
Klor Verici Dezenfektanların Kullanım İlkeleri Hangi Şartlarda, Hangi Amaçlarla Kullanılır? Türevleri Nelerdir?

Prof. Dr. Güven KÜLEKÇİ

*Istanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Diş Hekimliği
Temel Tıp Bilimleri Anabilim Dalı, Mikrobiyoloji Bilim Dalı, İSTANBUL*

Klor

Klor, elementlerin periyodik tablosunda 17 nolu elementtir. Yeryüzünün en yaygın elementlerinden birisi olmasına karşın doğada serbest olarak bulunmaz. Çoğunlukla sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum ile birlikte dir. Klor elementi toksik, yeşilimsi sarı renkli ağır bir gazdır.

1774 yılında İsveçli bir eczacı olan Carl Wilhem Scheele tarafından keşfedilmiş ve ancak 1809 yılında İngiliz bir kimyacı olan Sir Humprey Davy tarafından bir element olduğu düşünülerek renginin yeşilimsi sarı olması ve bu anlama gelen Yunanca choleros sözcüğünden ötürü klor olarak adlandırılmıştır (1).

1798'de ilk kez beyazlatıcı olarak, 1827'de bir deodorant ve dezenfektan olarak, 1847'de Semmelweis tarafından Viyana'da lohusalık ateşini kontrol altına almak için kullanılmıştır. 1881'de Koch, hipokloridlerin bakterilerin saf kültürlerini öldürdüğünü göstermiştir. 1894'te suların klorlanarak saflaştırılması ve dezenfekte edilmesi gerçekleştirilmiştir. 1915'te Dankin'in açık ve infekte olmuş yaraların dezenfeksiyonu için %0.45-0.50 sodyum hipoklorid solüsyonu önermesiyle 1. Dünya Savaşı sırasında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Orjinal Dankin solüsyonu, klorlanmış kireç ve borik asitli sodyum karbonat karışımıdır. Bu solüsyon daha sonra tahriş edici özelliğinden ötürü borik asit yerine sodyum bikarbonat ile hazırlanarak değiştirilmiştir. 1963'e dek İngiliz Farmakopesi'nde bir standart ürün olmuştur (1,2).

Klorun kullanım alanlarının başında dünya çapında suların temizlenmesi ve su yoluyla bulaşan infeksiyonların önlenmesi amacıyla kullanımı gelir. Klor, suyu temizlemesi yanında borularda ve su depolarında biyofilm oluşumunu önler ve sudan istenmeyen nitrojen bileşiklerini uzaklaştırır. Plastik, polimerler, solventler, tarım ilaçları, tıp ilaçları, böcek zehirleri ve son üründe yer almasa da birçok maddenin yapımında kullanılır. İlaçların büyük bir kısmı klor içerir ya da klor kullanılarak yapılır. Polivinil klorid (PVC), poliviniliden klorid (PVDC), PTFE (örneğin; teflon) yapımında kullanımından ötürü modern yaşamın her alanındaki hemen hemen her ürün klor kimyasından yararlanılarak oluşturulmuştur. Örneğin ilaçların kabarcıklı bastırılarak çıkartılan paketleri, kan torbaları, kateterler, polisteren soğutucu kaplar, röntgen filmleri, kurşun geçirmez camlar, yelekler, su geçirmez ceketler, kasklar, yüz siperlikleri, gözlükler, bilgisayar aksamı, ultrasaf silikon mikroçipler, kompakt diskler, hava yastıkları, otomobil parçaları gibi. Serum fizyolojik solüsyonun temelini tuz (NaCl) oluşturur. Sofra tuzu olarak da yiyeceklerin tadını artırır. Klor bazlı ürünler gıda endüstrisinde sanitasyon için; yiyeceklerin güvenilir ve taze kalmasını sağlayan paketlemede; dekafeinasyon, sos ve marmelatların hazırlanması gibi yiyecek işlemlerinde kullanılır. Perkloroetilen olarak kuru temizlemede kullanılır.

Klor doğal olarak vücudumuzda da kan, deri ve dışlerimizde bulunur. Lökositlerin iş görebilmesi için klora gereksinimleri vardır. Klor doğada karbondan çok daha fazla bulunur. Deniz suyu, klor bileşiklerinin en fazla bulunduğu doğal kaynaktır. Okyanuslar aracılığıyla atmosfere her yıl milyonlarca ton metil klorid ve inorganik klor salınır. Orman yangınları, volkanlar ve bakteriler, mantarlar, bitkiler ve deniz canlıları dahil canlılar da organoklorların doğal kaynaklarıdır. Doğada şaşırtıcı klor kaynaklarına da rastlanır. Örneğin; Ecuadorian ağaç kurbağası klorlanmış bir alkaloid yapar; bu bilinen en kuvvetli ağrı kesiciden birkaç yüz kat daha güçlü bir ağrı kesicidir. Vankomisin, doğal bir organoklor antibiyotiktir (3).

