



## Water, Salt, Hypochlorous Acid and Infection Protection

Fatih Mehmet ATEŞ

Bayburt Üniversitesi, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, Bayburt, Türkiye

### Keywords:

Hypochlorous acid,  
Disinfectant,  
Antimicrobial effect

### Abstract

The survival of living things depends on the intake of certain chemicals at appropriate rates and at appropriate times. These chemicals; Food can be taken with water and air. A large part of the world contains water, and living organisms also contain water at a high rate. The presence of high amounts of water in organisms ensures that most of the chemical reactions take place in aqueous solutions. Living things use different defense mechanisms to protect the integrity of their own organism. Defense cells have an important role in the destruction of infectious agents in terms of antimicrobial activity. Neutrophils show antimicrobial activity by forming Hypochlorous acid (HOCl) via myeloperoxidase. HOCl, which is produced naturally by the defense system, can also be used artificially for cleaning and disinfection. HOCl; It is economical as it can be produced by electrolysis of water and NaCl. Maximum antimicrobial effect is reached at pH = 3-6 levels in cleaning and disinfection. HOCl decomposes in aqueous solution as H<sup>+</sup> and OCl<sup>-</sup> and denatures proteins. HOCl; Creating chloramines and nitrogenous radicals, it renders viruses harmless by breaking down double-stranded DNA. HOCl is a weak but effective acid that has been used to destroy viruses in a wide spectrum, including Covid-19. In the light of the studies carried out, it is predicted that HOCl will be used in many more areas, especially in the medical sector.

## Su, Tuz, Hipokloröz Asit ve Enfeksiyonlardan Korunma

### Anahtar Kelimeler:

Hipokloröz asit,  
Dezenfektan,  
Antimikrobiyal etki

### Özet

Canlılar için hayatın devamı, belirli kimyasalların uygun oranlarda ve uygun zamanlarda alınmasına bağlıdır. Bu kimyasallar; gıdalar, su ve hava ile alınabilmektedir. Dünyanın büyük bir bölümü su içerdiği gibi canlı organizmalarda da yüksek oranda su bulunmaktadır. Organizmalarda yüksek oranda suyun varlığı kimyasal reaksiyonların büyük bir kısmının da sulu çözeltilerde olmasını sağlamaktadır. Canlılar kendi organizmasının bütünlüğünü koruma adına farklı savunma mekanizmaları kullanmaktadır. Enfeksiyon etkenlerinin yok edilmesinde antimikrobiyal etkinlik açısından savunma hücreleri önemli bir yere sahiptir. Nötrofiller, myeloperoksidaz aracılığı ile Hipokloröz asit (HOCl) oluşturarak antimikrobiyal aktivite göstermektedir. Savunma sisteminin doğal olarak ürettiği HOCl, yapay olarak da üretilerek temizlik ve dezenfeksiyon amacıyla kullanılabilir. HOCl; su ve NaCl'nin elektrolizi ile üretilen için ekonomiktir. Temizlik ve dezenfeksiyonda maksimum antimikrobiyal etkiye pH=3-6 seviyelerinde ulaşmaktadır. HOCl sulu çözelti içerisinde, H<sup>+</sup> ve OCl<sup>-</sup> olarak ayrışır ve proteinleri denatüre eder. HOCl; kloraminler ve azotlu radikaller oluşturarak çift sarmallı DNA'ları parçalayarak virüsleri zararsız hale getirmektedir. HOCl, Covid-19 dâhil geniş bir tayfta virüslerin yok edilmesinde kullanım alanı bulan zayıf ama etkili bir asittir. Yapılan çalışmalar ışığında HOCl, gelecekte özellikle medikal sektöründe olmak üzere daha birçok alan da kullanım alanı bulacağı öngörülmektedir.

