

Yök. Müh. Enis Burkut
enis@burkut.com.tr

KLOR İLE DEZENFEKSİYON TÜM DÜNYADA KULLANILIYOR

Klor ile su dezenfeksiyonu dünyada yaygın bir şekilde kullanılmasına rağmen sanıldığı kadar basit bir işlem değildir. Klor ile dezenfeksiyonda başarılı olabilmek için doğru uygulama yöntemlerini bilmeliyiz.

Yazarın Notu:

Yazımıza “Klor” ile ilgili kelimelerin anlamları ile başlamakta yarar görüyoruz. Çünkü kimya ilminde kullanılan kelimeler ile piyasa dilinde kullanılan kelimelerin anlamları farklıdır.

Kimya İlminde Klor: Tabii sularda, deniz suyunda ve sofraya tuzu (NaCl) içinde bulunan (Cl) elementine kimyada “Klor” adı verilir. Bu tabii elementin dezenfeksiyon özelliği yoktur.

Kimya İlminde Klorür: (Cl) elementinin “iyon” halinde olanına (Cl⁻) “Klorür iyonu” denir. (Cl⁻) iyonunun dezenfeksiyon özelliği yoktur.

Oksijen İçeren Klor Bileşikleri - Klor: (Cl) ve (O) oksijen elementleri içeren ve dezenfeksiyon amacı için kullanılan maddeler kimya ilmi ile insanın ürettiği kimyasallardır ve bunlar normal şartlarda tabiiatta bulunmaz. Klorlu dezenfektan malzemelerinin halk dilindeki adı “Klor” olduğu için bu yazımızdaki “Klor” kelimesi dezenfek-

tan görevi yapan “Klor Bileşiği” olarak algılanmalıdır.

DİKKAT: Oksijen içeren klorlu maddelerdeki “Oksijen, Oksidasyon yolu ile dezenfeksiyon yapan maddedir.”

Serbest Klor: Su içinde çözülmüş olan üç klorlu maddenin toplamıdır: Çözülmüş (Cl₂) gazı; Hipokloröz asidi (HOCl) ve Hipoklorit iyonu (OCl⁻). Serbest klor ölçümü sonucu elde edilen rakam, bu üç maddenin toplamını gösterir.

Aktif Klor: (HOCl⁻) Hipokloröz asit.

Bağlı Klor: (ClO⁻) iyonunun başka maddeler ile birleşmesi sonucu ortaya çıkan maddelerdir.

Klor uzun yıllardır dünya üzerinde, değişik kimyasal bileşikler şeklinde su dezenfeksiyonu için kullanılıyor. 2000’li yılların başında ABD’de yapılan araştırmalarda, Klor’un içme sularında bulunan tabii azotlu maddeler ile (NO₃ gibi) birleşmesi sonucu ortaya çıkan ve “Halometan- Trihalometan” ola-

rak adlandırılan maddelerin kanserojen olduğu kanıtlandı. Bunun üzerine ABD’de, şehir suyu yönetmeliklerinde bu kanserojen maddelerin azami değerleri yeniden belirlendi ve en çok 0,1 mg/L olarak yönetmeliklere girdi. Ülkemizde uygulanan “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği”nde de bu değer aynıdır (0,1 mg/L).

Klor, insana ve gıda ürününe zararlı birçok mikrobu öldürdüğü için ve piyasada ucuz fiyata temin edildiği için halen ülkelerin birçoğunda kullanılmaktadır. Klor’un öldüremediği ve insan için zararlı birçok mikroorganizma da bulunmaktadır. Fakat Klor’un öldürdüğü öldüremediklerinden daha çok olduğu için Klor, hala başarılı bir dezenfektan olarak kabul ediliyor.

Ülkemizde, işletmelerde kullanılan üç tür klorlu madde şunlardır: Sıvı Klor (Kimya adı ile Sodyum Hipoklorit NaClO), Gaz Klor (Saf Klor Cl₂) ve Toz Klor (Kalsiyum Hipoklorit).

