

## Ortam Dezenfeksiyonunda

### Hidrojen Peroksit Buharlama Tekniğinin Değerlendirilmesi

#### Evaluation of Hydrogen Peroxide Vaporizing Technique

#### for Environmental Disinfection

Şükrü OKKESİM<sup>1</sup>, Tuğçe MANAV<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fatih Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü, İstanbul  
sukruokkesim@fatih.edu.tr , tgcm89@gmail.com

#### Özetçe

Hastane enfeksiyonu olarak bilinen nozokomiyal enfeksiyonlar birer sağlık sorunu olup son yıllarda önemi hızla artmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu, otomatik dezenfeksiyon robotları olan NTD sistemlerin patojenik mikroorganizmalarla mücadelede önem arz ettiği ve yeni enfeksiyon oluşma riskini de azalttığı belirtilmiştir. Güvenli ve etkin bir keşif adına çalışmaların devam ettiği bu sistemler, bakteri endosporuna dahi etki eden geniş spektrumlu etkinlikte olup alternatif dezenfektanların aksine karsinojenik özellik taşımayan hidrojen peroksit tabanlıdır.

Bu çalışma, hidrojen peroksit buharlama tekniği ile dezenfeksiyon sağlamayı amaçlayan NTD sisteminin, *Pseudomonas aeruginosa* üzerindeki öldürme etkisi ve gaz fazının ortamdaki yayılım gücünü değerlendirme amacıyla, 1:4 oranında minyatürize edilmiş yoğun bakım deney düzeneğinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda hidrojen peroksit buharlama tekniğinin yalnızca görünür yüzeylerde etkili olup, çekmece gibi kapalı alanlara ve ortamda bulunan cisimlerin altına ulaşmakta yetersiz kaldığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** — nozokomiyal enfeksiyon, ortam dezenfeksiyonu, hidrojen peroksit buharlama, *Pseudomonas aeruginosa*, minyatür yoğun bakım.

#### Abstract

Hospital-acquired infections also known as nosocomial infections are health problem and their importance has increased swiftly in recent years. As a result of investigations remarked that NTD robots which are automatic disinfection systems become more of an issue in the fight against pathogenic microorganisms and reduce the risk of new infections occur. Researchers continue to work on behalf of a safe and efficient exploration of these systems which are

hydrogen peroxide-based that are affecting the broad spectrum event; even bacterial endospores and not carrying carcinogenic properties by contrast with alternative disinfectants. This study performed to evaluate the success of hydrogen peroxide vaporization technique, which is intended NTD system to provide disinfection, on *Pseudomonas aeruginosa* lethality and distribution force of the gas phase in 1:4 scale of actual size ICU miniature experimental setup. As a result of experiments demonstrated that hydrogen peroxide vaporization is effective only in visible areas, remains incapable to reach the closed areas such as the drawer or bottom of the objects that are found in the environment.

**Keywords** — nosocomial infection, environmental disinfection, hydrogen peroxide vaporizing, *Pseudomonas aeruginosa*, miniature ICU.

#### 1. Giriş

Epidemiyolojik olarak önemli patojenik mikroorganizmaların sağlık tesisi çevresel yüzeylerinde kolonize olması nozokomiyal yani hastane enfeksiyonlarına sebep olmaktadır [1,2]. Bu patojenik mikroorganizmalar uzun süre canlılıklarını devam ettirebilmekte, el ile temas sonucu kontamine olmuş nesnelere ve hava, doğrudan veya dolaylı olarak transmisyonunda önemli rol oynamaktadır [3]. Ayrıca antibiyotiklere karşı dirençli olmaları sebebiyle kuaterner amonyum veya klor esaslı silme işlemleri ile yapılan rutin temizleme yöntemleri [4] >% 50 oranında yetersiz kalmakta ve bir sonraki hastanın enfeksiyon riskini arttırmaktadır [5]. Yetersiz hijyen koşullarının sebepleri arasında, kullanılan dezenfektanın eşit dağılımı ve doğru temas süresinin ayarlanmamasının yanı sıra, eğitim eksikliği ve zaman kısıtlaması da yer almaktadır [6-8]. Sağlık tesisleri içerisinde en büyük riski yoğun bakım üniteleri ve buradaki hastalar taşımaktadır [9,10]. Tüm bu olumsuz gelişmeler sonucu sağlık tesisi çevresel yüzeylerinde kolonize olmuş patojenik mikroorganizmalar ve nozokomiyal enfeksiyonlar ile savaşmada otomatik dezenfeksiyon robotları olan no-touch dezenfeksiyon (NTD) sistemlerinin önemi hızla artmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu, otomatik dezenfeksiyon