## 1 GİRİŞ

Dünya, bir başka deyişle yerküre; büyük bir bölümünü çevreleyen su (H<sub>2</sub>O) moleküllerinin çokluğu sebebiyle “Mavi Küre” kavramı ile özdeşleşmiştir. Yerkürenin %97,5'nin suyla kaplı olmasına rağmen, bu suyun %2,5'i kullanılabilir haldedir. Ancak sınırlı olan bu miktarın da %2'lik kısmı kutuplarda buz şeklinde olduğu düşünülürse, suyun yalnızca % 0,5'lik bir kısmı canlılar tarafından kullanılabilir özelliğe sahiptir [1]. Topraklarında içilebilir niteliğe sahip su miktarı düşük olan ülkeler, ihtiyaçlarının karşılanması adına çevresinde bulunan deniz ve okyanuslardaki suları kullanma yoluna gitmektedirler. Ancak okyanuslardaki ve denizlerdeki su % 3,5'lik bir tuzluluk yüzdesine sahiptir [1]. Bu suyun, canlılar tarafından kullanılabilir seviyelerdeki tuzluluk oranına kavuşturulabilmesi uygun ve yeterli kapasitedeki arıtma tesisleri ile mümkün olmaktadır. 2015 yılında yapılan bir çalışmaya göre, 400 milyon insanın tuzdan arındırılmış su kullandığını, 2025 yılına ulaşıldığında ise dünya nüfusunun %14'ünün tuzdan arındırılmış su kullanacağı tespit edilmiştir [2]. Canlılar için hayat kaynağı olan kullanılabilir içerikteki suyun denizler ve okyanuslardan arıtma ile elde edilmesi sırasında canlılar elzem olan tuzların temini de mümkün olmaktadır. Deniz ve diğer su kaynaklarından elde edebileceğimiz tuzlar buldukları coğrafyanın özelliklerine bağlı olarak çeşitli kimyasal yapılara sahiptir. Akdeniz suyunun 1 m<sup>3</sup>'ünün içerdiği tuzlar incelenecek olursa; Sodyum Klorür (NaCl) 31,4 kg, Magnezyum Klorür (MgCl<sub>2</sub>) 3,3 kg, Magnezyum Sülfat (MgSO<sub>4</sub>) 2,7 kg, Kalsiyum Hidroksit (Ca(OH)<sub>2</sub>) 1,4 kg vb. tuzları içermektedir. İnsan besin olarak, tarımda, sanayide, tıpta, ulaşımda vb. birçok alanda kullandığı tuzu; çok çeşitli kaynaktan ve çok çeşitli yöntemlerle elde etmektedir [3].

## 2 ENFEKSİYONLARDAN KORUNMA

İnsanlık, tarih boyunca sayısız enfeksiyon etkeni ile karşı karşıya kalmıştır. Bazı enfeksiyon etkenleri bağışıklık sisteminin savunucu elemanları aracılığıyla kişinin farkına bile varmadan bertaraf edilmesiyle sonuçlanırken; bazı etkenler bağışıklık sistemini ciddi şekilde zorlayarak çeşitli enfeksiyonlara neden olmaktadır. Bu enfeksiyon etkenlerinin yok edilmesi veya zararsız hale getirilebilmesi amacıyla sterilizasyon ve dezenfeksiyon işlemleri uygulanmaktadır. Fiziksel veya kimyasal işlemler aracılığıyla; sporlar da dâhil olmak üzere mikrobiyolojik ajanların cansız yüzeylerden yok edilmesi işlemi sterilizasyonu ifade etmektedir. Benzer şekilde yalnızca enfeksiyon etkenlerinin cansız yüzeylerden yok edilmesi ise dezenfeksiyon işlemi ifade etmektedir. İşleme tabi tutulan alanların ön temizliği, enfeksiyon çeşidi ve miktarı, pH, sıcaklık, dezenfektanın konsantrasyonu, uygulamanın süresi, dezenfeksiyon işlemi uygulayacak çalışanın bilgi seviyesi vb. dezenfeksiyon işleminin başarısını etkileyen faktörlerdendir [4]. Canlılarda, patojen mikroorganizmaların kimyasal maddeler kullanılarak yok edilmesi ise antisepsi olarak ifade edilmektedir [5]. Sterilizasyon amaçlı; ısı, ışın, süzme, gaz buharı, kimyasal yöntemler kullanılmaktadır. Pastörizasyon, fiziksel bir dezenfeksiyon yöntemi olarak kullanılırken; alkoller, aldehytlar, klorlu bileşikler, iyodoforlar, oksidizanlar, fenolik bileşikler, kuaterner amonyum bileşikleri kimyasal bir dezenfeksiyon yöntemi bileşeni olarak kullanılmaktadır [5]. Kimyasal dezenfeksiyon maddeleri olarak da; klor, hipokloröz asit, hipokloritler, sodyum dikloroizosiyanat (NaDCC), sodyum tosilkloramid (Kloramin-T), klor dioksit kullanılmaktadır [6]. Enfeksiyonlardan korunma da tek önlem; dezenfeksiyon ve sterilizasyon vb. çevresel koşulların düzenlenmesi işlemleri değildir. Bağışıklığın artırılmasına yönelik çalışmalar, dengeli beslenme, koruyucu ilaçlar, kişisel hijyene özen gösterme, seyahat önlemleri alma vb. uygulamalar ile de insanlar enfeksiyonlardan korunabilmektedir.

## 3 ELEKTROLİZE SU

Elektrolize suyun (ES) antimikrobiyal etkisinin tespitinden sonra dezenfektan amaçlı kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır [7]. Kuvvetli asidik elektrolize su (KAES) olarak da tanınan elektrolize oksitleyici su (EOS) Japonya'da keşfedilmiştir ve antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu için gıda endüstrisinde yaygın bir kullanım alanı bulmuştur [8]. EOS; sodyum hipoklorit, asetik asit, glutaraldehit vb. temizlik amaçlı genel kullanım alanı bulmuş kimyasallara oranla daha uygun fiyatlı ve daha az tehlikeye sahiptir [9,10]. Bunun yanında, EOS üretiminde herhangi bir tehlikeli kimyasal kullanılmadığı için çevreye ve kullanan kişilere daha az miktarda olumsuz etkileri oluşmaktadır [8,11].