Klor, tuzlu su ya da erimiş tuzdan (NaCl) bir elektrik akımı geçirilerek yapılır. Böylece klor, kostik soda (sodyum hidroksit) ve hidrojen elde edilir.

Çevre sağlığı açısından klorun ev ve çevre temizliğinde çamaşır suyu olarak ve kağıt endüstrisinde kullanımı yönünden önemi vardır. Kağıt endüstrisinde ağacın doğal maddesi olan selüloz lifleri bir arada tutan lignini çözmek için ve kağıdı beyazlatmak için klor kullanılır. Geri dönüşümlü kağıt beyazlatıldığı zaman kanser yapıcı kimyasallar olarak dioksinler ve toksik organoklorlar oluşur.

Dioksinler doğal yollarla orman yangınları, odun ya da biyolojik birikintilerin yanmasıyla da oluşur. En önemli kaynak uygun olmayan atık yakımıdır. Ayrıca tam yanma olmaması ya da yanmanın yan ürünü olarak da oluşur. Dioksin en son Ukrayna seçimlerinde Yushchenko'nun zehirlenmesiyle dünya gündemine gelmiştir. İkiyüzon çeşit dioksinde en toksik olanı 2,3,7,8-tetraklorodibenzo-p-dioksin (TCDD)'dir. Dioksinler kolaylıkla parçalanmazlar; kalıcı zehirlerdir. Yıllarca hava, su ve toprakta birikirler. Canlı organizmalarda da yağlı dokularda birikirler. Toksik organoklor molekülleri ise vücuda girdiklerinde hormonları taklit ederler (3).

Klor Verici Dezenfektanlar

Oksitleyici ajanlardan halojenler grubundan dezenfektanlardır. Klor suda üç biçimde bulunabilir: Çok kuvvetli bir oksitleyici ajan olan klor elementi (Cl_2), hipokloröz asit ($HOCl$) ve hipoklorid iyonu (OCl^-). Klor ayrıca amonyak ve diğer nitrojen bileşikleri ile de kloramin ya da N-kloro bileşikleri şeklinde bulunur (Tablo 1).

Klor verici dezenfektanlar yaygın olarak kullanılan dezenfektanlardır (4,5). Ev ortamında da kolayca kullanılabilirler. Klorlu solüsyonlar hızla bakterisidal etki gösterir. Sulandırım oranı ve temas süresine göre düşük, orta ya da yüksek dezenfektan olarak kullanılabilirler. Creutzfeldt-Jakob hastalığı (CJD) ve varyant CJD söz konusu olduğunda alet temizliğinde $NaOH$ solüsyonu yerine kullanılabilirler (6).

Klor hücre için yaşamsal enzimlerin SH (sülfidril) gruplarının geri dönüşsüz oksidasyonuna yol açar. Hipokloridler, sitoplazmik bileşiklerle toksik N-kloro bileşikleri oluşturacak bir etkileşme sonucunda hücre metabolizmasını engelleyerek etkili olurlar. Klorun etkinliği pH ile ters orantılıdır. Asit pH düzeylerinde etkinliği daha fazla olur. Bu nedenle yüksek etkinlik hipoklorid iyon konsantrasyonundan çok hipokloröz asitle ilişkilidir. Bunun yanında klor bileşiklerinin etkinliği konsantrasyona ve sıcaklığa bağlı olarak artar. Örneğin öldürme için gerekli süre, konsantrasyonda iki katlı artışla %30 ve sıcaklıkta bir $10^\circ C$ 'lik artışla %50-%65 oranında azalır. Organik madde ve alkali deterjanların varlığı ise klorun etkinliğini azaltır (5).

Klor ve Hipokloröz Asit

Klor suda hipokloröz asit ve hidroklorik asit oluşturacak şekilde çözünür.



Hipokloröz asit ($HOCl$) zayıf bir asittir. Mikroorganizmalar üzerine parçalayıcı etkiden sorumlu olan hipokloröz asittir. Bu nedenle $HOCl$, aktif klor olarak adlandırılır.

Suda iyonizasyona uğrar:



Hipokloröz asit pH 6'nın altında çözünmezken bu değer üzerinde çözünmeye başlar ve pH 9'un üzerinde ortamda hipoklorid iyonu üstün duruma geçer (2) (Tablo 2). Bu nedenle klorun dezenfekte edici etkisi pH'daki artışla azalır. Hipokloröz asit, hipoklorid iyonundan çok daha fazla bakterisidal etki gücüne sahiptir. Bununla birlikte az miktarda hipokloröz asit ve çok miktarda hipoklorid iyonu olan hem sodyum hem kalsiyum hipokloridin alkali solüsyonları bakterisidal etkilidir (7). Bu, hipoklorid iyonunun da dezenfeksiyona katkısı olan bir faktör olabileceğini gösterir.