## Klinik Mühendisliği

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

robotlarının yeni enfeksiyon oluşma riskini de azalttığı belirtilmiştir [11]. NTD sistemler rutin temizleme ile paralel yürütülmeli, cihaz çalıştırılmadan evvel dezenfekte olacak ortamın çöp ve kalıntılarında arındırılması gerekmektedir. NTD sistemler bakteri endosporuna dahi etki eden geniş spektrumlu etkinlikte olup, alternatif dezenfektanların aksine karsinojenik özellik taşımayan hidrojen peroksit tabanlıdır [12]. Rutin temizleme yöntemlerinden daha etkin bir dezenfeksiyon sağlamayı amaçlayan bu sistemler, dezenfeksiyon şartına uygun ortam nemi ve sıcaklığı ayarlandıktan sonra %30'luk hidrojen peroksit sulu solüsyonunu ısıtarak yaklaşık 1 mikron boyutlarındaki gaz fazını elde etmekte ve dezenfekte olacak ortamın hacmine uygun miktardaki hidrojen peroksit buhar salınımını gerçekleştirmektedir [13]. Portatif NTD robotları belirli parametreler girildikten sonra insan müdahalesine gerek duymadan yerleştirildiği ortamda dezenfeksiyon işlemini gerçekleştirebilmektedirler. Bu işlem esnasında yapılması gereken tek şey; ortamda bulunan pencere, kapı ve havalandırma gibi açıklıkların kapatılmasıdır. Yapılan bazı çalışmalar, hidrojen peroksit buharlama yöntemiyle yapılan ortam dezenfeksiyonunun  $>6 \log_{10}$  oranında mikroorganizmaya etki edebildiğini gösterirken [14], farklı çalışmalar hidrojen peroksit buharının yalnızca görünür yüzeylerde etkili olup, çekmece gibi kapalı alanlara ve ortamda bulunan cisimlerin altına ulaşmakta yetersiz kaldığını belirtmiştir [15].

Buharlama tekniği ile gerçekleştirilen dezenfeksiyon işlemi, dezenfektanın ortama salındıktan sonraki yeterli maruziyetine, ortamdaki malzeme materyalleri ile olan uyumuna ve dezenfekte olacak ortamın nem ile sıcaklığına bağlıdır [16]. Bu çalışma, hidrojen peroksit buharlama tekniğinin, nozokomiyal enfeksiyona sebebiyet veren pseudomonas aeruginosa bakterisi üzerindeki öldürme etkisi ve gaz fazının ortamdaki yayılım gücünü değerlendirme amacıyla, 1:4 oranında farklı materyaller ile minyatürize edilmiş yoğun bakım deney düzeneğinde gerçekleştirilmiştir. %30'luk hidrojen peroksit sulu solüsyonu ısıtılarak ortama gaz fazında verilmiş, 5 dakika ve 15 dakika olmak üzere farklı sürelerde ortamda bekletilerek dezenfeksiyon işlemi tamamlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda hidrojen peroksit buharlama tekniğinin yalnızca görünür yüzeylerde etkili olup, çekmece gibi kapalı alanlara ve ortamda bulunan cisimlerin altına ulaşmakta yetersiz kaldığı hem biyolojik hemde kimyasal açıdan tespit edilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Deney Düzeneği Yapım Aşaması

Bu çalışmada hidrojen peroksit buharlama tekniğinin ortam dezenfeksiyonundaki etkisinin değerlendirilmesinin yoğun bakım ünitesi içerisinde gerçekleştirilme amacı, nozokomiyal enfeksiyon oranının yoğun bakım ünitelerinde daha yüksek oluşu, burada yatan hastaların duyarlılığı ve immün sistem yetersizliği ile bu ünitelerin daha kompleks, temizlenmesi güç yerler oluşudur. Değerlendirmelerin gerçek bir yoğun bakım ünitesinde yapılmasından ziyade 1:4 oranında minyatürize edilmiş bir yoğun bakım ünitesinde yapılmasının amacı ise, hastanelerdeki yoğun bakım üniteleri yetersizliği sonucu yüksek devir daimden kaynaklanabilecek zaman kısıtlaması, deneylerin elverişli ortamda gerçekleştirilememesi ihtimali, müdahaleler ve gözlem kısıtlaması gibi dezavantajları ortadan

