 dak. olarak bulmuşlardır.

Seidel (27), yüzme havuzlarına 0.1 - 0.2 mg/l oranında $KMnO_4$ kullanmayı tavsiye etmiştir.

$KMnO_4$ in insan, hayvan ve bitki patojeni virusları inaktive ettiği bulunmuştur (4).

Protozoa ve kurtlara etkisi konusunda çalışma yoktur.

Etki Mekanizması : İyice araştırılmamıştır. Ancak, hücre çalışmasına etki ettiği sanılmaktadır (4).

Sonuç : Yüksek maliyeti, bakterisit etkisinin yetersiz oluşu ve estetik olarak istenmeyen kalıntı oluşturması sebebiyle $KMnO_4$ yeterli bir dezenfektan değildir (1, 4).

2.11. Gümüş (Ag)

Gümüş, dezenfektan olarak ilk defa İran Kralı Sirus tarafından kullanılmıştır. Oligodinamik etki 1893 de, Ag ve gümüş nitratin ($AgNO_3$) antibakteriyel etkisi 1869 da bulunmuştur. Bazı Avrupa ülkelerinde ve Japonya'da, içme suyu dezenfeksiyonunda kullanılmıştır (4).

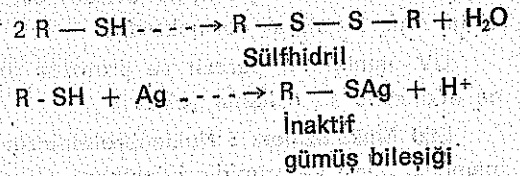
Biyosidal Aktivite : Yasinskii ve Kuznetsova (33), 0.09 mg/l oranındaki gümüşün, 1.10^6

hücre/ml konsantrasyondaki *Vibrio comma* hücrelerini 30 dak. da, 0.0225 mg/l oranındaki gümüşün 60 dak. da inaktive ettiğini bulmuşlardır.

Lund (19), 68 mg/l gümüş konsantrasyonunun, poliovirus aktivitesini önemli ölçüde azalttığını bulmuştur.

Çeşme suyunda, pH 9.0 - 10.0 da, 17 - 33 mg/l gümüş konsantrasyonunun *Entamoeba histolytica* sistlerini 1 saat içinde % 99 oranında inaktive ettiği bulunmuştur. Destile suda çözünen 0.5 mg/l lik $AgNO_3$ % 90 - 99 luk inaktivasyonu, 4 - 6 saatte sağlamıştır (23).

Etki Mekanizması : Gümüşün, sülfhidril gruplarıyla stabil bileşikler oluşturduğu ve hem bakteriyostatik hem de bakterisit etki yaptığı belirtilmektedir (4).



Sonuç : Gümüş ve bileşikleri pahalı dezenfektandır. Bu sebeple, ancak ev içme sularının ve yüzme havuzlarının dezenfeksiyonunda kullanılabilir (1, 4).

2.12. Ultraviyole (UV) Işınları

240 - 280 nm (milimikron, μ) dalga boyundaki elektromanyetik radyasyonun, sudaki bakteri ve diğer mikroorganizmaları öldürdüğü 1944 den beri bilinmektedir. Düşük basınçlı, civa ark lambaları ile 253.7 nm dalga boyunda UV - ışınları üretilir (4).

Işınlamada, Doz (D) ($\mu W. san/cm^2$) = $I_0 \cdot t$ olarak ölçülür. Burada; I_0 : radyant enerji intensitesi, $\mu W/cm^2$; t : ışınlama süresi, san. dir (4).

Biyosidal Aktivite : Yapılan bir çalışmada, 19 cm derinliğinde olan suya uygulanan 3000 - 11000 $\mu W. san/cm^2$ lik ışınlama sonucu, *E. coli* hücrelerinin ancak % 0.02 - 0.04 ü canlı kalmış, 4000 $\mu W. san/cm^2$ lik dozun virusları inaktive ettiği bulunmuştur (16).