Seyreltik NaCl çözeltisi bulunan elektroliz kabı; anot ve katot bölmeleri bir zar ile ayrılarak, elektroliz işlemi gerçekleştirilerek EOS üretilmektedir. Doğru akım uygulanan elektrotlarda, elektroliz kabında bulunan klorür (Cl<sup>-</sup>) ve hidroksit (OH<sup>-</sup>) vb. anyonlar; oksijen (O<sub>2</sub>) gazı, klor (Cl<sub>2</sub>) gazı, hipoklorit (OCl<sup>-</sup>) iyonu, hipokloröz asit (HOCl) ve hidroklorik asit (HCl) meydana getirmek için anot elektroda doğru hareket eder. Hidrojen (H<sup>+</sup>), sodyum (Na<sup>+</sup>) vb. katyonlar ise hidrojen gazı (H<sub>2</sub>) ve sodyum hidroksit (NaOH) moleküllerine dönüşmek üzere katot elektroda doğru hareket ederler [8,12]. Elektrolize su oluşumu esnasında gözlenen reaksiyonlar aşağıda belirtilmiştir. Buna göre anot elektrotunda gerçekleşen reaksiyonlar (1), (2), (3) numaraları ile ifade edilen

denklemlerde açıklanırken; katot elektrotunda gerçekleşen reaksiyonlar (4), (5) numaraları ile belirtilen denklemler aracılığıyla açıklanabilmektedir.

#### Anot Reaksiyonları



#### Katot Reaksiyonları



NaCl'nin seyreltik çözeltisi ile hazırlanan elektrolize su pH açısından incelendiğinde; asidik ve alkali olmak üzere iki gruba ayrılabilir. EOS; yüksek düzeydeki oksidasyon-redüksiyon potansiyeli (ORP>1000 mV), düşük pH (2.3-2.7) değerinde reaksiyon oluşturularak anotta yüksek seviyedeki çözünmüş oksijen ve serbest klor içeren moleküllerin tesis edilmesine imkân vermektedir. EOS'un kuvvetli bir antibakteriyel etkisi olduğu için dezenfektan amacıyla kullanılmaktadır. Antibakteriyel özellik, dezenfektanın içeriğindeki HOCl ve Klor'dan kaynaklanmaktadır [13]. Benzer şekilde tasarlanan elektroliz düzeneği ile elektrolize redüktif (indirgenmiş) su (ERS) da elde edilebilmektedir. Alkali elektrolize su olarak da bilinen, ERS; düşük ORP (800-900 mV), yüksek pH (10.0-11.5) değerinde reaksiyon meydana getirilerek katotta, yüksek çözünmüş hidrojen içeren moleküllerin tesis edilmesine olanak sağlamaktadır. Kuvvetli indirgeme potansiyeli olan ERS, mutfak eşyaların ve gıdaların temizlenmesi için kullanılabilir [8,12]. EOS, etkinliğini uzun süre koruyabilirken; ERS, zamanla etkinliğini kaybedebilmektedir.

## 4 HİPOKLORÖZ ASİT

Dezenfeksiyon amacıyla kullanılacak kimyasalların; temas ettiği yüzeyde korozyon oluşturmayacak, toksik olmayacak ve düşük fiyatlı olanları seçilmelidir. Hipokloröz asit (HOCl); su ve NaCl'nin elektrolizi ile üretilebildiği için ekonomik ve aynı zamanda tüm memelilerde patojen mikroorganizmalara karşı etkili bir dezenfektan olarak geniş kullanım alanı bulmuştur. Nötrofiller, eozinofiller, B lenfositleri, mitokondriyal zara bağlı nikotinamid adenin dinükleotid fosfat oksidaz ile enfeksiyonlara yanıt olarak HOCl üretir [14]. Elde edilen HOCl, maksimum antimikrobiyal etkiye pH=3-6 seviyelerinde ulaşmaktadır [15]. Sulu çözelti içerisinde, H<sup>+</sup> ve OCl<sup>-</sup> olarak ayrışır ve proteinleri denatüre eder. HOCl; kloraminler ve azotlu radikaller oluşturarak çift sarmallı DNA'ları parçalayarak virüsleri zararsız hale getirmektedir [16].