NOT: Ülkemizde ender kullanılan klor dioksit metodundan bu yazımızda söz etmeyeceğiz.

Bu üç tür klorlu maddeden biri, dezenfeksiyon maksadı ile suya verildiğinde, su içinde "Hipokloröz Asit" (HOCl) oluşur ve bu asit içindeki "OCI⁻" iyonu bir OKSİTLEYİCİ olarak dezenfeksiyon görevini yapar. Yani, mikrobu öldüren madde "Cl⁻" iyonu değil, "Cl⁻" iyonuna bağlı olan aktif oksijenin oluşturduğu "Oksitleme"dir.

"Hipokloröz Asit" (HOCl)'in nasıl oluştuğunu görelim. Sıvı Klor (Sodyum Hipoklorit) suya girdiğinde aşağıdaki kimyasal reaksiyon oluşur:(Sıvı Klor) NaClO + H₂O = HOCl + (Kostik) NaOH.

Görüldüğü gibi, "Hipokloröz Asit" ile beraber kostik (NaOH) de oluşur, bu nedenle suya sıvı Klor verildiğinde suyun pH derecesi yükselir. Suyun pH derecesine göre Klor'un dezenfeksiyon gücü değişir, düşük pH'lı sularda Klor'un dezenfeksiyon gücü daha yüksektir.

Gaz Klor suya girince aşağıdaki kimyasal reaksiyon oluşur: (Gaz Klor) Cl₂ + H₂O = HOCl + (Hidrokloröz Asit) HCl. Görüldüğü gibi, "Hipokloröz Asit" ile beraber Hidroklorik Asit (HCl) de oluşur, bu nedenle suya gaz Klor verildiğinde suyun pH derecesi azalır.

Kalsiyumlu Toz Klor suya girdiğinde aşağıdaki reaksiyon oluşur: (Toz Klor) Ca(ClO)₂ + 2 H₂O = 2 HOCl + (Kalsiyum Hidroksit) Ca(OH)₂ bu reaksiyon sonucunda istenen "Hipokloröz Asit" ve Kalsiyum Hidroksit oluşur, suyun pH derecesi değişmez.

KLOR'un sudaki "Dezenfeksiyon" etkisi dört unsura bağlıdır

- Suda bulunan Aktif Klor miktarı (mg/L cinsinden)
 - Suyun pH derecesi
 - Serbest Klor'un sudaki mikroplar ile temas süresi
 - Suyun sıcaklığı.
- İyi bir dezenfeksiyon uygulamasında

bu dört unsurun önemi çok yüksektir. Onun için bu dört unsurun dezenfeksiyon üzerindeki etkileri beraberce ele alınmalıdır.

Suyun pH derecesinin Klor dezenfeksiyonuna etkisi:

Tabloda görüldüğü gibi su içindeki Aktif Klor miktarının dezenfeksiyona etkisi suyun pH derecesine çok bağlıdır. Düşük pH derecesinde Aktif Klor yüksek dezenfeksiyon gücüne sahipken, suyun pH derecesi 7,5'in üzerine çıktığında dezenfeksiyon gücü %50'in altına düşer. Bu sebeple, yalnızca sudaki Klor'u ölçmek Klor'un etkisini öğrenmek için yeterli değildir, suyun pH derecesi de aynı anda ölçülmeli ve daha sonra yorum yapılmalıdır.

pH	Aktif KLOR'un Aktif Olma Oranı
5.0	100
6.0	96
7.0	75
7.2	66
7.5	48
7.8	33
8.0	22

Sıvı Klor uygulamasında bazı engeller olduğu bilinmeli ve uygulamada bunlar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Sıvı Klor suyun pH derecesini artırır, pH derecesi yükseldiğinde Klor'un dezenfeksiyon etkisi azalır (pH etki tablosuna bakın).
- Depoda duran sıvı Klor içindeki "Cl⁻" iyonu, özellikle sıcak mevsimlerde, "Cl₂" gaz halinde uçar ve bu sıvının dezenfektan özelliği çok azalır.
- Sıvı Klor sıvısı içindeki saf Klor oranının tespit edilmesinde zorluklar vardır, değişik tarihlerde satın alınan her bidon sıvı Klor'un içindeki saf Klor miktarı farklıdır. Sıvı klor, dozaj pompası ile suya veriliyorsa, her yeni Klor bidonu için dozaj pompası ayarı

yeniden yapılmalı veya sudaki Klor miktarını ölçeren dozaj pompasının hızını ayarlayan tam otomatik çalışan sistemler kurulmalıdır.