Hipokloridler

Sodyum hipoklorid = $NaOCl$ ve kalsiyum hipoklorid = $Ca(OCl)_2$ eskiden beri kullanılan dezenfektanlardır. İnorganik klorlar olarak adlandırılırlar. Kuvvetli klor kokusuna sahiptirler. Yanıcı değildir.

Etkin klor konsantrasyonlarının temas süresi		Avantajları	Dezavantajları	Kullanım örnekleri
Klor bileşikleri				
Sodyum hipoklorid NaOCl	• 100-10.000 ppm (%0.01-%1) varolan klor	• Geniş spektrum	• Toksik,	• Genel dezenfektan
solüsyonu (çamaşır suyu)	• 10-60 dakika (geniş spektrum için ≥ 3.000 ppm)	• Kolay bulunur	• Deri ve metallere aşındırıcı	• Atık sıvılar
%5.25'lik = 50.000 ppm var olan klor	• 1/10 sulandırım 5000 ppm (%0.5)	• Düşük sıcaklıkta bakterisidal	• Optimum etki pH'sı 6'da stabil değil	• Yüzeysel dekontaminasyonu
	• 1/100 sulandırım 500 ppm (%0.05)	• Çamaşır suyu gibi ama daha stabil	• Organik madde varlığında etkisiz	• Kan/vücut sıvısı döküntülerinin acil temizleyicisi
Kalsiyum hipoklorid Ca(OCl)₂	• Çamaşır suyu gibi		• Işık ve ısıyla bozulur;	• Alet dezenfeksiyonu
granüller, toz, tabletler			• Solüsyonların raf ömrü < 1 hafta	• Antiseptik
%70-72 klor klorlanmış kireç ya da beyazlatıcı tozda ~ %35 klor				
NaDCC (sodyum diklorozosiyaniürat)	• Çamaşır suyu gibi	• Hipokloritten daha stabil	• Toksik, aşındırıcı	• Çamaşır suyu gibi
toz, granül, tablet ~ %60 klor		• pH 6.0'da stabil		
		• Organik madde ile daha az etkisiz		

Tablo 1. Klor verici dezenfektanların özellikleri (devamı).

Klor bileşikleri	Etkin konsantrasyonların temas süresi	Avantajları	Dezavantajları	Kullanım örnekleri
Kloramin -T (sodyum tosilkloramid) toz ya da tablet ~ 25% klor	<ul style="list-style-type: none"> Çamaşır suyu gibi 	<ul style="list-style-type: none"> Organik maddeden hipokloritlerden daha az etkilendir ve stabil Hipokloritlerden daha uzun süre etkin 	<ul style="list-style-type: none"> Nem, ışık ve ısıyla bozulur 	<ul style="list-style-type: none"> Çamaşır suyu gibi
Klor dioksit (ClO₂) son derece reaktif “baz” ve “aktivatör” reagentler kullanımdan hemen önce suya karıştırılmalı	<ul style="list-style-type: none"> In situ kontrollü salınım 1.100 ppm klor vejetatif bakteriler ve virüsler için beş dakika sporosidal etki 10 dakika 	<ul style="list-style-type: none"> Diğer klor bileşiklerinden daha uzun süreli etkinlik Diğer klor bileşiklerinden daha az aşındırıcı, daha az toksik pH 6-10'da etkin Sporosidal 	<ul style="list-style-type: none"> Solüsyonları ışıkla bozulur Organik madde ile etkisiz Aşındırıcı Tahriş edici 	<ul style="list-style-type: none"> Alet dezenfeksiyonu “Germ-free” hayvan kafeslerinin gaz sterilizasyonu
Süper oksitlenmiş su (HOCl) özel cihazla anında hazır 650-675 ppm var olan klor	<ul style="list-style-type: none"> Elektroliz edilmiş tuzlu su Redoks potansiyeli > 950 mV pH 5.5 Etki süresi ≤ 2 dakika 	<ul style="list-style-type: none"> Geniş spektrumlu Sporosidal Basit, ucuz Kokusuz 24 saat etkili Toksik değil Çevre dostu 	<ul style="list-style-type: none"> Organik madde ile etkisiz Aşındırıcı 	<ul style="list-style-type: none"> Glutaraldehite alternatif alet dezenfeksiyonu İçilebilir su eldesi Steril yıkama suyu Antiseptik

pH	%HOCl	pH	%HOCl
4	100	8	23.3
5	99.7	9	2.9
6	96.8	10	0.30
7	75.2	11	0.030

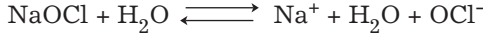
Kalsiyum hipoklorid beyaz toz, granül ve tablet şeklinde bulunabilir.

Sodyum hipoklorid, çamaşır suyu (%5.25'lik solüsyon) olarak bilinen ve en yaygın olarak kullanılan dezenfektandır. Genellikle yeşilimsi sarı solüsyondur; katı olarak bulunmaz.