## 5 HİPOKLORÖZ ASİDİN KARARLILIĞI

Hazırlanan HOCl çözeltileri; güneş ışığına maruz kaldığında veya korunduğunda, 4. günden itibaren klor miktarında azalmalar başlamaktadır. Ancak, güneş ışığından korunmuş olan çözeltilerde klor miktarındaki azalma 15. günden itibaren başlamaktadır [17]. OCl<sup>-</sup> / HOCl oranı azaldıkça azalan pH sebebiyle yarı ömrü artar [18]. OCl<sup>-</sup> 'in; ppm (parts per million) cinsinden konsantrasyonu, aktif bileşen ve mevcut serbest klor (AFC) olarak bilinmektedir. UV radyasyon, güneş ışınları, hava ile temas ve 25 °C'den yüksek çözelti sıcaklıkları; HOCl çözeltilerinin kararlılıklarını azaltmaktadır. Bu sebepten dolayı, HOCl çözeltileri karanlık ve hava ile en az temas edebilecek alanlarda saklanmalıdır. Üretim suyu özellik bakımından, organik ve inorganik iyon derişimleri olabildiğince az miktarlarda olmalıdır [19-22].

## 6 HİPOKLORÖZ ASİDİN ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTESİ

Nötrofillerde, HOCl kullanılarak patojen mikrobiyolojik ajanların yok edilmesindeki mekanizma tam olarak izah edilememiştir [23,24]. Fakat biyokimyasal açıdan güçlü bir aktiviteye sahiptir [25-27]. Sistein, metiyonin, glutatyon gibi kükürt içeren bileşikler, HOCl'ye duyarlıdır. Sisteindeki kükürt grupları, intramoleküler ise sülfenik asit, sülfonik asit veya disülfide oksitlenirken; intermoleküler ise tiyol gruplarına dönüşür. Metiyonin içindeki kükürt gruplarının oksidasyonu sonucu metiyonin sülfoksit, dehidrometiyonin veya süfilimin oluşur [28-30]. Diğer molekülleri klorlama ve oksitleme ile birincil ve ikincil aminler dönüştürülür [31,32]. HOCl, patojenler içindeki yapısal bütünlüğü ve enerji üretimini vb. geniş bir tayftaki kimyasal reaktivite sebebiyle

durdurur. Nötrofiller, çok farklı mikroorganizmalarla karşılaşır ve yutar. HOCl; hücre duvarlarını, yapısal bileşenleri, kapsülleri ve lipopolisakkaritleri etkileyebilecek özelliğe sahip savunma sistemini sağlama hususunda nötrofillerin yardımcısıdır [33]. Nitrik oksit, HOCl ürünü olan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile karşılaştırıldığında; HOCl tiyollere karşı yaklaşık 10 milyon kat daha reaktiftir [34]. HOCl'nin, savunmasız hedeflerle yalnızca geçici olarak reaksiyona girme olasılığı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'den daha fazladır. Duyarlı bakterilerin HOCl ile yok edilmesi milisaniye içerisinde gerçekleşmektedir [35]. Escherichia coli' nin yok edilebilmesi için HOCl'den 108 molekül gerekirken, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'den 1011 molekül gerekmektedir [36].

HOCl'nin antibakteriyel etkileri olduğu gibi antiviral etkisi de bulunmaktadır. HOCl'nin; Covid-19 dâhil çeşitli virüsleri 1 dakikadan daha kıza bir zamanda etkisiz hale getirdiği gösterilmiştir [37]. HOCl'nin 200 ppm derişimdeki çözeltisi, norovirüs ve diğer enterik virüslerle kontamine yüzeyleri 1 dakikalık temasla dezenfekte ederken; derişimi 10 kat seyreltildiğinde, 20 ppm HOCl çözeltisi 10 dakikalık bir zamanda kontamine yüzeyleri dezenfekte edebilmektedir [38].

## 7 HİPOKLORÖZ ASİDİN KULLANIM ALANLARI

### 7.1 Hipokloröz Asidin Gıda Sanayisinde Kullanımı

Hipokloröz asidin mikroorganizmalar üzerine olan etkinliğinde konsantrasyonu önemli bir değişkendir. Meyve ve sebzelerde en çok görülen patojen mikroorganizmalarla güçlü bir mücadele ajanı olarak serbest klor kullanılmaktadır [39]. Serbest klorun patojen mikroorganizmalara karşı aktivitesi kullanılan suyun pH'sine, sıcaklığına, suda organik madde miktarına, viskozitesine, etkilediği yüzey ile temas süresine, ortamın ışık seviyesine, ortam havasının kalitesine, havanın ve çevrenin kirliliğine bağlı olarak değişmektedir. [40,41].

### 7.2 Hipokloröz Asidin Medikal Kullanımı

Göz enfeksiyonlarında HOCl kullanımında da başarılı sonuçlar alınmaktadır. Göz kapağı iltihabının (blefarit) tedavisinde, perioküler yüzeyde bulunan bakteri yükünü azaltmak için HOCl kullanılmaktadır. HOCl'nin 100 ppm'lik çözeltisi, Stafilocok'ta % 99'dan fazla azalma gözlenmiştir [42].