Resim 1. Hassas Ölçümlü Tam Otomatik Klorlama

Gaz Klor: Gaz Klor en saf dezenfektandır. Gaz Klor, diğer Klorlu dezenfektanlardan daha ucuzdur ve çok daha randımanlı olarak suyu dezenfekte eder, çünkü hem saftır (%100 Klor'dur), hem de suyun pH derecesini biraz düşürür, bu nedenle sıvı Klor'a kıyasla daha az miktarda kullanılır ve çok iyi dezenfeksiyon görevi yapar.

Gaz Klor'un suda çözünmesini sağlamak için özel bir aparat kullanılır. Bu aparat sayesinde saf olan Klor gazı su içinde kolayca çözünür ve dezenfeksiyon özelliği olan Klor oluşur.

Dikkat: İnsanın tennefüs ettiği havada gaz Klor bulunması insanı zehirler. Bu nedenle, Gaz Klor'un uygulanmasında, kullanıcı için çok detaylı emni-

yet tedbirleri alınmalıdır. Gaz Klor'un bu tehlikeli özelliği uygulamada zorluk oluşturmaktadır, bu sebeple Klor'un az kullanıldığı işletmelerde Gaz Klor kullanmak pratik değildir. Fakat, şehir suları gibi, çok Klor tüketen işletmelerinde Gaz Klor kullanımı için kaliteli Gaz Klor tesisi yatırımı yapmak avantajlıdır.

Toz Klor: Toz Klor piyasada "Kalsiyum Hipoklorit" formülünde "Ca(ClO)₂" ve "Siyanür" içeren Klor şeklinde bulunur. Yüzme havuzlarında "Siyanür" içeren toz Klor türleri kullanılır ve bunların içme ve proses sularında kullanılması sakıncalıdır. Toz Klor ambalajı üzerindeki bilgileri dikkatlice okuyun ve toz Klor'un siyanür içerip içermediğinden emin olun. Kullanıcı için Toz Klor'un birkaç avantajını sayabiliriz: Toz Klor nötr olduğu için suyun pH derecesini değiştirmez, raf ömrü uzundur, ambalaj içinde uzun süre bekleyebilir ve bu sırada içindeki Klor kaybı düşüktür, depolamada az yer tutar çünkü %65 konsantrasyonda Klor içerir.

Kalsiyum Hipoklorit formülünde olan toz Klor'un suya sertlik verdiği söylenir. Suda istenen Klor miktarı genelde birkaç mg/L mertebesinde olduğundan, bu miktar toz Klor suyun sertliğini yalnızca 0,1 - 0,3 Fransız Sertliği kadar artırır ki bu da suyun özelliklerini fazla değiştirmez. Oysa sıvı Klor suyun sertliğini yükseltme dahi, suyun pH derecesini yükselttiği için, suda bulunan sertliğin kireç taşına dönüşmesini destekler.

Sudaki Klor'u tüketen maddeler:

Su içine konan ve dezenfektana dönüşen Klor bileşiği suda bulunan bazı maddeler ile reaksiyona girer: Mikroorganizmalar, organikler, azotlu maddeler, suda çözülmüş halde bulunan demir ve mangan gibi okside olabilen metaller Klor'un dezenfektan özelliğini tüketirler.