NaOCl, sıvı ya da gaz klor yani klor elementi ile kostik soda = sodyum hidrok-sit (NaOH)'ten soğutularak elde edilir:



Sodyum hipoklorid suda iyonize olur:

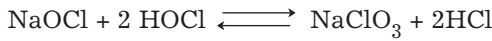


Sodyum hipoklorid, bir zayıf asitin tuzu olduğundan hipoklorid iyonları hipokloröz asitle bir eşitlik sağlar ve hipoklorid iyonlarının konsantrasyonu pH'daki artışla artar.



Bu nedenle stabil kalması için sodyum hipoklorid solüsyonları alkalidir. Sodyum hipoklorid solüsyonlarından yüksek konsantrasyonlarda ve pH > 8'de aktif klor= hidrokloröz asit (HOCl) salınması güçtür (8).

Solüsyonun pH'sı var olan hipoklorid iyonlarının konsantrasyonuna bağlıdır. Sodyum hipoklorid solüsyonları sodyum klorat ve hidroklorik asit oluşturacak şekilde göreceli olarak parçalanır:



Eğer solüsyonun pH'sı azalırsa daha çok hipokloröz asit oluşmaya başlayacağından sodyum hipokloridin parçalanması hızlanır ve stabilitesi azalır (1,2).

Sodyum hipoklorid solüsyonu asitlerle karıştırılmamalıdır; bu durum hızla klor gazı salınımına yol açar. Amonyak ya da amonyum bileşikleriyle karışımı da patlayıcı olabilir; tehlikeli miktarda klor ya da kloramin salınabilir. Bu nedenle idrar döküntüsünün temizliği için kullanılmamalıdır.

Aseton ve formaldehit gibi bazı organik bileşikler sodyum hipoklorid solüsyonuyla şiddetli reaksiyona girer. Benzer olarak organik kontaminasyon solüsyonun

etkisiz kalmasına yol açar. Antimikrop etkinlik organik madde miktarı oranında azalır. Bu nedenle dezenfeksiyonda var olan klor konsantrasyonu harcanandan etkilenmeyecek kadar yüksek olmalı ve antimikrobik etkinlik için yeterli klor sağlanmalıdır.

Hipokloridlerin ışığa maruz kalmaları klorid (ClO_2) ve oksijen oluşumuyla yıkıma neden olacağından solüsyonların ışığı geçirmeyen kaplarda saklanmaları gerekir (1,2).

Ağır metaller de aynı şekilde hipokloridlerin parçalanmasına neden olduğundan aşınmaya uğramayacak kaplarda saklanmalıdır. Yüksek sıcaklıkta reaksiyonları hızlandırır; bu nedenle serin yerde saklanmalı ve soğuk suda sulandırılmalıdır. Buharlarının solunmaması önemlidir. Deriye, gözlere ve solunum sistemine tahriş edici etkisi vardır; ağız, boğaz ve midede yanıklara neden olabilir. Kullanıldığı ortamda iyi bir havalandırma sağlanmalıdır.

Sodyum Dikloroizosiyanürat = NaDCC

Organik klorudur. Katı halde, daha stabil ve organik madde varlığından daha az etkilenme özellikleri nedeniyle sodyum hipokloride alternatif oluşturmuştur. Suda çözünebilir toz, granül ve tablet şeklinde satılmaktadır. Örneğin Presept, Klorsept17, Klor-Kleen, Klorsept 87, Haz-Tabs.

NaDCC, suda çözüldüğünde HOCl, monokloroizosiyanürat ve siyanürat oluşur. NaDCC tam eridiğinde 2 mol HOCl (hipokloröz asit= aktif klor) oluşur (2).

NaDCC'nin parçalanması ve aktif klorun salınması yavaş olduğundan sodyum hipokloridten daha yüksek konsantrasyonlarda kullanılabilir (9). Sodyum hipoklorid, 250 mg/L (%0.025) kadar çok düşük konsantrasyonlarda etkin olmasına karşın bununla karşılaştırılabilecek NaDCC solüsyonu 1000 mg/L (%0.1) konsantrasyondadır. Diğer yandan NaDCC solüsyonu daha az toksik, gözlere ve deriye daha az tahriş edici, metal yüzeylere daha az aşındırıcı ve plastik ve lastik malzemeyi daha az yıpratıcıdır (10).

NaDCC tabletleri çok yavaş çözüldüğünden ve kullanıldığı oranda hipokloröz asit salınımı olduğundan suyun pH'sından etkilenmeden klorun uygun düzeyde kalması sağlanır (11). Bu yüzden %0.1 NaDCC yarı kritik aletlerin orta düzeyde dezenfeksiyonu için açık kaplarda kullanılabilir. Yüksek düzeyli dezenfeksiyon için ise %0.2 NaDCC solüsyonu kullanılabilir (9).