HOCl, kontamine olmuş biyofilmin temizlenmesinde etkili olabilmektedir. HOCl; sodyum hipoklorit ve klorheksidin ile karşılaştırıldığında ağız dokularındaki Porphyromonas Gingivalis önemli ölçüde azaltmaktadır [43]. HOCl kullanılarak diş fırçalarının dezenfekte edilmesi, ağız içi patojen bakterilerin azalmasına imkan vermektedir [44].

Kazalar, cerrahi müdahaleler vb. etkisi ile meydana gelen yaraların enfeksiyon etkenlerinden uzak kalabilmesi için uygun antiseptik kimyasallar tercih edilmelidir. Diğer medikal uygulamalarda olduğu gibi yara bakımında da HOCl kullanımı, enfeksiyon etkenlerinin yaralı bölgelerde çoğalmasını önemli seviyelerde azaltmaktadır. İntraperitoneal yara bakımı ile ilgili bir klinik çalışmada, hastaların periton boşluğunun lavajı 100-ppm HOCl ve yaranın yıkanması 200 ppm HOCl ile gerçekleştirilmiştir [45]. HOCl'nin açık yaralarda bakteri sayısının azaltılmasında etkili bir ajan olduğu ve herhangi bir yan etkisi olmadığı gösterilmiştir [46]. Enfeksiyon kaynağı mikroorganizmalarla kontamine yüzeyler ile en fazla karşılaşabildiğimiz uzvumuz ellerimiz olduğundan, hastalıklardan korunmada ellerin hijyenik olması önem arz etmektedir. El antiseptikleri alkol içerikli veya alkol içermeyen bileşimlere sahip olabilmektedir. Klor esaslı antiseptikler 50-100 ppm konsantrasyonlarda bakteri ve virüslere karşı etkilidir [47].

### 7.3 Hipokloröz Asidin Yüzey Dezenfeksiyonunda Kullanımı

Çalışma hayatında ve sosyal hayatta insanlar patojen ve patojen olmayan mikroorganizmalarla birlikte iç içe yaşamaktadır. Her ne kadar hayatın bütün alanlarında patojen ajanlarla karşılaşılrsa da atık bertaraf tesisleri, hayvancılık üretim tesisleri, sağlık hizmetleri vb. sektörlerde çalışanların enfeksiyona maruz kalma riskleri biraz daha fazla olmaktadır. Bilinen temizlik ve dezenfeksiyon yöntemleri çalışanların zararlı kimyasalların kendileri veya reaksiyon ürünleri zararlı kimyasalların insan vücudunda akut ya da kronik sorunlara neden olabilmektedir. Hipokloröz asit (HOCl), yüzey dezenfeksiyonunda kullanılan diğer ağartıcılardan hem 80–200 kat daha fazla dezenfekte edici özellikte ve hem de bu kimyasallarla çalışanlar için zararlı değildir. Bir cerrahi merkezin birimlerinde HOCl'nin, bilinen temizlik yöntemlerine göre etkililik düzeyleri 2 hafta boyunca ATP (adenozin trifosfat) ölçümleri ile analiz edilmiştir. Terminal temizliğinden sonra, HOCl'nin ortalama ATP puanı standart için olandan önemli ölçüde daha düşüktü. Dezenfeksiyonun etkinliğinin incelenmesinde; HOCl'nin birimlerdeki ATP skorları 2.7 iken, ön sisleme yapılarak gerçekleştirilen dezenfeksiyonda skor 1.7 olarak tespit edilmiştir. ATP skorlarında sislemenin önemli oranda etkili olduğu gözlenmiştir. Cerrahi merkezlerde; HOCl ile temizleme

ve dezenfeksiyon, standartlara göre daha etkili olmuştur. Temizlenen ve dezenfekte edilen alanlarda, HOCl'yi sisleme yöntemi aracılığıyla kullanmanın antimikroorganizmaların yok edilmesinde daha da başarılı olduğu gösterilmiştir [48].