Çizelge 1. İçme sularının dezenfeksiyonu için kullanılan önemli dezenfektanlar (4)

Dezenfektan	Uygulanma durumu	E t k i s i			Rezüdi kalıcılığı
		Bakteri	Virus	Protozoon	
Klor	Yaygın	++++	++++	++	İyi
Ozon	Avrupada yaygın	++++	++++	++++	Rezüdi yok
Klor dioksit	" "	++++	++++	X)	İyi
İyot	Sınırlı	++++	+++	+++	İyi
Hipoyodik asit		++++	++++	+	
Brom	Sınırlı	++++	++++	+++	Yeterli
? Kloraminler	"	++	+	+	Mükemmel

Morris (21), bazı mikroorganizma için öl dürücü dozu (μ W. san/cm²); *E. coli* 360, *Staph. aureus* 210, *Serratia marcescens* 290, *Sarcina lutea* 1.250, T3 kolifaj 160, poliovirus 780, vacinia virus 30 olarak vermektedir.

UV - ışınlarının, parazit ve protozoa üzerine etkilerine ait çalışma yoktur.

Etki Mekanizması : Nukleoproteinlerin yapısındaki purin ve primidin bileşikleri, UV ışınlarını absorbe etmekte, bunun sonucu yapıları bozulmaktadır (4).

Zarara uğramış nukleoprotein, daha uzun dalga boyundaki (300 - 550 nm) ışınlarla düzeltilebilmektedir (fotoreaktivasyon) Yenilenme, karanlıkta da olmaktadır (4).

Sonuç : UV ışınlarının kalıntısı yoktur. Kalıntı istenirse, diğer dezenfektanlar kullanılma

lıdır. Mevcut teknoloji, su dezenfeksiyonu için UV ışınlarını kullanmayı sınırlamaktadır (1, 4).

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyosidal aktivite; ++++ : Mükemmel, +++ : İyi, ++ : Orta, + düşük, X) yeterli veri yok.

İçme sularının dezenfeksiyonu için kullanılan önemli dezenfektanların bakterisi (*E. coli*), virus (*Poliovirus 1*) ve protozoonlara (*Entamoeba histolytica*) karşı etkisi Çizelge 2'de verilmiştir. Burada, *E. coli* ve *E. histolytica* sistemlerine karşı ozon'un, *Poliovirus 1*'e karşı brom'un en etkili dezenfektan olduğu görülmektedir. Çizelge 2'de verilen k.s. değeri ne kadar küçük ise, dezenfektan o kadar etkili demektir.

Çizelge 2. İhtiyaçsız sistemde, mikroorganizmaların % 99 luk inaktivasyonu için, dezenfektanların etkilerinin karşılaştırılması (4).

Dezenfektan	E. coli			Poliovirus 1			E. histolytica sistleri		
	pH	°C	k.s.	pH	°C	k.s.	pH	°C	k.s.
Hipoklorik asit	6	5	0.04	6	0	1	7	30	20
Hipoklorit iyon	10	5	0.92	10.5	5	10.5	x)		
Ozon	6	11	0.031	7	25	0.42	7.5	19	1.5
Klor dioksit	7	25	0.28	7	25	1.90	x)		
Klor	7.5	25	0.40	7	26	30	7	30	80
Brom	x)			7	20	0.06	7	30	18
Monokloramin	9	15	64	9	15	900	x)		
Dikloramin	4.5	15	5.5	4.5	15	5000	x)		

k.s : konsantrasyon (mg/l). temas süresi (dakika) x) : yeterli veri yok.

İçme sularının dezenfeksiyonu için uygulanan ve uygulanabilecek bütün dezenfektanlar ve metodlar, Çizelge 3'de birarada verilmiştir. Çizelge 3'de görüldüğü gibi; mikroorganizmalara etkisi, maliyeti ve uygulanma kolaylığı ba-

kimından, içme suları için önerilen dezenfektanlar klor, ozon ve klor dioksit'tir (4).

Yapılan çalışmalar, klorlanan içme sularında, organik madde miktarına bağlı olarak, THM'ların oluştuğunu göstermiştir (11). Bu sebepler, THM oluşumunu önlemek veya en az düzeye indirmek için, sudaki organik maddeler iyice ayrılmalıdır (4).