N-Kloro- P- Toluene Sülfonamid ($\text{C}_7 \text{H}_7 \text{ClNaO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) = Sodyum Tosilkloramid= Kloramin-T

Bu bileşik, sodyum hipoklorid ile p-toluen sülfonamidin reaksiyonu sonucu oluşur. Bileşikte klor, N-Cl olarak bağlıdır. Kloramin -T suda = NH grubu ve HOCl oluşturacak şekilde hidroliz olur. Dezenfektan aktivitesi hipokloröz asitten ötürüdür. Kloramin -T, beyaz kristalize bir tozdur; var olan kloru %25'dir ve hafif klor kokuludur (2). Isı ve ışığa karşı daha dayanıklıdır. Hipokloridlere göre organik maddelerden daha az etkilenir; mikrop öldürücü etkisi yavaş ve uzun sürelidir. 1. Dün-

ya Savaşı sırasında Dankin ve arkadaşlarınınca infekte yaralarda kullanılmıştır. Deri ve yara antiseptiği bazı preparatların içinde kullanılmaktadır (1).

Var Olan Klor (Available Chlorine)

Var olan klor, klor verici dezenfektanların okside etme kapasitesinin bir ölçümü olarak kullanılır (1,2). Bileşikteki klor elementinin miktarına eşittir. 1 mol hipoklorid elektrokimyasal olarak 1 mol klor elementine eşittir. Bu da klor elementinin molekül ağırlığı olan 70.91 g'dır. Buna göre var olan klor, sodyum hipokloridde 1 hipoklorid olduğundan 70.91 g; kalsiyum hipokloridde 2 hipoklorid olduğundan 141.8 g'dır. Sodyum hipokloridin varolan klor yüzdesi 1 mol klor elementi (70.9):1 mol NaOCl (74.5) x 100 = %95.2'dir. NaDCC mol ağırlığı 220, kloramin -T mol ağırlığı 281.69 2 mol klora eşittir; böylece bu moleküllerin var olan klor yüzdesi sırasıyla %64.5 ve %25.2'dir.

Var olan klor yüzdesi ppm = parts per million olarak da söylenebilir. %1 klor bileşiği 10.000 ppm mevcut klor içerir. Piyasada satılan %5.25 NaOCl olan çamaşır suyundaki var olan klor 52.500 ppm'dir. Çamaşır suyunun 1/10 sulandırılmış çözümü 5.250 ppm (4); 1/100 sulandırılmış çözümü 525 ppm klor içerir.

NaDCC çözümü hazırlamak için bu hesaplama tabletteki NaDCC ağırlığına göre yapılır. Örneğin Presept tablette 2.5 g NaDCC vardır; 1000 ppm'lik çözümü hazırlamak için 1.25 L soğuk suda 1 tablet; 10.000 ppm'lik çözümü hazırlamak için 1 L soğuk suda 8 tablet eritilir (12).

Klor verici dezenfektanların kullanım amaçlarına göre var olan klor miktarları Tablo 3'te özetlenmiştir (13).

Sodyum hipokloridin diş hekimliğinde antiseptik olarak %0.5'lik çözümü periodontolojide subgingival yıkamada ve %5.25'lik çözümü özellikle endodontide kök kanalının yıkanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (14,15).

Klor verici bir ajanın belli bir miktarı ile ilişkili total var olan klor hem serbest hem bileşik halinde olabilir. Serbest klor üç şekildedir: Cl₂, HOCl ya da OCl⁻. Bileşik halindeki klor ise amonyak, siyanüratlar, proteinler ya da diğerleri serbest klor çözümüne eklendiğinde oluşan N-kloro bileşikleridir. Reaksiyon geri dönü-

Tablo 3. Klor verici dezenfektanların kullanım amaçlarına göre var olan klor miktarları.

Var olan klor ppm	Kullanım amacı
0.5-1	İçme suyu
4-6	Hidroterapi havuzları
125	Biberonlar
1.000	Kontamine yüzeyler
10.000	Kan-vücut sıvıları döküntüleri

şebilir. Serbest ya da bileşik halindeki klor konsantrasyonları pH, total mevcut klor konsantrasyonu ve N/Cl oranı gibi birçok faktöre bağlıdır (2).

Tablo 4'te klor verici dezenfektanlardan çamaşır suyu, NaDCC ve kloramin-T'nin kullanımı amaçlarına uygun hazırlanmasıyla ilgili bilgiler özetlenmiştir (6).

Klor Dioksit

Klor dioksit çok güçlü bir oksitleyici ajan ve yüksek düzeyli bir dezenfektandır (4,16,17). Piyasada Tristel Multi-Shot, Tristel One-Day, Tristel One-Shot adlarıyla satılmaktadır.

Tablo 4. Bazı klor verici dezenfektanların kullanım amaçlarına uygun hazırlanması ile ilgili bilgiler.