Sudaki Klor'un Ölçülmesi: Sudaki Klor ölçülerek Klor'un yaptığı "Dezenfeksiyon" hakkında fikir edinilir. Klor'un ölçülmesi için önemli olan sayısal bilgi,

su içine konan Klor miktarı değil, sudaki maddelerin tükettiği Klor'dan geriye kalmış olan "Bakiye Klor" Klor'un miktarıdır. Bu da Klor'un su ile "Temas Süresi" sonunda suda kalan "Bakiye Klor"un ölçülmesi ile anlaşılır. Örneğin, şehir sularında musluktan akan suyun içinde "Bakiye Klor" olarak en az 0,5 mg/L Klor olması emniyetlidir. Sudaki "Bakiye Klor"un otomatik olarak ölçülmesi ve arzu edilen sınırlar içinde suya otomatik olarak Klor verilmesi mümkündür. Burada gene suyun pH derecesini göz önünde tutmak doğru olur. pH derecesi yüksek sularda Klor'un dezenfeksiyon gücünün azaldığı unutulmamalı ve suya daha çok Klor verilmeli veya asit ilavesi ile suyun pH derecesi düşürülmelidir.

Serbest Klor Ölçüm Yöntemi:

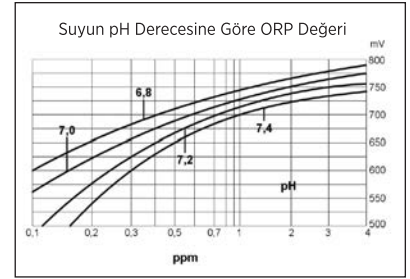
Sudaki "Bakiye Klor"un ölçümü DPD test tabletleri ve "komparatör" tabir edilen el tipi bir test cihazı ile basitçe yapılabilir. Bir işletmede otomatik Klor ölçümü yapan "Klor Monitörleri" olsa dahi, bu monitörlerin sağlıklı çalışmasının kontrolü için de el tipi test cihazları kullanılmalıdır.

Suyun pH derecesini ölçmek için de pH renk komparatörü kullanılabilir. Otomasyon istenen işletmelerde "Bakiye Klor" ölçen bir monitör ve buna ek olarak "pH ölçen" bir monitör kullanmak en uygun tekniktir. Bazı işletmelerde Klor'un su içindeki oksitleme gücünü gösteren REDOX (ORP) monitörü kullanılarak sudaki "Bakiye Klor"un seviyesi



Resim 2. Klor /pH Komparatörü

ölçülmek istenir. Sudaki ORP değerini ölçmek, "Bakiye Klor" ve pH ölçmekten çok daha ucuz bir tekniktir, fakat, yalnızca "ORP" ölçmek çok yanıltıcı olur. Çünkü, ORP / pH çizelgesinde görüldüğü gibi, suyun ORP değeri suyun pH değerine göre değişir.



Benzer şekilde, suyun kokusuna bakarak "Bakiye Klor" hakkında yorum yapmak da son derece yanıltıcıdır. Çünkü, Klor'un sudaki azotlu maddeler ile birleşmesi sonucu oluşan Klor bileşikler Klor'dan daha çok Klor kokusu verir ve insanı yanıltır.

Önerilerimiz

- İşletmelerde Klor ile dezenfeksiyonda sık sık Klor ve pH ölçümlerinin beraberce yapılması ve ölçüm kayıtlarının tutulması işletmelerin sağlığı açısından çok önemlidir.
- Elle yapılan klorlama yerine, işçilik yanlışlıklarını en aza indirmek için otomatik Klor dozlaması yapılmasını öneririz.
- Sudaki "Bakiye Klor" miktarı ile suyun pH değerlerinin kontrol altında tutulmaları için öncelikle Klor ve pH monitörlerinin kullanılmasını ve ayrıca el test aletleri ile sık sık bu monitörlerin sağlıklı çalışmalarının kontrol edilmesi tekniğe en uygun yöntemdir.

SONUÇ: Klor ile dezenfeksiyon, bazı sorunlarına rağmen, Klor'un kolay temin edilmesi, ucuz olması ve ölçülebilir olması sebepleri ile bugün için vaz geçilmez bir su dezenfeksiyon yöntemidir. ■