Çizelge 3. İçme sularının dezenfeksiyonu için kullanılabilir dezenfektanların durumu (4)

Dezenfektan	İnaktivasyona uygunluğu	Sınırlamalar	İçme suyu ¹⁾ dezenfeksiyonu için uygunluğu
Klor	Uygun	pH artınca etki azalır; NH ₃ ve org. N dan etkilenir	Uygun
Ozon	*	Rezüdi yok, labil, Kullanılacağı yerde üretilmelidir	*
Klor dioksit	*	En fazla 1 mg/l, kullanılacağı yerde üretilmelidir	*
İyot	*	Biyosidal aktivite pH dan etkilenir	Değil
Brom	*	Teknik tecrübe eksikliği, Biyosidal aktivite pH dan etkilenir	*
Kloraminler	Değil	Orta bakterisit, Zayıf virusit,	* ²⁾
Ferrat'lar	Uygun	Orta bakterisit, İyi virusit, Teknik tecrübe eksikliği	*
Yüksek pH şartları	Değil	Zayıf biyosit	*
Hidrojen peroksit	*	Zayıf biyosit	*
İyonize radyasyon	Uygun	Teknik tecrübe eksikliği	*
Potasyum permanganat	Değil	Zayıf biyosit	*
Gümüş	*	Zayıf biyosit En fazla 0.05 mg/l	*
UV - ışınları	Uygun	Yeterli biyosit, rezüdi yok, ekipman yetersizliği	*

1) Sıralama, bulaşıcı hastalıkları kontrol edebilmelerine göre yapılmıştır.
2) Kalcılığı sebebiyle, 2. dezenfektan olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Aksoğan, S. ve Gülhan, M. 1970. Suların Arıtılması, Cilt: 2, Matbaa Teknisyenleri Basım-evi, Divanyolu - İstanbul, S. 350 - 444.
2. Alpsöylü, M. (tarihsiz). Suyun Dezenfeksiyonu ve Memleketimizdeki Tabikati. İller Bankası Teknik Yayını.
3. Anonymous. 1977 Massachusetts Inst. Techn. (MIT). High energy electron radiation of wastewater liquid residuals. National Sci. Foundation, Washington, D.C.
4. Anonymous. 1979. The Disinfection of Drinking Water, National Academy of Sciences, Washington, D.C. 1 - 227 pp.
5. Aydın, M. 1976. Gıda Kontrolü ve Mevzuatı. T. Odalar Birliği Matbaası, Ankara. S. 525 - 528.
6. Benarde, M.A., Snow, W.B., and Olivieri, V.P. 1967. Chlorine dioxide disinfection temperature effects. J. Appl. Bacteriol. 30: 159 - 169.
7. Brannan, J.P., Garst, D.M., and Langley, S. 1975. Inactivation of *Ascaris lumbricoides* eggs by heat, radiation, and thermoradiation. Sandia Lab. Report Sand. 75 - 0163. Albuquerque, N.M. 26 pp.
8. Chambers, C.W., Kabler, P.W., Malaney, G., and Bryant, A. 1952. Iodine as a bactericide. Soap Sanit. Chem. 28, 10: 149 - 151, 153, 163, 165.
9. Chang, S.L. 1971. Modern Concepts of disinfection. J. Sanit. Eng. Div. Am. Soc. Civil Eng. 97: 689 - 707.
10. Cleasby, J.L., Baumann, E.R., and Black, C.D. 1964. Effectiveness of potassium permanganate for disinfection. J. AWWA 56: 466 - 474.
11. Cotruvo, J.A. 1981. THMs in drinking water. Environ. Sci. and Technol. 15, 3: 268 - 274.
12. Cramer, W.N., Kawata, K., and Krusé, C.W. 1976. Chlorination and iodination of poliovirus and f2. J. Water Pollut. Control Fed. 48: 61 - 76.
13. Cronier, S.D. 1977. Destruction by Chlorine Dioxide of Viruses and Bacteria in Water. M. Sc. thesis Univ. of Cincinnati, 85 pp.
14. Favero, M.S., and Drake, C.H. 1966. Factors influencing the occurrence of high numbers of iodine-resistant bacteria in iodinated swimming pools. Appl. Microbiol. 14: 627-635.
15. Feng, T.H. 1966. Behavior of organic chloramines in disinfection. J. Water Pollut. Control Fed. 38: 614.
16. Huff, C.B., Smith, H.F., Boring, W.D., and Clarke, N.A. 1965. Study of ultraviolet disinfection of water and factors in treatment efficiency. Public Health Rep. 80: 695 - 705.
17. Katzenelson, E., Kett, B., and Shuval, H.I. 1974. Inactivation kinetics of viruses and bacteria in water by use of ozone. J. AWWA 66: 725 - 729.
18. Laubusch, E.J. (tarihsiz). Klorlama Klavuzu. Çeviren: Alpsöylü, M. İller Bankası Teknik Yayını, S. 1 - 41.
19. Lund, E. 1963. Significance of oxidation in chemical inactivation of poliovirus. Arch. Gesamte Virusforsch. 12: 648 - 660.
20. Mentel, R., and Schmidt, J. 1973. Investigations on rhinovirus inactivation by hydrogen peroxide. Acta Virol. 17: 351 - 354.
21. Morris, E.J. 1972. The practical use of ultraviolet radiation for disinfection purposes. Med. Lab. Technol. 29: 41 - 47.
22. Müller, G. 1977. Mikrobiologie pflanzlicher Lebensmittel. VEB Fachbuchverlag, Leipzig. S. 185 - 198.
23. Newton, W.L., and Jones, M.F. 1949. Effect of ozone in water on cysts of *Entamoeba histolytica*. Am. J. of Trop. Med. 29: 669-681.
24. Riehl, M.L., Weiser, H.H., and Rheins, B.T. 1952. Effect of lime treated water upon survival of bacteria. J. AWWA 44: 466 - 470.
25. Ross, W.R., van Leeuwen, J., and Grabow, W.O.K. 1976. Studies on disinfection and chemical oxidation with ozone and chlorine in water reclamation. pp. 497 - 513 in R.G. Rice, P. Pickett, and M.A. Vincent, eds. Proc. of the Second Int. Sym. on Ozone Technology, Montreal, Canada, May 11 - 14 1975. Jamesville, N.Y. Ozone Press Int., Cleveland, Ohio. 725 pp.
26. Scarpino, P.V., Berg, G., Chang, S.L., Dahling, D., and Lucas, M. 1972. A comparative study of the inactivation of viruses in water by chlorine. Water Res. 6: 959 - 965.
27. Seidel, K. 1973. Purification of swimming pool water. Ger. Offen. 2: 141; 620.