Klor verici dezenfektan	Kullanım amacı	Sulandırma	Var olan klor
Çamaşır suyu %5 sodyum hipoklorid 50.000 ppm	Kan/vücut sıvısı döküntüsünü silmek Temas süresi en az 10 dakika	9 kısım su + 1 kısım çamaşır suyu (1/10)	%0.5 5.000 ppm
	Yüzey dezenfeksiyonu Temas süresi en az beş dakika solüsyonla ıslatılan yüzey kurumaya bırakılır	50 kısım + 1 kısım çamaşır suyu	%0.1 ~ 1.000 ppm
	Gıda yüzeyleri Temas süresi en az iki dakika gastroenterit salgısı varsa 1/50 sulandırmalı	200 kısım su + 1 kısım çamaşır suyu	%0.025 ~ 200 ppm
	CJD/vCJD için infekte doku ve kontamine aletler/yüzeyler. Temas süresi bir saat; sonra çalkalanmalı aletler sonra steril edilmeli	1 kısım su + 1 kısım çamaşır suyu/ sulandırılmadan kullanılmalı	%2.5-%5 20.000-50.000 ppm
Sodyum dikloroizosiyanürat (NaDCC) toz, granül, tablet var olan klor: %60	Kan/vücut sıvısı döküntülerini silmek	1 L suda 8.5 g çözündürülür	%0.85 5.000 ppm
Kloramin-T toz, tablet varolan klor: %25	Kan/vücut sıvısı döküntülerini silmek	1 L suda 20 g çözündürülür	%2 5.000 ppm

Hazırlanırken ağız dar sıkıca kapaklı kaplarda tutulmalıdır. Buharları iritasyona neden olur. Sıkıca kapatılma ya da vakumlu havalandırma gerektirir. Endoskopların bazı metal ve polimer kısımlarına, otomatik yıkayıcı/dezenfekte edicilere zarar verebileceğinden kullanmadan önce ürün uygunluğu konusunda bilgilendirilmelidir (18). Endoskopların siyah plastik kısımlarında beyazlaşmaya neden olur. Klor dioksit, glutaraldehitten daha zarar vericidir. Klor dioksit *Bacillus subtilis* sporlarını hızla parçalayabilir. Klor dioksit ağız küçük ve sıkıca kapalı olarak saklandığında sporisidal etkisini 7-14 gün sürdürebilir. Bu koşulun otomatik yıkayıcı/dezenfekte edicilerde sağlanması zordur. Klor dioksit (1.100 ppm varolan klor ile) 5 dakikada mikobakterisidal, bakterisidal ve virusidal etki; 10 dakikada sporisidal etki oluşturur (18). Klor dioksit, protozoonlara ve algelere de etkili bir dezenfektandır (19).

Oksidasyon kapasitesinin aktif klor bileşiklerinin yaklaşık 2.5 katı olduğu ileri sürülür (1). Diğer klorlu bileşiklerden daha güçlü sporisidal etki göstermesi bu özelliğine bağlanmaktadır.

Klor dioksit suda 30 mm parsiyel basınçta 2.9 g/L'de eriyik haldedir. Solüsyon ışıktan bozulur. Bakterisidal etkinliği pH 6-10 arasında değişmez; sıcaklık azaldığında etkinlik de azalır. Klor dioksit son derece aktif bir bileşik olduğundan kullanım yerinde hazırlanmalıdır. Uygulamada bu, bir sodyum klorid solüsyonu ile bir klor solüsyonunun karıştırılmasından ibarettir. Aşağıdaki eşitliğe göre klor dioksit oluşur.



Bunun yanında klor dioksit şu yollarla da oluşturulabilir:

1. Hidroklorik ya da sülfirik asit ile kloratların asidifikasyonu,
2. Asit ortamda kloratların redüksiyonu,
3. Kloridlerle asitlerin reaksiyonu,
4. Sodyum kloridden elektrokimyasal olarak.

Klor dioksit diğer klor verici dezenfektanların sahip olmadığı bazı özelliklere sahiptir (1);

1. Fenol bileşiklerini parçalayabilme özelliği ile sudan fenol tatlarını ve kokuyu uzaklaştırır,
2. Amonyakla reaksiyona girmez,
3. Kanserojen olan trihalometanlar ya da klorofenoller oluşturmaz. Bu özelliği insan ve çevre sağlığı açısından çok önemlidir. Bu nedenle yaygın olarak içme suyu dezenfeksiyonu, atık su arıtımı ve soğutucu su depolarında biyofilmi önlemek için kullanılmaktadır. Kağıt ve gıda endüstrisinde de kullanılmaktadır.

Hipokloröz Asit = Süperoksitlenmiş Su

Son yıllarda İngiltere'den başlayarak Sterilox markasıyla kullanımı dünyaya yayılmıştır (20). FDA'dan da temiz, tek kullanımlık, yüksek düzeyli bir dezenfektandır.

tan olarak ısıya duyarlı tıbbi alet ve cihazların güvenilir, hızlı ve etkin dezenfektan olarak onay almıştır (21).