## 8 SONUÇLAR

İnsanlar hayat boyu canlı ve cansız varlıklar ile sürekli olarak etkileşim içindedir. Etkileşime girdiği ortamlarda organizması için tehdit oluşturacak nitelikteki ajanlarla farklı şekillerde mücadele etmektedir. Bu mücadeleyi ya kendi savunma sistemi ile ya da kişisel ve toplu koruma önlemlerini alarak gerçekleştirmektedir. Tehlikelerle mücadelede öncelik savunma mekanizmasının çalıştırılmasıdır; bunun yeterli olmadığı durumlarda toplu koruma önlemleri, bununda yetersiz olmasında kişisel koruma önlemlerine başvurulmalıdır. Özellikle pandemilere sebebiyet veren toplu koruma önlemleri daha öne çıkmaktadır. Covid-19 gibi damlacık yolu ile bulaşan enfeksiyonlarında pandemi oluşumunun engellenebilmesi için insanların izole edilmesi, temastan uzak durması, yüzeylerin dezenfeksiyonu vb. toplu koruma önlemlerini; maske, siperlik vb. takılması birer kişisel koruma önlemlerini ifade etmektedir. Bir toplu koruma önlemi olan yüzeylerin dezenfekte edilmesi için de çok farklı tür ve özelliklere sahip kimyasallar kullanılabilir. Fakat ideal bir dezenfektanın; toksik, aşındırıcı, tehlikeli, sağlığa zararlı ve pahalı olmayan özelliklere sahip olması beklenmektedir. HOCl, bu ideal özelliklere görece olarak diğer bilinen dezenfektanlara oranla daha fazla yakın olmaktadır.

HOCl; tarımda, gıda sektöründe, medikal uygulamalarda, genel temizlik ve dezenfeksiyonlarda kullanılmaktadır [18,38,49,50,51,52]. HOCl'nin sisleme ile uygulandığı durumda antibakteriyel ve antiviral etilidir [38,53,54]. HOCl'nin diğer dezenfektanlara göre ucuz olması ve geniş bir antimikrobiyal etkiye sahip olması sebebiyle farklı özellikle medikal kullanım alanları da çok artmış ve çeşitlenmiştir. Yaygınlaşmanın en önemli sebeplerinden biri de HOCl'nin insan savunma sistemi tarafından da üretilmesidir. Bu yüzden de diğer temizleme ve antimikrobiyal ajanlara göre daha doğaldır.

HOCl, günümüzde bilinen kullanım alanlarının dışında gelecekte yeni uygulamalarının görülebileceği çok da gerçekleşmesi mümkün olmayan durum değildir. Gelecekte soğuk yanıklarının tedavi edilmesinde HOCl'den faydalanılabileceği düşünülebilir. Benzer şekilde; çil, benek, güneş lekesi vb. cilt problemlerinin tedavisinde; anti-ageing etki amacıyla kullanılabileceği düşünülebilir.

## Kaynakça

- [1] K. Ulusoy, *Küresel Ticaretin Son Hedefi: Su Pazarı*, Kristal Kitaplar Yayınevi, Ankara, 2007.
- [2] A. Ü. Tepe, Y. Yetişken, E. Gülsevinçler, "Tuzlu Sudan Güneş Destekli Isı Pompası ile İçme Suyu Elde Edilmesi" in *2017 First International Conference on Energy Systems Engineering*, 2017.
- [3] Z. Ergin, "Tuzun üretim teknolojisi ve insan sağlığındaki yeri" *Bilimsel Madencilik Dergisi*, vol. 27(1), pp. 9-30, 1988.
- [4] S. Arıkan, "Temizlik, Dezenfeksiyon ve Sterilizasyon" *Hastane Enfeksiyonları Dergisi*, I, pp.61-68, 1997.
- [5] İ. Dolapçı, "Sterilizasyon ve Dezenfeksiyon" *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Ders Notları*, Ankara, 2016.
- [6] G. Külekçi, "Klor Verici Dezenfektanların Kullanım İlkeleri Hangi Şartlarda, Hangi Amaçlarla Kullanılır? Türevleri Nelerdir?" in 2005, *4. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi*, pp.207-219, 2005.
- [7] F. Turantaş, S.E. Bilek, Ö. Sömek, A. Kuşçu, "Decontamination Effect Of Electrolyzed Water Washing On Fruits And Vegetables" *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Science*, vol. 7 (4) 337-342, 2018.
- [8] Y.R. Huang, Y.C. Hung, S.Y. Hsu, Y.W. Huang and D.F. Hwang, "Application Of Electrolyzed Water In The Food Industry", *Food Control*, vol. 19(4), 329-345p. 2008.
- [9] B. Ayebah and Y.C. Hung., "Electrolyzed Water And Its Corrosiveness On Various Surface Materials Commonly Found In Food Processing Facilities" *Journal Of Food Process Engineering*, vol. 28(3), 247-264p. 2005.
- [10] Y. Sakurai, M. Nakatsu, Y. Sato and K. Sato, "Endoscope Contamination From HBV- And Hcvpositive Patients And Evaluation Of A Cleaning/Disinfecting Method Using Strongly Acidic Electrolyzed Water" *Digest Endoscopy*, vol. 15, 19-24. 2003.
- [11] Y. Mori, S. Komatsu and Y. Hata, "Toxicity Of Electrolyzed Strong Acid Aqueous Solution-Subacute Toxicity Test And Effect On Oral Tissue In Rats" *Odontology*, vol. 84, 619-626p., 1997.