kaldırılmaktır. Gerek yoğun bakım ünitesi gerekse dezenfeksiyon açısından aynı şartlar sağlandığı sürece kolay müdahale edilebilecek ve kolay gözlemlenebilecek bir ortamda deneyleri gerçekleştirmek, zamandan ve maliyetten tasarruf sağladığı gibi, ergonomi ve çevre sağlığı açısından çok daha elverişli bir konum sağlamış, açık sonuçlar elde edilmiştir. Tüm bunlardan yola çıkarak hidrojen peroksit buharlama sistemi ile dezenfeksiyon sağlamayı amaçlayan otomatik robotların validasyon çalışmaları araştırılmış, metre küp başına 6 ml kimyasal harcadığı saptanmıştır [17]. Bu sebeple 1:4 oranında minyatürize edilmiş yoğun bakım ünitesi 1 metre küplük pleksi glaz içerisine yerleştirilmiştir. (Şekil 1). Yoğun bakım ünitelerindeki havalandırma sistemini simüle etme amaçlı, odanın tavanına aspiratör sistemi kurulmuş ve üzerine esnek alüminyum baca monte edilmiş, dezenfeksiyon işlemi esnasında ortama verilecek hidrojen peroksit buharının eşit olarak sirküle edilebilmesi için CPU fanlar pleksi glazın bir yüzüne monte edilmiş, son olarak hidrojen peroksit buharının ortama girişini sağlama amacıyla hortum bağlantısı açılmıştır. (Şekil 2).



Şekil 1: 1:4 oranındaki hasta yatağı, hasta başı monitörü ve hasta yemek masası.



Şekil 2: 1:4 oranındaki yoğun bakım ünitesi.

### 2.2. Psödomonas Aeruginosa

Nozokomiyal enfeksiyona sebep olan patojenik mikroorganizmalar arasında yer alan psödomonas aeruginosa, antibiyotiklere karşı dirençli olması ve enflamasyon ile sepsis gibi ciddi sorunlara neden olmasıyla bilinen önemli bir bakteridir. Yapılan araştırmalar sonucu psödomonas aeruginosanın hastane yoğun bakım ünitelerinde bir önceki

## Klinik Mühendisliği

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

hastadan bulaşma ve/veya yeniden oluşma oranı %40 olarak belirtilmiştir [18]. Hidrojen peroksit buharlama tekniğinin ortam dezenfeksiyonundaki etkisi bu bakteri üzerinde değerlendirilmiştir. -80°C'de saklanan suştan alınan bakteri 1000 mikro litre TSB içerisinde dilüe edilmiş, içerisinde alınan her 10 mikro litre TSA'lı farklı petri kaplarına yayılarak 37°C de bir gece inkübe edilmiştir. Her yeni deney için beş farklı petri kabı kullanılmış, bunlardan bir tanesi stok olarak ayrılırken diğer dördü iki adet 5 dakika ve iki adet 15 dakika olmak üzere farklı dezenfeksiyon sürelerine maruz bırakılmıştır. İşlem sonunda stok olarak ayrılan petri kabı ve farklı sürelerde dezenfeksiyon işlemi görmüş petri kapları arasında kıyas yapılarak hidrojen peroksit buharlama tekniğinin biyolojik etkisi değerlendirilmiştir. Dezenfeksiyon işlemi sonrasında 4 işlem görmüş 1 de stok olarak ayrılmış 5 petri kabından alınan her bir koloni 5'er defa 1000 mikro litrelik TSB içerisinde dilüe edilerek yeni TSA'lı petrilere yayılmış, bir gecelik inkübasyondan sonra sayım işlemi gerçekleştirilmiştir.

Ek olarak hidrojen peroksit buharının ortamdaki yayılım gücü, hidrojen peroksit ile etkileşime geçtiğinde renk değiştiren kimyasal indikatör kağıdının odanın farklı alanlarına yerleştirilmesi ile her deney sonunda farklı bölgelerdeki farklı renk değişimleri gösterilmiş, buhar yayılım gücü tespit edilmiştir.

### 2.3. Dezenfeksiyon İşlemi

Dezenfeksiyon işlemi başlangıcında deney düzeneğinin nem ve sıcaklık ölçümü yapılmış, uygun koşullar olan %30-35 lik nem ve 24-26°C sıcaklık sağlandıktan sonra petri kapları ve indikatör kağıtları düzenek içerisine yerleştirilmiştir. (Şekil 3).