Sterilox, elde taşınabilen ya da yıkayıcı/dezenfektörlere eklenebilen bir işlem donanımlı cihazla elektrokimyasal olarak hemen kullanım anında elde edilen bir dezenfektandır. Cihaz, yüksek saflıkta titanyumdan iç çubuk ve dış silindir, çeşitli nadir metallere kaplama ve arada seramik iyon seçici membrandan yapıldır (22). Dezenfektan, bu sistemden 9 amp'de tuzlu suyun geçirilmesiyle elde edilir. Dezenfektanın ana ürünü 144 mg/L konsantrasyonda hipokloröz asit (HOCl) ve klor (Cl₂)'dur (22). Elde edilen yaklaşık 1000 mV (> 950 mV)'luk bir redoks potansiyeline sahip ve pH'sı 5.0-6.5 olan hipokloröz asitli sudur.

Süperoksitlenmiş su sağlayan başka cihazlar da yapılmıştır. Örneğin, Super Oxseed alfa 1000 ünit cihazı Japon malıdır; ancak bu cihazla elde edilen süperoksitlenmiş suyun pH'sı 2.3-2.7 olduğundan uyum sorunu nedeniyle kullanımı sınırlıdır. Buna karşılık Sterilox'un 5.5 olan pH değeri nedeniyle aşındırıcı olmadığı ve endoskoplara zarar vermediği ileri sürülmektedir (23). Daha yakın zamanlarda Suprox markasıyla 750 mV'ta elektroliz edilmiş hipokloröz asit ürünü de piyasaya çıkmıştır (24).

Yıkayıcı/dezenfektör cihazlarında, steril alet çalkalama suyu, biyofilm oluşumunu önleyici, filtreleri dezenfekte edici olarak kullanılmaktadır. Tıpta olduğu gibi diş hekimliğinde de çevre dostu olarak çevre temizliğinde, ölçü dezenfeksiyonunda ve diş ünit su yollarında biyofilmi önlemek için kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle sağlık çalışanlarının zararlı maddelerden zarar görmeme kuralına tahriş edici olamaması nedeniyle uygun bir üründür.

Süperoksitlenmiş suyun sporlar dahil güçlü biyosidal etkisi yüksek redoks potansiyelinden kaynaklanmaktadır. Sterilox'un antimikrop etkinliği *Mycobacterium tuberculosis*, *M. avium-intracellulare*, *Mycobacterium chelonae*, *Escherichia coli* (tip O157 dahil), *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* var. *niger*, metisiline dirençli *Staphylococcus aureus* (MRSA), *Candida albicans*, Poliovirüs tip 2 ve HIV-1'e karşı denenmiş; tüm mikroorganizmaları 2 dakikalık süre içinde %99.9 azalttığı saptanmıştır (23).

İngiltere'de Portsmouth Üniversitesi'nde 1996 yılından beri Sterilox'un mikroorganizmalara etki biçimi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. "Atomic Force Microscopy (AFM)" ile yapılan çalışmalarda mikroorganizmaları nasıl yıkıma uğrattığı *E. coli* NTCT 9001 suşunda görüntülenmiştir. Sterilox öncelikle mikroorganizmanın hücre duvarı üzerindeki ekstraselüler polimer yapıları (EPS) uzaklaştırmakta ve böylece korunmasız kalan hücre duvarını kolayca kırarak hücrenin erimesine yol açmaktadır (25). Bu, süperoksitlenmiş suyun yüzeye sıkıca yapışık mikroorganizmaları yani biyofilmi parçalayabildiği anlamına gelmektedir.

Sterilox'un biyolojik aşındırmadan (biocorrosion) sorumlu tutulan ve biyolojik kötü kokuya (biofouling) neden olan sülfatı indirgeyen anaerob bakterilerden *Desulfovibrio indonensis* üzerine etkisi de AFM tekniği ile kanıtlanmıştır (26). Bu nedenle özellikle denizle ilgili endüstride Sterilox kullanımı yaygınlaşmaya başla-

mıştır. Sterilox doğrudan deniz suyundan eldesi ve toksik yan ürünlere neden olmaması özellikleriyle daha önce kullanılan glutaraldehid, klor, hipoklorid, klordioksit, brom, ozon ve dört değerli amonyum bileşiklere yeğlenmektedir.

Süperoksitlenmiş suyun kullanımından tarım ürünlerinin dekontaminasyonu ve felaket bölgelerinde su sağlanması gibi alanlarda da yararlanılmaktadır. Süperoksitlenmiş suyun antiseptik olarak da kullanımıyla ilgili bildirimler artmaya başlamıştır (27-29).