- [12] S.Y. Hsu, "Effects Of Flow Rate, Temperature And Salt Concentration On Chemical And Physical Properties Of Electrolyzed Oxidizing Water" *J Of Food Engineer*, vol. 66, 171-176p., 2005.
- [13] N. Tosa and Y. Yamasaki, "Effect Of Organic Substances On The Residual Chlorine Contained In The Strong Acidic Electrolyzed Water" *J Of The Japanese Soc For Food Sci And Technol.*, vol. 47(4), 287-295p., 2000.
- [14] A.J. Kettle , C.C. Winterbourn, "Myeloperoxidase: A key regulator of neutrophil oxidant production." *Redox Rep* vol. 3:3, 1997.
- [15] L. Wang, M. Bassiri, R. Najafi et al, "Hypochlorous acid as a potential wound care agent: Part I. Stabilized hypochlorous acid: A component of the inorganic armamentarium of innate immunity" *J Burns Wounds*, vol. 6:e5, 2007.
- [16] J. Winter, M. Ilbert, P. C.F. Graf et al "Bleach activates a redoxregulated chaperone by oxidative protein unfolding." *Cell* vol. 135:691, 2008.
- [17] F. G. Rossi, E. J. Dogramaci, L. Steier , J. A. de Figueiredo, "Some factors influencing the stability of Sterilox( ), a superoxidised water" *Br Dent J* vol. 210:E23, 2011.
- [18] L. H. Nowell, J. Hoign e, "Photolysis of aqueous chlorine at sunlight and ultraviolet wavelengths—I. Degradation rates." *Water Res* vol. 26:593, 1992
- [19] W. A. Rutala, E. C. Cole, C. A. Thomann, D.J. Weber, "Stability and bactericidal activity of chlorine solutions." *Infect Control Hosp Epidemiol* vol. 19:323, 1998.
- [20] M. Ishihara, K. Murakami, K. Fukuda et al, "Stability of weakly acidic hypochlorous acid solution with microbicidal activity." *Biocontrol Sci* vol. 22:223, 2017.
- [21] G. Kampf, D. Todt, S. Pfaender, E. Steinmann, "Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents." *J Hosp Inf* vol. 104:246, 2020.
- [22] G. W. Park , D. M. Boston , J. A. Kase et al, "Evaluation of liquid- and fogbased application of Sterilox hypochlorous acid solution for surface inactivation of human norovirus." *Appl Environ Microbiol* vol. 73:4463, 2007.
- [23] C. C. Winterbourn, A. J. Kettle, "Redox reactions and microbial killing in the neutrophil phagosome." *Antioxid. Redox Signal.* vol. 18, 642–660., 2013.
- [24] J. K. Hurst, "What really happens in the neutrophil phagosome?" *Free Radic. Biol. Med.* vol. 53, 508–520., 2012.
- [25] M. J. Davies, "Myeloperoxidase-derived oxidation: mechanisms of biological damage and its prevention." *J. Clin. Biochem. Nutr.* vol. 48, 8–19., 2011.
- [26] D. I. Pattison, C. L. Hawkins, M. J. Davies, "What are the plasma targets of the oxidant hypochlorous acid? A kinetic modeling approach." *Chem. Res. Toxicol.* vol. 22, 807–817., 2009.
- [27] D. I. Pattison, M. J. Davies, "Absolute rate constants for the reaction of hypochlorous acid with protein side chains and peptide bonds." *Chem. Res. Toxicol.* vol. 14, 1453–1464., 2001.
- [28] M. Deborde, U. von Gunten, "Reactions of chlorine with inorganic and organic compounds during water treatment-kinetics and mechanisms: a critical review." *Water Res.* vol. 42, 13–51., 2008.
- [29] A. V. Peskin, R. Turner, G. J. Maghzal, C. C. Winterbourn, A. J. Kettle, "Oxidation of methionine to dehydromethionine by reactive halogen species generated by neutrophils." *Biochemistry* vol. 48, 10175–10182., 2009.
- [30] Ronsein, G. E., Winterbourn, C. C., Di Mascio, P., Kettle, A. J. (2014) Cross-linking methionine and amine residues with reactive halogen species. *Free Radic. Biol. Med.* vol. 70, 278–287.
- [31] H. Rosen, S. J. Klebanoff, Y. Wang, N. Brot, J. W. Heinecke, X. Fu, "Methionine oxidation contributes to bacterial killing by the myeloperoxidase system of neutrophils." *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* vol. 106, 18686–18691., 2009.
- [32] J. K. Hurst, J. M. Albrich, T. R. Green, H. Rosen, S. Klebanoff, "Myeloperoxidase-dependent fluorescein chlorination by stimulated neutrophils." *J. Biol. Chem.* vol. 259, 4812–4821., 1984.
- [33] W. M. Nauseef, "Myeloperoxidase in human neutrophil host defence." *Cell. Microbiol.* vol. 16, 1146–1155., 2014.