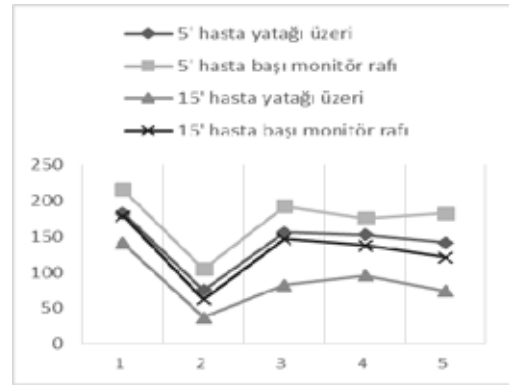
Şekil 3: Petri kapları ve indikatör kağıtlarının deney düzeneğine yerleştirilmesi

Bir hasta yatağı üzeri, bir de hasta başı monitör rafı olmak üzere iki farklı yere iki farklı petri kabı yerleştirilmiştir. İndikatör kağıtları ise; hasta yatağı kol içi, hasta yatağı alt iskeleti, hasta başı monitör üzeri, çekmece içi ve hasta yemek masa bacağı olmak üzere 5 farklı yere yerleştirilmiştir. Deney düzeneğinin havalandırma açıklığı kapatılmış, 6 ml'lik hidrojen peroksit sulu çözümü ısıtılarak ortama buhar olarak verilmiş ve fanlar yardımıyla düzenek içerisinde sirkülasyon sağlanmıştır. Daha sonra buharlama işlemi durdurularak 5 ile 15 dakikalık maruziyet süreleri tamamlanmış ve havalandırma bacası yardımıyla düzenek havalandırılmıştır.

### 3. Sonuçlar ve Tartışma

Hidrojen peroksit buharlama tekniğinin ortam dezenfeksiyonundaki etkinliğini değerlendirme amaçlı yapılan çalışmalar sonucu, hidrojen peroksit gaz fazının yalnızca görünür yüzeylerde etkili olduğu, çekmece gibi kapalı alanlara ve ortamda bulunan cisimlerin altına ulaşmakta yetersiz kaldığı kanıtlanmıştır. Şekil 4'te görüldüğü üzere gaz fazı, hasta yatağı üzerine yerleştirilmiş petri kabında etkiliyken, odanın köşesinde duran hasta başı monitör rafındaki petri kabında ise etkisini yitirmiştir. Hidrojen peroksit buharının tembel bir gaz olmasının yanı sıra, ısıtılarak eldesi akıllara kimyasal yapısının zarar görebileceğini de getirmektedir. Bu sebeple içeriye verilen ilk buhar daha etkili olup yakın bölgelerdeki bakteriler üzerinde öldürücü etki gösterebilirken, süre geçtikçe öldürücü özelliğini kaybetmiş olabileceği düşünülmektedir.

Ortamın hidrojen peroksit buharı salınımından sonra farklı dezenfeksiyon sürelerine maruz bırakılması sonucu 15 dakikalık bekleme süresinin 5 dakikaya kıyasla daha letal etkiye sahip olduğu da yine aynı şekilde gösterilmiştir. (Şekil 4). Fakat dezenfeksiyon maruziyet süresinin artmasının daha verimli sonuçlar verebileceği gibi bir yorum çıkartmak mümkün değildir. Bu süre doğru bir şekilde ayarlanmalı, aksi takdirde ortamda bekletilen gaz fazının bir süre sonra nemi artırması sonucu bakteriler üzerinde ters etki yarattığı gözlemlenmiş, bu petri kapları sonuçtan bağımsız tutulmuştur.



Şekil 4: Farklı dezenfeksiyon sürelerinin farklı yerlerdeki petri kaplarına etkisi


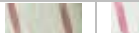




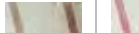






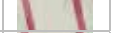
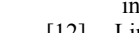




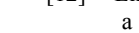





Hidrojen peroksit buharının ortamdaki yayılım gücünü değerlendirme amaçlı kullanılmış olan, hidrojen peroksit ile etkileşime geçtiğinde renk değiştiren kimyasal indikatör kağıdının odanın farklı alanlarına yerleştirilmesi ile her deney sonunda farklı bölgelerdeki farklı renk değişimleri gösterilmiştir. (Tablo 1&2). Tablo 1'de 5 dakikalık dezenfeksiyon süresi sonucu ortamın hidrojen peroksit buharı ile maruziyetinin hangi bölgeye ne kadar ulaştığının açık bir kanıtı iken Tablo 2, 15 dakikalık maruziyetin sonuçlarını göstermektedir. Açıkça görüldüğü üzere hidrojen peroksit buharı, her ne kadar 15 dakikalık sonuçlarda daha belirgin renk değişimlerine sebep olduysa da, çekmece içi, hasta yemek masa bacağı ve hasta yatağı alt iskeleti gibi yerlerde yeterli etkinlik gösterememiştir. Görünür yüzeyler olan hasta başı monitör üzeri ve hasta yatağı kol içindeki renk

## Klinik Mühendisliği





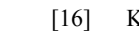
















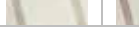


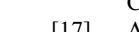
2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

değişiminin daha belirgin olduğu her iki tabloda da gösterilmiştir.