KAYNAKLAR

1. Dychdala GR. Chlorine and chlorine compounds. In: Block SS (ed). Disinfection, Sterilization and Preservation. SS Block. 4th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991:131-51.
2. Bloomfield SF. Chlorine and iodine formulations. In: Ascenzi JM (ed). Handbook of Disinfections and Antiseptics. New York: Marcel Dekker Inc, 1996:133-58.
3. www.eurochlor.org: Chlorine Online Information Resource
4. McGill Laboratory Biosafety Manual. 2nd ed, 1997.
5. Murray PR, Rosental KS, Kobayashi GS, Pfaller MA. Medical Microbiology. 3rd ed. St. Louis: Mosby Inc, 1998:74-8.
6. BCCDC Laboratory Services: a guide to selection and use of disinfectants, BC Centre for Disease Control, 2003.
7. McDonnell G, Russell AD. Antiseptics, and disinfectants: activity, action, and resistance. Clin Microbiology Review 1998;12:147-79.
8. Penna TC, Mazzola PG, Martins AM. The efficacy of chemical agents in cleaning and disinfection programs. BMC Infect Dis 2001;1:16.
9. Mazzola PG, Penna TC, da S Martins AM. Determination of decimal reduction time (D value) of chemical agents used in hospitals for disinfection purposes. BMC Infect Dis 2003;3:24.
10. Rutala WA. APIC Guideline for selection and use of disinfectants. Am J Infect Control 1995;23:35-65.
11. Warren IC, Hutchinson M, Ridgway JW. Comparative assessment of swimming pool disinfectants. In: Collins CH (ed). Desinfectants. Their use and Evaluation of Effectiveness. New York: Academic Press, 1981:45-57.
12. Beckford J. Spillage of blood and body fluid policy, Westminster NHS Primary Care Trust, 2004.
13. Infection control-decontamination and sterilization policy, p.13 Westminster NHS Primary Care Trust, 2005.
14. Lobene RR, Soparkar PM, Hein JW, Quigley GA. A study of effects of antiseptic agents and a pulsating irrigating device on plaque and gingivitis. J Periodontol 1972;43:564-8.
15. Günaydın İT. Kök kanalından *Enterococcus faecalis*'in eliminasyonunda farklı yıkama yöntemleriyle kullanılan yıkama solüsyonlarının ve kanal içi kalsiyum hidroksit uygulamasının etkinliğinin in vitro olarak incelenmesi, İÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı Doktora Tezi, 2002, İstanbul.
16. Babb JR, Bradley CR, Ayliffe GAJ. Sporocidal activity of glutaraldehyde and hypochlorites and other factors influencing their selection for the treatment of medical equipment. J Hosp Infect 1980;1:63-75.

17. Babb JR, Bradley CR. A review of glutaraldehyde alternatives. *British Journal of Theatre Nursing* 1995;5:22-4.
18. WORKING PARTY REPORT Cleaning and disinfection of equipment for gastrointestinal endoscopy. Report of a Working Party of the British Society of Gastroenterology Endoscopy Committee GUT 1998;42:585-93.
19. Russell AD. Similarities and differences in responses of microorganisms to biocides. *JAC* 2003;52:750-63.
20. Coates D. An evaluation of the use of chlorine dioxide (Tristel One-Shot) in an automated washer/disinfector (Medivator) fitted with a chlorine dioxide generator for decontamination of flexible endoscopes. *J Hosp Infect* 2001;48:55-65.
21. www.fda.gov/cdrh/ode/germlabhtml: FDA-Cleared sterilants and high level disinfectants with general claims for processing reusable medical and dental devices, Nov, 2003.
22. What is Sterilox, Bioptica: Sterilox Medical (Europe); Issue 1, 1998.
23. Selkon JB, Babb JR, Morris R. Evaluation of the antimicrobial activity of a new superoxidized water, sterilox solution for the disinfection of endoscopes. *J Hosp Infect* 1999;41:59-70.
24. BSG Guidelines for decontamination of equipment for gastrointestinal endoscopy, BSG Working Party Report 2003, The Report a Working Party of the British Society of Gastroenterology Endoscopy Committee.
25. Tapper RC, Smith JR, White M, Cocking C, Beech IB. Atomic Force Microscopy verifies Sterilox efficacy, Bioptica Issue 2/3:8-9, 1999.
26. Marine environment will benefit from Sterilox, Bioptica Issue 2/3:11-12, 1999.
27. Horita Y, Miyazaki M, Noguchi M, Tadokoro M, Taura K, Ozono Y, Kohno S. Healing of Fournier's gangrene of the scrotum in a haemodialysis patient after conservative therapy alone. *Nephrol Dial Transplant* 2000;15:419-42.
28. Ohno H, Higashidate M, Yokosuka T. Mediastinal irrigation with superoxidized water after open-heart surgery: the safety and pitfalls of cardiovascular surgical application. *Surg Today* 2000;30:1055-6.
29. Solovyeva AM, Dummer PM. Cleaning effectiveness of root canal irrigation with electrochemically activated anolyte and catholyte solutions: a pilot study. *Int Endod J* 2000;33:494-504.