- [34] J. A. Imlay, "Pathways of oxidative damage." *Annu. Rev. Microbiol.* vol. 57, 395–418., 2003.
- [35] J. M. Albrich, J. K. Hurst, "Oxidative inactivation of *Escherichia coli* by hypochlorous acid. Rates and differentiation of respiratory from other reaction sites." *FEBS Lett.* vol. 144, 157–161., 1982.
- [36] S. V. Lymar, J. K. Hurst, "Role of compartmentation in promoting toxicity of leukocyte-generated strong oxidants." *Chem. Res. Toxicol.* vol. 8, 833–840., 1995.
- [37] G. Kampf, D. Todt, S. Pfaender, E. Steinmann, "Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents." *J Hosp Inf* vol. 104:246, 2020.
- [38] G. W. Park, D. M. Boston, J. A. Kase et al, "Evaluation of liquid- and fogbased application of Sterilox hypochlorous acid solution for surface inactivation of human norovirus." *Appl Environ Microbiol* vol. 73:4463, 2007.
- [39] L. R. Beuchat, "Use of sanitizers in raw fruit and vegetable processing." *In: Maryland. An Aspen Publication*, 2000.
- [40] R. H. Schmidt, G. E. Rodrick, J. Wiley, "Food Safety Handbook" *Wiley Online Library*, 2003.
- [41] B. Kaçmaz, N. Sultan, "Dezenfektanların mikroorganizmalara karşı etkinliğinin temiz ve kirli yüzeylerde değerlendirilmesi." *Türk Hij Den Biyol Derg.* vol. 62(1,2,3): 27-34., 2005.
- [42] D. W. Stroman, K. M. Keri, A. B. Epstein et al, "Reduction in bacterial load using hypochlorous acid hygiene solution on ocular skin." *Clin Ophthalmol* vol. 11:707, 2017.
- [43] J. C. Chen, J. S. Ding, "Effectiveness of hypochlorous acid to reduce the biofilms on titanium alloy surfaces in vitro." *Int J Mol Sci* vol. 17:1161, 2016.
- [44] S. H. Lee, B. K. Choi, "Antibacterial effect of electrolyzed water on oral bacteria." *J Microbiol* vol. 44:417, 2006.
- [45] A. Kubota, T. Goda, T. Tsuru et al, "Efficacy and safety of strong acid electrolyzed water for peritoneal lavage to prevent surgical site infection in patients with perforated appendicitis." *Surg Today* vol. 45:876, 2015.
- [46] J. M. Hiebert, M. C. Robson, "The immediate and delayed postdebridement effects on tissue bacterial wound counts of hypochlorous acid versus saline irrigation in chronic wounds." *Eplasty* vol. 16:e32, 2016.
- [47] M. K. Wolfe, K. Gallandat, K. Daniels et al, "Handwashing and Ebola virus disease outbreaks: A randomized comparison of soap, hand sanitizer, and 0.05% chlorine solutions on the inactivation and removal of model organisms Phi6 and *E. coli* from hands and persistence in rinse water." *PLoS One* vol. 12:e0172734, 2017.
- [48] B. Overholt, K. Reynolds, D. Wheeler, "A safer, more effective method for cleaning and disinfecting GI endoscopic procedure rooms." *Open Forum Infect Dis* vol. 5(Suppl 1):S346, 2018.
- [49] S. Veasey, P. M. Muriana, "Evaluation of electrolytically-generated hypochlorous acid (electrolyzed water) for sanitation of meat and meat-contact surfaces." *Foods* vol. 5:42, 2016.
- [50] C. Morita, T. Nishida, K. Ito, "Biological toxicity of acid electrolyzed functional water: Effect of oral administration on mouse digestive tract and changes in body weight." *Arch Oral Biol* vol. 56:359, 2011.
- [51] D. W. Stroman, K. M. Keri, A. B. Epstein et al, "Reduction in bacterial load using hypochlorous acid hygiene solution on ocular skin." *Clin Ophthalmol* vol. 11:707, 2017.
- [52] Y. C. Su, C. Liu, Y. C. Hung, "Electrolyzed water: Principles and applications, in Zhu P (ed): *New Biocides Development, the Combined Approach of Chemistry and Microbiology.*" *Washington, DC, American Chemical Society*, pp 309–321, 2007.
- [53] R. J. McRay, P. Dineen, E. D. Kitzke, "Disinfectant fogging techniques." *Soap Chem Spec* vol. 40:112, 1964.
- [54] Y. Zhao, H. Xin, D. Zhao et al, "Free chlorine loss during spraying of membraneless acidic electrolyzed water and its antimicrobial effect on airborne bacteria from poultry house." *Ann Agric Environ Med* vol. 21:249, 2014.