28. Sproul, O.J. 1975. Investigation of Increase the Viricidal Capacity of Disinfectant, Germicidal and Fungicidal, Phenolic, Dry Type. Techn. Rep. TR 75-90 FSL, FSL., Dept. Civil Eng., Univ. Maine, Orono, Maine, 46 pp.
29. Stringer, R.P., Cramer, W.N., and Kruse, C.W. 1975. Comparison of bromine, chlorine and iodine as disinfectants for amoebic cysts. pp. 193-209 in J.D. Johnson, ed. Disinfection: Water and Wastewater. Ann Arbor Sci. Publ., Ann Arbor, Mich. 425 pp.
30. Tanner, F.W., and Pitner, G. 1939. Proc. Soc. Exp. Biol. and Med. 40: 143-145.
31. Taylor, D.G., and Johnson, J.D. 1974. Kinetics of viral inactivation by bromine. pp. 369-408 in A.J. Rubin, ed. Chemistry of Water Supply, Treatment, and Distribution. Ann Arbor Sci. Publ., Inc. Ann Arbor, Michigan.
32. Waite, T.D. 1978. Inactivation of *Salmonella* sp., *Shigella* sp., *Streptococcus* sp., and f2 virus by Iron (VI) Ferrate. Paper presented at the Ann. Meeting of the Amer. Water Works Assoc. (AWWA), Atlantic City, N.J. to be publ. AWW, Denver, Col.
33. Yasinskii, A.V., and Kuznetsova, V.F. 1973. Disinfection of water containing vibrios by silver ions. Actual Vopr. Sanit. Microbiol. 112-113.
34. Yoshpe-Purer, Y., and Eylan, E. 1968. Disinfection of water by hydrogen peroxide. Health Lab. Sci. 5: 233-238.