**Tablo 1:** 5 dakikalık dezenfeksiyona maruz kalmış farklı bölgelerdeki indikatör kağıtlarının renk değişimi.

	Hasta başı monitör üzeri	Hasta yatağı kol içi	Hasta yatağı alt iskeleti	Hasta yemek masa bacağı	Çekmece içi
1					
2					
3					
4					
5					

**Tablo 2:** 15 dakikalık dezenfeksiyona maruz kalmış farklı bölgelerdeki indikatör kağıtlarının renk değişimi.

	Hasta başı monitör üzeri	Hasta yatağı kol içi	Hasta yatağı alt iskeleti	Hasta yemek masa bacağı	Çekmece içi
1					
2					
3					
4					
5					

## 4. Kaynakça

- [1] Rutala, W. A., & Weber, D. J., (2013). "Disinfectants used for environmental disinfection and new room decontamination technology." American journal of infection control, 41(5): p. 36-41.
- [2] Weinstein, R. A., (1991). "Epidemiology and control of nosocomial infections in adult intensive care units." The American journal of medicine, 91(3): p. 179-184.
- [3] Otter, J. A., Yezli, S., & French, G. L., (2011). "The role played by contaminated surfaces in the transmission of nosocomial pathogens." Infection Control, 32(07): p. 687-699.
- [4] Chan, H. T., et al., (2011). "Evaluation of the biological efficacy of hydrogen peroxide vapour decontamination in wards of an Australian hospital." Journal of Hospital Infection, 79(2): p. 125-128.
- [5] Carling, P. C., Parry, M. F., & Von Beheren, S. M., (2008). "Identifying opportunities to enhance environmental cleaning in 23 acute care hospitals." Infection Control, 29(01): p. 1-7.
- [6] Carling, P. C., et al., (2008). "Improving cleaning of the environment surrounding patients in 36 acute care hospitals." Infection Control, 29(11): p. 1035-1041.
- [7] Fraise, A., (2011). "Currently available sporicides for use in healthcare, and their limitations." Journal of Hospital Infection, 77(3): p. 210-212.
- [8] Dancer, S. J., (1999). "Mopping up hospital infection." Journal of hospital infection, 43(2): p. 85-100.
- [9] World Health Organization Report. (2002). "Prevention of hospitalacquired infections: A practical guide." 2nd edition. WHO/CDS/CSR/EPH/2002.12.
- [10] Weinstein, R. A., (1998). "Nosocomial infection update." Emerging infectious diseases, 4(3): p. 416.
- [11] Passaretti, C. L., et al., (2013). "An evaluation of environmental decontamination with hydrogen peroxide vapor for reducing the risk of patient acquisition of multidrug-resistant organisms." Clinical infectious diseases, 56(1): p. 27-35.
- [12] Linley, E., et al., (2012). "Use of hydrogen peroxide as a biocide: new consideration of its mechanisms of biocidal action." Journal of antimicrobial chemotherapy, 67(7): p. 1589-1596.
- [13] Boyce, J. M., (2009). "New approaches to decontamination of rooms after patients are discharged." Infection Control, 30(06): p. 515-517.
- [14] Carling, P. C., et al., (2008). "Improving cleaning of the environment surrounding patients in 36 acute care hospitals." Infection Control, 29(11): p. 1035-1041.
- [15] Esen S., (2011). "New methods for environmental disinfection in critical units." Journal of ANKEM, 25(2): p. 184-187.
- [16] K. Volchek, et al., (2005) "Review of Decontamination and Restoration Technologies for Chemical, Biological, and Radiological/Nuclear Counter-terrorism", Manuscript report EE-176, Environmental Protection Service, Environment Canada, Ottawa, ON.
- [17] Andersen, B. M., et al., (2006). "Decontamination of rooms, medical equipment and ambulances using an aerosol of hydrogen peroxide disinfectant." Journal of Hospital Infection, 62(2): p. 149-155.
- [18] Griffith, S. J., et al., (1989). "The epidemiology of *Pseudomonas aeruginosa* in oncology patients in a general hospital." Journal of Infectious Diseases, 160(6): p. 1030-1036.